



SISTEM PLUMBING HIGH RISE BUILDING

Ir. Cahyono Heri Prasetyo, M.T.



LPU - UNAS

SISTEM PLUMBING HIGH RISE BUILDING

Perhitungan dan Perancangan Plumbing berdasarkan SNI 8153-2015

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 PLUMBING HIGH RISE BUILDING**”.

Penulisan banyak menerima saran dan masukan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, pada kesempatan kali ini Penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada Rustati Fatimah selaku Editor dan Ahmad Zayadi, S.T., M.T. selaku Penyunting yang telah memberikan pengarahan tentang penulisan buku ini.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada A Sastralaksana, S.T., yang telah memberikan masukan tentang Perancangan Sistem Hidran serta H Zulyanggi, S.T yang membantu memberikan masukan terhadap studi kasus perancangan plumbing serta segenap pihak yang telah membantu terselesaikannya penyusunan Buku ini, Penulis ucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada semua pihak yang memberikan masukan dan saran. 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, 17 Nopember 2021

Penulis

Daftar Isi

Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	iv
<i>Daftar Gambar</i>	vi
<i>Daftar Tabel</i>	viii
<i>Daftar Lampiran</i>	ix
Daftar Notasi	x
SECTION 1. PENGANTAR	1
1.1 Pengantar	1
1.2 Perencanaan.....	1
1.3 Tahapan perancangan (SNI 8153:2015).....	4
SECTION 2. KERANGKA ACUAN KERJA.....	9
2.1 Pendahuluan	9
2.2 Nama Dan Organisasi Pengguna Jasa	10
2.3 Lingkup Pekerjaan Dan Tanggung Jawab.....	12
2.4 Personil (Tenaga Ahli Dan Tenaga Pendukung).....	14
2.5 Keluaran.....	16
2.6 Tahap Pra- Rencana Teknis.....	16
2.7 Tahap Pengembangan Rencana	17
2.8 Tahap Rencana Detail	17
2.9 Kriteria	17
2.10 Kriteria Khusus.....	20
2.11 Azas - Azas	20
2.12 Laporan Hasil Pekerjaan	21
SECTION 3. RENCANA KERJA DAN SYARAT (RKS).....	24
3.1 Persyaratan Teknis Umum	24
3.2 Spesifikasi Teknis Instalasi Mekanikal	34
3.3 Pekerjaan Plumbing.....	34
3.3.1 Sistem Perpipaan	34
3.3.2 Spesifikasi Bahan Perpipaan	35
3.3.3 Persyaratan jenis peralatan	39
3.3.4 Persyaratan Pemasangan	40
3.3.5 Penggantung dan Penumpu Pipa.....	41
3.3.6 Cara pemasangan pipa dalam tanah.	43
3.3.7 Pemasangan Katup-katup	43
3.3.8 Pengujian	45
3.3.9 Pengecatan	46
3.3.10 Sistem Air Bersih	46
3.3.11 Spesifikasi.....	51
3.3.12 Skedul Peralatan Air Bersih	52
3.3.13 Sistem Air Limbah	54
3.4 Sistem Pemadam Kebakaran	57
3.4.1 Lingkup Pekerjaan.....	58
3.4.2 Tangki Air Pemadam Kebakaran (Tangki Bawah)	58
3.4.3 Pompa Pemadam Kebakaran	58
3.4.4 Springkler Control Valve Set	60
3.4.5 Skedul Peralatan Pemadam Kebakaran	62
Pompa Pemadam Kebakaran.....	62
3.4.6 Produk Pemadam Kebakaran	66
SECTION 4. PLUMBING	66

4.1	Definisi Alat Plumbing	67
4.2	Penyediaan Air Bersih	68
4.3	Peralatan dan Perlengkapan.....	72
10.1	Head Kerugian.....	77
SECTION 5. SISTEM DRAINASE		90
5.1	Ukuran Gutter & Leader	93
5.2	Perencanaan Sistem Penyaluran Air Hujan	94
5.3	Drainase Gedung	94
5.4	Software Archicad.....	103
SECTION 6. PEMADAM KEBAKARAN		106
6.1	Pengertian Pemadam Kebakaran/FireFighters/ Hidran	106
6.2	Prinsip Kerja Hidran	106
6.3	Komponen Utama Hidran	107
6.4	Penempatan dan Letak Kepala Springkler.....	109
6.5	Sistem Perpipaian	112
6.6	Pompa	114
6.7	Jaringan Pipa	129
6.8	Batas Tinggi Hisap Maximum, Kavitasi dan NPSH	134
6.9	Data Teknis Gedung	137
SECTION 7. STUDI KASUS PERANCANGAN HIDRAN		139
7.1	Perancangan Sprinkler dan Hydrant Box	139
7.2	Perancangan Sistem Perpipaian.....	140
7.3	Umum	141
7.4	Perhitungan Jumlah Sprinkler	141
7.5	Bak Air (Reservoir)	144
7.6	Perhitungan Sistem Perpipaian	144
7.7	Daya Pompa Sprinkler	154
7.8	Instalasi Sistem Pipa Hidran Box	155
7.9	Kerugian Gesek (friction loss).....	156
7.10	Daya Pompa Hidran Box	159
7.11	Menghitung Pompa Booster	160
7.12	Daya Pompa Hidran Box	165
SECTION 8. STUDI KASUS PERANCANGAN SISTEM PLUMBING.....		167
8.1	Lokasi dan Waktu Perencanaan.....	167
8.2	Tahapan Pelaksanaan Perencanaan.....	167
8.3	Pengumpulan Data dan Informasi.....	167
8.4	Studi Pustaka.....	168
8.5	Penelitian dan Analisa.....	168
8.6	Penyusunan Laporan.....	169
8.7	Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih	169
8.8	Perencanaan Air Bersih.....	173
8.9	Perencanaan Kebutuhan Kapasitas Pompa.....	176
8.10	Perencanaan Menggunakan Software Archicad	185
SECTION 9. PERANCANGAN PLUMBING.....		191
9.1	Sistem penyediaan air minum.....	191
9.2	Beban dan ukuran	191
9.3	Tekanan air.....	196
Daftar Pustaka Pemadam		199
Daftar Lampiran		200
Daftar Lampiran		207
Gambar Plumbing		207
Glosarium		211
Index		214

Daftar Gambar

Gambar 1 Sistem Air Bersih.....	3
Gambar 2 Sistem Tangki Atap	70
Gambar 3 Sistem Tangki Tekan	72
Gambar 4 Pompa Transfer	73
Gambar 5 Sand Filter Tank	74
Gambar 6 Carbon Filter	74
Gambar 7 Bosster Pump.....	75
Gambar 8 Ground Water Tank	75
Gambar 9 Roof Water Tank	76
Gambar 10 Deepwell	76
Gambar 11 Gate Valve.....	84
Gambar 12 Globe Valve.....	85
Gambar 13 Ball Valve.....	85
Gambar 14. Butterly Valve	86
Gambar 15. Sistem drainase bangunan gedung	90
Gambar 16. Pengering air hujan dari atap dengan dinding penahan limpasan 5 cm di atas primer	92
Gambar 17. Contoh pipa drainasea air hujan.....	92
Gambar 18. Sistem gabungan dranase atap	93
Gambar 19. Aliran gravity flow dan full bore flow	96
Gambar 20. Perbandingan aliran air hujan pada pipa.....	97
Gambar 21. Skema Umum Sistem Pembuangan Gravity.....	101
Gambar 22. Ukuran Pipa Pembuangan	101
Gambar 23. Jenis Perangkap	102
Gambar 24. Perangkap yang menjadi satu dengan plumbung	102
Gambar 25. Sistem pembuangan dengan septic.....	103
Gambar 26. Penampilan lingkungan kerja ArchiCAD	104
Gambar 27. Instalasi Air Bersih.....	105
Gambar 28. Detail Instalasi Pipa Air Bersih.....	105
Gambar 29. Box Hidran, Hidran Pilar dan Assesories	107
Gambar 30. Head Sprinkler.....	107
Gambar 31. Jockey Pump.....	116
Gambar 32. Electric Pump	117
Gambar 33. Diesel Pump	118
Gambar 34. Gate Valve.....	120
Gambar 35. Rising Steam Gate Valve.....	121
Gambar 36. Non Rising Steam Gate Valve	121
Gambar 37. Globe Valve.....	122
Gambar 38. Angle Globe Valve, Y-body Valve, Z-body Valve	123
Gambar 39. Ball Valve.....	123
Gambar 40. Full Bore Ball	124
Gambar 41. Reduced Bore Ball Valve	124
Gambar 42. Butterfly Valve	125
Gambar 43. Swing Ceck Valve.....	126
Gambar 44. Lift Ceck Valve.....	126
Gambar 45. Swing Type Check Valve	127
Gambar 46. Disc Check Valve	128
Gambar 47. Split Disc Check Valve	128
Gambar 48. Geodetic Head (Hg)	133

Gambar 49. Data Grafik NPSHr dari Kurva Pompa	135
Gambar 50. Tabel HV	135
Gambar 51. Dimensi Ground Water Tank.....	144
Gambar 52. Denah Lokasi Perencanaan.....	167
Gambar 53. Layout Bangunan.....	170
Gambar 54. Perencanaan Tahap 1.....	170
Gambar 55. Perencanaan Tahap 2.....	171
Gambar 56. Luas Bangunan	171
Gambar 57. 3 D Perencanaan Bangunan.....	172
Gambar 58. Kurva Head Pompa.....	184
Gambar 59. Instalasi Pipa Air Bersih Unit Kamar Type A (3D)	185
Gambar 60. Instalasi Pipa Air Bersih Unit Kamar Type B (3D).....	185
Gambar 61. Instalasi Pipa Air Bersih Unit Kamar Type C (3D).....	185
Gambar 62. Instalasi Pipa Air Bersih Unit Kamar Type A (2 D)	186
Gambar 63. Instalasi Pipa Air Bersih Unit Kamar Type B (2D).....	186
Gambar 64. Instalasi Pipa Air Bersih Unit Kamar Type C (2D).....	187
Gambar 65. Ruang Pompa Tanki Bawah	187
Gambar 66. Ruang Pompa Tangki Bawah (2D)	188
Gambar 67. Ruang Pompa Tangk Atas (3D).....	188
Gambar 68. Ruang Pompa Tangki Atas (2D).....	188
Gambar 69. Hasil Kuantitas dengan Archicad 1.....	189
Gambar 70. Kuantitas Sambungan dengan Archicad 2	189
Gambar 71. Hasil Kuantitas Archicad terintegrasi dengan Microsoft Excel	189

