



Ir. Cahyono Heri Prasetyo, MT



**LEMBAGA PENERBITAN
UNIVERSITAS NASIONAL**

LPU-UNAS

ISBN 978-623-7273-44-8

LPU - UNAS

SISTEM HVAC HIGH RISH BUILDING

Perencanaan Sistem Air Conditioning berdasar SNI -03-6572-2001

Penulis : Ir. Cahyono Heri Prasetyo, M.T.
Editor : Rustati Fatimah, S.Si., M.Pd.
Penyunting : Ahmad Zayadi, S.T.,M.T.
Edisi I Tahun 2021

Lembaga Penerbitan Universitas Nasional (LPU-UNAS)
Jl. Sawo Manila No. 61 Pejaten Pasar Minggu
Jakarta Selatan 12520 - Indonesia

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang. Dilarang memperbanyak buku ini sebagian atau seluruhnya dalam bentuk dan dengan cara apapun, baik secara mekanis atau elektronis, termasuk fotocopy, rekaman dan lain-lain tanpa izin tertulis dari Penerbit



Kata Pengantar

Segala puji beserta syukur Penulis panjatkan kehadiran ALLAH SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan Buku ini dengan judul “**SISTEM HVAC HIGH RISE BUILDING**”.

Gedung Pencakar Langit membutuhkan Sistem Air Conditioning dan Ventilasi yang baik dan benar. Sistem HVAC & Vent ini harus efisien baik dari segi estetika (Arsitek) yaitu tata letak dan ekonomis dari sudut pandang biaya. Konsep Green Building menjadi catatan agar dapat di implementasikan dan gedung dapat di kategorikan layak huni dan ramah lingkungan

Penulis banyak menerima saran dan masukan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, pada kesempatan kali ini Penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada Rustati Fatimah, S.Si, Mpd. selaku *Editor* yang telah memberikan pengarahan tentang penulisan dan Ahmad Zayadi, ST.,M.T., yang telah memberikan masukan tentang standar perancangan sistem Tata Udara.

Penulis menyampaikan terima kasih atas saran perbaikan dan waktu yang diberikan sehingga mampu menyelesaikan penulisan buku ini, Ir. Margana sebagai *Ahli HVAC di Konsultan Mekanikal dan Elektrikal* yang membantu memberikan masukan terhadap studi kasus perancangan Sistem Tata Udara Bangunan Tinggi serta segenap pihak yang telah membantu terselesaikannya penyusunan Buku ini, Penulis ucapkan terima kasih yang sebesar - besarnya.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan Buku ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan Buku ini.

Akhir kata, semoga Buku ini dapat memberikan manfaat yang sebesar-besarnya khususnya bagi Penulis dan pihak-pihak yang membutuhkan pada umumnya.

Jakarta, 29 Januari 2021

Penulis

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	ii
<i>Daftar Gambar</i>	v
<i>Daftar Tabel</i>	Error!
Bookmark not defined.	
<i>Daftar Lampiran</i>	Error!
Bookmark not defined.	
<i>Daftar Notasi</i>	x
SECTION 1. PENGANTAR	1
1.1. Pengantar	1
1.2. Pengantar	1
1.3. Perencanaan	2
SECTION 2 KERANGKA ACUAN KERJA	4
2.1 Kerangka Acuan Kerja/KAK (Studi Kasus KAK Bagunan X)	4
2.1 Laporan Hasil Pekerjaan	16
SECTION 3. PERSYARATAN TEKNIS UMUM	19
4.1 Persyaratan Teknis Umum	19
1.7. Ijin-Ijin	22
1.8. Pengawasan	24
1.9. Laporan-Laporan	25
1.10. Pemeriksaan Rutin dan Khusus	25
1.11. Kantor Pelaksana Pekerjaan, Los Kerja Dan Gudang	25
1.12. Kecelakaan dan Peti PPPK	26
1.13. Testing dan Commisionng	27
1.14. Masa Pemeliharaan dan Serah Terima Pekerjaan	27
1.15. Garansi	28
1.16. Training	28
SECTION 4. RENCANA KERJA DAN SYARAT KHUSUS	29
4.1 Sistem Instalasi Tata Udara	29
4.2 Persyaratan Teknis Peralatan Dan Instalasi	31
SECTION 5. SISTEM TATA UDARA (HVAC)	52
5.1 Pengertian Air Conditioner (AC)	52
5.2 Prinsip Kerja Air Condotioner (AC)	52
5.3 Prinsip Dasar Sistem Penyerapan Udara	52
3.1 Siklus Refrigerasi Penyegar Udara	53
3.2 Komponen Utama Air Conditioner (AC)	54
3.3 Klasifikasi Dan Jenis- Jenis Sistem Air Conditioning	60
3.4 Definisi Beban Pendingin.	67
3.5 Perhitungan Beban Pendingin	68
SECTION 6. PERALATAN PENANGANAN UDARA	79
6.1 Pertimbangan Ekonomi	79
6.2 Pertimbangan Tingkat Kebisingan	79
6.3 Tata Letak (Lay Out)	80

6.4	Perlengkapan	81
6.5	Perlengkapan Kebersihan Udara	87
SECTION 7. PERANCANGAN SALURAN UDARA		97
7.1	Perancangan Sistem Secara Umum	97
7.2	Aksesoris Sistem Duct	115
7.3	Perancangan Duct	118
7.4	Metode Perancangan	126
7.5	Contoh 4 – Perancangan Duct dengan Equal Friction Method	135
7.6	Contoh 5 – Perancangan duct dengan metode static regain	140
7.7	Contoh 6 – Menggunakan Grafik Ukuran Saluran Percabangan	146
7.8	Contoh 7 – Menggunakan Tabel Ukuran Saluran Utama	149
7.9	Contoh 8 – Perhitungan Untuk Supply Duct	151
7.10	Perancangan Duct yang Tinggi	152
SECTION 8. PEMBAHASAN PERHITUNGAN		158
BEBAN PENDINGIN		158
8.1	Diagram Alir Langkah Penelitian	158
8.2	Perancangan Sistem Air Conditioning (AC)	159
8.3	Perhitungan Beban Panas Pada lantai 1	160
8.4	Perhitungan Beban Panas Pada lantai 2-15	166
SECTION 9. PERHITUNGAN SOFTWARE DAIKIN EXPRES		173
9.1	Data Bangunan	173
9.2	Perancangan berdasar VRV Express	176
SECTIN 10. RESUME HASIL PERENCANAAN		188
10.1	Kesimpulan	188
Daftar Pustaka		194
Daftar Lampiran		195
Glosarium		200
Index		202
Daftar Pustaka		205
Biodata Penulis		206

Daftar Gambar

Gambar 1. Diagram Sistem Air Conditioning.....	3
Gambar 2. Slematik Prinsip Kerja Air Conditioning.....	52
Gambar 3. Siklus Refrigerasi.....	53
Gambar 4. Siklus Kompresi Uap	54
Gambar 5. Kompresi Torak	57
Gambar 6. Konstruksi Air Conditioning Jenis DX System (AC Window).....	61
Gambar 7. Konstruksi Air Conditioning Jenis Split Wall Mounted.....	62
Gambar 8. Konstruksi Air Conditioning Jenis Multi Split Wall Mounted.....	62
Gambar 9. Konstruksi Air Conditioning Jenis Variabel Refrigerant Volume	63
Gambar 10. Konstruksi Air Conditioning Jenis Water Cooled Packet Unit.....	63
Gambar 11. Konstruksi Air Conditioning Jenis Chiller Air Cooled	64
Gambar 12. Konstruksi Air Conditioning Jenis Chiller Water Cooled	64
Gambar 13. Diagram Psychometric Dan Sifat Bola Basa.....	65
Gambar 14 Typical Sentral Station Equipmen.....	81
Gambar 16 Outdoor Air Louver dan Screen	82
Gambar 15 Material specification	82
Gambar 17. Louvre Pressure Drop.....	83
Gambar 18. Gooseneck Outside Air Intake	83
Gambar 19. Single Louvre Damper.....	84
Gambar 20. Multiple Louvre Damper Asembly.....	84
Gambar 21. Material Spesification.....	85
Gambar 22. Louvre Damper Leakage	85
Gambar 23. Single Relief Damper	86
Gambar 24. Multiple Relief Damper Asembly	86
Gambar 25. Material Specification.....	86
Gambar 26. Single Inlet Fan	89
Gambar 27. Elevation View.....	89
Gambar 28. Inlet Connection.....	90
Gambar 29. Gambar rekomendasi koneksi fleksibel	91
Gambar 30. Two Piece Belt Guard.....	92
Gambar 31. Apparatus Casing	93
Gambar 32. Apparatus Casing Seams	93
Gambar 33. Conection to Masonry Curv Gambar 34. Conection to Masonry Wall.....	94
Gambar 35. Low Dewpoint Masonry Curb Gambar 36. Low Dew Point Masonry Wall	94
Gambar 37. Sealing Standing Seams Gambar 38. Sealing Pipe Conection	94
Gambar 39. Double Acting Handles.....	96
Gambar 40. Material Specification.....	96
Gambar 41. Duct Heat Gain VS Aspect Ratio	99
Gambar 42. Instaled Cost VS Aspect Ratio	101
Gambar 43. Operating Cost VS Aspek Ratio.....	102
Gambar 44. Duct Transformation	103
Gambar 45. Rectanguler Duct Transformation to Avoid Obstruction	103
Gambar 46. Round Duct Transformation to Avoid Obstruction	104
Gambar 47. Duct Transformation with Equipmen in The Duct	104
Gambar 48. Easements covering obstruction	105
Gambar 49. Easemen Covering Irregular Shapes.....	105

Gambar 50. Duct Transformed For Easements	106
Gambar 51. Full radius rectangular elbow	107
Gambar 52. Short Radius Vaned Elbow	107
Gambar 53. Vane Location for rectangular elbow	108
Gambar 54. Rectangular elbow vane location.....	108
Gambar 55. Rectangular elbow with no throat radius	109
Gambar 56. Vane square elbow Gambar 57. 90 ⁰ Smooth elbow	110
Gambar 58. -90 ⁰ 3-Piece Elbow Gambar 59. . -90 ⁰ 5-Piece Elbow.....	110
Gambar 60. -45 ⁰ Smooth Elbow Gambar 61. -45 ⁰ 3-Piece Elbow.....	111
Gambar 62. Square Elbow take off Gambar 63. Full Elbow take off.....	111
Gambar 64 (A.B). Typical Take-Off	112
Gambar 65. Outlet Collar Gambar 66. -90 ⁰ Tee	112
Gambar 67. -90 ⁰ Conical Tee Gambar 68. Cross	113
Gambar 69. Reducing Duct Size at Take-Off Gambar 70. Reducing Duct Size after Take-Off ..	113
Gambar 71. Rectangular Pivot Fire Dampers	116
Gambar 72. Rectangular louvre Fire Damper	117
Gambar 73. Round Pivot Fire Damper	118
Gambar 74. Guide for measuring duct lengths.....	120
Gambar 75. <i>Friction Loss</i> untuk <i>duct</i> bulat	121
Gambar 76. Penurunan tekanan yang terjadi pada saluran fleksibel	125
Gambar 77. Loss for round fitting.....	127
Gambar 78. Duct layout for low velocity system (examples 3,4)	137
Gambar 79. Chart 10-L/Q Eartio.....	138
Gambar 80. Grafik Low velocity static regain	139
Gambar 81. Duct Sizing Calculation Form.....	140
Gambar 82. Comparison of Duct Sizing Methods	141
Gambar 83. Equal Friction Duct	142
Gambar 84. Spacing of Fitting in Duct Run	143
Gambar 85. Spacing of Fitting When Using 90 ⁰ Conical Tee.....	143
Gambar 86. High Velocity Headers and Branches	143
Gambar 87. Branch duct For example 6.....	145
Gambar 88. Headerhigh Velocity Static regain	145
Gambar 89. High Velocity Branch sizing Calculation	146
Gambar 90. High Velocity Duct System-Header Static Regain method Sizing.....	148
Gambar 91. High velocity header sizing calculations	149
Gambar 92. Duct heat gain or loss	150
Gambar 93. Duct heat gain and air leakage	151
Gambar 94. Air Density correction factors	153
Gambar 95. Joints and seams for low pressure system	155
Gambar 96. Joint for high pressure system.....	156
Gambar 97. Round duct joint and seams	156
Gambar 98. Joint and seam for spira pipe.....	157

Daftar Tabel

Tabel 1. Kualifikasi Tenaga Ahli	9
Tabel 2. Standar Test Tekan Pipa.....	34
Tabel 3. Standar Torsi	35
Tabel 4. Bahan Support/gantungan	41
Tabel 5. Spesifikasi Teknis Air Conditioning	51
Tabel 6. Kecepatan dan Temperature Udara.....	67
Tabel 7. Faktor perolehan kalor matahari (SHGF) maksimum untuk kaca yang dikenai cahaya matahari,(W/m).....	69
Tabel 8. Faktor Perolehan Kalor Matahari untuk Kaca	69
Tabel 9.Perolehan Kalor dari Kaca, Dinding dan Atap	70
Tabel 10. Perolehan Kalor dari Bahan Pelapis.....	70
Tabel 11. Perolehan Kalor dari Bahan Atap	70
Tabel 12. Perolehan Kalor dari Beton (Concret).....	71
Tabel 13. Perolehan Kalor dari Bahan Penyekat	71
Tabel 14. Perolehan Kalor dari Bahan Interior	71
Tabel 15. Beda Suh Beban Pendinginan (CLTD) untuk Dinding	71
Tabel 16. Kebutuhan Ruang Per Orang.....	72
Tabel 17. Perolehan Kalor dari Penghuni	72
Tabel 18. Faktor-faktor beban pendinginan kalor-sensibel dari orang	73
Tabel 19. Faktor Beban Pendingin Penerangan (CLF)	74
Tabel 20. Intensitas penerangan diterbitkan Philips (harten, tahun 2002 :41).....	74
Tabel 21. Nilai Lumen diterbitkan philips (harten, tahun 2002 :41)	75
Tabel 22. Daya listrik stop kontak.....	75
Tabel 23. Kebutuhan udara luar untuk ventilasi.....	76
Tabel 24. Konstanta infiltrasi.....	76
Tabel 25.Louver Dampers	85
Tabel 26. Duct Class	100
Tabel 27. Aspect ratio duct	100
Tabel 28. Tabel Friction rate duct dimention.....	101
Tabel 29. Duct Fitting Class	102
Tabel 30. Maximum Difference Between Suplay Air Temperatur And Room Dewpoint without Condensing Moisture On Duct (F).....	114
Tabel 31. Duct Heat Transmission Coeffisients.....	115
Tabel 32. Dimensi <i>duct</i> , Daerah bagian, Perbandingan diameter <i>duct</i> bulat-kotak dan kelas <i>duct</i> .	121
Tabel 33. Dimensi <i>duct</i> , Daerah bagian, Perbandingan diameter <i>duct</i> bulat-kotak dan kelas <i>duct</i> (lanjutan)	122
Tabel 34. Dimensi <i>duct</i> , Daerah bagian, Perbandingan diameter <i>duct</i> bulat-kotak dan kelas <i>duct</i> (lanjutan)	123
Tabel 35. Kecepatan udara maksimum yang direkomendasikan untuk sistem	124
Tabel 36. Velocity Pressure	124
Tabel 37. Friction of round duct system elemen	128
Tabel 38. Friction of rectangular duct system elemen	129
Tabel 39. Friction of rectangular duct system elemen	130
Tabel 40. Friction of round elbow.....	131
Tabel 41. Friction of Rectangular Elbow.....	133
Tabel 42. Friction of Rectangular Elbow (Cont.).....	134
Tabel 43. Percent section area in branches for maintening equal friction.....	135

Tabel 44. Luas sirkulasi duct	136
Tabel 45. Ukuran duct	136
Tabel 46. Kerugian fitting (sambungan).....	136
Tabel 47. Recommended Initial Velocity Used With Charts 12 and 13 (fpm).....	144
Tabel 49. Recommended construction rectangular sheet metal duct.....	154
Tabel 50. Recommended construction for round sheet metal duct.....	154
Tabel 51. Material gage for spira-pipe duct.....	154
Tabel 52. Recommended construction for rectangular sheet metal ducts	155
Tabel 53. Weights of duct material	157
Tabel 54. Data Bangunan Gedung	159
Tabel 55. Perhitungan Beban Panas dan Kaca Lantai 1.....	160
Tabel 56. Perhitungan Beban Panas Dari Atap Atau Dinding Pada Lantai 1	160
Tabel 57. Perhitungan Beban panas Dari Partisi Dan Langit-langit lantai 1	161
Tabel 58. Perhitungan beban panas dari penghuni ruangan pada lantai 1.....	162
Tabel 59. Perhitungan lampu jenis fluorescent- TLD 2 X 36W/86.....	162
Tabel 60. Perhitungan beban panas lampu pada lantai 1	163
Tabel 61. Perhitungan beban panas dari daya listrik pada lantai 1	163
Tabel 62. Perhitungan beban dari computer pada lantai 1	164
Tabel 63. Perhitungan beban panas dari ventilasi dan infiltrasi	165
Tabel 64. Total perhitungan beban panas lantai 1	165
Tabel 65. Perhitungan Beban Panas Dari Kaca Lantai 2-15.	166
Tabel 66. Perhitungan Beban Panas Dari Atap Atau Dinding.....	166
Tabel 67. Perhitungan Beban panas Dari Partisi Dan	167
Tabel 68. Perhitungan Beban Panas Dari Penghuni Ruangan.....	168
Tabel 69. Perhitungan Lampu Jenis Fluorescent- TLD 2 X 36W/86.....	168
Tabel 70. Perhitungan Beban Panas Lampu Pada Lantai 2-15.....	169
Tabel 71. Perhitungan Beban Panas Dari Daya Listrik Pada Lantai 2-15.....	169
Tabel 72. Perhitungan beban dari computer pada lantai 2-15	170

Daftar Lampiran

Lampiran 1. Daftar Isi Gambar Air Conditioning	195
Lampiran 2. Gambar Single Line Diagram Siste AC VRV IV	196
Lampiran 3. Gambar Layout AC VRV.....	197
Lampiran 4. Gambar AC Split Typikal Kamar Hotel.....	197
Lampiran 5. Gambar Pemipaan AC Kamar Typikal Hotel	198
Lampiran 6. Gambar Detail Air Conditioning	198
Lampiran 7. Gambar Detail Air Cnditioning 2	199

Daftar Notasi

Lambang	Keterangan	Satuan
Q _{sg}	Perpindahan panas pada permukaan tembus pandang	W
SHGF	Faktor perolehan kalor matahari maksimum untuk kaca yang dikenai cahaya matahari	W/m
SC	Koefisien peneduh	
A	Luas	m ²
U	koefisien perpindahan kalor kaca, dinding dan atap	W/m ² .K
CLTD	perbedaan temperature beban pendingin kaca, dinding dan atap	
Q	Perolehan kalor pada partisi	W
U	Koefisien perpindahan kalor pada partisi, langit-langit dan lantai	W/m ² .K
t _b	Temperature dalam ruangan yang direncanakan	°C
t _{re}	Temperature luar ruangan yang direncanakan	°C
Q _{lampu}	Perolehan kalor dari lampu	W
F _b	Faktor balast untuk lampu-lampu fluerescent = 1,2 untuk <i>fluorescent</i> biasa	
CLF	Faktor beban pendinginan	
N	Jumlah lampu	buah
E	Level iluminasi	lux
UF	<i>Utility Factor</i> (0,8 – 0,95).	
LLF	<i>Loss Light Factor</i> (0,7 – 0,8).	
F	Beban nilai lumen lampu	lumen
P	daya listrik yang digunakan	
E _f	factor efisiensi	
CLF	factor beban pendingin sesuai jam penghunian	
Q(peralatan)	Perolehan kalor dari peralatan	W
HG	Masukan panas dari peralatan	W
V	ventilasi	Lt/s
Q	beban panas Ventilasi dan infiltrasi	W
H _o	entalpi udara di luar ruangan	KJ/kg
H _i	entalpi udar di dalam ruangan	KJ/kg

SECTION 1. PENGANTAR

1.1. Pengantar

Pada setiap gedung bertingkat tentu harus memiliki sistem pemipaan yang baik, yaitu sistem penyediaan air bersih untuk kebutuhan penghuni bangunan dengan cara menyalurkan air dari lantai terbawah hingga bisa mencapai lantai teratas dengan tekanan yang memadai untuk menjamin ketersediaan air baik secara kualitas, kuantitas, dan kontinuitas. Bangunan bertingkat juga harus mempunyai safety agar Penghuni dan tenang karena sistem proteksi otomatis terhadap bahaya kebakaran juga berfungsi dengan baik. Dengan demikian, sistem pemipaan di dalam gedung apartemen, Kantor dan hotel serta gedung bertingkat lainnya dapat ditempati karena memenuhi standar kelayakan dan syarat-syarat yang berhubungan dengan segi etika maupun estetika.

Perencanaan sistem pemipaan yang baik harus dilakukan sesuai dengan tahapan-tahapan perencanaan gedung. Dalam hal ini perencana harus mempertimbangkan jenis penggunaan gedung, luas area, jumlah penghuni dari gedung tersebut serta aspek-aspek lain yang diperlukan untuk tercipta perencanaan sistem pemipaan yang baik.

Kesalahan dalam perencanaan, perancangan dan pemasangan dari alat-alat *plumbing* akan mengakibatkan sistem pemipaan tidak bekerja dengan baik dan berdampak buruk yang dapat langsung dirasakan oleh penghuni. Hal ini tentunya dapat mengganggu kenyamanan dan membahayakan kesehatan jiwa penghuninya. Oleh karena itu perlu perencanaan sistem pemipaan yang baik di dalam sebuah gedung bertingkat.

Untuk mendukung berkembangnya teknik *engineering* konsep perencanaan gedung bertingkat maka perusahaan Hongaria mengembangkan program perangkat lunak bernama *ArchiCAD* dengan memvisualisasikan bentuk bangunan 2D dan 3D. *ArchiCAD* adalah suatu program perangkat lunak yang dapat memvisualisasikan bentuk bangunan secara 2D dan 3D agar tampak jelas sistem instalasi pemipaann pada bangunan tersebut

1.2. Pengantar

Pada setiap gedung bertingkat tentu harus memiliki sistem pemipaan yang baik, yaitu sistem penyediaan air bersih untuk kebutuhan penghuni bangunan dengan cara menyalurkan air dari lantai terbawah hingga bisa mencapai lantai teratas dengan tekanan yang memadai untuk menjamin ketersediaan air baik secara kualitas, kuantitas, dan kontinuitas. Bangunan bertingkat juga harus mempunyai safety agar Penghuni dan tenang karena sistem proteksi otomatis terhadap bahaya kebakaran juga berfungsi dengan baik. Dengan demikian, sistem pemipaan di dalam gedung apartemen, Kantor dan hotel serta gedung bertingkat lainnya dapat ditempati karena memenuhi standar kelayakan dan syarat-syarat yang berhubungan dengan segi etika maupun estetika.

Perencanaan sistem pemipaan yang baik harus dilakukan sesuai dengan tahapan-tahapan perencanaan gedung. Dalam hal ini perencana harus mempertimbangkan jenis penggunaan gedung, luas area, jumlah penghuni dari gedung tersebut serta aspek-aspek lain yang diperlukan untuk tercipta perencanaan sistem pemipaan yang baik.

Kesalahan dalam perencanaan, perancangan dan pemasangan dari alat-alat *plumbing* akan mengakibatkan sistem pemipaan tidak bekerja dengan baik dan berdampak buruk yang dapat langsung dirasakan oleh penghuni. Hal ini tentunya dapat mengganggu kenyamanan

dan membahayakan kesehatan jiwa penghuninya. Oleh karena itu perlu perencanaan sistem pemipaan yang baik di dalam sebuah gedung bertingkat.

Untuk mendukung berkembangnya teknik *enjining* konsep perencanaan gedung bertingkat maka perusahaan Hongaria mengembangkan program perangkat lunak bernama *ArchiCAD* dengan memvisualisasikan bentuk bangunan 2D dan 3D. *ArchiCAD* adalah suatu program perangkat lunak yang dapat memvisualisasikan bentuk bangunan secara 2D dan 3D agar tampak jelas sistem instalasi pemipaann pada bangunan tersebut

1.3. Perencanaan

Perencanaan adalah kegiatan awal dari suatu rangkaian kegiatan dalam proses pembuatan produk (Darmawan, 2004). Dalam tahap perencanaan dibuat keputusan penting yang mempengaruhi kegiatan lain yang menyusul. Diantara keputusan penting tersebut termasuk keputusan yang membawa akibat industri tersebut dapat berpartisipasi dalam suatu pembangunan proyek. Perencanaan memberikan pegangan bagi pelaksanaan mengenai alokasi sumber daya untuk melaksanakan kegiatan (Imam Soeharto, 1997). Secara garis besar, perencanaan berfungsi untuk meletakkan dasar sasaran proyek, yaitu penjadwalan, anggaran dan mutu.

Penjadwalan dalam pengertian proyek konstruksi merupakan perangkat untuk menentukan aktivitas yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek dalam urutan serta kerangka waktu tertentu, dalam mana setiap aktivitas harus dilaksanakan agar proyek selesai tepat waktu dengan biaya yang ekonomis (Callahan, 1992). Penjadwalan meliputi tenaga kerja, material, peralatan, keuangan, dan waktu. Dengan penjadwalan yang tepat maka beberapa macam kerugian dapat dihindarkan seperti keterlambatan, pembengkakan biaya, dan perselisihan.

R.J. Mockler, 1972, Imam Soeharto (1997) memberikan pengertian tentang pengendalian. Menurutnya, pengendalian adalah usaha yang sistematis untuk menentukan standar yang sesuai dengan sasaran perencanaan, merancang sistem informasi, membandingkan pelaksanaan dengan standar, menganalisis kemungkinan adanya penyimpangan antara pelaksanaan dan standar, kemudian mengambil tindakan pembetulan yang diperlukan agar sumber daya digunakan secara efektif dan efisien dalam rangka mencapai sasaran.

Berdasarkan perencanaan dasar yang telah disepakati, kapasitas dari sistem dan peralatan *plumbing* dengan menggunakan gambar kerja denah gedung. Setelah perencanaan pendahuluan diperiksa dan disetujui oleh pemilik gedung atau pun perancangan gedung, perhitungan dan gambar-gambar pelaksanaan dapat disiapkan. Selain itu disiapkan dokumen spesifikasi dan perkiraan biaya pelaksanaan.

Kontraktor pelaksana akan membuat penawaran biaya pelaksana berdasarkan gambar rancangan dan spesifikasi tersebut, yang akan menjadi bagian penting dari dokumen kontraknya dengan pemberi tugas (pemilik gedung). Disamping itu, kontraktor pelaksana akan menyiapkan pula gambar-gambar kerja (*shop drawing*) untuk menunjukkan atau menegaskan detail pemasangan. Oleh karena itu, tidaklah dapat diterima adanya kesalahan atau kekurangan dalam rancangan pelaksanaan sistem pemipaan, demikian pua adanya perbedaan maupun ketidakcocokan dengan pekerjaan rancangan arsitektur, struktur, elektrik dan mekanikal. Perlu ditekankan pentingnya pemeriksaan dokumen-dokumen rancangan yang menyangkut seluruh disiplin (Morimura dan Noerbambang, 1993).



Gambar 1. Diagram Sistem Air Conditioning

Macam-macam perencanaan¹

- a. Perencanaan Jangka Pendek Adalah rencana yang jangka waktu pelaksanaannya maksimum 5 tahun.
- b. Perencanaan Jangka Menengah adalah rencana yang jangka waktu pelaksanaannya antara 5 sampai 15 tahun.
- c. Perencanaan jangka panjang adalah rencana yang jangka waktu pelaksanaannya lebih dari 15 tahun.

Perencanaan Tahunan/pendek adalah bagian dan peralatan dalam melaksanakan rencana jangka menengah dengan menyusun kebijaksanaan dan program kegiatan yang lebih konkrit. Selain itu, sebagai pedoman pengarah kegiatan dan perkembangan yang harus ditempuh dan perlu disesuaikan setiap tahun pelaksanaan.

¹ James A.F Stoner. Manajemen Edisi Kedua, jilid I. Erlangga, Jakarta. 1996

SECTION 2 KERANGKA ACUAN KERJA

2.1 Kerangka Acuan Kerja/KAK (Studi Kasus KAK Bagunan XYZ)

Pendahuluan

Umum

1. Setiap bangunan gedung negara harus diwujudkan dengan sebaik-baiknya, sehingga mampu memenuhi secara optimal fungsi bangunannya, andal, ramah lingkungan dan dapat sebagai teladan bagi lingkungannya, serta berkontribusi positif bagi perkembangan arsitektur di Indonesia.
2. Setiap bangunan gedung negara harus direncanakan, dirancang dengan sebaik-baiknya, sehingga dapat memenuhi kriteria teknis bangunan yang layak dari segi mutu, biaya, dan kriteria administrasi bagi bangunan gedung negara.
3. Pemberi jasa perencanaan untuk bangunan gedung Negara perlu diarahkan secara baik dan menyeluruh, sehingga mampu menghasilkan karya perencanaan teknis bangunan yang memadai dan layak diterima menurut kaidah, norma serta tata laku profesional.
4. Kerangka Acuan Kerja (KAK) untuk pekerjaan perencanaan perlu disiapkan secara matang sehingga memang mampu mendorong perwujudan karya perencanaan yang sesuai dengan kepentingan kegiatan.

Latar Belakang

1. Pemegang mata anggaran adalah Pemerintah Daerah Republik Indonesia yang dalam hal ini adalah Pemerintah Daerah Provinsi XYZ
2. Pekerjaan yang akan dilakukan merupakan bagian lingkup Satuan Kerja Perangkat Daerah Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Provinsi XYZ.

Maksud Dan Tujuan

1. Kerangka Acuan Kerja ini dimaksud sebagai petunjuk bagi Konsultan Perencana yang memuat masukan, azas, kriteria dan proses yang harus dipenuhi atau diperhatikan dan diinterpretasikan dalam pelaksanaan tugas, yang pada akhirnya dapat menghasilkan Perencanaan Gedung Kantor Kantor Pemerintah Tinggi Provinsi XYZ
2. Agar Konsultan Perencana dalam melaksanakan tugasnya memiliki acuan dan arahan, sehingga Pekerjaan Pengadaan Jasa Konsultan Perencana dimaksud dapat berjalan dengan baik sesuai dengan aturan dan menghasilkan produk/keluaran yang dapat dipertanggungjawabkan.

Sasaran

Sasarannya adalah tersedianya Perencanaan .Gedung Kantor Kantor Pemerintah Tinggi Provinsi XYZ sebagai bangunan Gedung Negara yang fungsional, andal dan berjati diri.

Nama Dan Organisasi Pengguna Jasa.

- a. Pengguna Jasa Adalah : Satuan Kerja Perangkat Daerah Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Provinsi XYZ Bidang Penataan Bangunan
- b. Alamat : Jl. SM. Amin No. 92 - Pekanbaru
- c. Sumber Pendanaan
 - a. Nilai dan Sumber Dana
Sumber biaya dari keseluruhan pekerjaan dibebankan pada Dokumen Pelaksanaan Perubahan Anggaran Satuan Kerja Perangkat Daerah (DPPA-SKPD) Provinsi XYZ Tahun Anggaran 2017 Nomor : 1.1.03.1.1.03.01.45.243 Pada Program Penataan Bangunan dan Lingkungan, melalui Kegiatan Pembangunan Sarana dan Prasarana Aparatur. Dengan Pagu Dana Perencanaan sebesar **Rp. 1.400.000.000- (Satu milyar empat ratus juta rupiah)**. Terkait dengan sumber dana pekerjaan berasal dari Anggaran Pendapatan Belanja Daerah Perubahan (APBD-P), maka pada saat penandatanganan kontrak, terlebih dahulu memastikan kesediaan dana dan/atau setelah APBD-P disahkan.
 - a. Biaya Konsultan Perencana
 - b) Besarnya biaya konsultan Perencana merupakan biaya tetap dan pasti.
 - c) Dalam Biaya Konsultan Perencana terdiri dari :
 - 1) Biaya Langsung Personil (*Remuneration*);
 - 2) Biaya Langsung Non Personil (*Direct Reimbursable Cost*);
 - d) Pajak dan iuran daerah lainnya.
 - e) Pembayaran biaya perencanaan didasarkan pada pencapaian prestasi/kemajuan perencanaan dan diatur secara kontraktual sesuai peraturan-peraturan yang berlaku.
 - d. Lingkup, Lokasi Kegiatan, Data Dan Fasilitas Penunjang
 - a. Lingkup Kegiatan
 - 1) Lingkup Kegiatan adalah Pembangunan Gedung Negara dengan klasifikasi bangunan adalah Bangunan Tidak Sederhana.
 - 2) Lingkup tugas adalah pekerjaan Perencanaan Gedung Kantor Kantor Pemerintah Tinggi Provinsi XYZ.
 - b. Lokasi Kegiatan
Lokasi Kegiatan : **Jl. Jenderal Sudirman Kota Pekanbaru- Provinsi XYZ.**
 - c. Data Lokasi
 - 1) Untuk melaksanakan tugasnya konsultan perencana harus mencari informasi yang dibutuhkan selain dari informasi yang diberikan oleh Pemberi tugas / Pengelola Kegiatan termasuk melalui Kerangka Acuan Kerja (KAK) ini.
 - 2) Konsultan perencana harus memeriksa kebenaran informasi yang digunakan dalam pelaksanaan tugasnya, baik yang berasal dari Pemberi tugas/ Pengelola kegiatan maupun yang dicari sendiri, kesalahan informasi menjadi tanggung jawab konsultan perencana.

- 3) Dalam hal informasi yang diperlukan untuk perencanaan, konsultan harus mengupayakan untuk memperolehnya, selain yang tersedia di kegiatan, informasi-informasi tersebut antara lain adalah sebagai berikut :
- a) Informasi tentang lahan, meliputi :
 - i. kondisi fisik lokasi seperti : luasan, batasdan topografi,
 - ii. Kondisi tanah (hasil soil test),
 - iii. keadaan air tanah,
 - iv. peruntukan tanah,
 - v. koefisien dasar bangunan,
 - vi. koefisien lantai bangunan,
 - vii. perincian penggunaan lahan, perkerasan, penghijauan dan lain- lain.
 - b) Pemakai bangunan :
 - i. Struktur organisasi
 - ii. Jumlah personil dan satuan kerja pengembangan untuk 5 tahun mendatang.
 - iii. kegiatan utama, penunjang, pelengkap,
 - iv. Peralatan khusus, jenis, berat, dan dimensinya.
 - c) Kebutuhan bangunan:
 - i. program ruang,
 - ii. keinginan tentang organisasi/ pemanfaatan ruang,
 - d) Keinginan tentang ruang-ruang tertentu, baik yang berhubungan dengan pemakai atau perlengkapan yang akan digunakan dalam ruang tersebut.
 - e) Keinginan tentang kemungkinan perubahan fungsi ruang/ bangunan.
 - f) Keinginan - keinginan tentang utilitas bangunan seperti :
 - i. Air bersih :
 - 1) kebutuhan (sekarang dan proyeksi mendatang),
 - 2) sumber air, jaringan dan kapasitasnya.
 - ii. Air hujan dan air buangan;letak saluran kota,
 - 1) cara pembuangan keluar tapak.
 - iii. Air kotor dan sampah.
 - 1) Letak Tempat Pembuangan Sementara (TPS)
 - 2) Cara pembuangan keluar dari TPS
 - iv. Tata Udara/A.C. (bila dipersyaratkan)
 - 1) beban (Ton ref),
 - 2) pembagian beban,
 - 3) sistem yang diinginkan.
 - v. Transportasi vertikal dalam bangunan (bila dipersyaratkan) ;
 - 1) type dan kapasitas yang akan dipilih,
 - 2) intervall dan waktu tunggu (Waiting Time),
 - 3) penggunaan escalator dan conveyor.

- vi. Penanggulangan bahaya kebakaran (bila dipersyaratkan) :
 - 1) detector (jenis, type),
 - 2) fire alarm (jenis),
 - 3) peralatan peradam kebakaran (jenis, kemampuan).
- vii. Pengaman dari bahaya pencurian dan perusakan (bila di persyaratkan)
 - 1) alarm (jenis, type),
 - 2) sistim yang dipilih.
- viii. Jaringan listrik :
 - 1) kebutuhan daya,
 - 2) sumber daya dan spesifikasinya,
 - 3) cadangan apabila dibutuhkan (kapasitas, spesifikasi).
- ix. Jaringan komunikasi (telepon, telex, radio, intercom) ;
 - 1) kebutuhan titik pembicaraan,
 - 2) sistim yang dipilih.
- x. Dan lain-lain sesuai keperluannya.
 - 4) Program alih teknologi.
 - 5) Staf/ tim teknis pelaksanaan pekerjaan.

Pejabat Pembuat Komitmen akan mengangkat petugas sebagai wakilnya yang bertindak sebagai Tim Teknis untuk pengawas, pendamping dalam pelaksanaan pekerjaan ini.

Lingkup Pekerjaan Dan Tanggung Jawab

- 1) Lingkup pekerjaan yang harus dilaksanakan oleh Penyedia Jasa Konsultansi Perencanaan adalah berpedoman pada ketentuan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 45/PRT/M/2007, tanggal 27 Desember 2007 tentang Pedoman Teknis Pembangunan Gedung Negara, terdiri dari :
 - a) Persiapan atau penyusunan konsep Perencanaan seperti mengumpulkan data dan informasi lapangan (termasuk penyelidikan tanah sederhana apabila diperlukan), membuat interpretasi secara garis besar terhadap KAK, dan konsultasi dengan pemerintah daerah setempat mengenai peraturan daerah/ perijinan bangunan
 - b) Penyusunan Pra-rencana seperti rencana tapak, pra-rencana bangunan termasuk program dan konsep ruang, perkiraan biaya, dan mengurus perijinan sampai mendapatkan keterangan rencana kota, keterangan persyaratan bangunan dan lingkungan, dan IMB pendahuluan dari Pemerintah Daerah Setempat
 - c) Menyelenggarakan paket satuan kerjaloka karya value engineering (VE) selama 40 (empat puluh) jam secara in house (*khusus untuk pembangunan bangunan gedung diatas luas 12.000 M2 atau diatas 8 lantai*)
 - d) Penyusunan Pengembangan Rencana, antara lain membuat :
 1. Rencana arsitektur, beserta uraian konsep dan visualisasi atau studi maket yang mudah dimengerti oleh pemberi tugas
 2. Rencana struktur, beserta uraian konsep dan perhitungannya dan harus

- ditandatangani oleh Tenaga Ahli yang mempunyai Ijin Sertifikat
3. Rencana mekanikal-elektrikal termasuk IT, beserta uraian konsep dan perhitungannya
 4. Garis besar spesifikasi teknis (*Outline Specifications*)
 5. Perkiraan biaya.
- e) Penyusunan rencana detail antara lain membuat :
1. Gambar-gambar detail arsitektur, detail struktur, detail utilitas yang sesuai dengan gambar rencana yang telah disetujui
 2. *Semua gambar arsitektur, struktur, dan utilitas harus ditanda tangani oleh Penanggung Jawab Perusahaan dan Tenaga Ahli yang mempunyai Ijin Sertifikat*
 3. Rencana kerja dan syarat-syarat (RKS)
 4. Rincian volume pelaksanaan pekerjaan, rencana anggaran biaya pekerjaan konstruksi (EE)
 5. Laporan akhir perencanaan.
- 2) Tanggung Jawab Perencana.
- a) Konsultan Perencanaan bertanggung jawab secara profesional atas jasa perencanaan yang berlaku dilandasi pasal 75 Undang-undang Nomor 2 Tahun 2017 Tentang Jasa Konstruksi
- b) Secara umum tanggung jawab konsultan adalah minimal sebagai berikut:
1. Hasil karya perencanaan yang dihasilkan harus memenuhi persyaratan standar hasil karya perencanaan yang berlaku mekanisme pertanggung jawaban sesuai dengan ketentuan perundang- undangan yang berlaku
 2. Hasil karya perencanaan yang dihasilkan harus telah mengakomodasi batasan - batasan yang telah diberikan oleh kegiatan, termasuk melalui KAK ini, seperti dari segi pembiayaan, waktu penyelesaian pekerjaan dan mutu bangunan yang akan diwujudkan
 3. Hasil karya perencanaan yang dihasilkan harus telah memenuhi peraturan, standar, dan pedoman teknis bangunan gedung yang berlaku untuk bangunan gedung pada umumnya dan yang khusus untuk bangunan gedung negara
 4. Jangka Waktu Pelaksanaan
 - 1) Jangka waktu pelaksanaan pekerjaan Perencanaan sampai dengan penyerahan laporan akhir perencanaan diperakan selama **1,5 (Satu Setengah Bulan) bulan atau 45 (Empat Puluh Lima) hari kalender** terhitung sejak diterbitkannya Surat Perintah Mulai Kerja (SPMK).

Personil (Tenaga Ahli Dan Tenaga Pendukung)

b. Kebutuhan Personil (Tenaga Ahli dan Tenaga Pendukung)

Untuk mencapai hasil yang diharapkan, pihak Konsultan Perencana harus menyediakan Personil (tenaga ahli dan tenaga pendukung) untuk menjalankan kewajibannya sesuai dengan lingkup jasa yang tercantum dalam KAK ini.

Adapun personil (tenaga ahli dan tenaga pendukung) yang harus disediakan oleh Konsultan Perencana, minimal memiliki kualifikasi sebagai berikut :

Tabel 1. Kualifikasi Tenaga Ahli

POSISI	KUALIFIKASI			JUMLAH ORANG
	PENDIDIKAN	PROFESI KEAHLIAN MINIMAL	PENGALAMAN	
TENAGA AHLI				
Team Leader	S2 T. Sipil/ Arsitektur	Ska Teknik Bangunan Gedung – Utama/ Ahli Arsitek – Utama	10 Tahun	1 Orang
Ahli Arsitektur	S2 T. Arsitektur	Ska Arsitek – Madya	8 Tahun	1 Orang
Ahli Iluminasi	S1 T. Arsitektur	Ska Iluminasi – Madya	8 Tahun	1 Orang
Ahli Struktur	S2 T. Sipil	Ska Teknik Bangunan Gedung – Madya	8 Tahun	1 Orang
Ahli Mekanikal	S1 T. Mesin	Ska Teknik Mekanikal – Madya	8 Tahun	1 Orang
Ahli Lansekap	S1 T. Arsitektur Lansekap	Ska Arsitektur Lansekap Madya	8 Tahun	1 Orang
Ahli Desain Interior	S1 Desain Interior	Ska Desain Interior – Madya	8 Tahun	1 Orang
Ahli Geodesi	S1 T. Geodesi	Ska Geodesi – Madya	8 Tahun	1 Orang
Ahli Teknik Elektronika dan Komunikasi Dalam Gedung	S1 T. Elektro	Ska Teknik Elektronika dan Komunikasi Dalam Gedung – Madya	8 Tahun	1 Orang
Ahli Teknik Distribusi Tenaga Listrik	S1 T. Elektro	Ska Teknik Distribusi Tenaga Listrik - Madya	8 Tahun	1 Orang
Ahli Lingkungan	S1 T. Lingkungan	Ska Teknik Lingkungan Madya	8 Tahun	1 Orang
Ahli Transportasi Dalam Gedung	S1 T. Mesin	Ska Transportasi Dalam Gedung - Madya	8 Tahun	1 Orang
Ahli Teknik Sistem Tata Udara dan Refrigerasi	S1 T. Mesin	Ska Teknik Sistem Tata Udara dan Refrigerasi – Madya	8 Tahun	1 Orang
Ahli Teknik Plambing dan Pompa Mekanik	S1 T. Mesin	Ska Teknik Plambing dan Pompa Mekanik – Madya	8 Tahun	1 Orang

Ahli Teknik Proteksi Kebakaran	S1 T.Mesin	Ska Teknik Proteksi Kebakaran - Madya	8 Tahun	1 Orang
Ahli Sistem Manajemen Mutu	S1 Teknik	Ska Sistem Manajemen Mutu - Madya	8 Tahun	1 Orang
Ahli Estimasi Biaya	S1 T. Sipil	Ska Teknik Banagunan Gedung – Madya	8 Tahun	1 Orang
ASISTEN TENAGA AHLI				
Asisten Ahli Arsitektur	S1 T. Arsitektur	-	4 Tahun	1 Orang
Asisten Ahli Iluminasi	S1 T. Arsitektur	-	4 Tahun	1 Orang
Asisten Ahli Struktur	S1 T. Sipil	-	4 Tahun	1 Orang
Asisten Ahli Mekanikal	S1 T. Mesin	-	4 Tahun	1 Orang
Asisten Ahli Lansekap	S1 T. Arsitektur Lansekap	-	4 Tahun	1 Orang
Asisten Ahli Desain Interior	S1 Desain Interior	-	4 Tahun	1 Orang
Asisten Ahli Geodesi	S1 T. Geodesi	-	4 Tahun	1 Orang
Asisten Ahli Teknik Elektronika dan Komunikasi Dalam	S1 T. Elektro	-	4 Tahun	1 Orang
Asisten Ahli Teknik Distribusi Tenaga Listrik	S1 T. Elektro	-	4 Tahun	1 Orang
Asisten Ahli Lingkungan	S1 T. Lingkungan	-	4 Tahun	1 Orang
TENAGA PENUNJANG				
Surveyor	S1 T. Sipil / S1 T. Arsitektur	-	4 Tahun	3 Orang
CAD Operator/Drafter	S1 T. Sipil / S1 T. Arsitektur	-	6 Tahun	5 Orang
Opr. Komputer/Adm	S1 Semua Jurusan	-	5 Tahun	1 Orang

Sesuai dengan ketentuan, maka Tenaga Ahli di atas harus memiliki Sertifikat tenaga ahli SKA/SKT (yang masih berlaku) dari Asosiasi, dan bagi Tenaga Ahli dan Tenaga Pendukung juga dilengkapi dengan Curriculum Vitae (pengalaman dilengkapi dengan referensi/surat keterangan). Ijazah serta KTP yang discan.

Uraian Tugas Tenaga Ahli dan Tenaga Pendukung

Konsultan Perencana, diharapkan dapat menguraikan masing-masing tugas dan tanggungjawab personil-personil yang ditentukan sesuai dengan jabatan dan profesi personil tersebut.

Fasilitas/ Peralatan Pekerjaan

Untuk mencapai hasil yang diharapkan, pihak Konsultan Perencana harus menyediakan Fasilitas/ peralatan untuk menjalankan kewajibannya sesuai dengan lingkup jasa yang tercantum dalam KAK ini.

Adapun Fasilitas/Peralatan yang harus disediakan oleh Konsultan Perencana, minimal sebagai berikut :

a. Komputer Dekstop	8 Unit
b. Printer A3	5 Unit
c. Printer A4	5 Unit
d. Kamera Digital	1 Unit
e. Theodolit	1 Unit
f. Peralatan Sondir	1 Unit
g. Boring	1 Unit
h. Kendaraan Roda 4	2 Unit
i. Kendaraan Roda 2	4 Unit

Keluaran

c. Tahapan Perencanaan

Keluaran yang dihasilkan oleh konsultan perencana berdasarkan Kerangka Acuan Kerja ini adalah Dokumen Perencanaan Gedung Kantor Kantor Pemerintah Tinggi Provinsi XYZ dan lebih lanjut akan diatur dalam surat perjanjian pekerjaan, yang minimal meliputi :

Tahap Konsep Perencanaan

- 1) Konsep penyiapan rencana teknis, termasuk konsep organisasi, jumlah dan kualifikasi tim perencana, metoda pelaksanaan, dan tanggung jawab waktu perencanaan.
- 2) Konsep skematik rencana teknis, termasuk program ruang, organisasi hubungan ruang, dll
- 3) Laporan data dan informasi lapangan, termasuk penyelidikan tanah sederhana, keterangan rencana kota, dll.

Tahap Pra- Rencana Teknis

- 1) Gambar-gambar rencana tapak.
- 2) Gambar-gambar pra-rencana bangunan.
- 3) Perkiraan biaya pembangunan.
- 4) Laporan Perencanaan.
- 5) Mengurus kelengkapan untuk perizinan, IMB, SLF, dan Bukti Hak Atas Tanah.
- 6) Hasil konsultasi rencana dengan Pemda setempat.
- 7) Garis besar rencana kerja dan syarat-syarat (RKS).
- 8) *poran hasil kegiatan lokakarya value engineering (khusus untuk bangunan diatas 12. 000 m2 atau lebih dari 8 lantai).*

Tahap Pengembangan Rencana

- 1) rencana arsitektur, beserta uraian konsep dan visualisasi dwi dan trimatra bila diperlukan;
- 2) rencana struktur, beserta uraian konsep dan perhitungannya;
- 3) rencana mekanikal-elektrikal termasuk IT, beserta uraian konsep dan perhitungannya;
- 4) garis besar spesifikasi teknis (Outline Specifications);
- 5) perkiraan biaya.

Tahap Rencana Detail

- 1) membuat gambar-gambar detail,
- 2) rencana kerja dan syarat-syarat, (RKS)
- 3) rincian volume pelaksanaan pekerjaan, (BQ)
- 4) rencana anggaran biaya pekerjaan konstruksi, (RAB) berdasarkan Analisa Biaya Konstruksi - SNI
- 5) dan menyusun laporan perencanaan; struktur, utilitas, lengkap dengan perhitungan-perhitungan yang bisa dipertanggung jawabkan.

Kriteria

a. Kriteria Umum

Pekerjaan yang akan dilaksanakan oleh konsultan perencana seperti yang dimaksud pada KAK harus memperhatikan kriteria umum bangunan disesuaikan berdasarkan fungsi dan kompleksitas bangunan, yaitu :

- 1) Persyaratan Peruntukan dan Intensitas :
 - a. menjamin bangunan gedung didirikan berdasarkan ketentuan tata ruang dan tata bangunan yang ditetapkan di Daerah yang bersangkutan
 - b. menjamin bangunan dimanfaatkan sesuai dengan fungsinya
 - c. menjamin keselamatan pengguna, masyarakat, dan lingkungan.
- 2) Persyaratan Arsitektur dan Lingkungan
 - a. menjamin terwujudnya bangunan gedung yang didirikan berdasarkan

- karakteristik lingkungan, ketentuan wujud bangunan, dan budaya daerah, sehingga seimbang, serasi dan selaras dengan lingkungannya (fisik, sosial dan budaya)
- b. menjamin terwujudnya tata ruang hijau yang dapat memberikan keseimbangan dan keserasian bangunan terhadap lingkungannya, baik pada masa konstruksi maupun pemamfaatannya
 - c. menjamin bangunan gedung dibangun dan dimanfaatkan dengan tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan
 - d. Bangunan berprinsip *Green Design* dan Hemat energi dan air.
- 3) Persyaratan tata ruang, yang meliputi:
- a. Kesesuaian dengan peruntukan lokasi
 - b. Pengalokasian ruang dan luasannya sesuai dengan kebutuhan
- 4) Persyaratan Struktur Bangunan
- a. menjamin terwujudnya bangunan gedung yang dapat mendukung beban yang timbul akibat perilaku alam dan manusia (gempa,dll)
 - b. menjamin keselamatan manusia dari kemungkinan kecelakaan atau luka yang disebabkan oleh kegagalan struktur bangunan
 - c. menjamin kepentingan manusia dari kehilangan atau kerusakan benda yang disebabkan oleh perilaku struktur
 - d. menjamin perlindungan properti lainnya dari kerusakan fisik yang disebabkan oleh kegagalan struktur.
- 5) Persyaratan Ketahanan terhadap Kebakaran
- a. menjamin terwujudnya sistem proteksi pasif dan aktif pada bangunan gedung
 - b. menjamin terwujudnya bangunan gedung yang dapat mendukung beban yang timbul akibat perilaku alam dan manusia
 - c. menjamin terwujudnya bangunan gedung yang dibangun sedemikian rupa sehingga mampu secara struktural stabil selama kebakaran, sehingga:
 - i. cukup waktu bagi penghuni melakukan evakuasi secara aman
 - ii. cukup waktu dan mudah bagi pasukan pemadam kebakaran memasuki lokasi untuk memadamkan api
 - iii. dapat menghindari kerusakan pada properti lainnya.
- 6) Persyaratan Sarana Jalan Masuk dan Keluar
- a. menjamin terwujudnya bangunan gedung yang mempunyai akses yang layak, aman dan nyaman ke dalam bangunan dan fasilitas serta layanan di dalamnya.
 - b. menjamin terwujudnya upaya melindungi penghuni dari kesakitan atau luka saat evakuasi pada keadaan darurat.
 - c. menjamin tersedianya aksesibilitas bagi penyandang cacat, khususnya untuk bangunan fasilitas umum dan sosial.
- 7) Persyaratan Transportasi dalam Gedung
- a. menjamin tersedianya sarana transportasi yang layak, aman, dan nyaman di dalam bangunan gedung.
 - b. menjamin tersedianya aksesibilitas bagi penyandang cacat, khususnya untuk bangunan fasilitas umum dan sosial,

- 8) Persyaratan Pencahayaan Darurat, Tanda arah Keluar, dan Sistem Peringatan Bahaya :
 - a. menjamin tersedianya pertandaan dini yang informatif di dalam bangunan gedung apabila terjadi keadaan darurat
 - b. menjamin penghuni melakukan evakuasi secara mudah dan aman, apabila terjadi keadaan darurat,
- 9) Persyaratan Instalasi Listrik, Penangkal Petir dan Komunikasi :
 - a. menjamin terpasangnya instalasi listrik secara cukup dan aman dalam menunjang terselenggaranya satuan kerjadi dalam bangunan gedung sesuai dengan fungsinya
 - b. menjamin terwujudnya keamanan bangunan gedung dan penghuninya dari bahaya akibat petir
 - c. menjamin tersedianya sarana komunikasi yang memadai dalam menunjang terselenggaranya satuan kerjadi dalam bangunan gedung sesuai dengan fungsinya.
- 10) Persyaratan Instalasi Gas (gas bakar dan/atau gas medik) :
 - a. menjamin terpasangnya instalasi gas secara aman dalam menunjang terselenggaranya satuan kerjadi dalam bangunan gedung sesuai dengan fungsinya
 - b. menjamin terpenuhinya pemakaian gas yang aman dan cukup
 - c. menjamin upaya beroperasinya peralatan dan perlengkapan gas secara baik.
- 11) Persyaratan Sanitasi Bangunan Gedung dan Lingkungan
 - a. menjamin tersedianya sarana sanitasi yang memadai dalam menunjang pada bangunan gedung dan lingkungan sesuai dengan fungsinya.
 - b. menjamin terwujudnya kebersihan, kesehatan dan memberikan kenyamanan bagi penghuni bangunan dan lingkungan.
 - c. menjamin upaya beroperasinya peralatan dan perlengkapan sanitasi secara baik.
- 12) Persyaratan Ventilasi dan Pengkondisian Udara
 - a. menjamin terpenuhinya kebutuhan udara yang cukup, baik alami maupun buatan dalam menunjang terselenggaranya satuan kerjadalam bangunan gedung sesuai dengan fungsinya.
 - b. menjamin upaya beroperasinya peralatan dan perlengkapan tata udara secara baik.
- 13) Persyaratan Pencahayaan :
 - a. menjamin terpenuhinya kebutuhan pencahayaan yang cukup, baik alami maupun buatan dalam menunjang terselenggaranya satuan kerjadalam bangunan gedung sesuai dengan fungsinya.
 - b. menjamin upaya beroperasinya peralatan dan perlengkapan pencahayaan secara baik.
- 14) Persyaratan Kebisingan dan Getaran
 - a. menjamin terwujudnya kehidupan yang nyaman dari gangguan suara dan getaran yang tidak diinginkan.
 - b. menjamin adanya kepastian bahwa setiap usaha atau satuan kerjayang

menimbulkan dampak negatif suara dan getaran perlu melakukan upaya pengendalian pencemaran dan atau mencegah perusakan lingkungan.

Kriteria Khusus

- 1) Sejauh tidak bertentangan dengan persyaratan umum, pekerjaan yang direncanakan harus diusahakan memanfaatkan potensi alami (pencahayaannya dan tata udara) sesuai dengan iklim tropis.
- 2) Pengelompokan fungsi dalam bangunan hendaknya dilakukan sesuai dengan sifat dan hirarkinya, namun masih merupakan kesatuan yang utuh.
- 3) Jaringan sirkulasi manusia atau barang baik vertikal maupun horizontal hendaknya disusun seefisien mungkin dan tidak mengganggu fungsi dalam bangunan.
- 4) Persyaratan penggunaan bahan harus dipertahankan fleksibilitas dalam kemungkinan adanya penggantian atas kerusakan maupun perubahan-perubahan dikemudian hari. Dihindari penggunaan bahan-bahan bangunan yang mengandung zat-zat yang membahayakan kesehatan/keselamatan pengguna dan lingkungan.

Azas - Azas

Selain dari kriteria diatas, di dalam melaksanakan tugasnya konsultan Perencana hendaknya memperhatikan azas-azas bangunan gedung negara sebagai berikut :

- 1) Bangunan gedung negara hendaknya fungsional, efisien, menarik tetapi tidak berlebihan.
- 2) Kreatifitas desain hendaknya tidak ditekankan pada kelatahan gaya dan kemewahan material, tetapi pada kemampuan mengadakan sublimasi antara fungsi teknik dan fungsi sosial bangunan, terutama sebagai bangunan pelayanan kepada masyarakat
- 3) Dengan batasan tidak mengganggu produktivitas kerja, biaya investasi dan pemeliharaan bangunan sepanjang umumnya, hendaknya diusahakan serendah mungkin
- 4) Desain bangunan hendaknya dibuat sedemikian rupa, sehingga bangunan dapat dilaksanakan dalam waktu yang pendek dan dapat dimanfaatkan secepatnya
- 5) Bangunan gedung negara hendaknya dapat meningkatkan kualitas lingkungan, dan menjadi acuan tata bangunan dan lingkungan di sekitarnya.

Proses Perencanaan

- 1) Dalam proses perencanaan untuk menghasilkan keluaran-keluaran yang diminta, konsultan Perencana harus menyusun jadwal pertemuan berkala dengan Pengelola Kegiatan.
- 2) Dalam pertemuan berkala tersebut ditentukan produk awal, antara dan pokok yang harus dihasilkan konsultan sesuai dengan rencana keluaran yang ditetapkan dalam KAK ini.

- 3) Dalam pelaksanaan tugas, konsultan harus selalu memperhitungkan bahwa waktu pelaksanaan pekerjaan adalah mengikat.

Program Kerja

- 1) Konsultan Perencana harus segera menyusun program kerja minimal meliputi :
 - a. Jadwal kegiatan secara detail.
 - b. Alokasi tenaga yang lengkap (disiplin dan keahliannya). Tenaga-tenaga yang diusulkan oleh konsultan perencana harus mendapatkan persetujuan dari Pengguna Jasa.
 - c. Konsep penanganan pekerjaan perencanaan.
- 2) Program kerja secara keseluruhan harus mendapatkan persetujuan dari Pengguna Jasa, setelah sebelumnya dipresentasikan oleh Konsultan Perencana dan mendapatkan pendapat teknis dari Direksi Teknis Kegiatan.
- 3) Secara Umum, persyaratan teknis bangunan gedung negara mengikuti ketentuan dalam :
 - a. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 29/PRT/M/2006 tanggal 1 Desember 2006 tentang Persyaratan Teknis Bangunan Gedung.
 - b. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 45/PRT/M/2007 tanggal 27 Desember 2007 Pedoman Teknis Pembangunan Bangunan Gedung Negara.
 - c. Standar Nasional Indonesia tentang Bangunan Gedung serta standar teknis yang terkait.
 - d. Peraturan daerah setempat tentang Bangunan Gedung

2.1 Laporan Hasil Pekerjaan

Hasil pekerjaan perencanaan berupa suatu bentuk Dokumen Laporan yang harus diserahkan oleh penyedia jasa konsultansi perencanaan kepada pengguna jasa Sebagai Kontrol dan pertanggung jawaban dari pelaksanaan pekerjaan jasa konsultansi Perencanaan yang dibuat dari tahapan pelaksanaan pekerjaan yaitu sebagai berikut :

Tahap Konsep Perencanaan

Konsep perencanaan meliputi :

- a) Konsep penyiapan rencana teknis, termasuk konsep organisasi, jumlah dan kualifikasi tim perencana, metoda pelaksanaan, dan tanggung jawab waktu perencanaan
- b) Hasil Survey pendahuluan/awal (kondisi, batasan, topografi site/ lahan)
- c) Metode pendekatan kerja perencanaan (gagasan dan ide untuk konsep bangunan)
- d) Studi banding terhadap peraturan-peraturan yang terkait dalam pekerjaan perencanaan dan pemaparan tantang bangunan yang akan direncanakan dari beberapa daerah lainnya (bila diperlukan)
- e) Hasil expose Tahap Konsep Perencanaan.

Laporan yang dihasilkan pada tahap ini, bernama “Laporan Pendahuluan” dibuat sebanyak 5 (Lima) buku yang disusun secara baik dan urut untuk pedoman dalam tahap selanjutnya.

1. Tahap Pra-Rencana Teknis

Pra-Rencana Teknis meliputi :

- a) Membuat Gambar-gambar rencana tapak/ pembuatan master plane secara keseluruhan.
- b) Membuat Gambar-gambar pra rencana bangunan termasuk program dan konsep ruang.
- c) Membuat Perkiraan biaya pembangunan berdasarkan harga satuan bangunan gedung (HSBG) pada daerah setempat.
- d) Hasil konsultasi rencana dengan Pemda setempat.
- e) Hasil pengurusan perizinan bangunan gedung negara (IMB, SLF, AMDAL, Bukti hak atas tanah dan lain-lain).
- f) Garis besar rencana kerja dan syarat-syarat (RKS).
- g) Hasil expose laporan Pra-Rencana Teknis

Laporan yang dihasilkan pada tahap ini, bernama “LAPORAN PRA RENCANA” dibuat sebanyak 5 (Lima) buku yang disusun secara baik dan urut untuk pedoman dalam tahap selanjutnya.

2. Pengembangan Rencana meliputi :

- a) Membuat Rencana Arsitektur, beserta uraian konsep dan visualisasinya.
- b) Membuat Rencana Struktur beserta uraian konsep dan perhitungannya.
- c) Membuat Rencana Mekanikal-elektrikal termasuk IT, beserta uraian konsep dan perhitungannya.
- d) Menyusun Garis besar spesifikasi teknis (*Outline Specifications*).
- e) Menyusun Perkiraan biaya/ *Engineering Estimate (EE)* sesuai dengan pagu anggaran.
- f) Membuat Laporan-laporan Teknis perencanaan lengkap dengan perhitungan-perhitungan yang bisa dipertanggungjawabkan, terdiri dari :
 - i. Laporan Hasil penyelidikan tanah.
 - ii. Laporan Hasil perhitungan Struktur.
 - iii. Laporan Hasil pengukuran dan topografi site/lahan beserta perhitungan elevasinya.
 - iv. Laporan Hasil perhitungan mekanikal-elektrikal.
 - v. Laporan untuk sistem IPAL dan Pengolahan Limbah (tata lingkungan termasuk landscape)
- g) Hasil expose Laporan Pengembangan Rencana.

Laporan yang dihasilkan pada tahap ini, bernama “LAPORAN ANTARA” dibuat sebanyak 5 (Lima) buku yang disusun secara baik dan urut untuk pedoman dalam tahap selanjutnya.

3. Tahap Rencana Detail dan Penyusunan RKS serta RAB

Tahap ini meliputi :

- a. Pembuatan Gambar-gambar detail Rencana Arsitektur, Struktur dan Mekanikal-elektrikal
- b. Pembuatan Gambar-gambar 3 dimensi dan Simulasi hasil perencanaan
- c. Pembuatan maket project hasil perencanaan
- d. Pembuatan Rencana kerja dan syarat-syarat (RKS)
- e. Pembuatan Rincian volume pekerjaan (BQ) beserta rincian perhitungannya
- f. Pembuatan Rencana Anggaran Biaya (RAB)/ *Engineering Estimate (EE)* pekerjaan konstruksi berdasarkan analisa biaya konstsuksi – SNI
- g. Kesimpulan dan rekomendasi dalam perencanaan
- h. Hasil expose Laporan Akhir.

Laporan yang dihasilkan pada tahap ini, bernama “LAPORAN AKHIR” dibuat sebanyak 5 (Lima.) buku yang disusun secara baik dan urut.

Perencanaan gedung bertingkat harus dipikirkan secara matang karena menyangkut dana investasi yang jumlahnya tidak sedikit. Dalam perencanaan dan pelaksanaan alat *plumbing* ada beberapa acuan kerja yang diperlukan dalam mengendalikan penyelenggaraan bangunan gedung dalam rangka proses perizinan, pelaksanaan dan pemanfaatan bangunan serta pemeriksaan kelayakan fungsi bangunan gedung.

Pedoman teknis ini bertujuan untuk dapat mewujudkan bangunan gedung sesuai fungsi yang ditetapkan dan yang memenuhi persyaratan teknis, yaitu standar nasional Indonesia sesuai dengan pekerjaan yang akan dilaksanakan

SECTION 3. PERSYARATAN TEKNIS UMUM

4.1 Persyaratan Teknis Umum

a. Umum

Persyaratan ini merupakan bagian dari persyaratan teknis ini. Apabila ada klausul dari persyaratan ini yang dituliskan kembali dalam persyaratan teknis ini, berarti menuntut perhatian khusus pada klausul-klausul tersebut dan bukan berarti menghilangkan klausul-klausul lainnya dari syarat-syarat umum.

b. Peraturan Dan Acuan

Pemasangan instalasi ini pada dasarnya harus memenuhi atau mengacu kepada Peraturan Daerah maupun Nasional, Keputusan Menteri, Asosiasi Profesi Internasional, Standar Nasional maupun Internasional yang terkait. Pelaksana Pekerjaan dianggap sudah mengenal dengan baik standard dan acuan nasional maupun internasional dari Amerika dan Australia dalam spesifikasi ini. Adapun standar atau acuan yang dipakai, tetapi tidak terbatas, antara lain seperti dibawah ini :

- a. Listrik Arus Kuat (L.A.K)
 - SNI-04-0227-1994 tentang Tegangan Standar
 - SNI-04-0255-2000 tentang Persyaratan Umum Instalasi Listrik
 - SNI-03-7015-2004 tentang Sistem Proteksi Petir pada Bangunan
 - SNI-03-6197-2000 tentang Konversi Energi Sistem Pencahayaan
 - SNI-03-6574-2001 tentang Tata Cara Perancangan Pencahayaan Darurat, Tanda Arah dan Sistem Peringatan Bahaya pada Bangunan
 - SNI-03-6575-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan pada Bangunan
 - SNI-03-7018-2004 tentang Sistem Pasokan Daya darurat
- b. Tata Udara Gedung (T.U.G)
 - SNI-03-6390-2000 tentang Konservasi Energi Sistem Tata Udara
 - SNI-03-6572-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung
 - SNI-03-6571-2001 tentang Sistem Pengendalian Asap pada Bagunan Gedung
 - SNI-03-7012-2004 tentang Sistem Manajemen Asap di dalam MAL, Atrium dan Ruang Bervolume Besar.
 - ASHRAE 62-2001 Standard of Ventilation for Acceptable IAQ
 - CARRIER, Hand Book of Air Conditioning System Design
 - ASHRAE HVAC Design Manual for Hospital and Clinics
 - ASHRAE Handbook Series

c. Gambar-Gambar

- a. Gambar-gambar rencana dan persyaratan-persyaratan ini merupakan suatu kesatuan yang saling melengkapi dan sama mengikatnya.
- b. Gambar-gambar sistem ini menunjukkan secara umum tata letak dari peralatan, sedangkan pemasangannya harus dikerjakan dengan memperhatikan kondisi dari bangunan yang ada, petunjuk instalasi dari pabrik pembuat dan mempertimbangkan juga kemudahan pengoperasian serta pemeliharaannya jika peralatan-peralatan sudah dioperasikan.
- c. Gambar-gambar Arsitek, Struktur dan Interior serta Specialis lainnya (bila ada) harus dipakai sebagai referensi untuk pelaksanaan dan detail finishing instalasi.
- d. Sebelum pekerjaan dimulai, Pelaksana Pekerjaan harus mengajukan gambar kerja dan detail, "Shop Drawing" kepada Konsultan Pengawas untuk dapat diperiksa dan disetujui terlebih dahulu sebanyak 3 (tiga) set. Dengan mengajukan gambar-gambar tersebut, Pelaksana Pekerjaan dianggap telah mempelajari situasi dari instalasi lain yang berhubungan dengan instalasi ini. Persetujuan tersebut tidak berarti membebaskan Pelaksana Pekerjaan dari kesalahan yang mungkin terjadi dan dari tanggung jawab atas pemenuhan kontrak.
- e. Pelaksana Pekerjaan instalasi ini harus membuat gambar-gambar terinstalasi, "As-built Drawings" disertai dengan Operating Instruction, Technical and Maintenance Manual, harus diserahkan kepada Konsultan Pengawas pada saat penyerahan pertama pekerjaan dalam rangkap 5 (lima) terdiri dari atas 1 (satu) asli kalkir berikut disketnya dan 4 (empat) cetak biru dan dijilid serta dilengkapi dengan daftar isi, notasi dan penjelasan lainnya, dalam ukuran A0 atau A1 atau disebutkan lain dalam proyek ini. As-built Drawing ini harus benar-benar menunjukkan secara detail seluruh instalasi M & E yang ada termasuk dimensi perletakan dan lokasi peralatan, gambar kerja bengkel, nomor seri, tipe peralatan dan informasi lainnya sehingga jelas
- f. Operating Instruction, Technical and Maintenance Manuals harus cetakan asli (original) berikut terjemahannya dalam bahasa Indonesia sebanyak 5 (lima) set dan dijilid dan dilengkapi dengan daftar isi, notasi dan penjelasan lainnya, dalam ukuran A4.

d. Koordinasi

Pelaksana Pekerjaan instalasi ini hendaknya bekerja sama dengan Pelaksana Pekerjaan lainnya, agar pekerjaan dapat berjalan dengan lancar sesuai dengan waktu yang telah ditetapkan

- a. Koordinasi yang baik perlu ada agar instalasi yang satu tidak menghalangi kemajuan instalasi lain
- b. Apabila dalam pelaksanaan instalasi ini tidak mengindahkan koordinasi dari Konsultan Pengawas, sehingga menghalangi instalasi yang lain, maka semua akibat menjadi tanggung jawab Pelaksana Pekerjaan ini.

e. Rapat Koordinasi Lapangan

Wakil Pelaksana Pekerjaan harus selalu hadir dalam setiap rapat koordinasi proyek yang diatur oleh Konsultan Pengawas. Peserta rapat koordinasi harus mengetahui situasi dan kondisi lapangan serta bisa memberi keputusan terhadap sebagian masalah.

f. Peralatan Dan Material

Semua peralatan dan bahan harus baru dan sesuai dengan brosur yang dipublikasikan, sesuai dengan spesifikasi yang diuraikan, maupun pada gambar-gambar rencana dan merupakan produk yang masih beredar dan diproduksi secara teratur.

g. Persetujuan Peralatan dan Material

- a. Dalam jangka waktu 2 (dua) minggu setelah menerima Surat Perintah Kerja (SPK), dan sebelum memulai pekerjaan instalasi peralatan maupun material, Pelaksana Pekerjaan diharuskan menyerahkan daftar dari material-material yang akan digunakan. Daftar ini harus dibuat rangkap 4 (empat) yang didalamnya tercantum nama-nama dan alamat manufacture, catalog dan keterangan-keterangan lain yang dianggap perlu oleh Konsultan Pengawas dan Konsultan Perencana antara

lain :

- Manufacturer Data
Meliputi brosur-brosur, spesifikasi dan informasi-informasi yang tercetak jelas cukup detail sehubungan dengan pemenuhan spesifikasi.
- Performance Data
Data-data kemampuan dari unit yang terbaca dari suatu table atau kurva yang meliputi informasi yang diperlukan dalam menyeleksi peralatan- peralatan lain yang ada kaitannya dengan unit tersebut.
- Quality Assurance
Suatu pembuktian dari pabrik pembuat atau distributor utama terhadap kualitas dari unit berupa produk dari unit ini sudah diproduksi beberapa tahun, telah dipasang di beberapa lokasi dan telah beroperasi dalam jangka waktu tertentu dengan baik.

- b. Persetujuan oleh Konsultan Perencana dan Konsultan Pengawas akan diberikan atas dasar atau sesuai dengan ketentuan diatas.

h. Contoh Peralatan dan Material

- a. Pelaksana Pekerjaan harus menyerahkan contoh bahan-bahan yang akan dipasang kepada Konsultan Pengawas paling lama 2 (dua) minggu setelah daftar material disetujui. Semua biaya yang berkenaan dengan penyerahan dan pengembalian contoh-contoh ini adalah menjadi

tanggung Pelaksana Pekerjaan

- b. Konsultan Pengawas tidak bertanggung jawab atas contoh bahan yang akan dipakai dan semua biaya yang tidak berkenaan dengan penyerahan dan pengambilan contoh / dokumen ini.
- i. Peralatan dan Bahan Sejenis

Untuk peralatan dan bahan sejenis yang fungsi penggunaannya sama harus diproduksi pabrik (bermerk), sehingga memberikan kemungkinan saling dapat dipertukarkan.

- j. Penggantian Peralatan dan Material

- a. Semua peralatan dan bahan yang diajukan dalam tender sudah memenuhi spesifikasi, walaupun dalam pengajuan saat tender kemungkinan ada peralatan dan bahan belum memenuhi spesifikasi, tetapi tetap harus dipenuhi sesuai spesifikasi bila sudah ditunjuk sebagai Pelaksana Pekerjaan pelaksana pekerjaan.
- b. Untuk peralatan dan bahan yang sudah memenuhi spesifikasi, karena suatu hal yang tidak bisa dihindari terpaksa harus diganti, maka sebagai penggantinya harus dari jenis setaraf atau lebih baik (equal or better) yang disetujui.
- c. Bila Konsultan Pengawas membuktikan bahwa penggantinya itu betul setaraf atau lebih baik, maka biaya yang menyangkut pembuktian tersebut harus ditanggung oleh Pelaksana Pekerjaan.