Daftar Tabel

Tabel 1. Kualifikasi Tenaga Ahli	14
Tabel 2. Spesifikasi Bahan Perpipaan.....	35
Tabel 3. Warna Jenis Cairan Pipa.....	42
Tabel 4. Produk Pemadam Kebakaran	66
Tabel 5. Pemakaian Air Dingin Minimum sesuai Penggunaan Gedung ²	68
Tabel 6. Unit Beban Alat Plumbing ³	81
Tabel 7. Penentuan ukuran perpipaan air hujan horisontal ^{1, 2}	90
Tabel 8. - Penentuan ukuran perpipaan air hujan horisontal ^{1, 2} (lanjutan)	91
Tabel 9. Penentuan ukuran perpipaan air hujan horisontal ^{1, 2} (lanjutan)	91
Tabel 10. Ukuran talang atap, pipa utama, dan perpipaan tegak air hujan ²	91
Tabel 11. Beban Maksimum yang di iijinkan untuk Talang Atap (untk m2 luas Atap.....	93
Tabel 12. Klasifikasi Kepala Springkler	108
Tabel 13. Ukuran Pipa Bahaya Kebakaran Ringan	129
Tabel 14. Ukuran Pipa Bahaya Kebakaran Sedang	129
Tabel 15. Ukuran Pipa Cabang Bahaya Kebakaran Berat	130
Tabel 16. Nilai C Untuk Inlet Diameter Pipa Min dan Max.....	132
Tabel 17. Data Gedung	137
Tabel 18. Jumlah Titik Springkler Perlantai	142
Tabel 19. Perkiraan Jumlah Penghuni Gedung.....	173
Tabel 20. Perhitungan Kebutuhan Air Bersih untuk Penghuni.....	176
Tabel 21. Hasil dan Pembahasan	183
Tabel 22. Unit beban alat plumbing sistem penyediaan air dan ukuran minimum pipa cabang (lanjutan)	192
Tabel 23. UBAP / <i>fixture unit</i> untuk menentukan ukuran pipa air dan meter air	193
Tabel 24. Unit beban katup gelontor (<i>flushometer</i>)	195

Daftar Lampiran

Lampiran 1. Single Line Diagram Sistem Hidran Springkler	200
Lampiran 2. Ruang Pompa	201
Lampiran 3. Detail Sistem Pemadam Kebakaran	201
Lampiran 4. Layout Springkler	201
Lampiran 5. Springkler Area Lobby	202
Lampiran 6. Spesifikasi Teknis Pompa Hidran Elektrik	203
Lampiran 7. Seleksi Pompa	204
Lampiran 8. Data Teknis Pompa	205
Lampiran 9. Grafik Pompa	206
Lampiran 10. Single Line Diagram Sistem Air Bersih	207
Lampiran 11. Single Line Diagram Sistem Air Panas	208
Lampiran 12. Single Line Diagram Sistem Air Bekas dan Air Kotor	209
Lampiran 13. Sistem Sewage Treatment Plant (STP)	210
Lampiran 14. Sistem Water Treatmt Plant (WTP)	210

Daftar Notasi

Lambang	Keterangan	Satuan
H	Head sistem pompa	m
h_a	<i>Head statis</i> total	m
Δh_p	Perbedaan head tekanan	m
h_1	Kerugian di pipa	m
$\frac{v_g^2}{2 \cdot g}$	<i>Head</i> kecepatan keluar	m
g	Percepatan gravitasi	m/s
v	Kecepatan rata-rata di pipa	m/s
R	Jari-jari hidrolik	m
h_f	<i>Head</i> kerugian gesek dalam pipa	m
L	Panjang pipa	m
Q	Laju aliran	(m^3/s)
θ	Sudut belokan	Derajat
H	Tinggi angkat total	m
Q	Kapasitas pompa	(m^3/min)
γ	Berat spesifik	kg/liter
V	Kecepatan dalam pipa	m/s
D	Diameter dalam pipa	m
A	Luas penampang	m
I	Panjang pipa lurus	m
Q	Laju aliran air	l/min
R	Kerugian gesek yang diizinkan	mm/m
H_1	Head standar pada alat plambing	m
l	Panjang pipa lurus, pipa cabang	m
Q_h	Kebutuhan harian rata-rata	m^3/jam
Q_d	Kebutuhan dalam sehari	m^3
T	Jangka waktu pemakaian	jam
P	Daya yang diberikan	$kg \cdot m^2/s^3$
p	Densitas cairan	kg/m^3
h_L	<i>Head loss</i>	m
Q	Debit	m^3/s
μ	Viskositas cairan	kg/m.s
V	Volume	m^3
t_c	Waktu konsentrasi aliran	Jam
L	Panjang aliran	m
S	Kemiringan rata-rata daerah saluran	m/m
P	Kedalaman basah penampang	m
l	Lebar penampang	m
$H_{available}$	Sisa tekan pada keran	m
h_f	Kehilangan mayor	m
h_k	Kehilangan minor	m
HT	<i>Head</i> total	m
P_w	Daya pompa	kW

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 *enjiniring* 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 pemipaan pada bangunan tersebut

1.2 Perencanaan

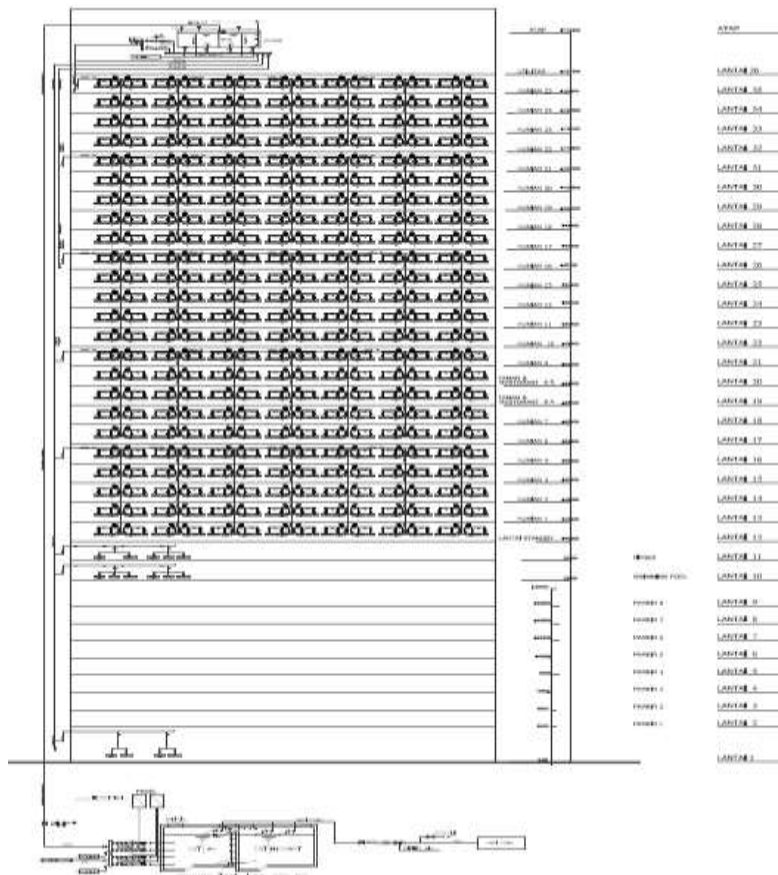
Perencanaan adalah kegiatan awal dari suatu rangkaian kegiatan dalam proses pembuatan produk (Darmawan, 2004). Dalam tahap perencanaan dibuat keputusan penting yang mempengaruhi kegiatan lain yang menyusul. Diantara keputusan penting tersebut termasuk keputusan yang membawa akibat industri tersebut dapat 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 pula 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 Sistem Air Bersih

Macam-macam perencanaan¹

1. Perencanaan Jangka Pendek Adalah rencana yang jangka waktu pelaksanaannya maksimum 5 tahun.
2. Perencanaan Jangka Menengah adalah rencana yang jangka waktu pelaksanaannya antara 5 sampai 15 tahun.
3. 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 pengarahan 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

1.3 Tahapan perancangan (SNI 8153:2015)

A. Konsep perancangan

1. Data dan informasi awal

Data dan informasi awal yang diperlukan adalah sebagai berikut :

- a. Jenis/penggunaan gedung, jumlah penghuni dan pengguna, dan perbandingan jenis kelamin penghuni dan pengguna;
- b. Gambar rencana arsitektural gedung pada tahap konsep;
- c. Jaringan air minum dan fasilitas pembuangan air hujan dan air limbah kota;
- d. Peraturan yang berlaku umum maupun yang berlaku setempat.

2. Data dan informasi akhir

Data dan informasi akhir yang harus disiapkan sebagai berikut:

- a. Gambar tapak yang menunjukkan lokasi penyambungan dengan sumber air dan lokasi sistem pembuangan;
- b. Gambar denah yang menunjukkan tata letak alat plambing, jenis, dan jumlahnya ditentukan berdasarkan standar ini;
- c. Perkiraan anggaran pembangunan sistem plambing;
- d. Rencana jangka panjang untuk pelaksanaan pembangunan, konsep cara membangun, pembagian paket pekerjaan;
- e. Dokumen yang diperlukan untuk mengurus persetujuan prinsip membangun dari instansi yang berwenang dan pihak lain yang terkait;
- f. Sumber air minum :
 - 1) dari pengelola air minum : kapasitas dan kualitas;
 - 2) dari sumber air baku untuk air minum dengan perkiraan kapasitas dan kualitas yang dapat dijamin kontinuitasnya.
- 3) Sistem pembuangan :
 - a) ke riol kota, kapasitas, arah dan jalur pembuangan, serta ijin dari instansi yang berwenang;
 - b) ke instalasi pengolahan air limbah setempat.
- g. Perhitungan kasar mengenai, kebutuhan air minum per hari, banyaknya air limbah perhari, dan kebutuhan daya listrik untuk sistem plambing.

B. Rencana dasar

1. Penyusunan rencana dasar

Penyusunan rencana dasar terdiri dari :

- a. Penentuan jumlah peralatan plambing minimum yang dibutuhkan sesuai dengan fungsi gedung, merujuk Tabel 2;
- b. Menentukan UBAP dan dimensi pipa untuk air minum, merujuk Tabel 3, 4, dan 5;
- c. Menentukan UBAP dan dimensi pipa dan ven air limbah, merujuk Tabel 10 dan 11;
- d. Menentukan kapasitas dan dimensi saluran air hujan, merujuk Tabel 16, 17, dan 18 sesuai dengan jenis dan peruntukannya;
- e. Penentuan dan perletakan perpipaian dan diagram sistem plambing;
- f. Penentuan ukuran dan perkiraan beban tangki air baik yang di bawah maupun yang di atas;

- g. Penentuan cara penumpuan dan penggantungan pipa utama;
- h. Penentuan alternatif sistem dan perlengkapannya, rencana dasar mesin-mesin utama yang diperlukan.