Pengujian dan Penerimaan

- a. Khusus peralatan utama, harus dites dahulu oleh Pemilik dan didampingi Konsultan Perencana di pabrik masing-masing yang sebelumnya sudah dites oleh pabrik yang bersangkutan dan disetujui untuk dikirim ke lapangan
- b. Semua peralatan-peralatan yang sesuai dengan spesifikasi ini dikirim dan dipasang dan telah memenuhi ketentuan-ketentuan pengetesan dengan baik, Pelaksana Pekerjaan harus melaksanakan pengujian secara keseluruhan dari peralatan - peralatan yang terpasang, dan jika sudah dites dan memenuhi fungsi-fungsinya sesuai dengan ketentuan-ketentuan dari kontrak, maka seluruh unit lengkap dengan peralatannya dapat diserahkan berdasarkan Berita Acara oleh Konsultan Pengawas.

1.6.6. Perlindungan Pemilik

Atas penggunaan bahan / material, sistem dan lain-lain oleh Pelaksana Pekerjaan, Pemilik dijamin dan dibebaskan dari segala claim ataupun tuntutan yuridis lainnya.

1.7. Ijin-Ijin

Pengurusan ijin-ijin yang diperlukan untuk pelaksanaan instalasi ini serta seluruh biaya yang diperlukannya menjadi tanggung jawab Pelaksana Pekerjaan.

1.7.1. Pelaksanaan pemasangan

- a. Sebelum pelaksanaan pemasangan instalasi ini dimulai, Pelaksana Pekerjaan harus menyerahkan gambar kerja dan detailnya kepada Konsultan Pengawas dalam rangkap 3 (tiga) untuk disetujui. Yang dimaksud gambar kerja disini adalah gambar yang menjadi pedoman dalam pelaksanaan, lengkap dengan dimensi peralatan, jarak peralatan satu dengan lainnya, jarak terhadap dinding, jarak pipa terhadap lantai, dinding dan peralatan, dimensi aksesoris yang dipakai. Konsultan Pengawas berhak menolak gambar kerja yang tidak mengikuti ketentuan tersebut diatas.
- b. Pelaksana Pekerjaan diwajibkan untuk mengecek kembali atas segala ukuran / kapasitas peralatan (equipment) yang akan dipasang. Apabila terdapat keraguan-keraguan, Pelaksana Pekerjaan harus segera menghubungi Konsultan Pengawas untuk berkonsultasi.
- c. Pengambilan ukuran atau pemilihan kapasitas peralatan yang sebelumnya tidak dikonsultasikan dengan Konsultan Pengawas, apabila terjadi kekeliruan maka hal tersebut menjadi tanggung jawab Pelaksana Pekerjaan. Untuk itu pemilihan peralatan dan material harus mendapatkan persetujuan dari Konsultan Pengawas atas rekomendasi Konsultan Perencana.
- d. Pada beberapa peralatan tertentu ada asumsi yang digunakan konsultan dalam menentukan performnya, asumsi-asumsi ini harus diganti oleh Pelaksana Pekerjaan sesuai actual dari peralatan yang dipilih maupun kondisi lapangan yang tidak memungkinkan. Untuk itu Pelaksana Pekerjaan wajib menghitung kembali performnya dari peralatan tersebut dan memintakan persetujuan kepada Konsultan Pengawas.

1.7.2. Penambahan / Pengurangan / Perubahan Instalasi

- a. Pelaksanaan instalasi yang menyimpang dari rencana karena penyesuaian dengan kondisi lapangan, harus mendapat persetujuan tertulis dahulu dari pihak Konsultan Perencana dan Konsultan Pengawas
- b. Pelaksana Pekerjaan instalasi ini harus menyerahkan setiap gambar perubahan yang ada kepada Konsultan Pengawas sebanyak rangkap 3 (tiga) set yang akan dikirim oleh Konsultan Pengawas kepada Konsultan Perencana
- c. Perubahan material dan lain-lainnya, harus diajukan oleh Pelaksana Pekerjaan kepada Konsultan Pengawas secara tertulis dan jika terjadi pekerjaan tambah / kurang / perubahan yang ada harus disetujui oleh Konsultan Perencana dan Konsultan Pengawas secara tertulis.

1.7.3. Sleeves dan inserts

Semua sleeves menembus lantai beton untuk instalasi sistem elektrikal harus dipasang oleh Pelaksana Pekerjaan. Semua inserts beton yang diperlukan untuk memasang peralatan, termasuk inserts untuk penggantung (hangers) dan penyangga lainnya harus dipasang oleh Pelaksana Pekerjaan.

1.7.4. Pembobokan, Pengelasan dan Pengeboran

- a. Pembobokan tembok, lantai, dinding dan sebagainya yang diperlukan dalam pelaksanaan instalasi ini serta mengembalikannya ke kondisi semula, menjadi lingkup pekerjaan Pelaksana Pekerjaan instalasi ini
- b. Pembobokan / pengelasan / pengeboran hanya dapat dilaksanakan apabila ada persetujuan dari pihak Konsultan Pengawas secara tertulis.

1.7.5. Pengecatan

Semua peralatan dan bahan yang dicat, kemudian lecet karena pengangkutan atau pemasangan harus segera ditutup dengan dempul dan dicat dengan warna yang sama, sehingga nampak seperti baru kembali.

1.7.6. Penanggung Jawab Pelaksanaan

- a. Pelaksana Pekerjaan instalasi ini harus menempatkan seorang penanggung jawab pelaksanaan yang ahli dan berpengalaman yang harus selalu ada di lapangan, yang bertindak sebagai wakil dari Pelaksana Pekerjaan dan mempunyai kemampuan untuk memberikan keputusan teknis dan bertanggung jawab penuh dalam menerima segala instruksi yang akan diberikan oleh Konsultan Pengawas.
- b. Penanggung jawab tersebut diatas juga harus berada ditempat pekerjaan pada saat diperlukan / dikehendaki oleh Konsultan Pengawas.

1.8. Pengawasan

- a. Pengawasan setiap hari terhadap pelaksanaan pekerjaan adalah dilakukan oleh Konsultan Pengawas.
- b. Konsultan Pengawas harus dapat mengawasi, memeriksa dan menguji setiap bagian pekerjaan, bahan dan peralatan. Pelaksana Pekerjaan harus mengadakan fasilitas- fasilitas yang diperlukan.
- c. Bagian-bagian pekerjaan yang telah dilaksanakan tetapi luput dari pengamatan Konsultan Pengawas adalah tetap menjadi tanggung jawab Pelaksana Pekerjaan.
- d. Jika diperlukan pengawasan oleh Pengawas harian diluar jam-jam kerja (08.00 sampai dengan 16.00), dan hari libur maka segala biaya yang diperlukan untuk hal tersebut menjadi beban Pelaksana Pekerjaan yang perhitungannya disesuaikan dengan peraturan pemerintah. Permohonan untuk mengadakan pengawasan tersebut harus dengan surat yang disampaikan kepada Konsultan Pengawas.
- e. Ditempat pekerjaan, Konsultan Pengawas menempatkan petugas-petugas pengawas yang bertugas setiap saat untuk mengawasi pekerjaan Pelaksana Pekerjaan, agar pekerjaan dapat dilaksanakan atau dilakukan sesuai dengan isi surat perjanjian Pelaksanaan Pekerjaan serta dengan cara-cara yang benar dan tepat serta cermat.

1.9. Laporan-Laporan

1.9.1. Laporan Harian dan Mingguan

1. Pelaksana Pekerjaan wajib membuat laporan harian dan mingguan yang memberikan gambaran mengenai:
 - Kegiatan fisik
 - Catatan dan perintah Konsultan Pengawas yang disampaikan secara lisan maupun tertulis.
 - Jumlah material masuk / ditolak.
 - Jumlah tenaga kerja dan keahliannya
 - Keadaan cuaca
 - Pekerjaan tambah / kurang
 - Prestasi rencana dan yang terpasang
2. Laporan mingguan merupakan ringkasan dari laporan harian dan setelah ditandatangani oleh manajer proyek harus diserahkan kepada Konsultan Pengawas untuk diketahui / disetujui.

1.9.2. Laporan Pengetesan

1. Pelaksana Pekerjaan instalasi ini harus menyerahkan kepada Konsultan Pengawas dalam rangkap 3 (tiga) mengenai hal-hal sebagai berikut :
 - Hasil pengetesan semua persyaratan operasi instalasi.
 - Hasil pengetesan mesin atau peralatan
 - Hasil pengetesan kabel
 - Hasil pengetesan kapasitas aliran udara, kuat arus, tegangan, tekanan, dll.
2. Semua pengetesan dan pengukuran yang akan dilaksanakan harus disaksikan oleh Konsultan Pengawas.

1.10. Pemeriksaan Rutin dan Khusus

- a. Pemeriksaan rutin dalam masa pemeliharaan harus dilaksanakan oleh Pelaksana Pekerjaan instalasi ini secara periodik dan tidak kurang dari tiap 2 (dua) minggu, atau ditentukan lain oleh Konsultan Pengawas.
- b. Pemeriksaan khusus dalam masa pemeliharaan harus dilaksanakan oleh Pelaksana Pekerjaan instalasi ini, apabila ada permintaan dari pihak Konsultan Pengawas dan atau bila ada gangguan dalam instalasi ini.

1.11. Kantor Pelaksana Pekerjaan, Los Kerja Dan Gudang

- a. Pelaksana Pekerjaan diharuskan untuk membuat kantor, gudang dan los kerja di halaman tempat pekerjaan, untuk keperluan pelaksanaan tugas administrasi lapangan, penyimpanan barang / bahan serta peralatan kerja dan sebagai area / tempat kerja (peralatan pekerjaan kasar), dimana pelaksanaan tugas instalasi berlangsung.
- b. Pembuatan kantor, gudang dan los kerja ini dapat dilaksanakan bila terlebih dahulu mendapatkan ijin dari pemberi tugas / Konsultan Pengawas.

1.11.1. Penjagaan

- a. Pelaksana Pekerjaan wajib mengadakan penjagaan dengan baik serta terus menerus selama berlangsungnya pekerjaan atas bahan, peralatan, mesin dan alat-alat kerja yang disimpan di tempat kerja (gudang lapangan)
- b. Kehilangan yang diakibatkan oleh kelalaian penjagaan atas barang-barang tersebut diatas, menjadi tanggung jawab Pelaksana Pekerjaan.

1.11.2. Air kerja

- a. Semua kebutuhan air yang diperlukan dalam setiap bagian pekerjaan dan sebagainya harus disediakan oleh pihak Pelaksana Pekerjaan.
- b. Apabila menggunakan sumber air yang sudah ada (eksisting) harus dilengkapi dengan meter air, dan berkoordinasi dengan Konsultan Pengawas terlebih dahulu.

1.11.3. Penerangan dan Sumber Daya / listrik kerja

- a. Pada kantor, los kerja, gudang dan tempat-tempat pelaksanaan pekerjaan yang dianggap perlu, harus diberi penerangan yang cukup.
- b. Daya listrik baik untuk keperluan penerangan maupun untuk sumber tenaga /daya kerja harus diusahakan oleh Pelaksana Pekerjaan. Bila menggunakan daya listrik dari bangunan existing, harus dilengkapi dengan KWh meter dan berkoordinasi dengan Konsultan Pengawas terlebih dahulu.

1.11.4. Kebersihan dan Ketertiban

- a. Selama pelaksanaan pekerjaan berlangsung, kantor, gudang, los kerja dan tempat pekerjaan dilaksanakan dalam bangunan, harus selalu dalam keadaan bersih.
- b. Penimbunan / penyimpanan barang, bahan dan peralatan baik dalam gudang maupun diluar (halaman), harus diatur sedemikian rupa agar memudahkan jalannya pemeriksaan dan tidak mengganggu pekerjaan dari bagian lain.
- c. Peraturan-peraturan yang lain tentang ketertiban akan dikeluarkan oleh Konsultan Pengawas pada waktu pelaksanaan.

1.12. Kecelakaan dan Peti PPPK

- a. Jika terjadi kecelakaan yang berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan ini, maka Pelaksana Pekerjaan diwajibkan segera mengambil segala tindakan guna kepentingan si korban atau para korban, serta melaporkan kejadian tersebut kepada instansi dan departement yang bersangkutan / berwenang (dalam hal ini Polisi dan Department Tenaga Kerja) dan mempertanggung jawabkan sesuai dengan peraturan yang berlaku.
- b. Peti PPPK dengan isinya yang selalu lengkap, guna keperluan pertolongan pertama pada kecelakaan harus selalu ada di tempat pekerjaan.

1.13. Testing dan Commissioning

- a. Pelaksana Pekerjaan instalasi ini harus melakukan semua testing dan commissioning yang dianggap perlu untuk mengetahui apakah keseluruhan instalasi dapat berfungsi dengan baik dan dapat memenuhi semua persyaratan yang diminta, sesuai dengan prosedur testing dan commissioning dari pabrik pembuat dan instansi yang berwenang
- b. Semua bahan dan perlengkapan yang diperlukan untuk mengadakan testing tersebut merupakan tanggung jawab Pelaksana Pekerjaan termasuk daya listrik untuk testing.

1.14. Masa Pemeliharaan dan Serah Terima Pekerjaan

- a. Peralatan dan sistem instalasi ini harus digaransi selama 1 (satu) tahun dihitung sejak saat penyerahan pertama.
- b. Masa pemeliharaan untuk instalasi ini adalah selama 90 (sembilan puluh) hari kalender sejak saat penyerahan pertama, bila Konsultan Pengawas / Pemberi Tugas menentukan lain, maka yang terakhir ini yang akan berlaku.
- c. Selama masa pemeliharaan, seluruh instalasi yang telah selesai dilaksanakan masih merupakan tanggung jawab Pelaksana Pekerjaan sepenuhnya.
- d. Selama masa pemeliharaan ini, untuk seluruh instalasi ini Pelaksana Pekerjaan diwajibkan mengatasi segala kerusakan yang akan terjadi tanpa adanya tambahan biaya.
- e. Selama masa pemeliharaan ini, apabila Pelaksana Pekerjaan instalasi tidak melaksanakan teguran dari Konsultan Pengawas atas perbaikan / penggantian / penyetelan yang diperlukan, maka Konsultan Pengawas berhak menyerahkan perbaikan / penggantian / penyetelan tersebut kepada pihak lain atas biaya Pelaksana Pekerjaan instalasi ini.
- f. Selama masa pemeliharaan ini, Pelaksana Pekerjaan instalasi harus melatih petugas- petugas yang ditunjuk oleh Pemilik dalam teori dan praktek sehingga dapat mengenali sistem instalasi dan dapat melaksanakan pengoperasian dan pemeliharannya.
- g. Serah terima pertama dari instalasi ini baru dapat dilaksanakan setelah ada bukti pemeriksaan dengan hasil yang baik yang ditandatangani bersama oleh Pelaksana Pekerjaan dan Konsultan Pengawas.
- h. Pada waktu unit-unit mesin tiba di lokasi, maka Pelaksana Pekerjaan harus menyerahkan daftar komponen / part list seluruh komponen yang akan dipasang dan dilengkapi dengan gambar detail / photo dari masing-masing komponen tersebut, lengkap dengan manualnya. Daftar komponen tersebut diserahkan kepada Konsultan Pengawas dan Pemberi Tugas masing-masing 1 (satu) set.
- i. Serah terima setelah masa pemeliharaan instalasi ini baru dapat dilaksanakan setelah:
 - Berita acara serah terima kedua yang menyatakan bahwa instalasi ini dalam Keadaan baik, ditandatangani bersama oleh Pelaksana Pekerjaan dan Konsultan Pengawas.

- Semua gambar instalasi terpasang (As Built Drawing) beserta Operating Instruction, Technical dan Maintenance Manuals rangkap 5 (lima) terdiri atas 1 (satu) set asli dan 4 (empat) copy telah diserahkan kepada Konsultan Pengawas.

1.15. Garansi

Setiap sertifikat pengetesan harus diserahkan oleh pabrik pembuatnya. Bila peralatan mengalami kegagalan dalam pengetesan-pengetesan yang disyaratkan didalam spesifikasi teknis ini, maka pabrik pembuat bertanggung jawab terhadap peralatan yang diserahkan, sampai peralatan tersebut memenuhi syarat-syarat, setelah mengalami pengetesan ulang dan sertifikat pengetesan telah diterima dan disetujui oleh Konsultan Pengawas.

1.16. Training

Sebelum penyerahan pertama pekerjaan, Pelaksana Pekerjaan harus menyelenggarakan semacam pendidikan dan latihan serta petunjuk praktis operasi kepada orang yang ditunjuk oleh Pemberi Tugas tentang operasi dan perawatan lengkap dengan 3 copies buku Operating Maintenance, Repair Manual dan As-built drawing, segala sesuatunya atas biaya Pelaksana Pekerjaan.

SECTION 4. RENCANA KERJA DAN SYARAT KHUSUS

4.1 Sistem Instalasi Tata Udara

A. Ketentuan Umum Yang Berhubungan Dengan Sistem Tata Udara

1. Umum

Pasal-pasal di bawah ini menjelaskan secara umum ketentuan- ketentuan yang perlu diikuti untuk semua bagian- bagian yang dalam pelaksanaannya berhubungan dengan instalasi tata udara. Gambar-gambar dan spesifikasi adalah ketentuan spesifik yang saling melengkapi dan sama mengikatnya.

2. Publikasi code dan Standard

Publikasi, code dan standard yang berlaku di Indonesia wajib dijadikan pedoman untuk instalasi maupun peralatan. Untuk Publikasi, Code atau Standard yang belum ada di Indonesia, Pemborong wajib mengikuti Standard codes atau Publikasi International yang

berlaku dan merupakan edisi terakhir antara lain seperti :

- SMACNA – 85; ASHRAE - Guide and Data Book
- NFPA - 90A; ARI; AMCA; CTI; Dan lain- lain standard yang berlaku untuk bagian-bagian peralatan yang belum tercantum diatas.

3. Kondisi Perancangan

a. Kondisi udara luar

Temperatur 35 ° C; Relative 65 %

b. Kondisi dalam ruangan yang di kondisikan

Temperatur 20 ° C ± 2 ° C;
Relative Humidity 55 % ± 5 % RH

c. Noise Criteria

Ruang Rapat 30 - 40 NC;
Ruang Kerja 35 - 45 NC

4. Perlindungan Kebakaran

Semua peralatan maupun instalasi yang mengharuskan diperlukan tahan terhadap api dalam jangka waktu tertentu, maupun terhadap penyebaran api disebabkan adanya celah-celah antara pipa atau duct dengan dinding atau lantai harus menggunakan material yang sesuai untuk tujuan tersebut.

5. Instalasi

a. Umum

Semua peralatan dan alat-alat bantu harus dipasang sesuai dengan cara-cara pemasangan yang secara teknis praktis, baik dan dapat dipertanggung jawabkan serta sesuai dengan petunjuk dan instruksi pada brosur atau publikasi yang dikeluarkan pabrik dari peralatan ataupun alat- alat bantu tersebut.

b. Landasan Peralatan

Semua landasan untuk peralatan dan motor, ukurannya sedemikian rupa sehingga tidak ada bagian- bagian peralatan maupun motor yang berada diluar landasan. Berat peralatan diartikan berat dalam operasinya.

c. Platforms

Untuk peralatan seperti fan dan sejenis yang menggantung dan duduk pada suatu platform, maka platform harus diperkuat dengan suatu frame besi kanal (siku) yang dilas atau dibautkan, atau dikeling ke frame sehingga cukup kuat, kaku dan tidak bergetar dalam operasinya.

6. Penetrasi Atap

semua bagian instalasi yang menembus atap seperti duct, pipa, venting harus dilengkapi dengan pinggiran beton (curb) sekeliling bagian – bagian instalasi tersebut sehingga konstruksinya betul – betul kedap air.

7. Pencapaian Peralatan Untuk Service.

Semua peralatan ataupun peralatan bantu dalam prinsip pemasangannya harus mudah untuk bisa diamati, di service dan mudah dicapai dalam perbaikan, termasuk juga accessories duct seperti damper, filter dll. Untuk itu kontraktor dalam pemasangannya wajib memperhatikan posisi yang terbaik dari peralatan dan accessories tsb, sehingga tujuan yang dimaksud tercapai.

Disamping itu kontraktor harus mengusulkan kepada Direksi (bila belum ditunjukkan pada gambar) pintu-pintu service (acces panel), untuk setiap peralatan dan accessories yang berada dalam shaft atau ceiling yang memerlukannya, beserta ukuran dan lokasi yang tepat. Bila dalam gambar rencana sudah ditunjukkan ada acces panel yang diperlukan, maka penggeseran untuk posisi yang tepat dari acces panel tsb sehubungan dengan letak peralatan / accessories dan kaitannya dengan arsitek/interior perlu dibicarakan dengan Direksi untuk disetujui.

8. Perlindungan Peralatan, Bahan.

Menjadi tanggung jawab dan keharusan bagi kontraktor untuk melindungi peralatan-peralatan, bahan-bahan baik yang sudah, maupun belum terpasang bila diperkirakan bisa rusak, cacat ataupun mengganggu situasi sekitarnya ataupun oleh alam (hujan, debu, pasir, lembab) ataupun oleh bahan-bahan kimia sekitarnya.

Sebelum penyerahan, instalasi dibersihkan atau ditest dan diajust kembali untuk membuktikan bahwa peralatan dan bahan beroperasi dengan baik. Peralatan dan bahan yang rusak atau cacat karena tidak dilakukan perlindungan yang benar adalah merupakan bagian instalasi yang tidak bisa diterima (serah terima belum 100%).

9. Anti Karat

- a. Semua peralatan bantu instalasi, yang berasal dari besi dan sebelumnya tidak diperlakukan untuk anti karat (semacam penggantung, dudukan, landasan, flens dan lain sebagainya) harus dicat dengan cat anti karat, yaitu zinchromate dan selanjutnya cat finish dengan warna yang ditentukan
 - b. Semua baut, mur dan washer haruslah zinc electroplated
 - c. Landasan penyangga peralatan (steel bases), seluruhnya harus bersih dari bebaslas-lasan, dicat dasar dengan zinchromate dan cat akhir (finish) 2 lapis.
10. Sleeve, peralatan yang tertanam didinding.
 Peralatan bantu, sleeve dan lain-lain yang diperlukan tertanam atau menembus concrete atau tembok harus dipasang dan dilengkapi sesuai petunjuk dagang. Untuk itu ukuran, posisi yang disiapkan untuk keperluan tsb harus dikonsultasikan dengan Direksi dan disertai gambar detail.
 Semua ducting atau pipa tembus dinding harus menggunakan sleeve dengan clearance 20 mm jika duct atau pipa berisolasi, clearance tetap dibutuhkan 20 mm antara isolasi dan sleeve menembus atap harus diperpanjang ± 200 mm diatas atap lantai.

2. Penomoran, Nama Peralatan/Accessories

Semua peralatan terpasang dan accessoriesnya harus diberi code nama peralatan dan nomor, sesuai seperti yang dicantumkan pada daftar peralatan atau data sheet atau sebagai tercantum pada gambar rencana. Bila ada peralatan atau accessories yang belum mempunyai kode nama dan nomor, kontraktor wajib mengusulkan kepada Direksi dan semua ini sudah harus tercantum dalam as built drawing.

4.2 Persyaratan Teknis Peralatan Dan Instalasi

1. Lingkup Pekerjaan

Pekerjaan instalasi ini meliputi seluruh pekerjaan pengadaan dan pemasangan Instalasi Tata Udara (Air Conditioning), Ventilasi Mekanis (Mechanical Ventilation) secara lengkap termasuk semua perlengkapan dan sarana penunjangnya, sehingga diperoleh suatu instalasi yang lengkap dan baik serta diuji dengan seksama dan siap untuk dipergunakan. Lingkup pekerjaan instalasi ini secara garis besarnya adalah sebagai berikut :

2. Pengadaan dan Pemasangan

- a. Pengadaan, pemasangan, pengaturan dan pengujian semua peralatan tata udara (air conditioning)
- b. Pengadaan, pemasangan, pengaturan dan pengujian peralatan ventilasi mekanikal (Mechanical ventilation) seperti : Centrifugal fan, Axial fan, Propeller fan, Filter, Attenuator dll
- c. Pengadaan, pemasangan, pengaturan dan pengujian seluruh instalasi ducting lengkap dengan fire damper, volume control damper, spliter

- damper, back drap damper (non return damper) supply air diffuser/register/grille/slot/integrated, return air grille, access panel, filter, gauge, Isolasi panas/suara dll
- d. Pengadaan, pemasangan, pengaturan dan pengujian seluruh instalasi pemipaan air pengembunan (drainage) sampai kesaluran air terdekat lengkap dengan fitting, isolasi panas dll
 - e. Pengadaan, pemasangan, pengaturan dan pengujian seluruh instalasi kontrol sistem Indoor Unit dan Outdoor Unit dan kontrol komponen seperti katup, damper, sensor, thermostat ruangan, humidistat dll
 - f. Pengadaan , pemasangan, pengaturan dan pengujian interlock sistim instalasi tata udara dan ventilasi dengan sistim fire alarm yang ada
 - g. Pengadaan, pemasangan, pengaturan dan pengujian sumber daya listrik bagi instalasi ini seperti kabel dan panel tata udara
 - h. Pengadaan dan pemasangan semua pekerjaan sipil yang terjadi akibat instalasi ini seperti tercantum dalam dokumen ini
 - i. Perbaikan kembali semua kerusakan dan finishing yang diakibatkan oleh pekerjaan instalasi ini
 - j. Mendidik petugas dari pemilik gedung, yang ditunjuk mengenai cara – cara menjalankan dan memelihara instalasi ini
 - k. Menyerahkan gambar-gambar, buku petunjuk cara menjalankan dan memelihara serta data teknis lengkap peralatan instalasi yang terpasang
 - l. Mengadakan pemeliharaan instalasi ini secara berkala selama masa pemeliharaan
 - m. Memberikan garansi terhadap mesin / peralatan yang terpasang
 - n. Melakukan pekerjaan atau ketentuan lain yang tercantum dalam dokumen ini beserta addendumnya.

3. VAC System VRV

Jenis AC adalah VRV system, air cooled type, memakai inverter, terdiri dari satu outdoor unit dengan sejumlah indoor unit , dimana setiap indoor unit mempunyai kemampuan untuk mendinginkan ruangan secara independent. Outdoor dan indoor harus mempunyai fleksibilitas design dan sampai ke 64 unit indoor bisa tersambung kepada 1 refrigeration sirkuit dan dikontrol secara independent Condensing unit harus dilengkapi dengan inverter, dan system bisa beroperasi pada minimum koneksi beban pendinginan 2.2 Kw dan mempunyai kemampuan untuk merubah putaran motor compressor sesuai dengan beban pendinginan.

Outdoor unit harus bisa terkoneksi dengan berbagai model indoor sebagai berikut :

- Ceiling Mounted Cassette Type (Double Flow)
- Ceiling Mounted Cassette Type (Multi Flow)
- Ceiling Mounted Cassette Corner Type
- Slim Ceiling Mounted Duct Type
- Ceiling Mounted Built-In Type
- Ceiling Mounted Duct Type
- Ceiling Suspended Type

- Wall Mounted Type
- Floor Standing Type
- Concealed Floor Standing Type
- Ceiling Suspended Cassette Type (Connection Unit Series)

Nilai COP system pada beban 50% harus =

4.0* atau lebih tinggi

*- Pada saat temperature outdoor 35 C dan suhu indoor

27 C DB/19 C WB

System yang ditawarkan harus bisa melakukan **automatic test operation** system, Untuk melakukan pengecekan system secara otomatis yang meliputi pengecekan : control wirings, shutoff valves, sensors dan refrigerant volume.

4. Condensing Unit

System ini harus bisa terkoneksi dengan pipa refrigerant harus bisa sepanjang 540 ft dengan beda ketinggian 276 ft tanpa oil trap

Baik indoor maupun outdoor harus dirakit dan ditest di pabrik. Outdoor unit harus terisi R410A dari pabrik, instalasi harus sesuai dengan standard BS EN378: 2999 bagian 1 – 4. Casing outdoor haruslah wheatherproof terbuat dari baja anti karat dilapisi dengan Baked Enamell.

- Outdoor unit harus memiliki 2 atau 3 compressor SCROLL dan tetap bisa beroperasi jika 1 compressor rusak
- Outdoor dengan ukuran 5 HP dan 8 HP memiliki 1 kompressor SCROLL
- Indoor yang terkoneksi ke outdoor mempunyai kapasitas dari 1 HP sampai 10 HP
- Noise level outdoor tidak boleh melebihi 68 DB(A) pada saat operasi normal, terukur 1 meter secara horizontal dan 1.5 meter diatas pondasi, Outdoor harusnya model modular dan bisa dipasang secara berderet di setiap sisinya

Compressor

Compressor haruslah type hermetic dengan efisiensi tinggi dan dilengkapi dengan inverter control yang berfungsi untuk merubah kecepatan putaran yang menyesuaikan dengan cooling load yang dibutuhkan. Magnet Neodymium harus dipakai di rotor compressor untuk menambah torsi compressor Pada konfigurasi system dengan outdoor lebih dari 1 unit, secara otomatis compressor inverter dengan jam operasi terendah yang akan start lebih dulu pada setiap kali operasi, System ini haruslah dipasang dipabrik.

Heat Exchanger

Heat exchanger harus terbuat dari tube tembaga yang terpasang secara mekanis ke Fin alumunium yang dilapisi resin film anti korosi dengan ketebalan antara 2 sampai 3 micron

Refrigerant

Circuit

Terdiri atas Liquid dan Gas shut off valve dan solenoid Valve dan komponen lain untuk keperluan safety

Fan Motor

Motor Outdoor unit harus memiliki multispeed operation dengan inverter DC, dengan kemampuan maximum static pressure = 78 Ps

Condensing unit harus mempunyai kemampuan untuk beroperasi dengan noise lebih rendah pada saat malam hari baik secara otomatis maupun dengan manual setting

Safety Devices

Outdoor unit haruslah mempunyai peralatan safety sebagai berikut : high pressure switch, control circuit fuses, crank case heaters, fusible plug, thermal protectors for compressor dan fan motors, over current protection for the inverter and anti-recycling timers.

Untuk memastikan liquid refrigerant tidak menguap saat menuju indoor unit, unit harus dilengkapi dengan Sub cooling. Oil recovery cycle akan secara otomatis beroperasi setelah 1 jam sejak startup dan seterusnya setiap 6 jam operasi.

5. Pressure Testing

Setelah pekerjaan pemipaan dilakukan, sebelum disambungkan ke outdoor unit, Sebelum pembungkusan pipa dengan insulasi dan sebelum VRV system dinyalakan, Pekerjaan pemipaan harus di test tekanan dengan memakai dry nitrogen sesuai table di bawah ini dan dicek ulang untuk mendeteksi kebocoran yang mungkin terjadi :

Tabel 2. Standar Test Tekan Pipa

Step1	Pressurize to 10.3 Bar (149 Psi)	3 minutes or longer	Allows discovery of major leaks
Step2	Pressurize to 21.5 Bar	5 minutes or longer	
Step3	Pressurize to 38 Bar (551 Psi)	Approx 24 HOURS	Allows discovery of minor leaks

Outdoor unit haruslah dipasang ke pemipaan system dengan memakai torque wrench dengan torsi pemasangan yang sesuai dengan table dibawah ini.

System pemipaan kemudian harus divacuumed sampai 0.2 torr (-755mmHg) Dan ditahan pada kondisi ini selama 1 jam minimal sampai pada 4 jam tergantung dari panjang pipa dengan memakai **2 stage Vacum Pump.** Pengerjaan ini harus dilakukan sebelum indoor unit disambungkan pada koneksi listrik.

Jumlah tambahan refrigerant (HFC R410A) harus dihitung berdasarkan standard dari pabrik dan ditimbang dengan mempertimbangkan panjang pipa

actual yang terpasang dengan merefer ke installation manual dari pabrik. Pengisian refrigerant ini harus dilakukan dengan peralatan yang sesuai dan dibawah pengawasan dari perwakilan pabrik. Jumlah tambahan dari refrigerant ini harus disupply oleh kontraktor pemasang dan diawasi oleh perwakilan dari pabrik Pressure test harus dilakukan oleh kontraktor pemasang dan diawasi oleh perwakilan pabrik Proses vacuum system pemipaan harus dilakukan oleh kontraktor pemasang dan diawasi oleh perwakilan pabrik.

Tabel 3. Standar Torsi

Flare Nut Size	Standard Tightening Torque	
	Kgf.cm	N.cm
1/4	144~176	1420~1720
3/8	333~407	3270~3990
1/2	504~616	4950~6030
5/8	630~770	6180~7540
3/4	990~1210	9270~11860

6. Pipe Material

Pipa refrigerant haruslah **de-oxidized phosphorous seamless copper pipe** sesuai dengan standard **JIS H300 - C1220T**. Baik bagian suction maupun gas haruslah diinsulasi dengan insulasi yang sesuai dengan rekomendasi pabrik sehingga tidak terjadi kondensasi

Seluruh koneksi shut off valve di dalam outdoor unit haruslah di **brazed** untuk mencegah kebocoran refrigerant

Peralatan kerja untuk instalasi refrigerasi system haruslah dipakai. Dry Nitrogen (OFN) harus

dialirkan kedalam system pemipaan selama dilakukan brazing sehingga tidak terbentuk karbon didalam pipa yang nantinya bisa merusak compressor.

Insulasi pipa refrigerant yang dipakai adalah type close cell XLPE dengan fire rated Class "O"

dengan ketebalan minimal 10 mm untuk Suction lines dan 10 mm untuk Liquid lines dan mesti dilindungi dengan penutup pada bagian yang terexpose dengan sinar matahari, lebih disukai insulation yang 1 merk dengan pipa refrigerant yang disupply Pekerjaan brazing harus dilakukan oleh kontraktor pemasang dengan diawasi oleh perwakilan dari pabrik.

7. Fan Coil Units

Indoor unit haruslah dari jenis dan kapasitas yang sesuai dengan yang ada didalam BQ sesuai dengan design condition Terdiri dari komponen dasar : Fan, Evaporator koil dan electronic proportional expansion valve. Electronic proportional expansion valve harus bisa mengontrol aliran refrigerant kedalam unit indoor sesuai dengan beban pendinginan yang dibutuhkan oleh ruangan. Control response harus memakai tipe Proportional Integral Derivative (PID). Fan haruslah direct drive centrifugal. Dengan tegangan

operasi 220 – 240 volt AC , 1 phase dan 50 Hz. Indoor type ducted haruslah mempunyai static pressure external yang sesuai dengan spesifikasi di gambar dan di BQ

Filter udara untuk type Ducted haruslah disupply oleh kontraktor pemasang. Filter udara untuk model ductless harus disupply dari pabrik

Koil evaporator haruslah type DX yang terbuat dari icopper tubes yang dipasangkan ke alumunium fin secara mekanis.

Fasilitas Auto swing untuk tipe wall, cassette dan under ceiling haruslah standard dari pabrik

Pipa 25 mm yang terinsulasi haruslah dipasangkan sebagai pipa drain dari setiap indoor unit menuju ke daerah pembuangan air drain.

8. Kontrol

Sistem kontrol harus memakai 2 kabel dengan diameter inti 0.75mm^2 - 1.25mm^2 tipe PVC non screened CY flexible control cabling dari indoor unit ke outdoor unit. Sistem control juga harus dilengkapi dengan **automatic address setting function** yang merupakan standard.

Remote control untuk indoor unit haruslah bisa melakukan fungsi : on/off switching, fan speed selector, thermostat setting dan merupakan tipe liquid crystal display yang menampilkan temperature setting, operational mode, malfunction code and filter cleaning timing. Juga bisa menampilkan malfunction code untuk keperluan maintenance.

Kontraktor pemasang haruslah sudah pernah mengikuti training pemasangan yang dilakukan oleh perwakilan pabrik dan mendapatkan sertifikat tanda keberhasilan dalam training yang diikutinya

9. Equipment Compliant With Rohs Directive

Material yang dipakai untuk membuat unit outdoor dan indoor haruslah memenuhi the RoHS Directive (Restriction of Harzardous Substances) pada komponen electrical dan electronicnya.

10. Equipment Maintenance & Warranty

Supplier harus memberikan garansi 12 months warranty unit (tidak termasuk consumable materials seperti: Refrigerant, Oil, air filter, fuses) and labour dari tanggal startup atau 18 months setelah unit dikapalkan dari pabrik terhitung yang mana yang lebih dahulu 3 kali warranty visit harus dilakukan selama masa warranty untuk memeriksa kondisi unit (tidak termasuk pekerjaan pembersihan), Laporan tertulis harus diberikan kepada pemilik paling lambat 1 minggu setelah setiap visit dilakukan Kontraktor pemasang harus memberikan garansi pemasangan selama 12 bulan terhitung dari tanggal hand over

11. Building Centralized Control System – (Optional)

Sebuah Screen Touch operated system centralized controller dengan merk yang sama dengan unit AC haruslah mempunyai fungsi sebagai berikut:

- Monitoring operasional dari system AC

- Start/Stop untuk semua indoor unit
- Kontrol setting: temperature, operation mode, fan speed dari seluruh indoor unit
- 1 tahun schedule dari operational system
- Bisa menggunakan fire alarm signal untuk mematikan seluruh AC

12. Call Center

Supplier AC haruslah memiliki sebuah call center yang beroperasi selama 24 hours sehari, 7 hari seminggu dan 365 hari setahun untuk mensupport pelayanan purna jual dan memberikan jaminan sepenuhnya kepada kontraktor pemasang

13. Merk Yang Disetujui

- a. AC VRV = Daikin, MC Quay, LG
- b. Pipa refrigerant : INABA DENKO, Kembla, LGIN
- c. Insulation : Armaflex, INABA DENKO, Termaflex
- d. Refrigerant : Dupont, Honeywell

14. Kontraktor Pemasang

Haruslah sudah berpengalaman dalam melakukan pemasangan AC VRV minimal selama 5 tahun dengan melakukan minimal 10 proyek dengan hasil yang memuaskan.

Kontraktor dapat memperlihatkan proyek – proyek yang sudah menggunakan VRV atau siap melakukan survey ke proyek – proyek tersebut bisa dilakukan jika diperlukan

B. FAN

1. Lingkup Pekerjaan

Pengadaan dan pemasangan peralatan ventilasi (fan) untuk proyek ini seperti yang ditunjukkan dalam gambar rencana yang melengkapi dokumen ini.

2. Umum

Spesifikasi teknis yang diuraikan dibawah ini, adalah sebagai kebutuhan dasar yang harus diikuti. Sedangkan ketentuan ketetapan spesifik terhadap type, kemampuan (performance) peralatan, kelengkapan dan lainnya dapat dilihat pada lembar gambar rencana "Daftar Peralatan" ataupun data sheet bila dilampirkan.

- Fan harus sudah mendapatkan sertifikat, sesuai standard yang berlaku dinegara dimana fan tersebut dibuat untuk testing dan rating (performance) seperti sebagai contoh AMCA standard 210 - 74 di Amerika.
- Sound pressure level harus dilengkapi dalam DB dengan Re - 10 E 12 watt pada octave band mid freq. 60 - 4000 hz.
- Dasarnya semua fan harus mempunyai noise level yang rendah dalam operasinya, dan dalam batas- batas yang normal. Bilamana ternyata noise levelnya tinggi harus diberi tambahan noise silencer (sound Attenuator) tanpa adanya tambahan biaya sehingga sound

pressure level (SPL) yang dihasilkan tidak lebih dari 60 dba dari jarak 3 m.

- Pemasangan fan termasuk instalasi kabel dari panel, remote, on off switch dan pilot lamp.
- Bagian fan yang berhubungan dengan udara luar, didaerah outletnya harus diberi kawat nyamuk Stainless Steel yang bisa dibuka untuk dibersihkan.

3. Spesifikasi Teknis

Axial Fan

Impeller fan dari type airfoil blade, adjustable pitch dan harus digerakan langsung.

Material fan :

- | | |
|-------------|------------------------------------|
| - casing | - mild steel hot dipped galvanized |
| - impeller | - aluminium die- cast |
| - shaft | - carbon steel |
| - pelumasan | - grease ball bearing |

Bisa dilakukan speed kontrol motor fan.

Motor dari jenis TEFC, IP 54, isolasi kelas F.

Untuk fan diameter 500 ke atas, Casing fan harus dilengkapi dengan acces panel.

Fan lengkap dengan counter flens untuk peyambungan ke ducting.

Dilengkapi dengan accessories bell mouth (inlet cone) bila inlet suction tidak disambungkan ke duct (seperti ditunjukkan dalam gambar atau data sheet).

Propeller Fan (wall atau ceiling fan)

- Fan dari tipe propeller untuk dinding maupun ceiling, kecuali bila dinyatakan ceiling fan dari type centrifugal seperti ditunjukkan dalam gambar atau data sheet.
- Fan harus digerakan langsung.
- Untuk fan dinding yang berhubungan dengan luar lengkap dengan automatic shutter dari jenis aluminium (bila ditunjukkan dalam gambar rencana atau data sheet)
- Untuk fan dinding dengan kapasitas besar dan static pressure tinggi (high pressure fan), rangka fan dari baja yang dicat anti karat dengan impeller dari aluminium die cast.

Inl- line centrifugal Fan

- Blade fan harus dirancang aerodinamis, bacward curve dari plate aluminium dan digerakan langsung
- Casing terbuat dari heavy gauge (1,4 mm minimum) mild steel lengkap dengan flange di kedua sisinya untuk menyambung ke ducting dan dicat akhir dengan epoxy powder.
- Fan harus statis dan dinamis balance dari pabriknya.
- Motor harus tahan beroperasi sampai temperatur 40 C dan 95 % RH.
- Fan harus dilengkapi dengan speed kontrol.

4. Filter / Saringan Udara

a. Lingkup Pekerjaan

Lingkup pekerjaan butir ini adalah pengadaan dan pemasangan Filter/saringan udara yang masuk/inlet ke Fan, Indoor Unit dan Fan Coil Unit seperti yang ditunjukkan dalam spesifikasi teknik ini.

b. U m u m

Spesifikasi teknis yang diuraikan berikut ini adalah sebagai kebutuhan dasar yang harus dipenuhi

c. Spesifikasi Teknis

- 1) Pre filter untuk Indoor Unit, fresh air fan harus dari bahan tipe metallic, harus fire resistance dan washable tebal 50 mm dengan efisiensi 30-35 % dan arrestance 94-96 % dalam keadaan low velocity (ASHRAE teest std. 52-76).
- 2) Filter harus dipasang rapat satu sama lainnya dan begitu juga terhadap frame. Tidak dibolehkan adanya celah yang ditutup dengan plat disebabkan kurangnya ukuran filter.
- 3) Filter yang akan dipasang harus dapat dibuktikan dari brosur merk filter tersebut terhadap type dan effisiensinya.
- 4) Tahanan aliran udara mula-mula pada kecepatan 1,52 m/s (300 fpm) tidak boleh lebih dari 20 Pa (0,08" WG) dan tahanan udara pada akhirnya maksimum 125 Pa (0,5" WG). Filter harus dapat dioperasikan pada kecepatan aliran udara sampai 500 fpm tanpa mengalami kerusakan. Semua filter harus underwriter laboratory class 1 atau setara. Instalasi filter harus sesuai dengan rekomendasi pabrik pembuat. Acces harus disediakan untuk tujuan inspeksi atau pembersihan.

5. PEREDAM GETARAN

a. Lingkup Pekerjaan

Lingkup pekerjaan butir ini adalah pengadaan dan pemasangan alat peredam getaran (Vibration Isolation/ Eliminator) untuk semua mesin yang bergetar seperti Indoor Unit, Out Door Unit, Split System Unit, Fan dan kalau dirasa perlu juga untuk duct dll.

b. Spesifikasi Teknis

Alat peredam getaran (Vibration Isolator) ini harus dapat meredam getaran mesin dengan efisiensi 90 %. Jenis peredam getaran yang dipilih harus sesuai dengan kebutuhan mesin/unit yang akan diredam getarannya. Peredam getaran yang terpasang haruslah sesuai dengan persyaratan/ rekomindasi pabrik pembuat alat/mesin. Peredam getaran dapat berupa Neoprene Pad, Neoprene Mounts, Spring Isolators, Restrain Isolators, Pipe Hanger dll.

6. Pekerjaan Ducting

a. Lingkup Pekerjaan

Lingkup pekerjaan untuk butir ini adalah pengadaan dan pemasangan (termasuk fabrikasi) duct lengkap dengan isolasi/tanpa isolasi, spliter damper, volumedamper, diffuser, grilles, register, dan attenuator berikut alat-alat bantu yang menunjang pekerjaan tersebut seperti ditunjukkan dalam gambar rencana yang melengkapi dokumen ini.

b. Publikasi, standard yang digunakan.

- ASHRAE, the Guide and Data Book
- SMACNA (Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association)
- Carrier Air Conditioning Hand Book.

c. U m u m

- 1) Jika tidak diterangkan secara khusus istilah ducting secara umum berarti pekerjaan duct, fitting, damper, support dan lain-lain komponen/ accessories yang diperlukan untuk melengkapi instalasi ini.
- 2) Jalur-jalur ducting yang terlihat pada gambar rencana adalah gambar dasar yang menunjukkan route dan ukuran ducting.
- 3) Pemborong wajib menyesuaikan dengan keadaan setempat (shop drawing) dan dengan jalur-jalur instalasi lainnya, berikut detail atau potongan-potongan yang diperlukan dan mendapatkan persetujuan dari Direksi/ Konsultan sebelum dilaksanakan.
- 4) Ukuran seperti yang ditunjukkan pada gambar adalah ukuran bersih dan penampang laluan udara. Jika diperlukan internal lining untuk ukuran duct tersebut, berarti penampang harus diperbesar sesuai ketebalan lining.
- 5) Bahan duct dari pipa PVC.

d. Konstruksi Duct.

1	Bahan isolasi	:	Polyurethane dilapis sandwich dengan alumunium foil yang dicoating lapisan anti bakteri
2	Ketebalan panel	:	20 mm
3	Ketebalan alumunium	:	75 mikron, 80 micron setelah coating
4	Density dari polyurethane	:	$52 \pm 2 \text{ Kg/m}^3$
5	Tahanan tekanan	:	200 N/mm^2
6	Konduktivitas panas	:	$0,021 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$
7	Ketahanan api	:	B1 (terbakar tapi tidak merambatkan api)
8	Koefisien gesek	:	0,0135

- 9 Berat : 1,4 Kg/m²
 10 Suhu optimal penggunaan : -50 – +80 °C
 11 Kelembaban : 0 – 100 %
 12 Tekanan max. dalam : 2000 Pa
 13 Air flow max. : 12 m/s

e. Instalasi Ducting

- 1) Ducting panel tebal 20 mm, density: 52 Kg/ M3
- 2) Instalasi :
 - Sambungan antar ducting menggunakan PVC invisible flange
 - Sambungan antar ducting dengan grille menggunakan PVC invisible flange
 - Sambungan antar ducting dengan volume damper menggunakan profil “F”
 - section bar aluminium
 - Sambungan antar ducting dengan FCU menggunakan profil chair section bar aluminium dan terpal
- 3) Noise yang timbul dalam ducting tergantung pada desain serta ukuran dalam ducting. Untuk kondisi tertentu yang memerlukan isolasi suara dengan pemakaian isolasi dalam.
- 4) Alat kerja :
 - Cutting : Pemotongan material TD lembaran menggunakan 4 buah macam pisau: Left jack plane, Right jack plane, Straight jack plane, V jack plane.
 - Bending : Pembentukan elbow & branch menggunakan alat khusus yaitu manual bending tool
- 5) Gluing : Penyambungan antar bagian TD duct dan pemasangan invisible flange menggunakan lem khusus denganditambahkan aluminium tape untuk Vapour Barrier dan kerapihan
- 6) Sealant : Sealant diberikan pada setiap sudut bagian dalam ducting untuk menambahkan kemampuan menahan kebocoran
- 7) Support / hanger : besi siku 30x30x3 (galvanized) dan As Drat putih Ø8mm (galvanized)

Tabel 4. Bahan Support/gantungan

Bentangan	Bahan hanger / suport	Jarak maksimum
< 0,6 m	besi siku 30x30x3 dan As Drat putih	4 m
0,6 m-1m	besi siku 30x30x3 dan As Drat putih	2 m

- 8) Reinforcement : Reinforcement (penguat) ducting tambahan akan diberikan sesuai dengan ukuran ducting dan tekanan udara dalam ducting. Penguat menggunakan profil Sharped disk aluminium dan reinforcement bar aluminium. Run Test : akan dilakukan beberapa test, antara lain:
 - Leaking test : test kebocoran dengan menggunakan lampu dari dalam ducting kemudian diamati dari luar apakah ada cahaya yang tembus, apabila tidak ada cahaya maka

- ducting ok
 - Noise test : test kebisingan suara (DB meter disiapkan pihak kontraktor)
 - Vibration test : test vibrasi yang ditimbulkan oleh getaran FCU (by others)
 - Pemeriksaan kekuatan support
- 9) Konstruksi duct adalah untuk low velocity (low pressure duct) dengan static pressure didalam duct sampai 2" WG (500 pa) dengan kecepatan maksimum 2.000 Fpm (10 m/s)
 - 10) Konstruksi duct harus mengikuti standard SMACNA, kecuali kalau ditentukan hal-hal yang harus dipenuhi diluar standard tersebut
 - 11) Percabangan (take off) harus memakai splitter damper yang dapat diatur dan dikunci pada kedudukannya Reducer (transition), kemiringan duct dibuat tidak lebih dari 14 0
 - 12) Lubang pengetesan. Pada main supply dan return duct harus dibuat lobang pengetesan untuk mengukur temperatur, kelembaban serta static dan velocity pressure. Setelah selesai ditutup kembali dengan plastik probe yang diisolasi
 - 13) Penguatan duct, semua duct yang berukuran lebih besar 500 mm permukaannya harus dibuat cross broken (patah silang)
 - 14) Penggantung duct, cara penggantungan duct harus sedemikian rupa sehingga praktis tidak terjadi lendutan-lendutan getaran-getaran dan deformasi
 - 15) Elbow, dibuat sesuai gambar spesifikasi atau gambar detail, semua elbow harus dari type full radius elbow, jari—jari (R t) sama dengan lebar duct. Untuk keadaan dimana harus menggunakan short radius elbow (R t lebih kecil dari lebar duct) harus memakai turning vanes.
 - 16) Turning vanes jumlah dan posisinya ditentukan dengan chart logaritma atas dasar (RT)/(RH). Untuk elbow tegak lurus harus memakai guide vanes double thickness, sesuai gambar detail. Untuk mengikat konstruksi penggantung ke beton dipergunakan ramset / dynabolt
 - 17) Sambungan flexible, pemborong harus memasang sambungan flexible connection dari bahan double sheet glass cloth tebal 0,65 mm atau lebih, fire resistant ke duct yang masuk keluar dari fan atau AHU/FCU
 - 18) Panjang flexible connection tak lebih dari 2 m, dan tidak menimbulkan kebocoran pada sambungan, cara pemasangan harus dalam satu garis lurus sedemikian rupa, sehingga tidak menyebabkan pengecilan luas penampang
 - 19) Aluminium Flexible Round Duct, aluminium flexible round duct dari type 2 lapis aluminium laminate incapsulating dengan steel spring helix dan wire spacing 2 mm jenis fire resistance. Tekanan kerja max. 5 inch H2O. Flexible duct ke peralatan memakai klem khusus (quick klem) dari bahan plastic.

f. Grille, Register & Diffuser

- 1) Pada setiap main duct harus disiapkan volume damper untuk pengaturan udara
- 2) Diffuser, grille dan register harus terbuat dari bahan aluminium anodized profile.
- 3) Pemasangan diffuser/ grille ke plafond harus memakai rubber sponge tebal 6 mm.
- 4) Untuk diffuser yang supply udaranya berasal dari VAV, maka type diffuser harus khusus untuk pemakain dengan VAV.
- 5) Warna untuk diffuser, grille dan register di anodized dengan warna akan ditentukan kemudian oleh Arsitek / Direksi.
- 6) Supply register harus mempunyai vertical dan horizontal blade yang dapat diatur defleksinya dan memakai volume damper.
- 7) Grille sama seperti supply register dalam konstruksinya, tanpa memakai volume damper.
- 8) Damper dari diffuser adalah galvanized iron sheet BJLS 80 type : “Opposed blade damper”.
- 9) Finishing : di cat hitam
- 10) Konstruksi hendaknya cukup kaku dan tidak bergetar karena aliran udara, serta dapat dikunci pada kedudukan yang dikehendaki.
- 11) Tidak dibenarkan memakai baut pada permukaan dari diffuser / grille / register.
- 12) Slot diffuser dari tipe 1,2, atau 3 slot, material adalah aluminium anodized dengan warna yang akan ditentukan oleh arsitek.
- 13) Slot harus mempunyai pengarah aliran (deflector) yang baik dalam konstruksinya sehingga fungsi deflector betul-betul membentuk pola aliran yang memenuhi standarnya dan tidak berubah posisi karena aliran udara. Bila slot diffuser adalah menerus (continous) maka sambungan antara harus memakai alignment strip.

g. Plenum

- 1) Plenum sesuai dengan dimensinya harus menggunakan material sesuai dengan ketentuan yang tersebut terdahulu.
- 2) Seluruh sisi plenum harus diperkuat dengan besi siku 40 x 40 x 3 dan kalau perlu memakai bracing pada sisi yang paling panjang.

7. PEKERJAAN PEMIPAAN

a. Lingkup Pekerjaan

Lingkup pekerjaan pada butir ini adalah pengadaan dan pemasangan instalasi pemipaan lengkap dengan fitting-fitting, alat-alat bantu, accessories dengan isolasi atau tanpa isolasi sesuai seperti yang ditunjukkan pada gambar rencana yang melengkapi dokumen ini.

b. U m u m

Seperti apa yang ditunjukkan dalam gambar rencana, jalur-jalur pipa yang tercantum adalah gambar dasar yang menunjukkan route dan ukuran pipa. Pemborong wajib menyesuaikan

dengan keadaan setempat (shop drawing) dan dengan jalur-jalur instalasi lainnya, berikut detail atau potongan-potongan yang diperlukan dan mendapat persetujuan dari Pihak Pemberi Tugas dan MK sebelum dilaksanakan.

c. **M a t e r i a l**

- 1) Pipa Condensate : Pipa PVC klas AW.
- 2) Pipa Refrigerant : Pipa Tembaga (Copper) ASTM B280 type L/M

d. **Konstruksi Pemipaan Refrigerant & Drain untuk Split System.**

- 1) Menyediakan dan memasang instalasi pemipaan untuk seluruh system AC, (refrigerant dan drain/kondensasi) termasuk fitting-fitting dan alat-alat bantu).
- 2) Hendaknya semua pipa refrigerant harus dikerjakan secarahati-hati dan sebaik mungkin, sebelum dipasang semua bagian harus sudah bersih, kering dan bebas dari debu dan kotoran dan hendaknya dipasang sependek mungkin.
- 3) Kontraktor sudah harus memperhitungkan adanya perbedaan tinggi antara Kondensing
- 4) dan Evaporator terhadap adanya panjang pipa yang melebihi dari standard.
- 5) Sambungan pipa jenis "hard drawn tubing" harus disambungkan dengan perantaraan wrought copper fitting atau non porbus brass fittings, dan dianjurkan dipakai solder perak dengan meniupkan gas mulia seperti nitrogrn kering ke dalam pipa yang sedang
- 6) disambung untuk menghindarkan terbentuknya kerak oksida di dalam pipa.
- 7) Solder lunak "tintead 50-50" tidak boleh dipergunakan, solder tintead 95-5" dapat dipergunakan kecuali pada pipa discharge gas panas.
- 8) Pipa jenis "soft drawn tubing" dapat disambung dengan solder, nyala api atau lainnya yang sesuai untuk pipa refrigerant. Pada pipa "precharged refrigerant lines" yang disediakan oleh pabriknya maka harus dipasang sesuai dengan persyaratan pabrik.
- 9) Pipa refrigerant harus disangga dan digantung dengan baik untuk mencegah melentur dan meneruskan getaran mesin kepada bangunan.
- 10) Pipa refrigerant harus dipasang sesuai dengan persyaratan "Ashrae Guide Book" dan atau persyaratan pabrik.
- 11) Fitting untuk flare points hendaknya jenis standard SAE forged brass flare menurut
- 12) ARI standard 720 dengan unit short shank flare.
- 13) Strainer hendaknya dipasang dalam jaringan refrigerant sebelum masuk ke thermostatic expansion valve.

e. **Alat – Alat Bantu.**

Thermometer

- 1) Dipasang seperti ditunjukkan dalam gambar.
- 2) Thermometer yang dipasang cocok untuk batas-batas temperatur yang diperlukan dari media ini.
- 3) Mempunyai dua bacaan dalam F dan C
- 4) Type thermometer adalah Industrial type dengan posisi sudut pembacaan yang dapat dirubah-rubah kedudukannya.
- 5) Sumur dari thermometer harus betul-betul tercelup kedalam media yang diukur terutama bila ada isolasi pipa.
- 6) Thermometer harus dikalibrasi dulu sebelum dipasang.

8. Pekerjaan Listrik/ Kontrol

a. Lingkup Pekerjaan.

Lingkup pekerjaan untuk elektrikal/ kontrol ini adalah pengadaan dan pemasangan seluruh instalasi listrik (termasuk motor listrik) pengkabelan, panel-panel dan instrumentasi kontrol seperti yang ditunjukkan pada gambar-gambar rencana/ diagram yang melengkapi dokumen ini.

b. Umum

Seperti yang ditunjukkan dalam gambar rencana, jalur- jalur kabel dan perletakan panel dan motor seperti yang tercantum adalah gambar dasar yang menunjukkan route, lokasi panel dan perletakan instrument kontrol. Pemborong AC harus menyiapkan kabel control dari thermostat menuju Outdoor Unit dan Indoor. Unit dan melakukan penyambungan kabel power dari panel ke Outdoor/Indoor Unit. Pemborong wajib menyesuaikan dengan keadaan setempat (shop drawing) dan dengan jalur- jalur instalasi lainnya berikut detail- detail yang diperlukan untuk mendapatkan persetujuan Direksi. Pemborong wajib mengikuti peraturan- peraturan yang berlaku dikeluarkan oleh :

Perusahaan Listrik Negara (PLN)
 Lembaga Masalah Ketenagaan (LMK)
 Dinas Pemadam Kebakaran
 Lembaga Pengujian Bahan
 Dinas Keselamatan Kerja
 Dinas Pekerjaan Umum dan Cipta Karya

c. Spesifikasi Teknis

1. Peralatan Listrik

Motor Listrik

Motor untuk FCU (IU) : - Jenis induction motor, (motor satu permanent split capacitor packaged dengan dengan thermal overload FCU) protector.

- 1 ph/220 V/50 Hz
- 3 tingkat kecepatan
- Insulation class E

Motor Fan : - Motor yang menjadi satu dengan fan, jumlah

phasa tergantung kapasitas fan.

Semua motor listrik yang digunakan untuk proyek ini mempunyai power faktor minimum 0,8. Putaran motor maximum 1450 rpm (untuk motor-motor tsb. diatas).

Motor-motor yang digunakan disini harus sudah memenuhi standard NEMA (Amerika), B.S (Inggris), DIN (Jerman), dan JIS (Jepang).

2. Panel Starter

- Star Delta Starter: Bila motor kapasitas 7,5 HP keatas.
- Direct on Line : Bila motor kapasitas dibawah 7,5 HP.
- Panel starter harus dilengkapi dengan pilot lamp (green, red, white), voltmeter serta amperemeter dengan selector switch untuk 3 phase, plat nama untuk peralatan yang dilayani serta push button ON, OFF dan disconnecting switch bila memakai remote starstop.

d. Peralatan Kontrol

1) Temperatur Controller (TC)

- Fungsi control : PI
- Temp. set point scale : ° C pada range ° C to 32 ° C
- Supply voltage/ current : 16 V DC/10 mA
- Ambient temp/RH : max. 50 ° C 90 % RH
- Control output (Output voltage) : 2 - 10 V
- Control input : 0-16 V
DC/max. 0,1 mA Input voltage/current

2) Temperatur Sensor (TS)

- Temperatur detector dari type thermistar.
- max. temp. 100 ° C.

Catatan : Temperatur Controller (TC) dan Temperatur Sensor (TS) atau gabungan dari TC dan TS (Thermostat) adalah dari merek yang sama dan dari jenis yang sesuai untuk kebutuhannya.

3) Wiring

- Wiring untuk instalasi listrik dan control harus dipasang dalam PVC conduit JIS standard
- Wiring diagram hendaknya disesuaikan dengan kebutuhan peralatan AC yang bersangkutan
- Kabel yang dipasang didalam tanah, jenis NYFGbY harus dipasang sekurang-kurangnya sedalam 75 cm dengan pasir sebagai alas dan pelindung kemudian dilindungi dengan batu pelindung sebelum diurug kembali
- Pada route kabel, tiap-tiap 50 m dan setiap belokan supaya diberi tanda adanya galian kabel dan tanda arah kabel

- Untuk kabel yang menyeberangi selokan, jalan raya atau instalasi lainnya, harus dilindungi dengan pipa galvanis kelas medium
- Ditiap tarikan kabel tidak boleh ada sambungan
- Jari- jari pembelokan kabel, hendaknya minimum 15 kali diameter kabel
- Menghubungkan kabel pada terminal harus menggunakan "kabel schoen" harus kabel 25 mm keatas pemasangan "kabel schoen" harus menggunakan timah pateri lalu dipres hydraulic
- Ukuran-ukuran lebih kecil cukup dengan tang press tangan
- Setiap kabel yang menuju terminal peralatan harus dilindungi memakai metal flexible conduit
- Kabel yang dipasang pada dinding luar harus memakai metal conduit dan diklem rapi ke dinding memakai klem pipa
- Kabel- kabel yang digantung pada plat beton harus memakai klem penggantung dan wire rod yang diramset ke beton
- Kabel yang dapat digunakan adalah buatan Kabel metal atau Kabelindo.

Semua panel star delta dilengkapi dengan :

- Pilot lamp - red, green, white.
- Ampere meter - untuk 3 ph dengan selector phase witch.
- Voltmeter - untuk 3 ph dengan selector phase switch
- Disconnecting switch untuk remote star stop.
- Pilot lamp. - R - S - T
- Centralized Remote Star Stop Remote star stop untuk peralatan-peralatan yang ditunjukkan pada panel diagram ditempatkan diruang control. Panel remote harus dilengkapi untuk masing-masing Peralatan dengan pilot lamp (red, green, white) dan plat nama masing-masing Peralatan dll. Sesuai dengan detail drawing.

9. Pekerjaan Lain-Lain

1. P o n d a s i

- a. Semua pondasi beton yang diperlukan untuk mesin mesin Condensing Unit Unit) tidak termasuk dalam pekerjaan pemborong AC
- b. Pemborong AC harus menyerahkan gambar layout beserta ukuran pondasi masing-masing peralatan sebelum dilaksanakan oleh pihak lain kepada Direksi untuk diperiksa dan disetujui
- c. Pondasi peralatan- peralatan lainnya harus mengikuti petunjuk-petunjuk/ pedoman pabrik pembuat peralatan-peralatan tersebut
- d. Pemborong AC harus menyediakan dan memasang peredam getaran(vibration eliminators) untuk melindungi, bangunan dari suara berisik dan getaran yang ditimbulkan oleh mesin- mesin.
- e. Pemborong ACharus menyediakan dan memasang (sesuai dengan gambar rencana, ataugambar kerja yang disetujui) semua dudukan(support) ataupenggantung (hanger) untuk mesin- mesin, alat-

- alat, pipa yang diperlukan
- f. Untuk menyesuaikan dengan kondisi- kondisi setempat, dudukan- dudukan atau penggantung- penggantung tersebut harus dibuat dari konstruksi pipa, profil, batang (rod) atau strip sesuai dengan gambar rencana atau kerja yang disetujui. Semua dudukan harus mempunyai pelat-pelat (flanges) yang cukup dan dibuat pada lantai
 - g. Semua penggantung harus dipasang pada balok atau pada rangka baja dan harus berkonsultasi dengan Direksi dan Pemborong Sipil
 - h. Pembebanan pada balok atau pelat struktur yang ditimbulkan oleh dudukan dudukan atau penggantung-penggantung tersebut hendaknya dijaga agar dapat terbagi cukup merata sehingga tidak menimbulkan tegangan- tegangan yang tidak wajar
 - i. Pemborong AC harus menjamin bahwa instalasi yang dipasangnya tidak akan menyebabkan penerusan suara dan getaran (vibration & noise transmission) kedalam ruangan- ruangan yang dihuni Dalam hal ini dilakukan oleh ahli atau tenaga ahli yang ditunjuk
 - j. Pemborong harus bertanggung jawab atas modifikasi- modifikasi yang perlu untuk memenuhi syarat tersebut.

10. Testing Adjusting Dan Balancing

a. Lingkup Pekerjaan

Lingkup pekerjaan ini adalah pelaksanaan testing, adjusting dan balancing untuk seluruh sistem tata udara dan ventilasi mekanis sehingga didapatkan besaran- besaran pengukuran yang sesuai seperti yang terlihat dalam gambar-gambar rencana sehingga sistem betul- betul dapat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan rencana.

b. Umum

Pelaksanaan TAB (testing adjusting dan balancing) secara mendasar maksimal harus mengikuti standard/ atau petunjuk yang berlaku secara umum seperti tandard NEBB, ASHRAE dan SMACNA dengan menggunakan peralatan- peralatan ukur yang memenuhi untuk Pelaksanaan TAB tsb.

c. Peralatan Ukur.

Minimal peralatan ukur sperti dibawah ini harus dimiliki oleh kontraktor ybs. antara lain :

- 1) Pengukuran laju aliran udara
Pitot tube dengan inclined manometer Anemometer dan sejenisnya
Hood untuk mengukur udara didiffuser
- 2) Pengukuran temperatur udara
Sling psychrometric
Thermometer
- 3) Pengukuran putaran (rpm)
Tachometer atau sejenisnya

- 4) Pengukuran listrik
 Voltmeter
 Ampermeter / ampertang
- 5) Pengukuran tekanan - Barometer / pressure gauge
- 6) Tool (alat-alat kerja) yang diperlukan dalam merubah setting/ kedudukan peralatan balancing

d. Pelaksanaan TAB

- 1) Sacara detail TAB harus dilaksanakan terhadap seluruh sistim dan bagian- bagiannya, sehingga didapatkan besaran- besaran pengukuran yang sesuai atau mendekati besaran besaran yang ditentukan dalam rencana.
- 2) Dalam pelaksanaan TAB, disamping pengukuran yang dilakukan terhadap besaran-besaran yang ditentukan dalam design, juga diwajibkan melaksanakan pengukuran terhadap besaran- besaran yang tidak tercantum dalam gambar rencana, tapi besaran ini sangat diperlukan dalam penentuan kondisi dan kemampuan peralatan dan juga sebagai data data yang diperlukan bagi pihak maintenance dan operation
- 3) Semua pelaksanaan TAB maupun pengukuran- pengukuran terhadap besaran-besaran lainnya yang tidak tercantum dalam gambar rencana harus dituangkan dalam suatu laporan yang bentuknya (formnya) sudah disetujui oleh pengawas
- 4) Pelaksanaan TAB dilakukan oleh tenaga engineer yang betul- betul sudah berpengalaman dalam pelaksanaan TAB ini
- 5) Dalam pelaksanaan TAB, harus selalu didampingi oleh tenaga pengawas, dimana hasil- hasil pengukuran dan pengamatan yang dilakukan juga disaksikan oleh pengawas tsb dan dalam laporannya ikut menanda tangani
- 6) Sebelum melaksanakan TAB, Kontrator harus membuat suatu rencana kerja, mengenai prosedur pelaksanaan TAB untuk masing-masing bagian pekerjaan, dan prosedur ini agar dibicarakan dengan pihak Pengawas untuk mendapatkan persetujuannya
- 7) Sebelum melaksanakan TAB, Kontraktor sudah harus menyiapkan suatu bentuk formulir yang berisi item- item yang akan dilakukan untuk masing-masing system yang akan dilakukan pengetesan.

e. Balancing System Distribusi Udara.

Prosedure Testing and Adjusting.

- 1) Test dan sesuaikan putaran blower sesuai kebutuhan design.
- 2) Test dan catat motor full load amper.
- 3) Lakukan pengukuran dengan pitot tube (tube traverse) untuk mendapatkan cfm dan fan sesuai design.
- 4) Test dan catat static pressure pada inlet dan outlet dari fan.

- 5) Test dan sesuaikan cfm atau l/s untuk sirkulasi udara.
- 6) Test dan sesuaikan kebutuhan udara luar untuk masing- masing FCU/ FAN.
- 7) Test dan catat temp. d b dan w b dari udara masuk dan keluar dari coil.
- 8) Sesuaikan cfm yang dibutuhkan pada semua cabang-cabang utama
- 9) Sesuaikan kebutuhan cfm untuk masing-masing zone
- 10) Test dan sesuaikan masing-masing diffuser/grille terhadap kapasitas dalam batas % yang dibolehkan.
- 11) Identifikasi ukuran, type, masing-masing diffuser dan lakukan recheck terhadap performance dari jenis diffuser.

PRODUK INSTALASI TATA UDARA

Bahan dan peralatan harus memenuhi spesifikasi pemborong

dimungkinkan untuk mengajukan alternatif lain yang setaraf dengan yang dispesifikasi ke MK/Direksi.
Pemborong baru bisa mengganti bila ada persetujuan resmi dan tertulis dari MK/Direksi.

Produk bahan dan peralatan pada dasarnya adalah sebagai berikut :

Tabel 5. Spesifikasi Teknis Air Conditioning

No	URAIAN	MERK
1.	AC Sistem VRV	Daikin, Mitsubitshi, McQUAY, LG, Thosiba
2.	Motor	AEG (GAE), NUG, Siemens
3.	F a n	National, KDK, Kruger
4.	Isolasi Ducting	Paramount, Parawoll, Infoil, ACI
5.	Ducting	TD Pre-Insulated Alumunium Duct, ALP Active, TDI Duct
6.	Komponen Panel Listrik	MG, ABB
7.	Isolasi Pipa	Armaflex, Thermaflex, Insulflex
8.	Pipa Tembaga	Kembla, Crane
9.	Pipa PVC	Pralon, Rucika, Wavin
10.	Kabel Listrik	Voksel, Kabel Metal, Supreme
11.	G r i l l e	Sigma Cool, Prima Wangi, Confordaire
12.	D i f f u s e r	Sigma Cool, Prima Wangi, Confordaire
13.	Aluminium Foil	Sisalation 436, Thermofoil 731
14.	Flexible Duct	DEC Insulated, Insflex
15.	F i l t e r	AAF atau setara
16.	Isolasi Ducting	Paramount, Parawoll, ACI
17.	Peredam Getaran	Kinetek, Mason, National

SECTION 5. SISTEM TATA UDARA (HVAC)

5.1 Pengertian Air Conditioner (AC)

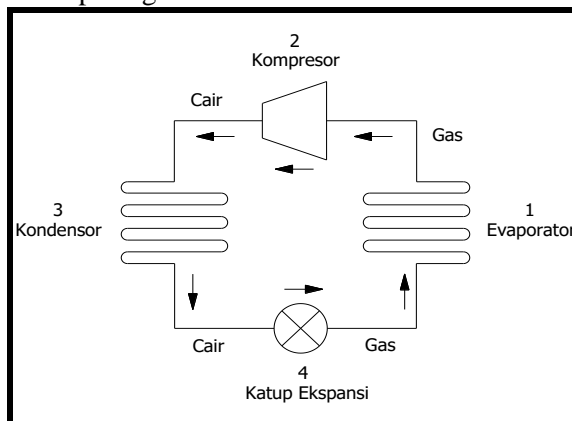
Air conditioning (AC) adalah alat penukar kalor yang berfungsi sebagai pengatur udara pada suatu ruangan tertutup. Udara dalam ruangan dapat didinginkan dengan cara menyerap panas didalam ruangan melalui udara yang melewati evaporator, dan dilepas panasnya oleh refrigeran ke udara panas.

5.2 Prinsip Kerja Air Condotioner (AC)

Refrigeran yang mengalir di evaporator, memiliki temperatur yang sangat rendah (lebih rendah dari temperatur ruangan yang dikondisikan), sehingga terjadi perpindahan panas dimana refrigeran menyerap kalor dari udara yang melewati evaporator. Setelah refrigeran melewati evaporator langsung menuju ke kompresor, kompresor berfungsi untuk memberikan tekanan pada refrigeran dengan tekanan tertentu, pada kondisi ini refrigerant memiliki temperatur tinggi dan temperatur jenuhnya lebih tinggi dari pada temperatur lingkungan.

Karena refrigeran, memiliki temperatur tinggi dan temperatur jenuhnya lebih tinggi dari pada temperatur lingkungan maka dalam evaporator refrigeran mengalami kondensasi (perubahan fasa menjadi cair), dan temperaturnya turun karena sebagian kalor telah dilepas ke lingkungan.

Setelah temperature turun pada refigeran, maka refrigeran yang berasal dari kondensor menuju katup ekspansi. Pada katup ekspansi tekanan refrigerant diturunkan sehingga menjadi *vaporizer* dan refigeran berubah fasa menjadi gas dengan temperature rendah seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



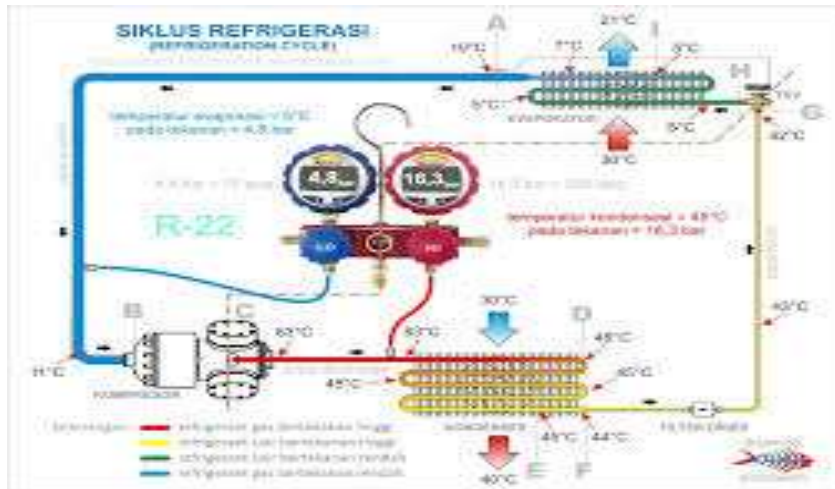
Gambar 2. Slematik Prinsip Kerja Air Conditioning

5.3 Prinsip Dasar Sistem Penyerapan Udara

Penemuan siklus refrigerasi dan perkembangan mesin refrigerasi merintis jalan bagi pembuatan dan penggunaan mesin penyegaran udara. Komponen utama dari sistem refrigensi adalah kompresor, kondensor, katup ekspansi dan evaporator. Dalam hal ini kompresor berfungsi mengalirkan dan menaikkan tekanan gas refrigeran, yang selanjutnya dicairkan di dalam kondensor. Dari kondensor refrigeransi cair diuapkan dengan

penyempurnanya melalui katup ekspansi ke dalam evaporator yang bertekanan rendah. Refrigeran yang menguap di dalam evaporator menyerap kalor dari udara yang ada di sekitarnya.

3.1 Siklus Refrigerasi Penyebar Udara



Gambar 3. Siklus Refrigerasi

A-B : *Un-useful superheat* (kenaikan temperatur yg menambah beban kompresor) Sebisamungkin dihindari kontak langsung antara pipa dan udara sekitarnya dgn cara menginsulasi pipa *suction*.

B-C : proses kompresi (gas refrigerant bertekanan dan temperatur rendah dinaikkan tekanannya sehingga temperaturnya lebih tinggi dari media pendingin di kondenser. Pada proses kompresi ini refrigeran mengalami *superheat* yg sangat tinggi.

C-D : Proses *de-superheating* (temperatur refrigerant mengalami penurunan, tetapi tdk mengalami perubahan wujud, refrigerant masih dalam bentuk gas)

D-E : Proses kondensasi (terjadi perubahan wujud refrigerant dari gas menjadi cair tanpa merubah temperaturnya).

E-F : Proses *sub-cooling* di kondenser (refrigerant yg sudah dalam bentuk cair masih membuang kalor ke udara sekitar sehingga mengalami penurunan temperatur). Sangat berguna untuk memastikan refrigerant dalam keadaan cair sempurna.

F-G : Proses *sub-cooling* di pipa *liquid* (Refrigeran cair masih mengalami penurunan temperatur karena temperaturnya masih diatas temperatur udara sekitar). Pipa *liquid line* tidak diinsulasi, agar terjadi perpindahan kalor ke udara, tujuannya untuk menambah kapasitas refrigerasi.

G-H : Proses ekspansi/penurunan tekanan (Refrigerant dalam bentuk cair diturunkan tekanannya sehingga temperatur saturasinya berada dibawah temperatur ruangan yg didinginkan, tujuannya agar refrigerant cair mudah menguap di evaporator dgn cara menyerap kalor dari udara yg dilewatkan ke evaporator) Terjadi perubahan wujud refrigerant dari cair menjadi bubble gas sekitar 23% karena penurunan tekanan ini. Jadi refrigerant yg keluar dari katup ekspansi / masuk ke Evaporator dalam bentuk campuran sekitar 77% cairan dan 23% bubble gas.

H-I : Proses evaporasi (refrigerant yg bertemperatur rendah menyerap kalor dari udara yg dilewatkan ke evaporator. Terjadi perubahan wujud refrigerant dari cair menjadi gas.

Terjadi juga penurunan temperatur udara keluar dari evaporator karena kalor dari udara diserap oleh refrigerant)

I-A : Proses *superheat* di evaporator: Gas refrigerant bertemperatur rendah masih menyerap kalor dari udara karena temperaturnya yg masih dibawah temperatur udara. Temperatur refrigerant mengalami kenaikan). Superheat ini bergua untuk memastikan refrigerant dalam bentuk gas sempurna sebelum masuk ke Kompresor.

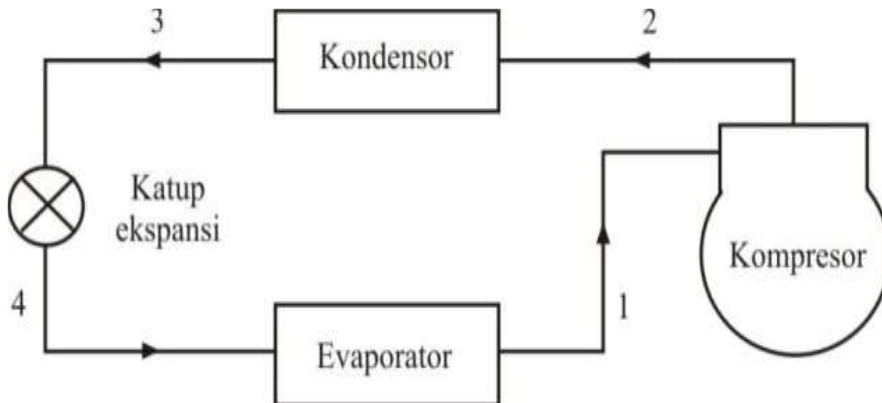
3.2 Komponen Utama Air Conditioner (AC)

Mesin pendingin merupakan suatu alat yang digunakan untuk memindahkan panas dari dalam ruangan ke luar ruangan. Adapun sistem mesin pendingin yang paling banyak digunakan adalah sistem kompresi uap.

Secara garis besar komponen sistem pendingin siklus kompresi uap terdiri dari:

- Kompresor, berfungsi untuk mengkompresi refrigeran dari fasa uap tekanan rendah evaporator hingga ke tekanan tinggi kondensor.
- Kondensor, berfungsi untuk mengkondensasi uap refrigeran panas lanjut yang keluar dari kompresor.
- Katup ekspansi, berfungsi untuk mencekik (*throttling*) refrigeran bertekanan tinggi yang keluar dari kondensor dimana setelah melewati katup ekspansi ini tekanan refrigeran turun sehingga fasa refrigeran setelah keluar dari katup ekspansi ini adalah berupa fasa cair + uap.
- Evaporator, berfungsi untuk menguapkan refrigeran dari fasa cair + uap menjadi fasa uap.

Secara garis besar, siklus kompresi uap dapat dilihat pada gambar 2.5 berikut.



Gambar 4.Siklus Kompresi Uap

- Proses 1-2 adalah proses kompresi isentropik
Kompresor berfungsi untuk mengkompresikan uap refrigeran dari evaporator, dalam hal ini terjadi proses kenaikan tekanan refrigeran dari tekanan uap jenuh ke tekanan uap lanjut.
- Proses 2-3 adalah kondensasi isobarik
Uap refrigeran yang bertekanan tinggi dan temperatur tinggi (panas lanjut) masuk ke dalam kondensor lalu dicairkan atau didinginkan dengan media pendingin (udara atau air). Proses ini terjadi pada tekanan konstan, sehingga refrigeran

melepaskan panas ke media pendingin dan mengalami perubahan fasa dari uap ke cair.

- c) Proses 3-4 adalah ekspansi pada entalpi
Pada proses ini terjadi penurunan tekanan pada entalpi konstan, dimana refrigeran yang masuk ke evaporator sudah dalam bentuk kabut cair yang disemprotkan, dalam hal ini katup ekspansi juga berfungsi untuk mengontrol aliran dari refrigeran antara sisi tekanan tinggi dengan sisi tekanan rendah.
- d) Proses 4-1 adalah proses penguapan pada tekanan tetap
Proses ini merupakan penyerapan panas pada tekanan konstan di evaporator, sehingga refrigeran berada pada fase uap jenuh dan udara yang keluar dari evaporator menjadi dingin.

1. Kompresor

Masing-masing dari ke empat sistem kompresi uap seperti kompresor, kondensor, alat ekspansi dan evaporator, mempunyai sifat yang tersendiri. Pada waktu yang sama masing-masing komponen dipengaruhi oleh kondisi-kondisi yang disebabkan oleh bagian yang lain. Seperti perubahan suhu air kondensor misalnya, dapat mengubah laju refrigeran yang dipompa oleh kompresor sehingga katup ekspansi perlu disetel lagi, akibatnya tekanan pada evaporator berubah.

Kompresor itu sendiri adalah jantung dari sistem kompresi uap. Empat jenis kompresor refrigerasi yang paling umum adalah kompresor torak (*reciprocating compressor*), sekrup (*screw*), sentrifugal, dan sudu (*vane*). Kompresor berfungsi untuk mengkompresi refrigerant dari fasa uap tekanan rendah evaporator hingga ke tekanan tinggi kondensor.

Berikut ini adalah empat jenis kompresor tersebut :

a. Kompresor torak,

Kuda beban bagi industri adalah kompresor torak (*reciprocating compressor*), yang mempunyai daerah kerja dari beberapa puluh watt hingga ratusan kilowatt kapasitas refrigerasi. Kompresor-kompresor modern bersifat “*single-acting*”, bersilinder tunggal atau multisilinder. Pada kompresor multisilinder, silindernya dapat disusun berbentuk V, W, radial, atau lurus.

b. Kompresor sekrup,

Cara kerja kompresor sekrup terlihat dari penampang dua elemen putar utama kompresor sekrup. Di dalam rumah kompresor rotor jantan dengan empat kuping, di sebelah kanan, menggerakkan rotor betina. Uap refrigerant memasuki satu ujung kompresor (di puncak) dan meninggalkan kompresor dari ujung yang lain (dibawah). Pada posisi hisap, terbentuk ruang hampa sehingga uap mengalir ke dalamnya. Sesaat sebelum ruang *interlobe* tersebut meninggalkan lubang pemasukan, rongga tersebut telah dipenuhi gas. Bila putaran terus berlanjut, gas yang terkurung digerakkan mengelilingi rumah kompresor. Pada putaran selanjutnya terjadi penangkapan (*mesing*) kuping rotor jantan oleh lekuk rotor betina, sehingga memperkecil volume rongga dan menekan gas tersebut. Pada saat tertentu, dalam proses kompresi, lubang buang terbuka, sehingga dengan penangkapan kuping lebih lanjut, gas yang tertekan keluar melalui lubang buang tersebut.

c. Kompresor sudu

Dua macam jenis dasar kompresor sudu adalah jenis *roller* atau bersudu tunggal, dan jenis sudu banyak. Kompresor sudu kebanyakan digunakan untuk lemari es, freezer, dan pengkondisi udara rumah tangga, walaupun dapat juga digunakan sebagai *kompresor booster* (kompresor pembantu) pada bagian tekanan rendah sistem kompresi bertingkat yang besar. Pada jenis roller, garis sumbu poros sama dengan garis sumbu silinder. Akan tetapi, garis sumbu poros tersebut terletak secara eksentrik pada rotor, sehingga bila rotor tersebut berputar, akan menyentuh dinding silinder. Kompresor jenis ini mempunyai suatu pembagi yang diberi pegas untuk memisahkan rongga hisap dan rongga buang. Pada kompresor yang bersudu banyak, rotor beredar terhadap garis sumbunya sendiri, tetapi garis sumbu silinder dan rotor tidak bersamaan. Disini rotor mempunyai dua atau lebih sudu geser (*sliding vane*) yang selalu menyentuh silinder gaya sentrifugal.

d. Kompresor sentrifugal,

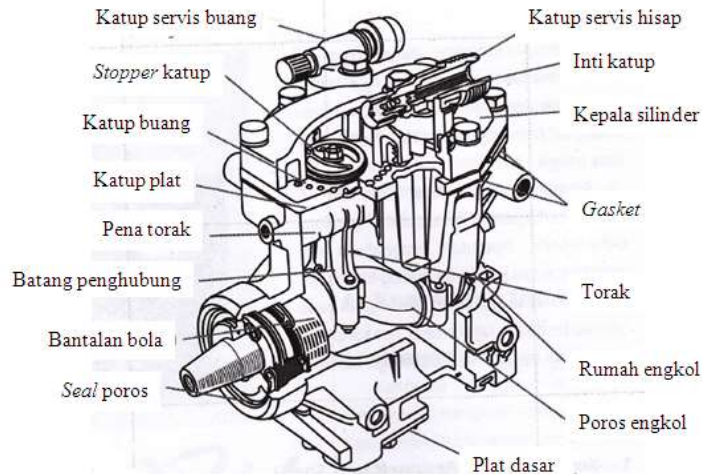
Kompresor sentrifugal merupakan pilihan untuk unit-unit berkapasitas besar, khususnya untuk instalasi pendinginan air pada instalasi pengkondisian udara yang besar. Kompresor sentrifugal melayani sistem-sistem refrigerasi yang berkapasitas antara 200 hingga 10.000 kW. Suhu evaporator pada mesin-mesin bertingkat ganda dapat diturunkan hingga -50 sampai -100° C, walaupun penggunaannya yang terbanyak adalah untuk mendinginkan air hingga kira-kira 6 atau 8° C di dalam sistem-sistem pengkondisian udara.

Cara kerjanya kompresor sentrifugal ialah sama dengan pompa sentrifugal. Fluida memasuki mata impeller yang berputar dan kemudian dilemparkan kearah lingkaran luar impeller dengan gaya sentrifugal. Sudu-sudu impeller meninngikan putaran gas tersebut dan membangkitkan tekanan. Dari impeller ini, gas mengalir ke sudu-sudu penghambur atau ke ruang spiral(volute) yang dimana sejumlah energi kinetik diubah menjadi tekanan.

Dari keempat jenis kompresor diatas semuanya mempunyai kualitas yang agak berbeda, sehingga masing-masing jenis mempunyai ruang lingkup penggunaan dimana kompresor tersebut lebih unggul dari yang lain. Alasan yang tepat untuk menentukan dimana kompresor di gunakan, dapat didasarkan pada kapasitas refrigerasinya. Kompresor torak mendominasi mulai dari kapasitas yang sangat kecil hingga kira-kira 300kW. Kompresor sentrifugal kebanyakan digunakan secara luas untuk unit-unit yang kapasitasnya mulai dari 500kW ke atas. Kompresor-kompresor sekrup cocok untuk unit-unit yang berkapasitas antara 300 hingga 500 kW dan bersaing dengan kompresor-kompresor torak serta kompresor sentrifugal yang berkapasitas kecil. Kompresor sudu bersaing dengan kompresor torak, terutama dalam pemasaran lemari es dan pengkondisi udara rumah tangga.

Kemungkinan kompresor-kompresor torak lebih banyak dibuat dibandingkan dengan jenis lain, karena kompresor-kompresor ini merupakan pilihan untuk unit-unit refrigerasi yang lebih kecil yang memproduksi tinggi. Untuk sistem refrigerasi yang berkapasitas besar, ukuran fisik yang besar, kompresor torak kurang menguntungkan dibandingkan dengan kompresor sentrifugal dan kompresor sekrup yang lebih kompak, yang bersaing di pasaran untuk kapasitas-kapasitas refrigerasi antara 300 hingga 500kW. Kadang-kadang di dalam instalasi refrigerasi industri dicapai suatu kompromi yang kurang mantap dimana digunakan penggabungan kompresor torak dan sekrup.

Pengaturan kerjanya adalah dengan menggunakan kompresor sekrup untuk beban rendah dan menggunakan kompresor torak untuk menangani tingkat-tingkat beban yang lebih tinggi. Alasan pembagian beban ini karena kompresor sekrup lebih efisien bila dioperasikan mendekati beban penuh dan bagian yang bergerak lebih sedikit daripada kompresor torak sehingga diperkirakan mempunyai umur pakai yang lebih panjang. Kompresor torak mempunyai efisiensi yang lebih baik pada pengoperasian beban sebagian dibandingkan dengan kompresor sekrup dan dapat menangani bagian beban yang bervariasi secara lebih efisien. Jenis kompresor yang direncanakan adalah kompresor torak (*reciprocating compressor*).



Gambar 5. Kompresi Torak

Daya teoritis yang dibutuhkan oleh suatu *compressor ideal* adalah hasil kali antara laju alir massa dan kenaikan entalpi selama keadaan isentropis :

$$P = W \cdot \Delta h_i \quad (2.0)$$

dengan :

- P : Daya, kW
- W : Laju ailr massa, kg/det
- Δh_i : Kerja kompresi isentropik, kJ/kg

2. Kondensor

Kondensor adalah komponen sistem refrigerasi mekanik yang berfungsi untuk mencairkan uap refrigeran dari kompresor yang bertekanan dan temperatur tinggi. Kondensor merupakan alat untuk melepaskan panas. Panas dari udara kamar yang diserap oleh refrigeran ke evaporator dilepaskan melalui kondensor. Oleh karena itu kondensor biasanya diletakan di bagian luar udara yang diinginkan.

Kondensor beroperasi pada keadaan tekanan dan temperatur yang lebih tinggi daripada evaporator. Proses perpindahan panas yang terjadi di kondensor pada prinsipnya sama dengan evaporator. Keduanya melibatkan perubahan fase refrigeran. Bila pada evaporator refrigeran berubah fase dari cair ke gas, pada kondensor refrigeran berubah fase dari gas ke cair.

Oleh karena itu kondensor dibagi menjadi 2 golongan:

- a. Kondensor pendingin udara (*air cooled condenser*)
Kondensor pendingin udara biasanya digunakan untuk mesin refrigerasi skala kecil sampai besar. Udara menyerap panas secara konveksi bebas pada mesin pengkondisian udara, kondensor yang digunakan adalah kondensor pipa bersirip dari udara dialirkan melintang pipa dengan bantuan udara.
- b. Kondensor pendingin air (*water cooled condenser*)
Kondensor pendingin air biasanya berupa pipa ganda kosentrik, atau cangkang pipa. Pada kondensor pipa ganda kosentrik, refrigeran mengalir dan mengembun pada pipa bagian dalam sedangkan air pendingin mengalir berlawanan pada pipa luar. Kondensor pendingin air adalah tipe kondensor yang pertama kali digunakan untuk sistem pendingin komersial. Pada kondensor ini, panas yang dikandung refrigeran dipindahkan ke medium air lalu dipindahkan ke tempat lain. Dibandingkan dengan kondensor pendingin udara, perpindahan panas pada kondensor tipe ini lebih efisien. Hal ini perlu diperhatikan dari kondensor pendingin air adalah endapan mineral dan kerak. Sebersih apapun air yang digunakan, kemungkinan terjadi endapan mineral tetap ada. Kerak dan mineral yang menempel di permukaan tempat terjadinya perpindahan panas dapat berperan sebagai isolator panas dan menurunkan efisiensi pendinginan refrigeran.

3. Evaporator

Evaporator adalah komponen sistem pendingin yang berfungsi sebagai penukar panas. Di evaporator, cairan refrigeran menguap dan menyerap panas pada medium sekitar sehingga medium sekitarnya didinginkan. Banyaknya panas yang dapat diserap refrigeran tergantung pada kemampuan evaporator tersebut untuk menyerap panas.

Bahan untuk evaporator biasanya digunakan tembaga dan memperluas permukaan evaporator dipakai evaporator yang mempunyai sirip-sirip yang terbuat dari tembaga atau aluminium. Proses penyerapan panas pada evaporator berkaitan dengan temperatur didih refrigeran. Biasanya dipilih titik didih refrigeran sekitar 40°F

Pada kebanyakan evaporator, refrigerant mendidih di dalam pipa-pipa dan mendinginkan fluida yang lewat di luar pipa tersebut. Evaporator yang mendidihkan refrigerant didalam pipa biasa disebut *evaporator ekspansi langsung* (*direct expansion evaporators*). Evaporator ekspansi langsung yang digunakan untuk pengkondisian udara biasanya disuplai oleh katub ekspansi yang mengatur aliran cairan sedemikian sehingga uap refrigerant meninggalkan evaporator dalam keadaan sedikit panas-lanjut. Konsep atau jenis lainnya adalah evaporator dengan pendauran ulang cairan (*liquid recirculation*) atau evaporator cairan berlebihan (*liquid over feed*), disini cairan pada tekanan dan suhu rendah dipompa ke dalam evaporator. Sebagian cairan mendidih di dalam evaporator, dan sisanya meluap ke saluran keluar. Cairan yang keluar dari evaporator dipisahkan, dan uapnya dialirkan menuju kompresor. Sistem refrigerasi industri suhu rendah biasanya menggunakan jenis evaporator ini, karena memiliki keuntungan membasahi semua permukaan dalam evaporator dan menjaga koefisien perpindahan kalor yang tinggi.

Prinsip kerja evaporator :

- a. Refrigeran yang melalui alat ukur merupakan campuran antara fase cair refrigeran (75%) dan fase uap refrigeran (25%).

- b. Udara (75%) yang dilewatkan melalui koil evaporator memanaskan refrigeran sampai 40°F. Refrigeran akan mendidih dan berubah bentuk dari cair ke uap pada temperatur 40°F.
- c. Kandungan fase cair menjadi 50% di sekitar setengah panjang koil. Temperatur refrigeran tetap 40°F karena panas yang diserap dari udara adalah panas laten yang digunakan untuk mengubah bentuk dari cair ke uap dan bukan untuk menaikkan temperatur.
- d. Di sekitar 90% panjang koil telah berubah menjadi uap seluruhnya.
- e. Refrigeran berada dalam kondisi uap jenuh. Penambahan panas akan mengubahnya menjadi uap panas lanjut. Temperatur akan naik karena panas yang ditambahkan di titik ini adalah panas sensible. Oleh karena itu temperatur refrigeran bukan lagi 40°F melainkan 50°F.
- f. Semua panas yang digunakan untuk mengubah refrigeran dari cair menjadi uap dan yang digunakan untuk menaikkan temperatur uap jenuh menjadi uap panas lanjut diambil dari udara. Akibatnya udara yang meninggalkan koil evaporator menjadi lebih dingin (55°F).
- g. Pada temperatur 55°F udara sudah mencapai titik embun. Oleh karena itu pada koil evaporator terbentuk titik-titik air yang berasal dari pengembunan uap air di udara. Jumlah uap air yang terkandung dalam udara ruangan akan berkurang. Proses pengurangan uap air ini dinamakan dehumidifying, digunakan untuk mengontrol kelembapan udara ruangan.

4. Katup Ekspansi

Katup ekspansi merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengatur jumlah refrigeran cair yang masuk ke evaporator. Alat ini terletak di antara evaporator dan kondensor, biasanya dipasang pada suatu tempat tertutup sehingga tidak mudah terlihat. Refrigeran yang keluar dari kondensor memiliki tekanan dan temperatur tinggi, sedangkan refrigeran yang masuk ke dalam evaporator harus memiliki tekanan dan temperatur rendah. Oleh karena itu diperlukan katup ekspansi untuk menurunkan temperatur dan tekanan refrigeran dari kondensor agar sesuai dengan kondisi yang diperlukan pada evaporator. Perubahan tekanan dari sisi masuk ke sisi keluar alat ekspansi bisa sedemikian ekstrim sehingga perbedaan temperaturnya dapat dirasakan oleh tangan.

Refrigeran yang masuk ke dalam evaporator harus berbentuk cair, maka pada alat ekspansi biasanya dilengkapi dengan sensor. Keadaan refrigeran yang keluar dari katup ekspansi inilah yang dijadikan dasar untuk mengatur jumlah refrigeran cair yang masuk ke evaporator. Jenis katup ekspansi ada lima, yaitu pelampung sisi atas

(high-side float), penampung sisi bawah (low-side float), katup ekspansi termostatik, katup ekspansi otomatis dan lubang tetap (fixed bore) seperti pipa kaliper.

Fungsi dari katup ekspansi pada sistem refrigerasi adalah sebagai berikut:

1. Membuat perbedaan tekanan rendah pada evaporator dan tekanan tinggi sebelum masuk katup ekspansi.
2. Mengontrol dan mengatur banyaknya cairan refrigeran yang masuk evaporator.
3. Mengekspansi cairan refrigeran yang bertekanan tinggi menjadi refrigeran yang bertekanan rendah.

2.6 Refrigeran

Refrigeran adalah zat yang mengalir dalam mesin refrigerasi dan merupakan fluida kerja yang memindahkan panas dari produk yang diinginkan ke lingkungan.

1. Pengelompokan refrigeran

Berdasarkan jenis senyawa, refrigeran dapat dikelompokkan menjadi :

- a. Kelompok refrigeran senyawa halo karbon.
- b. Kelompok refrigeran senyawa organik.
- c. Kelompok refrigeran senyawa hidro karbon.
- d. Kelompok refrigeran senyawa azeotropik

a. Kelompok Refrigeran Senyawa Halo Karbon

Refrigeran yang termasuk dalam halo karbon mempunyai satu atau lebih atom dari salah satu halogen yang tiga (*klorin, fluorin dan, bromine*). Ketentuan bilangan, nama kimia dan rumus dari sejumlah anggota kelompok ini dipergunakan untuk kode perdagangan.

b. Kelompok Refrigeran Senyawa Organik

Banyak refrigeran terdahulu merupakan senyawa anorganik, dan masih ada yang digunakan sampai sekarang. Kelompok ini diberi nomor dengan angka 7 dan digit selanjutnya mengatakan berat molekul dari senyawanya misal :

R. 720 adalah hidrogen

R. 704 adalah helium

R. 717 adalah amonia

R. 718 adalah air

c. Kelompok Refrigeran Hidro Karbon

Banyak senyawa hidro karbon yang cocok digunakan sebagai refrigeran, khususnya untuk dipakai pada industri perminyakan dan petrokimia. Jenis ini biasanya ditulis dalam bentuk HCFCs, HFCs untuk simbol hidro karbon HCs, CFCs.

d. Kelompok Refrigeran Azeotrop

Refrigeran Azeotrop adalah tak dapat dipisahkan menjadi komponen-komponen dengan cara *distilasi*. Azeotrop menguap dan mengembun sebagai suatu substansi tunggal yang sifat-sifatnya berbeda dengan sifat unsur pembentukannya. Azeotrop yang paling banyak dikenal adalah R. 502 merupakan campuran dari 48,8 % refrigeran 22 dan 51,2 % refrigeran 115.

3.3 Klasifikasi Dan Jenis- Jenis Sistem Air Conditioning

Secara umum, sistem pengkondisian udara dapat diklasifikasikan menjadi 3 bagian yaitu:

1. *All Air Systems*
2. *All Water System*
3. *Air-Water Systems*

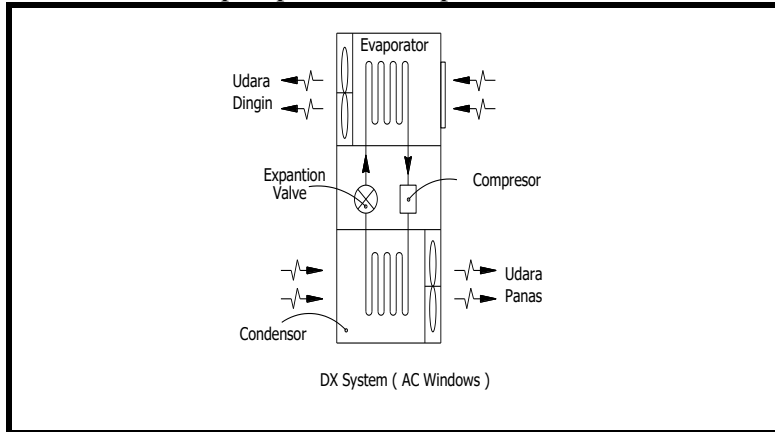
1. *All Air Systems*

Sistem ini merupakan sistem pengkondisian udara yang paling banyak dipergunakan. Di dalam sistem ini yang menjadi media pendingin adalah udara yang

bertukar panas langsung dengan *coil* yang didalamnya mengalir refrigerant. Campuran udara luar dan udara ruangan difilter dengan saringan udara, lalu didinginkan dengan koil pendingin dan dilembabkan (udara dapat juga dipanaskan dengan koil pemanas) melalui mesin pendingin, kemudian dialirkan kembali ke dalam ruangan dengan kipas atau *blower* melalui saluran udara (*duct*) menuju beberapa bagian ruangan. Adapun jenis dari *All Air Systems* adalah:

a. DX System (AC Windows)

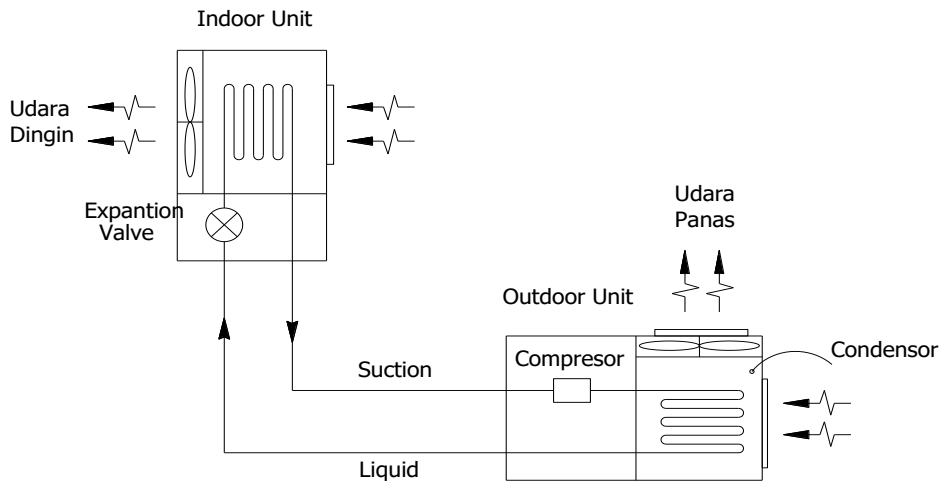
AC Windows adalah perangkat unit AC dimana seluruh komponen utama AC (Kompresor, Kondenser, Katup Expansi dan Evaporator) berada dalam satu kemasan unit.



Gambar 6. Konstruksi Air Conditioning Jenis DX System (AC Window)

b. Split Wall Mounted

Split Wall Mounted adalah jenis AC dimana terdiri dari 2 paket unit, yaitu *indoor* unit dan *outdoor* unit, indoor unit terdiri dari Katup expansi, Evaporator dan Fan, sedangkan *outdoor* unit terdiri dari Kompresor, Kondensor dan Fan, serta menggunakan tarikan pipa tembaga untuk menghubungkan proses refrigrasi diantara keduanya (*Indoor* dan *Outdoor*).

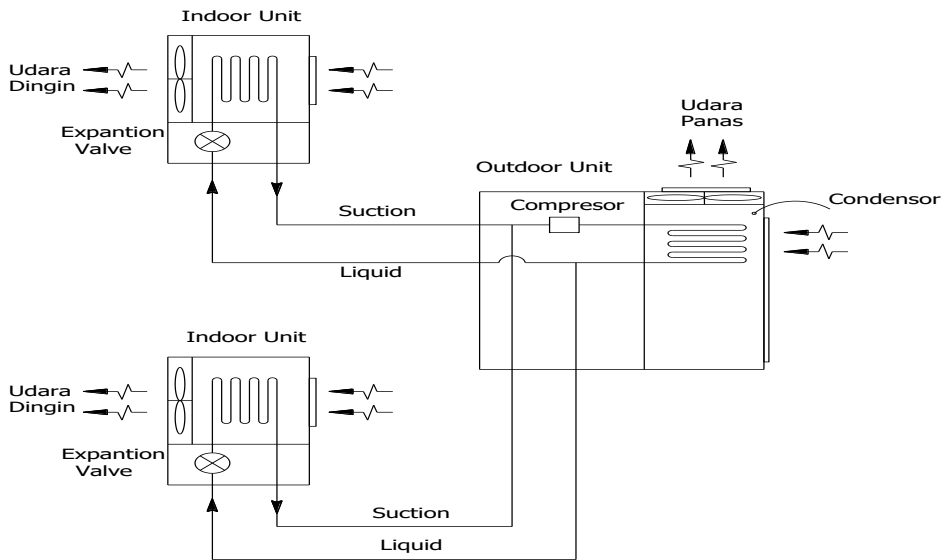


Split Wall Mounted

Gambar 7. Konstruksi Air Conditioning Jenis Split Wall Mounted

c. Multy Split Wall Mounted

Sesuai dengan namanya (*Multy*) maka AC jenis ini menggunakan satu outdoor yang melayani beberapa indoor unit, dimana masing-masing indoor unit memiliki tarikan pipa tembaga.



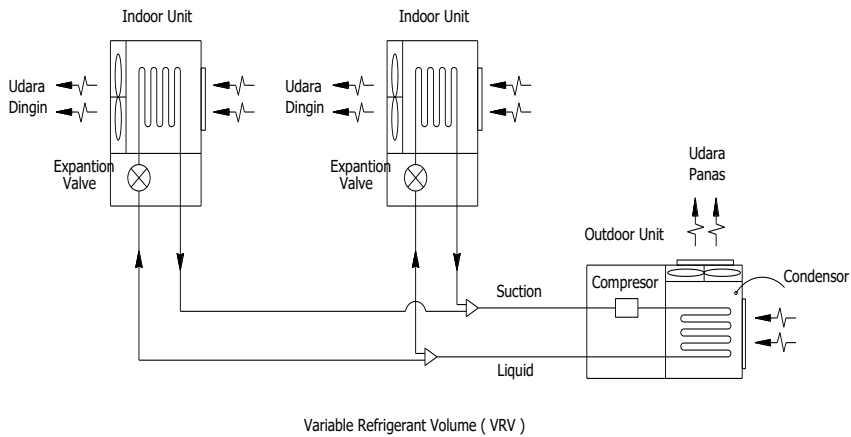
Multy Split Wall Mounted

Gambar 8. Konstruksi Air Conditioning Jenis Multi Split Wall Mounted

d. Variable Refrigerant Volume (VRV)

VRV adalah sistem AC yang menyerupai *Multy Split Wall Mounted*, perbedaannya pada tarikan pipa tembaga dimana *Outdoor* unit memiliki dua koneksi pipa dengan diameter besar kemudian memakai jointing untuk mereduc ke ukuran lebih kecil yang selanjutnya dikoneksikan ke *indoor* unit.

Perbedaan lain yaitu VRV bisa menggunakan *Slit Duct* sebagai *indoor* unit yang memiliki kapasitas lebih besar dibandingkan *Split Wall Mounted*.



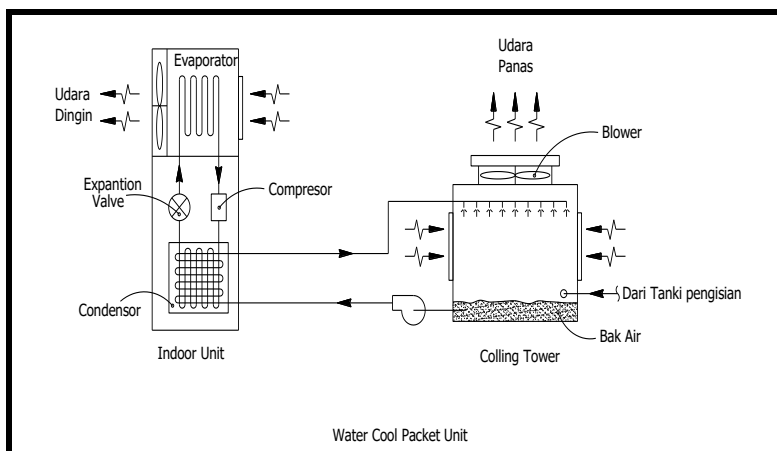
Gambar 9. Konstruksi Air Conditioning Jenis Variabel Refrigerant Volume

e. All Water System

Pada All Water Systems, udara dikondisikan oleh air dingin sebagai media pendingin yang dialirkan melalui Fan Coil Unit. Mesin pendingin yang digunakan sistem ini dikenal dengan water chiller. Air yang telah menjadi panas setelah menyerap panas udara ruangan yang dikondisikan, dialirkan ke evaporator untuk didinginkan oleh refrigerant menjadi air dingin yang untuk selanjutnya dialirkan kembali ke Fan Coil Unit di tiap ruangan yang dikondisikan. Adapun jenis dari All Water Systems adalah :

f. Water Cooled Packet Unit (WCPU)

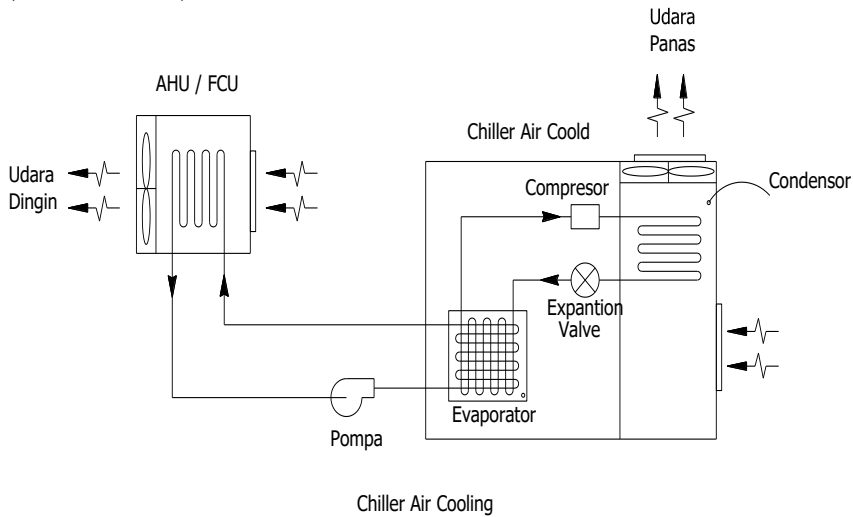
Water Cooled Packet Unit adalah sistem AC yang bekerja menyerupai DX Sistem tetapi memiliki kapasitas besar, dan menggunakan Cooling Tower sebagai media pembuang panas.



Gambar 10. Konstruksi Air Conditioning Jenis Water Cooled Packet Unit

a. Chiller air coold

Chiller air coold adalah sistem AC yang menggunakan unit *chiller* dimana *chiller* menggunakan udara sebagai media pendingin sekaligus untuk mengkondensasikan refrigerant, sedangkan *indoor* unit bisa dalam bentuk AHU (*Air Hndling Unit*) atau FCU (*Fan Coil Unit*).



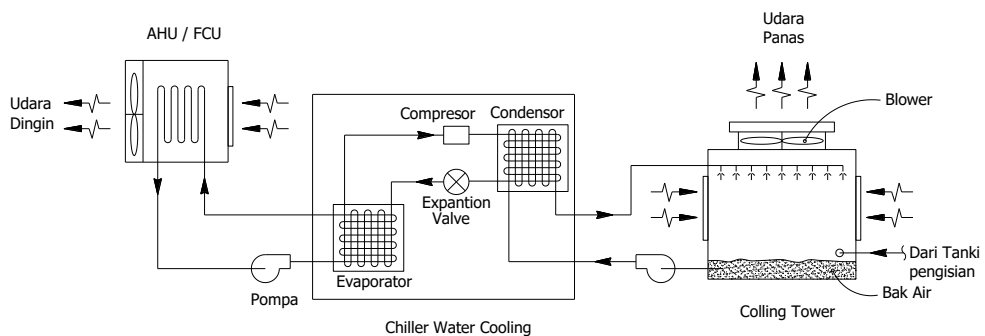
Gambar 11. Konstruksi Air Conditioning Jenis Chiller Air Coold

3. Air-Water Systems

Sistem ini adalah kombinasi dari *All Air System* dan *All Water System* dimana sistem ini menggunakan media udara primer yang didinginkan dan media air pendingin yang didistribusikan dari sistem sentral ke unit terminal di tiap ruangan individu. Adapun jenis dari *Air-Water Systems* adalah :

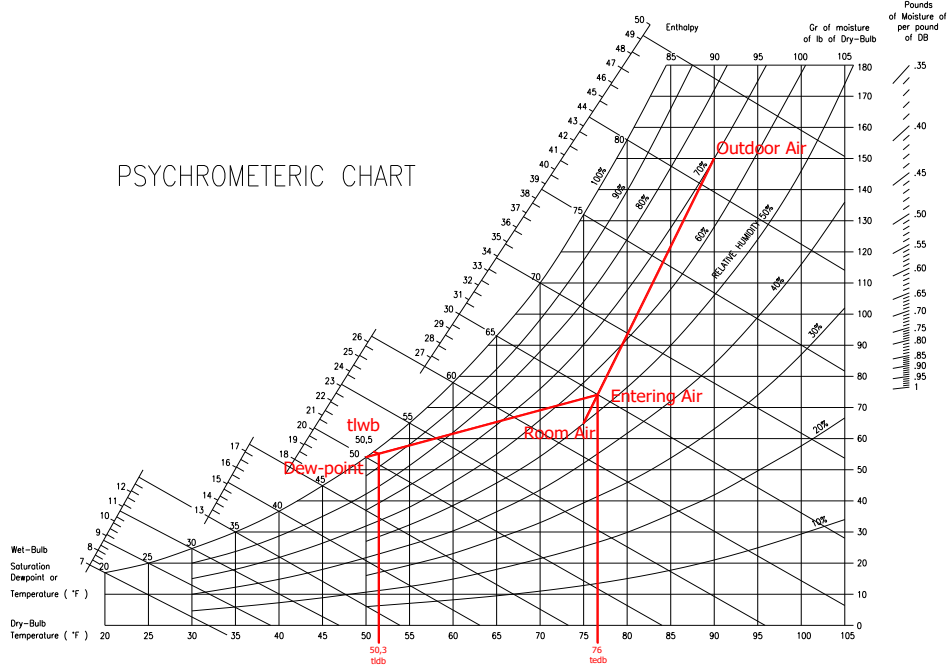
a. Chiller Water coold

Chiller water coold adalah sistem AC yang menggunakan unit *chiller* dimana *chiller* menggunakan air sebagai media pendingin sekaligus untuk mengkondensasikan refrigeran serta menggunakan *cooling tower* untuk membuang panas, sedangkan *indoor* unit bisa dalam bentuk AHU (*Air Hndling Unit*) atau FCU (*Fan Coil Unit*).



Gambar 12. Konstruksi Air Conditioning Jenis Chiller Water Coold

3.1 Diagram Psychrometric Dan Sifat Bola Basah



Gambar 13. Diagram Psychrometric Dan Sifat Bola Basa

Psychrometric adalah pengetahuan tentang termodinamika yang membahas sifat sifat udara dan pengaruhnya terhadap bahan-bahan material dan kenyamanan manusia.

Sifat termal dari udara basah pada umumnya ditunjukkan dengan menggunakan diagram *psychrometric* dalam hal tersebut dipakai beberapa istilah seperti:

1. Temperatur bola kering
Temperatur tersebut dapat dibaca pada *thermometer* dengan sensor bola kering dan terbuka, penunjukannya tidak tepat karena dipengaruhi oleh radiasi parias.
2. Temperatur bola basah
Dalam hal ini digunakan *thermometer* dengan sensor yang dibalut dengan kain basah.
3. Tekanan parsial
Suatu hubungan antara tekanan parsial uap air dengan temperatur bola basah.
4. Perbandingan kelembaban
Yaitu perbandingan antara berat uap air dengan berat udara kering yang ada di dalam udara (lembab).
5. Kelembaban relatif
Yaitu perbandingan antara tekanan parsial uap air yang ada di dalam udara dengan tekanan jenuh uap air pada temperatur air yang sama.
6. Volume spesifik (udara) lembab
Volume spesifik (udara) lembab adalah volume udara lembab per 1 kg udara kering.

7. Titik embun
Titik embun adalah temperatur air pada keadaan dimana tekanan uapnya sama dengan tekanan uap dan udara (lembab).
8. Entalpi
Entalpi adalah energi kalor yang dimiliki oleh suatu zat pada suatu temperature tertentu.
9. *Persentase* kelembaban
Persentase kelembaban adalah perbandingan (%) antara perbandingan kelembaban udara lembab dengan perbandingan kelembaban jenuh pada temperatur yang sama.

3.2 Kriteria Kenyamanan.

Tubuh manusia adalah suatu organisme yang dapat menyesuaikan diri secara menakjubkan. Dalam jangka waktu yang lama tubuh mampu berfungsi didalam kondisi termal yang cukup ekstrim. Tetapi keanekaragaman suhu dan kelambaban udara luar seringkali berada pada keadaan yang diluar batas kemampuan adaptasi tubuh, karena itu diperlukan kondisi yang baik didalam rumah agar dapat dipertahankan lingkungan sehat dan nyaman tersebut. Berikut ini adalah beberapa faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal orang :

1. Temperatur udara kering.

Temperatur udara kering sangat mempengaruhi terhadap besar kecilnya kalor yang dilepas melalui penguapan (evaporasi) dan melalui konveksi. Daerah kenyamanan termal untuk daerah tropis dapat dibagi menjadi 3 :

- a. Sejuk nyaman, antara temperatur efektif $20,5^{\circ}\text{C} \sim 22,8^{\circ}\text{C}$.
- b. Nyaman optimal, antara temperatur efektif $22,8^{\circ}\text{C} \sim 25,8^{\circ}\text{C}$.
- c. Hangat nyaman, antara temperatur efektif $25,8^{\circ}\text{C} \sim 27,1^{\circ}\text{C}$.

2. Kelembaban udara relatif.

Kelembaban udara relatif dalam ruangan adalah perbandingan antara jumlah uap air yang dikandung oleh udara tersebut dibandingkan dengan jumlah kandungan uap air pada keadaan jenuh pada temperatur udara ruangan tersebut.

Untuk daerah tropis, kelembaban udara relatif yang dianjurkan antara 40% ~ 50% tetapi untuk ruangan yang jumlah orangnya padat seperti ruang pertemuan kelembaban udara relatif masih diperbolehkan berkisar antara 55% ~ 60%.

3. Pergerakan udara (Kecepatan udara).

Untuk mempertahankan kondisi nyaman, kelambaban udara yang ajtuh diatas kepala tidak boleh lebih besar dari 0,25m/detik dan sebaliknya lebih kecil ari 0,15m/detik.

Kecepatan udara ini dapat lebih besar dari 0,25m/detik tergantung dari temperatur udara. Misalnya temperatur udara kering dalam ruangan berubah dari 25°C menjadi 27°C atau naik $2,2^{\circ}\text{C}$ untuk mengkompensasi kenaikan temperatur ini maka kecepatan mula-mula hanya 0,15m/detik harus dinaikan menjadi 0,625m/detik, seperti terlihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 6. Kecepatan dan Temperature Udara

Kecepatan udara, m/detik	0,1	0,2	0,25	0,3	0,35
Temperatur udara kering, °C	25	26,8	26,9	27,1	27,2

3.4 Definisi Beban Pendingin.

Beban pendingin adalah laju aliran kalor yang harus diambil dari dalam ruangan untuk mempertahankan temperatur dan kelembaban udara relatif ruangan pada kondisi yang diinginkan. Beban pendinginan dibagi dalam 2 bagian :

a. Beban pendinginan luar (*external cooling load*).

Beban pendingin ini terjadi akibat penambahan panas didalam ruangan yang dikondisikan karena sumber kalor dari luar masuk melalui selubung bangunan (*building envelope*), atau kerangka bangunan (*building shell*) dan dinding partisi.

Sumber kalor luar yang termasuk beban pendinginan ini adalah :

- 1) Penambahan kalor radiasi matahari melalui benda tansparan seperti kaca.
- 2) Penambahan kalor konduksi matahari melalui dinding luar atap.
- 3) Penambahan kalor konduksi matahari melalui benda transparan seperti kaca.
- 4) Penambahan kalor partisi, langit-langit dan lantai.
- 5) Infiltrasi udara luar yang masuk ke dalam ruangan yang dikondisikan.
- 6) Ventilasi udara luar yang masuk ke dalam ruangan yang dikondisikan.

b. Beban pendingian dalam (*internal cooling load*).

Beban pendinginan ini terjadi kerena dilepaskan kalor sensibel maupun kalor laten dari sumber yang ada di dalam ruangan yang dikondisikan.

Sumber kalor yang termasuk beban pendingian ini adalah :

- 1) Penambahan kalor karena orang yang ada di dalam ruangan yang dikondisikan.
- 2) Penambahan kalor karena adanya pencahayaan buatan di dalam ruang yang dikondisikan.
- 3) Penambahan kalor karena adanya motor-motor listrik yang ada di dalam ruangan yang dikondisikan.
- 4) Penambahan kalor karena adanya peralatan-peralatan atau pemanas yang ada di dalam ruangan yang dikondisikan.

Pemakaian energi suatu gedung, khususnya yang berkaitan dengan sistem penyejuk udara dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain :

1. Tempat gedung itu berada, beserta keadaan lingkungan.
2. Iklim tempat gedung berada.
3. Jenis pemakaian (penghuni, pemakai alat bantu, lampu dan sebagainya).
4. Jenis kontruksi bangunan yang dipakai.
5. Orientasi gedung yaitu arah sumbu bangunan.

Perhitungan pembebanan energi suatu gedung berdasarkan sumber-sumber kalor dari luar gedung maupun kalor yang bersumber dari dalam gedung itu sendiri.

Kalor-kalor yang berasal dari luar gedung antara lain :

- a) Konduksi melalui dinding, pintu, atap dan lantai
- b) Efek rumah kaca, karena adanya jendela kaca
- c) Panas radiasi
- d) Infiltrasi dan ventilasi udara luar

Kalor yang bersumber dari dalam gedung antara lain :

- a) Panas yang dihasilkan oleh penghuni
- b) Panas yang dikeluarkan oleh lampu
- c) Panas yang dibangkitkan oleh alat-alat lain.

Sumber panas lainnya berupa kerugian pada *ducting* (saluran udara), *fan*, dan lain-lain. Sebelum tahun 1960 rancangan sistem pengaturan udara dalam gedung atau bangunan didasarkan pada panas yang hilang atau masuk bangunan. Perhitungannya menggunakan perhitungan keadaan tunak yang disederhanakan.

Perhitungan beban energi pendingin dapat diperoleh dari *ASHARE Handbook of Fundamentals*. Tata cara perhitungan ini dapat menghasilkan sistem pengaturan udara yang terlalu besar yang mengakibatkan kurang efisien dalam pemakaian. Dengan demikian besarnya biaya-biaya pemakaian maka makin dirasa perlu mengadakan optimasi sistem pengaturan udara suatu gedung atau bangunan yang harus dihitung dari waktu ke waktu secara dinamis.

Perencanaan atau perancangan bentuk arsitektur gedung sangat mempengaruhi efektifitas pemanfaatan energi surya dan penghematan penggunaan energi listrik. Untuk memperoleh dan mempertahankan keadaan yang diinginkan tersebut diperlukan perpindahan energi dari temperatur rendah ke temperatur yang lebih tinggi.

3.5 Perhitungan Beban Pendingin

Untuk menentukan beban pendingin yang sudah diuraikan di atas dapat menggunakan persamaan-persamaan berikut, dimana persamaan ini terbagi dari beberapa sumber panas dan dengan menggunakan metoda perbedaan temperatur beban pendingin (CLTD : *Colling Load Temperature Difference*).

a. Perolehan Kalor Melalui Permukaan Tembus Pandang / Kaca

Untuk permukaan tembus cahaya seperti jendela, energi matahari yang menembus permukaan tersebut (q_{sg}) dengan satuan Watt adalah :

$$Q_{sg} = (SGHF maks) \times (SC) \times (A) \quad (2.6)$$

Dimana :

- Q_{sg} = Perpindahan panas pada permukaan tembus pandang. (Watt)
- SHGF = Faktor perolehan kalor matahari maksimum untuk kaca yang dikenai cahaya matahari, (W/m)
- SC = Koefisien peneduh.
- A = Luas (m^2).

Tabel 7. Faktor perolehan kalor matahari (SHGF) maksimum untuk kaca yang dikenai cahaya matahari,(W/m).

	U/teguh	TL/BL	T/B	Teng/BD	S	Hor
32° Lintang Utara						
Des	69	69	510	775	795	500
Jan,Nov	75	90	550	785	775	555
Feb,Okt	85	205	645	780	700	685
Mar,Sept	100	330	695	700	545	780
Apr,Agus	115	450	700	580	355	845
Mei,Juli	120	530	685	480	230	865
Juni	140	555	675	440	190	870
40° Lintang Utara						
Des	57	57	475	730	800	355
Jan,Nov	63	63	480	755	795	420
Feb,Okt	80	155	575	760	750	565
Mar,Sept	95	285	660	730	640	690
Apr,Agus	110	435	690	630	475	790
Mei,Juli	120	515	690	545	350	830
Juni	150	540	680	510	300	840

Ket : U = Utara, TL = Timur Laut, BL = Barat Laut, BD = Barat Daya, S = Selatan, Hor = Horizontal, Teng = Tenggara.

Tabel 8. Faktor Perolehan Kalor Matahari untuk Kaca

Jenis kaca	ketebalan	Tanpa peneduh dalam	Krai pelindung		Tikar penggulung	
			Sedang	Terang	Gelap	Terang
Kaca tunggal						
Lembaran	3	1,00	0,64	0,55	0,59	0,25
Pelat (tebal)	6-12	0,95	0,64	0,55	0,59	0,25
Penyerap panas	6	0,70	0,57	0,53	0,40	0,30
	10	0,50	0,54	0,52	0,40	0,28
Kaca rangkap						
Lembaran	3	0,90	0,57	0,51	0,60	0,25
Pelat(tebal)	6	0,83	0,57	0,51	0,60	0,25
Reflektif	6	0,2-0,4	0,2-0,33			

b. Perolehan Kalor Melalui Kaca, Dinding dan Atap.

Persamaan berikut untuk menghitung konduksi matahari melalui kaca, dinding dan atap adalah sebagai berikut :

$$q = U \times A \times (CLTD) \quad (2.7)$$

Dimana :

U = koefisien perpindahan kalor kaca, dinding dan atap, (W/m².K)

A = luas dinding dan atap (m²)

CLTD = perbedaan temperature beban pendingin kaca, dinding dan atap.

Tabel 9.Perolehan Kalor dari Kaca, Dinding dan Atap

Bahan-bahan eksterior	$1/k, K/W$	$R, m^2 \cdot k/w$
Face brik (bata luar)	0,76	
Bata biasa	1,39	
Batu	0,55	
Concrete block, agregat, dan koral		0,18
Agregat ringan 200 mm		0,38
Agregat ringan 150 mm		0,29
Kapur (stucco)	1,39	
Siding, asbestos cement, 6 mm		0,04
Aspal penyekat, 13 mm		0,14
Kayu ply-wood, 10 mm		0,10
Aluminium atau baja, ditempel dengan papan penyekat, 13 mm		0,32

Tabel 10. Perolehan Kalor dari Bahan Pelapis

Bahan pelapis	$1/k, K/W$	$R, m^2 \cdot k/w$
Asbestos-cement	1,73	
Ply-wood	8,66	
Papan fiber, massa jenis regular, 13 mm		0,23
Hardboard, massa jenis menengah	9,49	
Particle board, massa jenis menengah	7,35	

Tabel 11. Perolehan Kalor dari Bahan Atap

Bahan-bahan atap	$1/k, K/W$	$R, m^2 \cdot k/w$
Asphalt shingles (sirap beraspal)		0,08
Build-up roofing, 10 mm		0,06

Tabel 12. Perolehan Kalor dari Beton (Concret)

Beton (concrete)	$1/k, K/W$	$R, m^2 \cdot k/w$
Agregat pasir dan kerikil	0,55	
Agregat ringan	1,94	

Tabel 13. Perolehan Kalor dari Bahan Penyekat

Bahan-bahan penyekat	$1/k, K/W$	$R, m^2 \cdot k/w$
Blanket dan batt, serat mineral, 75-90 mm		1,94
135 - 165 mm		3,35
Papan dan skab, serat gelas, organic bond	2,77	
Expanded polystyrene, extruded	2,77	
Celluler polyurethane	4,38	
Serat mineral tak padat, 160 mm		3,35
Sellulose	21,7 – 25,6	

Tabel 14. Perolehan Kalor dari Bahan Interior

Bahan-bahan interior	$1/k, K/W$	$R, m^2 \cdot k/w$
Papan gips atau papan palster, 15 mm		0,08
16 mm		0,10
Bahan-bahan plaster, plaster semen	1,39	
Plaster gips, ringan, 16 mm		0,066
Kayu lunak (den, pinus, dan lain-lain)	8,66	
Kayu keras (maple, oak, dan lain-lain)	6,31	

Tabel 15. Beda Suh Beban Pendinginan (CLTD) untuk Dinding yang terkena Cahaya Matahari

Jenis dinding	Massa persatuan luas kg/m^2	Kapasitas kalor $kJ/m^2 \cdot K$	Waktu matahari	Arah			
				Utara	Timur	Barat	selatan
Blok beton 200mm	300	230	7	2	3	2	4
			8	2	6	2	3
			9	3	10	2	3
			10	3	15	3	4
			11	4	18	5	4
			12	5	20	7	5
			13	6	21	10	6
			14	7	21	14	8
			15	8	20	16	11

			16	10	19	18	15
			17	10	18	19	20
			18	11	18	18	24
			19	12	17	17	27
			20	12	15	16	27
			CLTD max	12	21	19	27

Tabel 2.4 Beda suhu beban pendinginan (CLTD) untuk dinding yang terkena cahaya matahari

c. Beban pendinginan Dari Partisi Langit-langit dan Lantai

$$Q = U \times A \times (t_b - t_{rc})$$

Dimana :

Q = Perolehan kalor pada partisi (watt)

U = Koefisien perpindahan kalor pada partisi, langit-langit dan lantai (W/m².K)

t_b = Temperature dalam ruangan yang direncanakan (°C)

t_{rc} = Temperature luar ruangan yang direncanakan (°C)

A = Luas langit-langit (m²)

d. Perolehan Kalor Melalui Penghuni

Kalor yang dikeluarkan akibat metabolisme tubuh manusia dipengaruhi oleh aktifitas manusia. Besarnya beban kalor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$Q(\text{penghuni}) = (\text{perolehan orang}) \times (\text{jumlah orang}) \times (\text{CLF}) \quad (2.4)$$

CLF dari tabel

Untuk beban laten, CLF = 1,0

Tabel 16. Kebutuhan Ruang Per Orang

Jenis ruang	Penghunian
Rumah tinggal	2 - 6 penghuni
Kantor	10 – 15 m ² per orang
Toko/warung	3 – 5 m ² per orang
Sekolah	2,5 m ² per orang
Ruang pertemuan	1,0 m ² per orang

Tabel 17. Perolehan Kalor dari Penghuni

Kegiatan	Perolehan kalor, W	Perolehan kalor
		Sensibel, %
Tidur	70	75
Duduk, tenang	100	60
Berdiri	150	50
Berjalan, 3 km/jam	305	35
Pekerjaan kantor	150	55
Mengajar	175	50

Warung/Toko pengecer	185	50
Industri	300-600	35

Tabel 18. Faktor-faktor beban pendinginan kalor-sensibel dari orang

Lama jam setelah memasuki ruang	Total jam di dalam ruangan							
	2	4	6	8	10	12	14	16
1	0,49	0,49	0,50	0,51	0,53	0,55	0,58	0,62
2	0,58	0,59	0,60	0,61	0,62	0,64	0,66	0,70
3	0,17	0,66	0,67	0,67	0,69	0,70	0,72	0,75
4	0,13	0,71	0,72	0,72	0,74	0,75	0,77	0,79
5	0,10	0,27	0,76	0,76	0,77	0,79	0,80	0,82
6	0,08	0,21	0,79	0,80	0,80	0,81	0,83	0,85
7	0,07	0,16	0,34	0,82	0,83	0,84	0,85	0,87
8	0,06	0,14	0,26	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88
9	0,05	0,11	0,21	0,38	0,87	0,88	0,89	0,90
10	0,04	0,10	0,18	0,30	0,89	0,89	0,90	0,91
11	0,04	0,08	0,15	0,25	0,42	0,91	0,91	0,92
12	0,03	0,07	0,13	0,21	0,34	0,92	0,92	0,93
13	0,03	0,06	0,11	0,18	0,28	0,45	0,93	0,94
14	0,02	0,06	0,10	0,15	0,23	0,36	0,94	0,95
15	0,02	0,05	0,08	0,13	0,20	0,30	0,47	0,95
16	0,02	0,04	0,07	0,12	0,17	0,25	0,38	0,96
17	0,02	0,04	0,06	0,10	0,15	0,21	0,31	0,49
18	0,01	0,03	0,06	0,09	0,13	0,19	0,26	0,39

e. Perolehan Kalor Dari Lampu

Jumlah perolehan kalor dari dalam ruangan yang disebabkan oleh lampu tergantung pada daya lampu dan jenis atau cara pemasangannya. Persamaan untuk menghitung beban kalor dari lampu adalah :

$$Q(\text{lampu}) = (\text{daya lampu}) \times (Fb) \times (CLN) \times (N)$$

(2.1)

Dimana :

Qlampu = Perolehan kalor dari lampu (Watt).

Fb = Faktor balast untuk lampu-lampu fluorescent = 1,2 untuk *fluorescent* biasa

CLF = Faktor beban pendinginan.

N = Jumlah lampu (buah).

Pada Tabel 2.1 memuat faktor beban pendinginan untuk dua pemasangan (*fixture*) lampu-lampu yang umum, yang dioperasikan 10 dan 16 jam sehari.

Tabel 19. Faktor Beban Pendingin Penerangan (CLF)

Lama jam Setelah dinyalakan	Pemasangan X+ lama jam penyalaan		Pemasangan Y+ Lama jam penyalaan	
	10	16	10	16
0	0,08	0,19	0,01	0,05
1	0,62	0,72	0,76	0,79
2	0,66	0,75	0,81	0,83
3	0,69	0,77	0,84	0,87
4	0,73	0,80	0,88	0,89
5	0,75	0,82	0,90	0,91
6	0,78	0,84	0,92	0,93
7	0,80	0,85	0,93	0,94
8	0,82	0,87	0,95	0,95
9	0,84	0,88	0,96	0,96
10	0,85	0,89	0,97	0,97
11	0,32	0,90	0,22	0,98
12	0,29	0,91	0,18	0,98

Untuk peralatan yang menghasilkan kalor, perlu diperkirakan daya yang digunakan bersama dengan periode penggunaannya dan atau frekuensi penggunaannya dengan cara yang sama dengan yang diterapkan pada penerangan. Untuk peralatan yang meradiasikan energi, CLF dianggap sama dengan 1,0.

1) Menghitung Jumlah Lampu Pada Ruangan

Rumus untuk menghitung jumlah lampu pada suatu ruangan ialah sebagai berikut :

$$N = \frac{E \times A}{F \times UF \times LLF} \quad (2.2)$$

Dimana :

- N = Jumlah lampu (buah).
- E = Level iluminasi (lux).
- A = Luas kerja (m²).
- UF = *Utility Factor* (0,8 – 0,95).
- LLF = *Loss Light Factor* (0,7 – 0,8).
- F = Beban nilai lumen lampu (lumen)

Tabel 20. Intensitas penerangan diterbitkan Philips (harten, tahun 2002 :41)

No.	Ruang	Penerangan Sangat baik	Penerangan Baik
1.	Kantor		
	Ruang gambar	2000 lux	1000lux
	Ruang kantor	1000 lux	500 lux
	Ruang yang jarang dipergunakan	250 lux	150 lux
2.	Ruang sekolah		

	Ruang kelas	1000 lux	500 lux
	Ruang gambar	500 lux	250 lux
3.	Industri		
	Pekerjaan sangat halus	5000 lux	2500 lux
	Pekerjaan halus (bubut halus)	2000 lux	1000 lux
	Pekerjaan biasa (pemasangan biasa)	1000 lux	500 lux
4.	Toko		
	Ruang jual dan pameran	2000 lux	1000 lux
5.	Masjid, gereja dsb	250 lux	125 lux
6.	Rumah tinggal		
	Dapur	500 lux	250 lux
	Kamar tidur	500 lux	250 lux
	Gudang, garasi	250 lux	125 lux

Tabel 21. Nilai Lumen diterbitkan philips (harten, tahun 2002 :41)

Jenis lampu		Lumen output	Life time
Compact flourecent – PLC	13W/84	900 lumen	8.000 hours
Compact flourecent – PLC	18W/84	1.200 lumen	8.000 hours
Compact flourecent – PLC	26W/84	1.800 lumen	8.000 hours
Fluorescent- TLD	18W/86	1.300 lumen	16.000 hours
Fluorescent- TLD	36W/86	3.250 lumen	16.000 hours

f. Daya listrik

Daya listrik mempengaruhi jumlah energi yang di gunakan. Oleh karena itu perlunya menghitung beban daya listrik pada usatu ruangan. Besarnya masing-masing beban perhitungan pada daya listrik ialah :

$$q = P \times Ef \times (CLF) \quad (2.3)$$

Dimana :

P = daya listrik yang digunakan.

Ef = factor efisiensi.

CLF =factor beban pendingin sesuai jam penghunian.

Daya listrik sangat mempengaruhi dalam sebuah perencanaan sistem pendingin udara. Oleh karena itu variable ini sangat penting untuk perencanaantersebut. Dibawah ini tabel daya listrik stop kontak.

Tabel 22. Daya listrik stop kontak

Jenis stop kontak	watt
Stop kontak meja kerja	200
Stop kontak coffe maker	200
Stop kontak televisi	200
Stop kontak table lamp	9
Stop kontak standing lamp	9
Stop kontak hand dryer	200

g. Beban Kalor Dari Peralatan

Jumlah perolehan kalor dari dalam ruangan yang disebabkan oleh peralatan tergantung pada daya peralatan tersebut. Persamaan untuk menghitung beban kalor dari peralatan adalah :

$$Q(\text{peralatan}) = HG \times CLF \times N \quad (2.5)$$

Dimana :

- Q(peralatan) = Perolehan kalor dari peralatan (Watt)
- HG = Masukan panas dari peralatan (Watt)
- CLF = Faktor beban pendinginan = 1.0
- N = Jumlah (buah)

h. Perolehan Kalor Dari Ventilasi Dan Infiltrasi

Besar laju aliran udara infiltrasi ditentukan berdasarkan udara yang masuk melalui celah-celah jendela serta melalui pintu yang terbuka. Sedangkan aliran udara ventilasi ditentukan berdasarkan jumlah orang atau luas lantai dari ruang yang akan dikondisikan. Besarnya masing-masing beban dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini :

$$Q = 1,2 \times V \times (Ho - Hi) \quad (2.8)$$

Dimana :

- Q = beban panas Ventilasi dan infiltrasi (watt)
- H_o = entalpi udara di luar ruangan, (KJ/kg)
- H_i = entalpi udar di dalam ruangan, (KJ/kg)
- V = ventilasi (Lt/s)

Tabel 23. Kebutuhan udara luar untuk ventilasi

Fungsi ruang	Perkiraan penghuni /100 m ²	Kebutuhan udara luar/ orang, L/det	
		merokok	Tidak merokok
Kantor	70	10	2,5
Ruang pertemuan dan ruang tunggu	60	17,5	3,5
Lobby	30	7,5	2,5

Tabel 24. Konstanta infiltrasi

Kualitas konstruksi	A	B	C
Rapat	0,15	0,010	0,007
Sedang	0,20	0,015	0,014
Renggang	0,25	0,020	0,022

3.3 Jenis kalor

a) Kalor sensibel.

Adalah suatu kalor yang berhubungan dengan perubahan temperatur dari udara. Penambahan kalor sensibel (*sensible heat gain*) adalah kalor sensibel yang secara langsung masuk dan ditambahkan ke dalam ruangan yang dikondisikan melalui konduksi, konveksi atau radiasi.

b) Kalor laten.

Adalah suatu kalor yang berhubungan dengan perubahan fasa dari air. Penambahan kalor laten (*latent heat gain*) terjadi apabila ada penambahan uap air pada ruangan yang dikondisikan, misalnya karena penghuni ruangan atau peralatan yang menghasilkan uap.

a. Kondisi Udara Perencanaan

Ruangan yang direncanakan adalah ruangan kerja atau perkantoran, untuk memperoleh temperatur, kelembaban, distribusi udara yang terjaga, serta untuk memberikan kenyamanan kepada karyawan atau pengunjung.

Temperatur : 24 °C

Kelembaban relatif : 50 %

3.4 Sistem Pendingin Ruangan

Sistem pendingin ruangan atau AC (*air conditioning*) terbagi dua jenis, yaitu : AC *comfort* dan AC presisi.

a. AC Comfort

Untuk AC tipe *comfort*, banyak digunakan untuk keperluan perumahan, perkantoran, gedung bertingkat dan lain sebagainya. Keuntungan-keuntungan memakai AC *comfort* adalah sebagai berikut :

Memberikan kesejukan di dalam ruangan

- Menyaring dan membersihkan udara di dalam ruangan.
- Menambah ventilasi dengan segar di dalam ruangan.
- Melindungi kesehatan kita.
- Menambah kenyamanan.

Air conditioning yang dipakai untuk menyejukkan ruangan, untuk kenyamanan manusia ada yang berkapasitas besar, misalnya pada : kapal laut, hotel, restoran dan lain-lain. Tetapi ada juga yang kapasitasnya untuk rumah tangga, yang berfungsi mengatur udara di dalam satu ruangan yang kecil saja.

b. AC Presisi

AC presisi atau biasa disingkat PAC (*Precision Air Conditioning*) adalah salah satu sistem pendingin yang dibuat untuk menjaga secara konstan suhu temperatur pada 18°C s/d 20°C dan kelembaban (RH : *Relative Humidity* 50% dengan toleransi ± 5 %). Pada suatu ruangan tertutup yang di dalamnya terdapat perangkat-perangkat yang membutuhkan pendingin secara *continue*. Dan selama beroperasi PAC tersebut dapat mempertahankan suhu dan kelembaban secara konstan dan stabil selama 24 jam terus-menerus. AC presisi memiliki beberapa kelebihan yaitu :

- Cfm per ton tinggi.

- Rasio panas sensible tinggi.
- Cocok untuk operasi terus menerus selama 24 jam dan 365 hari.
- Tersedia pilihan *heater*, *humidifier*, *dehumidification* untuk mengendalikan suhu dan kelembaban secara bersamaan.
- Penyaringan udara lebih baik.

Perbedaan mendasar pada AC tipe *comport* dan AC tipe presisi yaitu pada AC *comport* didesain hanya untuk kenyamanan, tidak mempunyai fitur untuk menjaga kelembaban ruang, *blower* nya kecil dan tidak mampu memindahkan panas dengan cepat dan direkomendasikan untuk beroperasi s/d 8 jam per hari. Sedangkan AC presisi mempunyai fitur untuk menjaga suhu ruangan dengan stabil, mampu menjaga tingkat kelembaban, *air flow* yang besar dapat bekerja sampai dengan 24 jam tidak berhenti pada ruangan tertutup (*close control sistem* : tidak boleh tercampur dengan udara dari luar ruangan lain).

SECTION 6. PERALATAN PENANGANAN UDARA

Bab ini menguraikan lokasi dan *lay out* peralatan penanganan udara dari saluran masuk udara luar (*outdoor air*) sampai *fan discharge* pada sistem tata udara standar. Peralatan penanganan udara dapat dibagi menjadi 3 tipe, yaitu:

1. Peralatan *built up*, yaitu *casing* untuk perlengkapan pengondisian dibuat dan dipasang di dekat lokasi kerja.
2. Perlengkapan *fan coil* yang dibuat dan dikirim ke lokasi kerja, baik yang sudah lengkap maupun yang dirakit sebagian.
3. Perlengkapan yang disiapkan sendiri (*self-contained*), dikirim ke lokasi kerja dalam kondisi sudah dirakit lengkap.

Bab ini utamanya berkonsentrasi pada peralatan *built up*. *Fan coil* dan perlengkapan *self-contained* dibahas pada *Bagian 6*. Sebagai tambahan pada peralatan *built up*, barang-barang seperti *outdoor air louver*, *damper*, sambungan *fan discharge* juga dibahas pada bab ini. Barang-barang ini diterangkan untuk semua jenis perlengkapan.

Lokasi dan *lay out* perlengkapan harus dipelajari dengan teliti ketika mendesain peralatan tata udara. Dua hal ini dibicarakan secara rinci pada halaman selanjutnya.

LOKASI

Lokasi peralatan tata udara langsung mempengaruhi ekonomi dan aspek tingkat kebisingan dari sistem.

6.1 Pertimbangan Ekonomi

Peralatan tata udara harus diletakkan terpusat untuk mencapai biaya awal sistem yang minimum. Pada beberapa instansi, mungkin perlu menempatkan alat, mesin refrigerasi dan *cooling tower* pada satu tempat untuk menghasilkan sistem yang optimal tetapi perlu biaya tinggi. Ketika ketiga komponen tersebut dikelompokkan pada satu tempat, biaya tambahan untuk pengerjaan *duct* dapat diganti oleh pengurangan biaya pemipaan. Sebagai tambahan, ketika sistem yang lengkap menjadi cukup luas, diperlukan lebih dari satu mesin refrigerasi, pengelompokan perlengkapan mekanik pada lebih dari satu lantai menjadi praktis. Desain ini biasanya digunakan pada bangunan besar. Perlengkapan lantai atas menangani rata-rata 20 sampai 30 lantai ke atas dan peralatan lantai bawah digunakan untuk 20 sampai 30 lantai di bawah.

Tekadang sistem dirancang menurut pengelompokan beberapa unit pada suatu tempat, dan memakai sebuah unit pada lokasi unit kendali (*remote*). Konstruksi ini harus dipelajari hati-hati untuk mendapatkan biaya yang optimal antara pemilihan koil dibandingkan biaya perpipaan untuk lokasi unit kendali terpisah. Sering kali biaya permukaan koil tambahan menjadi lebih besar daripada kerugian yang diganti oleh harga pipa untuk kuantitas air lebih kecil saat digunakan permukaan koil tambahan.

6.2 Pertimbangan Tingkat Kebisingan

Hal sangat penting untuk menempatkan peralatan tata udara di tempat yang tingkat kebisingannya dapat ditoleransi. Lokasi yang berdekatan dengan ruang rapat, kamar tidur dan studio siaran sangat tidak disarankan. Berikut ini beberapa kondisi yang biasa terjadi di lokasi, tetapi dapat dikurangi oleh perencanaan yang tepat:

1. Biaya dari perbaikan masalah suara atau getaran sesudah sistem terpasang akan lebih mahal dari biaya pembuatan, maka hindari hal tersebut.
2. Tidak mungkin untuk memperbaiki tingkat kebisingan pada saat sistem dengan sempurna apabila sudah terpasang.
3. Pemilik mungkin tidak akan percaya lagi setelah selesai diperbaiki.