2. Gambar dan dokumen

- a. Gambar yang disiapkan sekurang-kurangnya meliputi :
 - 1) diagram satu garis sistem penyediaan air minum, penyaluran air limbah, ven dan air hujan;
 - 2) gambar denah jaringan pipa utama, pipa cabang, dan peralatannya;
 - 3) gambar denah ruang mesin dan tangki, yang menunjukkan ukuran kasar mesin dan tangki tersebut;
 - 4) gambar detil potongan yang penting atau khusus.
- b. Dokumen dalam bentuk laporan yang disiapkan sekurang-kurangnya meliputi :
 - 1) penjelasan alternatif sistem dan perlengkapannya;
 - 2) hasil perhitungan sistem plambing, ukuran kasar, dan jalur pipa utama;
 - 3) perkiraan berat pipa, tangki, dan isinya untuk informasi bagi perencana struktur gedung;
 - 4) perkiraan kebutuhan daya listrik;
 - 5) kapasitas mesin-mesin yang diperlukan;
 - 6) hasil perhitungan dan penentuan ukuran seluruh pipa dan peralatan plambing;
 - 7) perkiraan biaya pelaksanaan yang lebih rinci untuk sistem plambing;
 - 8) spesifikasi bahan dan peralatan.

3. Rencana pendahuluan

a. Perhitungan

Perhitungan yang dilaksanakan sebagai berikut :

- 1) Perhitungan untuk menentukan ukuran semua pipa cabang;
- 2) Perhitungan laju aliran air dalam pipa ditentukan dengan metode yang mengacu pada standar ini.

b. Gambar dan dokumen

- 1) Gambar yang disiapkan sekurang-kurangnya meliputi :
 - a) diagram satu garis sistem penyediaan air minum, penyaluran air limbah, ven, dan air hujan;
 - b) gambar denah jaringan pipa utama, pipa cabang, dan peralatannya;
 - c) gambar denah ruang mesin dan tangki, yang menunjukkan ukuran kasar mesin dan tangki tersebut;
 - d) gambar detil potongan yang penting atau khusus.

2) Dokumen dalam bentuk laporan yang disiapkan sekurang-kurangnya meliputi :

- a) hasil perhitungan dan penentuan ukuran seluruh pipa dan peralatan plambing;
- b) perkiraan biaya pendahuluan;
- c) perkiraan beban terhadap struktur gedung;
- d) perkiraan kebutuhan daya listrik.

4. Rencana pelaksanaan

Dokumen rencana detil pelaksanaan yang harus disiapkan meliputi :

- a. Gambar detil pelaksanaan;
- b. Perkiraan biaya pelaksanaan pembangunan sistem plambing;
- c. Spesifikasi lengkap;
- d. Persyaratan umum pelaksanaan.

C. Pengujian

Pengujian dilakukan atas masing-masing jenis alat, atas berbagai bagian sistem plambing dan pengujian atas fungsi dan kelakuan dari seluruh sistem setelah selesai pemasangan.

1. Pengujian sistem penyediaan air minum

Dilakukan dengan kriteria harus mencapai semua bagian dari sistem. Secara umum, air yang digunakan untuk melakukan pengujian ini harus memenuhi persyaratan sebagai mana ditentukan untuk kualitasair minum.

2. Pengujian hidrostatik

Sistem penyediaan air minum harus dibuktikan rapat air dengan mengadakan suatu pengujian hidrostatik dengan menggunakan air minum. Pengujian hidrostatik sekurang- kurangnya harus menggunakan 2 kali tekanan kerja maksimum sesuai dengan tinggi gedung yang dilayani, pada sebagian dan seluruh pipa yang telah dipasang dengan jangka waktu selama 30 menit tanpa ada kebocoran atau penurunan tekanan uji. Pengujian semacam itu harus dilakukan sebelum seluruh pipa ditimbun atau ditutup.

3. Pengujian tangki

Setelah diisi tidak boleh ada gejala bocor selama 24 jam.

4. Pengujian pipa air limbah dan pipa ven

Pipa pembuangan dan ven perlu diuji, untuk menjamin bahwa sistem yang dipasang dapat berfungsi dengan baik dan mencegah timbulnya pencemaran akibat kebocoran. Sistem pipa air limbah, pipa ven dan alat-alat plambingnya setelah selesai dipasang maka dapat diuji dengan salah satu metode dengan air bertekanan, asap, atau *peppermint*, pengujian yang dilaksanakan sebagai berikut :

1. Pengujian dengan pengisian air, dengan tekanan uji 3 meter kolom air selama minimum 30 menit, tanpa ada penurunan tekanan uji;
2. Pengujian dengan tekanan air, dengan tekanan uji 2 kali tekanan pompa selama minimum 30 menit;

3. Pengujian dengan udara pompa (*air pressure*), tekanan uji 0,35 kg/cm² selama 15 menit secara konstan;
4. Pengujian dengan asap tekanan uji 25 mm kolom air, dan harus konstan selama 15 menit;
5. Pengujian dengan *peppermint* (ban L) tekanan uji 25 mm kolom air, dan harus konstan selama 15 menit; Pengujian di atas dapat dilakukan per segmen atau setelah jaringan lengkap.

5. Pengujian sistem pembuangan air hujan

Setelah sesuatu bagian atau seluruh sistem perpipaan selesai dipasang, dilakukan pengujian dengan mengisi air atau udara; dan setelah seluruhnya selesai dipasang dilakukan dengan pengujian aliran air dengan cara menuangkan air ke dalam setiap lubang talang (*roof drain*) dan pemeriksaan dilakukan untuk mengetahui adanya kebocoran dalam sistem.

a. Pengujian Awal

1. Saluran pembuangan bangunan gedung, saluran drainase dan ven harus diuji dan dibuktikan rapat air setelah pipa tersebut selesai dipasang sebelum diurug atau ditutup. Pengujian tersebut tidak perlu dilakukan terhadap talang tegak yang dipasang pada bagian luar bangunan gedung, pipa drainase di bawah tanah dengan sambungan terbuka atau dari pipa yang berlubang-lubang dan terhadap pipa pembuangan alat plambing yang pendek dan tidak tertutup oleh dinding atau bagian bangunan gedung lainnya;
2. Pipa pembuangan, pipa drainase, dan ven yang menerus dengan panjang ukur kurang dari 3 m harus diuji dengan cara pengaliran air ke dalam pipa tersebut. Aliran air di dalam pipa tersebut harus diusahakan mempunyai debit yang sama dengan debit bila pipa tersebut bekerja. Cara pengujian ini dapat juga dipergunakan untuk menguji pipa pembuangan dan pipa drainase yang tertanam di bangunan gedung lama apabila dibenarkan;
3. Pipa pembuangan, pipa drainase, dan ven yang menerus dengan panjang ukur 3 m atau lebih harus diuji dengan tekanan air. Tekanan uji pada tiap titik sekurang-kurangnya harus 3 m kolom air. Bagian pipa paling atas dengan panjang ukur 3 m diukur dari ujung pipa ven yang menembus atap hanya perlu diuji dengan tekanan pada waktu air meluap dari ujung pipa ven yang menembus atap itu.
Pipa pembuangan, pipa drainase, dan ven di atas dapat diuji bagian demi bagian jika alat penyambung penguji yang dibenarkan telah dipasang pada tempat yang layak. Tekanan ujinya tidak boleh lebih dari 30 m kolom air.
Cara pengujian ini harus dilakukan terhadap semua pipa pembuangan dan pipa drainase bangunan gedung, kecuali apabila pengujian dengan air khusus dibenarkan;
4. Pengujian dengan tekanan udara sebesar 3,5 m kolom air, boleh dilakukan sebagai pengganti pengujian dengan tekanan air, bila khusus dibenarkan.

b. Pengujian akhir

- 1) Terhadap jaringan pembuangan air limbah dan ven harus dilakukan pengujian akhir dan dibuktikan rapat;
- 2) Pengujian dilakukan setelah semua alat plambing dipasang dan semua perangkat telah diisi air. Selama pengujian aliran air dihentikan dengan jalan menutup saluran pembuangan air limbah bangunan gedung pada tempat masuknya yang ada di dalam bangunan gedung. Pejabat yang berwenang dapat memerintahkan membuka semua tutup lubang pembersih untuk meyakinkan bahwa pengujian efektif pada semua bagian di dalam jaringan. Berdasarkan alasan bahwa jaringan dikhawatirkan rusak, harus juga dilakukan pengujian terakhir terhadap jaringan pembuangan air limbah dan ven yang telah ada apabila dianggap perlu. Cara pengujian akhir adalah seperti yang diuraikan di bawah ini;
- 3) Pengujian dengan tekanan asap harus dilakukan terhadap seluruh jaringan dengan cara memasukkan melalui bagian jaringan yang terendah dari asap tebal yang dihasilkan oleh alat pembangkit asap yang dibenarkan. Setelah asap mulai keluar dari pipa ven yang menembus atap, maka lubang pipa ven tersebut harus ditutup. Dengan demikian akan terjadi tekanan asap. Kemudian seluruh jaringan diberi tekanan asap sebesar 25 mm kolom air dan dijaga selama 15 menit sebelum dimulai pemeriksaan;
- 4) Pengujian dengan tekanan asap dapat diganti dengan pengujian uap peppermint yang berbau tajam dan mudah menguap, apabila dibenarkan. Sekurangnya 60 cc minyak peppermint, dituangkan melalui lubang ujung tiap ven yang akan diuji. Kemudian segera tuangkan air mendidih sebanyak 10 Liter dan lubang ujung tiap ven ditutup rapat selama pengujian. Sisa minyak peppermint dan orang-orang yang terkena minyak tersebut harus dikeluarkan dari bangunan gedung tempat pengujian.

SECTION 2. KERANGKA ACUAN KERJA

2.1 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.

2.2 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.
- d. Biaya Konsultan Perencana
 - a) Besarnya biaya konsultan Perencana merupakan biaya tetap dan pasti.
 - b) Dalam Biaya Konsultan Perencana terdiri dari :
 - 1) Biaya Langsung Personil (*Remuneration*);
 - 2) Biaya Langsung Non Personil (*Direct Reimbursable Cost*);
 - c) Pajak dan iuran daerah lainnya.
 - d) Pembayaran biaya perencanaan didasarkan pada pencapaian prestasi/kemajuan perencanaan dan diatur secara kontraktual sesuai peraturan-peraturan yang berlaku.
- e. 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, batas dan 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 pemadam 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.

2.3 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, yang 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).

2.4 Personil (Tenaga Ahli Dan Tenaga Pendukung)

1. 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
	PENDIDIKAN	PROFESI KEAHLIAN MINIMAL	PENGALAMAN	ORANG
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.

2. 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

2.5 Keluaran

1. 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 :

2. Tahap Konsep Perencanaan

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

2.6 Tahap Pra- Rencana Teknis

- Gambar-gambar rencana tapak.
- Gambar-gambar pra-rencana bangunan.
- 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).

2.7 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.

2.8 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.

2.9 Kriteria

1. 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.

2.10 Kriteria Khusus

1. Sejauh tidak bertentangan dengan persyaratan umum, pekerjaan yang direncanakan harus diusahakan memanfaatkan potensi alami (pencahayaan 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. Dihindarkan penggunaan bahan-bahan bangunan yang mengandung zat-zat yang membahayakan kesehatan/keselamatan pengguna dan lingkungan.