Berikut ini, aplikasi yang direkomendasikan untuk menolong menghindari masalah suara dari ruang peralatan tata udara yang berada di lantai atas, yaitu:

1. Pada konstruksi batu, letakkan rangka lanai baja untuk mendukung berat dari alat kendali, reaksi dan kecepatan yang digunakan. Pemindahan akan menambah beban gedung.
2. Pada gedung, menggunakan lantai marmer harus dihindari. Defleksi dapat terjadi pada lantai, memperbesar getaran struktur gedung. Penambahan rangka gedung biasanya dilakukan untuk menghindari masalah ini.
3. Ruang peralatan yang dekat harus diberi perlakuan akustik.
4. Di apartemen, hotel, rumah sakit dan gedung sejenisnya, bantalan pemisah harus dilakukan dan digabungkan dengan material berpegas untuk menghindari perpindahan dari getaran.
5. Bantalan (*bearing*) dinding berdekatan dengan ruang peralatan harus diberi perlakuan akustik di dalam permukaan dinding.

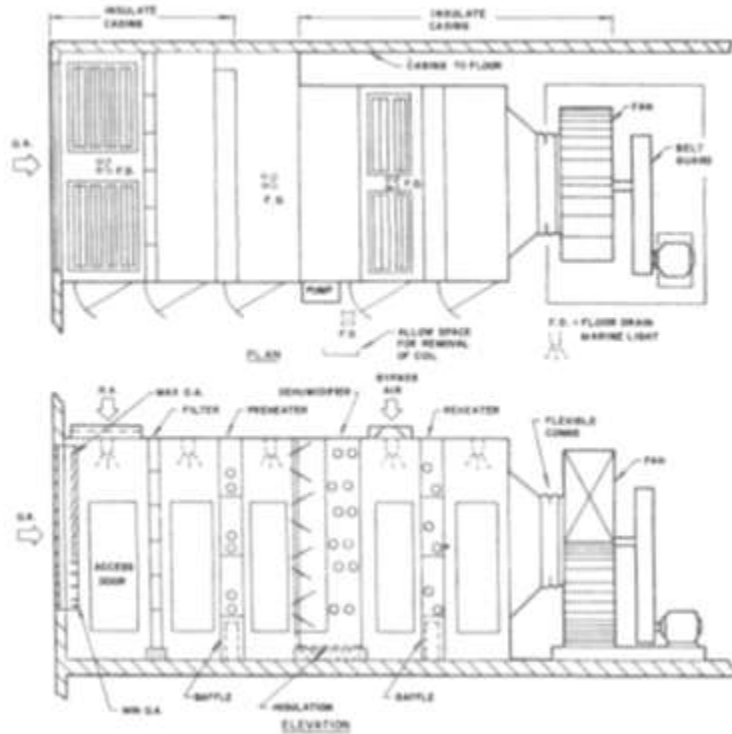
6.3 Tata Letak (Lay Out)

Kemasan perlengkapan biasanya dikirimkan pihak pabrik dengan semua elemen peralatan utama di dalam satu unit. Dengan susunan ini, pemasangan dapat disempurnakan berkaitan dengan hubungan pengerjaan *duct* dan pemasangan dan penempatan aksesoris.

Pada pusat sistem sentral, bagaimanapun, yang telah lengkap dapat dikerjakan sesuai dengan *lay out* yang dibuat untuk semua komponen utama. Pertimbangan ini biasanya tidak untuk sekarang dalam pemasangan unit peralatan.

Bentuk dan penampang peralatan pengatur udara merupakan faktor untuk menentukan dimensi dari *lay out*. Pada pemasangan *dehumidifier* atau peralatan udara bersih biasanya dilakukan secara menyeluruh pada bentuk dan ukuran. Model sistem *air handling* yang lebih besar digunakan bentuk yang sama. Jenis alat ditunjukkan pada *Gambar 1*. Bentuk yang ditunjukkan boleh jadi untuk menghemat waktu pembuatan lembaran baja dan oleh karena itu industri betul-betul mempertimbangkan model yang lebih baik. Dari sudut fungsional, bentuk *casing* tidak beraturan cenderung menyebabkan stratifikasi udara dan contoh aliran tidak beraturan.

Aturan yang paling penting dalam penempatan perlengkapan penanganan udara, yaitu menata perlengkapan tersebut sepanjang garis tengah untuk kondisi aliran udara yang terbaik. Susunan ini meminimalisasi kerugian tekanan pada *plenum*, seperti diilustrasikan dalam *Gambar 14*.



Gambar 14 Typical Sentral Station Equipmen

6.4 Perlengkapan

Bagian ini menjelaskan kegunaan alat pelengkap pada stasiun pusat dan merekomendasikan penerapan yang cocok dari bermacam-macam komponen.

Outdoor Air Louver dan Screen

Gambar 2 mengilustrasikan *outdoor air louver* yang meminimalisasi masukan salju dan air ke dalam perlengkapan. Kita tidak mungkin mengurangi sampai habis semua uap air dengan *vertical louver*, dan hal itu biasanya tidak diperlukan. *Screen* (layar) ditambahkan untuk menangkap sebagian besar bahan asing, seperti kertas, sampah, dan burung. Sering kali tipe layar yang diperlukan, dan *mesh* (jala) ditentukan dengan kode tertentu.

Layar dan *louver* ditempatkan dengan jarak yang cukup, di atas atap untuk meminimalisasi daya akselerasi debu atap dan kemungkinan penimbunan salju yang selanjutnya memasuki *louver* selama musim dingin. Ketinggian layar dan *louver* ditentukan dengan jatuhnya salju tiap tahun. Ketinggian minimal 2,5 feet direkomendasikan untuk mayoritas area. Di beberapa tempat, pintu-pintu ditambahkan di luar *louver* untuk penutup selama musim yang ekstrim, seperti *hurricane* dan badai salju.

MATERIAL SPECIFICATIONS

Maximum Over-all Height	91 1/2"
Maximum Over-all Width	95"
Blades	22 U.S. gage steel*
Frame	18 U.S. gage steel*
Screen	1/2" #16 wire mesh
Screen Frame	1" x 1" x 1/8" angle
Braces	1" x 1/8" band iron

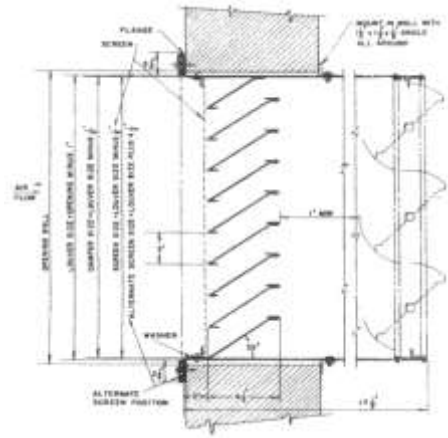
*Equivalent strength aluminum may be substituted.

SCREEN AND BRACES

LOUVER WIDTH (in.)	NUMBER OF SCREENS†	NUMBER OF BRACES‡
0 - 30	1	0
31 - 47	1	1
48 - 60	2 *	1
61 - 95	2	2
Over 95	2 equal length louvers	

†Screens over 60" high have center horizontal stiffening braces of 1" x 1" x 1/8" angle.
‡Braces spaced evenly on front and back of louver and tack welded to blade edges.

Gambar 15 Material specification

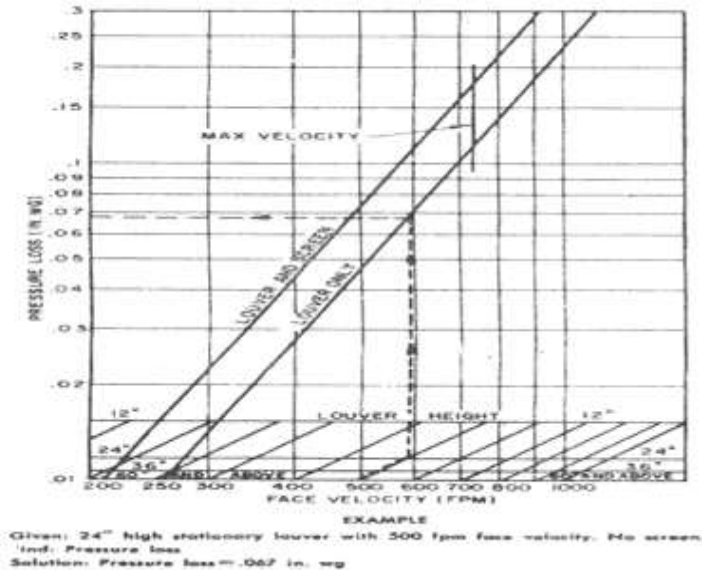


Gambar 16 Outdoor Air Louver dan Screen

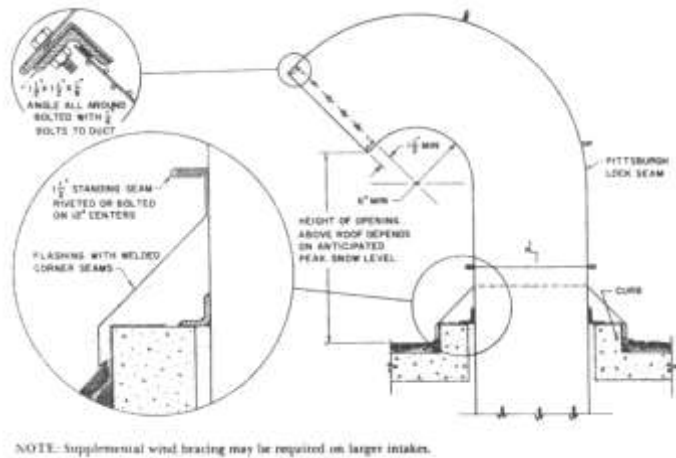
Suatu upaya terbaik untuk menempatkan *outdoor air louver* sedemikian rupa, sehingga pencemaran yang lewat dari *exhaust fan* menuju *louver* tidak terjadi, terutama *exhaust* toilet dan dapur. Sebagai tambahan, ditempatkan *outdoor air intake* untuk meminimalisasi penarikan udara di atas bidang atap karena *outdoor air intake* meningkatkan beban udara dari luar selama operasi pada musim panas.

Chart 1 digunakan untuk memperkirakan kerugian tekanan udara pada berbagai kecepatan permukaan saat *outdoor louver* dibangun (ditunjukkan pada *Gambar 2*). Suatu saat, udara luar harus ditarik ke dalam peralatan melewati atap. Suatu metode pengerjaannya yang cocok ditunjukkan pada *Gambar 3*. *Gooseneck arrangement* (susunan leher angsa) yang ditunjukkan pada *Gambar 3* juga berguna untuk sistem *exhaust*.

CHART 1—LOUVER PRESSURE DROP



Gambar 17. Louvre Pressure Drop



Gambar 18. Gooseneck Outside Air Intake

Louver Damper

Louver damper dipakai untuk tiga fungsi penting pada alat penanganan udara, yaitu:

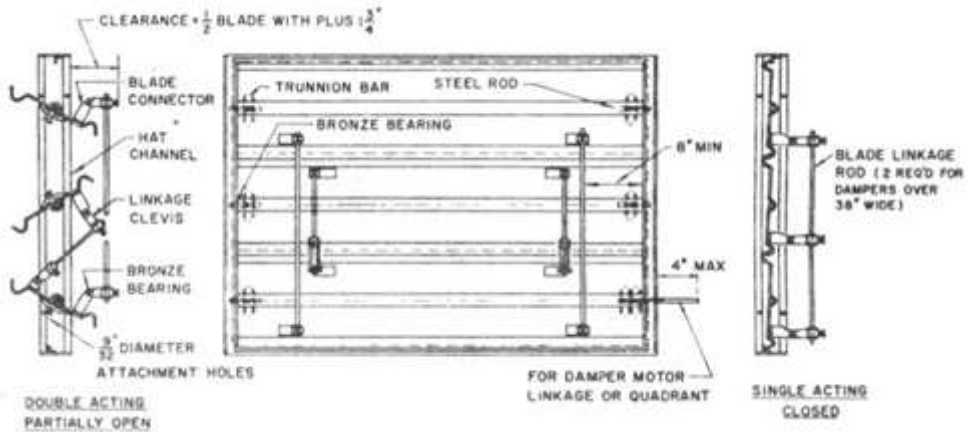
1. Mengontrol dan mencampur *outdoor air* dan *return air*,
2. *By pass* perlengkapan perpindahna kalor, dan
3. Mengontrol jumlah udara yang ditangani oleh *fan*.

Gambar 4 menunjukkan dua *damper blade arrangement* (susunan pengarah-sudu). *Single action damper* dipakai di lokasi yang memiliki *damper* terbuka penuh atau tertutup penuh. *Double-acting damper* dipakai saat diperlukan pengontrolan aliran udara. Susunan ini istimewa karena aliran udara dihambat sedikit atau banyak oleh posisi *blade*. *Single action*

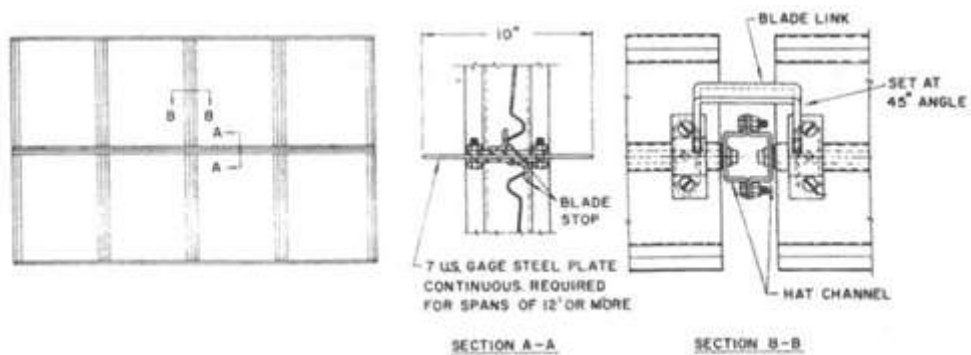
damper terus mengalihkan udara dan sedikit atau bahkan tidak menghambat udara sampai *blade* hampir menutup.

Outdoor air damper dan *return air damper* juga dipasang, sehingga menghasilkan campuran kedua aliran udara yang baik. Pada instalasi yang bekerja 24 jam sehari dan ditempatkan di daerah beriklim sejuk, maka *outdoor damper* dapat dihilangkan.

Saat *fan* bekerja dan *damper* menutup penuh, kebocoran tidak bisa dikurangi sampai habis. *Chart 2* dipakai untuk memperkirakan kebocoran yang terjadi, berdasarkan selisih tekanan yang diantisipasi melewati *damper* yang tertutup. Tabel 1 memberi rekomendasi untuk berbagai *louver damper* serasi dengan fungsi, aplikasi, kecepatan, dan tipe kerja yang diperlukan (*single action* atau *double action*).



Gambar 19. Single Louvre Damper



Gambar 20. Multiple Louvre Damper Assembly

MATERIAL SPECIFICATIONS

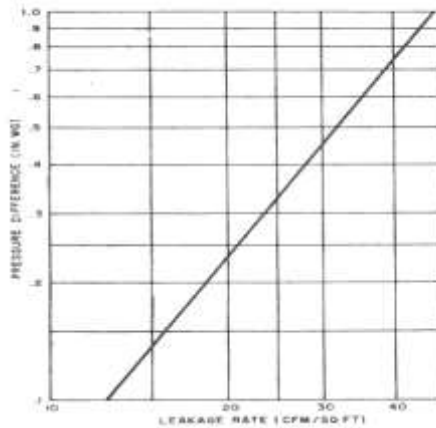
Maximum Over-all Height	91½"
Maximum Over-all Width	50"
Maximum Blade Width	12"
Frame — Top and Bottom	5" x ¼" flat bar
— Sides	3" x ¼" x ¼" hat channel
Blades	16 U.S. gage steel
Bearing	Oil-retaining porous bronze
Blade Linkage Rod	5/16" dia. CRS
Trunnion	Die-formed steel
Blade Link (Multi-section)	Stainless steel bar

BLADES

DAMPER HEIGHT (in.)	NUMBER OF BLADES
To and incl. 12-11/16	1
12¾ thru 21½	2
219/16 thru 31½	3
319/16 thru 41½	4
419/16 thru 51½	5
519/16 thru 61½	6
619/16 thru 71½	7
719/16 thru 81½	8
819/16 thru 91½	9

Gambar 21. Material Specification

CHART 2—LOUVER DAMPER LEAKAGE



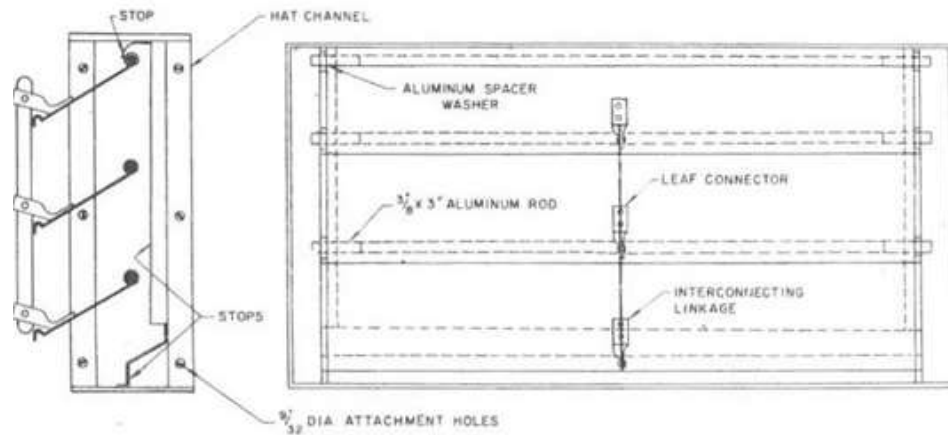
Gambar 22. Louvre Damper Leakage

Tabel 25. Louver Dampers

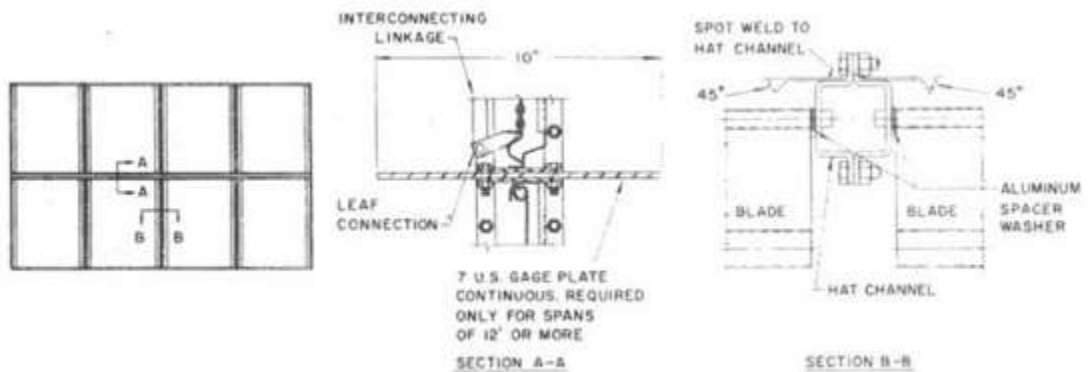
TABLE 1—LOUVER DAMPERS

FUNCTION OR LOCATION	APPLICATION	VELOCITY* (fpm)	REMARKS
Minimum Outdoor Air	Ventilation	500-800	The higher limit may be used with short outdoor air duct connection and long return air duct. May be single acting damper.
Maximum Outdoor Air	Permissible system resistance and balance	500-800	Should be double acting when used for throttling.
All Outdoor Air	Permissible system resistance and balance	500-800	Single acting damper may be used.
Return Air	Permissible system resistance and balance	800-1200	May be higher velocity with short return duct and long outdoor air duct. Should be double acting damper.
Dehumidifier Face	Control space conditions	400-800	Should equal cross-sectional area of dehumidifier. Should be a double acting damper.
Dehumidifier Bypass	System balance	1500-2500	Should balance resistance of dehumidifier plus humidifier face damper. Should be double acting.
Heater Bypass	Balance	1000-1500	Should balance resistance at heater. Should be double acting.
Fan Suction or Discharge or Located in Duct	Available duct area	same as duct	Use double acting damper.

* Recommend velocity through a fully open damper.



Gambar 23. Single Relief Damper



Gambar 24. Multiple Relief Damper Assembly

MATERIAL SPECIFICATIONS		PRESSURE DROP*	
Maximum Over-all Height	9 1/2"	FACE VELOCITY (fpm)	PRESSURE DROP (in. wg)
Maximum Over-all Width	40"	400	.067
Maximum Blade Width	3 1/2"	500	.084
Frame - Top and Bottom	3" wide, 11 gage black iron	600	.120
- Sides	3" x 3/8" x 1/8" hat channel	700	.160
Blades	22 B & S gage aluminum	800	.200
Blade Linkage Rod	1/2" wide, 0.050" aluminum	900	.256
Spacer Washer	3/8" ID x 1/2" OD aluminum		

Gambar 25. Material Specification

Relief Damper

Gambar 5 menunjukkan tipe sebuah relief *dampers*. Aksesoris ini digunakan dengan sebuah check *dampers* dalam sistem saluran dan untuk mengurangi tekanan yang berlebihan.

6.5 Perlengkapan Kebersihan Udara

Filter udara merupakan peralatan yang mempunyai fungsi meyarang udara. Penurunan tekanan yang melintasi peralatan ini harus masuk ketika jumlah tekanan statik *fan* harus beroperasi. Lebih jelasnya filter dibahas di *Bagian 6*.

Koil Pemanas

Koil pemanas dapat digunakan dengan air panas atau uap panas. Alat ini digunakan untuk memanaskan, kecepatan udara yang melewati koil ditentukan oleh jumlah udara dan ukuran koil. Ukuran koil dapat ditentukan oleh sebuah ruangan yang terbatas atau kecepatan udara yang direkomendasikan antara 500 sampai dengan 800 fpm. Banyaknya *row* dan *fin* menentukan kenaikan temperatur yang terjadi. Data-data manufaktur berisi daftar *pressure drop* dan kapasitas yang mudah dipilih. Koil uap harus dipasang minimum 18” antara *condensate outlet* dengan lantai untuk menyediakan *trap* dan perpipaan kondensasi.

Koil Pemanas Awal

Koil tanpa bunga es direkomendasikan untuk servis pemanas, terutama jika temperatur udara mengalami penurunan. Untuk mengurangi biaya awal, biasanya ukuran dan letak *preheater* ditempatkan di bagian luar dari peralatan perlengkapan udara. Apabila sebuah koil tidak dapat dipilih berdasarkan beban dan kenaikan tekanan, dianjurkan untuk memilih koil dengan ukuran yang rendah.

Untuk *preheating* selalu digunakan 2 koil agar meminimalisasi pembekuan yang berlebihan. Koil pertama digunakan selama musim dingin berlangsung. Udara panas dari luar ruangan didesain diatas temperatur pembekuan agar temperaturnya naik. Temperatur udara yang meninggalkan koil kedua dikontrol secara otomatis. Lihat bagian 3, *Freeze Up Protection*.

Penambahan uap panas untuk saluran pembuangan ditentukan ujung koil, pemasangan perangkat uap panas direkomendasikan dekat ujung koil. Perangkat ini harus diletakan di luar tempat peralatan.

Sebagian besar koil dibuat dengan menambah sebuah pipa. Jika koil tidak dibuat seperti cara diatas, maka pada saat pemasangan harus ditambahkan pipa kearah ujung koil. Untuk meminimalkan masalah pembersihan koil, filter harus dipasang di depan *preheater*.

Koil Pemanasan Ulang (*Reheat or Tempering Coil*)

Pemilihan koil untuk perbaikan reheat biasanya besar sekali. Untuk penambahan beban ditentukan batasannya antara 15% sampai dengan 25% yang diperbolehkan. Ini diizinkan untuk penggunaan pada pagi hari dan juga untuk menghilangkan panas sepanjang lintasan *duct*. Koil ini mirip dengan koil *preheat*, Pipa harus ditambahkan agar sampai ke ujung.

Koil Pendingin

Koil pendingin digunakan dengan *water chiller*. Air terlebih dahulu didinginkan dengan maksud untuk mendinginkan atau menambah kelembaban setelah pendinginan. Kecepatan udara yang melewati koil pendingin ditentukan oleh jumlah udara, ukuran koil, ruangan yang tersedia dan beban koil. Pabrik biasanya memberikan rekomendasi kecepatan udara maksimum dengan dimulainya pemindahan air.

Spray dan Eliminator

Alat *spray* digunakan untuk mengurangi kelembaban, menambah kelembaban atau menyaring udara. Saat mendesain, alat ini sering terlupakan yang letaknya disisi tekan pompa. Dalam penambahan air *spray* menutup. Aliran ini mengontrol air yang berada di penampungan *spray*. Lihat bagian 5 *Pengondisian Air*. *Eliminator* digunakan setelah sebuah *spray chamber* untuk mencegah masuknya air ke dalam sistem *duct*.

Air By Pass

Air by pass digunakan dengan dua tujuan yaitu, menambahkan sirkulasi udara dalam ruangan dan mengontrol temperatur udara yang keluar.

Fixed by pass digunakan ketika menambahkan udara sirkulasi ruangan. Aliran udara yang kembali dari ruangan melewati *fan* tanpa menyentuh alat penukar kalor. Ini mencegah stagnasi dan menjaga faktor sirkulasi dalam ruangan

Jumlah hambatan untuk sistem ini sama dengan jumlah hambatan yang melewati *duct work* dan peralatan penanganan udara. *Resistance by pass* biasanya didesain untuk menyeimbangkan resistansi pada komponen *by pass*. Ini bisa disempurnakan dengan menggunakan sebuah *balancing damper* dan dengan mengubah pada ukuran *by pass opening* (pembukaan *by pass*).

Berikut ini adalah rumus untuk digunakan di dalam ukuran *by pass opening*:

$$A = \frac{\text{cfm}}{581 \sqrt{\frac{h}{0,0707}}}$$

dimana:

A = *damper opening* (ft²)

cfm = banyaknya udara maksimum melalui *by pass* yang diperlukan

h = rancangan *drop* tekanan melalui *by pass* pada peralatan (in.wg)

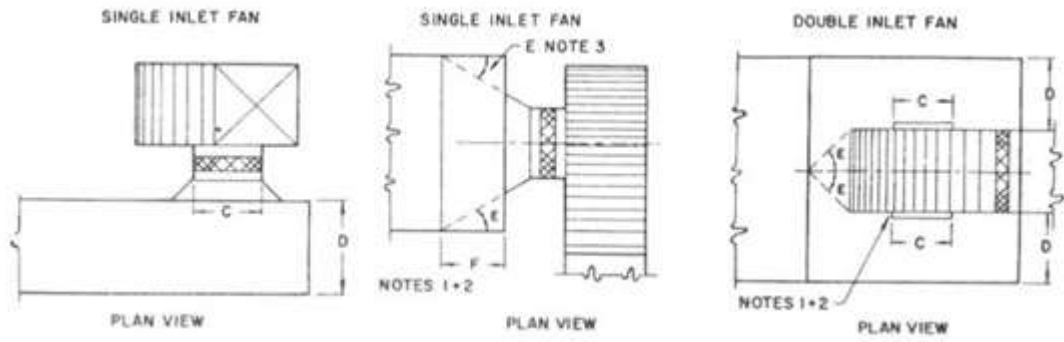
Kontrol temperatur dengan *by pass* udara disempurnakan dengan permukaan dan *by pass damper* atau sebuah *controlled by pass damper* secara individu. Bagaimanapun urutan permukaan *by pass damper* adalah saat ruangan *by pass* menjadi sangat besar, dan sulit untuk mengakomodasikan keperluan aliran udara melalui *by pass* pada sebagian beban yang kecil, yaitu tempat permukaan yang dikontrol dan *damper by pass* digunakan. Banyaknya udara yang lewat pada permukaan *damper* mempunyai kehilangan 5% bila mana permukaan *damper* saat menutup 5% banyaknya udara tersebut biasanya diketahui pada saat kipas dipilih.

Lihat pada bagian 6 yang mempunyai sistem yang selalu berubah-ubah aliran udaranya sampai pada perhitungan untuk memilih kebutuhan kipas dan *brake horse power*.

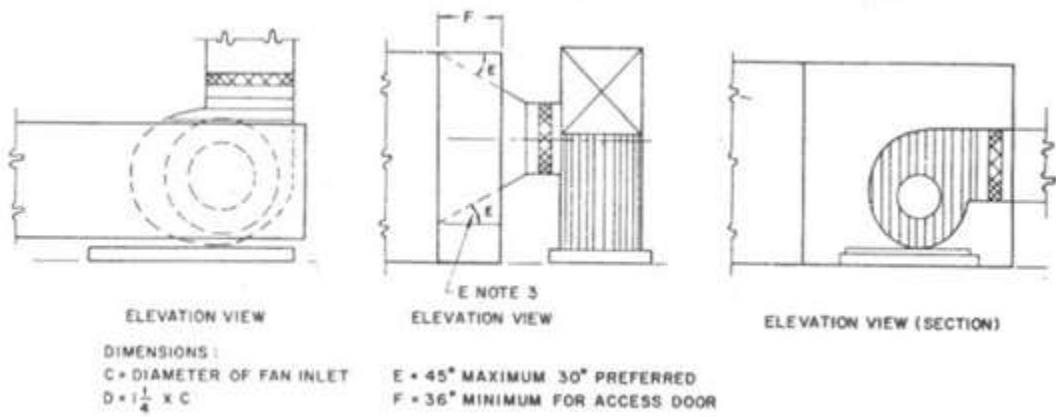
Fan

Desain yang baik dan saluran *discharge* dari *fan* membutuhkan angka performa dalam penjumlahan untuk meminimalkan suara *fan*. Gambar 6 dan 7 memperlihatkan sebagian *lay out* kemungkinan variasi derajat dari performa *fan*. Selain itu, gambar juga memperlihatkan lokasi yang direkomendasikan dengan lebar ganda dari *fan* dalam *plenum*.

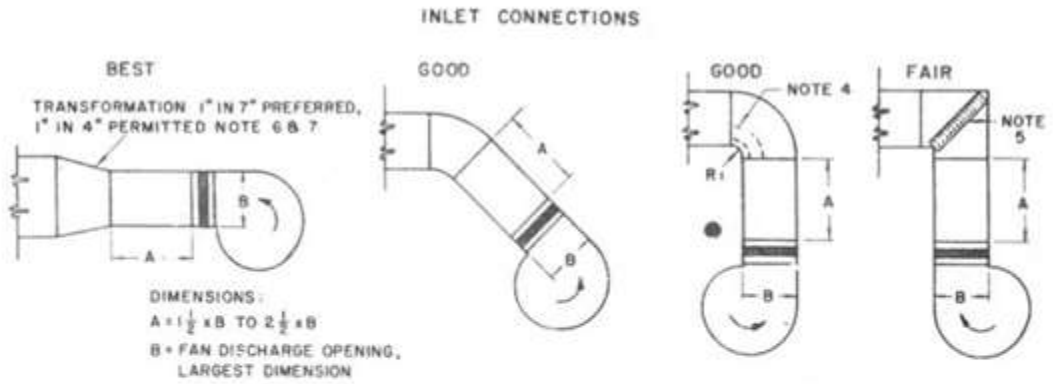
Fan membutuhkan isolasi getaran dalam frekuensi pisaunya. Biasanya isolator gabus dan karet merupakan isolasi yang baik. Di atas lokasi floor, terkadang *spring mounted* didesain untuk menyerap rendahnya frekuensi alami yang direkomendasikan.



Gambar 26. Single Inlet Fan



Gambar 27. Elevation View



DISCHARGE CONNECTIONS

NOTES:

1. Fan should be centered in casing to provide good flow conditions.
2. All equipment should be centered for best performance.
3. Angle "E" is used to determine "F" distance between equipment and fan.
4. $R_1 = 6"$ minimum. Vane spacing determined from Chart 6.
5. Use square vaned elbow for best results, with take-off in opposite direction to fan rotation.
6. Slope of 1" in 4" recommended for low velocity.
7. Slope of 1" in 7" recommended for high velocity.

Gambar 28. Inlet Connection

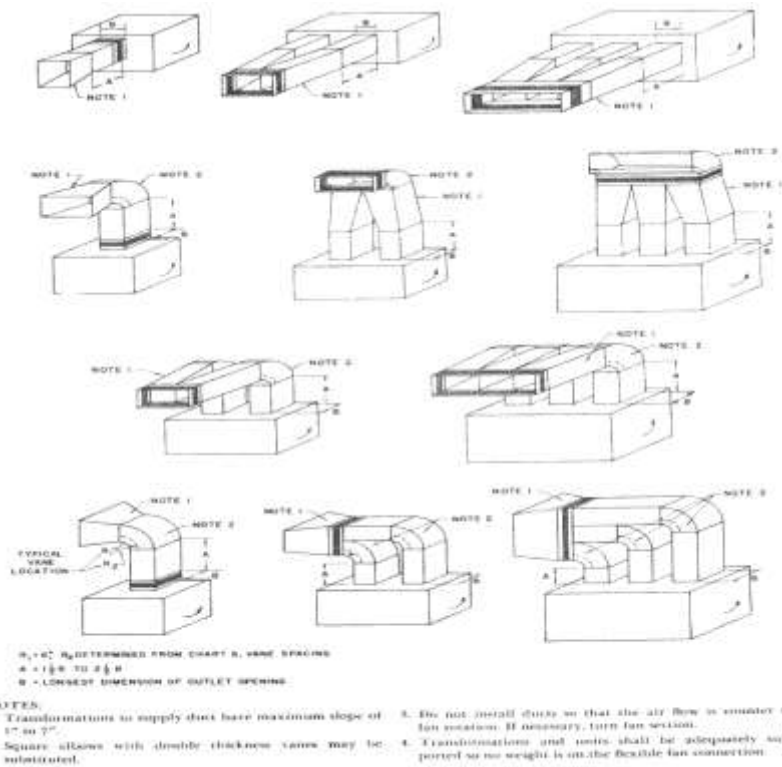
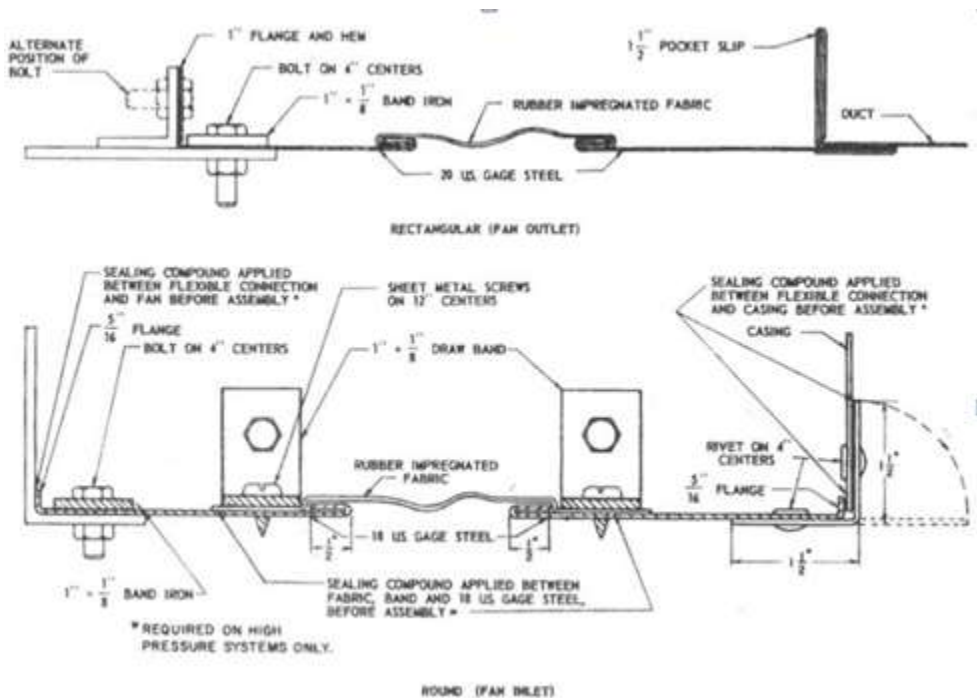


FIG. 7 — MULTIPLE FAN UNIT DISCHARGE CONNECTIONS

Pentingnya mengontrol suara dan getaran agar kita tidak terganggu. Jumlah *fan* dalam satu lokasi dan *Horse power* yang dibutuhkan untuk *fan* berpengaruh terhadap

kualitas dari suara dan getaran. *Fan* yang terkoneksi secara langsung kecil, berbanding dengan kecepatan yang tinggi sehingga pada umumnya diisolasi dengan menggunakan karet dan gabus.

Sebagai tambahan, semua tipe dari *fan* koneksinya harus fleksibel menuju saluran *discharge ductwork* dan dimana dibutuhkan, kemudian harus fleksibel juga koneksinya menuju intake *ductwork*. Detail tentang koneksi fleksibel yang direkomendasikan dapat dilihat di gambar 8. Kesatuan perlatan harus dilokasikan di dekat kolom atau diatas beams untuk membatasi defleksi dari lantai. Karet atau gabus memberikan beban yang selalu membutuhkan defleksi untuk beroperasi secara efisien.



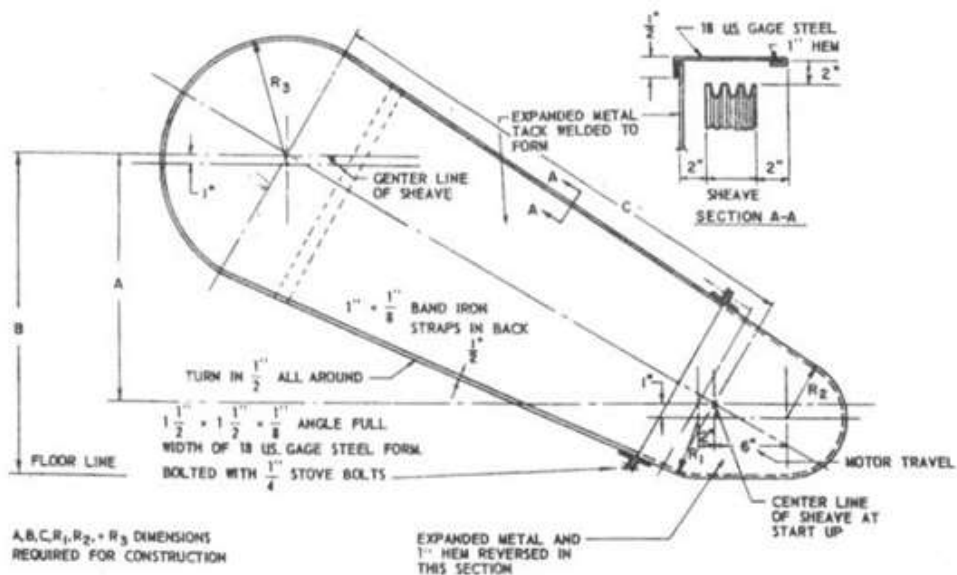
Gambar 29. Gambar rekomendasi koneksi fleksibel

Fan Motor dan Fan Drive

Memilih *motor* dan *drive* yang baik komponennya harus memiliki umur yang panjang dan minimum perawatan. *Drive fan* yang langsung secara normal digunakan dalam aplikasi dimana jumlah udara yang keluar tidak dibutuhkan, karena energi pada selisih temperatur yang cukup tersedia dalam jumlah banyak untuk mengimbangi sebagian kekurangan jumlah udara yang ada. Sebagai contoh unit *heater*, *Drive fan* digunakan dalam *heater* dimana hambatan pada sistem dapat secara kurang ditentukan. Terkadang kebanyakan pengkondisian udara menggunakan *belt drive*.

V-belt harus dipasang secara lengkap dan digunakan untuk menyeimbangkan *sheaves* untuk meminimalkan masalah getaran dan membuat komponen awet. *V-belt* ini sangat berguna digunakan dimana penyetelan mungkin dibutuhkan untuk pengeluaran udara yang lebih. Penyetelan dapat di buat secara variasi dengan diameter pemutarnya atau merubaj satu atau lebih dari *sheaves* dalam penetapan *sheave drive*.

Belt guard dibutuhkan untuk memperoleh keamanan dari kesemua *drive V-belt*, dan *coupling guard* dibutuhkan untuk prealatan *direct drive*. Gambar 9 mengilustrasikan dua bentuk *belt guard*.



Gambar 30. Two Piece Belt Guard

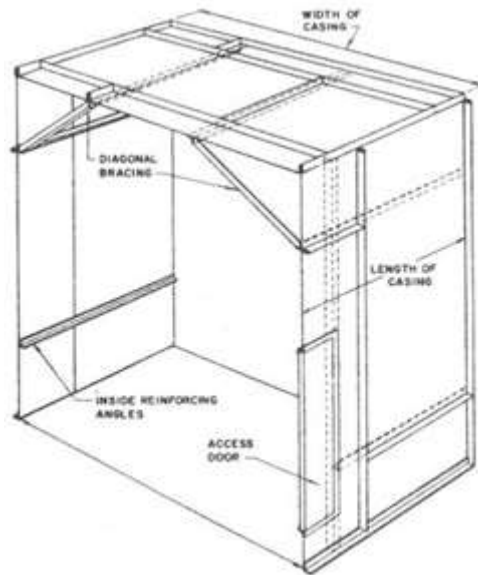
Fan motor harus dipilih dalam maksimum antisipasi brake horsepower berdasarkan kebutuhan *fan*. *Motor* harus cukup besar jumlahnya untuk mengoperasikan dengan angka kapasitas horse power. Sejak *fan motor* bekerja secara terus menerus. Kelebihan beban 15 % yang diijinkan NEMA mengakibatkan *drive losses* dan penurunan voltase. Putaran normal *motor* digunakan untuk menjalankan *fan*.

Casing Peralatan

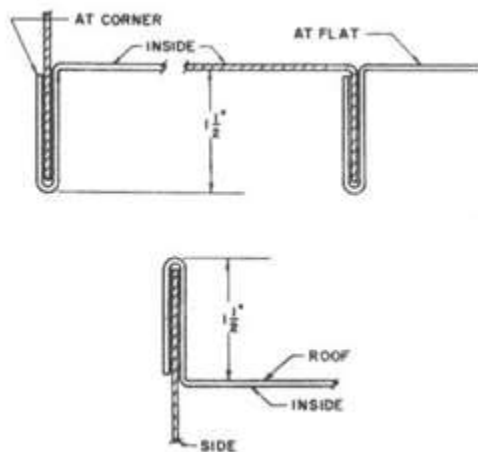
Casing peralatan dalam peralatan stasiun sentral harus dibuat untuk menghindari pembatasan aliran udara. Sebagai tambahan, ini harus cukup memadai kekuatannya untuk mencegah kerusakan atau membungkuk dibawah kondisi operasi yang maksimum.

Setiap material harus dibuat seperti panel dan menyambung, ini bisa dilihat dalam gambar 31, dengan mendirikan lapisan, lapisan tegak lurus menuju aliran udara ditempatkan di luar *casing*. Tembok sisi lebih dari tinggi 6 kaki dan atap rentang lebih dari 6 kaki lebarnya membutuhkan tambahan penguatan yang digambarkan dalam tabel 2. Penguat sudut diagonal diilustrasikan dalam gambar 32 yang mungkin juga dibutuhkan.

Rekomendasi kontruksi dari *casing* peralatan dan koneksi di antara peralatan komponen adalah 18 U.S. *gage steel* atau 18 B&S *gage aluminium*. Aluminium dalam kontak dengan baja galvanis yang terkoneksi menuju peralatan tipe pancaran yang membutuhkan sisi *casing* berlapis dengan material isolasi dalam jarak 6 inci dari point ke kontak.



Gambar 31. Apparatus Casing



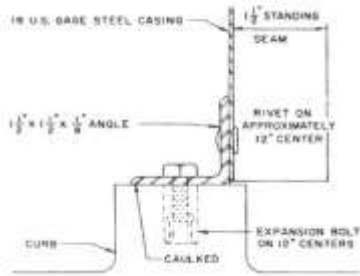
Gambar 32. Apparatus Casing Seams

Sambungan dengan Bangunan

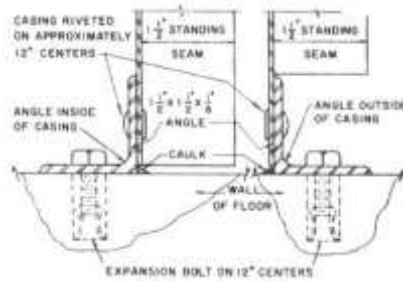
Beton pinggir jalan direkomendasikan untuk melindungi insulasi dari kerusakan, yaitu pada tempat *casing* peralatan bersentuhan dengan lantai. Ini juga menyediakan permukaan untuk pemasangan *casing*. Waktu pembuatan yang hemat. Gambar 33 mengilustrasikan metode yang direkomendasikan pemasangan *casing* menuju pinggir jalan.

Ketika peralatan dinding ruangan digunakan dalam satu sisi dari apparatus, Pemasangan *casing* dapat dilihat dalam Gambar 34. Derajat kerapatan yang dibutuhkan untuk *casing* peralatan ditentukan oleh aplikasi pengkondisian udara. Misalnya, pada sebuah sistem *pull-thru*, kebocoran antara *dehumidifier* dan *fan* tidak dapat ditoleransi jika peralatan berada di dalam ruangan lembab yang tidak dikondisikan. Begitu juga saat tekanan negatif (*negative pressure*) pada saluran masuk *fan* yang meningkat, kebocoran sedikit pun tidak dapat ditoleransi. Jika peralatan ditempatkan di dalam *return air plenum*,

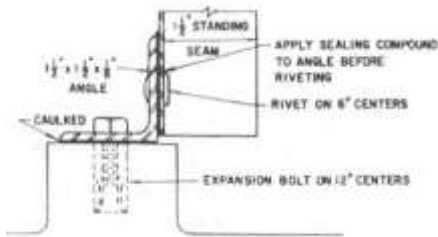
konstruksi normal seperti ditunjukkan pada *Gambar 12* dan *13* dapat dipakai. Konstruksi praktis yang cocok untuk perlengkapan yang memerlukan perhatian ekstra ditunjukkan pada *Gambar 14, 15* dan *16*.



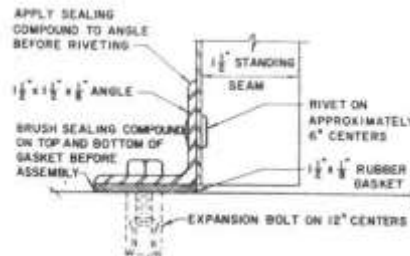
Gambar 33. Conection to Masonry Curv



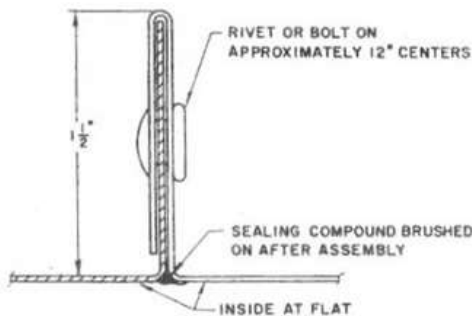
Gambar 34. Conection to Masonry Wall



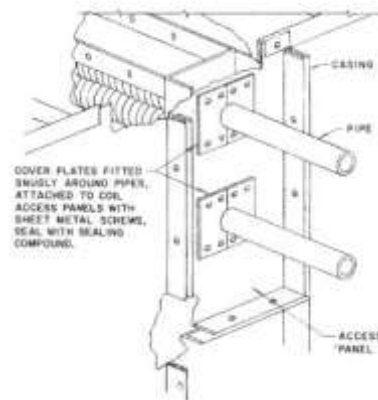
Gambar 35. Low Dewpoint Masonry Curv



Gambar 36. Low Dew Point Masonry Wall



Gambar 37. Sealing Standing Seams



Gambar 38. Sealing Pipe Conection

Penambahan pada konstruksi diperlukan untuk kebocoran di bagian pelipit (lipatan), pipa-pipa yang melewati *casing* pada sambungan koil pendingin harus diberi *seal* seperti ditunjukkan pada *Gambar 37 dan 38*. Hal ini diterapkan saat perbedaan temperatur antara ruangan dan *supply air* adalah 20 °F atau lebih.

Saluran Pembuangan Air (*Drain*) dan Penerangan Mekanik (*Marine Light*)

Perawatan dan pemeliharaan menjadi lebih baik pada peralatan yang memiliki penerangan dan mudah dibersihkan dibandingkan pada peralatan yang tidak memiliki penerangan yang baik dan drainase. Untuk memfasilitasi pemeliharaan, diperlukan penerangan mekanik (*marine light*) dan drainase seperti ditunjukkan pada *Gambar 1*.

Sebagai peraturan berdasarkan pengalaman, saluran pembuangan harus ditempatkan di dalam peralatan penanganan udara di manapun tempat air berkumpul, salah satunya pada pengoperasian perlengkapan secara normal atau disebabkan oleh pemeliharaan. Contoh khususnya adalah:

1. Pada ruangan setelah saluran udara luar, tempat aliran hujan dan salju terkumpul.
2. Sebelum dan sesudah *filter* yang harus dibersihkan secara berkala.
3. Sebelum dan sesudah *heating coil* dan *cooling coil* yang harus dibersihkan secara berkala.
4. Sebelum dan sesudah *eliminator* karena aliran balik dan penyaluran udara berlebih terkait dengan pusaran udara yang tidak biasa.

Saluran pembuangan secara normal seharusnya tidak terhubung secara langsung dengan penyalur kotoran. Sebagai gantinya, sebuah tempat saluran pembuangan terbuka (*open site drain*) harus digunakan, seperti ditunjukkan pada *Bagian 3*.

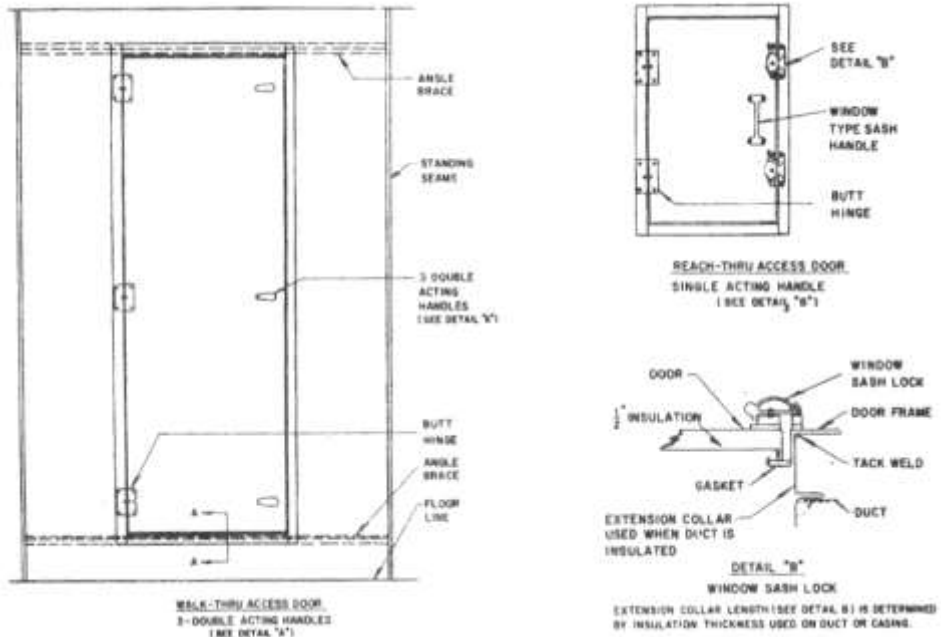
Insulasi

Insulasi diperlukan di bagian depan *preheater* dan *seal uap* untuk proses kondensasi selama operasi musim dingin. Secara normal, bagian *casing* dari *preheater* menuju *dehumidifier* tidak diinsulasi. *Dehumidifier*, *fan*, dan penghubung *casing* harus diinsulasi dan diberi *seal uap*, sedangkan pintu akses *fan* tidak diinsulasi. Bagian bawah dan samping *dehumidifier condensate pan* harus diinsulasi, dan semua bagian permukaan gedung yang digunakan sebagai bagian dari *casing* peralatan harus diinsulasi dan diberi *seal uap*.

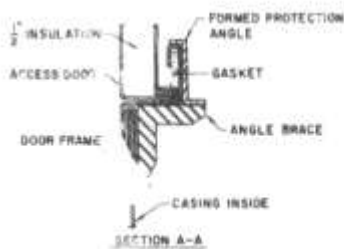
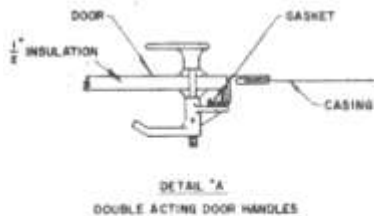
Perbaikan

Perbaikan perlengkapan sangat diperlukan dan ruangan untuk perbaikan harus dibangun. Jarak minimum dianjurkan selalu ada, sehingga tersedia akses menuju semua perlengkapan. Sebagai tambahan, jarak minimum ini harus dibuat, sehingga perlengkapan dapat dipindahkan tanpa membongkar peralatan yang utuh. Jalan masuk harus disediakan untuk koil pemanas dan pendingin, *steam trap*, *motor* dan sambungan *damper*, katup pengontrol, *bearing*, *fan motor*, *fan* dan komponen-komponen serupa.

Pintu masuk untuk perbaikan yang dianjurkan diilustrasikan pada *Gambar 18*, dan ditempatkan di dalam bagian *casing* seperti ditunjukkan pada *Gambar 1*. Untuk menghemat lantai ruangan, pintu masuk ke ruang perlengkapan sering ditempatkan sedemikian rupa sehingga koil dapat dipindahkan secara langsung melalui pintu ruang perlengkapan. Susunan ini memerlukan lebih sedikit ruang dibandingkan cara lain yang mungkin dilakukan.



Gambar 39. Double Acting Handles



MATERIAL SPECIFICATION

1. Door – 24 U.S. gage steel or 22 B & S gage aluminum.
2. Frame – 24 U.S. gage steel or 22 B & S gage aluminum.
3. Extension Collar – Same gage as duct metal.
4. Formed Protection Angle – 18 U.S. gage steel or 16 B & S gage aluminum.
5. Angle Brace – 1 1/4" x 1 1/4" x 1/4" angle.
6. Butt Hinges – Steel.
7. Gaskets – Felt.
8. Fastener –
 - a. Walk-thru door: Three double acting handles.
 - b. Reach-thru door: Single acting handle with window sash lock.

Walk-thru Access Doors

Normal size – 22" W x 58" H

Reach-thru Access Doors

Normal sizes	W	H
	10"	12"
	12"	16"
	16"	24"

Gambar 40. Material Specification

Jika ruang perlengkapan tidak disusun seperti yang telah diuraikan, harus diizinkan untuk membersihkan pipa-pipa koil secara mekanik. Aplikasi ini untuk instalasi yang memiliki saluran air yang dapat dipindahkan (*removable water header*).

SECTION 7. PERANCANGAN SALURAN UDARA

Fungsi dari sistem *duct* adalah untuk menyalurkan udara dari peralatan penangan udara ke ruangan yang dikondisikan. Demi memenuhi fungsi tersebut, dalam pelaksanaannya sistem harus dirancang dengan menentukan luas ruangan yang tersedia, kerugian karena gesekan (*friction loss*), kecepatan, tingkat kebisingan, penambahan kalor dan kehilangan kalor dan kebocoran.

Bab ini akan membahas kriteria perancangan praktis dan juga pertimbangan keseimbangan antara biaya awal dan biaya operasi. Selain itu, ditambahkan juga mengenai konstruksi yang direkomendasikan untuk berbagai variasi tipe sistem *duct*.

7.1 Perancangan Sistem Secara Umum

Klasifikasi

Sistem *supply* dan *return duct* diklasifikasi berdasarkan kecepatan dan tekanan udara di dalam sistem *duct*.

Kecepatan

Terdapat dua jenis sistem penyaluran udara yang digunakan untuk aplikasi tata udara, yaitu disebut sistem konvensional atau kecepatan rendah dan sistem kecepatan tinggi. Pembagian di antara keduanya masih samar-samar, tetapi untuk tujuan bab ini kecepatan udara *supply* berikut ditawarkan sebagai pedoman:

1. Kenyamanan untuk tata udara komersial
 - a. Kecepatan rendah : sampai 2500 fpm, dengan kecepatan normal antara 1200 fpm sampai 2200 fpm.
 - b. Kecepatan tinggi : lebih dari 2500 fpm.
2. Kenyamanan untuk tata udara pabrik
 - a. Kecepatan rendah : sampai 2500 fpm, dengan kecepatan normal antara 2200 fpm sampai 2500 fpm.
 - b. Kecepatan tinggi : antara 2500 fpm sampai 5000 fpm.

Secara normal, sistem *return air* untuk sistem *supply air* kecepatan rendah dan tinggi dirancang sebagai sistem kecepatan rendah. Jangkauan kecepatan untuk aplikasi kenyamanan komersial dan pabrik adalah sebagai berikut:

1. Kenyamanan untuk tata udara komersial:
Kecepatan rendah sampai 2000 fpm, dengan kecepatan normal antara 1500 fpm sampai 1800 fpm.
2. Kenyamanan untuk tata udara pabrik:
Kecepatan rendah sampai 2500 fpm, dengan kecepatan normal antara 1800 fpm sampai 2200 fpm.

Tekanan

Sistem distribusi udara dibagi menjadi 3 kategori tekanan: rendah, menengah, dan tinggi. Pembagian ini memiliki jangkauan tekanan yang sama sebagai *fan* kelas I, II dan III yang diindikasikan sebagai berikut:

1. Tekanan rendah : sampai $3\frac{3}{4}$ in. wg – *fan* kelas I
2. Tekanan menengah : $3\frac{3}{4}$ in. wg sampai $6\frac{3}{4}$ in. wg – *fan* kelas II
3. Tekanan tinggi : $6\frac{3}{4}$ in. wg sampai $12\frac{1}{4}$ in. wg – *fan* kelas III

Jangkauan tekanan ini adalah tekanan total, termasuk kerugian (*losses*) yang terjadi pada peralatan penanganan udara, sistem *duct*, dan terminal udara di dalam ruangan.

Ruangan yang Tersedia dan Penampilan Arsitektural

Ruangan yang disediakan untuk *supply* dan *return duct* dan penampilannya sering mempengaruhi peletakan (*lay out duct*), dan tipe sistem *duct* tersebut (di banyak instansi). Pada hotel-hotel dan bangunan-bangunan kantor yang ruangnya cukup besar, paling banyak diterapkan sistem kecepatan tinggi dengan unit induksi menggunakan *duct* bulat ukuran kecil.

Banyak aplikasi memerlukan sistem *duct* yang terlihat dan digantung pada langit-langit seperti di pusat perbelanjaan atau bangunan kantor. Untuk jenis aplikasi ini, idealnya memakai sistem *duct* persegi yang lurus (*streamline*). Sistem *duct* yang lurus ini dibangun dengan penampilan seperti balok di atas langit-langit. Sistem *duct* ini memiliki permukaan luar yang halus dengan sambungan yang difabrikasi di bagian dalamnya. Sistem *duct* ini direncanakan dengan jumlah pengecilan ukuran yang minimum untuk menjaga supaya terlihat seperti balok.

Penampilan *duct* dan alokasi ruangan pada bidang tata udara selalu dijadikan kepentingan sekunder. Sistem konvensional memakai *duct* persegi merupakan rancangan paling ekonomis pada aplikasi ini.

Faktor Ekonomi yang Mempengaruhi Tata Letak Duct

Keseimbangan antara biaya awal dan biaya operasi harus dipertimbangkan dalam kaitannya dengan ruangan yang tersedia untuk sistem *duct*, sehingga dapat menentukan sistem distribusi udara terbaik. Masing-masing aplikasi berbeda dan harus dianalisis secara terpisah, hanya aturan atau prinsip umum yang dapat menjadi pedoman teknis dalam memilih sistem yang tepat. Hal-hal yang secara langsung mempengaruhi besarnya biaya awal dan biaya operasi, yaitu sebagai berikut :

1. *Heat gain or losses* (perolehan atau kehilangan panas) sepanjang jalur *duct*,
2. *Aspect ratio* dari *duct*,
3. *Duct friction rate* (tingkat gesekan) yang terjadi di dalam *duct*,
4. Jenis sambungan-sambungan.

Heat Gain or Losses (Perolehan atau Kehilangan Panas)

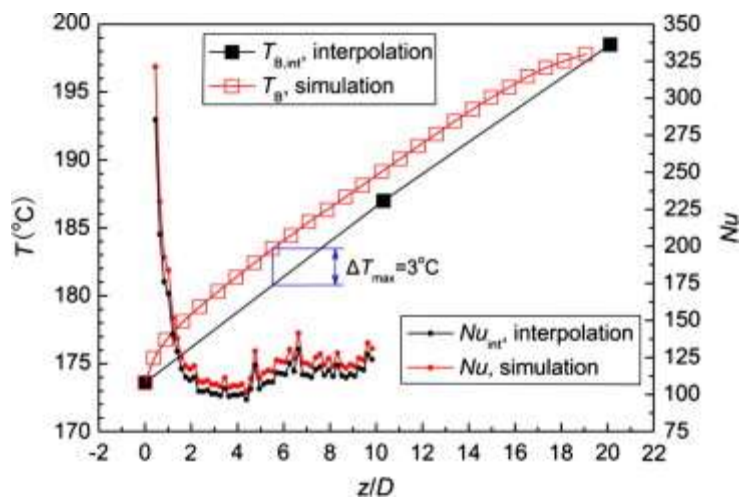
Heat gain or losses (perolehan atau kehilangan panas) di dalam sistem *supply* dan *return duct* harus diperhitungkan. Hal ini tidak hanya terjadi jika *duct* melewati ruangan yang tidak dikondisikan, tetapi juga pada jalur *duct* yang berada di ruangan yang dikondisikan. Perpindahan panas terjadi dari ruangan ke udara di dalam *duct* saat pendinginan, dan dari udara ke ruangan saat pemanasan.

Heat gain pada *duct* di dalam ruangan yang tidak dikondisikan harus ditambahkan dengan beban panas saat memperkirakan beban tata udara. Metode penambahan *heat gain* dibahas pada *Bagian 1 Estimasi Beban*. Penambahan *heat gain* pada *duct* meningkatkan kapasitas pendinginan udara. Peningkatan kapasitas ini memerlukan jumlah udara yang lebih banyak atau temperatur *supply air* yang lebih rendah, bisa juga keduanya. Kompensasi efek pendinginan atau pemanasan terhadap permukaan *duct* dilakukan dengan pendistribusian kembali udara ke *supply outlet* pada awal perancangan sistem *duct*.

Beberapa pedoman umum di bawah ini ditawarkan untuk membantu perancang dalam memahami berbagai macam faktor yang mempengaruhi perancangan *duct*, yaitu :

- 1) *Duct* yang memiliki *aspect ratio* yang lebih besar memiliki perolehan panas yang lebih besar daripada *duct* yang memiliki *aspect ratio* yang kecil, dengan jumlah udara yang sama. Grafik 3 menggambarkan hubungan ini.
- 2) *Duct* yang memiliki jumlah udara yang sedikit pada kecepatan rendah memiliki perolehan panas yang sangat besar.
- 3) Penambahan insulasi pada *duct* akan mengurangi perolehan panas. Sebagai contoh pemakaian insulasi dengan bahan yang memiliki nilai U 0,12 akan mengurangi perolehan panas hingga 90%.

Oleh karena itu, sebaiknya rancang sistem *duct* dengan *aspect ratio* rendah dan kecepatan yang tinggi untuk mengurangi terjadinya perolehan panas pada *duct*. Jika *duct* melewati ruangan yang tidak dikondisikan, maka *duct* tersebut harus diinsulasi.



Gambar 41. Duct Heat Gain VS Aspect Ratio

Aspect Ratio

Aspect ratio adalah perbandingan antara sisi panjang dengan sisi pendek pada sebuah *duct*. Perbandingan ini merupakan faktor penting yang harus dipertimbangkan dalam perancangan awal. Semakin tinggi nilai *aspect ratio* akan mengakibatkan semakin tinggi pula biaya pemasangan dan biaya operasi sistem.

Biaya pemasangan atau biaya awal dari pengerjaan *duct* tergantung pada jumlah bahan yang digunakan dan tingkat kesulitan dalam pembuatan *duct*. Tabel 6 menggambarkan faktor-faktor tersebut. Tabel ini juga berisi kelas atau tingkat *duct*, luas permukaan untuk berbagai jenis ukuran *duct* bulat dan persamaan ukuran diameter *duct* bulat dengan *duct* persegi. Angka berukuran besar pada tabel menunjukkan kelas *duct*.

Konstruksi kelas *duct* bermacam-macam dari kelas 1 sampai kelas 6 dan bergantung pada sisi maksimal dan keliling *duct*. Hal tersebut digambarkan sebagai berikut :

Tabel 26. Duct Class

DUCT CLASS	MAX. SIDE (in.)	SEMI-PERIMETER (in.)
1	6 - 17½	10 - 23
2	12 - 24	24 - 46
3	26 - 40	32 - 46
4	24 - 88	48 - 94
5	48 - 90	96 - 176
6	90 - 144	96 - 238

Kelas *duct* menggambarkan biaya awal dari pekerjaan *duct*. Kelas *duct* yang lebih besar akan mengakibatkan biaya pembuatan *duct* yang lebih mahal. Jika kelas *duct* naik tetapi luas *duct* dan kapasitas tetap sama, maka dapat ditingkatkan beberapa hal, yaitu :

- 1) Keliling dan permukaan *duct*
- 2) Berat dari bahan yang dipakai
- 3) Ukuran ketebalan logam
- 4) Jumlah insulasi yang diperlukan

Oleh karena itu, untuk memperoleh biaya yang paling ekonomis, *duct* harus dirancang dengan kelas yang paling rendah dan *aspect ratio* yang paling kecil. Contoh 1 mengilustrasikan pengaruh berbagai macam *aspect ratio* terhadap biaya awal untuk spesifikasi jumlah udara dan tekanan statis yang diperlukan.

Contoh 1 : Pengaruh *aspect ratio* pada biaya awal pengerjaan *duct*

Diketahui :

Luas *duct* : 5,68 ft²
 Ruang yang tersedia : tak terbatas
 Sistem *duct* : Kecepatan rendah

Ditanyakan :

Dimensi *duct*, kelas *duct*, luas permukaan, berat logam, dan ketebalan logam

Jawab :

1. Perhatikan tabel 25 pada luas 5,68 ft², tentukan dimensi *duct* persegi dan kelasnya.
2. Tentukan ketebalan logam yang direkomendasikan dari tabel 26 dan 27
3. Tentukan berat logam dari tabel 27

Tabel 27. Aspect ratio duct

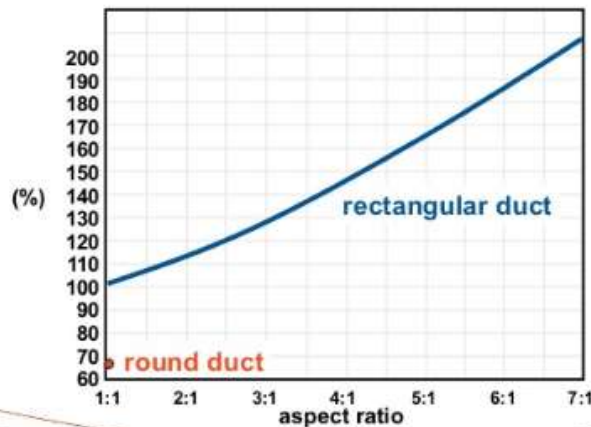
DIMENSION (in.)	AREA (sq ft)	ASPECT RATIO	DUCT CONSTR. CLASS
94 x 12	5.86	7.8:1	6
84 x 13	5.86	6.5:1	5
76 x 14	5.86	5.4:1	4
42 x 22	5.86	1.9:1	4
30 x 30	5.86	1:1	4
32.8 (round)	5.86	—	—

DIMENSION (in.)	GAGE (U.S.)	SURFACE AREA (sq ft/ft)	WEIGHT (lb/ft)
94 x 12	18	17.7	38.3
84 x 13	20	16.2	26.8
76 x 14	20	15.0	24.8
42 x 22	22	10.7	15.1
30 x 30	24	10.0	11.6
32.8 (round)	20	8.6	14.3

Jika *aspect ratio* dinaikan dari 1:1 menjadi 8:1, maka luas permukaan dan insulasi yang dibutuhkan akan naik 70% dan berat logam akan naik tiga setengah kali lipat. Pada

contoh tersebut juga dikemukakan kemungkinan pembuatan *duct* kelas 4 untuk ruangan yang telah disediakan, dengan demikian, untuk mendapatkan biaya awal yang lebih rendah, *duct* harus dirancang dengan menggunakan kelas rendah, *aspect ratio* terkecil, dengan ketebalan logam yang paling tinggi.

Diagram 4 menggambarkan kenaikan persentase biaya instalasi pada *duct* persegi sebanding dengan kenaikan *aspect ratio*. Biaya instalasi pada *duct* bulat juga dapat dilihat pada diagram tersebut. Kurva diawali pada biaya instalasi *duct* bulat dan *duct* persegi panjang 100 ft, dengan *aspect ratio* berbeda sesuai kapasitas beban. Biaya *duct* persegi dengan *aspect ratio* 1:1 digambarkan dengan biaya 100%.



Gambar 42. Installed Cost VS Aspect Ratio

Friction Rate

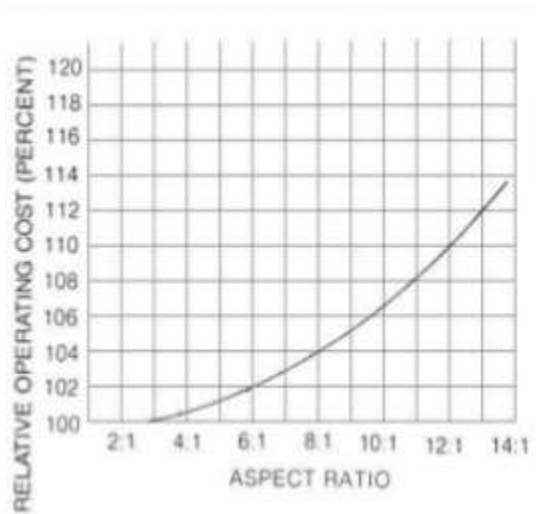
Biaya operasi sebuah sistem distribusi udara akan sangat besar jika ukuran *duct* persegi yang digunakan tidak mengikuti tabel *circular equivalent* (tabel 6). Tabel ini digunakan untuk mengetahui ukuran *duct* persegi dan *duct* bulat yang mempunyai *friction rate* dan kapasitas yang sama. Sebagai contoh, jika luas *duct* yang dibutuhkan untuk sebuah sistem adalah 480 inchi² dan dimensi *duct* persegi telah ditentukan untuk luas tersebut. Tabel di bawah ini menunjukkan diameter *duct* yang sebanding dan juga besar *friction rate* pada *duct* jika udara yang ditangani sebesar 4000 cfm di dalam *duct* yang dipilih.

Tabel 28. Tabel Friction rate duct dimension

DUCT DIM. (in.)	EQUIV ROUND DUCT DIAM (in.)	FRICTION RATE (in. wg/100 ft)	ASPECT RATIO
24 x 20	23.9	.090	1.2:1
30 x 16	23.7	.095	1.9:1
48 x 10	22.3	.125	4.8:1
80 x 6	20.1	.210	15.3:1

Jika tekanan statis sebesar 1 inchi untuk tiap 100 ft diperhitungkan, maka biaya operasi akan naik seiring dengan kenaikan *aspect ratio*. Hal ini digambarkan pada diagram 42.

Dengan demikian, biaya operasi terendah akan diperoleh jika *duct* yang digunakan adalah *duct* bulat atau Spira-Pipe. *Duct* bulat tidak dapat digunakan karena adanya keterbatasan ruang, sehingga kemungkinan besar harus digunakan *duct* persegi dengan mengutamakan *aspect ratio* 1:1.



Gambar 43. Operating Cost VS Aspek Ratio

Jenis jenis Sambungan

Secara umum, sambungan dapat dibagi menjadi sambungan kelas A dan sambungan kelas B, seperti ditunjukkan pada tabel 3. Untuk memperoleh biaya awal yang paling rendah, maka dapat digunakan sambungan yang termasuk kelas A. Perbandingan sambungan kelas B sekitar dua setengah kali lipat dari sambungan kelas A.

Tabel 29. Duxt Fitting Class

CLASS A—NO VANED FITTINGS	
Any fitting with constant cross-section dimensions.	
Any fitting with changing radius and constant width.	
Fittings with straight sides and seams.	
CLASS B—ALL VANED FITTINGS	
Any fitting with concentric radii, and changing width.	
Any fitting with eccentric radii and changing width.	

Pertimbangan Tata Letak Duct

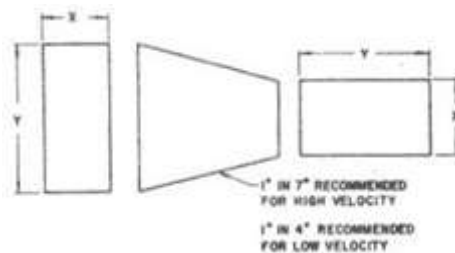
Terdapat beberapa hal yang harus dipertimbangkan pada tata letak *duct* sebelum menentukan ukuran *duct* yang digunakan. Hal ini meliputi transformasi *duct*, siku (*elbow*), sambungan (*fitting*), *take-off*, pengembunan *duct* (*duct condensation*), dan pengontrol udara (*air control*).

Transformasi

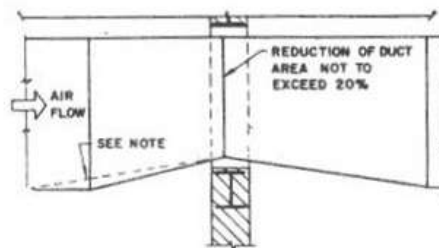
Transformasi *duct* digunakan untuk mengubah bentuk *duct* atau menaikkan dan menurunkan luas *duct*. Jika *duct* berbentuk persegi diubah tanpa mengubah luasnya, maka kemiringan transformasi sebaiknya adalah 1 inci untuk setiap 7 inci seperti ditunjukkan pada gambar 19. Jika kemiringan tersebut tidak dapat dilakukan, maka kemiringan maksimal adalah 1 inci untuk tiap 4 inci.

Terkadang ukuran *duct* harus dikurangi untuk menghindari *obstruction*. Pengurangan yang dilakukan sebaiknya tidak lebih dari 20% dari ukuran sebenarnya. Kemiringan transformasi sebaiknya 1 inci untuk setiap 7 inci. Jika kemiringan tersebut tidak dimungkinkan, maka kemiringan maksimal adalah 1 inci untuk setiap 4 inci. Jika luas *duct* dinaikan, maka kemiringan transformasi tidak lebih dari 1 inci untuk setiap 7 inci. Gambar 20 menunjukkan gambar transformasi *duct* persegi, sedangkan gambar 21 menunjukkan transformasi *duct* bulat menjadi *duct* persegi untuk menghindari *obstruction*.

Pada beberapa sistem pendistribusian udara seperti peralatan pada coil pemanas yang dipasang dengan dalam pengertian *duct* pengerjaan *duct* peralatan yang lebih normal lebih besar dari pada *duct* dan tempat *duct* seharusnya bertambah besar. Pengecilan bagian yang ditransformasi pada tempat penaikan aliran yang ada di dalam peralatan mendekati 30° seperti ditunjukkan pada gambar 22. pada bagian terakhir lekukan seharusnya tidak melebihi 45° .

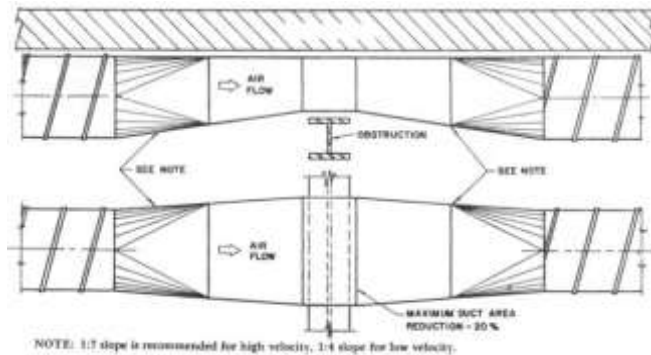


Gambar 44. Duct Transformation

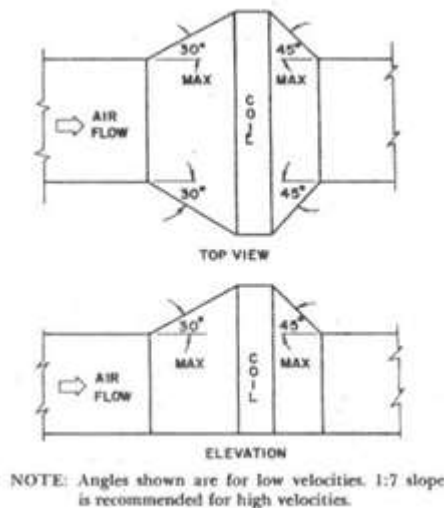


NOTE: 1:7 slope is recommended for high velocity,
1:4 slope for low velocity.

Gambar 45. Rectangular Duct Transformation to Avoid Obstruction



Gambar 46. Round Duct Transformation to Avoid Obstruction



Gambar 47. Duct Transformation with Equipmen in The Duct

Penurunan pada Tambahan *Duct*

Pada umumnya cara perencanaan *duct* biasanya diketahui dalam tempat *duct* setelah bagian terminal dan percabangan *take-off*. Kecuali jika penurunan pada keadaan paling sedikit yang memungkinkan 2 inci dapat dibuat. Hal ini direkomendasikan bahwa itu adalah bentuk asli ukuran *duct* yang diperlukan. Pembuatan dalam pemasangan perlu diperhatikan jumlah biaya yang sama besarnya mencapai 25% dapat dilaksanakan dengan penjual. Pembuatan *duct* pada ukuran yang sama di beberapa tempat.

Semua ukuran *duct* seharusnya sesuai dengan dimensinya dan semua pengurangan seharusnya dalam ukuran 2 inci. Pertambahan yang melebihi batas yang diijinkan hanya dalam satu dimensi. Ukuran minimum yang telah direkomendasikan adalah 8 x 10 inci, untuk tempat pembuatan *duct*.

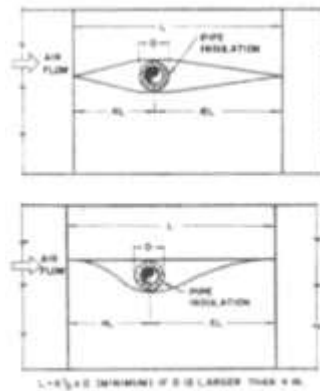
Obstruction

Penempatan pipa saluran listrik, struktur bangunan dan hal lainnya di dalam pembuatan *duct* seharusnya selalu dapat dihindari dalam perhitungannya, terutama pada

elbow dan tempat permulaanya. Beberapa jenis halangan yang harus dihindari dalam aliran *duct* yang tinggi. *Obstruction* menyebabkan tidak diperlukannya kehilangan tekanan dalam sebuah aliran udara yang tinggi.

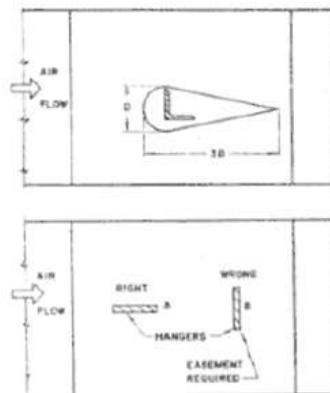
Dalam sedikit tempat terdapat beberapa *obstruction* harus disesuaikan dengan rekomendasi yang tidak melebihi ketentuan :

- 1) Tutup semua pipa dan *obstruction* yang berbentuk bulat berdiameter melebihi 4 inchi, dengan *easement*. Dua tipe *easement* diilustrasikan pada gambar 23.



Gambar 48. Easements covering obstruction

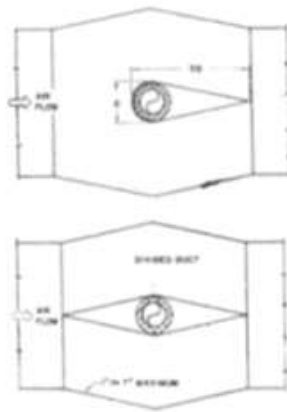
- 2) Tutup beberapa plat atau bentuk tidak beraturan yang memiliki kedalaman melebihi 3 inchi dengan sebuah *easement*. Gantungan atau ruji-ruji di dalam *duct* seharusnya disejajarkan dengan aliran udara. Jika ini tidak memungkinkan, seharusnya ditutup dengan sebuah *easement*. Gambar 24 menunjukkan potongan bentuk penurunan *easement* pada sudut. Gantungan B yang juga digunakan pada penghalang.



Gambar 49. Easemen Covering Irregular Shapes

- 3) Jika *obstruction* melebihi dari 20% pada tempat *duct*. *Duct* diubah atau dipisah menjadi 2 bagian. Jika *duct* terbagi atau dirubah bentuknya, luas aslinya harus terjaga ukurannya. Gambar 25 menunjukkan perubahan dan pembagian *duct* untuk menyesuaikan dengan tekananya. Pada pembungkus kedua *duct* terpisah sesuai

dengan jumlah *easement*-nya. Apabila *duct* terpisah dipindahkan sesuai dengan rekomendasi kemiringan untuk pemindahannya mengikuti aturan yang sesuai.



NOTE: 1:7 slope is recommended for high velocity.
1:4 slope for low velocity.

Gambar 50. Duct Transformed For Easements

- 4) Jika sebuah halangan terbatas pada sudut *duct*, bagian itu ditransformasikan untuk menghindari *obstruction*. Penurunan yang terjadi pada *duct* tidak melebihi 20% dari luas aslinya.

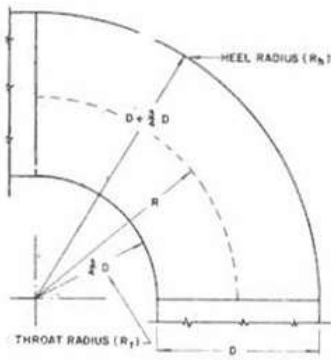
Elbow

Jenis *elbow* yang tersedia adalah untuk sistem *duct* lingkaran dan persegi. Daftar *elbow* yang ada mempunyai ukuran antara lain:

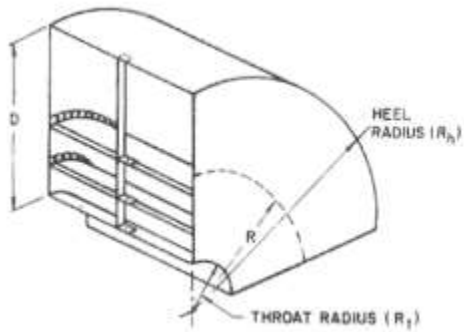
- | | |
|-------------------------------|--------------------------|
| <i>Duct</i> persegi : | <i>Duct</i> bulat : |
| 1. <i>Elbow</i> radius penuh | 1. <i>Elbow</i> mulus |
| 2. <i>Elbow</i> radius pendek | 2. <i>Elbow</i> 3 bagian |
| 3. <i>Vaned square elbow</i> | 3. <i>Elbow</i> 5 bagian |

Elbow tersebut terdaftar dalam order biaya terkecil. Urutan ukuran yang tidak diperlukan untuk menunjukkan penurunan tekanan terkecil yang terus melewati *elbow*. (tabel 9 sampai 12) menunjukkan kerugian untuk jenis *elbow* persegi dan lingkaran.

Elbow jari-jari penuh pada gambar 26 dibuat dengan lekukan jari-jari sampai dengan $\frac{3}{4}$ dimensi *duct* laju aliran udara searah. *Elbow* tersebut memiliki lekukan radius rasio R/D 1,25. Hal ini adalah pertimbangan untuk mengoptimalkan rasio.



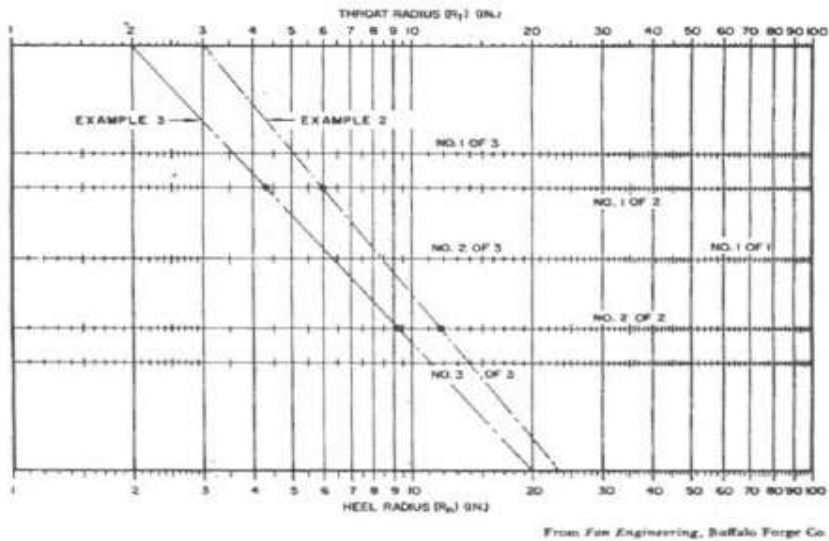
Gambar 51. Full radius rectangular elbow



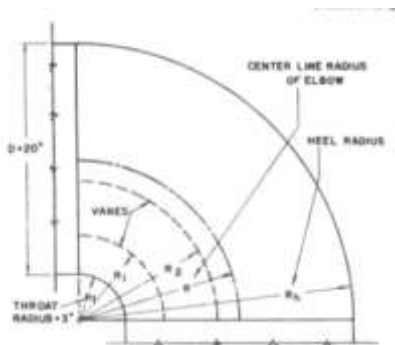
Gambar 52. Short Radius Vaned Elbow

Pada jenis *elbow* dengan radius jarak pendek ditunjukkan pada gambar 27. *Elbow* ini memiliki 1, 2 atau 3 *vane* belokan. *Vane* memperluas kurva penuh pada *elbow* dan lokasinya ditentukan dari grafik 6. Contoh 2 mengilustrasikan penggunaan grafik 6 untuk menentukan lokasi *vane* pada *elbow* dari gambar 28.

CHART 6—VANE LOCATION FOR RECTANGULAR ELBOWS



Gambar 53. Vane Location for rectangular elbow



Gambar 54. Rectangular elbow vane location

Contoh 2 :

Diketahui :

- Elbow rectangular pada gambar 28
- Radius terdekat (R_t) = 3 inchi
- Radius terjauh (R_h) = 20 inchi

Tentukan :

- Jarak antara 2 vane
- Rasio R/D pada elbow

Jawaban :

- 1) Berdasarkan grafik 6, $R_t = 3$ inchi dan $R_h = 23$ inchi dilihat dari jarak lekukan R_1 dan R_2 (garis putus-putus pada grafik).
 $R_1 = 6$ inchi , $R_2 = 12$ inchi.
- 2) Jari-jari tengah R pada elbow = 13 inchi, jadi rasio $R/D = 13/20 = 0,65$

Meskipun jari-jari *vane* disarankan dimana pada *elbow* memiliki yang tidak dapat ditemukan. Lalu grafik 6 tetap dapat untuk mengetahui lekukan *elbow*. Lekukan jari-jari dianggap sebagai patokan pada jari-jari terjauh menunjukkan lokasi lekukan pada *elbow* dengan jarak kuadrat lekukan *elbow*.

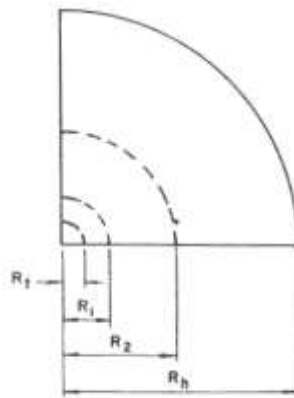
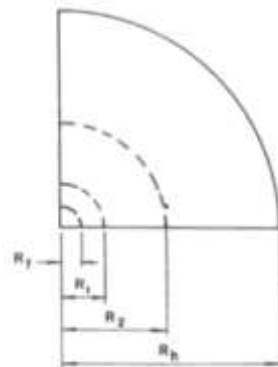


FIG. 29 — RECTANGULAR ELBOW WITH NO THROAT RADIUS



Gambar 55. Rectangular elbow with no throat radius

Contoh 3

Diketahui :

- *Elbow* ditunjukkan pada gambar 29.
- Radius terdekat = 0
- Radius terjauh = 29 inchi
- Dimensi *duct* yang digunakan 20 inchi

Tentukan :

- Jarak *vane*

Jawaban :

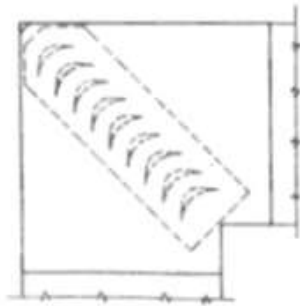
Anggap radius terdekat jumlahnya 0,1 pada jarak radius jauh :

$0,1 \times 20 = 2$ inchi

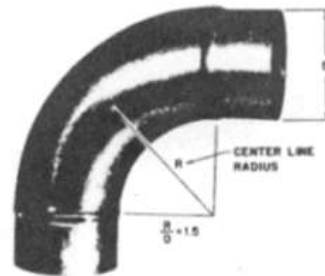
Berdasarkan grafik 6, pada $R_t = 2$ inchi dan $R = 20$ inchi. Lihat jarak R_1 dan R_2 , maka $R_1 = 45$ inchi dan $R_2 = 9,5$ inchi.

Dalam penjumlahan dari ketiga lokasi lekukan yaitu 2 inchi dimana dianggap sebagai radius terdekat.

Vane square elbow memiliki 2 atau 1 ketebalan *vane* yang tertutup. Gambar 30 menunjukkan ketebalan *vane* ganda. *Elbow* ini digunakan jarak sangat terbatas yang digunakan pada kurva *elbow* dan dimana luas sudut pada *elbow* dibutuhkan. *Vane square elbow* sangat diperhitungkan dalam pembuatannya dan biasanya penurunan tekanan menjadi lebih tinggi daripada pembuatan dengan jarak radius pendek. Standar *elbow* adalah dengan rasio $R/D = 1,25$.



Gambar 56. Vane square elbow

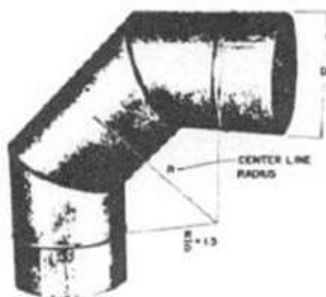


Gambar 57. 90° Smooth elbow

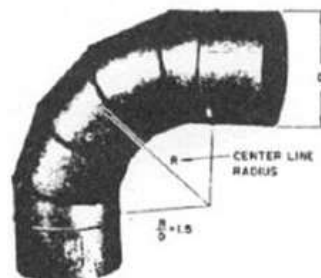
Elbow mulus (*smooth elbow*) digunakan untuk sistem *duct* bulat atau *spira pipe*. Gambar 31 memperlihatkan *elbow* rata dengan sudut 90° dengan rasio $R/D = 1,5$. Rasio R/D ini standar untuk semua *elbow* yang digunakan pada sistem *duct* bulat dan *spira pipe*.

Elbow 3 bagian (gambar 58) mempunyai rasio R/D yang sama dengan *elbow* rata, tetapi *elbow* jenis ini mempunyai penurunan tekanan tertinggi dari pada *elbow* rata dan *elbow* 5 bagian (gambar 59). *Elbow* ini dipakai jika *elbow* rata tidak tersedia dan membutuhkan biaya yang lebih untuk pembuatannya.

Elbow 5 bagian (gambar 59) membutuhkan biaya terbesar pada dari ketiga tipe *elbow* tersebut. *Elbow* ini juga digunakan ketika akan memperkecil penurunan tekanan di bawah *elbow* 3 bagian, dan saat *elbow* rata tidak tersedia.



Gambar 58. -90° 3-Piece Elbow

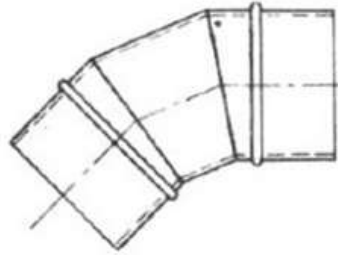


Gambar 59. -90° 5-Piece Elbow

Elbow dengan sudut 45° yaitu *elbow* rata pada gambar 34 atau *elbow* 3 bagian pada gambar 35. *Elbow* rata 45° membutuhkan biaya lebih sedikit dan mempunyai penurunan tekanan atau *pressure drop* lebih rendah dari pada *elbow* 45° 3 bagian. *Elbow* 45° 3 bagian digunakan jika *elbow* rata 45° tidak tersedia.



Gambar 60. -45° Smooth Elbow

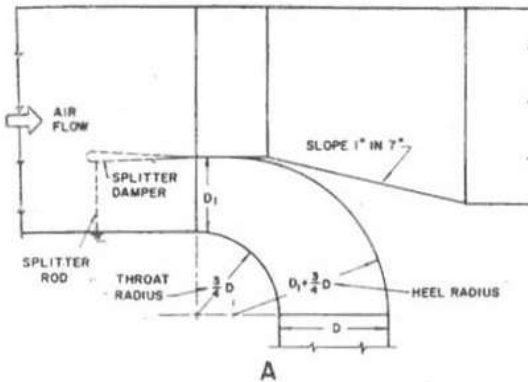


Gambar 61. -45° 3-Piece Elbow

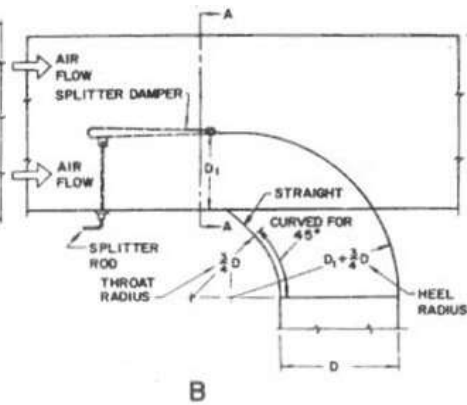
Take-off

Ada beberapa tipe pada *take-off* yang umum digunakan di dalam sistem *duct* rectangular. *Take-off* yang dianjurkan untuk *elbow* persegi digambarkan pada gambar 60, contoh umum *take-off*. Gambar 60 A adalah *take-off* yang digunakan untuk *elbow* dengan radius penuh. Pada gambar 60 dan 61 jari-jari panjang menimbulkan dua titik perbedaan dari titik D, memiliki rongga lebih besar dibandingkan D. Perbedaan pada gambar 60 dan 61 pada prinsipnya memberikan efek perluasan pada *duct*, dan pada gambar 61 tidak terjadi pengurangan pada *duct* utama.

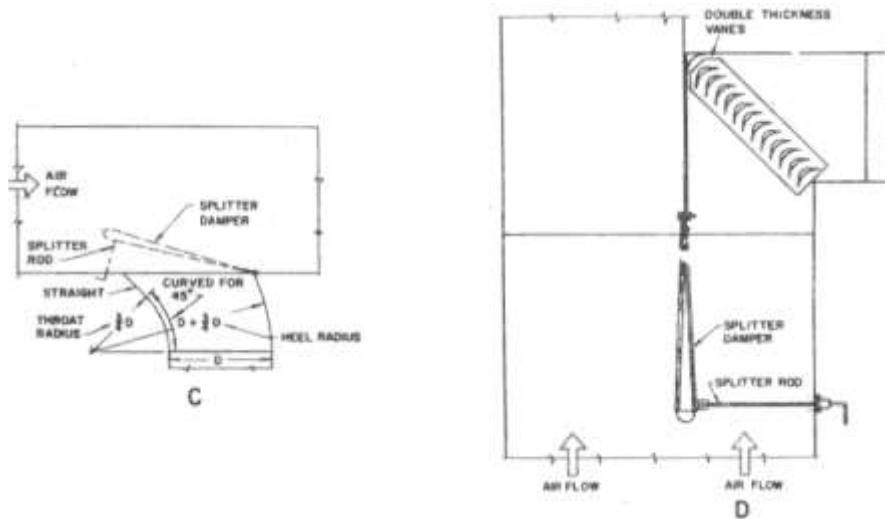
Gambar 62 menunjukkan bagian *take-off* tanpa bagian perluasan sampai ke *duct*. Jenis ini sering digunakan ketika jumlah udara yang akan diambil pada percabangan lebih sedikit. *Square elbow take-off* (gambar 62) memerlukan biaya pembuatan yang relatif kecil dan penurunan tekanan pada sudutnya. Tetapi pada penggunaannya terbatas pada kondisi dimana terdapat hambatan seperti ruangan yang terbatas untuk menggunakan full radius *elbow take-off*.



Gambar 62. Square Elbow take off

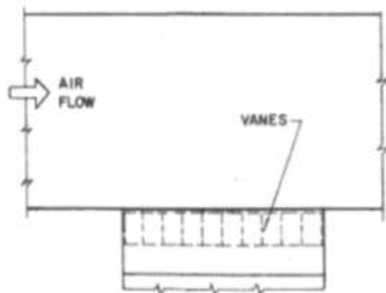


Gambar 63. Full Elbow take off

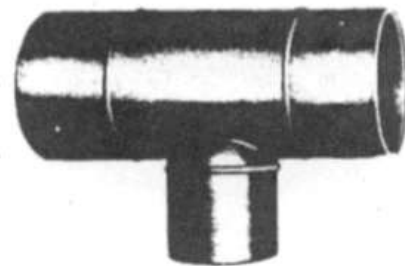


Gambar 64 (A.B). Typical Take-Off

Straight *take-off* (gambar 64) jarang dipergunakan pada percabangan *duct*. Jenis ini digunakan ketika percabangan hanya memiliki satu *outlet* udara, yang sering disebut *collar*. *Splitter damper* dapat ditambahkan untuk menghasilkan pengontrolan udara yang lebih baik pada *take-off*.



Gambar 65. Outlet Collar

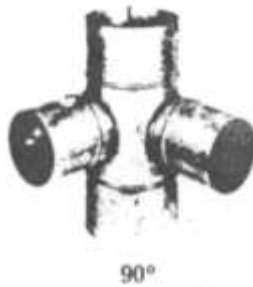


Gambar 66. -90° Tee

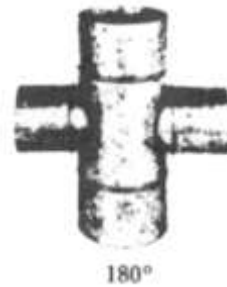
Terdapat dua jenis *take-off* yang digunakan untuk sistem *duct* bulat dan sistem *duct spira pipe*, yaitu : *tee 90°* (gambar 66) dan *conical tee 90°* (gambar 67). *Conical tee 90°* ketika kecepatan udara di dalam percabangan *duct* melebihi 4000 fpm atau ketika diperlukan penurunan tekanan yang terjadi lebih kecil daripada yang terjadi pada straight *take-off*. Persilangan antara *take-off* berada pada 180°, 135° dan 90° seperti terlihat pada gambar 68.



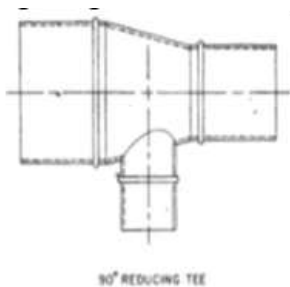
Gambar 67. -90° Conical Tee



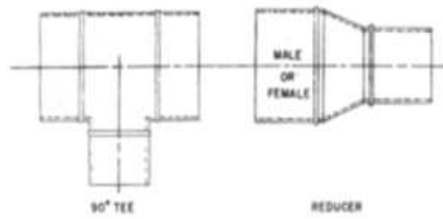
Gambar 68. Cross



Pada saat perancangan sistem *duct*, diperlukan pengurangan ukuran *duct* pada beberapa *take-off*. Pengurangan tersebut mungkin diselesaikan pada *take-off* (gambar 69) atau setelah *take-off* (gambar 70). Pengurangan ukuran *duct* pada *take-off* sangat dianjurkan karena pengurangan satu sambungan.



Gambar 69. Reducing Duct Size at Take-Off



Gambar 70. Reducing Duct Size after Take-Off

Pengaturan Udara

Di dalam sistem distribusi dengan kecepatan rendah, aliran udaranya diatur menggunakan *damper* pemisah, posisi *damper* pemisah udara ini dapat diset menggunakan *splitter rod*. *Damper* pemisah udara untuk sistem *duct* kotak diilustrasikan pada gambar 36. *Damper* jenis *pivot* terkadang dapat dipasang di jalur aliran cabang, untuk mengatur aliran udara saat sistem udara digunakan, *damper* pemisah dapat diabaikan, *damper* pemisah lebih baik digunakan dalam sistem kecepatan udara rendah dan jenis *pivot* atau *volume damper* digunakan pada sistem kecepatan tinggi. Di dalam kecepatan tinggi, *balancing* atau *volume damper* diperlukan pada terminal tata udara untuk mengatur jumlah udara.

Pengembunan pada Duct

Pada *duct* dapat memungkinkan adanya uap air yang menjadi butiran air dimana pada permukaan adalah lebih rendah titik pengembunannya dibanding pada udara sekitar. Tabel 4 adalah daftar perbedaan temperatur maksimum antara udara masuk dan titik pengembunan ruangan tanpa pengembunan uap air di dalam *duct* untuk berbagai kecepatan. Tabel 5 mendaftar berbagai faktor U untuk bahan insulasi biasa. Tabel 5 dapat dipakai bersama dengan tabel 4 dalam menentukan insulasi untuk mengurangi kondensasi.

Tabel 30. Maximum Difference Between Suplay Air Temperatur And Room Dewpoint without Condensing Moisture On Duct (F)

AIR CONDITIONS SURROUNDING DUCT		AIR VELOCITY IN STRAIGHT RUN OF DUCT (FPM)*											
		Painted		Bright Metal		Painted		Bright Metal		Painted		Bright Metal	
DB (F)	RH (%)	400		800		1200		1600		2000		3000	
74 - 100	45	20	15	15	9	11	8	8	5	7	4	5	3
	50	18	13	13	8	10	7	7	5	6	4	4	3
	55	15	11	11	7	8	6	6	4	5	3	4	2
	60	13	10	10	6	7	5	5	3	4	3	3	2
	70	9	7	7	4	5	4	4	2	3	2	2	2
	80	6	4	4	3	3	2	2	2	2	1	2	1
	85	4	3	3	2	2	2	2	1	2	1	1	1
VALUE OF $\frac{f_2}{U} - 1$		.90	.66	.66	.42	.49	.31	.37	.24	.31	.20	.23	.15

*For elbows and other fittings, see Notes 4 and 7.

$$\text{EQUATION: } t_{dp} - t_{sa} = (t_{rm} - t_{dp}) \left(\frac{f_2}{U} - 1 \right)$$

where: t_{dp} = duct surface temp, assumed equal to room dewpoint.
 t_{sa} = supply air dry-bulb temp in duct.
 t_{rm} = room dry-bulb temp.

U = overall heat transmission coefficient of duct
 Btu/(hr) (sq ft) (deg F)

f_2 = film heat transmission coefficient on outside of duct, Btu/(hr) (sq ft) (deg F) = 1.65 for painted ducts and 1.05 for bright metal ducts.

Catatan :

1. Kasus pengecualian: Kondensasi akan terjadi saat *relative humidity* lebih rendah dibandingkan yang ditunjukkan pada table f_2 berkurang dibawah nilai 1.65 untuk *painted duct* dan 1.0 untuk *bright metal duct*. Komponen radiasi dari f_2 akan berkurang ketika *duct* dibuka untuk permukaan yang lebih dibanding ruangan udara. Seperti dekat dinding yang dingin. Komponen konveksi akan berkurang untuk puncak *duct*, dan juga aliran udara dihalangi, seperti *duct* yang menjalankan sangat dekat dengan penyekat. Jika kondisi lain ada, nilai pakai memberi *relative humidity* kurang dari 5% *relative humidity* pada ruangan. Jika kondisi kedua ada, nilai pakai member untuk 10% *relative humidity* yang lebih rendah.
2. Sumber: Perhitungan menggunakan *Film Heat Transmission Coefficient* di dalam *duct* yang berkisar antara 1.5 sampai 7.2 Btu/hr(sq ft)(deg F). Persamaan di atas didasarkan pada prinsip bahwa temperatur manapun berbanding lurus dengan *thermal resistance*. Hal ini dapat diasumsikan bahwa pergerakan melingkupi bagian luar dari *duct* tidak lebih dari 50 fpm.
3. Untuk kondisi ruangan yang tidak diberi: menggunakan persamaan diatas dan nilai dari f_2/U_1 ditunjukkan dibawah pada tabel.
4. Aplikasi: Untuk *bare duct*, tidak menggunakan instalasi. Nilai untuk *bright metal duct* untuk kedua *duct galvanized* yang tidak dicat. Kondensasi pada *elbow*, lebih tinggi karena yang lebih tinggi berada di *film heat transmission coefficient*. berkaitan dengan udara yang melawan terhadap *elbow* atau *fitting* untuk *low velocity fitting*, Mengasumsikan percepatan yang sama duakali langsung percepatan dan menggunakan tabel diatas. Untuk *fitting* dengan kecepatan yang tinggi dimana percepatannya adalah 1500 fpm dan lebih. Pelihara temperatur *supply* udara tidak lebih dari 1° lebih rendah disbanding ruang *dew point*. *Transformation* mempunyai kemiringan kurang dari satu pada enam mungkin perlu dikondisikan.
5. *Bypass Factor* dan kipas pemanas: Udara yang meninggalkan alat pengering udara akan menjadi lebih tinggi temperaturnya disbanding dengan temperatur *dew point* ketika *bypass factor* lebih besar dari nol. Perlakuan ini sebagai campuran masalah. Kapan saja *fan* berada pada alat pengering udara, temperatur udara yang *disupply* biasanya sedikitnya satu sampai empat lebih tinggi dibanding udara yang meninggalkan alat pengering udara, dan dihitung menggunakan *Fan Brake Horsepower*.

6. *Dripping*: Kondensasi biasanya tidak cukup kuat untuk menjadikan *dripping* kecuali temperatur permukaan dua sampai tiga derajat berada dibawah temperatur *dewpoint* ruangan. Catat bahwa tabel didasarkan atas temperatur permukaan *duct* sama dengan *dewpoint* ruangan dalam memperhitungkan kemungkinan terjadinya *dripping*. Ini direkomendasikan bahwa temperatur permukaan dijaga diatas *dewpoint* ruangan.
7. Penghilangan kondensasi: Temperatur udara yang *disupply* harus lebih tinggi untuk mencegah kondensasi pada *elbow* dari *fitting*. Kadang-kadang itu bisa diinginkan dengan menginsulasi *elbow* atau *fitting*. Jika *moisture* diharapkan untuk kondensasi hanya pada *fitting*. Insulasi yang dipakai (tebalnya ½” biasanya cukup dipakai untuk bagian dalam atau luar dari *duct* pada *fitting* karena suatu jarak *downstream* sama dengan 1.5 waktu *perimeter duct*. Jika terjadi kondensasi terjadi, insulasi yang diperlukan dapat ditemukan dengan pemecahan diatas dengan persamaan U.

Tabel 31. Duct Heat Transmission Coefficients

TYPE DUCT INSULATION	FINISH	TOTAL THICKNESS (in.)	WEIGHT (lb/sq ft)	K*	U†
Uninsulated Sheet Metal	None	— ¹	—	—	1.14‡
	Metal lath and plaster—¼"	—	—	—	.99
	Wood lath and plaster—¼"	—	—	—	.79
Corkboard	None	1	0.7	.28	.22
	None	2	1.4	—	.12
	Plaster—¼"	1	2.2	.28	.22
	Plaster—¼"	2	2.9	—	.12
Corrugated Asbestos Paper (air cell)	None	1	0.73	.50	.34
	None	2	1.46	—	.20
Rock Cork	None	1	1.35	.35	.23
	None	2	2.7	—	.13
	Plaster—¼"	1	2.9	.35	.23
	Plaster—¼"	2	4.2	—	.13
Mineral Wool Blanket	None	1	1.17	.28	.22
	None	2	2.35	—	.12
Glass Fiber	None	1	.08	.27	.21
		2	.17	—	.10
85% Magnesia	None	1	1.0	.39	.26

*Conductivity of insulating material only (per in.)
†Overall U for still air outside duct and 1200 fpm inside duct.
‡Uninsulated Bare Duct.

Air Velocity (fpm)	400	800	1200	1600	2000
Overall U	.98	1.08	1.14	1.19	1.22

7.2 Aksesoris Sistem Duct

Fire damper, *access door*, dan penyerap suara adalah aksesoris yang diperlukan pada sistem *duct* tetapi bukan merupakan bahan yang mempengaruhi perancangan, kecuali jika terdapat beberapa jenis *damper*. Untuk susunan ini, penambahan hambatan pada aliran udara harus dipertimbangkan saat memilih *fan*.

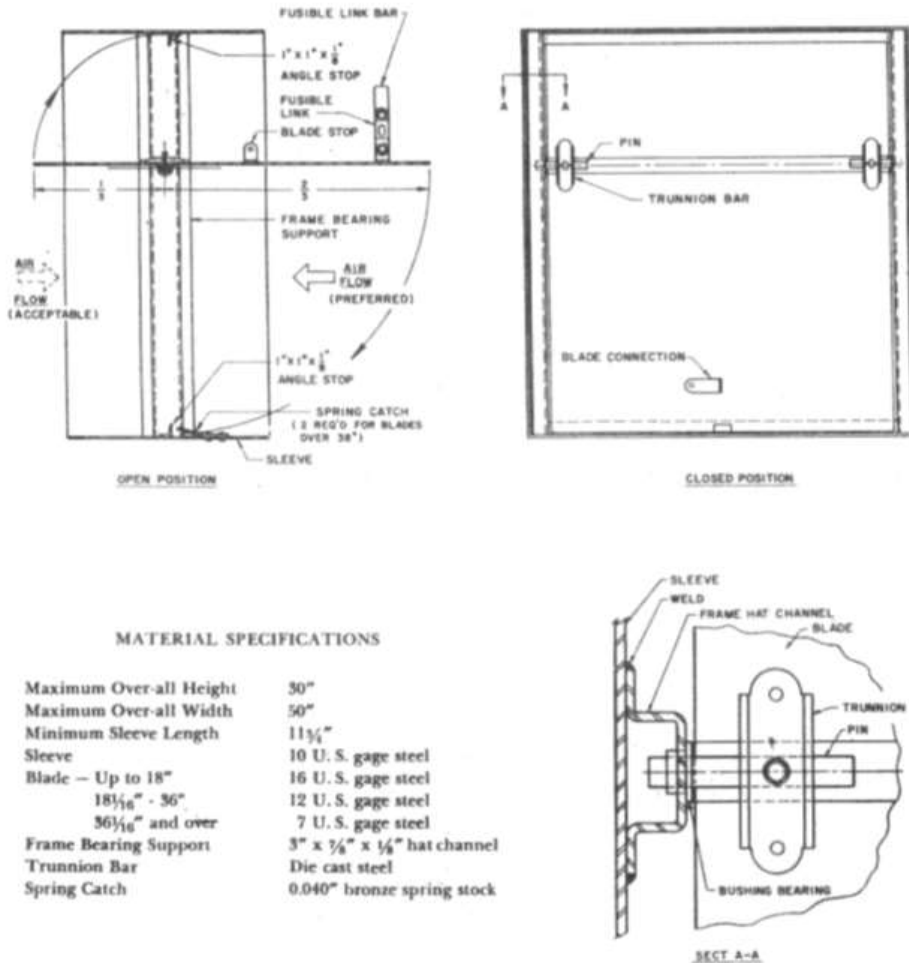
Fire Damper

Biasanya kode lokal, atau negara menuliskan pemakaian, lokasi, dan konstruksi dari *fire damper* untuk sistem distribusi udara. *The National Board of Fire Underwriters* menjelaskan konstruksi umum dan praktek instalasi di dalam pamflet NBFU 90A. Adapun dua prinsip jenis *fire damper* yang dipakai pada *duct* persegi:

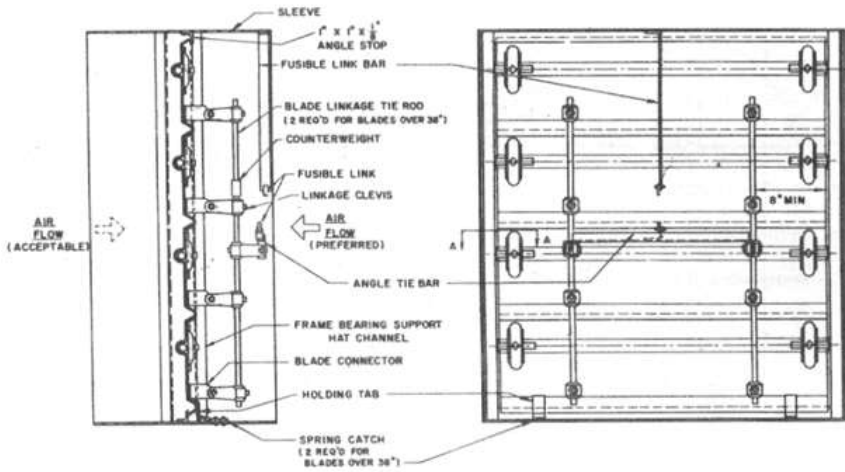
1. *Pivot damper* persegi (gambar 71) yang bisa dipakai pada posisi vertikal atau horizontal.
 2. *Louver fire damper* yang bisa dipakai hanya pada posisi horizontal (gambar 71).
- Gambar 71 mengilustrasikan *pivot fire damper* untuk sistem *duct* bulat. *Damper* ini dapat dipakai pada posisi vertikal atau horizontal.

Access Door

Access door atau access panel diperlukan pada sistem duct sebelum dan sesudah perlengkapan dipasang pada duct. Access panel juga diperlukan untuk akses menuju fusible link (hubungan pengaman) di dalam fire damper.

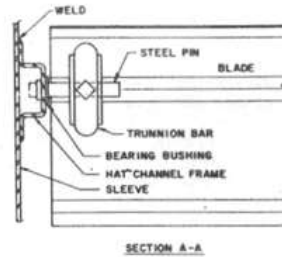


Gambar 71. Rectangular Pivot Fire Dampers

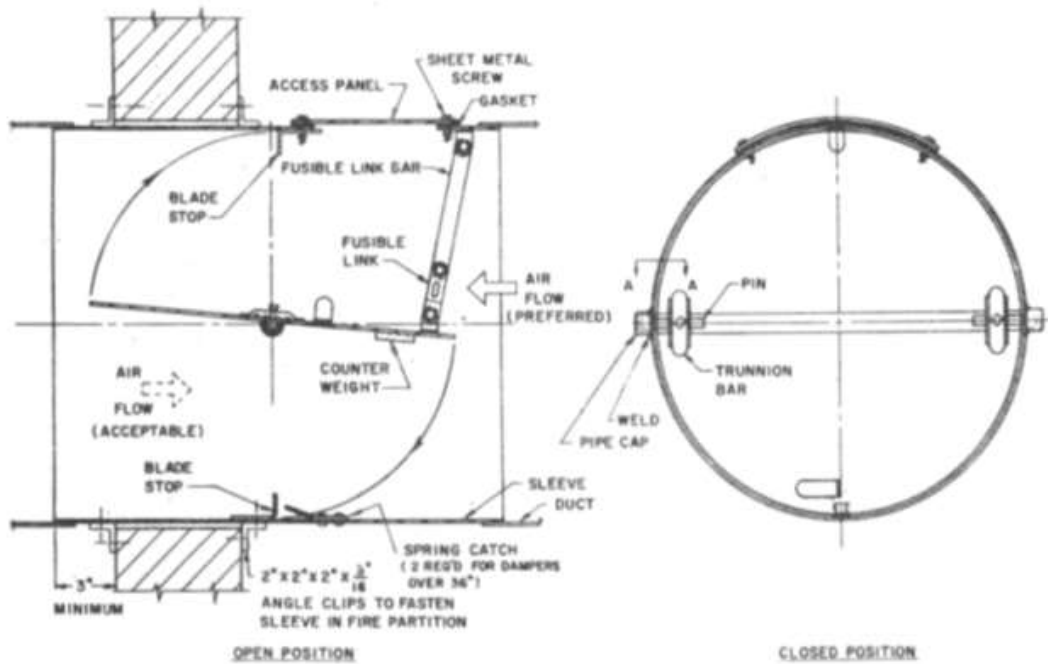


MATERIAL SPECIFICATIONS

Maximum Over-all Height	9 1/2"
Maximum Over-all Width	50"
Minimum Sleeve Length	11 3/4"
Maximum Blade Width	6"
Sleeve	10 U. S. gage steel
Blade	16 U. S. gage steel
Frame Bearing Support	3" x 3/8" x 1/8" hat channel
Blade Linkage Rod	5/16" dia CRS
Trunnion Bar	Die cast steel
Spring Catch	0.040" bronze spring stock



Gambar 72. Rectangular louvre Fire Damper

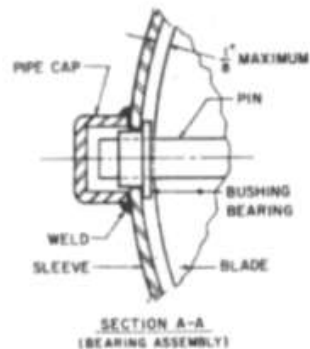


MATERIAL SPECIFICATIONS

Maximum Diameter	48"
Minimum Sleeve Length	15½" plus wall thickness*
Sleeve	10 U. S. gage steel
Blade — Up to 18"	16 U. S. gage steel
18½" to 36"	12 U. S. gage steel
36½" and over†	7 U. S. gage steel
Trunnion Bar	Die cast steel
Spring Catch	0.040" bronze spring stock

*Access panel in sleeve. Length 8" plus wall thickness when access panel is in duct.

†Requires ¾" x ¼" x ¼" angle blade stiffener.



Gambar 73. Round Pivot Fire Damper

7.3 Perancangan Duct

Bagian ini akan menampilkan data yang dibutuhkan untuk perancangan *duct* pada sistem kecepatan rendah dan tinggi. Data ini termasuk grafik standar gesekan udara. Rekomendasi untuk perancangan kecepatan udara, kerugian efektifitas kecepatan udara yang terjadi pada *elbow* dan sambungan dan metode biasanya digunakan dalam perancangan sistem distribusi udara. Informasi diberikan untuk mengevaluasi efek perolehan dan kerugian pada sepanjang jalur *duct* dan perancangan sistem tata udara.

Friction Chart

Pada banyak bagian *duct* yang udara mengalir melewatinya, terjadi penurunan tekanan secara terus menerus. Lolosnya tekanan ini disebut *duct friction loss* yang bergantung pada:

1. Kecepatan udara

2. Ukuran *duct*
3. Tingkat kekerasan permukaan dalam
4. Panjang *duct*

Mengubah salah satu dari keempat faktor tersebut menyebabkan kerugian di dalam *duct work*. Hubungan keempat faktor diilustrasikan pada persamaan berikut:

$$\Delta P = 0.33f \left(\frac{L}{d^{1.22}} \right) \left(\frac{V}{1000} \right)^{1.82}$$

Dimana : ΔP = Kerugian gesek (in.wg)
 f = Tingkat kekasaran permukaan dalam (0.9) untuk *duct galvanis*
 L = Panjang *duct* (ft)
 d = Diameter *duct* (in), *equivalent diameter* untuk *ductwork* persegi
 V = Kecepatan udara (fpm)

Dari persamaan tersebut digunakan tabel gesekan standar (Tabel 32) didasarkan pada *duct* yang terbuat dari galvanis dan udara pada 70° F dan 22,29 in. Hg. Tabel tersebut mungkin digunakan untuk *system air handling* dari 30° F sampai 120° F dan untuk ketinggian permukaan air laut naik sampai 2000 ft tanpa memperhatikan berat jenis udara. Halaman 59 menunjukkan data untuk merancang sistem distribusi udara diatas ketinggian permukaan laut.

Jumlah Udara

Total jumlah udara yang disalurkan dan jumlah udara yang diterima untuk beberapa ruangan dapat dibedakan dari perkiraan beban tata udara pada Bagian 1.

Diameter Duct

Tabel 32 memberikan ukuran *duct* kotak untuk berbagai diameter *duct* yang sama ditujukan pada gambar 75. Selanjutnya diameter bagian area persilangan dari *duct* bulat. *Duct* kotak ditujukan untuk bagian area persilangan tangkai sama jumlah udara serta daftar kecepatan gesekan (*friction rate*) yang sama dengan *duct* bulat. Oleh karena itu, area bagian persilangan secara nyata lebih rendah area bagian persilangan dari *duct* kotak dibedakan oleh perkalian dimensi *duct*. Pemilihan ukuran *duct* kotak dari tabel 6, diameter *duct* dari gambar 75 atau area dibedakan dari jumlah udara dan kecepatan yang mungkin digunakan.

Selanjutnya, ukuran *duct* kotak tidak dapat dibedakan secara langsung dari area *duct* tanpa menggunakan tabel 32. Seandainya hal itu dilakukan, hasil ukuran *duct* akan kecil, kecepatan dan kerugian gesekan akan semakin besar, untuk memberikan jumlah udara sesuai nilai yang telah direncanakan.

Kecepatan Udara

Rancangan kecepatan udara untuk sistem distribusi tergantung pada pemilihan tingkat kebisingan yang diperlukan, biaya pertama dan biaya kerja. Tabel 35 menunjukkan kecepatan udara yang direkomendasikan untuk saluran *supply* dan return pada sistem kecepatan udara rendah. Penetapan kecepatan udara ini lebih banyak berdasarkan pengalaman perancang/pekerja.

Pada sistem kecepatan udara tinggi, *supply duct* biasanya dibatasi pada kecepatan udara 500 fpm. Diatas kecepatan ini, tingkat kebisingan udara menjadi tidak sesuai dan biaya operasinya menjadi berlebihan. Pemilihan kecepatan udara pada *duct*, sebelumnya terdapat pertanyaan mengenai biaya. Kecepatan udara yang sangat tinggi dihasilkan oleh *duct* yang berukuran kecil dan biaya untuk bahan *duct* menjadi lebih rendah tetapi

memerlukan ongkos operasional yang besar dan mungkin motor kipas yang lebih besar dan jeniskipas yang lebih besar. Jika kecepatan udara pada *duct* digunakan yang rendah, maka *duct* harus berukuran lebih besar tetapi ongkos operasional kerja berkurang dan motor serta jenis kipas yang digunakan lebih kecil.

Return *duct* untuk sistem udara kecepatan tinggi pada supply *duct* memiliki persamaan desain kecepatan udara yang direkomendasikan seperti tertera pada Tabel 35 untuk sistem berkecepatan rendah, terkecuali kalau perlakuan terhadap suara dalam ruangan memang digunakan untuk kecepatan tinggi.

Faktor Gesek (*Friction Rate*)

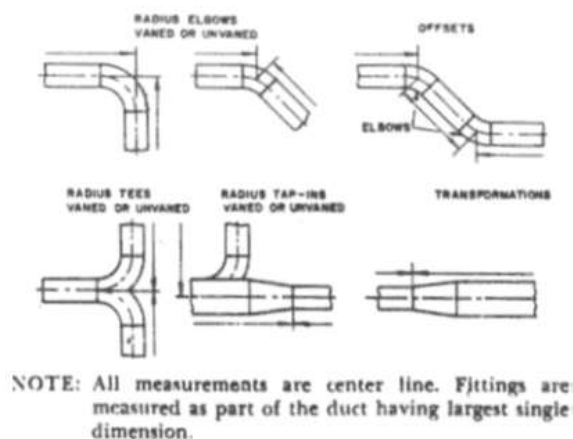
Faktor gesek pada grafik dinyatakan dalam persamaan inchi untuk setiap 100 ft air untuk panjang *duct* yang sama. Untuk menentukan kehilangan tekanan udara pada setiap bagian *duct*, total panjang pada bagian tersebut dikalikan dengan factor gesek akan menghasilkan kehilangan akibat gesekan. Total panjang *duct* tadi telah mencakup semua sambungan dan belokan yang terdapat pada *duct* tersebut. Tabel 32 sampai 34 digunakan untuk mengukur kehilangan tekanan untuk elemen sistem *duct* yang bermacam-macam pada *equivalent length*. Bagian *duct* yang mencakup elemen ini diukur untuk mengetahui titik tengah dari belokan pada *duct* tersebut seperti terlihat pada gambar 74. Sambungan (*fitting*) diukur sebagai bagian dari *duct* yang memiliki dimensi lebih besar pada satu sisinya.

Kecepatan Tekanan

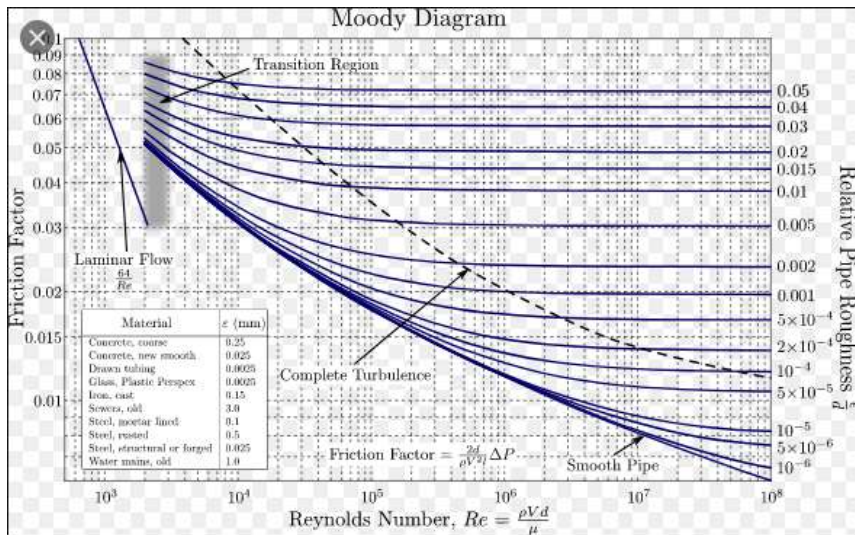
Friction chart menunjukkan garis konversi untuk tekanan udara. Tekanan udara ditunjukkan dengan pembacaan secara vertikal ke atas pada persimpangan garis konversi dan kecepatan yang diinginkan. Tabel 35 menunjukkan kecepatan tekanan untuk kecepatan yang sesuai.

Saluran Logam Fleksibel

Saluran logam fleksibel umum digunakan untuk menyalurkan udara dari riser atau cabang saluran *duct* ke saluran udara keluar pada ruangan yang akan didinginkan pada sistem kecepatan udara tinggi. Faktor gesek yang terjadi pada saluran ini lebih besar dari pada yang melalui *duct* bulat. Gambar 75 menunjukkan factor gesek untuk saluran logam fleksibel ukuran 3 dan 4 inchi.



Gambar 74. Guide for measuring duct lengths



Gambar 75. Friction Loss untuk duct bulat

Tabel 32. Dimensi duct, Daerah bagian, Perbandingan diameter duct bulat-kotak dan kelas duct

SIDE	42		44		46		48		50		52		54		56		58	
	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.
42	11.5	45.9																
44	12.0	46.9	12.6	48.1														
46	12.5	47.9	13.1	49.1	13.8	50.3												
48	13.0	48.9	13.7	50.2	14.3	51.3	15.1	52.6										
50	13.5	49.8	14.3	51.2	14.9	52.3	15.7	53.6	16.3	54.7								
52	14.1	50.8	14.8	52.2	15.5	53.3	16.2	54.6	17.0	55.8	17.6	56.9						
54	14.6	51.8	15.4	53.2	16.1	54.3	16.8	55.6	17.6	56.8	18.3	57.9	19.2	59.4				
56	15.1	52.7	15.9	54.1	16.7	55.3	17.4	56.5	18.2	57.8	18.9	58.9	19.6	60.0	20.5	61.3		
58	15.7	53.7	16.5	55.0	17.2	56.2	18.0	57.5	18.8	58.8	19.6	60.0	20.4	61.2	21.1	62.3	22.0	63.5
60	16.2	54.6	17.0	55.9	17.8	57.1	18.6	58.5	19.5	59.8	20.3	61.0	21.1	62.2	21.8	63.3	22.5	64.3
64	17.3	56.4	18.1	57.7	19.0	59.0	19.8	60.3	20.7	61.6	21.6	62.9	22.4	64.1	23.2	65.3	24.4	66.9
68	18.3	58.0	19.3	59.5	20.1	60.6	21.1	62.1	21.9	63.4	22.9	64.8	23.8	66.1	24.7	67.3	25.5	68.4
72	19.4	59.6	20.3	61.1	21.4	62.6	22.2	63.9	23.1	65.2	24.2	66.6	25.1	67.9	26.1	69.2	27.1	70.5
76	20.4	61.2	21.4	62.7	22.4	64.1	23.4	65.6	24.5	67.0	25.5	68.4	26.4	69.6	27.5	71.0	28.9	72.8
80	21.4	62.7	22.4	64.1	23.3	65.7	24.6	67.2	25.7	68.7	26.8	70.1	28.1	71.8	28.8	72.7	30.1	74.3
84	22.4	64.1	23.5	65.7	24.7	67.3	25.8	68.8	26.9	70.3	28.1	71.8	29.1	73.1	30.2	74.5	31.5	76.0
88	23.3	65.4	24.5	67.0	25.7	68.7	26.9	70.3	28.1	71.8	29.4	73.4	30.6	74.9	31.7	76.3	32.7	77.5
92	24.3	66.8	25.6	68.5	26.8	70.1	28.1	71.8	29.3	73.3	30.6	74.9	31.9	76.5	33.1	77.9	34.2	79.2
96	25.2	68.0	26.7	70.0	27.6	71.1	29.4	73.5	30.2	74.5	31.8	76.4	33.2	78.0	33.9	78.9	35.7	80.9
100	26.0	69.1	27.1	70.5	29.0	72.9	30.2	74.5	31.6	76.1	32.7	77.5	33.8	78.7	35.5	80.7	36.6	82.0
104	27.1	70.5	28.4	72.2	29.4	74.0	31.1	75.5	32.7	77.5	34.0	79.0	35.8	81.0	37.1	82.5	38.5	84.1
108	28.0	71.7	29.5	73.6	30.6	74.9	32.3	77.0	33.3	78.2	35.3	80.5	36.6	82.0	38.5	84.0	39.6	85.5
112	29.2	73.2	30.2	74.5	31.9	76.5	33.1	78.0	34.9	80.0	36.6	82.0	38.0	83.5	39.8	85.5	40.8	86.5
116	30.0	74.0	32.0	76.6	32.7	77.5	34.0	79.0	35.9	81.2	38.0	83.5	39.8	85.5	41.0	86.7	42.4	88.2
120	30.7	75.0	32.7	77.5	33.6	78.5	35.1	81.0	37.4	82.9	39.4	85.0	40.9	86.6	41.9	87.7	43.6	89.4
124	31.5	76.0	33.6	78.5	34.4	79.5	36.5	81.8	38.5	84.1	40.7	86.1	41.5	87.3	43.3	89.1	44.6	90.5
128	32.1	76.8	34.0	79.0	36.3	81.5	37.5	83.0	39.2	84.8	41.4	87.2	42.9	88.7	44.6	90.5	46.6	92.5
132	32.3	78.0	34.9	80.0	36.9	82.3	38.8	84.4	40.7	86.4	42.7	88.5	44.1	90.0	46.0	91.9	48.0	93.9
136	34.0	79.0	35.6	80.8	38.0	83.5	39.7	85.4	41.7	87.5	43.8	89.7	44.8	90.7	47.4	93.3	49.7	95.5
140	35.3	80.5	37.0	82.4	38.8	84.4	40.5	86.2	42.4	88.2	44.9	90.8	46.5	92.4	48.6	94.4	50.3	96.1
144	35.8	81.1	37.8	83.3	40.0	85.7	41.4	87.2	44.1	90.0	45.6	91.5	47.8	93.7	49.7	95.5	51.5	97.2

Tabel 33. Dimensi duct, Daerah bagian, Perbandingan diameter duct bulat-kotak dan kelas duct (lanjutan)

SDE	24		26		28		30		32		34		36		38		40	
	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.
10																		
12																		
14																		
16																		
18																		
20																		
22																		
24	3.74	26.2																
26	4.03	27.2	4.40	28.4														
28	4.33	28.2	4.74	29.5	5.10	30.6												
30	4.68	29.3	5.07	30.5	5.44	31.6	5.86	32.8										
32	4.94	30.1	5.37	31.4	5.79	32.5	6.23	33.8	6.68	35.0								
34	5.24	31.0	5.69	32.3	6.15	33.6	6.60	34.8	7.06	36.0	7.54	37.2						
36	5.58	32.0	5.94	33.0	6.32	34.6	6.99	35.8	7.46	37.0	7.95	38.2	8.46	39.4				
38	5.86	32.8	6.38	34.2	6.87	35.5	7.34	36.7	7.87	38.0	8.37	39.2	8.89	40.4	9.43	41.6		
40	6.18	33.6	6.71	35.1	7.22	36.4	7.71	37.6	8.29	39.0	8.81	40.2	9.34	41.4	9.89	42.6	10.5	43.8
42	6.45	34.4	7.03	35.9	7.38	37.3	8.12	38.6	8.68	39.9	9.21	41.1	9.80	42.4	10.4	43.6	11.0	44.8
44	6.75	35.2	7.34	36.7	7.91	38.1	8.50	39.5	9.07	40.8	9.61	42.0	10.3	43.4	10.8	44.6	11.4	45.8
46	7.03	35.9	7.63	37.4	8.25	38.9	8.85	40.3	9.48	41.7	10.1	43.0	10.7	44.2	11.3	45.6	11.9	46.8
48	7.30	36.6	7.95	38.2	8.59	39.7	9.25	41.2	9.89	42.6	10.5	43.9	11.1	45.2	11.8	46.5	12.4	47.8
50	7.58	37.3	8.25	38.9	8.90	40.4	9.61	42.0	10.3	43.5	10.9	44.8	11.6	46.1	12.2	47.4	13.0	48.8
52	7.87	38.0	8.55	39.6	9.25	41.2	9.98	42.8	10.7	44.3	11.4	45.7	12.1	47.1	12.7	48.3	13.5	49.7
54	8.16	38.7	8.85	40.3	9.61	42.0	10.4	43.6	11.0	45.0	11.8	46.5	12.6	48.0	13.2	49.2	14.0	50.8
56	8.42	39.3	9.16	41.0	9.94	42.7	10.7	44.3	11.4	45.8	12.2	47.3	13.0	48.8	13.7	50.1	14.5	51.5
58	8.63	39.8	9.48	41.7	10.3	43.4	11.0	45.0	11.8	46.6	12.6	48.1	13.4	49.6	14.2	51.0	15.0	52.4
60	8.89	40.4	9.75	42.3	10.5	44.0	11.4	45.8	12.2	47.3	13.0	48.9	13.8	50.4	14.6	51.8	15.5	53.3
64	9.43	41.6	10.3	43.5	11.2	45.4	12.1	47.2	12.9	48.7	13.8	50.4	14.7	52.0	15.5	53.4	16.3	55.0
68	9.98	42.8	10.9	44.7	11.8	46.6	12.8	48.4	13.7	50.2	14.6	51.8	15.6	53.5	16.5	55.0	17.5	56.6
72	10.4	43.8	11.5	45.9	12.4	47.8	13.5	49.7	14.4	51.5	15.4	53.2	16.4	54.9	17.4	56.5	18.3	58.0
76	10.8	44.9	12.0	47.0	13.1	49.0	14.1	50.8	15.1	52.7	16.3	54.6	17.3	56.3	18.3	57.9	19.3	59.5
80	11.3	46.0	12.6	48.0	13.7	50.1	14.7	52.0	15.8	53.9	17.0	55.8	18.1	57.6	19.2	59.3	20.3	61.0
84	12.0	46.9	13.2	49.2	14.2	51.1	15.4	53.2	16.5	55.0	17.7	57.0	18.9	58.9	20.1	60.7	21.2	62.4
88	12.5	47.9	13.7	50.1	14.8	52.2	16.1	54.3	17.3	56.3	18.5	58.2	19.7	60.1	20.9	62.0	22.1	63.7
92	13.9	48.7	14.2	51.1	15.5	53.4	16.7	55.4	18.0	57.4	19.2	59.4	20.5	61.3	21.8	63.2	23.0	65.0
96	13.3	49.5	14.8	52.2	15.9	54.0	17.2	56.2	18.6	58.5	19.7	60.2	21.1	62.2	22.7	64.5	24.0	66.3
100	13.9	50.6	15.0	52.5	16.7	55.3	17.9	57.3	19.2	59.4	20.6	61.5	21.6	63.0	23.4	65.5	24.8	67.5
104	14.6	51.8	15.8	53.9	17.1	56.0	18.6	58.5	19.9	60.5	21.4	62.6	22.7	64.5	24.1	66.5	25.6	68.5
108	14.8	52.1	16.2	54.6	17.6	56.8	19.2	59.4	20.5	61.4	22.0	63.5	23.5	65.7	24.8	67.5	26.5	69.7
112	15.1	52.7	16.8	55.5	18.3	58.0	19.7	60.1	21.1	62.3	22.5	64.3	24.5	67.0	25.7	68.7	27.1	70.5
116	15.8	53.9	17.3	56.4	18.9	58.9	20.3	61.1	22.0	63.6	23.5	65.7	24.8	67.5	26.2	69.4	28.2	71.9
120	16.3	54.6	17.8	57.1	19.4	59.6	20.9	62.0	22.7	64.5	24.2	66.7	26.1	69.2	27.2	70.6	29.0	73.0
124	16.6	55.2	18.4	58.1	19.8	60.3	21.6	63.0	23.2	65.4	25.2	68.0	26.5	69.8	28.2	71.9	29.8	74.0
128	17.1	56.0	18.8	58.8	20.3	61.1	22.3	64.0	23.7	66.0	25.6	68.6	27.3	70.8	28.7	72.6	30.2	74.5
132	17.4	56.5	19.3	59.5	20.8	61.8	22.6	64.4	24.5	67.0	26.3	69.5	28.2	72.0	29.8	74.0	32.0	76.6
136	17.9	57.3	19.7	60.2	21.4	62.7	23.0	65.0	25.1	67.9	26.9	70.3	28.7	72.6	30.5	74.8	32.6	77.3
140	18.5	58.2	20.3	61.0	22.3	64.0	24.1	66.5	25.9	69.0	27.5	71.1	29.4	73.5	31.5	76.0	33.4	78.3
144	18.8	58.7	20.6	61.5	22.7	64.5	24.8	67.5	26.3	69.5	28.2	72.0	29.9	74.1	32.0	76.6	34.0	79.0

*Circular equivalent diameter (d_c). Calculated from $d_c = 1.3 \frac{(ab)^{0.75}}{(a+b)^{0.25}}$

†Large numbers in table are duct class.

Tabel 34. Dimensi duct, Daerah bagian, Perbandingan diameter duct bulat-kotak dan kelas duct (lanjutan)

SIDE	42		44		46		48		50		52		54		56		58	
	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.
42	11.5	45.9																
44	12.0	46.9	12.6	48.1														
46	12.5	47.9	13.1	49.1	13.8	50.3												
48	13.0	48.9	13.7	50.2	14.3	51.3	15.1	52.6										
50	13.5	49.8	14.3	51.2	14.9	52.3	15.7	53.6	16.3	54.7								
52	14.1	50.8	14.8	52.2	15.5	53.3	16.2	54.6	17.0	55.8	17.6	56.9						
54	14.6	51.8	15.4	53.2	16.1	54.3	16.8	55.6	17.6	56.8	18.3	57.9	19.2	59.4				
56	15.1	52.7	15.9	54.1	16.7	55.1	17.4	56.5	18.2	57.8	18.9	58.9	19.6	60.0	20.5	61.3		
58	15.7	53.7	16.5	55.0	17.2	56.2	18.0	57.5	18.8	58.8	19.6	60.0	20.4	61.2	21.1	62.3	21.8	63.3
60	16.2	54.6	17.0	55.9	17.8	57.1	18.6	58.5	19.5	59.8	20.3	61.0	21.1	62.2	21.8	63.3	22.5	64.3
64	17.3	56.4	18.1	57.7	19.0	59.0	19.8	60.3	20.7	61.6	21.6	62.9	22.4	64.1	23.2	65.3	24.4	66.9
68	18.3	58.0	19.3	59.5	20.1	60.8	21.1	62.1	21.9	63.4	22.9	64.8	23.8	66.1	24.7	67.3	25.5	68.4
72	19.4	59.6	20.3	61.1	21.4	62.6	22.2	63.9	23.1	65.2	24.2	66.6	25.1	67.9	26.1	69.2	27.1	70.5
76	20.4	61.2	21.4	62.7	22.4	64.1	23.4	65.6	24.5	67.0	25.5	68.4	26.4	69.8	27.5	71.0	28.9	72.8
80	21.4	62.7	22.4	64.1	23.5	65.7	24.6	67.2	25.7	68.7	26.8	70.1	28.1	71.8	28.8	72.7	30.1	74.3
84	22.4	64.1	23.5	65.7	24.7	67.1	25.8	68.8	26.9	70.3	28.1	72.8	29.1	73.1	30.2	74.5	31.5	76.0
88	23.3	65.4	24.5	67.0	25.7	68.7	26.9	70.3	28.1	71.8	29.4	73.4	30.6	74.9	31.7	76.3	32.7	77.5
92	24.3	66.8	25.6	68.5	26.8	70.1	28.1	71.8	29.3	73.3	30.6	74.9	31.9	76.5	33.1	77.9	34.3	79.2
96	25.2	68.0	26.7	70.0	27.6	71.1	29.4	73.5	30.3	74.5	31.8	76.4	33.2	78.0	33.9	78.9	35.7	80.9
100	26.0	69.1	27.1	70.5	29.0	72.9	30.2	74.5	31.4	76.1	32.7	77.5	33.8	78.7	35.5	80.7	36.6	82.9
104	27.1	70.5	28.4	72.2	29.4	74.0	31.1	75.5	32.7	77.5	34.0	79.0	35.8	81.0	37.1	82.5	38.5	84.1
108	28.0	71.7	29.5	73.6	30.6	74.9	32.3	77.0	33.3	78.2	35.3	80.5	36.6	82.0	38.5	84.0	39.8	85.5
112	29.2	73.2	30.2	74.5	31.9	76.5	33.1	78.0	34.9	80.0	36.6	82.0	38.0	83.5	39.8	85.5	40.8	86.5
116	30.0	74.2	32.0	76.6	32.7	77.3	34.0	79.0	35.9	81.2	38.0	83.5	39.8	85.5	41.0	86.7	42.4	88.2
120	30.7	75.0	32.7	77.5	33.6	78.5	35.8	81.0	37.4	82.9	39.4	85.0	40.9	86.6	41.9	87.3	43.6	89.4
124	31.5	76.0	33.6	78.5	34.4	79.5	36.5	81.8	38.3	84.1	40.7	86.1	41.5	87.3	43.3	89.2	44.6	90.5
128	32.1	76.8	34.0	79.0	36.2	81.5	37.5	83.0	39.2	84.8	41.4	87.2	42.9	88.7	44.6	90.5	46.6	92.5
132	32.7	77.0	34.9	80.0	36.9	82.3	38.8	84.4	40.7	86.4	42.7	88.5	44.1	90.0	46.0	91.9	48.0	93.9
136	34.0	79.0	35.6	80.8	38.0	83.5	39.7	85.4	41.7	87.5	43.8	89.7	44.8	90.7	47.4	93.3	49.7	95.5
140	35.3	80.5	37.0	82.4	38.8	84.4	40.5	86.2	42.4	88.2	44.8	90.8	46.5	92.4	48.6	94.4	50.3	96.1
144	35.8	81.2	37.8	83.3	40.0	85.7	41.4	87.2	44.1	90.0	45.6	91.5	47.8	93.7	49.7	95.3	51.5	97.2

SIDE	60		64		68		72		76		80		84		88		92	
	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.
42																		
44																		
46																		
48																		
50																		
52																		
54																		
56																		
58																		
60	22.5	65.7																
64	25.0	67.7	26.7	70.0														
68	26.5	69.7	28.2	72.1	30.2	74.4												
72	28.0	71.7	29.9	74.1	31.8	76.4	33.8	78.8										
76	29.5	73.6	31.6	76.1	33.5	78.4	35.7	80.9	37.7	83.2								
80	31.0	75.4	33.2	78.1	35.2	80.4	37.4	82.8	39.6	85.3	41.7	87.5						
84	32.5	77.2	34.8	79.9	37.0	82.4	39.2	84.8	41.4	87.2	43.7	89.8	46.0	91.9				
88	34.0	79.0	36.3	81.6	38.6	84.2	41.1	86.8	43.4	89.2	45.7	91.6	48.0	93.9	50.5	96.3		
92	35.6	80.8	37.9	83.4	40.3	86.0	42.9	88.7	45.3	91.3	47.7	93.6	50.1	95.9	52.7	98.3	55.1	100.5
96	37.0	82.4	39.8	85.5	42.1	87.9	44.6	90.5	47.5	93.4	49.8	95.6	51.9	97.8	55.2	100.6	58.8	103.0
100	38.4	83.9	41.2	87.0	44.3	90.2	47.5	93.4	50.2	96.0	51.9	97.6	53.3	98.9	56.7	102.0	60.1	105.0
104	40.2	86.0	42.8	88.6	46.1	92.0	48.2	94.0	51.5	97.2	53.6	99.2	57.3	102.5	59.5	104.5	62.4	107.0
108	41.7	87.5	44.1	90.0	46.9	92.8	50.1	95.9	53.0	98.6	55.6	101.0	58.5	103.6	61.0	105.8	64.7	109.0
112	42.2	88.1	45.3	91.2	48.9	94.7	51.7	97.4	54.3	99.8	57.4	102.6	58.9	104.0	63.8	108.2	67.1	111.0
116	44.1	90.0	47.6	93.5	51.1	96.8	53.7	99.3	57.0	102.3	60.1	105.0	63.3	107.8	66.2	110.2	69.3	112.8
120	45.5	91.4	49.7	95.5	51.8	97.5	55.8	101.2	58.9	104.0	62.4	107.0	65.5	109.6	69.0	112.5	72.1	115.0
124	47.7	93.0	49.8	95.6	53.8	99.4	56.7	102.0	60.1	105.0	63.6	108.0	66.2	110.2	69.3	112.8	73.3	116.0
128	47.6	93.5	51.3	97.0	55.4	100.8	58.7	103.8	61.8	106.5	65.5	109.6	68.1	111.8	72.3	115.2	76.3	118.3
132	49.7	95.5	53.0	98.6	56.3	101.6	60.1	105.0	64.2	108.5	68.4	112.0	71.8	114.8	74.6	117.0	78.5	120.0
136	50.3	96.1	54.9	100.4	58.9	104.0	62.2	106.8	64.7	109.0	69.6	113.0	72.8	115.6	76.7	118.6	81.5	122.3
140	52.4	98.1	55.6	101.0	60.4	105.3	63.8	108.2	67.8	111.5	71.4	114.5	75.6	117.8	78.1	120.5	82.7	123.2
144	54.1	99.6	57.8	103.0	63.2	106.0	64.7	109.0	69.1	112.6	73.3	116.0	78.0	119.6	81.1	122.0	85.2	125.0

*Circular equivalent diameter (d.). Calculated from $d_e = 1.3 \sqrt{\frac{ab}{a+b}}$

†Large numbers in table are duct class.