2.11 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.

1) Proses Perencanaan

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

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

2) Program Kerja

- a. 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.
 - d) Program kerja secara keseluruhan harus mendapatkan persetujuan dari Pengguna Jasa, setelah sebelumnya dipresentasikan oleh Konsultan Perencana dan mendapatkan pendapat teknis dari Direksi Teknis Kegiatan.
 - e) Secara Umum, persyaratan teknis bangunan gedung negara mengikuti ketentuan dalam :
 - 1. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 29/PRT/M/2006 tanggal 1 Desember 2006 tentang Persyaratan Teknis Bangunan Gedung.
 - 2. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 45/PRT/M/2007 tanggal 27 Desember 2007 Pedoman Teknis Pembangunan Bangunan Gedung Negara.
 - 3. Standar Nasional Indonesia tentang Bangunan Gedung serta standar teknis yang terkait.
 - 4. Peraturan daerah setempat tentang Bangunan Gedung

2.12 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 :

1. 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 tentang 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.

2. 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.

3. 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.

4. 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 konststuksi – 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. RENCANA KERJA DAN SYARAT (RKS)

3.1 Persyaratan Teknis Umum

1. 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.

2. 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-04-0255-200 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
- Pedoman Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2000 atau edisi terakhir. SNI 03-6481-2000

b. Plumbing

- Daerah (PERDA) setempat
- Peraturan-peraturan Cipta Karya, Departemen Pekerjaan Umum
- Perencanaan & Pemeliharaan Sistem Plumbing, Soufyan Nurbambang & Morimura
- SNI- 8153-2015 Sistem Plumbing Pada Bangunan Gedung

c. Pemadam Kebakaran

- SNI-03-1745-2000 tentang Pipa tegak dan Slang
- SNI-03-3989-2000 tentang Sprinkler Otomatik
- Perda Pemda setempat
- Penanggulangan Bahaya Kebakaran Dalam Wilayah Setempat
- Departemen Pekerjaan Umum, Skep Menteri Pekerjaan Umum No.

10/KPTS/2000 tentang Ketentuan Teknis Pengamanan terhadap Bahaya Kebakaran Pada Bangunan Gedung dan Lingkungan

- Literature Dan / Atau Reference
- National Fire Codes :
 - NFPA-10, Standard for Portable Fire Extinguisher
 - NFPA-13, Standard for The Installation Sprinkler Systems
 - NFPA-14, Standard for The Installation Standpipe and Hose Systems
 - NFPA-20, Standard for The Installation Centrifugal Fire Pumps
 - Mc. Guinness, Stein & Reynolds
 - Mechanical & Electrical for Buildings

3. 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.

4. 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.

5. 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.

6. 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.

7. Persetujuan Peralatan dan Material

- f. 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.

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

8. 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 tanggungan 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.

9. Peralatan dan Bahan Sejenis

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

10. 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.

11. 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 pengelasan 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.

12. Perlindungan Pemilik

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

13. Ijin-Ijin

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

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.

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.

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.

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.

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.

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.

14. 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.

15. Laporan-Laporan

1) Laporan Harian dan Mingguan

a. 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

b. Laporan mingguan merupakan ringkasan dari laporan harian dan setelah ditandatangani oleh manajer proyek harus diserahkan kepada Konsultan Pengawas untuk diketahui / disetujui.

1) Laporan Pengetesan

a. 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.

b. Semua pengetesan dan pengukuran yang akan dilaksanakan harus disaksikan oleh Konsultan Pengawas.

16. Pemeriksaan Rutin dan Khusus

- 1) 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
- 2) 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.

17. Kantor Pelaksana Pekerjaan, Los Kerja Dan Gudang

1) 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

2) Pembuatan kantor, gudang dan los kerja ini dapat dilaksanakan bila terlebih dahulu mendapatkan ijin dari pemberi tugas / Konsultan Pengawas.

a. Penjagaan

- 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)

- Kehilangan yang diakibatkan oleh kelalaian penjagaan atas barang-barang tersebut diatas, menjadi tanggung jawab Pelaksana Pekerjaan.

b. Air kerja

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

c. Penerangan dan Sumber Daya / listrik kerja

- Pada kantor, los kerja, gudang dan tempat-tempat pelaksanaan pekerjaan yang dianggap perlu, harus diberi penerangan yang cukup.
- 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.

d. Kebersihan dan Ketertiban

- Selama pelaksanaan pekerjaan berlangsung, kantor, gudang, los kerja dan tempat pekerjaan dilaksanakan dalam bangunan, harus selalu dalam keadaan bersih.
- 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.
- Peraturan-peraturan yang lain tentang ketertiban akan dikeluarkan oleh Konsultan Pengawas pada waktu pelaksanaan.

18. 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.

19. Testing dan Commisionng

- 1) 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

- 2) Semua bahan dan perlengkapan yang diperlukan untuk mengadakan testing tersebut merupakan tanggung jawab Pelaksana Pekerjaan termasuk daya listrik untuk testing.

20. Masa Pemeliharaan dan Serah Terima Pekerjaan

- 1) Peralatan dan sistem instalasi ini harus digaransi selama 1 (satu) tahun dihitung sejak saat penyerahan pertama.
- 2) 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.
- 3) Selama masa pemeliharaan, seluruh instalasi yang telah selesai dilaksanakan masih merupakan tanggung jawab Pelaksana Pekerjaan sepenuhnya.
- 4) Selama masa pemeliharaan ini, untuk seluruh instalasi ini Pelaksana Pekerjaan diwajibkan mengatasi segala kerusakan yang akan terjadi tanpa adanya tambahan biaya.
- 5) 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.
- 6) 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 pemeliharaannya.
- 7) 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.
- 8) 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
- 9) Pemberi Tugas masing-masing 1 (satu) set
- 10) 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.

21. 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.

22. 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 copi buku *Operating Maintenance, Repair Manual* dan *As-built drawing*, segala sesuatunya atas biaya Pelaksana Pekerjaan.

3.2 Spesifikasi Teknis Instalasi Mekanikal

3.3 Pekerjaan Plumbing

1. Umum

Yang di maksud disini dengan pekerjaan instalasi mekanikal plambing secara keseluruhan adalah pengadaan, transportasi, pembuatan, pemasangan, peralatan-peralatan bahan-bahan utama dan pembantu serta pengujian, sehingga diperoleh instalasi yang lengkap dan baik sesuai dengan spesifikasi, gambar dan *bill of quantity*.

2. Uraian Pekerjaan

Lingkup pekerjaan secara garis besar sebagai berikut:

- a. Instalasi Sistem Air Bersih
- b. Instalasi Sistem Air Limbah
- c. Instalasi Sistem Pengolahan Air Limbah
- d. Instalasi Sistem Gas Medik

3. Gambar Kerja

Sebelum kontraktor melaksanakan suatu bagian pekerjaan lapangan, akan menyerahkan gambar kerja antara lain sebagai berikut:

- a. Denah tata ruang dan detail pemasangan dari peralatan utama, perlengkapan dan *fixtures*.
- b. Detail denah perpipaan
- c. Detail denah perkabelan
- d. Detail penempatan *sparing*, *sleeve* yang menembus lantai, atap, tembok dll.
- e. Detail lain yang diminta oleh Pemberi Tugas.

4. Gambar Instalasi Terpasang

Setiap tahapan penyelesaian pekerjaan, kontraktor akan memberi tanda sesuai jalur terpasang pada Re-Kalkir gambar tender maupun gambar kerja, sehingga pada akhir penyelesaian pemasangan sudah tersedia gambar terpasang yang mendekati keadaan sebenarnya.

3.3.1 Sistem Perpipaan

Spesifikasi Perpipaan

1. U m u m

Lingkup pekerjaan sistem perpipaan meliputi:

- a. Pipa
- b. Sambungan
- c. Katup
- d. Strainer
- e. Sambungan fleksibel
- f. Penggantung dan penumpu
- g. Sleeve
- h. Lubang pembersihan
- i. Galian
- j. Pengecatan

- k. Pengakhiran
- l. Pengujian
- m. Peralatan Bantu

2. Spesifikasi dan gambar menunjukkan diameter minimal dari pipa dan letak serta arah dari masing- masing sistem pipa.
3. Seluruh pekerjaan, terlihat pada gambar dan atau spesifikasi dipasang terintegrasi dengan kondisi bangunan dan menghindari gangguan dengan bagian lainnya.
4. Bahan pipa maupun perlengkapan harus terlindung dari kotoran, air karat dan stress sebelum, selama dan sesudah pemasangan. Untuk pipa baja dibawah tanah diberi lapisan anti karat densotape dengan ketebalan 2-3 mm.
5. Khusus pipa dan pekerjaan perlengkapan dari bahan plastic, selain disebut diatas harus juga terindung dari cahaya matahari.
6. Semua barang yang fipergunakan harus jelas menunjukkan identiras pabrik pembuat.

3.3.2 Spesifikasi Bahan Perpipaan

1. Daftar Spesifikasi Bahan Perpipaan

Tabel 2. Spesifikasi Bahan Perpipaan

SISTEM	Kode Sistem	Tek. Kerja	Tek. Std.	Tek. U	Spesifikasi	
					Pipa	Isolasi
Air dingin Dalam gedung	AB	10	12.50	15	PN.10	IA
Air dingin Diluar gedung	AB	10	12.50	15	PN.10	IA
Hidran di luar gedung	IH/OH	10	15	20	B.40	IA
Air limbah pengaliran gravitasi	ABK	5	10	15	PV-10	IA
Air hujan	AH	5	10	15	PV-10	IA
Air limbah gravitasi toilet	AK	5	10	15	PV-10	IA
Vent	VT	-	-	Rendam	PV-5	IA
Pipa Header Pompa dan pipa Air Limbah Luar	HD/ ABK /AK	10	10	15	GIP	IA

Catatan

IA = tidak diisolasi

IB = diisolasi

GRV = GRAVITASI

Tekanan uji tidak terbatas pada table ini namun juga harus mengacu pada tekanan actual pompa

2. Spesifikasi PN 10

Penggunaan : Air dingin didalam gedung

Tekanan standard 12,5 bar.

Uraian	Keterangan
Pipa	: Polypropelene Random Copolymer. Type : 3 DIN 16928, ONORM B.5174 Temp : 95 - 100° L-PN.10
Sambungan/fitting	: Electric Welding. Polypropelene Random Copolymer. Type : 3 DIN 16928, ONORM B.5174 PN : PN.10
Flange	: Dia 40 mm dibawah black malleable cast iron RF class 150 lb, screwed Dia 50 mm keatas Forged steel RF class 150 lb, welding joint.
Valve & Strainer	: Dia 40 mm dibawah, bronze atau strainer A- metal body class 150 lb dengan sambungan ulir,BS 21/ ANSI B 2.1. Dia 50 mm keatas,cast iron body class 150 lb dengan sambungan flanges.