Tabel 35. Kecepatan udara maksimum yang direkomendasikan untuk sistem kecepatan rendah (FPM)

APPLICATION	CONTROLLING FACTOR NOISE GENERATION Main Ducts	CONTROLLING FACTOR—DUCT FRICTION			
		Main Ducts		Branch Ducts	
		Supply	Return	Supply	Return
Residences	600	1000	800	600	600
Apartments Hotel Bedrooms Hospital Bedrooms	1000	1500	1300	1200	1000
Private Offices Directors Rooms Libraries	1200	2000	1500	1600	1200
Theatres Auditoriums	800	1300	1100	1000	800
General Offices High Class Restaurants High Class Stores Banks	1500	2000	1500	1600	1200
Average Store- Cafeterias	1800	2000	1500	1600	1200
Industrial	2500	3000	1800	2200	1300

Tabel 36. Velocity Pressure

TABLE 8—VELOCITY PRESSURES

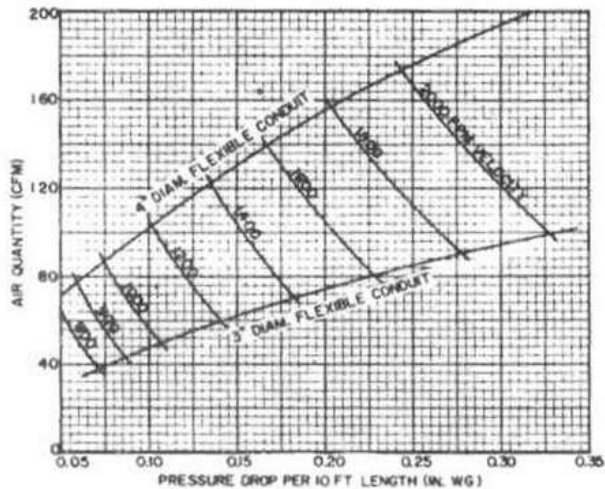
VELOCITY PRESSURE (in. wg)	VELOCITY (Ft/Min)	VELOCITY PRESSURE (in. wg)	VELOCITY (Ft/Min)	VELOCITY PRESSURE (in. wg)	VELOCITY (Ft/Min)	VELOCITY PRESSURE (in. wg.)	VELOCITY (Ft/Min)
.01	400	.09	2130	.58	3050	1.28	4530
.02	565	.30	2190	.60	3100	1.32	4600
.03	695	.31	2230	.62	3150	1.36	4670
.04	800	.32	2260	.64	3200	1.40	4730
.05	895	.33	2300	.66	3250	1.44	4800
.06	980	.34	2330	.68	3300	1.48	4870
.07	1060	.35	2370	.70	3350	1.52	4930
.08	1130	.36	2400	.72	3390	1.56	5000
.09	1200	.37	2440	.74	3440	1.60	5060
.10	1270	.38	2470	.76	3490	1.64	5120
.11	1330	.39	2500	.78	3530	1.68	5190
.12	1390	.40	2530	.80	3580	1.72	5250
.13	1440	.41	2560	.82	3620	1.76	5310
.14	1500	.42	2590	.84	3670	1.80	5370
.15	1550	.43	2620	.86	3710	1.84	5430
.16	1600	.44	2650	.88	3750	1.88	5490
.17	1650	.45	2680	.90	3790	1.92	5550
.18	1700	.46	2710	.92	3840	1.96	5600
.19	1740	.47	2740	.94	3880	2.00	5660
.20	1790	.48	2770	.96	3920	2.04	5710
.21	1830	.49	2800	.98	3960	2.08	5770
.22	1880	.50	2830	1.00	4000	2.12	5830
.23	1920	.51	2860	1.04	4080	2.16	5880
.24	1960	.52	2880	1.08	4160	2.20	5940
.25	2000	.53	2910	1.12	4230	2.24	5990
.26	2040	.54	2940	1.16	4310	2.28	6040
.27	2080	.55	2970	1.20	4380		
.28	2120	.56	2990	1.24	4460		

NOTES: 1. Data for standard air (29.92 in. Hg and 70 F)

2. Data derived from the following equation

$$h_v = \left(\frac{V}{4005} \right)^2 \quad \text{where: } V = \text{velocity in fpm.}$$

$h_v = \text{pressure difference termed "velocity head" (in. wg.)}$



Gambar 76. Penurunan tekanan yang terjadi pada saluran fleksibel

Konversi Keuntungan atau Kerugian Kipas (*Fan Loss or Gain*)

Penambahan pada perhitungan untuk menentukan kecepatan tekanan statis di sisi *fan discharge*, seperti terlihat pada contoh 4, konversi keuntungan atau kerugian kipas harus disertakan. Terdapat banyak jenis untuk perhitungan ini, khususnya pada sistem kecepatan udara tinggi. Hal ini diperlihatkan pada persamaan berikut. Jika kecepatan udara di dalam *duct* lebih tinggi daripada kecepatan udara yang dihasilkan oleh kipas, gunakan rumus berikut untuk ditambahkan dengan *static pressure*:

$$Loss = 1.1 \left[\left(\frac{Vd}{4000} \right)^2 - \left(\frac{Vf}{4000} \right)^2 \right]$$

dimana , Vd = Kecepatan udara pada *duct*

Vf = Kecepatan udara yang dihasilkan kipas

Loss = in.Hg

Jika kecepatan udara yang dihalikan kipas lebih tinggi dari kecepatan udara pada *duct*, maka gunakan rumus berikut untuk dikurangkan dengan *static pressure*:

$$Gain = 0.75 \left[\left(\frac{Vf}{4000} \right)^2 - \left(\frac{Vd}{4000} \right)^2 \right]$$

Kerugian Akibat Gesekan pada Sistem *Duct*

Friction loss (kerugian akibat gesekan) yang terjadi pada setiap sambungan dinyatakan sebanding dengan panjang *duct*. Metode ini memungkinkan sebuah *duct* dibuat dengan menggunakan grafik *friction* untuk menentukan kerugian yang terjadi pada setiap bagian *duct* yang memiliki belokan atau sambungan. Tabel 36 menunjukkan *friction loss* untuk belokan pada *duct* kotak dan tabel 37 menunjukkan kerugian untuk belokan pada *duct* bulat standar. *Friction loss* pada tabel 36 dan 37 digunakan untuk persamaan penambahan panjang untuk saluran *duct* lurus. Kerugian yang terjadi pada belokan ditambahkan pada panjang *duct* untuk memperoleh panjang *duct* yang sebenarnya. Straight run pada *duct* diukur pada titik pusat dari sambungan. Gambar 77 merupakan panduan untuk mengukur panjang *duct*.

Tabel 38 dan 39 memperlihatkan *friction loss* untuk ukuran belokan yang berbeda atau rasio R/D yang lain. Tabel 38 menunjukkan *friction loss* untuk belokan *duct* kotak dan

kombinasi belokan dalam L/D. Tabel 39 juga memuat tentang kerugian dan keuntungan untuk berbagai bentuk *duct*. Kerugian atau keuntungan ini dinyatakan dalam besaran *velocity heads* dengan simbol “n”. Kerugian atau keuntungan ini dikonversikan untuk menambah panjang *duct* dengan rumus yang terdapat pada bagian bawah tabel dan ditambahkan atau dikurangi dari panjang *duct* sebenarnya.

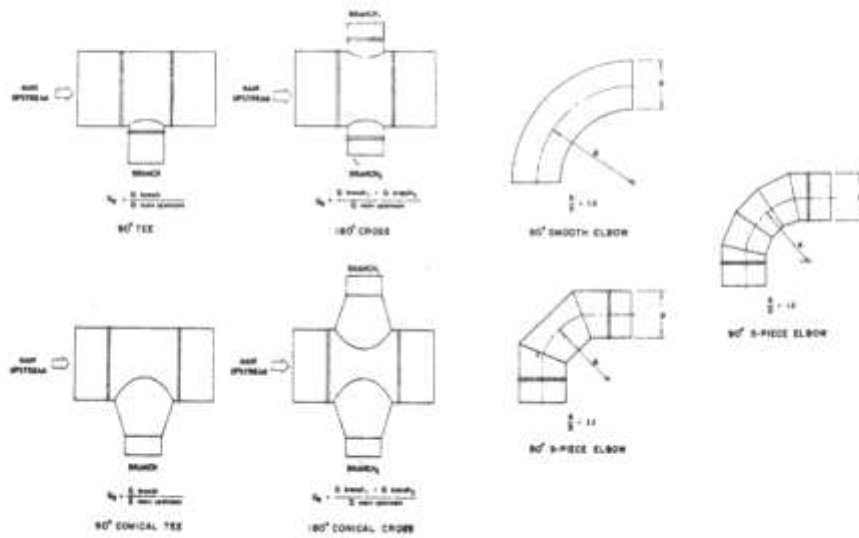
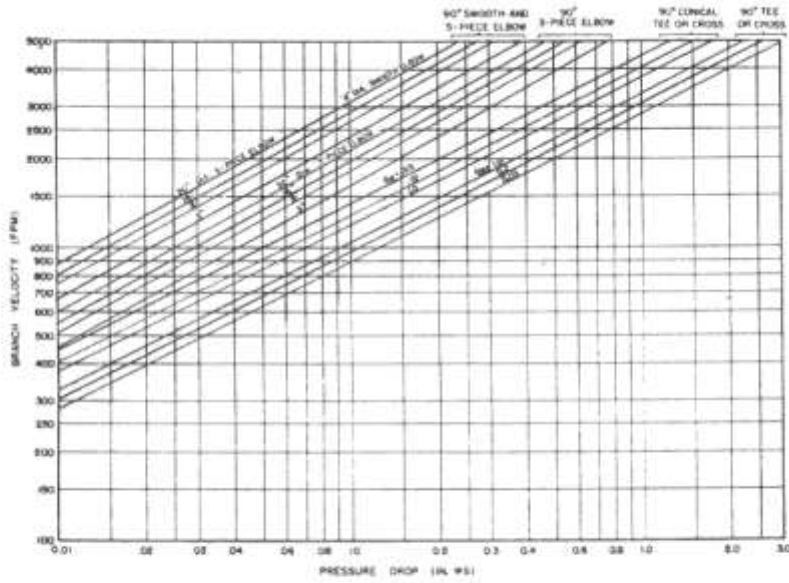
Tabel 36 menunjukkan kerugian dari belokan bulat dalam L/D, penambahan panjang sebanding dengan diameter belokan. Kerugian untuk sambungan “T” dan sambungan silang dinyatakan dalam besaran *velocity heads* (“n”). Persamaan untuk mengkonversikan kerugian pada *velocity heads* untuk penambahan panjang *duct* berada pada bagian bawah tabel.

Pada sistem dengan kecepatan tinggi biasanya terdapat penurunan tekanan pada belokan bulat, sambungan “T” dan sambungan silang dalam in.wg. kerugian ini terdapat pada gambar 77 untuk sambungan bulat standar.

7.4 Metode Perancangan

Prosedur umum untuk perancangan sebuah *duct* adalah menjaga layout dari *duct* sesederhana mungkin dan membuat *duct* tetap simetris. Sumber udara (AHU) ditempatkan pada lokasi yang dapat menciptakan distribusi udara yang baik (bab 7) dan *duct* biasa digunakan untuk menghubungkannya. *Ductwork* harus diletakkan di tempat yang menghindari adanya struktur bangunan dan peralatan.

CHART 9—LOSSES FOR ROUND FITTINGS
Elbows, Tees and Crosses

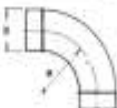



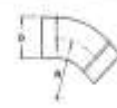
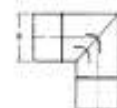
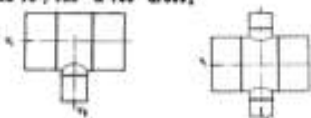
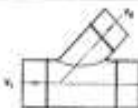
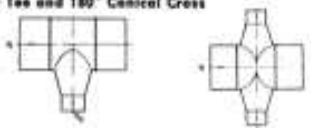


- NOTES: 1. Loss for tee or cross is a function of the velocity in the branch. This represents the loss in static pressure from the main upstream to the branch. Q_b is the ratio of air quantity of the branch to the main upstream.
 2. Loss for 45° smooth elbow is equal to one-half the loss for a 90° smooth elbow.
 3. Loss for 45° 3-piece elbow is equal to one-half the loss for a 90° 3-piece elbow.

Gambar 77. Loss for round fitting

Table 37. Friction of round duct system elemen




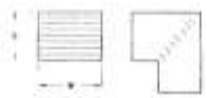


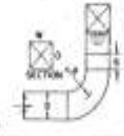
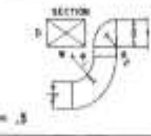
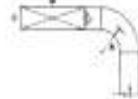
TABLE 9—FRICTION OF ROUND DUCT SYSTEM ELEMENTS

ELEMENT	CONDITION	L/D RATIO*
90° Smooth Elbow 	R/D = 1.5	9
90° 2-Piece Elbow 	R/D = 1.5	24
90° 3-Piece Elbow 	R/D = 1.5	12
45° 3-Piece Elbow 	R/D = 1.5	6
45° Smooth Elbow 	R/D = 1.5	4.5
90° Miter Elbow 	Vaned Not Vaned	22 65
ELEMENT	CONDITION	VALUE OF κ †
90° Tee [and 90°, 135° & 180° Cross] 	$\frac{V_2}{V_1} = \begin{cases} 0.2 \\ 0.5 \\ 1.0 \\ 5.0 \end{cases}$	4.0 2.0 1.75 1.6
Pressure Loss Thru Branch = $\kappa h v_2$		
45° Tee []	$\frac{V_2}{V_1} = \begin{cases} 0.8 \\ 1.0 \\ 2.0 \\ 3.0 \end{cases}$	.10 .44 1.21 1.47
Pressure Loss Thru Branch = $\kappa h v_2$		
90° Conical Tee and 180° Conical Cross 	$\frac{V_2}{V_1} = \begin{cases} 0.5 \\ 1.0 \\ 2.0 \\ 5.0 \end{cases}$	0.2 0.5 1.0 1.2
Pressure Loss Thru Branch = $\kappa h v_2$		

Notes on page 42.


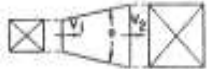






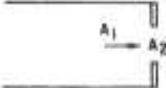
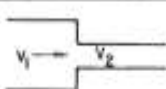
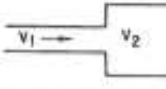
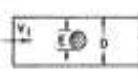
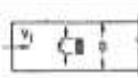
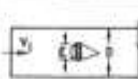
Tabel 38. Friction of rectangular duct system elemen

TABLE 10—FRICTION OF RECTANGULAR DUCT SYSTEM ELEMENTS

ELEMENT	CONDITIONS	L/D RATIO †																																									
Rectangular Radius Elbow 	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">W/D</th> <th colspan="5">R/D</th> </tr> <tr> <th>.5</th> <th>.75</th> <th>1.00</th> <th>1.25*</th> <th>1.50</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="6" style="text-align:center">L/D Ratio</td> </tr> <tr> <td>.5</td> <td>33</td> <td>14</td> <td>9</td> <td>5</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>45</td> <td>18</td> <td>11</td> <td>7</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>80</td> <td>30</td> <td>14</td> <td>8</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>125</td> <td>40</td> <td>18</td> <td>12</td> <td>7</td> </tr> </tbody> </table>		W/D	R/D					.5	.75	1.00	1.25*	1.50	L/D Ratio						.5	33	14	9	5	4	1	45	18	11	7	4	2	80	30	14	8	5	6	125	40	18	12	7
	W/D	R/D																																									
.5		.75	1.00	1.25*	1.50																																						
L/D Ratio																																											
.5	33	14	9	5	4																																						
1	45	18	11	7	4																																						
2	80	30	14	8	5																																						
6	125	40	18	12	7																																						
Rectangular Vaned Radius Elbow 	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Number of Vanes</th> <th colspan="4">R/D</th> </tr> <tr> <th>.50</th> <th>.75</th> <th>1.00</th> <th>1.50</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="5" style="text-align:center">L/D Ratio</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>18</td> <td>10</td> <td>8</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>12</td> <td>8</td> <td>7</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>10</td> <td>7</td> <td>7</td> <td>6</td> </tr> </tbody> </table>		Number of Vanes	R/D				.50	.75	1.00	1.50	L/D Ratio					1	18	10	8	7	2	12	8	7	7	3	10	7	7	6												
	Number of Vanes	R/D																																									
.50		.75	1.00	1.50																																							
L/D Ratio																																											
1	18	10	8	7																																							
2	12	8	7	7																																							
3	10	7	7	6																																							
X° Elbow 	Vaned or Unvaned Radius Elbow	X/90 times value for similar 90° elbow																																									
Rectangular Square Elbow 	No Vanes	60																																									
	Single Thickness Turning Vanes	15																																									
	Double Thickness Turning Vanes	10																																									
Double Elbow  W/D = 1, R/D = 1.25*	S = 0	15																																									
Double Elbow  W/D = 1, R/D = 1.25*	S = 0	20																																									
Double Elbow  W/D = 1, R/D = 1.25* Per Both	S = 0	15																																									
Double Elbow  W/D = 2, R ₁ /D = 1.25*, R ₂ /D = .5	Direction of Arrow	45																																									
Double Elbow  W/D = 4, R/D = 1.25* for both elbows	Reverse Direction	40																																									
	Direction of Arrow	17																																									
	Reverse Direction	18																																									

Tabel 39. Friction of rectangular duct system elemen

TABLE 10—FRICTION OF RECTANGULAR DUCT SYSTEM ELEMENTS (Contd)

ELEMENT	CONDITIONS	VALUE OF n_f																												
Transformer 	$V_2 = V_1$ S.P. Loss = nhv_1	.15																												
Expansion 	"n" Angle "a" <table border="1"> <thead> <tr> <th>v_2/v_1</th> <th>5°</th> <th>10°</th> <th>15°</th> <th>20°</th> <th>30°</th> <th>40°</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>.30</td> <td>.83</td> <td>.74</td> <td>.68</td> <td>.62</td> <td>.52</td> <td>.45</td> </tr> <tr> <td>.40</td> <td>.89</td> <td>.83</td> <td>.78</td> <td>.74</td> <td>.68</td> <td>.64</td> </tr> <tr> <td>.60</td> <td>.93</td> <td>.87</td> <td>.84</td> <td>.82</td> <td>.79</td> <td>.77</td> </tr> </tbody> </table> S.P. Regain = $n(hv_1 - hv_2)$	v_2/v_1	5°	10°	15°	20°	30°	40°	.30	.83	.74	.68	.62	.52	.45	.40	.89	.83	.78	.74	.68	.64	.60	.93	.87	.84	.82	.79	.77	
v_2/v_1	5°	10°	15°	20°	30°	40°																								
.30	.83	.74	.68	.62	.52	.45																								
.40	.89	.83	.78	.74	.68	.64																								
.60	.93	.87	.84	.82	.79	.77																								
Contraction 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>n</th> <th>30°</th> <th>45°</th> <th>60°</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>n</td> <td>1.02††</td> <td>1.04</td> <td>1.07</td> </tr> </tbody> </table> S.P. Loss = $n(hv_2 - hv_1)$ ††Slope 1" in 4"	n	30°	45°	60°	n	1.02††	1.04	1.07																					
n	30°	45°	60°																											
n	1.02††	1.04	1.07																											
Abrupt Entrance 	$S.P. Loss = nhv_1$.35																												
Bellmouth Entrance 		.03																												
Abrupt Exit 	$S.P. Loss or Regain Considered Zero$																													
Bellmouth Exit 																														
Re-entrant Entrance 	$S.P. Loss = nhv_1$.85																												
Sharp Edge Round Orifice 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>A_2/A_1</th> <th>0</th> <th>.25</th> <th>.50</th> <th>.75</th> <th>1.00</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>n</td> <td>2.5</td> <td>2.3</td> <td>1.9</td> <td>1.1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> $S.P. Loss = nhv_1$	A_2/A_1	0	.25	.50	.75	1.00	n	2.5	2.3	1.9	1.1	0																	
A_2/A_1	0	.25	.50	.75	1.00																									
n	2.5	2.3	1.9	1.1	0																									
Abrupt Contraction 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>V_2/V_1</th> <th>0</th> <th>.25</th> <th>.50</th> <th>.75</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>n</td> <td>1.34</td> <td>1.24</td> <td>.96</td> <td>.52</td> </tr> </tbody> </table> $S.P. Loss = nhv_2$	V_2/V_1	0	.25	.50	.75	n	1.34	1.24	.96	.52																			
V_2/V_1	0	.25	.50	.75																										
n	1.34	1.24	.96	.52																										
Abrupt Expansion 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>V_2/V_1</th> <th>.30</th> <th>.40</th> <th>.60</th> <th>.80</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>n</td> <td>.32</td> <td>.48</td> <td>.48</td> <td>.32</td> </tr> </tbody> </table> $S.P. Regain = nhv_1$	V_2/V_1	.30	.40	.60	.80	n	.32	.48	.48	.32																			
V_2/V_1	.30	.40	.60	.80																										
n	.32	.48	.48	.32																										
Pipe Running Thru Duct 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>E/D</th> <th>.10</th> <th>.25</th> <th>.50</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>n</td> <td>.20</td> <td>.55</td> <td>2.00</td> </tr> </tbody> </table> $S.P. Loss = nhv_1$	E/D	.10	.25	.50	n	.20	.55	2.00																					
E/D	.10	.25	.50																											
n	.20	.55	2.00																											
Bar Running Thru Duct 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>E/D</th> <th>.10</th> <th>.25</th> <th>.50</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>n</td> <td>.7</td> <td>1.4</td> <td>4.00</td> </tr> </tbody> </table> $S.P. Loss = nhv_1$	E/D	.10	.25	.50	n	.7	1.4	4.00																					
E/D	.10	.25	.50																											
n	.7	1.4	4.00																											
Element Over Obstruction 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>E/D</th> <th>.10</th> <th>.25</th> <th>.50</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>n</td> <td>.07</td> <td>.23</td> <td>.90</td> </tr> </tbody> </table> $S.P. Loss = nhv_1$	E/D	.10	.25	.50	n	.07	.23	.90																					
E/D	.10	.25	.50																											
n	.07	.23	.90																											

Notes on page 42.

Tabel 40. Friction of round elbow

NOTES FOR TABLE 9

* l and D are in feet. D is the elbow diameter, l is the additional equivalent length of duct added to the measured length. The equivalent length l equals D in feet times the ratio listed.
 †The value of n is the loss in velocity heads and may be converted to additional equivalent length of duct by the following equation.

$$l = n \times h_v \times 100 / f_r$$

- where: l = additional equivalent length, ft
 h_v = velocity pressure at V_1 or V_2 , in. wg (conversion line on Chart 7 or Table 8)
 f_r = friction loss/100 ft, duct diameter at V_2 , in. wg (Chart 7).
 n = value for tee or cross

‡Tee or cross may be either reduced or the same size in the straight thru portion.

NOTES FOR TABLE 10:






*1.25 is standard for an unrounded full radius elbow.
 † l and D are in feet. D is the duct dimension illustrated in the drawing. l is the additional equivalent length of duct added to the measured duct. The equivalent length l equals D in feet times the ratio listed.

‡The value n is the number of velocity heads or difference in velocity heads lost or gained at a fitting, and may be converted to additional equivalent length of duct by the following equation

$$l = n \times h_v \times 100 / f_r$$

- where: l = additional equivalent length, ft.
 h_v = velocity pressure for V_1 or V_2 , in. wg (conversion line on Chart 7 or Table 8).
 f_r = friction loss/100 ft, duct cross section of h_v , in. wg (Chart 7).
 n = value for particular fitting.

TABLE 11—FRICTION OF ROUND ELBOWS

ELBOW DIA. METER (in.)	90° SMOOTH	90° 5-PIECE	90° 3-PIECE	45° 3-PIECE	45° SMOOTH
	 R/D = 1.5	 R/D = 1.5	 R/D = 1.5	 R/D = 1.5	 R/D = 1.5
ADDITIONAL EQUIVALENT LENGTH OF STRAIGHT DUCT (FT)					
3	2.3	3	8	1.5	1.1
4	3	4	8	2	1.5
5	3.8	5	10	2.3	1.9
6	4.5	6	12	3	2.3
7	5.3	7	14	3.5	2.6
8	6	8	16	4	3
9	—	9	18	4.5	—
10	—	10	20	5	—
11	—	11	22	5.5	—
12	—	12	24	6	—
14	—	14	28	7	—
16	—	16	32	8	—
18	—	18	36	9	—
20	—	20	40	10	—
22	—	22	44	11	—
24	—	24	48	12	—

Perancangan sistem *supply* udara tekanan rendah dapat diselesaikan dengan salah satu dari ketiga metode berikut:

1. Pengurangan kecepatan
2. Gesekan yang sama
3. Perolehan statis

Ketiga metode tersebut mengakibatkan perbedaan tingkatan dari ketelitian, ekonomis dan penggunaannya. Metode pergesekan sama direkomendasikan untuk sistem *return* dan sistem pembuangan udara (*exhaust air*).

Sistem Duct Kecepatan Rendah

Metode Pengurangan Kecepatan

Prosedur untuk mendesain sistem *duct* dengan metode ini adalah untuk memilih sebuah kecepatan awal pada *fan discharge* dan membuat pengurangan kecepatan yang berubah-ubah sepanjang *duct* yang dioperasikan. Pemilihan kecepatan awal tidak akan melebihi pada tabel 35. Diameter saluran udara bulat dapat ditentukan melalui gambar 76 memakai perbandingan kecepatan udara dengan jumlah udara. Seorang teknisi dapat memanfaatkan tabel 40 untuk mengubah diameter saluran udara bulat ke dalam ukuran

saluran udara persegi, tekanan udara statik yang berasal dari *fan* yang diperlukan untuk *supply* udara ke dalam ruangan ditentukan dengan perhitungan tertentu. Perhitungan tersebut merupakan jumlah panjang secara keseluruhan saluran udara yang digunakan, termasuk sambungan *elbow* dan *fitting*. Untuk menentukan rugi aliran udara yang melewati saluran udara segi empat, seorang teknisi dapat menggunakan tabel 41 dan 42. Panjangnya saluran udara yang digunakan tidak selalu menyebabkan kerugian aliran akibat gesekan yang besar, saluran udara yang pendek pun bisa menyebabkan hal itu karena kemungkinan memiliki lebih banyak sambungan *fitting*, sambungan *elbow* dan hambatan.

Metode ini tidak harus selalu digunakan, tetapi digunakan jika pihak kontraktor memiliki pengetahuan dan pengalaman yang memadai tentang penggunaan metode ini. Metode ini hanya digunakan untuk instalasi saluran udara yang tidak begitu rumit. Penggunaan metode ini juga harus dibarengi dengan penggunaan spliter *dampers* dengan tujuan untuk menyeimbangkan aliran udara.

Metode Jumlah Gesekan yang Sama

Metode ini digunakan untuk menentukan ukuran saluran *supply*, *exhaust* dan saluran udara balik dengan mengaplikasikan faktor gesekan yang sama pada semua saluran udara, baik saluran udara utama maupun percabangan. Metode ini hanya berpengaruh terhadap pengurangan kecepatan udara dimana peletakkan saluran udara tersebut tidak dilakukan secara sistematis. Jika pada metode ini digunakan dua jenis saluran udara (saluran udara yang panjang dan pendek), maka saluran udara terpendek yang ada harus memiliki *dampers* yang sesuai. Kemungkinan sistem saluran udara yang terpasang akan sulit untuk diseimbangkan ketika metode ini digunakan, karena metode ini akan menyebabkan perbedaan kerugian tekanan antara saluran udara utama dengan saluran udara cabang atau untuk menyediakan *static pressure* yang sama di antara setiap terminal.

Table 41. Friction of Rectangular Elbow

TABLE 12—FRICTION OF RECTANGULAR ELBOWS




DUCT DIMENSIONS (in.)		RADIUS ELBOW NO VANES 	RADIUS ELBOW—WITH VANES‡		SQUARE ELBOWS‡		
							
W	D	Radius Ratio† R/D = 1.25	R ₁ = 6" (Recommended)		R ₁ = 3" (Acceptable)		
			Double Thickness Turning Vanes		Single Thickness Turning Vanes		
ADDITIONAL EQUIVALENT LENGTH OF STRAIGHT DUCT (FT)							
		Vanes		Vanes			
96	48	31	45	2	43	3	60
	36	25	36	2	31	3	45
	30	22	31	2	38	2	37
	24	19	33	1	29	2	30
	20	16	28	1	25	2	25
72	48	28	44	2	41	3	60
	36	23	33	2	29	3	45
	30	21	28	2	33	2	37
	24	17	29	1	25	2	30
	20	15	23	1	19	2	25
	16	13	18	1	16	2	20
	12	12			15	1	15
60	48	27	41	2	39	3	60
	36	22	31	2	27	3	45
	30	19	25	2	31	2	37
	24	16	27	1	26	2	30
	20	14	22	1	21	2	25
	16	12	16	1	15	2	20
	12	10			14	1	15
48	96*	43	35	3			
	48	26	33	2	34	3	60
	36	20	26	2	22	3	45
	30	18	23	2	28	2	37
	24	15	24	1	21	2	30
	20	14	19	1	17	2	25
	16	11	15	1	14	2	20
	12	9			13	1	15
	10	8			11	1	12
	8	8			9	1	10
42	42	23	28	2	26	3	53
	36	20	24	2	21	3	45
	30	17	21	2	26	2	37
	24	15	21	1	19	2	30
	20	13	18	1	16	2	25
	16	11	14	1	13	2	20
	12	9			13	1	15
	10	8			10	1	12
		7			8	1	10
		7			8	1	10
36	72*	34	27	3	*		
	36	19	22	2	19	3	45
	30	16	19	2	22	2	37
	24	14	20	1	22	2	30
	20	12	17	1	15	2	25
	16	10	13	1	12	2	20
	12	9			12	1	15
	10	8			9	1	12
		7			8	1	10
		7			8	1	10
32	32	17	19	2	16	3	40
	30	16	18	2	21	2	37
	24	14	19	1	17	2	30
	20	12	16	1	14	2	25
	16	10	12	1	12	2	20
	12	8			12	1	15
	10	7			9	1	12
	8	6			8	1	10

Table 42. Friction of Rectangular Elbow (Cont.)

TABLE 12—FRICTION OF RECTANGULAR ELBOWS (CONT.)

DUCT DIMENSIONS (in.)		RADIUS ELBOW NO VANES	RADIUS ELBOW—WITH VANES		SQUARE ELBOWS			
W	D	Radius Ratio ¹ R/D = 1.35	R ₁ = 6" (Recommended)	R ₂ = 3" (Acceptable)	Double Thickness Turning Vanes	Single Thickness Turning Vanes		
ADDITIONAL EQUIVALENT LENGTH OF STRAIGHT DUCT (FT)								
			Vaness		Vaness			
38	38	13	14	2	17	2	14	34
	24	13	17	1	15	2	13	30
	30	13	18	1	13	2	12	25
	16	10	11	1	11	2	10	30
	12	8			11	1	8	15
	10	7			9	1	7	12
	8	6			8	1	6	10
24	96*	38	19	3			23	80
	72*	32	17	3			21	72
	48*	22	20	2	20	3	18	42
	24	13	16	1	14	2	12	30
	30	11	13	1	12	2	10	25
	18	10	11	1	10	3	9	30
	12	8			10	1	8	15
	10	7			8	1	7	12
	8	5			7	1	6	10
	6	5			7	1	4	8
20	80*	32	16	3			19	66
	60*	26	19	2			17	58
	40*	22	15	2	14	3	14	49
	30	11	12	1	10	2	10	23
	15	9	9	1	9	2	8	20
	12	7			9	1	7	15
	10	6			8	1	6	12
	8	5			7	1	5	10
	6	4			7	1	4	8
14	64*	26	9	3			14	48
	48*	21	12	2	12	3	12	43
	32*	15	11	2	9	3	11	38
	18	9	8	1	8	2	7	20
	12	7			8	1	6	15
	10	6			6	1	5	12
	8	5			6	1	5	10
	6	4			6	1	4	8
12	48*	19	8	2	8	3	10	33
	36*	16	7	2	7	3	9	30
	24*	11	8	1	8	3	8	26
	12	7			7	3	5	19
	10	6			5	1	2	12
	8	5			5	1	4	10
	6	4			5	1	3	8
10	40*	19	8	2	6	3	8	27
	30*	13	6	2	8	2	7	24
	20*	9	7	1	6	1	6	21
	10	5			5	1	4	13
	8	4			5	1	4	10
	6	4			5	1	3	8
8	32*	13	5	2	4	3	6	21
	24*	11	6	1	5	2	6	19
	16*	8	4	1	5	2	5	16
	8	4			4	1	3	10
	6	3			3	1	3	8
6	24*	10	4	1	4	2	4	13
	18*	8	3	1	4	2	4	12
	12*	6			4	1	3	11
	6	3			4	1	3	8

¹Denotes Hard Bends as shown

Hard Bend



Easy Bend



²For other radius ratios, see Table 10.

³For other sizes, see Table 10.

⁴Vaness must be located as illustrated in Chart 6, page 34, to have these minimum losses.

Prosedur yang sudah ada digunakan untuk menentukan kecepatan aliran udara di dekat fan. Prosedur untuk menentukan kecepatan aliran udara dapat dilakukan dengan menggunakan tabel 35 dengan memperhatikan faktor pembatas. Diagram 7 (gambar 75) digunakan untuk membandingkan kecepatan udara dengan jumlah udara untuk menentukan rata-rata faktor gesekan. Rugi akibat gesekan yang sama tersebut akan tetap dipertahankan di dalam sistem, dan saluran udara bulat yang seukuran dapat ditentukan melalui diagram 7 (Gambar 75).

Untuk mempercepat perhitungan faktor gesekan, dapat menggunakan tabel 43 selain menggunakan diagram 7 (Gambar 75), hasilnya akan sama saja bila ukuran saluran udara yang dimasukan juga sama.

Tabel 43. Percent section area in branches for maintaining equal friction

TABLE 13—PERCENT SECTION AREA IN BRANCHES FOR MAINTAINING EQUAL FRICTION

CFM CAPACITY % 75	DUCT AREA % 75	CFM CAPACITY % 75	DUCT AREA % 75	CFM CAPACITY % 75	DUCT AREA % 75	CFM CAPACITY % 75	DUCT AREA % 75
1	2.0	26	33.5	51	59.0	76	81.0
2	3.5	27	34.5	52	60.0	77	82.0
3	5.5	28	35.5	53	61.0	78	83.0
4	7.0	29	36.5	54	62.0	79	84.0
5	9.0	30	37.5	55	63.0	80	84.5
6	10.5	31	39.0	56	64.0	81	85.5
7	11.5	32	40.0	57	65.0	82	86.0
8	13.0	33	41.0	58	65.5	83	87.0
9	14.5	34	42.0	59	66.5	84	87.5
10	16.5	35	43.0	60	67.5	85	88.5
11	17.5	36	44.0	61	68.0	86	89.5
12	18.5	37	45.0	62	69.0	87	90.0
13	19.5	38	46.0	63	70.0	88	90.5
14	20.5	39	47.0	64	71.0	89	91.5
15	21.5	40	48.0	65	71.5	90	92.0
16	23.0	41	49.0	66	72.5	91	93.0
17	24.0	42	50.0	67	73.5	92	94.0
18	25.0	43	51.0	68	74.5	93	94.5
19	26.0	44	52.0	69	75.5	94	95.0
20	27.0	45	53.0	70	76.5	95	96.0
21	28.0	46	54.0	71	77.0	96	96.5
22	29.5	47	55.0	72	78.0	97	97.5
23	30.5	48	56.0	73	79.0	98	98.0
24	31.5	49	57.0	74	80.0	99	99.0
25	32.5	50	58.0	75	80.5	100	100.0



Tabel tekanan statis yang dibutuhkan *fan* untuk mengeluarkan udara harus sama jumlahnya dengan tekanan yang dikeluarkan pada terminal dan kerugian pada *duct*. Rumus ini dapat digunakan untuk kecepatan antara total panjang *duct* dengan terminal sambungan.

Untuk menentukan jumlah kerugian gesekan dalam sistem *duct*, untuk itu *fan* harus mampu mengatasinya. Ini dibutuhkan untuk memperhitungkan kerugian dalam sistem *duct* yang memiliki daya tahan tinggi. Kerugian gesekan pada *elbow* dan sambungan dalam termasuk dalam perhitungan.

7.5 Contoh 4 – Perancangan Duct dengan Equal Friction Method

Diketahui:

1. Sistem *duct* pada perkantoran (gambar 44)
2. Jumlah total udara = 5400 cfm
3. Jumlah terminal = 18 @ 300 cfm
4. Tekanan pada semua terminal = 0,15 in wg
5. Jari-jari *elbow*, R/D = 1,25

Carilah:

1. Kecepatan awal *duct* (udara), luas, ukuran, dan rata-rata gesekan dalam bagian *duct* dari *fan* ke cabang udara.
2. Buatlah ukuran *duct* yang kecil
3. Jumlah panjang total *duct* untuk keluarnya dari *fan*

Penyelesaian:

1. Pada tabel 7, dipilih kecepatan awal udara 1700 fpm

$$\text{Luas duct} = 5400 \text{ cfm} / 1700 \text{ fpm} \\ = 3,18 \text{ sq.ft}$$

Dalam tabel 6, dipilih ukuran *duct* 12" x 22"

Dalam tabel 7 biasanya ditentukan jumlah rata-rata gesekan udara (5400) dan diameter untuk *duct* bulat bisa dilihat dalam tabel 6. Diameter untuk *duct* bulat = 24,1 in. Dengan rata-rata gesekan = 145 in.wg/ 100 ft

2. Untuk luas sirkulasi *duct* menggunakan tabel 38 dan ukuran *duct* dapat dilihat dalam tabel 39. Informasi berdasarkan tabel perancangan.

Tabel 44. Luas sirkulasi duct

DUCT SECTION	AIR QUANTITY (cfm)	CFM* CAPACITY (%)
To A	5400	100
A - B	3600	67
B - 13	1800	33
13 - 14	1500	28
14 - 15	1200	22
15 - 16	900	17
16 - 17	600	11
17 - 18	300	6

Tabel 45. Ukuran duct

DUCT SECTION	DUCT AREA (%)	AREA† (sq ft)	DUCT SIZE‡ (in.)
To A	100.0	3.18	22 x 22
A - B	73.5	2.43	22 x 16
B - 13	41.0	1.3	22 x 10
13 - 14	35.5	1.12	18 x 10
14 - 15	29.5	.94	14 x 10
15 - 16	24.0	.76	12 x 10
16 - 17	17.5	.56	8 x 10
17 - 18	10.5	.33	8 x 10

$$* \text{Percent of cfm} = \frac{\text{air quantity in duct section}}{\text{total air quantity}}$$

† Duct area = percent of area times initial duct area (fan to A)

‡ Refer to page 21 for reducing duct sizes.

3. *Duct* yang digunakan dari *fan* hingga menuju ke-18 terminal telah memiliki daya tahan tinggi. Tabel 10 dan 12 digunakan untuk menentukan proses kerugian pada *fitting* (sambungan). Daftar tabel digunakan untuk memperhitungkan total panjang didalam sistem.

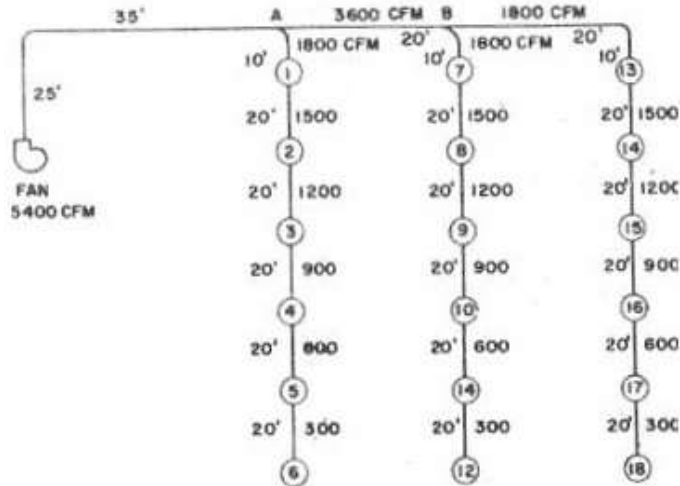
Tabel 46. Kerugian fitting (sambungan)

DUCT SECTION	ITEM	LENGTH (ft)	ADD. EQUIV. LENGTH (ft)
To A	Duct	60	
	Elbow		12
A - B	Duct	20	
B - 13	Duct	30	
	Elbow		7
13 - 14	Duct	20	
14 - 15	Duct	20	
15 - 16	Duct	20	
16 - 17	Duct	20	
17 - 18	Duct	20	
Total		210	19

4. Total kerugian gesekan dalam *duct* dari *fan* ke pemberhentian terakhir (terminal 18) ditunjukkan dalam persamaan:

$$\begin{aligned} \text{Loss} &= \text{Jumlah panjang total} \times \text{rata-rata gesekan} \\ &= 299 \text{ ft} \times 0,145 \text{ in.wg} / 100 \text{ ft} \\ &= 0,332 \text{ atau } 0,33 \text{ in.wg} \end{aligned}$$

Total *static pressure* yang diperlukan pada *fan discharge* adalah jumlah tekanan operasi terminal dan kerugian sepanjang *duct*. Pengurangan dapat dilakukan untuk perolehan kecepatan (*velocity regain*) di antara bagian *duct* pertama dan terakhir.



Gambar 78. Duct layout for low velocity system (examples 3,4)

Kecepatan di bagian awal = 1700 fpm

Kecepatan di bagian akhir = 500 fpm

Gunakan 75% koefisien *regain*,

$$\begin{aligned} \text{Regain} &= 0,75 \left[\left(\frac{1700}{4000} \right)^2 - \left(\frac{590}{4000} \right)^2 \right] \\ &= 0,75 (0,18 - 0,02) = 0,12 \text{ in. wg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total static pressure pada fan discharge} &= \text{duct friction} + \text{terminal pressure} - \text{regain} \\ &= 0,33 + 0,15 - 0,12 \\ &= 0,36 \text{ in. wg} \end{aligned}$$

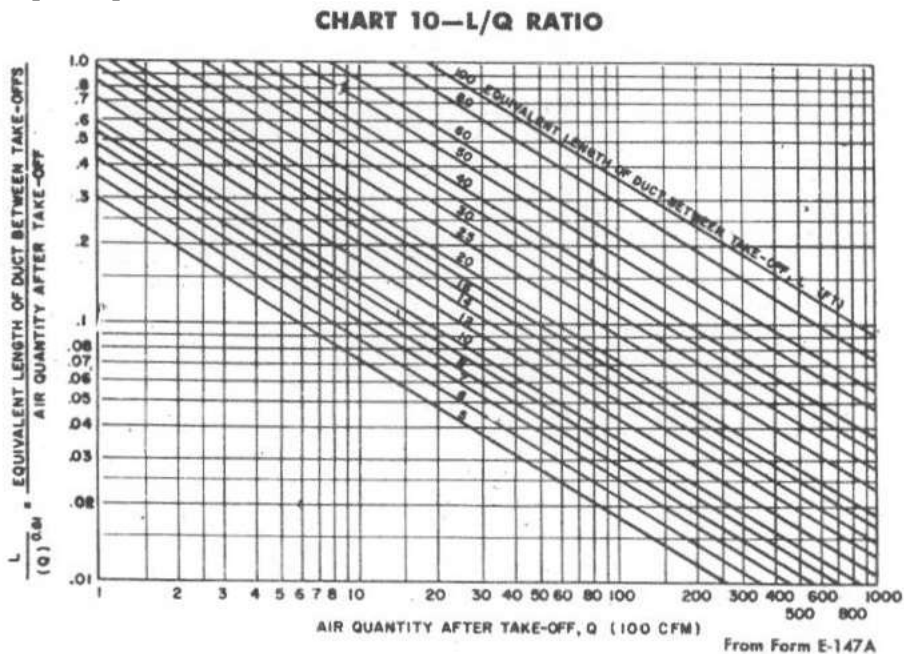
Metode penyamaan selisih tidak sesuai dengan desain kriteria dari tekanan statis keseluruhan pada semua cabang dan sambungan udara. Untuk memperoleh jumlah udara yang tepat pada awal setiap cabang, sebaiknya untuk memasukan sebuah *splitter damper* untuk mengatur jumlah udara pada setiap anak cabang. Hal tersebut juga penting untuk dapat mengontrol peralatan-peralatan lainnya (*vanes*, *volume damper*, atau *adjustable terminal volume control*) untuk mengatur aliran udara di setiap sambungan untuk pendistribusian udara secara tepat guna. Pada contoh 4, jika *fan* yang dipilih mempunyai kecepatan 2000 fpm, untuk menghasilkan tekanan statis total yang diperlukan, ditentukan dengan “*Fan Conversion Loss or Gain*”.

$$\begin{aligned} \text{Gain} &= 0,75 \left[\left(\frac{2000}{4000} \right)^2 - \left(\frac{1700}{4000} \right)^2 \right] \\ &= 0,75 (0,25 - 0,18) = 0,05 \text{ in. wg} \end{aligned}$$

Metode Perolehan Statis

Prinsip dasar memperoleh data statis adalah ukuran dari *duct* ditambah dengan tekanan statis (diperoleh dari kecepatan reduksi) pada setiap cabang atau sambungan udara kecuali *friction loss* pada setiap bagian *duct*, tekanan statis kemudian disamakan sebelum setiap sambungan dan tiap-tiap cabang.

Patuhilah prosedur yang digunakan untuk merancang sebuah sistem *duct* sesuai dengan metode yang berlaku, pilih terlebih dahulu kecepatan kipas (*fan*) dari tabel 7 dan ukuran tiap *duct* pada tabel 6.



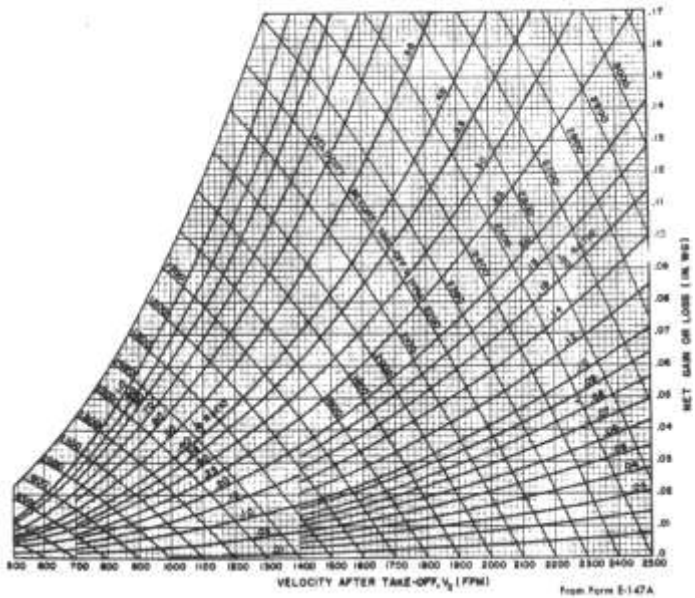
Gambar 79. Chart 10-L/Q Eartio

Pada langkah selanjutnya lihat ukuran *duct* pada gambar 63 (*L/Q Ratio*) dan grafik 64 (perolehan statis untuk kecepatan rendah). Grafik 10 digunakan untuk menunjukkan *L/Q ratio* jika diketahui jumlah udara dan panjang pada keluaran atau cabang-cabang *duct* untuk memperoleh ukuran statis. Panjang ini adalah antara keluaran atau cabang-cabang, belokan, kecuali sambungan. Akibat dari sambungan dihitung pada grafik 64. Hal ini diasumsikan bahwa sambungan akan dibahas pada bab ini nantinya.

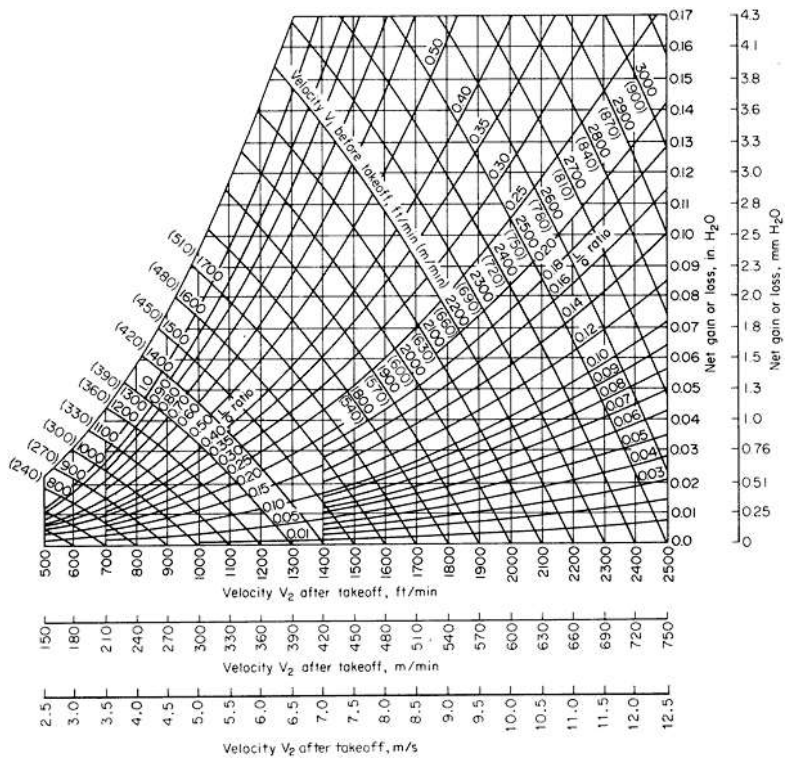
Grafik 64 digunakan untuk menentukan kecepatan didalam *duct* berhubungan dengan ukuran. Nilai dari *L/Q ratio* dan kecepatan pada sambungan *duct* dengan segera sebelum menentukan ukuran gunakan grafik 64. Kecepatan ditentukan grafik 64 dengan jumlah udara untuk mencari luas *duct*. Menentukan luas *duct* digunakan grafik 6 untuk *duct* persegi dan *equivalent duct bulat*. Dalam penggunaan *duct* jenis ini, *friction loss* harus sama dengan jumlah panjang *duct* keseluruhan ditambah dengan tekanan statis dari perubahan kecepatan setelah setiap sambungan dan keluaran. Tetapi, sebagai contoh saat kapasitas dalam ruangan terlalu kecil diperlukan penggantian ukuran *duct* setelah keluaran (outlets) atau memungkinkan untuk menurunkan kapasitas suatu ruangan tersebut jika diperlukan. Hal tersebut dapat memberikan keuntungan atau kerugian terutama kemampuan kipas untuk dapat bekerja. Secara umumnya, kerugian atau keuntungan ini kecil, dalam beberapa contoh, dapat diabaikan. Daripada merancang sistem *duct* dengan

keuntungan atau kerugian sekecil-kecilnya, lebih baik merancang kerugian atau keuntungan yang besar pada setiap sistem. Untuk setiap penambahan kerugian operasional dan waktu menambah kapasitas motor perlu dirancang juga. Meskipun tidak direkomendasikan, pengukuran kerugian yang konstan dapat menurunkan ukuran *duct*.

CHART 11—LOW VELOCITY STATIC REGAIN



Gambar 80. Grafik Low velocity static regain



7.6 Contoh 5 – Perancangan duct dengan metode static regain

Diketahui :

1. *Duct lay out* (contoh 4 dan gambar 81)
2. Total *air quantity* = 5400 cfm
3. Kecepatan udara dalam *duct* = 1700 fpm (contoh 4)
4. R/D = 1,25
5. Terdapat 18 buah defuser dengan kapasitas 300 cfm
6. Tekanan udara pada setiap defuser 0,15 in.wg

Temukan :

1. Ukuran *duct*
2. Total tekanan static yang diperlukan pada saluran tekan kipas

Solusi :

1. Dengan kecepatan udara 1700 fpm dan air quantity 5400 cfm, maka ukuran *duct* saluran kipas sama dengan 3,18 sq.ft. dari tabel 6, dipilih ukuran *duct* 22" x 22". Dari tabel 32 juga diketahui persamaan ukuran untuk *duct* bulat adalah 24.1 inch dan *friction rate* dari grafik 76 adalah 0,145 in.wg per 100 ft dari panjang yang sama.

Equivalent length dari *duct* pada saluran tekan kipas pada percabangan pertama adalah:

$$= \text{Panjang } duct + \text{penambahan panjang dari } fitting$$

$$= 60 + 12 = 72 \text{ ft}$$

Friction *loss* yang terjadi pada *duct* di percabangan pertama:

$$= \text{equivalent length of } duct \times \text{friction rate}$$

$$= 72 \times 0,145 / 100$$

$$= 0,104 \text{ in.wg}$$

Tekanan statik didalam *duct* terdekat sebelum outlet 1 dan 7 sama dengan tekanan statik sebelum outlet 13. Perhatikan gambar 48, tabel ukuran *duct*.

Total S.P. Loss for supply duct system = S.P. for critical duct ___ in. wg plus air outlet S.P. loss ___ in. wg = ___ in. wg.										
1	2	3	4	5		6		7	8	9
SECTION NO.	AIR QUANTITY Q (cfm)	EQUIV. LENGTH L (ft)	L/Q RATIO	VELOCITY V (fpm)		AREA (sq ft)		DUCT DIAM. OR RECT. SIZE† (in.)	FRICTION LOSS OR TAKE-OFF TO TAKE-OFF S.P. CHANGE (in. wg)	TOTAL S.P. LOSS IN DUCT (in. wg)
				Indicated	Selected	Indicated	Selected			
				Fan to A	5400	72				
A - B	3600	20	.135	1510		2.38		22 x 16		
B - 13	1800	37*	.39	1170		1.54		22 x 10		
13 - 14	1500	20	.23	1000		1.50		22 x 10		
14 - 15	1200	20	.26	850		1.41		22 x 10		
15 - 16	900	20	.32	720		1.25		20 x 10		
16 - 17	600	20	.41	590		1.01		16 x 10		
17 - 18	300	20	.65	480		.65		10 x 10		
B - 7	1800	17*						22 x 10		
7 - 8	1500	20						22 x 10		
8 - 9	1200	20						22 x 10		
9 - 10	900	20						20 x 10		
10 - 11	600	20						16 x 10		
11 - 12	300	20						10 x 10		
A - 1	1800	17*						22 x 10		
1 - 2	1500	20						22 x 10		
2 - 3	1200	20						22 x 10		
3 - 4	900	20						20 x 10		
4 - 5	600	20						16 x 10		
5 - 6	300	20						10 x 10		

*Duct size is assumed to determine loss thru elbow.
†Duct sizes from Table 6. Longest duct run is sized first.
Remaining duct sections are the same size, as they are symmetrical to branch B thru 18. If other branches are

not symmetrical and handle different air quantities, an initial velocity is assumed at the beginning of the branch. This velocity is somewhat less than the velocity in the header before take-off.

From Form E-147

Gambar 81. Duct Sizing Calculation Form

2. Total tekanan yang dibutuhkan pada tekanan tinggi yaitu sama dengan penjumlahan *friction loss* pada *duct* bagian dalam ditambah dengan tekanan sambungan *duct*.

Fan *discharge* pressure :

$$= \text{friction loss} + \text{terminal pressure}$$

$$= 0,104 + 0,15$$

$$= 0,25 \text{ in.wg}$$

Metode ini baik dipakai untuk perancangan dengan penambahan *splitter damper* untuk mengatur aliran udara pada percabangan. Tekanan statis setelah melewati percabangan harus mendekati sama dengan tekanan sebelum melewati percabangan.

Perbandingan *Static Regain* dan *Equal Friction Method*

Contoh pada no 4 dan 5 menentukan ukuran main *duct* yaitu dengan persamaan *friction* dan statis regain. Akan tetapi untuk percabangan *duct*, ukurannya ditentukan dengan statik regain itu akan lebih besar ukuran cabang *duct* dari pada menggunakan *equal friction*. Pada gambar 82 ditunjukkan perbandingan menentukan besar *duct* dan berat dengan menggunakan dua cara. Berat dari lembaran bahan yang dibutuhkan pada perancangan dengan statis regain kira-kira 13% lebih besar dengan menggunakan cara *equal friction*. Akan tetapi kenaikan biaya awal seimbang dengan waktu dan biaya operasi.

DUCT SECTION	EQUAL FRICTION METHOD		STATIC REGAIN METHOD	
	Duct Dimensions (in.)	Duct Weight (lb)	Duct Dimensions (in.)	Duct Weight (lb)
To A	22 x 22	592	22 x 22	592
A to B	22 x 16	179	22 x 16	179
A-1, B-7, B-13	22 x 10	394	22 x 10	394
1-2, 7-8, 13-14	18 x 10	411	22 x 10	458
2-3, 8-9, 14-15	14 x 10	360	22 x 10	438
3-4, 9-10, 15-16	12 x 10	321	20 x 10	435
4-5, 10-11, 16-17	8 x 10	270	16 x 10	384
5-6, 11-12, 17-18	8 x 10	270	10 x 10	297
Total weight of duct*		2797		3157
Allow 15% for scrap		420		475
Total wt of sheet metal		3217		3632

*Total weight includes transformation and elbows.

Gambar 82.Comparison of Duct Sizing Methods

Jika diasumsikan kecepatan aliran pada AHU rendah seperti yang digunakan pada contoh 3 dan 4 dan dirancang pada aliran udara 5400 cfm membutuhkan tekanan statis 1,5 in.wg. kenaikan horsepower dibutuhkan untuk *equal friction* yang lain desain ditentukan dengan cara yang lain.

	STATIC REGAIN METHOD S.P. (in. wg)	EQUAL FRICTION METHOD S.P. (in. wg)
Air handling equipment	1.5	1.5
Duct friction	.104	.33
Terminal pressure	.15	.15
Static regain credit	—	— .12
Total	1.75	1.86

$$\text{Additional hp} = \frac{1.86 - 1.75}{1.75} = 6.3\% \text{ approx.}$$

Gambar 83.Equal Friction Duct

Kenaikan 6% hp biasanya disesuaikan dengan besar motor *fan* dan sesudah itu kenaikan biaya transmisi listrik.

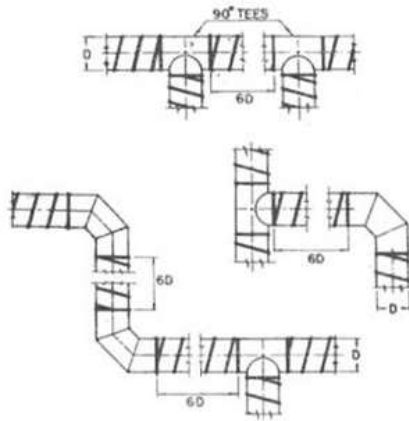
Sistem Duct dengan Kecepatan Tinggi

Pendistribusian udara dengan aliran tinggi membutuhkan kecepatan udara dan tekanan statis yang lebih tinggi dari pada sistem konvensional. Perancangan sistem kecepatan disesuaikan dengan ukuran *duct reducer* dan kapasitas horsepower *fan*. Pada umumnya *duct reducer* disimpan pada *space* tempat *air conditioning* diletakkan.

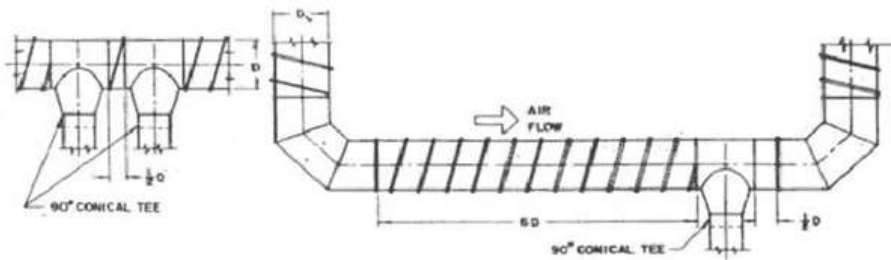
Biasanya *fan* kelas II dibutuhkan untuk menaikkan tekanan statis pada kecepatan tinggi dan lebih menjaga susunan dan konstruksi sistem *duct*. Pada umumnya *duct* diberi pencegah kebocoran udara untuk menghindari terjadinya kebisingan. *Duct* bulat lebih disukai daripada *duct* persegi karena lebih kaku. Pipa spiral digunakan pada posisi yang memungkinkan. Sejak itu *duct* bulat dan *duct persegi* dapat digunakan secara bersamaan tanpa pengelasan.

Kesimetrisan sangat penting untuk pertimbangan perancangan sistem *duct*. Penggunaan ukuran yang sama maksimum pada *duct* yang simetris akan berpengaruh pada biaya konstruksi dan pemasangan.

Hal yang penting yaitu harus berhati-hati untuk memilih dan menentukan lokasi penyambungan untuk menghindari tekanan yang berlebih dan kemungkinan terjadinya kebisingan. Perhatikan gambar 84 diumpamakan jarak minimum pada enam *duct* antara belokan dan 90° sambungan. Jika sambungan kerucut 90° digunakan, sambungan berikutnya didalam pengarah aliran udara mungkin bisa diletakkan setengah dari diameter *duct* (gambar 85). Penggunaan *conical tee* dibatasi untuk *header ductwork* dan hanya untuk menaikkan dan kecepatan awal.



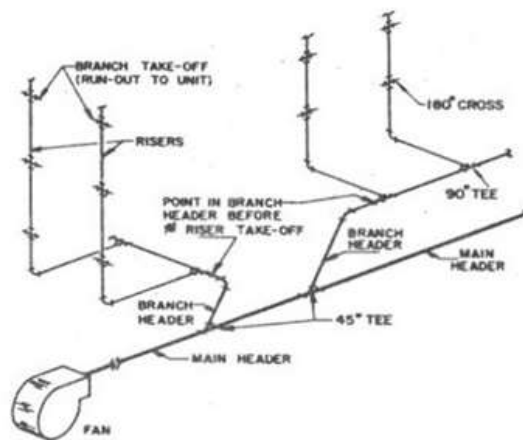
Gambar 84. Spacing of Fitting in Duct Run



Gambar 85. Spacing of Fitting When Using 90° Conical Tee

Ketika penataan letak *header ductwork* untuk kecepatan tinggi, tentu ada beberapa hal yang harus dipertimbangkan:

1. Perencanaan *friction loss fan discharge* dari *branch header* ke percabangan sampai ke ujung *duct friction loss* harus sekecil mungkin. Batas *friction loss* ditunjukkan pada gambar 86.



Gambar 86. High Velocity Headers and Branches

2. Untuk memenuhi prinsip-prinsip di atas ketika diterapkan untuk *multiple header* yang meninggalkan *fan*, dan memaksimalkan keuntungan pada *duct* dengan kecepatan tinggi, mengikuti ketentuan yang dimungkinkan. Buat persamaan rasio dari total *equivalent length* dari setiap *header run* menuju diameter *header* pertama (L/D ratio).
3. Pada ruang yang mempunyai jarak pendek, maka dari *header* harus digunakan *tee* 90° dan 90° *conical tee* atau 45° *tee*.

Desain sistem saluran udara (*duct*) yang berkecepatan tinggi pada dasarnya sama dengan desain pada sistem *duct* yang berkecepatan rendah. Kecepatan aliran udara cenderung menurun pada setiap saluran yang aliran udaranya mengalir ke atas. Penurunan kecepatan ini diakibatkan oleh penggantian dari tekanan statis yang seimbang dengan *friction loss* pada saluran *duct*.

Kecepatan aliran udara saat dimulai pada saluran utama bergantung dari lamanya unit beroperasi. Agar diperoleh keseimbangan harga atau ekonomis, antara pengeluaran pertama dengan pengeluaran operasi, maka untuk sistem dengan kecepatan aliran udara yang rendah dianjurkan pengoperasiannya berlangsung selama 24 jam. *Conical tee* 90° yang digunakan pada saluran utama berbeda dengan *conical tee* 90° yang digunakan pada saluran utama sampai percabangan yang mengarah ke atas. Kecepatan awal pada percabangan telah direkomendasikan. Berikut tabel rekomendasi kecepatan untuk *header* dan percabangan.

Tabel 47. Recommended Initial Velocity Used With Charts 12 and 13 (fpm)

RECOMMENDED INITIAL VELOCITIES USED WITH CHARTS 12 AND 13 (fpm)	
HEADER	
12 hr. operation	3000 - 4000
24 hr. operation	2000 - 3500
BRANCH*	
90° conical tee	4000 - 5000
90° tee	3500 - 4000
TAKE-OFFS TO TERMINALS	2000 maximum

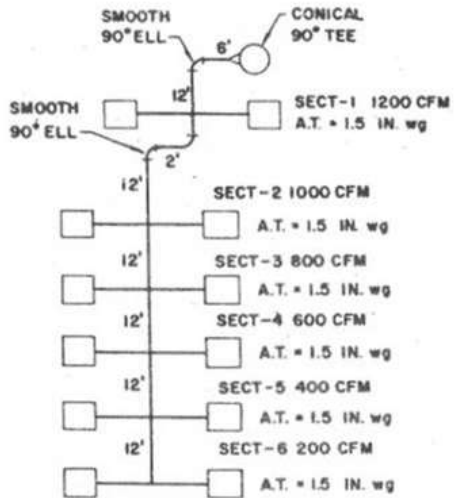
*Branches are defined as a branch header or riser having 4 to 5 or more take-offs to terminals.

Grafik *static regain* digunakan saat mendesain pada sistem dengan kecepatan tinggi. Grafik 12 digunakan untuk mendesain percabangan dan grafik 13 digunakan untuk desain saluran utama. Perbedaan mendasar antara kedua grafik adalah pada jumlah udara yang dialirkannya.

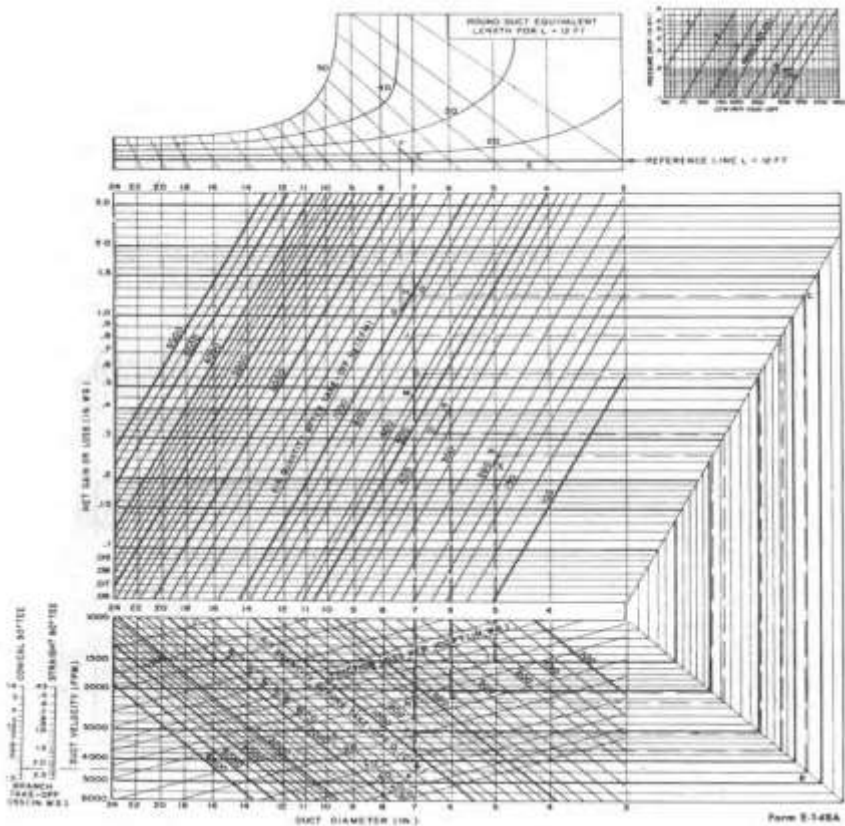
Grafik 12 digunakan untuk menentukan ukuran *riser* dan percabangan *header* handling 6000 cfm atau kurang. Grafik ini didasarkan pada 12 ft dan di tambahkan antara titik kenaikan sampai terminal udara pada percabangan *header*.

Grafik 13 digunakan untuk menentukan ukuran saluran utama, dan jumlah udara antara 1000 sampai 40000 cfm. Grafik ini didasarkan pada 20 ft dan ditambahkan antara percabangannya. Skala untuk mengkoreksi berada disisi atas grafik dan digunakan saat adanya saluran yang naik sampai percabangan lebih kurang 20 ft.

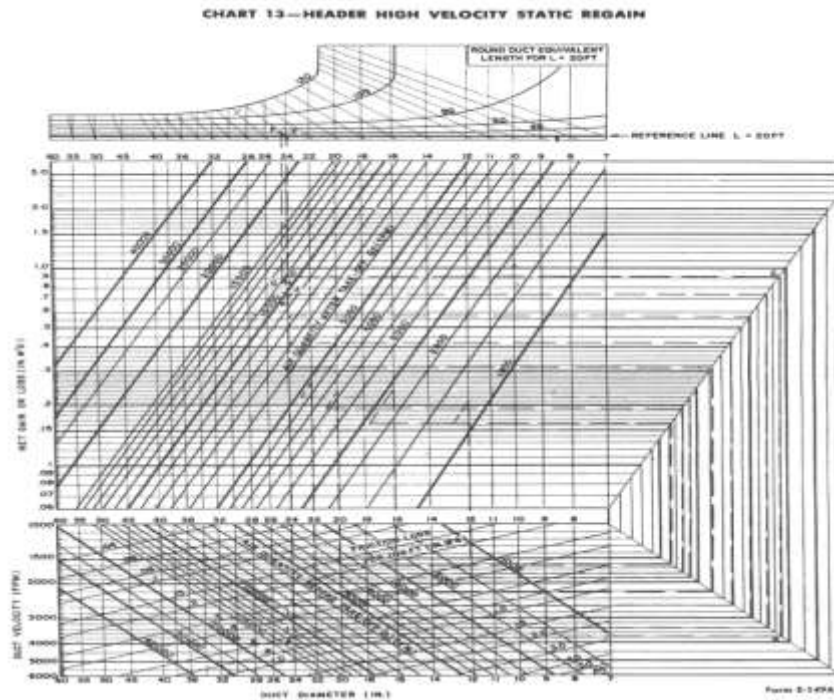
Contoh 6 dan 7 menggambarkan penggunaan dua grafik ini. Contoh 6 adalah masalah ukuran percabangan pada tata letak *duct* gambar 53. Contoh 7 adalah tata letak saluran utama (gambar 68).



Gambar 87. Branch duct For example 6



Gambar 88. Headerhigh Velocity Static regain



7.7 Contoh 6 – Menggunakan Grafik Ukuran Saluran Percabangan

Diketahui : Bangunan kantor mempunyai 12 terminal udara (*diffuser*) dengan kecepatan masing-masing 100 cfm. Jumlah total udara adalah 1200 cfm, tekanan statis terminal adalah 1,5 in wg.

Ditanya :

Ukuran *duct* dari bagian 1 sampai bagian 6.

Penyelesaian :

1. Buatlah sketsa seperti gambar 90, selanjutnya masukan nilai yang tepat pada kolom 2, 3 dan 8 seperti pada gambar 89.

INITIAL CONDITIONS: Cfm 1200; Duct Size 7 in.; Velocity 4500 fpm.

1	2	3	4		5	6	7	8	9	10								
			BRANCH SECT. NO.	AIR QUAN- TITY Q (cfm)							EQUIV. DUCT LENGTH L (ft)	PRESSURE READING (in. wg)		TAKE-OFF TO TAKE-OFF S.P. CHANGE (4 times 5) (in. wg)	S.P. AHEAD OF TAKE-OFF (in. wg)	AIR TERMINAL PRESS. (in. wg)	DUCT SIZE (in.)	VELOC- ITY V (fpm)
												Initial	Selected					
1	1200	23.5	Branch Take-Off F. L. = 1.25 Duct Friction Loss = .89					2.14	1.5	7	4580							
2	1000	24.0	1.0	1.25			-0.25	2.39	1.5	7	3700							
3	800	12	0.84	0.84			0.0	2.39	1.5	7	3050							
4	600	12	0.57	0.47			+0.1	2.29	1.5	7	2500							
5	400	12	0.32	0.40			-0.085	2.37	1.5	6	2050							
6	200	12	0.26	0.24			+0.02	2.55	1.5	5	1475							
						Maximum S. P. is at Section 2: 2.39 + 1.5 + .19 = 4.08												

From Form E-148

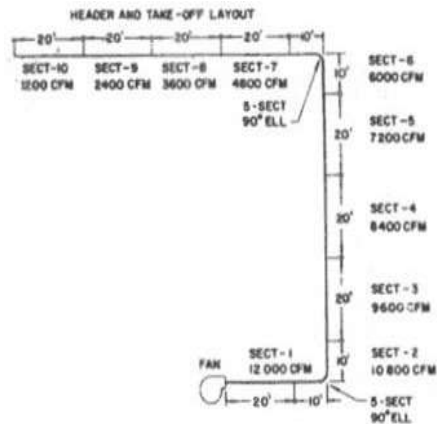
FIG. 54 — HIGH VELOCITY BRANCH SIZING CALCULATIONS

Gambar 89. High Velocity Branch sizing Calculation

2. Gunakan grafik 12 (Gambar 88) untuk mencari kecepatan rata-rata pada belokan dengan besar sudut 90° dengan sambungan kerucut, seperti gambar 50 dan 51.

3. Besarnya jumlah udara pada percabangan adalah 1200 cfm, seperti terlihat pada titik A. ukuran saluran *duct* 7 in dan 3,8 in wg. Kerugian per 100 ft pada pipa dengan kecepatan 4500 fpm. Masukkan jumlah pada perhitungan sistem dengan kecepatan tinggi. (Gambar 54)
4. Dari titik A, tentukan kerugian pada saluran utama yang mengarah ke atas pada proyeksi horizontal bagian kiri titik A dan terbaca 1,25 in wg.
5. Masukkan 1,25 in wg pada gambar 54 bagian pertama.
6. Hitunglah panjang pipa saluran utama sampai saluran keluar (*diffuser*) pertama yang mengarah ke atas. Panjang pipa = 6 + 12 = 18ft. One 7 in = 5,3 ft. jumlah total panjang = 18 + 5,3 = 23,3 ft. Tekanan = 23,3 x 3,8/100 = 0,89 in wg.
7. Hitunglah ukuran *duct* pada bagian 2:
Dari titik A grafik 1, masukkan ke titik B dan C untuk garis 1000 cfm pada titik D.
8. Hitunglah ukuran panjang untuk bagian 2 :
Panjang *duct* = 12 + 2 = 14 ft, belokan 90° (*smooth*) adalah 2 x 5,3 = 10,6 ft. Total panjang = 14 + 10,6 = 24,6 ft.
9. Hitung kerugian tekanan pada bagian 2 :
Bagian vertikal dari titik D yang sejajar, kemudian titik E. Ikuti garis sepanjang 24,6 ft, titik F. bagian vertical dari F untuk 100 cfm sejajar dengan titik G, kemudian jarak 100 cfm untuk titik H. masukkan nilai titik H (1,25 in wg) dan titik G (1,0 in wg) pada gambar 54 kolom 4 dan 5 kerugian bersih titik H – titik G = 1,25 – 1,0 = 0,25 in wg. Masukkan pada kolom 6 pada gambar 54. Masukkan nilai 7 in pada kolom 9.
10. Tentukan ukuran saluran pada bagian 3:
Bagian yang mengarah ke bawah sebesar 7 in dengan diameter yang sama untuk 1000 cfm dari H sampai ke I.
11. Bagian yang sama pada bagian kanan dari tabel 1 hingga menjadi 800 cfm untuk titik J. Ukuran saluran 7 in dimasukkan ke dalam tabel kolom 4, 5, 6 dan 9 pada gambar 54.
12. Tentukan ukuran saluran pada bagian 4, bagian yang mengarah ke bawah dengan diameter 7 in sampai 800 cfm seperti titik J dan K.
13. Bagian yang diperlihatkan pada bagian kanan dari tabel titik K untuk 600 cfm garis pada titik L. Bagian 600 cfm untuk diameter 7 in pada titik L dan N, untuk menghitung bagian statis dari 0,57 sampai 0,47 = 0,10 in wg. Ukuran saluran pada bagian 4 adalah 7 in. Masukkan nilai sementara yang didapat pada gambar 54 kolom 4, 5, 6, 7 dan 9.
Catatan : jika 600 cfm dimasukkan pada titik L untuk diameter 6 in. kerugian rata-rata 0,88 – 0,45 = 0,43 in wg. Kerugian ini tidak terlalu mempengaruhi sistem sehingga bagian L menjadi diameter 7 in.
14. Tentukan ukuran saluran pada bagian 5 : pada bagian bawah dari M untuk 600 cfm titik N bagian seperti ditunjukkan untuk 400 cfm titik A, kemudian 400 cfm untuk diameter 6 in untuk titik O dan P. kerugian tekanan = 0,40 – 0,315 = 0,085 in wg. Ukuran saluran 6 in dapat ditentukan pada gambar 54 kolom 5, 4, 6, 7 dan 9.
Catatan : jika 400 cfm dimasukkan pada titik untuk diameter 7 in. kerugian rata-rata = 0,315 – 0,20 = 0,115 in wg. Kemudian untuk ukuran 6 in ukuran yang signifikan.
15. Tentukan ukuran saluran pada bagian 6 :
Ukuran saluran 5 in. Tentukan ukuran titik S.

16. Kecepatan untuk saluran 1 sampai 6 dari titik A, I, K, N, Q dan T masukkan ke kolom 10.
17. Tentukan awal dan perputaran tekanan dengan memasukkan titik pada tabel 12 pada 100 cfm dan tekanan 0,19 in untuk 4 in ukuran keliling.
18. Tambahkan 2,9 in wg (ukuran maksimum dari kolom 7) ditambahkan 1,5 in wg (kolom 8) ditambahkan 0,19 awal dan perputaran untuk mendapatkan 4,08 in total dari perputaran.



Gambar 90. High Velocity Duct System-Header Static Regain method Sizing

Contoh 7 – Menggunakan Tabel Ukuran Saluran Utama

Diketahui :

Bangunan kantor, beroperasi selama 12 jam seperti diperlihatkan pada gambar 55. Terdapat 10 belokan dengan kapasitas 1200 cfm sehingga totalnya 12000 cfm.

Ditanyakan :

Ukuran *duct* untuk bagian 1 sampai 10

Penyelesaian :

1. Sketsa gambar seperti gambar 55. Masukkan nilai yang tepat pada gambar 56 pada kolom 1, 2, 3 dan 8.
2. Gunakan tabel 13, masukkan kecepatan rata-rata yang direkomendasikan untuk saluran utama pada sistem yang beroperasi 12 jam.
3. Jumlah udara pada saluran utama 12000 cfm, digambarkan pada titik A. Ukuran saluran 24 in dan 62 in wg. Kerugian per 100 ft ukuran pipa dan 3800 fpm. Masukkan nilai pada tabel perhitungan kecepatan tinggi.
4. Hitunglah panjang bagian 1 dan 3; tinggi saluran = 20 ft tanpa sambungan, tekanan = $20 \times 0,62 = 0,124$ in wg.

INITIAL CONDITIONS: Cfm 12000; Duct Size 24 in.; Velocity 3800 fpm.

1	2	3	4		6	7	8	9	10					
			PRESSURE READING (in. wg)							TAKE-OFF TO TAKE-OFF S.P. CHANGE (4 minus 5) (in. wg)	S.P. AHEAD OF TAKE-OFF (in. wg)	BRANCH S.P. (in. wg)	DUCT SIZE (in.)	VELOC- ITY V (fpm)
			Initial	Selected										
1	12000	20	Duct Friction = 0.124		0.124	4.08	24	3800						
2	10800	44	0.84	0.90	-0.06	0.184	24	3400						
3	9600	20	0.74	0.70	+0.04	0.144	24	3000						
4	8400	20	0.57	0.55	+0.02	0.124	24	2600						
5	7200	20	0.42	0.42	0.0	0.124	24	2250						
6	6000	44	0.31	0.30	+0.01	0.114	24	1900						
7	4800	20	0.22	0.26	-0.04	0.154	22	1800						
8	3600	20	0.195	0.25	-0.055	0.189	20	1750						
9	2400	20	0.165	0.24	-0.075	0.264	16	1650						
10	1200	20	0.165	0.21	-0.045	0.309	12	1500						

Maximum S.P. at Section 10 = 0.31 + 4.08 = 4.39

From Form E-149

FIG. 56 – HIGH VELOCITY HEADER SIZING CALCULATIONS

Gambar 91. High velocity header sizing calculations

5. Ukuran saluran pada bagian 2: dari titik A pada tabel bagian titik B dan C untuk 10800 cfm pada titik D.
6. Panjang bahan pada bagian 2 : panjang actual = 20 ft. Sebuah *elbow* 90° 5 bagian 24 ft. Panjang total = 20 + 24 = 44 ft.
7. Tentukan kerugian tekanan untuk bagian 2: bagian yang mendatar mengikuti titik D. titik E panjangnya 44 ft. Titik F untuk posisi vertikal dari F ke 10800 cfm pada titik G dan masukkan nilai 10800 cfm pada titik H, masukkan kerugian pada titik G (0,84) dan titik H (0,90) pada kolom 4 dan 5 gambar 56. Kerugian rata-rata = 0,90 – 0,84 = 0,06 in wg. Masukkan ke dalam kolom 6 pada gambar 56, masukkan ukuran diameter 24 in pada kolom 9.

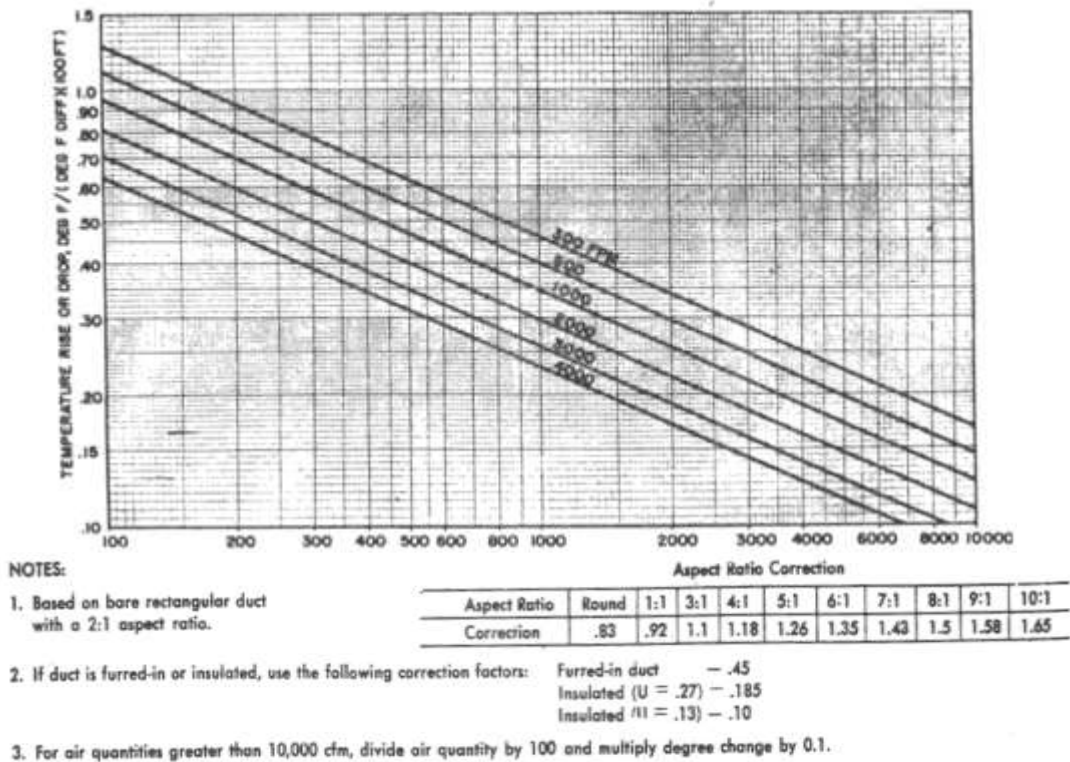
8. Tentukan ukuran saluran bagian 3 : bagian yang menurun 24 in dengan kecepatan udara 10800 cfm dari titik H ke titik I dengan kecepatan 9600 cfm pada titik J. masukkan ukuran ke tabel kolom 4, 5, 6 dan 9.
9. Tentukan ukuran saluran untuk bagian 4, penyelesaian seperti langkah 8. Gunakan tabel jumlah udara dan *equivalent length*. Satu pengecualian pada *duct* bagian 6, sama dengan 44 ft menggunakan metode *out line* pada langkah 4,5,6 dan 7 untuk menghitung tekanan. Tambahkan seperti contoh 5, langkah 13 dan 14 untuk menghitung diameter saluran dibandingkan dengan yang lain, untuk diameter 23 inchi.

Perolehan Panas dan Kebocoran Udara pada Duct

Bagaimanapun udara yang masuk ke sistem *duct* mempunyai suhu yang berbeda dengan udara sekeliling *duct*, panas di luar atau di dalam *duct*. Beban yang dihitung merupakan beban panas yang dihasilkan atau kerugian yang terjadi. Kebocoran udara juga dimasukkan dalam perhitungan beban. Beban yang diizinkan membutuhkan dan mengarah pada kondisi di bawah yang dihasilkan akibat penambahan panas atau kerugian dan kebocoran *duct* dimasukkan dalam bagian 1, beban panas pada sistem.

Kurva 14 (Gambar 91) digunakan untuk menentukan kenaikan suhu atau penurunan *duct* kosong dengan aspek rasio 2:1. Sebagai tambahan faktor koreksi untuk setiap aspek rasio dan *duct* yang diinsulasi dicantumkan pada grafik.

CHART 14—DUCT HEAT GAIN OR LOSS



Gambar 92. Duct heat gain or loss

7.8 Contoh 8 – Perhitungan Untuk Supply Duct

Diketahui :

Jumlah udara yang dimasukkan berdasarkan beban perkiraan adalah 1650 cfm.

Beban panas *supply duct* dari beban perkiraan adalah 5%.

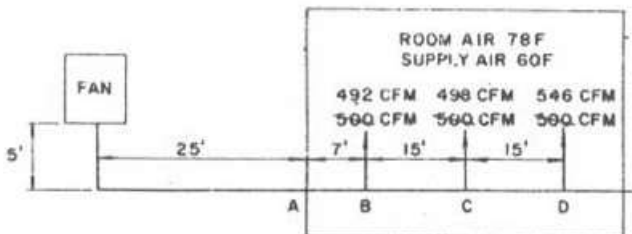
Kebocoran *supply duct* dari beban perkiraan adalah 5%.

Tempat yang dikondisikan atau udara luar bersuhu 95° F.

Suhu udara ruangan adalah 78° F.

Nilai insulasi *duct U* adalah 0,24

Gambar *duct* ditunjukkan pada gambar 92.



Gambar 93. Duct heat gain and air leakage

Ditanyakan :

Tentukan jumlah udara tiap pengeluaran!

Penyelesaian :

1. Banyaknya udara ruangan yang dibutuhkan pada suhu 60°F

$$= \frac{1650}{1 + 0,05 + 0,05} = 1500 \text{ cfm}$$

Normalnya 10% kebocoran diizinkan jika seluruh *duct* berada di luar ruangan. Karena sebagian besar *duct* di dalam ruangan, 5% digunakan dalam contoh.

2. Menentukan kenaikan suhu dari A ke B : pilih dan beri tanda kecepatan awal dari tabel 7 (diambil 1400 fpm). Hitung kenaikan suhu dari *fan* pada ruangan. Hasil grafik 14 (Gambar 91) pada 1500 fpm; garis vertikal pada 1400 fpm dan terbaca 27 derajat perubahan suhu per 100 ft per °F perbedaannya. Menggunakan *aspect ratio* 2:1, kenaikan suhu

$$= \frac{30}{100} \times 27 \times 0,185 \times (95 - 60) = 52^\circ\text{F}$$

Suhu udara yang masuk ke ruangan = 60,52°F

Banyaknya udara masuk ke ruangan yang sebenarnya :

$$= \frac{78 - 62}{78 - 60,52} \times 1500 = 1540 \text{ cfm}$$

Kenaikan suhu udara dari A ke B

$$= \frac{7}{100} \times 17,48 \times 27 = 0,33^\circ\text{F}$$

Suhu udara yang dibutuhkan pada keluaran B = 78 - (60,52 + 0,33) = 17,15

Banyaknya udara yang dibutuhkan pada keluaran B

$$= 500 \times \frac{18}{17,2} = 522 \text{ cfm}$$

Keluaran B cfm mengizinkan untuk *duct cooling*

$$= 522 - \left(1540 \times \frac{0,33}{17,2}\right) = 49,2 \text{ cfm}$$

3. Menentukan cfm untuk keluaran C : menggunakan metode pergesekan yang sama untuk menentukan kecepatan pada *duct* bagian kedua, dengan $1540 - 495 = 1048$ cfm; kecepatan = 1280 fpm.

Menentukan suhu pada outlet : dari grafik 14, tebaca 0,32 untuk 1280 fpm dan 1040.

Kenaikan suhu

$$= 0,32 \times 17,2 \times \frac{15}{100} = 0,83^\circ\text{F}$$

Suhu udara keluar melalui *diffuser* = $17,2 - 0,8 = 16,4^\circ\text{F}$

Keluaran cfm diatur untuk kenaikan suhu

$$= 500 \times \frac{18}{16,4} = 550 \text{ cfm}$$

Besarnya *duct cooling*

$$= 550 - \left(1048 \times \frac{0,8}{16,4}\right) = 498 \text{ cfm}$$

4. Menentukan cfm untuk keluaran D : menggunakan metode pergesekan yang sama untuk menentukan kecepatan pada *duct* bagian ketiga, dengan $1048 - 498 = 550$ cfm; kecepatan 1180 fpm.

Menghitung perubahan suhu pada pengeluaran :

Dari kurva 14 (Gambar 91), terbaca $0,43^\circ\text{F}$ untuk 1180 fpm dan 550 cfm.

Kenaikan suhu

$$= 0,43 \times 16,4 \times \frac{15}{100} = 1,06 \text{ F}$$

Suhu udara keluar melalui *diffuser* = $16,4 - 1,1 = 15,3^\circ\text{F}$

Keluaran cfm yang diatur untuk kenaikan suhu

$$= 500 \times \frac{18}{15,3} = 588 \text{ cfm}$$

Besarnya *duct cooling*

$$= 588 - \left(588 \times \frac{1,1}{15,3}\right) = 546 \text{ cfm}$$

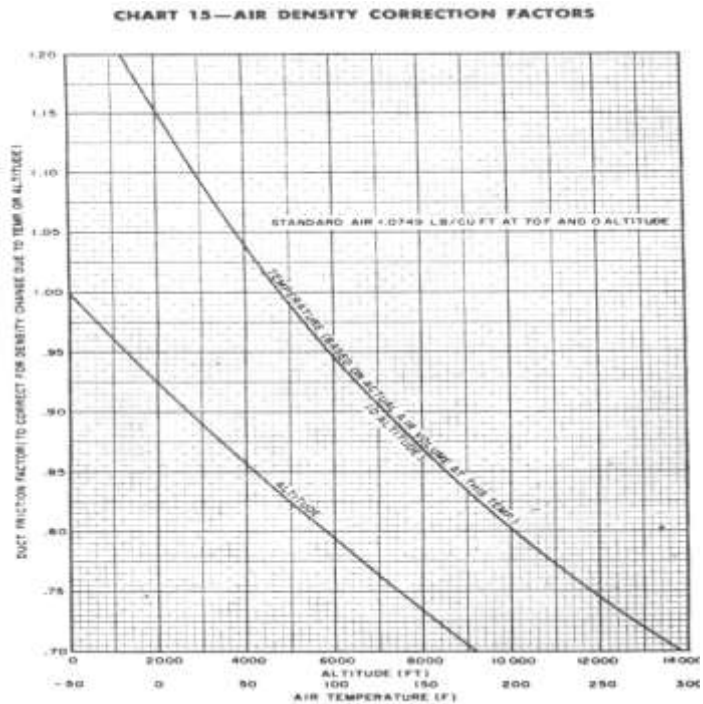
5. Total cfm : $492 + 498 + 546 = 1536$ cfm

Ini merupakan perbandingan yang disukai dengan 1540 cfm memasuki ruangan.

Gambar 92 menunjukkan dan mengkoreksi jumlah udara pada keluaran sesungguhnya.

7.9 Perancangan Duct yang Tinggi

Ketika desain sistem *duct* berada di atas ketinggian 2000 ft, suhu di bawah 30°F atau di atas 120°F , cara mengetahui faktor gesekan ditunjukkan pada gambar grafik 93 yang menggunakan jumlah udara yang sebenarnya. Gambar Grafik 93 menunjukkan keberadaan faktor untuk suhu dan ketinggian. Faktor *multiplied* digunakan ketika sistem dalam posisi ketinggian dan juga berada pada suhu luar ruangan.



Konstruksi Duct

Sebuah lembaran baja yang digunakan untuk *duct* dan saluran pendinginan bergantung pada kondisi tekanan yang digunakan dalam sistem. Terdapat bermacam-macam sambungan dan lipatan yang digunakan untuk *duct*, hal ini tergantung pada kondisi tekanan dalam sistem *duct*.

Sistem Tekanan Rendah

Tabel 49 yaitu daftar rekomendasi konstruksi untuk *duct* persegi yang terbuat dari aluminium atau baja. Metode untuk *brancing* dan *reinforcing* dan tipe sambungan dan lipatan telah terdapat di dalam tabel. Sedangkan konstruksi untuk *duct* lingkaran dan *spira-pipe* terdapat pada tabel 50 dan 51, yang mana digunakan untuk aplikasi sistem tekanan rendah dan sistem tekanan tinggi. Gambar 94 menunjukkan jenis sambungan dan lipatan yang biasa digunakan dalam sistem tekanan rendah.

Table 48.Recommended construction rectangular sheet metal duct

Low Pressure Systems

DUCT DIMENSION (in.)	MATERIAL GAGE				RECOMMENDED CONSTRUCTION* Transverse Joints, Bracing and Reinforcing
	Steel U.S. Gage		Aluminum B & S Gage		
	Duct	Slip	Duct	Slip	
Up to 24	24	24	22	20	Pocket slip or Bar-S slip, spaced not more than eight feet apart.
24 to 30	24	24	22	20	Pocket slip or Bar-S slip, spaced not more than four feet apart.
31 to 60	22	22	20	18	
61 to 72	20	20	18	16	Reinforced pocket slip† or reinforced Bar-S†, spaced not more than four feet apart. 1½" x 1½" x ¼" diagonal angle reinforcing‡ or 1½" x 1½" x ¼" girth angle reinforcing‡ located midway between joints.
73 to 90	20	20	18	16	Reinforced pocket slip† or reinforced Bar-S slip† spaced not more than four feet apart. 1½" x 1½" x ¼" diagonal angle reinforcing‡ or 1½" x 1½" x ¼" girth angle reinforcing‡ located midway between joints. 1¼" x ¼" band iron stay bracing for duct width 73" to 90".
91 and Up	18	20	16	16	Reinforced pocket slip† or reinforced Bar-S slip† spaced not more than four feet apart. 1½" x 1½" x ¼" diagonal angle reinforcing‡ or 1½" x 1½" x ¼" girth angle reinforcing‡ located midway between joints. 1¼" x ¼" band iron stay bracing for duct width 91" to 120". 1¼" x ¼" band iron stay bracing spaced 48" apart for duct widths 121" and up.

*All ducts over 18" in either dimension are cross-braced, except those to which rigid board insulation is applied or area of duct where outlet or duct connection is to be installed. Duct seams are either Pittsburg lock seam or longitudinal seam.

†Reinforce joint with 1¼" x ¼" band iron.

‡Angles are attached to duct by tack welding, sheet metal screws, or rivets on 6" centers.

Table 49.Recommended construction for round sheet metal duct

Low and High Pressure Systems

DUCT DIMENSION (in.)	MATERIAL GAGE		RECOMMENDED CONSTRUCTION	
	Steel U.S. Gage	Aluminum B & S Gage	Reinforcing	Joints and Seams
Up to 8	24	22	1¼" x 1¼" x ¼" girth angle reinforcing spaced on 8" centers. 1¼" x 1¼" x ¼" girth angle reinforcing spaced on 6" centers. 1½" x 1½" x ¼" girth angle reinforcing spaced on 4" centers.	Round duct sections are joined together by welding, by a coupling, or by bellng out one end of duct. The seams on round duct may be continuous welded or grooved longitudinal seam.
9 to 24	22	20		
25 to 36	20	18		
37 to 48	20	18		
49 to 72	18	16		
73 and Up	16	14		

Table 50.Material gage for spira-pipe duct

Low and High Pressure Systems

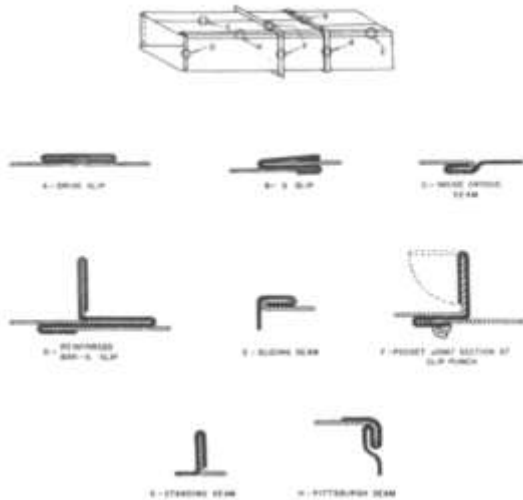
DUCT DIMENSION (in.)	DUCT MATERIAL GAGE	
	Steel U.S. Gage	Aluminum B & S Gage
Up to 8	26	22
9 to 24	24	20
26 to 32	22	18

Table 51. Recommended construction for rectangular sheet metal ducts
High Pressure Systems

DUCT DIM (in.)	MATERIAL GAGE		RECOMMENDED CONSTRUCTION* Transverse Joints Bracing and Reinforcing
	Steel U.S. Gage	Aluminum B & S Gage	
Up to 24	22	20	Flanged angle gasketed joint or butt welded joint with girth angle, spaced not more than twelve feet apart. Angles are 1½" x 1½" x ¼"†.
25 to 48	20	18	
49 to 60	18	16	1½" x 1½" x ¼" girth angle reinforcing spaced 38" to 40" apart†.
61 and Up	18	16	Flanged angle gasketed joint or butt welded joint with girth angle, spaced not more than twelve feet apart. Angles are 1½" x 1½" x ¾"†. 1½" x 1½" x ¾" girth angle reinforcing spaced 38" x 40" apart†.

*All ducts over 18" in either dimension are cross-braced except those to which rigid board insulation is applied or area where outlets are installed. Seams are either Pittsburgh lock seam or longitudinal seam.

†Angle are attached to duct by tack welding or rivets on 6" centers.

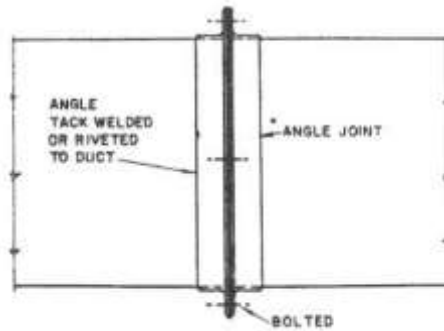


Gambar 95. Joints and seams for low pressure system

Sistem Tekanan Tinggi

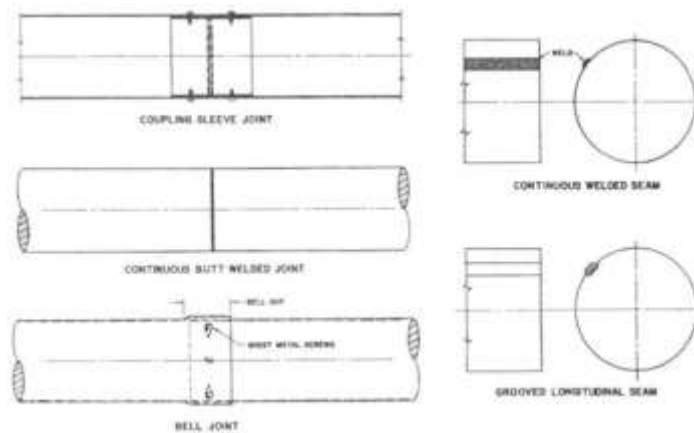
Tabel 52 berisi rekomendasi konstruksi *duct* persegi yang terbuat dari aluminium atau baja. Tabel mencakup *reinforcing* dan *bracing*, juga jenis sambungan dan pelipit yang digunakan pada sistem *duct* tekanan tinggi.

Gambar 95 menunjukkan sambungan yang biasa dipakai untuk *duct* persegi pada sistem tekanan tinggi. *Duct* dibangun oleh Pittsburg lock atau *grooved longitudinal seams* (*Gambar 96*). Tabel 50 menunjukkan konstruksi *duct* bulat yang direkomendasikan.



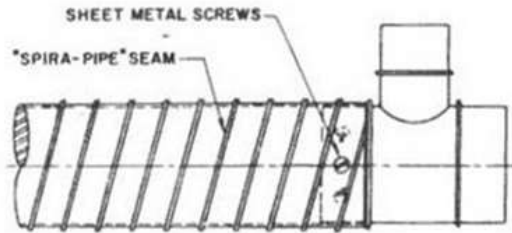
Gambar 96. Joint for high pressure system

Gambar 95 mengilustrasikan pelipit dan sambungan yang dipakai pada sistem *duct* bulat. Material *duct* untuk *Spira-Pipe* diberikan pada *Tabel 53*.



Gambar 97. Round duct joint and seams

Fitting secara normal dipakai untuk menghubungkan bagian-bagian dari *Spira-Pipe*, seperti ditunjukkan pada *Gambar 96*. Senyawa *seal* dipakai untuk menghubungkan *Spira-Pipe* dengan *fitting*.



Gambar 98, Joint and seam for spira pipe

Berat Material Duct

Tabel 53 memberikan berat dari berbagai material yang dipakai untuk sistem duct.

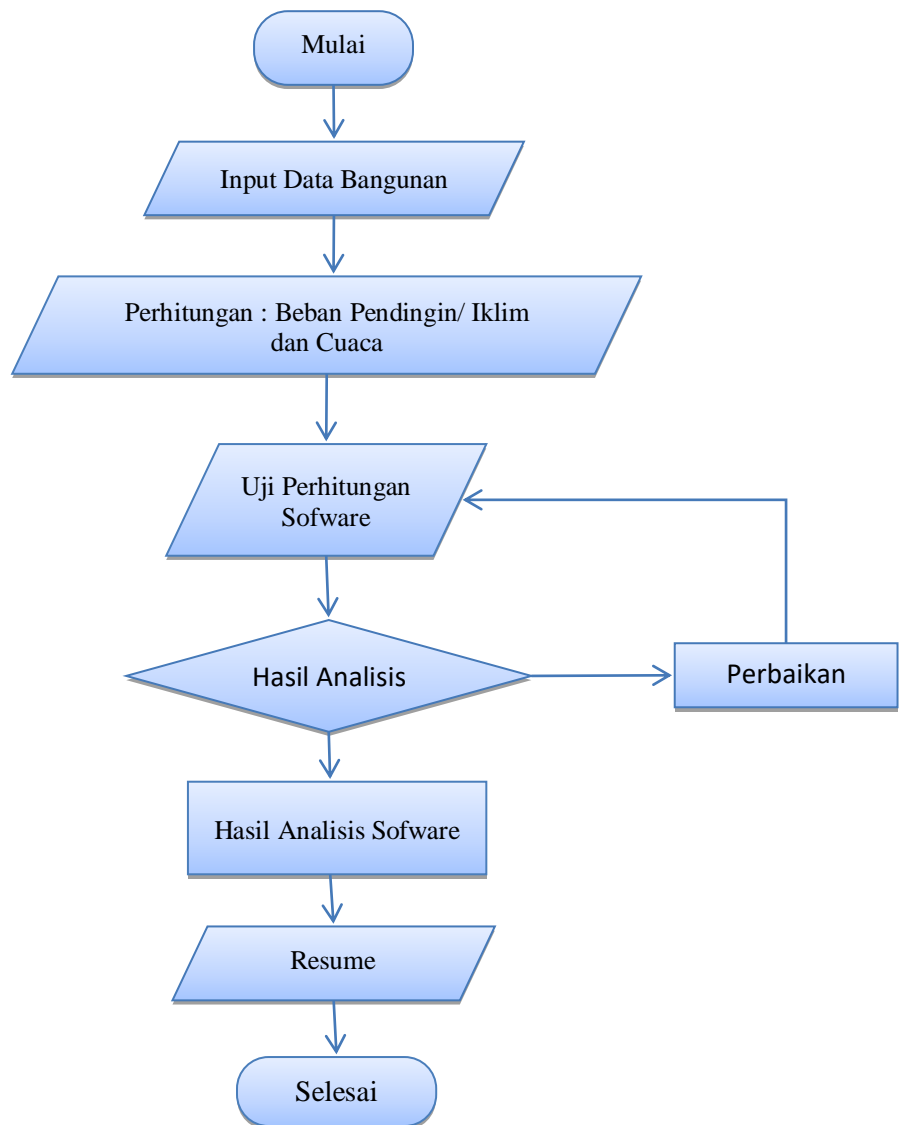
Tabel 52. Weights of duct material

TABLE 18—WEIGHTS OF DUCT MATERIAL				
WEIGHT (lb/sq ft)	GAGE (THICKNESS) (in.)	WEIGHT PER SHEET (lb)		
		36 x 96	48 x 96	48 x 120
GALVANIZED STEEL, U.S. GAGE				
.906	26 ga. (.022)	21.8	29.0	36.2
1.156	24 ga. (.028)	27.7	37.0	46.2
1.406	22 ga. (.034)	33.8	45.0	56.2
1.656	20 ga. (.040)	39.7	53.0	66.2
2.156	18 ga. (.052)	51.6	70.0	86.2
2.656	16 ga. (.064)	63.6	85.0	102.2
3.281	14 ga. (.080)	78.8	105.0	131.2
HOT ROLLED STEEL, U.S. GAGE				
.750	26 ga. (.0179)	18.0	24.0	30.0
1.000	24 ga. (.0239)	24.0	32.0	40.0
1.250	22 ga. (.0299)	30.0	40.0	50.0
1.500	20 ga. (.0359)	36.0	48.0	60.0
2.000	18 ga. (.0478)	48.0	64.0	80.0
2.500	16 ga. (.0596)	60.0	80.0	100.0
3.125	14 ga. (.0747)	78.0	104.0	130.0
5.625	10 ga. (.1345)	135.0	180.0	225.0
ALUMINUM, B & S GAGE (35)				
.288	24 ga. (.020)	6.9	9.2	11.5
.355	22 ga. (.025)	8.6	11.3	14.2
.456	20 ga. (.032)	11.0	14.6	18.2
.575	18 ga. (.040)	13.8	18.4	23.0
.724	16 ga. (.051)	17.4	23.2	29.0
.914	14 ga. (.064)	22.0	29.2	36.6
1.03	12 ga. (.071)	24.7	33.0	41.3
STAINLESS STEEL, U.S. GAGE (302)				
.66	28 ga. (.016)	15.8	21.1	26.4
.79	26 ga. (.019)	18.9	25.2	31.6
1.05	24 ga. (.025)	25.2	33.5	42.0
1.31	22 ga. (.031)	31.5	42.0	52.5
1.58	20 ga. (.038)	37.8	50.4	63.0
2.10	18 ga. (.050)	50.4	61.2	84.0
2.63	16 ga. (.063)	63.0	84.0	105.0
3.28	14 ga. (.078)	78.7	104.9	131.2
COPPER, OZ/SQ FT				
1.00	16 oz. (.0216)	24.0	32.0	40.0
1.25	20 oz. (.027)	30.0	40.0	50.0
1.50	24 oz. (.0323)	36.0	48.0	64.0
2.00	32 oz. (.0432)	48.0	64.0	80.0
2.25	36 oz. (.0486)	54.0	72.0	90.0
2.50	40 oz. (.0540)	60.0	80.0	100.0

SECTION 8. PEMBAHASAN PERHITUNGAN BEBAN PENDINGIN

8.1 Diagram Alir Langkah Penelitian

Diagram alir proses pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



8.2 Perancangan Sistem Air Conditioning (AC)

1. Perencanaan Data

Data masukan yang digunakan dalam perancangan *Air Conditioning* (AC) :

- a. Luas tanah : 49500 m²
- b. Tinggi bangunan : 63 m
- c. Tinggi per lantai : 4,20 m
- d. Jumlah lantai : 15 lantai
- e. Luas bangunan : 3300 m²
- f. Jumlah ruangan 1 lantai : 13 ruangan
- g. Jumlah keseluruhan ruangan : 195 ruangan

Tabel 53. Data Bangunan Gedung

No	Lantai	fungsi	Luas (m ²)	Jumlah ruangan
1	1	Lobby	800	13
2	2	Kantor	800	13
3	3	Kantor	800	13
4	4	Kantor	800	13
5	5	Kantor	800	13
6	6	Kantor	800	13
7	7	Kantor	800	13
8	8	Kantor	800	13
9	9	Kantor	800	13
10	10	Kantor	800	13
11	11	Kantor	800	13
12	12	Kantor	800	13
13	13	Kantor	800	13
14	14	Kantor	800	13
15	15	Kantor	800	13
Jumlah				195

2. Data Cuaca Dan Iklim

Suhu udara luar berdasarkan data statistik suhu dan kelembaban udara kota Jakarta, berdasarkan atas data Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) pada pukul 13.00 WIB, sebagai berikut :

Temperatur : 25 - 32 °C

Kelembaban relatif : 60 - 96 %

Kecepatan angin : 7,5 mph

8.3 Perhitungan Beban Panas Pada lantai 1

a. Perhitungan Beban Panas Dari Sinar Matahari dari Kaca

Beban panas dari sinar matahari secara langsung, terjadi karena proses penyerapan dan transmisi sinar matahari ke dalam ruangan yang dikondisikan melalui kaca. Persamaan yang digunakan adalah :

$$Q_{sg} = (SHGF \text{ maks}) \times (SC) \times A$$

$$Q_{sg} = 690 \frac{W}{m^2} \times 0,33 \times 57,35$$

$$Q_{sg} = 13058,6 \text{ watt}$$

Tabel 54. Perhitungan Beban Panas dan Kaca Lantai 1

Lantai 1	(SHGF maks) W/m ²	(SC)	Luas (m ²)	Q _{sg} (watt)
Praying room&wudhu	690	0,33	57,35	13058,6
Ruang kerja kasir	110	0,33	9,52	345,58
Ruang tunggu kasir	110	0,33	15,46	561,2
Ruang meeting med	110	0,33	16,26	590,24
Ruang meeting med	690	0,33	16,54	3766,16
Ruang meeting med	690	0,33	18,42	4194,23
Ruang meeting med	690	0,33	19,87	4524,4
Ruang meeting med	475	0,33	19,87	3114,62
Lobby	475	0,33	250,50	239265,87
Coffe shop	475	0,33	96,06	15057,40
Ruang data	690	0,33	69,43	15809,21
Storage	690	0,33	11,86	2700,52
HSE	690	0,33	35,60	8106,12
Total				310794,15

b. Perhitungan Beban Panas Dari Atap atau Dinding

Laju perpindahan panas melalui atap dinyatakan dengan persamaan :

$$q = U \times A \times (CLTD)$$

$$q = 0,38 \frac{W}{m^2} \times 57,35 \text{ m}^2 \times 19$$

$$q = 414,07 \text{ watt}$$

Tabel 55. Perhitungan Beban Panas Dari Atap Atau Dinding Pada Lantai 1

Lantai 1	U (w/m ²)	A (m ²)	CLTD	Q _{dinding} (watt)
Praying room&wudhu	0,38	57,35	19	414,07
Ruang kerja kasir	0,38	9,52	12	43,41
Ruang tunggu kasir	0,38	15,46	12	70,5
Ruang meeting med	0,38	16,26	12	74,15
Ruang meeting med	0,38	16,54	21	131,99
Ruang meeting med	0,38	18,42	21	146,99

Ruang meeting med	0,38	19,87	21	158,56
Ruang meeting med	0,38	19,87	27	203,87
Lobby	0,38	250,50	27	2570,13
Coffe shop	0,38	96,06	27	985,58
Ruang data	0,38	69,43	19	501,28
Storage	0,38	11,86	19	85,63
HSE	0,38	35,60	19	257,03
Total				5.643,19

c. Perhitungan Beban Melalui Partisi Langit-langit dan lantai

Laju persamaan perhitungan beban melalui partisi langit-langit lantai ialah sebagai berikut :

$$Q = U \times A \times (t_b - t_{rc})$$

$$Q = 0,55 \frac{W}{m^2} \text{ } ^\circ K \times 57,35 \text{ m}^2 \times (311,15 - 297,15) \text{ } ^\circ K$$

$$Q = 441,6 \text{ watt}$$

Tabel 56. Perhitungan Beban panas Dari Partisi Dan Langit-langit lantai 1

Lantai 1	U (W/m ² . °K)	A (m ²)	t _b °K	t _{rc} °K	Qpartisi (watt)
Praying room&wudhu	0,55	57,35	311,15	297,15	441,6
Ruang kerja kasir	0,55	9,52	311,15	297,15	73,30
Ruang tunggu kasir	0,55	15,46	311,15	297,15	119,04
Ruang meeting med	0,55	16,26	311,15	297,15	125,20
Ruang meeting med	0,55	16,54	311,15	297,15	127,36
Ruang meeting med	0,55	18,42	311,15	297,15	141,83
Ruang meeting med	0,55	19,87	311,15	297,15	153
Ruang meeting med	0,55	19,87	311,15	297,15	153
Lobby	0,55	250,50	311,15	297,15	1928,85
Coffe shop	0,55	96,06	311,15	297,15	739,66
Ruang data	0,55	69,43	311,15	297,15	534,61
Storage	0,55	11,86	311,15	297,15	91,32
HSE	0,55	35,60	311,15	297,15	274,12
Total					4.902,89

d. Perhitungan Beban Penghuni Ruang

Panas yang dikeluarkan akibat metabolisme tubuh manusia dipengaruhi oleh aktifitas manusia. Besarnya beban panas dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q(\text{penghuni}) = \text{perolehan orang} \times \text{jumlah orang} \times \text{CLF}$$

$$Q = 100 \text{ watt} \times 10 \text{ orang} \times 1,0$$

$$Q = 1000 \text{ watt}$$

Tabel 57. Perhitungan beban panas dari penghuni ruangan pada lantai 1

Lantai 1	Luas M ²	Kalor penghuni (watt)	Jumlah orang	CLF	Qpenghuni (watt)
Praying room&wudhu	57,35	100	10	1	1000
Ruang kerja kasir	9,52	100	2	1	200
Ruang tunggu kasir	15,46	100	4	1	400
Ruang meeting med	16,26	100	6	1	600
Ruang meeting med	16,54	100	6	1	600
Ruang meeting med	18,42	100	6	1	600
Ruang meeting med	19,87	100	6	1	600
Ruang meeting med	19,87	100	6	1	600
Lobby	250,50	100	20	1	2000
Coffe shop	96,06	100	24	1	2400
Ruang data	69,43	100	4	1	400
Storage	11,86	100	2	1	200
HSE	35,60	100	4	1	400
Total					10.000

e. Perhitungan Beban Panas Dari Lampu

Jumlah perolehan panas dari dalam ruangan yang disebabkan oleh lampu tergantung pada daya lampu dan jenis atau cara pemasangannya. Sebelum menghitung beban panas dari lampu, terlebih dahulu menghitung jumlah lampu yang terpasang.

1. Jumlah Lampu

Persamaan untuk menghitung jumlah lampu adalah :

$$N = \frac{E \times A}{F \times UF \times LLF}$$

$$N = \frac{500 \text{ lux} \times 57,35\text{m}^2}{6500 \text{ lumen} \times 0,95 \times 0,8}$$

N = 6 buah

Tabel 58. Perhitungan lampu jenis fluorescent- TLD 2 X 36W/86

Lantai 1	Luas M ²	Level Iluminasi (lux)	Beban nilai lumen (F)	Utility Factor (UF)	LLF	Jumlah lampu (N)
Praying room&wudhu	57,35	500	6500	0,95	0,8	6
Ruang kerja kasir	9,52	500	6500	0,95	0,8	1
Ruang tunggu kasir	15,46	500	6500	0,95	0,8	2
Ruang meeting med	16,26	500	6500	0,95	0,8	2
Ruang meeting med	16,54	500	6500	0,95	0,8	2

Ruang meeting med	18,42	500	6500	0,95	0,8	2
Ruang meeting med	19,87	500	6500	0,95	0,8	2
Ruang meeting med	19,87	500	6500	0,95	0,8	2
Lobby	250,50	500	6500	0,95	0,8	25
Coffe shop	96,06	500	6500	0,95	0,8	10
Ruang data	69,43	500	6500	0,95	0,8	7
Storage	11,86	500	6500	0,95	0,8	2
HSE	35,60	500	6500	0,95	0,8	4
Total						67

f. Perhitungan Beban Panas Dari Lampu

$$Q_{\text{lampu}} = \text{daya lampu} \times F_b \times Cl_f \times N$$

$$Q = 72 \text{ watt} \times 1,2 \times 0,84 \times 6$$

$$Q = 435,46 \text{ watt}$$

Tabel 59. Perhitungan beban panas lampu pada lantai 1

Lantai 1	Daya	FB	CLF	Jumlah lampu	Q _{lampu} (watt)
Praying room&wudhu	72	1,2	0,84	6	435,46
Ruang kerja kasir	72	1,2	0,84	1	72,58
Ruang tunggu kasir	72	1,2	0,84	2	145,15
Ruang meeting med	72	1,2	0,84	2	145,15
Ruang meeting med	72	1,2	0,84	2	145,15
Ruang meeting med	72	1,2	0,84	2	145,15
Ruang meeting med	72	1,2	0,84	2	145,15
Ruang meeting med	72	1,2	0,84	2	145,15
Ruang meeting med	72	1,2	0,84	2	145,15
Lobby	72	1,2	0,84	25	1814,4
Coffe shop	72	1,2	0,84	10	725,76
Ruang data	72	1,2	0,84	7	508,03
Storage	72	1,2	0,84	2	145,15
HSE	72	1,2	0,84	4	290,30
Total					4862,57

g. Perhitungan Daya Listrik

Perhitungan daya listrik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini :

$$q = P \times E_f \times (CLF)$$

$$q = 800 \times 1 \times 1$$

$$q = 800 \text{ watt}$$

Tabel 60. Perhitungan beban panas dari daya listrik pada lantai 1

Lantai 1	P (watt)	Jenis stop kontak	Jumlah stop kontak	CLF	E _f	Q _{daya listrik} (watt)
Praying room&wudhu	200	Meja kerja	4	1	1	800
Ruang kerja kasir	200	Meja kerja	4	1	1	800

Ruang tunggu kasir	200	Meja kerja	2	1	1	400
Ruang meeting med	200	Meja kerja	4	1	1	800
Ruang meeting med	200	Meja kerja	4	1	1	800
Ruang meeting med	200	Meja kerja	4	1	1	800
Ruang meeting med	200	Meja kerja	4	1	1	800
Ruang meeting med	200	Meja kerja	4	1	1	800
Lobby	200	Meja kerja	6	1	1	1200
Coffe shop	200	Meja kerja	6	1	1	1200
Ruang data	200	Meja kerja	4	1	1	800
Storage	200	Meja kerja	2	1	1	400
HSE	200	Meja kerja	4	1	1	800
Total						10.400

h. Perhitungan Beban Panas Dari Peralatan.

Jumlah perolehan panas dari dalam ruangan yang disebabkan oleh peralatan tergantung pada daya peralatan tersebut.

Persamaan untuk menghitung beban kalor dari peralatan adalah :

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{komputer}} &= HG \times CLF \times N \\
 Q &= 130 \text{ watt} \times 1 \times 1 \\
 Q &= 130 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

Tabel 61. Perhitungan beban dari computer pada lantai 1

Lantai 1	HG (watt)	Jumlah komputer	CLF	Q _{komputer} (watt)
Praying room&wudhu	130	1	1	130
Ruang kerja kasir	130	2	1	260
Ruang tunggu kasir	130	1	1	130
Ruang meeting med	130	1	1	130
Ruang meeting med	130	1	1	130
Ruang meeting med	130	1	1	130
Ruang meeting med	130	1	1	130
Ruang meeting med	130	1	1	130
Lobby	130	2	1	260
Coffe shop	130	2	1	260
Ruang data	130	2	1	260
Storage	130	1	1	130
HSE	130	1	1	130
Total				2210

i. Perhitungan Beban Panas Dari Ventilasi dan Infiltrasi

dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini :

$$Q = 1,2 \times V \times (H_o - H_i)$$

$$Q = 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \frac{17,5 \text{ m}^3}{1000 \text{ s}} \times (408 - 404) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$Q = 84 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = 84 \text{ watt}$$

Tabel 62. Perhitungan beban panas dari ventilasi dan infiltrasi

Lantai 1	V (liter/sec)	Ho	Hi	Qventilasi dan infiltrasi
Praying room&wudhu	17,5	408	404	84
Ruang kerja kasir	17,5	408	404	84
Ruang tunggu kasir	17,5	408	404	84
Ruang meeting med	17,5	408	404	84
Ruang meeting med	17,5	408	404	84
Ruang meeting med	17,5	408	404	84
Ruang meeting med	17,5	408	404	84
Ruang meeting med	17,5	408	404	84
Lobby	17,5	408	404	84
Coffe shop	17,5	408	404	84
Ruang data	17,5	408	404	84
Storage	17,5	408	404	84
HSE	17,5	408	404	84
Total				1092

j. Total Perhitungan Beban Panas Dari Lantai 1

Total perhitungan beban panas secara keseluruhan dari lantai 1 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Q_{total} &= Q_{sg} + Q_{dinding} + Q_{partisi} + Q_{penghuni} + Q_{lampu} \\
 &\quad + Q_{daya listrik} + Q_{peralatan} + Q_{ventilasi dan infiltrasi} \\
 &= 310794,15 \text{ watt} + 5643,19 \text{ watt} + 4902,89 \text{ watt} + \\
 &\quad 10000 \text{ watt} + 4862,57 \text{ watt} + 10400 \text{ watt} + 2210 \text{ watt} + 1092 \text{ watt} \\
 &= 349.904,8 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

Tabel 63. Total perhitungan beban panas lantai 1

Lantai 1	Q _{sg} (watt)	Q _{dinding} (watt)	Q _{partisi} (Watt)	Q _{penghuni} (watt)	Q _{lampu} (watt)	Q _{daya listrik} (watt)	Q _{peralatan} (watt)	Q _{ventilasi dan infiltrasi}
Praying room&wudhu	13058,6	414,07	441,6	1000	435,46	800	130	84
Ruang kerja kasir	345,58	43,41	73,30	200	72,58	800	260	84
Ruang tunggu kasir	561,2	70,5	119,04	400	145,15	400	130	84
Ruang meeting med	590,24	74,15	125,20	600	145,15	800	130	84
Ruang meeting med	3766,16	131,99	127,36	600	145,15	800	130	84
Ruang meeting med	4194,23	146,99	141,83	600	145,15	800	130	84
Ruang meeting med	4524,4	158,56	153	600	145,15	800	130	84
Ruang meeting med	3114,62	203,87	153	600	145,15	800	130	84
Lobby	239265,87	2570,13	1928,85	2000	1814,4	1200	260	84
Coffe shop	15057,40	985,58	739,66	2400	725,76	1200	260	84
Ruang data	15809,21	501,28	534,61	400	508,03	800	260	84
Storage	2700,52	85,63	91,32	200	145,15	400	130	84
HSE	8106,12	257,03	274,12	400	290,30	800	130	84
Total	310794,15	5.643,19	4902,89	10000	4862,57	10400	2210	1260
Qtotal	349.904,8							

8.4 Perhitungan Beban Panas Pada lantai 2-15

a. Perhitungan Beban Panas Dari Sinar Matahari dari Kaca

Beban panas dari sinar matahari secara langsung, terjadi karena proses penyerapan dan transmisi sinar matahari ke dalam ruangan yang dikondisikan melalui kaca. Persamaan yang digunakan adalah :

Lantai 2 - 15

$$Q_{sg} = (SHGF \times (SC)) \times A$$

$$Q_{sg} = 690 \frac{W}{m^2} \times 0,33 \times 15,75 m^2$$

$$Q_{sg} = 3586,27 \text{ watt.}$$

Tabel 64.Perhitungan Beban Panas Dari Kaca Lantai 2-15.

Lantai 2-15	(SHGF maks) W/m ²	(SC)	Luas (m ²)	Q _{sg} (watt)
Ruang Manager 1	690	0,33	15,75	3586,27
Manager 2	110	0,33	15,77	572,45
Manager 3	110	0,33	15,77	572,45
Manager 4	110	0,33	17,25	626,17
Manager 5	690	0,33	17,25	3927,82
Manager 6	690	0,33	15,53	3536,18
Manager 7	690	0,33	10,42	2372,63
Manager 8	475	0,33	10,42	1633,33
Small Meeting	475	0,33	9,09	1424,86
Ruang Flexibel	475	0,33	38,58	6047,41
Ruang Karyawan	690	0,33	433,02	98598,65
Lobby Lantai 2-15	690	0,33	53,82	12254,81
Ruang Server	690	0,33	10,92	2486,48
Total				137639,51

b. Perhitungan Beban Panas Dari Atap atau Dinding

Laju perpindahan panas melalui atap dinyatakan dengan persamaan :

lantai 2 - 15

$$q = U \times A \times (CLTD)$$

$$q = 0,38 \frac{W}{m^2} \times 15,75 m^2 \times 19$$

$$q = 113,71 \text{ watt}$$

Tabel 65. Perhitungan Beban Panas Dari Atap Atau Dinding Pada Lantai 2-15

Lantai 2-15	U (w/m ²)	A (m ²)	CLTD	Q _{dinding} (watt)
Ruang Manager 1	0,38	15,75	19	113,71
Manager 2	0,38	15,77	12	71,91
Manager 3	0,38	15,77	12	71,91
Manager 4	0,38	17,25	12	78,66
Manager 5	0,38	17,25	21	137,65
Manager 6	0,38	15,53	21	123,92
Manager 7	0,38	10,42	21	83,15

Manager 8	0,38	10,42	27	106,91
Small Seeting	0,38	9,09	27	93,26
Ruang Flexibel	0,38	38,58	27	395,83
Ruang Karyawan	0,38	433,02	19	3126,40
Lobby Lantai 2-15	0,38	53,82	19	388,58
Ruang Server	0,38	10,92	19	78,84
Total				4870,73

c. Perhitungan Beban Melalui Partisi dan Langit-langit lantai

Laju persamaan perhitungan beban melalui partisi langit-langit lantai ialah sebagai berikut :

1. lantai 2-15

$$Q = U \times A \times (t_b - t_{rc})$$

$$Q = 0,55 \frac{W}{m^2} \cdot ^\circ K \times 15,75 m^2 \times (311,15 - 297,15) ^\circ K$$

$$Q = 121,27 \text{ watt}$$

Tabel 66. Perhitungan Beban panas Dari Partisi Dan Langit-langit lantai 2-15

Lantai 2-15	U (W/m ² . °K)	A (m ²)	t _b °K	t _{rc} °K	Qpartisi (watt)
Ruang Manager 1	0,55	15,75	311,15	297,15	121,27
Manager 2	0,55	15,77	311,15	297,15	121,43
Manager 3	0,55	15,77	311,15	297,15	121,43
Manager 4	0,55	17,25	311,15	297,15	132,85
Manager 5	0,55	17,25	311,15	297,15	132,85
Manager 6	0,55	15,53	311,15	297,15	119,58
Manager 7	0,55	10,42	311,15	297,15	80,23
Manager 8	0,55	10,42	311,15	297,15	80,23
Small Meeting	0,55	9,09	311,15	297,15	70
Ruang Flexibel	0,55	38,58	311,15	297,15	297,06
Ruang Karyawan	0,55	433,02	311,15	297,15	3334,25
Lobby Lantai 2-15	0,55	53,82	311,15	297,15	414,41
Ruang Server	0,55	10,92	311,15	297,15	84,08
Total					5109,67

d. Perhitungan Beban Penghuni Ruangan

Panas yang dikeluarkan akibat metabolisme tubuh manusia dipengaruhi oleh aktifitas manusia. Besarnya beban panas dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

1. Lobby lantai 2-15

$$Q(\text{penghuni}) = \text{perolehan orang} \times \text{jumlah orang} \times CLF$$

$$Q = 150 \text{ watt} \times 3 \text{ orang} \times 1,0$$

$$Q = 450 \text{ watt}$$

Tabel 67. Perhitungan Beban Panas Dari Penghuni Ruangan Pada Lantai 2-15

Lantai 2-15	Luas M ²	Kalor penghuni (watt)	Jumlah orang	CLF	Qpenghuni (watt)
Ruang Manager 1	15,75	150	3	1	450
Manager 2	15,77	150	3	1	450
Manager 3	15,77	150	3	1	450
Manager 4	17,25	150	3	1	450
Manager 5	17,25	150	3	1	450
Manager 6	15,53	150	3	1	450
Manager 7	10,42	150	3	1	450
Manager 8	10,42	150	3	1	450
Small Meeting	9,09	150	4	1	600
Ruang Flexibel	38,58	150	8	1	1200
Ruang Karyawan	433,02	150	36	1	5400
Lobby Lantai 2-15	53,82	150	10	1	1500
Ruang Server	10,92	150	2	1	300
Total					12600

e. Perhitungan Beban Panas Dari Lampu

Jumlah perolehan panas dari dalam ruangan yang disebabkan oleh lampu tergantung pada daya lampu dan jenis atau cara pemasangannya. Sebelum menghitung beban panas dari lampu, terlebih dahulu menghitung jumlah lampu yang terpasang.

1. Jumlah Lampu

Persamaan untuk menghitung jumlah lampu adalah :

$$N = \frac{E \times A}{F \times UF \times LLF}$$

$$N = \frac{500 \text{ lux} \times 15,75 \text{ m}^2}{6500 \text{ lumen} \times 0,95 \times 0,8}$$

$$N = 2 \text{ buah}$$

Tabel 68. Perhitungan Lampu Jenis Fluorescent- TLD 2 X 36W/86

Lantai 2-15	Luas M ²	Level Iluminasi (lux)	Beban nilai lumen (F)	Utility Factor (UF)	LLF	Jumlah lampu (N)
Ruang Manager 1	15,75	500	6500	0,95	0,8	2
Manager 2	15,77	500	6500	0,95	0,8	2
Manager 3	15,77	500	6500	0,95	0,8	2
Manager 4	17,25	500	6500	0,95	0,8	2
Manager 5	17,25	500	6500	0,95	0,8	2
Manager 6	15,53	500	6500	0,95	0,8	2
Manager 7	10,42	500	6500	0,95	0,8	1

Manager 8	10,42	500	6500	0,95	0,8	1
Small Meeting	9,09	500	6500	0,95	0,8	1
Ruang Flexibel	38,58	500	6500	0,95	0,8	4
Ruang Karyawan	433,02	500	6500	0,95	0,8	43
Lobby Lantai 2-15	53,82	500	6500	0,95	0,8	5
Ruang Server	10,92	500	6500	0,95	0,8	1
Total						68

f. Perhitungan Beban Panas Dari Lampu

$$Q_{\text{lampu}} = \text{daya lampu} \times \text{fb} \times \text{CLF} \times N$$

$$Q = 72 \text{ watt} \times 1,2 \times 0,84 \times 8$$

$$Q = 580,60 \text{ watt}$$

Tabel 69. Perhitungan Beban Panas Lampu Pada Lantai 2-15

Lantai 2-15	Daya	FB	CLF	Jumlah lampu	Qlampu (watt)
Ruang Manager 1	72	1,2	0,84	2	145,15
Manager 2	72	1,2	0,84	2	145,15
Manager 3	72	1,2	0,84	2	145,15
Manager 4	72	1,2	0,84	2	145,15
Manager 5	72	1,2	0,84	2	145,15
Manager 6	72	1,2	0,84	2	145,15
Manager 7	72	1,2	0,84	1	72,58
Manager 8	72	1,2	0,84	1	72,58
Small Meeting	72	1,2	0,84	1	72,58
Ruang Flexibel	72	1,2	0,84	4	290,30
Ruang Karyawan	72	1,2	0,84	43	3120,77
Lobby Lantai 2-15	72	1,2	0,84	5	362,88
Ruang Server	72	1,2	0,84	1	72,58
Total					4935,17

g. Perhitungan Daya Listrik

Perhitungan daya listrik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini :

$$q = P \cdot Ef \cdot (CLF)$$

$$q = 800 \times 1 \times 1$$

$$q = 800 \text{ watt}$$

Tabel 70. Perhitungan Beban Panas Dari Daya Listrik Pada Lantai 2-15

Lantai 2-15	P (watt)	Jenis stop kontak	Jumlah stop kontak	CLF	Ef	Qdaya listrik (watt)
Ruang Manager 1	200	Meja kerja	3	1	1	600
Manager 2	200	Meja kerja	3	1	1	600
Manager 3	200	Meja kerja	3	1	1	600
Manager 4	200	Meja kerja	3	1	1	600

Manager 5	200	Meja kerja	3	1	1	600
Manager 6	200	Meja kerja	3	1	1	600
Manager 7	200	Meja kerja	3	1	1	600
Manager 8	200	Meja kerja	3	1	1	600
Small Meeting	200	Meja kerja	2	1	1	400
Ruang Flexibel	200	Meja kerja	2	1	1	400
Ruang Karyawan	200	Meja kerja	10	1	1	1000
Lobby Lantai 2-15	200	Meja kerja	4	1	1	800
Ruang Server	200	Meja kerja	3	1	1	600
Total						8000

h. Perhitungan Beban Panas Dari Peralatan.

Jumlah perolehan panas dari dalam ruangan yang disebabkan oleh peralatan tergantung pada daya peralatan tersebut.

Persamaan untuk menghitung beban kalor dari peralatan adalah :

$$Q_{\text{komputer}} = HG \times CLF \times N$$

$$Q = 130 \text{ watt} \times 1 \times 1$$

$$Q = 130 \text{ watt}$$

Tabel 71. Perhitungan beban dari computer pada lantai 2-15

Lantai 2-15	HG (watt)	Jumlah komputer	CLF	Qkomputer (watt)
Ruang Manager 1	130	1	1	130
Manager 2	130	1	1	130
Manager 3	130	1	1	130
Manager 4	130	1	1	130
Manager 5	130	1	1	130
Manager 6	130	1	1	130
Manager 7	130	1	1	130
Manager 8	130	1	1	130
Small Meeting	130	1	1	130
Ruang Flexibel	130	1	1	130
Ruang Karyawan	130	36	1	4680
Lobby Lantai 2-15	130	1	1	130
Ruang Server	130	2	1	260
Total				6370

$$Q_{\text{printer}} = HG \times CLF \times N$$

$$Q = 30 \text{ watt} \times 1 \times 1$$

$$Q = 30 \text{ watt}$$

Tabel 3.9 perhitungan beban dari printer pada lantai 2-15

Lantai 2-15	HG (watt)	Jumlah Printer	CLF	Qkomputer (watt)
Ruang Manager 1	30	1	1	30
Manager 2	30	1	1	30
Manager 3	30	1	1	30
Manager 4	30	1	1	30
Manager 5	30	1	1	30
Manager 6	30	1	1	30
Manager 7	30	1	1	30
Manager 8	30	1	1	30
Small Meeting	30	1	1	30
Ruang Flexibel	30	1	1	30
Ruang Karyawan	30	36	1	1080
Lobby Lantai 2-15	30	1	1	30
Ruang Server	30	2	1	60
Total				1470

Lantai 2-15	Q _{sg} (watt)	Q _{dinding} (watt)	Q _{partisi} (Watt)	Q _{pengh} uni (watt)	Q _{lampu} (watt)	Q _{daya} listrik (watt)	Q _{peralatan} (watt)	Q _{ventilasi} dan infiltrasi
Ruang Manager 1	3586,27	113,71	121,27	450	145,15	600	130	16
Manager 2	572,45	71,91	121,43	450	145,15	600	130	16
Manager 3	572,45	71,91	121,43	450	145,15	600	130	16
Manager 4	626,17	78,66	132,85	450	145,15	600	130	16
Manager 5	3927,82	137,65	132,85	450	145,15	600	130	16
Manager 6	3536,18	123,92	119,58	450	145,15	600	130	16
Manager 7	2372,63	83,15	80,23	450	72,58	600	130	16
Manager 8	1633,33	106,91	80,23	450	72,58	600	130	16
Small Meeting	1424,86	93,26	70	600	72,58	400	130	16
Ruang Flexibel	6047,41	395,83	297,06	1200	290,30	400	130	16
Ruang Karyawan	98598,65	3126,40	3334,25	5400	3120,77	1000	4680	16
Lobby Lantai 2-15	12254,81	388,58	414,41	1500	362,88	800	130	16
Ruang Server	2486,48	78,84	84,08	300	72,58	600	260	16
Total	137639,51	4870,73	5109,67	12600	4935,17	8000	6370	208
QTotal	179.733,08							

i. Perhitungan Beban Panas Dari Ventilasi dan Infiltrasi

dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini :

$$Q = 1,2 \times V \times (H_o - H_i)$$

$$Q = 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \frac{10 \text{ m}^3}{1000 \text{ s}} \times (408 - 404) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$Q = 16 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = 16 \text{ watt}$$

Tabel 3.9 Perhitungan Beban Panas Dari ventilasi dan infiltrasi lantai 2-15

Lantai 2-15	V (liter/sec)	Ho	Hi	Qventilasi dan infiltrasi
Ruang Manager 1	17,5	408	404	16
Manager 2	17,5	408	404	16
Manager 3	17,5	408	404	16
Manager 4	17,5	408	404	16
Manager 5	17,5	408	404	16
Manager 6	17,5	408	404	16
Manager 7	17,5	408	404	16
Manager 8	17,5	408	404	16
Small Meeting	17,5	408	404	16
Ruang Flexibel	17,5	408	404	16
Ruang Karyawan	17,5	408	404	16
Lobby Lantai 2-15	17,5	408	404	16
Ruang Server	17,5	408	404	16
Total				208

j. Total Perhitungan Beban Panas Dari Lantai 2

Total perhitungan beban panas secara keseluruhan dari lantai 2 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Q_{total} &= Q_{sg} + Q_{dinding} + Q_{partisi} + Q_{penghuni} + Q_{lampu} \\
 &\quad + Q_{daya\ listrik} + Q_{peralatan} + Q_{ventilasi\ dan\ infiltrasi} \\
 &= 137639,51\text{watt} + 4870,73\text{ watt} + 5109,67\text{ watt} + 12600\text{watt} \\
 &\quad + 4935,17\text{att} + 8000\text{ watt} + 6370\text{ watt} + 208\text{ watt} \\
 &= 179.733,08\text{ watt}
 \end{aligned}$$

Tabel 3.11 Total Perhitungan Beban Panas Lantai 2-15

*Tabel tersebut diatas adalah daya untuk setiap 1(satu) lantai, untuk daya lantai 2 sampai lantai 15 sehingga total keseluruhan untuk total lantai 2 sampai dengan lantai 15 adalah $179.733,08 \times 14 = 2.516.263,12\text{ watt}$

SECTION 9. PERHITUNGAN SOFTWARE DAIKIN EXPRES

9.1 Data Bangunan



Tahap 2



Tahap 1	16670	\$102,036,000.00
Masjid	1600	\$6,400,000.00
Ballroom	1500	\$12,000,000.00
Hotel tahap 1	7840	\$62,720,000.00
Retail	1650	\$9,900,000.00
Parkir	4080	\$11,016,000.00
Tahap 2	12615	\$100,920,000.00
Hotel tahap 2	12615	\$100,920,000.00
TOTAL	29285	\$202,956,000.00





9.2 Perancangan berdasar VRV Express



PROJECT NAME : LINDA TANJUNG OASIS
 DATE : 12/02/2020
 REVISION : 00 (HOTEL AREA)

OUTDOOR

MODEL	Qty	DESCRIPTION
RCQ112AY14	2	Cooling only VRV A|18, 20HP single module|ID
RCQ144AY14	6	Cooling only VRV A|18, 20HP single module|ID
RCQ118AY14	2	Cooling only VRV A|18, 20HP single module|ID
RCQ200Y14	2	Cooling only VRV A|18, 20HP single module|ID
RCQ224AY14	1	Cooling only VRV A|18, 20HP single module|ID
RCQ244AY14	6	Cooling only VRV A|18, 20HP single module|ID
RCQ284AY14	6	Cooling only VRV A|18, 20HP single module|ID
RCQ304AY14	2	Cooling only VRV A|18, 20HP single module|ID
RCQ324AY14	6	Cooling only VRV A|18, 20HP single module|ID
RCQ344AY14	3	Cooling only VRV A|18, 20HP single module|ID
RCQ364AY14	1	Cooling only VRV A|18, 20HP single module|ID
RCQ424AY14	4	Cooling only VRV A|18, 20HP single module|ID
RCQ444AY14	3	Cooling only VRV A|18, 20HP single module|ID
RCQ484AY14	3	Cooling only VRV A|18, 20HP single module|ID
RCQ504AY14	6	Cooling only VRV A|18, 20HP single module|ID
TOTAL	56	

INDOOR

MODEL	Qty	DESCRIPTION
FXAQ20AVM4	18	VRV A|18| - Wall Mounted (1st Phase)
FXMQ200PVM	30	VRV M-PVM - Ceiling Mounted Duct
FXMQ250PVM	66	VRV M-PVM - Ceiling Mounted Duct
FXMQ32PAV4	1	VRV M-PA|D| - Ceiling Mounted Duct
FXMQ280PAV4	17	VRV M-PA|D| - Ceiling Mounted Duct
FXMQ260PAV4	37	VRV M-PA|D| - Ceiling Mounted Duct
FXMQ263PAV4	19	VRV M-PA|D| - Ceiling Mounted Duct
FXMQ280PAV4	19	VRV M-PA|D| - Ceiling Mounted Duct
FXMQ300PAV4	9	VRV M-PA|D| - Ceiling Mounted Duct
FXMQ325PAV4	8	VRV M-PA|D| - Ceiling Mounted Duct
FXMQ340PAV4	9	VRV M-PA|D| - Ceiling Mounted Duct
FXSQ100PAV4	24	VRV S-PA|D| - Ceiling Mounted Duct(MSP)
FXSQ20PAV4	3	VRV S-PA|D| - Ceiling Mounted Duct(MSP)
FXSQ25PAV4	3	VRV S-PA|D| - Ceiling Mounted Duct(MSP)
FXSQ32PAV4	4	VRV S-PA|D| - Ceiling Mounted Duct(MSP)
FXSQ50PAV4	268	VRV S-PA|D| - Ceiling Mounted Duct(MSP)
TOTAL	552	

ACCESSORIES

MODEL	Qty	DESCRIPTION
KHRP26A22T	69	Refrat branch piping kit
KHRP26A33T	51	Refrat branch piping kit
KHRP26A72T	216	Refrat branch piping kit
XHRP26A73T + KHRP26M73TP	162	Refrat branch piping kit
BHFP22P100	25	Outdoor unit multi connection piping kit
BHFP22P151	14	Outdoor unit multi connection piping kit
BRC1163	562	Wirel Remote Controller (Navigation Remote Controller)
DCM601A51	2	Intelligent Touch Manager
DCM601A52	8	iTM Plus Adaptor
DTA109A51	7	DH-NET Expander Adaptor
TOTAL	1104	

Codice	Descrizione	Unità	Mese	Anno	Misure												Totale								
					M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M							
A000001

Codice	Descrizione	Unità	Mese	Anno	Misure												Totale								
					M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M							
A000011



Produced on 13/02/2020 with Xpress Selection V8.6.7 - database DIL 13.8.9

Project name LINDA TANJUNG OASIS
 Project address -
 Indonesia
 Reference -
 Client name -
 Client address -
 Revision -

Selection parameters of the indoor units can be found under the chapter Indoor unit details
 Selection parameters of the outdoor units can be found under the chapter Outdoor unit details
 Only the data published in the data book are correct. This program uses close approximations of these data.

1. Material List

Model	Qty	Description
RXQ12AY14	2	Cooling only VRV A(18,20HP single module)E
RXQ14AY14	6	Cooling only VRV A(18,20HP single module)E
RXQ16AY14	7	Cooling only VRV A(18,20HP single module)E
RXQ20AY14	2	Cooling only VRV A(18,20HP single module)E
RXQ22AMV14	1	Cooling only VRV A(18,20HP single module)E
RXQ24AMV14	6	Cooling only VRV A(18,20HP single module)E
RXQ26AMV14	6	Cooling only VRV A(18,20HP single module)E
RXQ28AMV14	2	Cooling only VRV A(18,20HP single module)E
RXQ30AMV14	6	Cooling only VRV A(18,20HP single module)E
RXQ34AMV14	3	Cooling only VRV A(18,20HP single module)E
RXQ36AMV14	1	Cooling only VRV A(18,20HP single module)E
RXQ42AMV14	4	Cooling only VRV A(18,20HP single module)E
RXQ44AMV14	3	Cooling only VRV A(18,20HP single module)E
RXQ46AMV14	1	Cooling only VRV A(18,20HP single module)E
RXQ50AMV14	6	Cooling only VRV A(18,20HP single module)E
FXA020PVE4	18	VRV APVE5 - Wall Mounted Flat Panel
FXA0100PVA4	8	VRV M-FRUE) - Ceiling Mounted Duct
FXA0110PVA4	8	VRV M-FA)E) - Ceiling Mounted Duct
FXA0140PVA4	9	VRV M-FA)E) - Ceiling Mounted Duct
FXA0200PVM	30	VRV M-PVM - Ceiling Mounted Duct
FXA0250PVM	66	VRV M-PVM - Ceiling Mounted Duct
FXA0251VA4	1	VRV M-FA)E) - Ceiling Mounted Duct
FXA030PAV4	17	VRV M-FA)E) - Ceiling Mounted Duct
FXA0301VA4	27	VRV M-FA)E) - Ceiling Mounted Duct
FXA0303PAV4	19	VRV M-FA)E) - Ceiling Mounted Duct
FXA0304PAV4	19	VRV M-FA)E) - Ceiling Mounted Duct
FXS0100PAV4	24	VRV S-PA)D) - Ceiling Mounted Duct(MSP)
FXS020PAV4	1	VRV S-PA)D) - Ceiling Mounted Duct(MSP)
FXS025PAV4	3	VRV S-PA)D) - Ceiling Mounted Duct(MSP)
FXS030PAV4	4	VRV S-PA)D) - Ceiling Mounted Duct(MSP)
FXS050PAV4	289	VRV S-PA)D) - Ceiling Mounted Duct(MSP)
HRP26A22T	69	Rethel branch piping M
HRP26A33T	51	Rethel branch piping M
HRP26A72T	214	Rethel branch piping M
HRP26A73T + HRP26M73TP	162	Rethel branch piping M
DCM01A01	2	Intelligent Touch Manager
SRCTEES	552	Wired Remote Controller (Navigation Remote Controller)

The Xpress Selection Program is property of Daikin Europe Ltd. Daikin Europe BV cannot be held liable for any inaccuracy, reliability of the outcome of the Xpress Selection Program.



Model	Qty	Description
BHFP22P100	25	Outdoor unit multi connection piping kit
BHFP22P151	14	Outdoor unit multi connection piping kit
DCM01A52	8	iTM Plus Adaptor

The Xpress Selection Program is property of Daikin Europe NV. Daikin Europe NV cannot be held liable for any inaccuracy, reliability of the outcome of the Xpress Selection Program.



2. Indoor Unit Details

2.1. Table of Abbreviations

Name	Logical name of the device
FCU	Device model name
	▼ indicates a model size down due to tolerance
Tmp C	Indoor conditions in cooling (dry bulb temp. / wet bulb temp.)
Rq TC	Required total cooling capacity
	Applied indoor capacity safety factor or tolerance
Max TC	Available total cooling capacity
Rq SC	Required sensible cooling capacity
Max SC	Available sensible cooling capacity
Tevap	Evaporating temperature of indoor unit coil
Tdis C	Indoor unit discharge air temperature in cooling
Tmp H	Indoor temperature in heating
Rq HC	Required heating capacity
	Applied indoor capacity safety factor or tolerance
Max HC	Available heating capacity
Tdis H	Indoor unit discharge air temperature in heating
Airflow	Supplied airflow
Sound	Sound pressure low and high
PS	Power supply (voltage and phases)
MCA	Minimum Circuit Amps
WxHxD	WidthxHeightxDepth
Wght	Weight of the device

The Xpress Selection Program is property of Daikin Europe NV. Daikin Europe NV cannot be held liable for any inaccuracy, reliability of the outcome of the Xpress Selection Program.