3. Spesifikasi PN 10

Penggunaan : Air dingin diluar gedung

Tekanan standard 12,5 bar.

Uraian	Keterangan
Pipa	: Polypropelene Random Copolymer. Type : 3 DIN 16928, ONORM B.5174 Temp : 95 - 100° L-PN.10
Sambungan/fitting	: Electric Welding. Polypropelene Random Copolymer. Type : 3 DIN 16928, ONORM B.5174 PN : PN.10
Flange	: Dia 40 mm dibawah black malleable cast iron RF class 150 lb, screwed Dia 50 mm keatas Forged steel RF class

150 lb, welding joint. Valve & Strainer : Dia 40 mm kebawah, bronze atau strainer A- metal body
class 150 lb dengan sambungan ulir,BS 21/ ANSI B 2.1.
Dia 50 mm keatas,cast iron body class 150 lb dengan sambungan flanges.

4. Spesifikasi B 40

Penggunaan : Hydrant
Tekanan Standard 15 bar

Uraian	Keterangan
Pipa	: Black steel pipe ERW, sch 40, ASTM A 53. Dia 40 mm kebawah screwed end Dia 50 mm keatas plain end.
Sambungan/fitting	: Dia 40 mm kebawah malleable iron ANSI B 16.3 class 300 lb,screwed end. Dia 50 mm keatas, wrought steel Butt weld fitting ANSI B 16.9, sch 40
Flange	: Dia 40 mm kebawah black malleable cast iron RF class 300 lb,screwed Dia 50 mm keatas Forged steel RF class 300 lb, welding joint.
Valves & Strainer	: Dia 40 mm kebawah,malleable cast Strainer iron body class 300 lb dengan sambungan ulir,BS 21/ ANSI B 2.1. Dia 50 mm keatas,cast iron body class 300 lb dengan sambungan flanges.

5. Spesifikasi PV 10.

Penggunaan : Air Limbah pengaliran gravitasi. Tekanan standard 10 bar.

Uraian	Keterangan
Pipa	: Polyvinyl chloride (PVC) klas 10 bar.
Elbow & Junction radius, Solvent	: PVC Injection Moulded Sanitary fitting large Cement joint type.
Reducer Solvent Cement	: PVC injection moulded sanitary fitting concentric, Joint Type.
Solvent Cement	: Sesuai rekomendasi pabrik pembuat.

6. Spesifikasi PV 10.

Penggunaan : Air hujan
Tekanan Standard 10 bar.

Uraian	Keterangan
Pipa	: Polyvinyl chloride (PVC) klas 10 bar
Elbow & Junction atau Factory	: PVC Injection Moulded Sanitary fitting large radius Made Fabricated fitting, Solvent Cement Joint atau

Rubber Ring type. Reducer : Seperti diatas, model concentric.
Solvent Cement : Sesuai rekomendasi pabrik pembuat.

7. Spesifikasi PV 10

Penggunaan: - Air Limbah Grafitasi Toilet

Tekanan Standard 10 bar.

Uraian Keterangan

Pipa : Polyvinyl chloride (PVC) klas 10 bar

Elbow & Junction : PVC Injection Moulded Sanitary fitting large radius atau Factory

Made Fabricated fitting, Solvent Cement Joint atau

Rubber Ring type. Reducer : Seperti diatas, model concentric.

Solvent Cement : Sesuai rekomendasi pabrik pembuat.

8. Spesifikasi PV

Penggunaan : Pipa Venting

Tekanan standard 5 bar (klas AW).

Uraian Keterangan

Pipa : Polyvinyl chloride (PVC) klas 5 bar.

Fitting : PVC Injection Moulded pressure fitting,

Solvent Joint type. Reducer : Seperti diatas, model concentric.

Solvent Cement : Sesuai rekomendasi pabrik pembuat.

9. Spesifikasi GIP

Penggunaan : Header pada Pompa dan Pipa Air limbah

Tekanan standard 10 Bar

Uraian Keterangan

Pipa : Galvanized Steel pipe BS 1387/1967 class medium.

Fitting dan sambungan : Dia 40 mm dibawah malleable iron ANSI B 16,3 class 150 lb, screwed end.
Dia 50 mm keatas, wrought steel butt weld fitting ANSI B 16.9, sch 40

Flange : Dia 40 mm dibawah Galvanized malleable cast iron RF class 150 lb. Screwed Dia 50 mm keatas forged steel RF class 150 lb. Welding joint.

Valve&strainer : Dia 40 mm ke bawah, bronze / A-metal body class 150 lb Dengan sambungan ulir BS 21/ANSI B 2.1. Dia 50 mm keatas, cast iron body class 150 lb dengn sambungan ulir

10. Spesifikasi Pipa Tembaga

Penggunaan : Header dan Pipa Instalasi

Tekanan standard 10 Bar

Uraian Keterangan

Pipa : Copper pipe ASTM B 88 Type L.

Fitting dan sambungan : Sistem Pengelasan

11. Skedule katup

Pemakaian	Katup Isolasi					
	< 40 mm dia	50 mm ke atas	< 40 mm dia	50 mm ke atas	< 40 mm dia	50 mm ke atas
Air bersih di dalam gedung	Gate	Butterfly	Globe	Butterfly	Swing	Guided membrane
Air bersih di luar gedung	Gate	Butterfly	Globe	Butterfly	Swing	Guided membrane
Air panas di dalam gedung	Gate	Butterfly	Globe	Butterfly	Swing	Guided membrane
Hydrant	Gate	Gate	Globe	Gate	Swing	Guided membrane
Drain	Gate	Butterfly	Globe	Butterfly	Swing	Double disc

3.3.3 Persyaratan jenis peralatan

Jenis peralatan yang boleh dipergunakan di sini adalah sebagai berikut:

Fungsi peralatan	Ukuran & Joint	W.O & G	Steam
Katup penutup (stop valve)	s/d 40 mm screwed	Ball Butterfly Gate Diapharg	Globe
	50 mm ke atas flanged	Butterfly Gate	Globe
Katup pengatur (Regulating)	s/d 40 mm screwed	Globe Butterfly Diapharg	Globe
	50 mm ke atas flanged	Butterfly Globe	Globe
Non return valve	s/d 40 mm screwed		Swing check Globe check
	50 mm ke atas double swing check flanged disk check		
Strainer			“Y” type
Pressure Reducer			Die and flow type
Pressure Indicator Dial dia 100 mm			Dial type

Note : W = water, O = Oil, G = Gas

3.3.4 Persyaratan Pemasangan

1. Umum

- a. Perpipaan harus dikerjakan dengan cara yang benar untuk menjamin kebersihan, kerapian, ketinggian yang benar minimum 250 mm dari lantai, serta memperkecil banyaknya penyilangan
- b. Pekerjaan harus ditunjang dengan suatu ruang yang longgar, tidak kurang dari 50 mm di antara pipa-pipa atau dengan bangunan & peralatan
- c. Semua pipa dan fitting harus dibersihkan dengan cermat dan teliti sebelum dipasang, membersihkan semua kotoran, benda-benda tajam/ runcing serta penghalang lainnya
- d. Pekerjaan perpipaan harus dilengkapi dengan semua katup-katup yang diperlukan antara lain katup penutup, pengatur, katup balik dan sebagainya, sesuai dengan fungsi sistem dan yang diperlihatkan dalam gambar
- e. Semua perpipaan yang akan disambung dengan peralatan, harus dilengkapi dengan water mur atau flens
- f. Sambungan lengkung, reducer dan expander dan sambungan-sambungan cabang pada pekerjaan perpipaan harus mempergunakan fitting buatan pabrik
- g. Kemiringan menurun dari pekerjaan perpipaan air limbah harus seperti berikut, kecuali seperti diperlihatkan dalam gambar.
 - a. Di bagian dalam toilet Garis tengah 50 mm² - 100 mm² atau lebih kecil : 1 % - 2 %
 - b. Di bagian dalam bangunan Garis tengah 150 mm atau lebih kecil : 1 %
 - c. Dibagianluarbangunan
Garis tengah 150 mm atau lebih kecil : 1 % Garis tengah 200 mm atau lebih besar : 1 %
- h. Semua pekerjaan perpipaan harus dipasang secara menurun ke arah titik buangan. Pipa pembuangan dan ven harus disediakan guna mempermudah pengisian maupun pengurasan. Untuk pembuatan vent pembuangan hendaknya dicari titik terendah dan dibuat cekung
- i. Katup (valves) dan saringan (strainers) harus mudah dicapai untuk pemeliharaan dan penggantian. Pegangan katup (valve handled) tidak boleh menukik
- j. Sambungan-sambungan fleksibel pada sistem pemipaan harus dipasang sedemikian rupa dan angkur pipa secukupnya harus disediakan guna mencegah tegangan pada pipa atau alat-alat yang dihubungkan oleh gaya yang bekerja ke arah memanjang
- k. Pekerjaan perpipaan ukuran jalur penuh harus diambil lurus tepat ke arah pompa dengan proporsi yang tepat pada bagian-bagian penyempitan. Katup-katup dan fittings pada pemipaan demikian harus ukuran jalur penuh
- l. Pada pemasangan alat-alat pemuaian, angkur-angkur pipa dan pengarah-pengarah pipa harus secukupnya disediakan agar pemuaian serta perenggangan terjadi pada alat-alat tersebut, sesuai dengan

- permintaan & persyaratan pabrik
- m. Selubung pipa harus disediakan di mana pipa-pipa menembus dinding, lantai, balok, kolom atau langit-langit. Di mana pipa-pipa melalui dinding tahan api, celah kosong di antara selubung dan pipa-pipa harus dipakai dengan bahan rock-wool atau bahan tahan api yang lain, kemudian harus ditambahkan sealant agar kedap air. Selama pemasangan, bila terdapat ujung-ujung pipa yang terbuka dalam pekerjaan perpipaan yang tersisa pada setiap tahap pekerjaan, harus ditutup dengan menggunakan caps atau plugs untuk mencegah masuknya benda-benda lain
 - n. Untuk setiap pipa yang menembus dinding harus menggunakan pipa flexible untuk melindungi dari vibrasi akibat terjadinya penurunan struktur gedung
 - o. Semua galian, harus juga termasuk pengurugan serta pemadatan kembali sehingga kembali seperti kondisi semula.
 - Kedalaman pipa air minum minimum 60 cm di bawah permukaan tanah
 - Semua pipa diberi lapisan pasir yang telah dipadatkan setebal 15-30 cm untuk bagian atas dan bagian bawah pipa dan baru diurug dengan tanah tanpa batu-batuan atau benda keras yang lain
 - Untuk pipa di dalam tanah pada tanah yang labil, harus dibuat dudukan beton pada jarak 2 - 2,5 m dan pada belokan-belokan atau fitting-fitting
 - p. Instalasi pekerjaan pipa jaringan luar diletakkan pada struktur bangunan
 - q. Pekerjaan perpipaan tidak boleh digunakan untuk pentanahan listrik
 - r. Setiap perubahan arah aliran untuk perpipaan air kotor yang membentuk sudut 90 °, harus digunakan 2 buah elbow 45 ° dan dilengkapi dengan clean out serta arah dan jalur aliran agar diberi tanda.