2.2. OU-SM.1 - RXQ34AMY14

Capacity data at conditions and connection ratio (119%) as entered

Name	FCU	Temp C	Rq TC	Max TC	Rq SC	Max SC	Tevap	Tdia C	Temp H	Rq HC	Max HC	T
		°F	BTU/h	BTU/h	BTU/h	BTU/h	°F	°F	°F	BTU/h	BTU/h	
IJ-SM-R.1	FXAQ20PVE4	75.2 / 64.4	4900	7507	n/a	5794	Auto	55.3	n/a	n/a	n/a	
IJ-SM-R.SC	FXAQ20PVE4	75.2 / 64.4	4900	7507	n/a	5794	Auto	55.3	n/a	n/a	n/a	
IJ-SM-R.CS	FXAQ20PVE4	75.2 / 64.4	7125	7507	n/a	5794	Auto	55.3	n/a	n/a	n/a	
IJ-SM-R.HRD.1	FXAQ20PVE4	75.2 / 64.4	4200	7507	n/a	5794	Auto	55.3	n/a	n/a	n/a	
IJ-SM-R.HRD.2	FXAQ20PVE4	75.2 / 64.4	6300	7507	n/a	5794	Auto	55.3	n/a	n/a	n/a	
IJ-SM-R.HRM	FXAQ20PVE4	75.2 / 64.4	4200	7507	n/a	5794	Auto	55.3	n/a	n/a	n/a	
IJ-SM-R.RSK	FXAQ20PVE4	75.2 / 64.4	7000	7507	n/a	5794	Auto	55.3	n/a	n/a	n/a	
IJ-SM-R.CASHIER	FXAQ20PVE4	75.2 / 64.4	4200	7507	n/a	5794	Auto	55.3	n/a	n/a	n/a	
IJ-SM-R.FS	FXSQ20PAV4 ▼	75.2 / 64.4	7700 -5%	7507	n/a	5641	Auto	56.4	n/a	n/a	n/a	
IJ-SM-R.COMMISSARY	FXSQ20PAV4 ▼	75.2 / 64.4	9600 -5%	9554	n/a	6770	Auto	55.8	n/a	n/a	n/a	
IJ-SM-R.CORRIDOR	FXMQ50PAV4	75.2 / 64.4	18201	18767	n/a	14512	Auto	54.5	n/a	n/a	n/a	
IJ-SM-R.FEMALE.LC	FXMQ50PAV4	75.2 / 64.4	19001	18767	n/a	14512	Auto	54.5	n/a	n/a	n/a	
IJ-SM-R.MALE.LC	FXMQ80PAV4	75.2 / 64.4	25201	30027	n/a	21729	Auto	52.8	n/a	n/a	n/a	
IJ-SM-R.KELIANGAI	FXMQ80PAV4	75.2 / 64.4	27751	30027	n/a	21729	Auto	52.8	n/a	n/a	n/a	
IJ-SM-R.FC	FXAQ20PVE4	75.2 / 64.4	6000	7507	n/a	5794	Auto	55.3	n/a	n/a	n/a	
IJ-SM-R.GDU	FXAQ20PVE4 ▼	75.2 / 64.4	7800 -5%	7507	n/a	5794	Auto	55.3	n/a	n/a	n/a	
IJ-SM-R.EHK	FXAQ20PVE4	75.2 / 64.4	6300	7507	n/a	5794	Auto	55.3	n/a	n/a	n/a	
IJ-SM-R.FILE.STORAGE	FXAQ20PVE4	75.2 / 64.4	4900	7507	n/a	5794	Auto	55.3	n/a	n/a	n/a	
IJ-SM-R.HK.LAUNDRY	FXMQ50PAV4 ▼	75.2 / 64.4	19001 -5%	18767	n/a	14512	Auto	54.5	n/a	n/a	n/a	
IJ-SM-R.KAMITH	FXMQ125PAV4	75.2 / 64.4	42562	47086	n/a	33313	Auto	53.2	n/a	n/a	n/a	
IJ-SM-R.KLIHK	FXMQ40PAV4	75.2 / 64.4	12751	15013	n/a	12110	Auto	55.7	n/a	n/a	n/a	
IJ-SM-R.OS	FXMQ200PVM	75.2 / 64.4	61600	75067	n/a	51039	Auto	57.5	n/a	n/a	n/a	
IJ-SM-R.CORRIDOR	FXMQ50PAV4	75.2 / 64.4	17201	18767	n/a	14512	Auto	54.5	n/a	n/a	n/a	

Required cooling capacity towards the outdoor unit: 3266298BTU/h.

The calculation shows the peak discharge temperatures (lowest temperature in case of cooling mode / highest temperature in case of heating mode), assuming the indoor unit is running at full load at the given indoor temperature design conditions. In practice the discharge temperature will modulate based on actual capacity requirements and during defrost mode (heating mode).

The analysis of the suction and discharge temperature values may help in preventing a cold draft and to ensure a thermal comfort level.

Name	Sound dBA	PS	MCA A	WidthD mm	Weight kg
IJ-SM-R.1	31-35	220V 1ph	0.3	795*290*238	11
IJ-SM-R.SC	31-35	220V 1ph	0.3	795*290*238	11
IJ-SM-R.CS	31-36	220V 1ph	0.3	795*290*238	11
IJ-SM-R.HRD.1	31-35	220V 1ph	0.3	795*290*238	11
IJ-SM-R.HRD.2	31-35	220V 1ph	0.3	795*290*238	11
IJ-SM-R.HRM	31-35	220V 1ph	0.3	795*290*238	11
IJ-SM-R.RSK	31-35	220V 1ph	0.3	795*290*238	11
IJ-SM-R.CASHIER	31-35	220V 1ph	0.3	795*290*238	11
IJ-SM-R.FS	28-33	220V 1ph	0.8	550*245*800	25
IJ-SM-R.COMMISSARY	28-33	220V 1ph	0.5	550*245*800	25
IJ-SM-R.CORRIDOR	37-41	220V 1ph	1.6	1000*300*700	35
IJ-SM-R.FEMALE.LC	37-41	220V 1ph	1.6	1000*300*700	35
IJ-SM-R.MALE.LC	38-43	220V 1ph	2.3	1000*300*700	35

The Xpress Selection Program is property of Daikin Europe NV. Daikin Europe NV cannot be held liable for any inaccuracy, reliability of the outcome of the Xpress Selection Program.



Name	Sound dBA	PS	MCA A	WidthD mm	Weight kg
IJ-SM-R KEUANGKAM	39-43	220V 1ph	2,3	1000×300×700	35
IJ-SM-R FC	31-35	220V 1ph	0,3	795×290×238	11
IJ-SM-R GDU	31-35	220V 1ph	0,3	795×290×238	11
IJ-SM-R EHK	31-35	220V 1ph	0,3	795×290×238	11
IJ-SM-R FILE STORAGE	31-35	220V 1ph	0,3	795×290×238	11
IJ-SM-R HK LAUNDRY	37-41	220V 1ph	1,6	1000×300×700	35
IJ-SM-R KANTIN	40-44	220V 1ph	3,4	1400×300×700	45
IJ-SM-R KLINIK	35-39	220V 1ph	1,4	700×300×700	27
IJ-SM-R GS	39-42	230V 1ph	6,9	1490×470×1100	89
IJ-SM-R CORRIDOR	37-41	220V 1ph	1,6	1000×300×700	35



Outdoor unit placed at the same level as the indoor units.

The Xpress Selection Program is property of Daikin Europe NV. Daikin Europe NV cannot be held liable for any inaccuracy, reliability of the outcome of the Xpress Selection Program.



2.3. OU-SM.2 - RXQ34AMY14

Capacity data at conditions and connection ratio (118%) as entered

Name	FCU	Temp C	Rq TC	Max TC	Rq SC	Max SC	Tevap	Tdis C	Temp H	Rq HC	Max HC	Tdis H	Airfl
		°F	BTU/h	BTU/h	BTU/h	BTU/h	°F	°F	°F	BTU/h	BTU/h	°F	m³/m
IJ-SM-R.MAS.3D.1	FXMQ250PVM	75.2 / 64.4	89004	93834	n/a	64817	Auto	55.3	n/a	n/a	n/a	n/a	f
IJ-SM-R.MAS.3D.2	FXMQ250PVM	75.2 / 64.4	89004	93834	n/a	64817	Auto	55.3	n/a	n/a	n/a	n/a	f
IJ-SM-R.MAS.3D.3	FXMQ250PVM	75.2 / 64.4	89004	93834	n/a	64817	Auto	55.3	n/a	n/a	n/a	n/a	f
IJ-SM-R.MAS.3D.4	FXMQ250PVM	75.2 / 64.4	89004	93834	n/a	64817	Auto	55.3	n/a	n/a	n/a	n/a	f

Required cooling capacity towards the outdoor unit: 356015BTU/h.

The calculation shows the peak discharge temperatures (lowest temperature in case of cooling mode / highest temperature in case of heating mode), assuming the indoor unit is running at full load at the given indoor temperature design conditions. In practice the discharge temperature will modulate based on actual capacity requirements and during defrost mode (heating mode). The analysis of the suction and discharge temperature values may help in preventing a cold draft and to ensure a thermal comfort level.

Name	Sound dBA	PS	MCA A	WxHxD mm	Wght kg
IJ-SM-R.MAS.3D.1	37-44	220V 1ph	9	1490x470x1100	105
IJ-SM-R.MAS.3D.2	37-44	220V 1ph	9	1490x470x1100	105
IJ-SM-R.MAS.3D.3	37-44	220V 1ph	9	1490x470x1100	105
IJ-SM-R.MAS.3D.4	37-44	220V 1ph	9	1490x470x1100	105



Outdoor unit placed at the same level as the indoor units.

The Xpress Selection Program is property of Daikin Europe NV. Daikin Europe NV cannot be held liable for any inaccuracy, reliability of the outcome of the Xpress Selection Program.



2.4. OU-SM.3 - RXQ22AMY14

Capacity data at conditions and connection ratio (113%) as entered

Name	FCU	Temp C	Rq TC	Max TC	Rq SC	Max SC	Tevap	Tdb C	Temp H	Rq HC	Max HC	1
		°F	BTU/h	BTU/h	BTU/h	BTU/h	°F	°F	°F	BTU/h	BTU/h	
IJ-SM-R-WSE	FXMQ200PVM	75.2 / 64.4	61043	75067	n/a	51039	Auto	57.5	n/a	n/a	n/a	
IJ-SM-R-CORRIDOR	FXMQ200PVM	75.2 / 64.4	61603	75067	n/a	51039	Auto	57.5	n/a	n/a	n/a	
IJ-SM-R-EO	FXMQ100PVM4	75.2 / 64.4	36002	37534	n/a	26770	Auto	53.7	n/a	n/a	n/a	
IJ-SM-R-KA-ENGINEER	FXAQ20PVE4	75.2 / 64.4	4600	7507	n/a	5794	Auto	55.3	n/a	n/a	n/a	
IJ-SM-R-ES	FXMQ100PVM4 ▼	75.2 / 64.4	38502 - 9%	37534	n/a	26770	Auto	53.7	n/a	n/a	n/a	

Required cooling capacity towards the outdoor unit: 200780BTU/h.

The calculation shows the peak discharge temperatures (lowest temperature in case of cooling mode / highest temperature in case of heating mode), assuming the indoor unit is running at full load at the given indoor temperature design conditions. In practice the discharge temperature will modulate based on actual capacity requirements and during defrost mode (heating mode).

The analysis of the suction and discharge temperature values may help in preventing a cold draft and to ensure a thermal comfort level.

Name	Sound dBA	PS	MCA	WzixD	Wght
			A	mm	kg
IJ-SM-R-WSE	35-42	230V 1ph	6.9	1400*470*1100	95
IJ-SM-R-CORRIDOR	35-42	230V 1ph	6.9	1400*470*1100	95
IJ-SM-R-EO	39-43	220V 1ph	2.9	1400*300*700	45
IJ-SM-R-KA-ENGINEER	31-35	220V 1ph	0.3	795*290*238	11
IJ-SM-R-ES	39-43	220V 1ph	2.9	1400*300*700	45



Outdoor unit placed at the same level as the indoor units.

The Xpress Selection Program is property of Daikin Europe NV. Daikin Europe NV cannot be held liable for any inaccuracy, reliability of the outcome of the Xpress Selection Program.



2.5. OU-1.1 - RXQ44AMY14

Capacity data at conditions and connection ratio (116%) as entered

Name	FCU	Temp C	Rq TC	Max TC	Rq SC	Max SC	Tevap	Tds C	Temp H	Rq HC	Max HC	Tds I
		°F	BTU/h	BTU/h	BTU/h	BTU/h	°F	°F	°F	BTU/h	BTU/h	°F
IJ-1-R BANQUET STORE 1	FXMQ200PVM	75,2 / 64,4	73503	75007	n/a	51039	Auto	57,5	n/a	n/a	n/a	n
IJ-1-R BANQUET STORE 2	FXMQ200PVM	75,2 / 64,4	73503	75007	n/a	51039	Auto	57,5	n/a	n/a	n/a	n
IJ-1-R BANQUET STORE 3	FXMQ200PVM	75,2 / 64,4	73503	75007	n/a	51039	Auto	57,5	n/a	n/a	n/a	n
IJ-1-R BANQUET STORE 4	FXMQ200PVM	75,2 / 64,4	73503	75007	n/a	51039	Auto	57,5	n/a	n/a	n/a	n
IJ-1-R SATELITE KC 1	FXMQ200PVM	75,2 / 64,4	69753	75007	n/a	51039	Auto	57,5	n/a	n/a	n/a	n
IJ-1-R SATELITE KC 2	FXMQ200PVM	75,2 / 64,4	69753	75007	n/a	51039	Auto	57,5	n/a	n/a	n/a	n
IJ-1-R CORRIDOR	FXMQ60PAV4	75,2 / 64,4	28401	30027	n/a	21729	Auto	52,8	n/a	n/a	n/a	n

Required cooling capacity towards the outdoor unit: 461919BTU/h.

The calculation shows the peak discharge temperatures (lowest temperature in case of cooling mode / highest temperature in case of heating mode), assuming the indoor unit is running at full load at the given indoor temperature design conditions. In practice the discharge temperature will modulate based on actual capacity requirements and during defrost mode (heating mode).

The analysis of the suction and discharge temperature values may help in preventing a cold draft and to ensure a thermal comfort level.

Name	Sound dBA	PS	MCA	WxHxD	Wght
			A	mm	kg
IJ-1-R BANQUET STORE 1	35-42	230V 1ph	6,9	1400x470x1100	96
IJ-1-R BANQUET STORE 2	35-42	230V 1ph	6,9	1490x470x1100	96
IJ-1-R BANQUET STORE 3	35-42	230V 1ph	6,9	1490x470x1100	96
IJ-1-R BANQUET STORE 4	35-42	230V 1ph	6,9	1490x470x1100	96
IJ-1-R SATELITE KC 1	35-42	230V 1ph	6,9	1490x470x1100	96
IJ-1-R SATELITE KC 2	35-42	230V 1ph	6,9	1490x470x1100	96
IJ-1-R CORRIDOR	38-43	220V 1ph	2,3	1000x300x700	35



Outdoor unit placed at the same level as the indoor units.

The Xpress Selection Program is property of Daikin Europe NV. Daikin Europe NV cannot be held liable for any inaccuracy, reliability of the outcome of the Xpress Selection Program.



2.6. OU-1.2 - RXQ36AMY14

Capacity data at conditions and connection ratio (117%) as entered

Name	FCU	Temp C	Rq TC	Max TC	Rq SC	Max SC	Tevap	Tdls C	Temp H	Rq HC	Max HC	Tdls
		°F	BTU/h	BTU/h	BTU/h	BTU/h	°F	°F	°F	BTU/h	BTU/h	°F
IJ-1-R PREP AREA 1	FXMQ200PVM	75.2 / 64.4	65628	75067	n/a	51039	Auto	57.5	n/a	n/a	n/a	n/a
IJ-1-R PREP AREA 2	FXMQ200PVM	75.2 / 64.4	65628	75067	n/a	51039	Auto	57.5	n/a	n/a	n/a	n/a
IJ-1-R VIP	FXMQ125PAV4	75.2 / 64.4	45002	47088	n/a	33313	Auto	53.2	n/a	n/a	n/a	n/a
IJ-1-R RIAS	FXMQ125PAV4	75.2 / 64.4	45002	47088	n/a	33313	Auto	53.2	n/a	n/a	n/a	n/a
IJ-1-R MEETING 1	FXMQ200PVM	75.2 / 64.4	62253	75067	n/a	51039	Auto	57.5	n/a	n/a	n/a	n/a
IJ-1-R MEETING 2	FXMQ200PVM	75.2 / 64.4	76503-5%	75067	n/a	51039	Auto	57.5	n/a	n/a	n/a	n/a

Required cooling capacity towards the outdoor unit: 358579BTU/h.

The calculation shows the peak discharge temperatures (lowest temperature in case of cooling mode / highest temperature in case of heating mode), assuming the indoor unit is running at full load at the given indoor temperature design conditions. In practice the discharge temperature will modulate based on actual capacity requirements and during defrost mode (heating mode).

The analysis of the suction and discharge temperature values may help in preventing a cold draft and to ensure a thermal comfort level.

Name	Sound dBA	PS	MCA	WxHxD	Wght
			A	mm	kg
IJ-1-R PREP AREA 1	35-42	230V 1ph	6,0	1490x470x1100	95
IJ-1-R PREP AREA 2	35-42	230V 1ph	6,0	1490x470x1100	95
IJ-1-R VIP	40-44	230V 1ph	3,4	1400x300x700	45
IJ-1-R RIAS	40-44	220V 1ph	3,4	1400x300x700	45
IJ-1-R MEETING 1	35-42	230V 1ph	6,0	1490x470x1100	95
IJ-1-R MEETING 2	35-42	230V 1ph	6,0	1490x470x1100	95



Outdoor unit placed at the same level as the indoor units.

The Xpress Selection Program is property of Daikin Europe NV. Daikin Europe NV cannot be held liable for any inaccuracy, reliability of the outcome of the Xpress Selection Program.



2.7. OU-1.3 - RXQ50AMY14

Capacity data at conditions and connection ratio (120%) as entered

Name	FCU	Temp C	Rq TC	Max TC	Rq SC	Max SC	Tevap	Tdis C	Temp H	Rq HC	Max HC	Tdis H	Airflow
		°F	BTU/h	BTU/h	BTU/h	BTU/h	°F	°F	°F	BTU/h	BTU/h	°F	m ³ /min
IJ-1-R LOUNGE 1	FXMQ250PVM	75,2 / 64,4	84004	93834	n/a	64817	Auto	55,3	n/a	n/a	n/a	n/a	8r
IJ-1-R LOUNGE 2	FXMQ250PVM	75,2 / 64,4	84004	93834	n/a	64817	Auto	55,3	n/a	n/a	n/a	n/a	8r
IJ-1-R LOUNGE 3	FXMQ250PVM	75,2 / 64,4	84004	93834	n/a	64817	Auto	55,3	n/a	n/a	n/a	n/a	8r
IJ-1-R LOUNGE 4	FXMQ250PVM	75,2 / 64,4	84004	93834	n/a	64817	Auto	55,3	n/a	n/a	n/a	n/a	8r
IJ-1-R LOUNGE 5	FXMQ250PVM	75,2 / 64,4	84004	93834	n/a	64817	Auto	55,3	n/a	n/a	n/a	n/a	8r
IJ-1-R LOUNGE 6	FXMQ250PVM	75,2 / 64,4	84004	93834	n/a	64817	Auto	55,3	n/a	n/a	n/a	n/a	8r

Required cooling capacity towards the outdoor unit: 504021BTU/h.

The calculation shows the peak discharge temperatures (lowest temperature in case of cooling mode / highest temperature in case of heating mode), assuming the indoor unit is running at full load at the given indoor temperature design conditions. In practice the discharge temperature will modulate based on actual capacity requirements and during defrost mode (heating mode).

The analysis of the suction and discharge temperature values may help in preventing a cold draft and to ensure a thermal comfort level.

Name	Sound dBA	PS	MCA A	WxHxD mm	Wght kg
IJ-1-R LOUNGE 1	37-44	220V 1ph	9	1490x470x1100	105
IJ-1-R LOUNGE 2	37-44	220V 1ph	9	1490x470x1100	105
IJ-1-R LOUNGE 3	37-44	220V 1ph	9	1490x470x1100	105
IJ-1-R LOUNGE 4	37-44	220V 1ph	9	1490x470x1100	105
IJ-1-R LOUNGE 5	37-44	220V 1ph	9	1490x470x1100	105
IJ-1-R LOUNGE 6	37-44	220V 1ph	9	1490x470x1100	105



Outdoor unit placed at the same level as the indoor units.

The Xpress Selection Program is a property of Daikin Europe IM. Daikin Europe IM cannot be held liable for any inaccuracy, reliability of the outcome of the Xpress Selection Program.

SECTIN 10. RESUME HASIL PERENCANAAN

10.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan dari perhitungan maka penulis dapat mengambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan,diketahui bahwa total beban panas pada rancangan gedung perkantoran berlantai 15 sebesar 2.886.167,92 watt
 - Total beban panas pada lantai 1 = 349.904,8 watt
 - Total beban panas pada lantai 2 - 15 = 2.516.263,08 watt
2. Dari hasil perhitungan, total beban panas terbesar berada pada ruang karyawan dikarenakan luas ruang karyawan lebih besar daripada ruang lainnya.

Project Name		Lokasi Gedung		KONDISI		MATERIAL		KONDISI		MATERIAL		KONDISI		MATERIAL	
Date		Mar 11, 2022		KONDISI		MATERIAL		KONDISI		MATERIAL		KONDISI		MATERIAL	
Revision		01		KONDISI		MATERIAL		KONDISI		MATERIAL		KONDISI		MATERIAL	
No	Room	Area (m ²)	Volume (m ³)	U _{av}	Q _{trans} (W)	Q _{trans} (W)	Q _{trans} (W)	Q _{trans} (W)	Q _{trans} (W)	Q _{trans} (W)	Q _{trans} (W)	Q _{trans} (W)	Q _{trans} (W)	Q _{trans} (W)	Q _{trans} (W)
1	101	1000	3000	0.5	150000	150000	150000	150000	150000	150000	150000	150000	150000	150000	150000
2	102	1000	3000	0.5	150000	150000	150000	150000	150000	150000	150000	150000	150000	150000	150000
...
15	115	1000	3000	0.5	150000	150000	150000	150000	150000	150000	150000	150000	150000	150000	150000
TOTAL		15000	45000		2886167.92	2886167.92	2886167.92	2886167.92	2886167.92	2886167.92	2886167.92	2886167.92	2886167.92	2886167.92	2886167.92

**PERHITUNGAN AC
BERDASARKAN HITUNGAN DAIKIN
MALL TANJUNG TABALONG**

FLOOR	ROOM	LENGTH (m)	WIDTH (m)	HIGHT (m)	AREA (m2)	FAKTOR	CAPACITY (BTU/h)
LG	SUPERMARKET	48.2	21.8	3.0	1.535.1	800	1.228.116
	R. SECURITY	4.9	2.9	3.0	12.9	700	9.076
	R. RECEIVING	2.3	2.9	3.0	9.3	700	6.534
	R. BOM	12.2	8.0	3.0	97.6	700	68.320
	R. PANEL	2.7	2.2	3.0	11.9	700	8.252
	LOBBY LIST	4.5	2.8	3.0	17.1	700	11.970
	PANTRY	2.8	1.8	3.0	5.1	700	3.560
	MOTHER ROOM	2.0	2.8	3.0	8.5	700	5.922
	LOBBY PARKIR	47.5	8.0	3.0	380.0	700	266.000
	ENGINEERING ROOM-1	77.4	4.9	3.0	378.5	700	265.058
	ENGINEERING ROOM-2	4.9	4.2	3.0	20.7	700	14.514
	ENGINEERING ROOM-2	4.9	2.9	3.0	13.9	700	9.076
	FOC ROOM	8.4	7.4	3.0	61.6	700	43.788
	R. GENSET	12.7	12.1	3.0	154.3	6	2.772
	R. TRAFD	8.8	8.0	3.0	26.3	6	707
	R. PANEL LV/MVDP	8.8	8.0	3.0	26.3	6	707
	R. POMPA	11.0	8.2	3.0	91.0	6	1.628
	PARKIR	98.0	28.6	3.0	2.802.8	6	50.450
MZ	MUSHOLA	12.4	12.2	3.0	151.6	700	106.117
	R. PANEL	2.7	2.2	3.0	11.9	700	8.252
	R. DISAMPIR R. PANEL	5.2	2.0	3.0	10.7	700	7.494
	LOBBY LIST	4.5	2.8	3.0	17.1	700	11.970
	PANTRY	2.8	1.8	3.0	5.1	700	3.560
	MOTHER ROOM	2.0	2.8	3.0	8.5	700	5.922
	LOBBY PARKIR	47.5	8.0	3.0	380.0	700	266.000
	PARKIR	98.0	27.8	3.0	2.214.4	6	57.858
GF	DEPT. STORE	62.2	22.9	4.5	2.077.4	700	1.454.204
	TENANANT F&B-1	16.0	14.8	4.5	226.8	700	163.760
	TENANANT F&B-2	15.2	10.9	4.5	166.8	700	116.762
	TENANANT F&B-3	12.9	10.7	4.5	127.5	700	92.247
	TENANANT F&B-4	16.4	12.9	4.5	210.1	700	147.068
	TENANANT F&B-5	16.0	8.0	4.5	128.0	700	89.600
	TENANANT F&B-6	25.6	8.0	4.5	204.4	700	142.080
	TENANANT F&B-7	16.0	8.0	4.5	128.0	700	89.600
	ATRIUM MALL	54.4	27.5	4.5	1.496.0	700	1.047.200
	R. PANEL	2.7	2.2	4.5	11.9	700	8.252
	LOBBY LIST	4.5	2.8	4.5	17.1	700	11.970
	PANTRY	2.8	1.8	4.5	5.1	700	3.560
	MOTHER ROOM	2.0	2.8	4.5	8.5	700	5.922

2ND	DEPT. STORE	66.0	22.0	2.5	1.792.0	700	1.254.400
	MUSHOLA	12.4	12.2	2.5	151.6	700	106.117
	R. PANEL	2.7	2.2	2.5	11.9	700	8.252
	R. DISAMPIR R. PANEL	4.5	2.2	2.5	14.5	700	10.159
	LOBBY LIST	4.5	2.8	2.5	17.1	700	11.970
	PANTRY	2.8	1.8	2.5	5.1	700	3.560
	MOTHER ROOM	2.0	2.8	2.5	8.5	700	5.922
	TENANANT - 1	15.2	10.9	2.5	166.8	700	116.762
	TENANANT - 2	12.9	10.7	2.5	127.5	700	92.247
	TENANANT - 3	16.4	12.9	2.5	210.1	700	147.068
	TENANANT F&B-1	16.0	14.8	2.5	226.8	700	163.760
	TENANANT F&B-2	16.0	8.0	2.5	128.0	700	89.600
	TENANANT F&B-3	25.6	8.0	2.5	204.4	700	142.080
	TENANANT F&B-4	16.0	8.0	2.5	128.0	700	89.600
ATRIUM MALL	54.4	27.5	2.5	1.496.0	700	1.047.200	
3RD	TENANANT - 1	22.0	12.6	2.5	212.8	700	218.960
	TENANANT - 2	10.5	8.0	2.5	82.6	700	58.520
	TENANANT - 3	10.5	8.0	2.5	82.6	700	58.520
	TENANANT - 4	10.5	8.0	2.5	82.6	700	58.520
	TENANANT - 5	24.0	9.2	2.5	220.8	700	154.580
	TENANANT - 6	16.0	14.1	2.5	225.6	700	157.920
	TENANANT - 7	8.0	8.0	2.5	64.0	700	44.800
	TENANANT - 8	10.0	8.0	2.5	80.0	700	56.000
	TENANANT - 9	8.0	8.0	2.5	64.0	700	44.800
	TENANANT - 10	10.0	8.0	2.5	80.0	700	56.000
	TENANANT - 11	11.5	8.0	2.5	92.0	700	64.400
	TENANANT - 12	11.5	10.0	2.5	115.0	700	80.500
	TENANANT - 13	16.0	10.7	2.5	171.2	700	119.840
	R. PANEL	2.7	2.2	2.5	11.9	700	8.252
	R. DISAMPIR R. PANEL	4.5	2.2	2.5	14.5	700	10.159
	LOBBY LIST	4.5	2.8	2.5	17.1	700	11.970
	PANTRY	2.8	1.8	2.5	5.1	700	3.560
	MOTHER ROOM	2.0	2.8	2.5	8.5	700	5.922
	TENANANT - 1	15.2	10.9	2.5	166.8	700	116.762
	TENANANT - 2	12.9	10.7	2.5	127.5	700	92.247
TENANANT - 3	16.4	12.9	2.5	210.1	700	147.068	
TENANANT F&B-1	16.0	14.8	2.5	226.8	700	163.760	
TENANANT F&B-2	16.0	8.0	2.5	128.0	700	89.600	
TENANANT F&B-3	25.6	8.0	2.5	204.4	700	142.080	
TENANANT F&B-4	16.0	8.0	2.5	128.0	700	89.600	
ATRIUM MALL	54.4	27.5	2.5	1.496.0	700	1.047.200	

4TH	CINEMA-1	24,5	16,0	3,5	292,0	1000	292.000
	CINEMA-2	24,5	16,0	3,5	292,0	1000	292.000
	CINEMA-2	20,0	12,5	3,5	250,0	1000	250.000
	CINEMA-4	20,0	12,5	3,5	250,0	1000	250.000
	BOH CINEMA	8,2	5,2	3,5	42,8	700	20.652
	CINEMA CAFE	18,7	10,0	3,5	187,0	700	130.900
	LOBBY CINEMA	80,0	7,9	3,5	474,0	700	231.800
	MUSHOLA	12,4	12,2	3,5	151,6	700	106.117
	R. PANEL	3,7	3,2	3,5	11,9	700	8.252
	R. DISAMPIR R. PANEL	4,5	3,2	3,5	14,5	700	10.159
	LOBBY LIFT	4,5	3,8	3,5	17,1	700	11.970
	PAINTRY	2,8	1,8	3,5	5,1	700	3.580
	MOTHER ROOM	2,0	2,8	3,5	8,5	700	5.922
	GAMEZONE-1	15,2	10,9	3,5	166,8	700	116.762
	GAMEZONE-2	12,9	10,7	3,5	127,3	700	96.247
	GAMEZONE-3	16,4	12,9	3,5	210,1	700	147.069
	FOODCOURT-1	16,0	8,0	3,5	128,0	800	102.400
	FOODCOURT-2	25,6	8,0	3,5	204,4	800	162.520
	FOODCOURT-3	16,0	8,0	3,5	128,0	800	102.400
ATRIUM MALL	54,4	27,5	3,5	1.496,0	700	1.047.200	
ROOF DECK	R. ME	6,6	6,0	3,5	40,6	700	28.392
	LVR	10,4	2,8	3,5	28,4	700	27.592
JUMLAH							15.887.525
BGLUMTERCOVER							1.585.425

PERHITUNGAN AC DARI KONSULTAN MEP MALL TANJUNG TABALONG

AIR CONDITIONING : SUPERMARKET

1. Kapasitas AC Ruangan

$Q = 0.59 \times W \times L \times H \times I \times E$ 0.59 diperoleh dari perubahan m ke kaki di bag/60

$Q = 978.194$ Btu/h 0.59 - (2.28 x 2.28 x 2.28)/60

W = 48,28 m (Panjang ruangan)

L = 21,8 m (Lebar ruangan)

H = 3 m (Tinggi ruangan)

I = 18 (I = 10, jika ruang berkolat/ di lantai bawah / berhimpit dengan ruangan lain)
(I = 18, jika ruang tidak berkolat/ di lantai atas)

E = 20 (E = 16, jika dinding terpancang menghadap utara)
(E = 17, jika dinding terpancang menghadap timur)
(E = 18, jika dinding terpancang menghadap selatan)
(E = 20, jika dinding terpancang menghadap barat)

2. Daya Listrik Unit AC

Beban: 978.194 Btu/h

$P = \frac{978194,29}{9000} \times 746 \times 1,3 = 105.405$ Watt

AC 1/4 PK = 4.000 BTU/h
AC 1/2 PK = 7.000 BTU/h
AC 1 PK = 9.000 BTU/h
AC 1 1/2 PK = 12.000 BTU/h
AC 2 PK = 18.000 BTU/h

KETERANGAN :
KODE RUANGAN

KODE	NAMA RUANGAN	P	L	T
1	SUPERMARKET	48,2	21,8	3,0
2	R. SECURITY	4,9	2,9	3,0
3	R. RECEIVING	2,2	2,9	3,0
4	R. BOH	12,2	8,0	3,0
5	R. PANEL	3,7	3,2	3,0
6	LOBBY LIFT	4,5	3,8	3,0
7	PAINTRY	2,8	1,8	3,0
8	MOTHER ROOM	2,0	2,8	3,0
9	LOBBY PARKIR	47,5	8,0	3,0
10	ENGINEERING ROOM-1	77,4	4,9	3,0
11	ENGINEERING ROOM-2	4,9	4,2	3,0
12	ENGINEERING ROOM-3	4,9	2,9	3,0
13	FOOD ROOM	8,4	7,4	3,0
14	R. GENSAT	12,7	12,2	3,0
15	R. TRAFU	6,6	6,0	3,0
16	R. PANEL LVMOP	6,6	6,0	3,0
17	R. ROVIRA	11,0	8,2	3,0
18	PARKIR	98,0	22,6	3,0
19	MUSHOLA	12,4	12,2	3,0
20	R. PANEL	3,7	3,2	3,0
21	R. DISAMPIR R. PANEL	5,2	3,0	3,0
22	LOBBY LIFT	4,5	3,8	3,0
23	PAINTRY	2,8	1,8	3,0
24	MOTHER ROOM	2,0	2,8	3,0
25	LOBBY PARKIR	47,5	8,0	3,0
26	PARKIR	98,0	22,6	3,0
27	DEPT. STORE	62,2	21,9	4,5
28	TENANT F&E-1	16,0	14,8	4,5
29	TENANT F&E-2	15,2	10,9	4,5
30	TENANT F&E-3	12,9	10,7	4,5

Pipe set ukuran 1/4" + 3/8" (8.4+9.5) untuk AC kapasitas (0.5 – 1 pk)
 Pipe set ukuran 1/4" + 1/2" (8.4+12.7) untuk AC kapasitas (1.5 – 2 pk)
 Pipe set ukuran 1/4" + 5/8" (8.4+15.9) untuk AC kapasitas (2 – 2.5 pk)
 Pipe set ukuran 3/8" + 5/8" (9.5+15.9) untuk AC kapasitas (3 – 4 pk)
 Pipe set ukuran 3/8" + 3/4" (9.5+19.1) untuk AC kapasitas (4 – 5 pk)
 Pipe set ukuran 1/2" + 3/4" (12.7+19.1) untuk AC kapasitas (5 – 6 pk)
 Pipe set ukuran 1/2" + 7/8" (12.7+22.2) untuk AC kapasitas (6 pk)
 Pipe set ukuran 1/2" + 1 1/8" (12.7+28.6) untuk AC kapasitas (10 -13 pk)
 Pipe set ukuran 5/8" + 1 3/8" (12.7+28.6) untuk AC kapasitas (12-16 pk)
 Pipe set ukuran 5/8" + 1 3/8" (15.9+34.9) untuk AC kapasitas (15-20 pk)

STANDAR ASTM-A2380 / AS/NZ-1571

no	DIAMETER OUTSIDE		
	inch	mm	
1.	1/4	6.4	Diketahui :
2.	3/8	9.5	5/8 inch =
3.	1/2	12.7	(5 : 8) x 25.4 mm
4.	5/8	15.9	= 15,875 mm
5.	3/4	19.1	Dibulatkan = 15.9 mm
6.	7/8	22.2	Catatan :
7.	1	25.4	Jika unit AC
8.	1 1/8	28.6	menggunakan Refrigerant R.410A,
9.	1 1/4	31.8	pipa yang digunakan ketebalannya
10.	1 3/8	34.9	minimal 0.71 mm atau berstandar
11.	1 1/2	38.1	ASTM-B280 atau AS/NZ-1571
12.	1 5/8	41.3	(Tekanan R140A = 60% lebih tinggi dari tekanan R22)

21.	R. DISAMRING R. PANEL	5,3	2,0	3,0
22.	LOBBY LIFT	4,5	3,9	3,0
23.	PANTRY	2,8	1,9	2,0
24.	MOTHER ROOM	3,0	2,9	3,0
25.	LOBBY PARKIR	47,5	8,0	3,0
26.	PARKIR	99,0	22,9	2,0
27.	DEPT. STORE	52,1	22,9	4,5
28.	TENNYANT F&S- 1	16,0	14,9	4,5
29.	TENNYANT F&S- 2	15,3	10,9	4,5
30.	TENNYANT F&S- 3	12,9	10,7	4,5
31.	TENNYANT F&S- 4	16,4	12,9	4,5
32.	TENNYANT F&S- 5	16,0	8,0	4,5
33.	TENNYANT F&S- 6	25,6	8,0	4,5
34.	TENNYANT F&S- 7	16,0	8,0	4,5
35.	ATRIUM MALL	54,4	27,5	4,5
36.	R. PANEL	3,7	3,2	4,5
37.	LOBBY LIFT	4,5	3,9	4,5
38.	PANTRY	2,8	1,9	4,5
39.	MOTHER ROOM	3,0	2,9	4,5
40.	DEPT. STORE	56,0	22,0	3,5
41.	MUSHOLA	12,4	12,2	3,5
42.	R. PANEL	3,7	3,2	3,5
43.	R. DISAMRING R. PANEL	4,5	3,2	3,5
44.	LOBBY LIFT	4,5	3,9	3,5
45.	PANTRY	2,8	1,9	3,5
46.	MOTHER ROOM	3,0	2,9	3,5
47.	TENNYANT- 1	15,3	10,9	3,5
48.	TENNYANT- 2	12,9	10,7	3,5
49.	TENNYANT- 3	16,4	12,9	3,5
50.	TENNYANT F&S- 1	16,0	14,9	3,5
51.	TENNYANT F&S- 2	16,0	8,0	3,5
52.	TENNYANT F&S- 3	25,6	8,0	3,5
53.	TENNYANT F&S- 4	16,0	8,0	3,5
54.	ATRIUM MALL	54,4	27,5	3,5
55.	TENNYANT- 1	22,0	12,6	3,5
56.	TENNYANT- 2	10,5	8,0	3,5
57.	TENNYANT- 3	10,5	8,0	3,5
58.	TENNYANT- 4	10,5	8,0	3,5
59.	TENNYANT- 5	24,0	9,2	3,5
60.	TENNYANT- 6	16,0	14,1	3,5
61.	TENNYANT- 7	8,0	8,0	3,5
62.	TENNYANT- 8	10,0	8,0	3,5
63.	TENNYANT- 9	8,0	8,0	3,5
64.	TENNYANT- 10	10,0	8,0	3,5
65.	TENNYANT- 11	11,5	8,0	3,5
66.	TENNYANT- 12	11,5	10,0	3,5
67.	TENNYANT- 13	16,0	10,7	3,5
68.	R. PANEL	3,7	3,2	3,5
69.	R. DISAMRING R. PANEL	4,5	3,2	3,5
70.	LOBBY LIFT	4,5	3,9	3,5

**PERHITUNGAN AC
DARI KONSULTAN MEP
MALL TANJUNG TABALONG**

AIR CONDITIONING : TOILET

1. Kapasitas Unit Fan (Ventileting Fan Tanpa Ducting)

Volume Ruangan (V):
 p = 11,18
 l = 8,275
 t = 3

Pertukaran udara = 10 kali/jam
 Jumlah Fan (N) = 3 unit
 $Q = V \times \text{Pertukaran Udara}$
 $Q = \frac{V}{60} \times \text{Pertukaran Udara}$
 $Q = \frac{2.774}{60} \text{ m}^3/\text{s (Cmhd)}$
 $Q = 1.633 \text{ CMH}$

Pertukaran Udara: SNI-03-6972-2003

Tipe	Pertukaran udara per jam
Rantor, Parkiran	5
Rastoran/kantin	5
Toko, Swalayan	5
Pabrik, Bengkel	5
Kolas, Sioskop	5
Lobi, Kondor, tangga	4
Toilet, Polusian	10
Depur	20

* : kapasitas per 1 unit fan

2. Daya Listrik Fan (Ventileting Fan Tanpa Ducting)

$P = \frac{0.0071 \times Q \times v^2}{\text{efisiensi}}$
 $P = 337 \text{ Watt}$

$- Q = 1.633 \text{ CMH (Kapasitas fan)}$
 $- v = 4 \text{ m/s (kecepatan udara keluar dari fan, 3 - 4 m/s)}$
 $- \text{efisiensi} = 0,55$

KODE	NAMA RUANG	P	L	T	LANTAI
1	TOILET	11,2	8,3	3,0	LDF
2	K. PANEL	5,7	5,2	3,0	
3	PANTRY	2,5	1,8	3,0	
4	K. GENSET	12,7	12,2	3,0	
5	K. TRAFD	6,5	6,0	3,0	
6	K. PANEL LV/MDF	6,5	6,0	3,0	
7	K. POMPA	11,0	6,3	3,0	
8	PARKIR	98,0	25,5	3,0	
9	TOILET	11,2	8,3	3,0	
10	K. PANEL	5,7	5,2	3,0	
11	PANTRY	2,5	1,8	3,0	MDF
12	PARKIR	98,0	25,5	3,0	
13	TOILET	11,2	8,3	3,0	DF
14	K. PANEL	5,7	5,2	4,5	
15	PANTRY	2,5	1,8	3,0	2NDP
16	TOILET	11,2	8,3	3,0	
17	K. PANEL	5,7	5,2	4,5	3NDP
18	PANTRY	2,5	1,8	3,0	
19	TOILET	11,2	8,3	3,0	4THP
20	K. PANEL	5,7	5,2	4,5	
21	PANTRY	2,5	1,8	3,0	
22	TOILET	11,2	8,3	3,0	
23	K. PANEL	5,7	5,2	4,5	
24	PANTRY	2,5	1,8	3,0	
25	K. ME	6,5	6,0	3,5	ROOF DECK

KETERANGAN :
 KODE RUANGAN

HITUNGAN DUCTING

A. MENENTUKAN KAPASITAS KECEPATAN ALIRAN UDARA (CFM)

A = 2816 M² 30500 ft²
 V* = 1,1 FCM *standar kecepatan udara dari tabel cooling load check
 FCU 3 UNIT figures (ASHRAE, Handbook for Air Conditioning, Heating, Ventilation and Refrigeration)

$Q = (A \times V) / FCU$ 11110 CFM

B. MENENTUKAN FRICTION LOSS MENGGUNAKAN TABEL

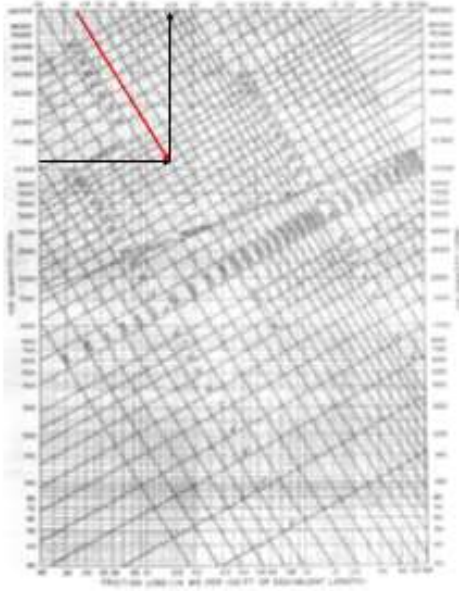
Velocity** = 2000 CFM **Standar
 P⁴ = 0,14 **Sisa Tabel

C. MENHITUNG LUAS PENAMPANG DUCTING

$A = Q / V$ 5,56 m²

Sehingga berdasarkan tabel diperoleh ukuran ducting utama
 yaitu 60" x 16" 60 inch 1500 mm
 16 inch 410 mm

LANTAI							
Untuk Laju Aliran = 1624.49 CFM							
Kerugian gesek = 0.3 in. WG/100 ft of equivalent length							
Nomor	Laju aliran	Luas Cabang	Ukuran				
			Lebar	Tinggi			
1	9555	6,37	16	10	406,4	254	6
2	9555	6,37	14	8	355,6	203,2	5
3	9555	6,37	12	8	304,8	203,2	4
4	9555	6,37	12	8	304,8	152,4	3
5	9555	6,37	10	8	254	152,4	2
6	9555	6,37	8	8	152,4	152,4	1



Wahlzeitpunkt	Wahlwert
0	100
10	90
20	80
30	70
40	60
50	50
60	40
70	30
80	20
90	10
100	0

Daftar Pustaka

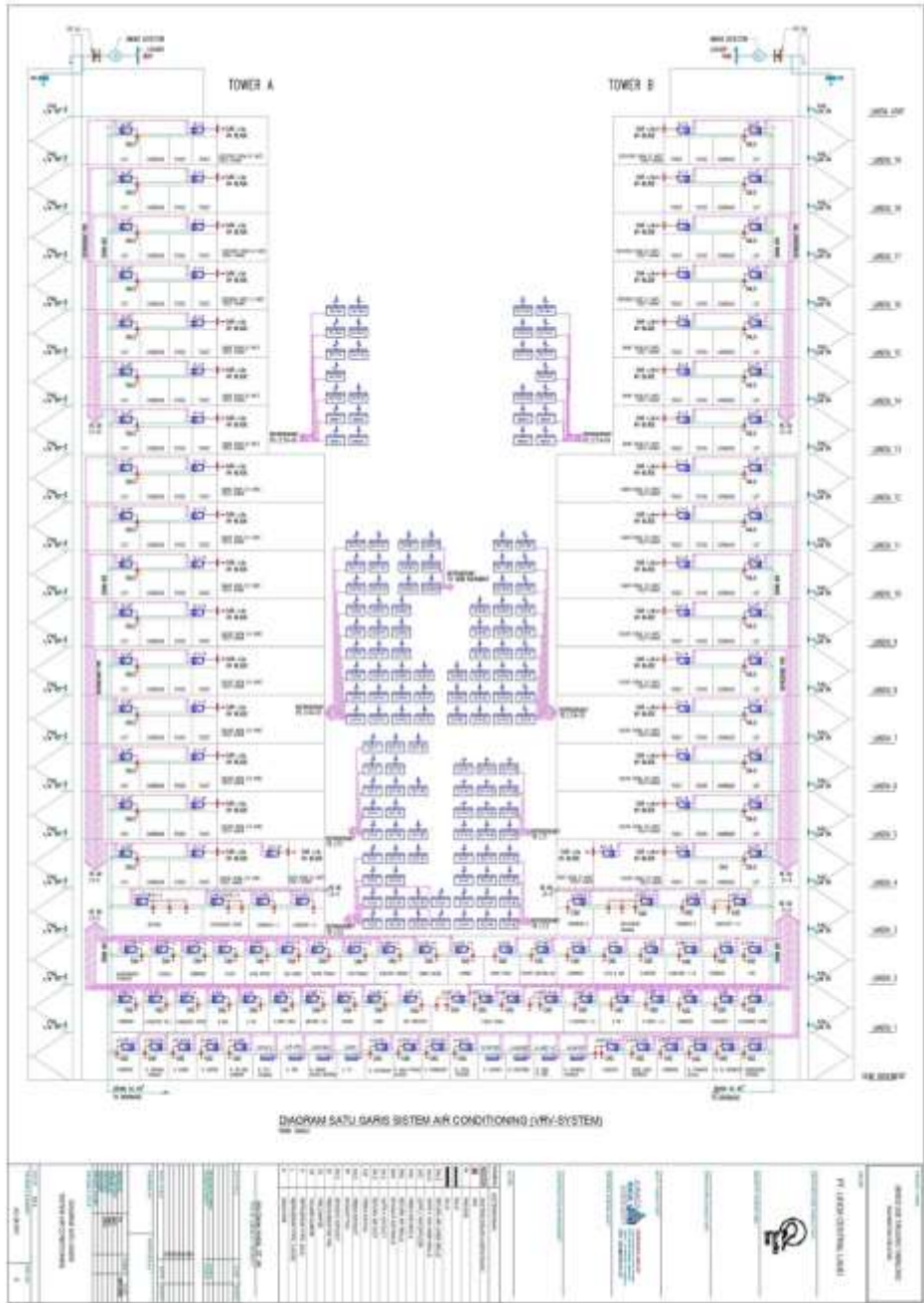
1. Stoeker, S. W. Jones, *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*. Edisi kedua, Jakarta : Erlangga, 1989.
2. Tim Badan Standarisasi Nasional, SNI 03-6572-2001 *Tata Cara Perancangan Sistem Pengkondisian Udara Pada Gedung*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional 2001.
3. ASHRAE 1993 *HANDBOOK FUNDAMENTALS*, American Society of Heating Refrigerating And Air Conditioning Engineers. Atalanta : Tullie Circle, 1791
4. Aris Munandar Wiranto, *Penyegaran Udara*. Jakarta : Pradyna Paramita, 1981
5. Shan K Wang, *Air Conditioning And Refrigeration*.
6. Shan K Wang, *Handbook of Air Conditioning And Refrigeration*, Second Edition : Mc graw hill.

Daftar Lampiran

DAFTAR GAMBAR
SISTEM AIR CONDITIONING
PEMBANGUNAN HOTEL TANJUNG TABALONG SQUARE
KALIMANTAN SELATAN

NO. GAMBAR	JUDUL GAMBAR	DAUR	REVISI/REVISI
00	AC-04-000	DAFTAR GAMBAR SISTEM AIR CONDITIONING	N.T.S
01	AC-04-001	DIAGRAM EXH-GARIS SISTEM AIR CONDITIONING (RIBU SISTEM)	N.T.S
02	AC-04-002	DAFTAR PERALATAN AIR CONDITIONING	N.T.S
03	AC-04-003	LAYOUT INSTALASI SISTEM AIR CONDITIONING LANTAI SEMI BASEMENT	1. 200
04	AC-04-004	LAYOUT INSTALASI SISTEM AIR CONDITIONING LANTAI 1	1. 200
05	AC-04-005	LAYOUT INSTALASI SISTEM AIR CONDITIONING LANTAI 2	1. 200
06	AC-04-006	LAYOUT INSTALASI SISTEM AIR CONDITIONING LANTAI 3	1. 200
07	AC-04-007	LAYOUT INSTALASI SISTEM AIR CONDITIONING LANTAI 4	1. 200
08	AC-04-008	LAYOUT INSTALASI SISTEM AIR CONDITIONING LANTAI 5	1. 200
09	AC-04-009	LAYOUT INSTALASI SISTEM AIR CONDITIONING LANTAI 6	1. 200
10	AC-04-010	LAYOUT INSTALASI SISTEM AIR CONDITIONING LANTAI 7	1. 200
11	AC-04-011	LAYOUT INSTALASI SISTEM AIR CONDITIONING LANTAI 8-9	1. 200
12	AC-04-012	LAYOUT INSTALASI SISTEM AIR CONDITIONING LANTAI 10	1. 200
13	AC-04-013	LAYOUT INSTALASI SISTEM AIR CONDITIONING LANTAI 11	1. 200
14	AC-04-014	LAYOUT INSTALASI SISTEM AIR CONDITIONING LANTAI 12	1. 200
15	AC-04-015	LAYOUT INSTALASI SISTEM AIR CONDITIONING LANTAI 13	1. 200
16	AC-04-016	LAYOUT INSTALASI SISTEM AIR CONDITIONING LANTAI 14	1. 200
17	AC-04-017	LAYOUT INSTALASI SISTEM AIR CONDITIONING LANTAI 15	1. 200
18	AC-04-018	LAYOUT INSTALASI SISTEM AIR CONDITIONING LANTAI 16	1. 200
19	AC-04-019	LAYOUT INSTALASI SISTEM AIR CONDITIONING LANTAI 17	1. 200
20	AC-04-020	LAYOUT INSTALASI SISTEM AIR CONDITIONING LANTAI 18-19	1. 200
21	AC-04-021	LAYOUT INSTALASI SISTEM AIR CONDITIONING LANTAI 20-21	1. 200
22	AC-04-022	DETAIL STANDAR AIR CONDITIONING SHEET 1	N.T.S
23	AC-04-023	DETAIL STANDAR AIR CONDITIONING SHEET 2	N.T.S

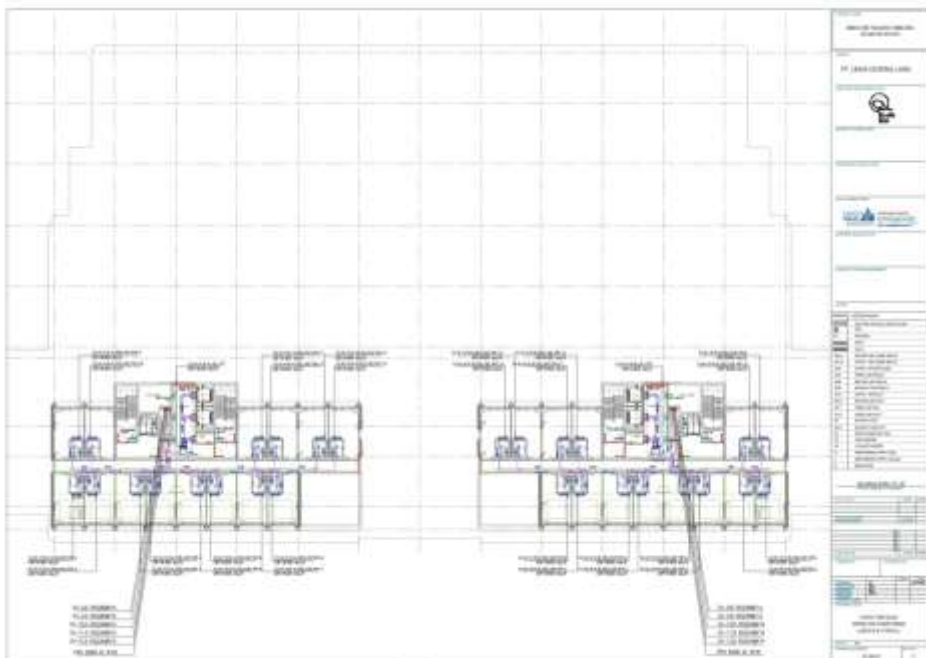
Lampiran 1. Daftar Isi Gambar Air Conditioning



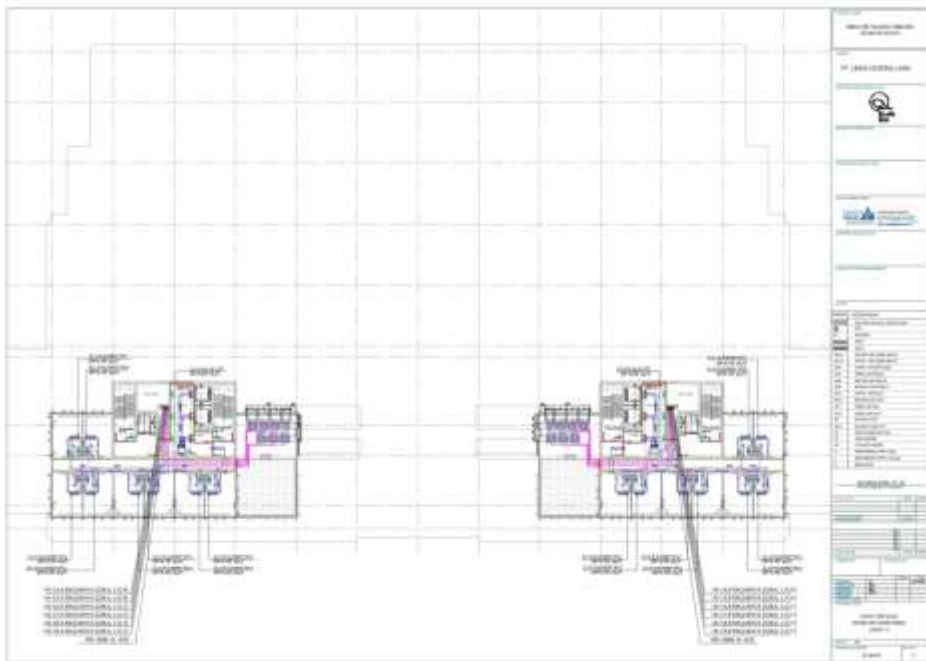
Lampiran 2. Gambar Single Line Diagram Siste AC VRV IV



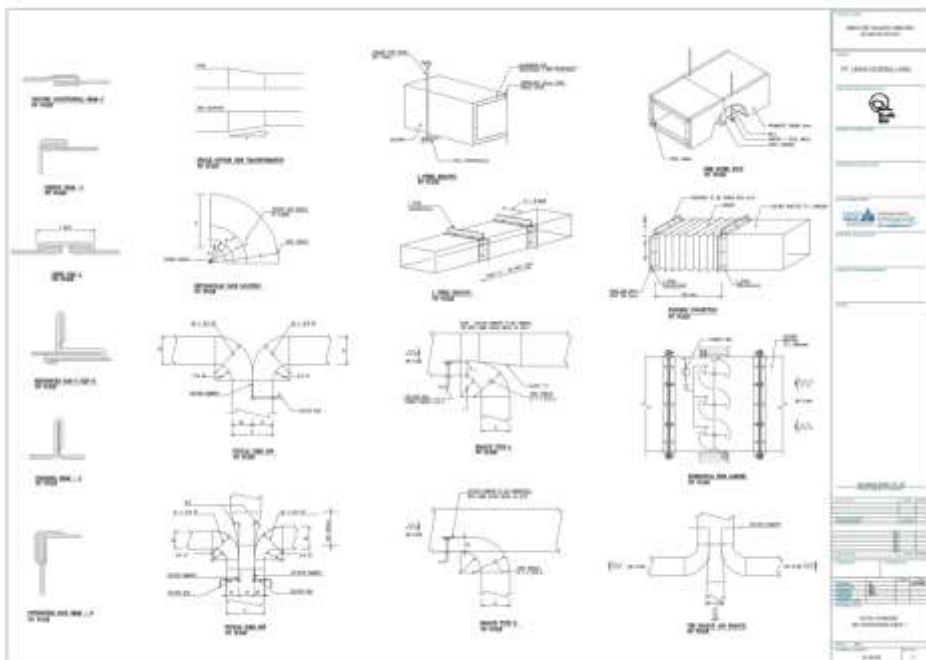
Lampiran 3. Gambar Layout AC VRV



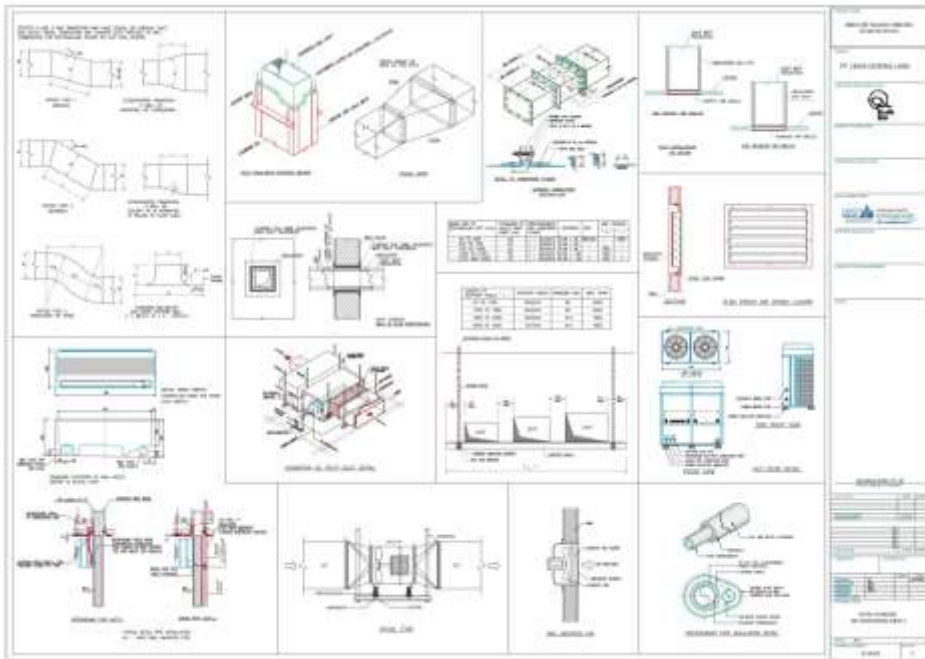
Lampiran 4. Gambar AC Split Typikal Kamar Hotel



Lampiran 5. Gambar Pemipaan AC Kamar Typikal Hotel



Lampiran 6. Gambar Detail Air Conditioning



Lampiran 7. Gambar Detail Air Cnditioning 2

Glosarium

Adjusting	:	menyesuaikan
Air Conditioning	:	Kondisi udara
Air cooled	:	Udara yang didinginkan
Air Handling Unit	:	Unit Penanganan Udara
AMCA	:	American Mosquito Control Assosiation
Ampermeter	:	Alat ukur tegangan motor
Archicad	:	Program/software desain gambar
ARI	:	The Air Conditioning and refrigerant Institute
As built drawing	:	Gambar terpasang di konstruksi
As-built	:	Gambar kerja
ASHRAE	:	Standar
Aspect ratio	:	Rasio asek
Assurance	:	Asuransi
Attenuator	:	Atenuator
Balancing	:	Penyeimbangan
Bearing	:	Bantalan
Belt guard	:	Pelindung sabuk
Beton	:	Bahan bangunan komposit yang terbuat dari kombinasi agregat dan pengikat semen
Bola Basa	:	temperatur yang dibaca dari thermometer yang ditutupi oleh kain
Brancing	:	Percabangan
Casing	:	Selubung, selongsong
Circuit	:	Rangkaian
CLF	:	Faktor beban pendingin
CLTD	:	Cooling Load Temperaturr Difference
Commisionng	:	Pengujian operasional
Compressor	:	Pemampat. Kompresor
Condensing	:	Kondensasi
Cooling coil	:	Kumparan pendingin
Cooling tower	:	Menara Pendingin
COP	:	Coefficient of permofance
Cost	:	Biaya
Damper	:	Peredam
Dehumidifier	:	Pelembab udara
Departement	:	Departemen, Bagian
Diagram	:	Simbol informasi
Diffuser	:	Penyebar, penyebar, pendifusi
Direct	:	Langsung
Double Flow	:	Aliran ganda
Drawing	:	Gambar
Drive Fan	:	Penggerak kipas angin
Duct Friction Rate	:	Tingkat gesekan saluran
Ducting	:	Saluran
Eksisting	:	Masih ada, sebelumnya
Elbow	:	Siku
Engineering	:	Rekayasa
Fixed Bore	:	Lubang tetap
Friction Loss	:	Kehilangan gesekan
Gage Steel	:	Bejana pengukur

Grille	:	Kisi
Heat Gain Or Losses	:	Kerugian panas
Heating Coil	:	Koil pemanas
Humidity	:	Kelembaban
Inserts	:	Sisipan
Integrated	:	Terintegrasi
Inverter	:	Pembalik arus
Isentropik	:	Berlangsung tanpa perubahan entropy
Isobarik	:	Mempunyai tekanan yang tetap dan ruang dan waktu
Kalor	:	Panas
Kelembaban	:	Kandungan uap air di udara
Koefisien	:	Bagian suku yang berupa bilangan
Konduksi	:	Hantaran bagian benda ke benda lain
Konveksi	:	Gerakan benda cair/gas karena perbedaan suhu dan tekanan
Laten	:	Beban panas yang dipengaruhi perbedaan suhu
Liquid	:	Zat cair
Maintenance Manuals	:	Petunjuk perawatan
Multi Flow	:	Multi aliran
Nema	:	Stndar nasional bidang elektrik
NFPA	:	National Fire Protection Asociation
Noise	:	Nois, gangguan
Obstruction	:	Halangan
Operating Instruction	:	Instruksi operasi
Outdoor	:	Bagian luar lapangan
Pressure Switch	:	Perpindahan tekanan
Propeller	:	Baling - baling
Proteksi	:	Perlindungan
Psychometric	:	Test mengukur kemampuan potensi
Pull-Thru	:	Tarik melalui
Quality	:	Kualitas
R410a	:	Reffrigeran
Radiasi	:	Radiasi
Refrigerant	:	Zat pendingin
Reimbursable	:	Dapat diganti
Reinforcing	:	Memperkuat
Repair	:	Perbaikan
Return Air	:	Udara kembali
Return Duct	:	Saluran kembali
Safety	:	Keamanan
Sensible	:	Beban panas yang dipengaruhi perbedaan suhu
Shop Drawing	:	Gambar kerja
Sistem	:	Metode
Sleeves	:	Sparing
Slot	:	Bagian
Smacna	:	Sheet Metal and Air Conditioning Contractors' National Association of Southern Nevada (SMACNA)
Sni	:	Standar Nasional Indonesia
Spliter	:	Pembagi
Standard	:	Baku, Tetap
Steam	:	Uap
Streamline	:	Garis arus
Sub-Cooling	:	Sub Pendinginan

Suction	:	Isap
Superheat	:	Panas maksimal
Supply Air	:	Pasokan udara
Tachometer	:	Alat ukur kecepatan rotasi/putaran
Technical	:	Teknis
Temperatur	:	Suhu
Testing	:	Pengujian
Thermometer	:	Alat ukur suhu
Throttling	:	Pelambatan
Trap, 32	:	Perangkap uap air
Vacum	:	Hampa udara
V-Belt	:	Sabuk V
Velocity	:	Kecepatan
Voltmeter	:	Alat Ukur Voltase
Vrv System	:	Variable Refrigerant Volume
Wheatherproof	:	Tahan Cuaca

Index

(A)

adjusting, 46
 Air Conditioning, 3
 air cooled, 32, 55
 Air Hndling Unit, 61
 AMCA, 29, 36
 Ampermeter, 47
 ArchiCAD, 2
 ARI, 29, 42
 as built drawing, 31
 As-built, 20, 28
 ASHRAE, 19, 20, 29, 39, 46, 190
 Aspect ratio, 95, 96
 Assurance, 21
 Attenuator, 31, 37

B

balancing, 46, 47, 85, 108
bearing, 37, 76, 92
 Belt guard, 88
 beton, 24
 Bola Basa, 62
 brancing, 149

C

casing, 37, 75, 76, 89, 90, 91, 92

circuit, 33
 CLF, vii, 69, 70, 71, 72, 158, 159, 160, 164,
 165, 166, 167
 CLTD, vii, 65, 66, 68, 157, 163
 Commisionng, 27
 compressor, 32, 33, 35, 52, 54
 Condensing, 32, 33, 45
 cooling coil, 91
 cooling tower, 61, 75
 COP, 32
Cost), 6
 CTL, 29

D

damper, 30, 31, 38, 39, 40, 41, 75, 80, 85, 92,
 107, 108, 110, 111, 128, 133, 136
 DB, 32, 33, 36, 40
dehumidifier, 76, 90, 92
 departement, 26
 Diagram, 3
 diffuser, 31, 39, 41, 48, 143, 148
 Direct, 6
 Double Flow, 32
 drawing, 28
 Drive fan, 88
 Duct friction rate, 95
 ducting, 30, 31, 37, 39, 40, 65

E

eksisting, 26
elbow, 40, 41, 99, 101, 103, 104, 105, 106,
109, 110, 113, 127, 131, 145
engineering, 1, 8, 11
enjiniring, 2
Entalpi, 63
equipment, 23
estetika, 2

F

Fan Coil Unit, 38, 60, 61
filter, 30, 31, 35, 38, 83, 84, 91
fitting, 31, 39, 42, 99, 109, 110, 115, 127,
132, 135, 153
fixed bore, 56
friction loss, 94, 113, 121, 133, 134, 136,
138, 139

G

gage steel, 89
grille, 31, 39, 41, 48

H

Heat gain or losses, 95
heating coil, 91
Humidity, 29, 74

I

inserts, 23, 24
integrated, 31
inverter, 32, 33
isentropik, 52, 54
isobarik, 52

K

KAK, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 15
kalor, 49, 50, 51, 56, 63, 64, 65, 66, 68, 69,
70, 71, 72, 73, 80, 85, 94, 160, 166
kelembaban, 40, 62, 63, 64, 73, 74, 84, 156
Koefisien, 39, 65, 66, 68
konduksi, 64, 66, 73
konveksi, 55, 63, 73, 109

L

laten, 56, 64, 69, 73
liquid, 33, 35, 51, 56
los kerja, 25, 26

M

Maintenance Manuals, 20, 28
manualnya, 27
Multi Flow, 32

N

NEMA, 44, 89
NFPA, 19, 29
Noise, 29, 33, 40

O

obstruction, 99, 101, 102, 103
Operating Instruction, 20, 28
otomatis, 2
Outdoor, 31, 32, 33, 34, 43, 58, 59, 77, 78,
80

P

Pengujian, 22
Perencanaan, 4
Personil, 6, 9
Pipa, 19
plumbing, 2, 3, 17
pressure switch, 33
Propeller, 31, 37
proteksi, 2, 13
Psychometric, vi, 61, 62
pull-thru, 90

Q

Quality, 21

R

R410A, 33, 34
radiasi, 62, 64, 65, 73, 109
refrigerant, 32, 33, 34, 35, 36, 42, 43, 49, 50,
51, 52, 53, 55, 58, 60
Reimbursable, 6
reinforcing, 149, 152
Repair, 28

return air, 31, 80, 90, 94
return duct, 40, 94, 95

S

safety, 2
sensible, 56, 73, 74
sheaves, 88
SHGF, 65, 66, 156, 162
shop drawing, 3, 70
sistem, viii, 2, 3, 7, 13, 17, 20, 23, 24, 27
Sistem, 3
Sleeve, 30
sleeves, 24
slot, 31, 41
SMACNA, 29, 39, 40, 46
SNI, 12, 17, 18, 19, 20
spira-pipe, 149
splitter, 31, 38, 128
standard, 18
steam, 92
streamline, 95
sub-cooling, 51
suction, 34, 37, 50
superheat, 50, 51
supply air, 31, 91, 94, 95

T

Tachometer, 47

Technical, 20, 28
Temperatur, 29, 44, 51, 56, 62, 63, 64, 73,
84, 110, 156
Testing, 27
Thermometer, 43, 47
throttling, 51
Training, 28
trap, 32, 84, 92

V

Vacum, 34
V-belt, 88
velocity, 38, 40, 109, 121, 122, 132
Voltmeter, 45, 47
VRV system, 32, 34

W

wheatherproof, 33

Z

zinchromate, 30

Daftar Pustaka

1. A. Bhatia, B.E. 2012. HVAC Made Easy A Guide to Heating & Cooling Load Estimation.
2. A. Bhatia. 012. Cooling Load Calculations and Principles. New York (US).Continuing Education and Development, Inc. 9 Greyridge Farm Cour.
3. Andriyanto Setyawan. 2010. Bahan Ajar Sistem Tata Udara. Bandung (Indonesia) Polban.
4. Jane F Kreider. 2010. Heating and Cooling of Building. New York (US) CRC Press.
5. MechaWang, S.K. and Lavan, Z.1999. Air Conditioning and Refrigeration Mechanical Engineering Handbook. CRC Press.
6. Robert McDowall. 2010. Fundamentals of Air System Design Includ. Atlanta (US) ASHRAE.
7. Shan K. Wang. 2000. Handbook of Air Conditioning and Refrigeration. Second Edition. New York (US). McGraw-Hill.
8. SNI -03-6572-2001 Tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung.
9. SNI-03-6390-2000 Konservasi energi sistem tata udara pada bangunan gedung.
10. Trane Air Conditioning. 2011. Clinic Cooling and Heat. (US) Ingersoll Rand.
11. Tousif Ahmed. 2012. Software Development for Cooling Load Estimation by CLTD Method. Bangladesh. (IOSR-JMCE).

Biodata Penulis



Ir. Cahyono Heri Prasetyo, M.T. lahir pada 17 Nopember 1972 di Kabupaten Mojokerto, Jawa Timur. Pendidikan formal di SD Negeri Mojosari Mojokerto lulus tahun 1986. SMP Negeri 1 Mojokerto tahun 1989, SMA Negeri Sooko Mojokerto, tahun 1991. Pendidikan Srata 1 (S1) di Universitas Nasional dan Srata 2 (S2) di Universitas Pancasila Jakarta. Profesi sebagai Dosen sejak 2001 dan telah memperoleh jabatan akademik sejak 2015 mendapatkan sertifikat sebagai pendidik (Sertifikasi Dosen), Penelitian terfokus pada bidang material dan konstruksi bangunan gedung baik di swasta maupun di pemerintahan.

Tulisan Jurnal Nasional di Jurnal GIGA Universitas Nasional, Jurnal Teknologi Kedirgantaraan Unsurya, Jurnal Bina Teknika UPN Veteran, Jurnal *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*.

Diktat dan Modul yang diterbitkan *Modul Kuliah Praktikum Laboratorium Proses Produksi, Proses Prestasi Mesin, Modul Sistem Fluida, Modul Mekanial Gedung*.

Buku yang diterbitkan dan ber ISBN dan di daftarkan di HAKI adalah Sistem HVAC High Rise Building, Sistem Plumbing High Rise Building dan Perancangan Sistem Transportasi Vertikal Bangunan Tinggi.

Penulis aktif di Asosiasi antara lain PERTAKI, PII dan asosiasi profesi lain yang berhubungan dengan konstruksi.

Penulis aktif di bidang Perencanaan, Pengawasan dan Pelaksaaan Konstruksi baik di sektor swasta maupun Instansi pemerintah.

Penulis aktif di bidang Pengabdian Masyarakat sesuai bidang keahlian seperti assesmen dan perencanaan serta kajian di Instansi pemerintah seperti Kementerian Perhubungan, PUPR, Kementerian Pendidikan, DPR RI dan Kejaksaan Agung

Penulis ini dapat dihubungi pada alamat berikut. Alamat kantor: Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Sains Universitas Nasional Jakarta, Jalan Sawo Manila Pasar Minggu Jakarta Selatan, Kode Pos 12550, Telepon (021 7806700), Hp. : 0812-1933-2345. Alamat e-mail:

cahyono@civitas.unas.ac.id