3.3.5 Penggantung dan Penumpu Pipa

- a. Pemipaan harus ditumpu atau digantung dengan hanger, brackets atau sadel dengan tepat dan sempurna agar memungkinkan gerakan-gerakan pemuaian atau perenggangan pada jarak yang tidak boleh melebihi jarak yang diberikan dalam tabel berikut ini :

Jenis Pipa	Ukuran Pipa	Batas Maximum Ruang (mm)		
		Interval	Interval Mendatar (m)	Tegak (m)
Pipa GIP	20		1.8	2
	25 s/d 40		2.0	3
	50 s/d 80		3.0	4
	100 s/d 150		4.0	4

	200 atau lebih	5.0	4
Pipa PVC	50	0.6	0.9
	80	0.9	1.2
	100	1.2	1.5
	150	1.8	2.1

Catatan :

Bila dalam suatu kelompok pipa yang terdiri dari bermacam-macam ukuran, maka jarak interval yang dipergunakan harus berdasarkan jarak interval pipa ukuran terkecil yang ada.

2. Penunjang atau Penggantung tambahan harus disediakan pada pipa berikut ini:
 - a. Perubahan perubahan arah Titik percabangan.
 - b. Beban-beban terpusat karena katup, saringan dan hal-hal lain yang sejenis.
3. Ukuran baja bulat untuk penggantung pipa datar adalah sebagai berikut :
 - a. Diameter Batang

Ukuran Pipa	Batang
Sampai 20 mm	6 mm
25 mm s/d 50 mm	9 mm
65 mm s/d 150 mm	13 mm
200 mm s/d 300 mm	15 mm
300 mm atau lebih besar	dihitung dengan faktor keamanan 5.

Gantungan ganda 1 ukuran lebih kecil dari tabel diatas Penunjang pipa lebih dihitung dengan faktor keamanan 5 terhadap dari 2 kekuatan puncak.
 - b. Bentuk gantungan.

Untuk air dingin : Split ring type atau Clevis type.
4. Penggapit pipa baja yang digalvanis harus disediakan untuk pipa tegak.
5. Semua pipa dan gantungan, penumpu sebelum dicat, harus memakai dasar zinchromat dan pengecatan sesuai dengan peraturan-peraturan yang berlaku.

Tabel 3. Warna Jenis Cairan Pipa

No	Jenis Cairan Pipa	Warna
1	Air Bersih	Biru
2	Air Kotor	Hitam
3	Air Bekas	Cokl
4	Air Pemadam Kebakaran	Merah
5	Pipa Gas	Kuning

3.3.6 Cara pemasangan pipa dalam tanah.

1. Penggalan untuk mendapatkan lebar dan kedalaman yang cukup.
2. Pemadatan dasar galian sekaligus membuang benda- benda keras/ tajam.
3. Membuat tanda letak dasar pipa setiap interval 2 meter pada dasar galian dengan adukan semen.
4. Urugan pasir sekeliling dasar pipa dan dipadatkan.
5. Pipa yang telah tersambung diletakkan di atas dasar pipa.
6. Dibuat blok beton setiap interval 2 meter.
7. Pipa yang melintasi jalan kendaraan, pada urugan pipa bagian atas harus dilindungi plat beton bertulang setebal 10 cm yang dipasang sedemikian rupa sehingga plat beton tidak bertumpu pada pipa dan tidak mengganggu konstruksi jalan, kemudian baru ditimbun dengan baik sampai padat.

3.3.7 Pemasangan Katup-katup.

Katup-katup harus disediakan sesuai yang diminta dalam gambar, spesifikasi dan untuk bagian- bagian berikut ini :

- a. Sambungan masuk dan keluar peralatan.
- b. Sambungan ke saluran pembuangan pada titik- titik rendah.

Di ruang Mesin

Ukuran Pipa	Ukuran Katup
Sampai 75 mm	20 mm
100 mm s/d 200 mm	40 mm
250 mm atau lebih besar	50 mm

Lain-lain, ukuran katup 20 mm

- c. Katup by-pass.

1. Pemasangan Katup-katup Pengaman.

Katup - katup Pengaman harus disediakan di tempat-tempat yang dekat dengan sumber tekanan.

2. Pemasangan sambungan fleksibel.

Sambungan fleksibel harus disediakan untuk menghilangkan getaran dan menghindari terjadinya retak/patah pipa akibat penurunan tanah dan struktur bangunan.

3. Pemasangan Pengukur Tekanan.

Pengukur tekanan harus disediakan dan di tempatkan pada lokasi dimana tekanan yang ada perlu diketahui :

- a. Katup-katup pengurang tekanan.
- b. Katup-katup pengontrol
- c. Setiap pompa
- d. Setiap bejana tekan

Diameter pengukur tekanan minimum Dia. 75 dengan pembagian skala ukur maksimum 2 kali tekanan kerja.

4. Sambungan ulir

- a. Penyambungan antara pipa dan fitting mempergunakan sambungan ulir berlaku untuk ukuran sampai dengan 40 mm

- b. Kedalaman ulir pada pipa harus dibuat sehingga fitting dapat masuk pada pipa dengan diputar tangan sebanyak 3 ulir
 - c. Semua sambungan ulir harus menggunakan perapat Henep dan zink white dengan campuran minyak
 - d. Semua pemotongan pipa harus memakai pipe cutter dengan pisau roda
 - e. Tiap ujung pipa bagian dalam harus dibersihkan dari bekas cutter dengan reamer
 - f. Semua pipa harus bersih dari bekas bahan perapat sambungan.
5. Sambungan Las
- a. Sistem sambungan las hanya berlaku untuk saluran bukan air minum
 - b. Sambungan las ini berlaku antara pipa baja dan fittinglas. Kawat las atau elektrode yang dipakai harus sesuai dengan jenis pipa yang dilas
 - c. Sebelum pekerjaan las di mulai Pemborong harus mengajukan kepada Direksi contoh hasil las untuk mendapat persetujuan tertulis
 - d. Tukang las harus mempunyai sertifikat dan hanya boleh bekerja sesudah mempunyai surat ijin tertulis dari Direksi.
 - e. Setiap bekas sambungan las harus segera dicat dengan cat khusus untuk itu
 - f. Alat las yang boleh dipergunakan adalah alat las listrik yang berkondisi baik menurut penilaian Direksi.
6. Sambungan lem
- a. Penyambungan antara pipa dan fitting PVC, mempergunakan lem yang sesuai dengan jenis pipa, sesuai rekomendasi dari pabrik pipa
 - b. Pipa harus masuk sepenuhnya pada fitting, maka untuk ini harus dipergunakan alat press khusus. Selain itu pemotongan pipa harus menggunakan alat pemotong khusus agar pemotongan pipa dapat tegak lurus terhadap batang pipa
 - c. Cara penyambungan lebih lanjut dan terinci harus mengikuti spesifikasi dari pabrik pipa.
7. Sambungan yang mudah dibuka
- Sambungan ini dipergunakan pada alat- alat saniter sebagai berikut :
- a. Antara Lavatory Faucet dan Supply Valve
 - b. Pada waste fitting dan Siphon.
- Pada sambungan ini kerapatan diperoleh dengan adanya paking dan bukan seal threat.
8. Pemasangan katup-katup Pelepasan Tekanan.
- Katup-katup pelepasan tekanan harus disediakan di tempat yang mungkin timbul kelebihan tekanan.
9. Pemasangan Ven Udara Otomatis.
- Ven udara otomatis harus disediakan di tempat- tempat tertinggi dan kantong udara, serta ditempatkan yang bebas untuk melepaskan udara dari dalam.
10. Pemasangan sambungan ekspansi.

Sambungan ekspansi harus disediakan pada penyambungan antara pipa dari luar bangunan dengan pipa dari dalam bangunan untuk menghindari terjadinya patah ataupun bengkok akibat terjadinya penurunan tanah ataupun struktur bangunan.

11. Pemasangan Ven Udara Otomatis.

Ven udara otomatis harus disediakan ditempat- tempat tertinggi dan kantong udara.

12. Selubung Pipa.

- a. Selubung untuk pipa-pipa harus dipasang dengan baik setiap kali pipa tersebut menembus konstruksi beton
- b. Selubung harus mempunyai ukuran yang cukup untuk memberikan kelonggaran di luar pipa ataupun isolasi
- c. Selubung untuk dinding dibuat dari pipa besi tuang ataupun baja. Untuk yang mempunyai kedap air harus digunakan sayap
- d. Untuk pipa-pipa yang akan menembus konstruksi bangunan yang mempunyai lapisan kedap air (water proofing) harus dari jenis "Flushing Sleeves"
- e. Rongga antara pipa dan selubung harus dibuat kedap air dengan rubber sealed atau "Caulk"

13. Katup Label (Valve Tag)

- b. Tags untuk katup harus disediakan di tempat-tempat penting guna operasi dan pemeliharaan
- c. Fungsi-fungsi seperti "Normally Open" atau "Normally Close" harus ditunjukkan di tags katup
- d. Tags untuk katup harus terbuat dari plat metal dan diikat dengan rantai atau kawat.

14. Pembersihan

Setelah pemasangan dan sebelum uji coba pengoperasian dilaksanakan, pemipaan di setiap service harus dibersihkan dengan seksama, menggunakan cara- cara/ metoda-metoda yang disetujui sampai semua benda- benda asing disingkirkan. Desinfeksi :

Dari 50 mg/l chlor selama 24 jam setelah itu dibilas atau dari 200 mg/l chlor selama 1 jam setelah itu dibilas. Untuk bak air dipoles dengan cairan 200 mg/l chlor selama 1 jam dan setelah itu dibilas.

3.3.8 Pengujian

1. Sebelum dilakukan testing dilakukan dahulu :

- a. Pemeriksaan sebagian- sebagian.
- b. Pemeriksaan setelah pemasangan.

2. Tujuannya untuk mengetahui apa konstruksi dan fungsinya serta sistem sudah memenuhi dan sesuai dengan rencana.

- a. Pemborong harus melakukan pengujian terhadap setiap jenis alat
- b. Pipa yang akan ditanam atau dipasang di luar harus dites

terlebih dahulu sebelum diurug, dengan bagian perbagian, dengan tekanan $1\frac{1}{2}$ x tekanan kerja selama 1 jam tanpa ada penurunan tekanan (antara 10 kg/cm²) dan dilanjutkan pengujian per system

- c. Setelah alat plambing dipasang, dites selama ± 2 menit tanpa penurunan tekanan, berlaku untuk umum kecuali untuk monoblock dan faucet dan ditentukan oleh pengawas.
- d. Tangki air setelah dibersihkan harus diuji selama 24 jam tanpa ada penurunan tinggi air
- d. Setelah pipa dan tangki diuji, dibersihkan dan dilakukan desinfeksi sesuai PPI dengan sisa kadar chloor 0,2 ppm atau lebih, baik yang di pipa atau di tangki
- e. Setelah itu dibersihkan (dibilas) dengan air bersih
- f. Pengisian pipa dengan air dilakukan sedikit demi sedikit dengan pompa khusus untuk pengetesan
- g. Untuk mengetahui setiap alat berfungsi sesuai perencanaan, dilakukan pengujian sistem aliran sampai tercapai pengukuran yang diminta dalam perencanaan seperti kapasitas pompa, kebisingan pompa (± 60 dB), tekanan air keluar kran dia.0,3 kg/cm²) dan lain-lain
- h. Semua pengetesan disaksikan oleh Pemberi Tugas dan akan dikeluarkan sertifikat oleh Pemberi Tugas.

3.3.9 Pengecatan

1. U m u m

Barang-barang yang harus dicat adalah sebagai berikut:

- a. Pipa servis
- b. Support pipa dan peralatan Konstruksi besi
- c. Flens
- d. Peralatan yang belum dicat dari pabrik
- e. Peralatan yang catnya harus diperbarui
- f. Pengecatan pada pipa air bersih dan air panas hanya di beri tanda arah panah jalur pipa tersebut.
- g. Untuk pipa pemadam pengecatan harus berwarna merah dan harus dapat memberi indikasi adanya Instalasi Pemadam Kebakaran.

2. Testing Dan Commissioning

- a. Pemborong pekerjaan instalasi akan melakukan semua testing pengukuran secara partial dan secara system, untuk mengetahui apakah seluruh instalasi yang sudah dilaksanakan berfungsi dengan baik dan memenuhi persyaratan yang ditentukan
- b. Semua tenaga, bahan, perlengkapan yang perlu untuk testing merupakan tanggung jawab pemborong, sehingga semua persyaratan test yang dianjurkan oleh pabrik hingga dapat dilakukan dan diketahui hasil test sesuai persyaratan yang ditentukan.

3.3.10 Sistem Air Bersih

1. Lingkup Pekerjaan

Uraian singkat lingkup pekerjaan adalah sebagai berikut :

- a. Tangki Persediaan Air Bersih
- b. Pompa Suplai
- c. Pemipaan
- d. Pengkabelan
- e. Panel Listrik
- f. Peralatan Instrumen dan Pengendalian
- g. Penyambungan ke peralatan penunjang
- h. Penyambungan ke peralatan plambing

2. Peraturan Dan Referensi

Peraturan & Referensi yang dipergunakan dalam melaksanakan pekerjaan ini antara lain :

- a. SNI 8153-2015 Sistem Plumbing Pada Bangunan Gedung
- b. Pedoman Plambing Indonesia tahun 1975
- c. Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plambing (Soufyan & Moimura)
- d. National Plumbing Code Handbook ,1975.
- e. PU
- f. Depnaker dan Depkes.

3. Peralatan Utama

a) Tangki Persediaan Air Bersih

- a. Tangki persediaan air bersih terletak di area service Basement (Ground Water Tank). Tangki air bawah berfungsi untuk menyediakan air untuk kebutuhan cadangan selama 2 (dua) hari, dengan kualitas sesuai standart Depkes RI tahun 1990
- b. Tangki air harus dibuat dari konstruksi higienis dengan ketentuan sebagai berikut :
 - i. Membuat kemiringan pada lantai, sehingga terjadi aliran air minimum selama 20 m
 - ii. Tanpa sudut tajam
 - iii. Mempunyai bak pengurasan pada dasar tangki
 - iv. Mencegah air tanah dan air hujan masuk ke dalam tangki e. Permukaan dinding licin dan bersih
- c. Sumur Hisap. Untuk memperkecil volume air mati pada pipa isap pompa, maka harus dibuat sumur hisap pada tangki air
- d. Tangki air bawah dapat dibuat dari beton berlapis fiberglass reinforced plastic, atau dengan konstruksi beton yang kedap air
- e. Tangki air harus mempunyai perlengkapan sebagai berikut :
 - i. Manhole, Tangga
 - ii. Pipa Vent penghubung maupun vent ke udara luar
 - iii. Pipa peluap dan pipa penguras
 - iv. Indicator muka air
 - v. Selubung untuk laluan pipa masuk, pipa isap, pipa penguras, kabel dsb.
 - vi. Sistem Pengendalian
 - vii. Muka air dalam tangki air atas mengendalikan pompa pemindah.
 - viii. Pompa akan hidup pada saat air turun mencapai muka air tertentu

ix. Pompa akan mati bila muka air sudah mendekati tepi pipa peluap

4. Pompa Transfer

- a. Pompa pemindah berfungsi untuk memindahkan air dari tangki air bawah ke tangki air atas
- b. Sistem pompa pemindah sekurang-kurangnya terdiri dari 2 (dua) pompa
- c. Pompa pemindah akan bekerja otomatis oleh level switch yang dipasang di tangki bawah maupun tangki atas
- d. Setiap pompa pemindah antara lain terdiri dari :
 - Pompa Centrifugal End Suction lengkap dengan motor
 - Inlet dan Outlet headers.
 - Katup – katup inlet dan outlet
 - Check valve anti pukulan air
 - Inlet Strainers.
 - Panel daya dan Pengendalian
 - Level switch untuk ON / OFF.
 - Level switch untuk proteksi pompa
 - Pengkabelan
 - Penunjuk tekanan pada inlet dan outlet pompa
 - Dudukan pompa.
- e. Pengaturan pompa adalah sebagai berikut :
 - Pompa bekerja apabila muka air di tangki atas turun mencapai level L dan akan stop apabila muka air naik sampai level H.
 - Semua pompa akan tiba-tiba berhenti apabila muka air di tangki bawah turun sampai level LL.

5. Pompa Booster/Distribusi

- a. Pompa Booster berfungsi untuk mengalirkan air ke alat- alat plambing pada lantai-lantai yang membutuhkan, dan harus mampu menjaga tekanan air didalam pipa pada setiap lantai merata
- b. Pompa Booster harus mampu memasok kebutuhan air kepada pemakai setiap variasi laju aliran pada setiap saat secara otomatis
- c. Setiap boster pump harus mempunyai sekurang-kurangnya terdiri dari 2 pompa dan paling banyak 4 pompa yang bekerja paralel sedangkan laju aliran masing-masing pompa dalam berdasarkan standard pabrik perakitan booster pump
- d. Peralatan kendali, untuk laju aliran sampai dengan $40 \text{ m}^3/\text{jam}$ boleh mempergunakan Pressure Control System
- e. Setiap booster pump antara lain terdiri dari peralatan sbb :
 - a) Pompa Centrifugal End Suction lengkap dengan motor
 - b) Tangki tekan dengan tipe membrane
 - c) Inlet dan Outlet header
 - d) Katup-katup inlet dan outlet
 - e) Check valve anti pukulan air
 - f) Inlet strainers per pompa

- g) Panel daya dan pengendalian
- h) Pressure switch / flow monitor switch
- i) Pressure gauges pada inlet dan outlet pompa
- j) Pengkabelan
- k) Dudukan pompa
- f. Pengaturan pompa pada sistem pressure control
 - a) Pompa pertama bekerja apabila tekanan air di jaringan turun sampai ambang batas L pada pressure switch (PS 1)
 - b) Pompa kedua bekerja apabila tekanan air di jaringan masih turun sampai ambang batas L pada pressure switch (PS 2) dan seterusnya
 - c) Pompa pertama, kedua dan seterusnya berhenti apabila tekanan air di jaringan pemakai naik sampai ambang batas H di PS1, PS2 dan seterusnya
 - d) Penentuan daerah kerja pompa juga ditentukan oleh kurva pemilihan pompa yang akan dipakai
 - e) Pompa yang sedang bekerja dapat tiba-tiba berhenti apabila muka air di tangki
 - f) hisap turun sampai batas LL, dan akan kembali normal apabila muka air naik sampai batas “ L ”.
- 6. Pompa Suplai (Deep Well)

Uraian singkat lingkup pekerjaan adalah sebagai berikut :

 - a. Mengurus semua izin terkait yang diperlukan
 - b. Pembuatan sumur dalam dan pengujiannya
 - c. Pengadaan, pemasangan dan pengujian Pompa sumur dalam
 - d. Pengadaan, pemasangan dan pengujian Pengkabelan
 - e. Pengadaan, pemasangan dan pengujian Panel listrik
 - f. Pengadaan, pemasangan dan pengujian peralatan instrumen dan control
 - g. Penyambungan ke semua peralatan penunjang
 - h. Penyambungan ke semua peralatan pemakai
 - i. Pembuatan shops drawings
 - j. Pembuatan As Built Drawings
 - 1. Peraturan dan Refrensi.

Peraturan yang digunakan dalam melaksanakan pekerjaan ini antara lain:

 - a. Peraturan dan persyaratan yang dikeluarkan oleh PAM maupun Direktorat Geologi
 - b. Peraturan dan persyaratan yang dikeluarkan oleh Dinas Keselamatan Kerja
 - c. Peraturan dan persyaratan teknis yang terkait sebagaimana ditentukan di RKS untuk Pekerjaan Sistem Plaming.
 - 2. Perijinan.
 - a. Izin Usaha.

pemborong sumur bor harus mempunyai surat izin perusahaan Pengeboran air tanah yang dikeluarkan oleh Direktorat Geologi Tata Lingkungan Departemen Pertambangan dan Energi, SIPP di wilayah setempat dan izin-izin lainnya yang

diwajibkan.

b. Izin Pengeboran.

Pemborong harus mengurus semua perizinan pengeboran air tanah. Biaya pengurusan dan biaya perizinan dibebankan kepada Pemborong.

3. Peralatan Utama

a. Peralatan pengeboran.

Peralatan pengeboran yang dipergunakan untuk melaksanakan pekerjaan pengeboran harus mempergunakan mesin bor yang memadai dan sesuai dengan rekayasa, konstruksi dan keadaan tanah.

b. Sumur dalam.

- 1) Sebelum memulai pengeboran, pemborong harus menyampaikan gambar kerja kepada pengawas untuk mendapat persetujuan yang menunjukkan letak sumur maupun konstruksi pengeboran.
- 2) Setiap sumur harus mampu mengeluarkan air sebanyak 12 m³/jam dan 240 m³/hari.
- 3) Kedalaman sumur diperkirakan 150 meter.
- 4) Konstruksi sumur dibuat sekurang - kurangnya sebagai berikut :
 - Pipa jambang 150 mm sedalam 60 meter, 10 meter bagian luar atas di cor beton, agar air pada kedalaman ini tidak masuk ke sumur.
 - Pipa naik 100 mm sedalam 90 meter dari ujung jambang, disebelah luarnya diisi koral / pasir cuci.
- 5) Bahan pipa dan saringan sebagai berikut :
 - Pipa jambang dan pipa naik menggunakan Galvanized Steel Pipe (GSP) BS 1387 class medium.
 - Jumlah pipa saringan yang menggunakan Stainless steel 304, ukuran pipa 100 mm, ditetapkan oleh Direktorat Geologi Tata Lingkungan (minimal 3 buah).
- 6) Batu karang
 - Bila pengeboran menembus batu karang didaerah pipa naik maka diluar pipa naik setebal batu karang harus dicor beton agar sumber air yang melalui batu karang tidak diambil.
 - Bila pengeboran menembus batu karang pada bagian ujung sumur, maka lubang pada batu karang harus ditutup kembali dengan beton cor, dan ujung sumur akan berhenti diatas batu karang.

4. Testing dan Commissioning

a. Pemborong harus melakukan pengujian lengkap antara lain :

- Pengujian debit dan penurunan muka air (Drawdown Test).
- Pengujian pemulihan kedalaman muka air (RecoveryTest).
- Pengujian terus menerus 3 kali 24 jam.
- Pengujian kualitas air oleh laboratorium.

- Pengujian yang diwajibkan oleh instansi Pemerintah yang berwenang.
 - Selain pengujian diatas, Pemborong harus melakukan pengujian yang diwajibkan oleh Instansi Pemerintah yang berwenang.
 - semua peralatan uji, sumber daya dan biaya uji dibebankan kepada Pemborong.
- b. Peralatan uji.
- Peralatan uji yang digunakan harus dapat diandalkan, sudah ditera dan mudah dibaca secara terus menerus, peralatan uji tersebut antara lain :
- Pengukur debit, dengan meter air putar atau meter air Venturi.
 - Penduga permukaan air, dengan membran tekan atau sistem elektroda lampu listrik arus lemah.
- c. Rekayasa
- Serah terima pekerjaan harus disertai rekayasa sebagai berikut :
- Gambar sumur terpasang secara detail.
 - Seluruh laporan hasil pengujian.
- d. Perlengkapan sumur dalam.
- Sumur dalam harus mempunyai kelengkapan antara lain :
- Vent sumur
 - Katup pengatur
 - Katup penahan aliran balik.
 - Manometer.
 - Katup pelepas udara otomatis.

3.3.11 Spesifikasi

Lihat “Spesifikasi
Perpipaan”

7. Sand Filter

- a. Sand filter berfungsi meningkatkan mutu air.
- b. Backwash (Pencucian filter) harus dilakukan setiap hari selama 5 menit sampai 10 menit, pada saat beban pemakaian air surut.
- c. Filter yang dipergunakan adalah dari jenis pressure type, multi media automatic / manual backwash.
- d. Laju aliran maksimum adalah 10 m³ / m² / jam.
- e. Bahan tangki terbuat dari Wound polyester sedangkan screen terbuat dari bronze atau stainless steel.
- f. Filter terdiri dari :
 - Tangki termasuk screen
 - Filter Media
 - Valves
 - Interconnecting piping

- Instruments
 - Life Indicator
- g. Kapasitas Sand Filter 0,3 m³ / menit
- h. Perpipaian
8. Carbon Filter
- a. Carbon filter berfungsi menghilangkan bau yang terdapat didalam air.
 - b. Backwash (Pencucian filter) harus dilakukan setiap hari selama 5 menit sampai 10 menit, pada saat beban pemakaian air surut.
 - c. Filter yang dipergunakan adalah dari jenis pressure type, multi media automatic / manual backwash.
 - d. Laju aliran maksimum adalah 10 m² / m² / jam.
 - e. Bahan tangki terbuat dari Wound polyester sedangkan screen terbuat dari bronze atau stainless stell.
- Filter terdiri dari :
- Tangki termasuk screen
 - Filter Media
 - Valves
 - Interconnecting piping
 - Instruments
 - Life Indicator
- f. Kapasitas Sand Filter 0,3 m³ / menit
- g. Perpipaian

a. Pompa Deep Well

Type	: Submersible Pump Direct Coupled with Electro Motor
Kapasitas	: 0,35 m ³ / menit
Tekanan	: 160 m
Motor Rated	: 15 kw ; 380 V/III Phase/50 Hz
Shaft Seal	: Mechanical
Casing	: Cast Iron/Standard Manufacturer
Speed	: 3000 rpm.
Base Frame	: Cast Iron or Steel
Efisiensi	: Minimum 80%
Impeler	: Bronze / Stainless Steel

b. Pompa Transfer

Type	: Centrifugal End Suction Pump Direct Coupled with Electro Motor
Kapasitas	: 250 L/ menit
Tekanan	: 50 m
Motor Rated	: 3,7 kw ; 380 V/III Phase/50 Hz
Shaft Seal	: Mechanical
Casing	: Cast Iron/Standard Manufacturer
Speed	: 3000 rpm.
Base Frame	: Cast Iron or Steel
Efisiensi	: Minimum 80%
Impeler	: Bronze / Stainless Steel

c. Pompa Distribusi

Type	: Packaged Booster Pump Standard Manufacturer (Out Door Type), Lengkap dengan tangki tekan, Variable Speed System
Kapasitas	: 150 L/ menit
Tekanan	: 25 m AQ
Motor Rated	: 2,2 kw ; 380/III Phase/ 50 Hz
Shaft Seal	: Mechanical
Casing	: Cast Iron/Standard Manufacturer
Speed	: 2900 rpm
Base Frame	: Cast Iron or Steel
Efisiensi	: Minimum 80%

d. Sand Filter (SF)

Type	: Vertical Cylinder Tank
Kapasitas	: 0,4 m ³ /min
Tekanan	: 37 m
Aterial	: FRP

e. Carbon Filter (CF)

Type	: Vertical Cylinder Tank
Kapasitas	: 0,4 m ³ /menit
Tekanan	: 37 m
Material	: FRP

f. Roof Tank (RT) Gedung Utama

Type	: Cubical Fiber Tank
Kapasitas	: 8 m ³ /menit
Tekanan	: - m
Material	: FRP

3.3.13 Sistem Air Limbah

1. Lingkup Pekerjaan

Uraian singkat lingkup pekerjaan dalam sistem air limbah disini antara lain adalah sbb :

- a. Perpipaan
- b. Penyambungan dengan peralatan Plumbing
- c. Floor Drain
- d. Clean Out
- e. Roof Drain

2. Perpipaan

a. Umum

Macam perpipaan air limbah adalah, Air Hujan, Air Limbah Saniter, Limbah Dapur. Jenis pipa lihat "SPESIFIKASI PERPIPAAN".

b. 2Limbah Saniter

Perpipaan Limbah Saniter mulai dari Alat Saniter antara lain Kloset, Urinal, Lavatory, dan Floor Drain, sampai saluran halaman melalui septik tank.

c. Limbah Air Hujan

Perpipaan air hujan mulai dari roof drain dan kanopy drain diatap dialirkan kedalam sumur resapan sebelum dialirkan ke saluran kota. Khusus fitting air hujan menggunakan cast iron.

3. Bak Sewage / Sump Pit

- a. Apabila ditentukan dalam gambar perencanaan, maka harus dibuat bak Sump Pit seperti diuraikan disini.
- b. Bak Sump Pit harus dibuat dari konstruksi beton bertulang, badan rapat air sedangkan tutup harus rapat udara.
- c. Setiap bagian Sump Pit harus dapat dipompa, maka dasar bak harus miring 1 : 10 ke arah pompa sedangkan semua ujung sudut dibuat 135 °.
- d. Bak Sump Pit harus dilengkapi sbb :
 - Sleeve untuk pipa sewage masuk dan keluar
 - Sleeve untuk pipa vent
 - Sleeve untuk kabel-kabel.
 - Level switches untuk kendali pompa.
 - Level switch untuk alarm banjir.
 - Tangga monyet
 - Manhole untuk laluan pompa (2 buah)

4. Pompa Sump Pit

- a. Setiap bak Sump Pit minimum harus dipasang dua buah pompa Submersible.
 - b. Tipe pompa harus Submersible Sewage dengan komponen sbb :
Cast Iron Casing
Cast iron vortex type Impeller with knife.
Stainless steel shaft
Silicon Carbide
Heavy duty grease lubricated bearing
Stainless steel casing guide rail support
Quick discharge coupling
 - c. Spesifikasi motor sbb :
Squirrel cage induction type (IP 68)
Winding insulation class F
Water tight
Vertically mounted
 - d. Sistem kendali motor pompa
Start dan stop diatur secara otomatis oleh level switches yang berada di bak sewage.
Pompa bekerja secara bergantian dan bersamaan.
Apabila beban aliran kecil, maka satu pompa bekerja secara bergantian.
Apabila beban aliran besar, maka pompa bekerja bersamaan.
Pengaturan kerja pompa dilakukan dari panel kontrol pompa.
5. Sumur Periksa (Control Box).
- a. Sumur periksa harus dipasang pada setiap perubahan arah maupun setiap jarak maksimum 20 meter pada pipa air limbah utama dalam tanah.
 - b. Sumur periksa harus dibuat dari konstruksi beton.
 - c. Dasar sumur bagian dalam berukuran minimal 500 x 1000 mm serta harus dibuat beralur sesuai fungsi saluran yaitu, lurus, cabang atau belokan.
 - d. Sumur periksa harus dilengkapi dengan tangga monyet, manhole dan pipa vent.
 - e. Tutup sumur periksa dapat terbuat dari Stainless steel atau baja yang dilapisi anti karat.
6. Manhole
- a. Manhole terdiri dari rangka dan tutup dibuat dari besi tuang serta dilapis cat bitumen.
 - b. Rangka dan tutup harus membentuk perangkap, sehingga setelah diisi grease akan terbentuk penahan bau.
 - c. Diameter lubang untuk laluan orang sebesar minimum 500 mm sedangkan untuk laluan peralatan harus sesuai dengan besaran peralatan tersebut.
 - d. Finishing permukaan manhole harus disesuaikan dengan peruntukan lokasi.
 - e. Tutup untuk manhole terbuat dari baja tahan karat atau stainless steel.
7. Sumur Resapan
- a. Rembesan yang dimaksud disini adalah untuk memasukkan air hujan yang berasal dari pipa riser sebelum dialirkan over flow nya ke selokan kota.

- b. Air yang akan dimasukkan dalam rembesan adalah air hujan
- c. Jenis rembesan yang dimaksud disini adalah sumur rembesan, pekerjaan sumur rembesan akan merupakan pekerjaan divisi sipil/ konstruksi
- d. Konstruksi sumur rembesan antara lain sbb :
 - Dasar sumur berupa batu kerikil
 - Dinding sumur berupa dinding berlubang dibuat dari beton atau beton blok berlubang.
 - Tutup dibuat dari plat beton/ plat baja
 - Diantara tanah dan dinding luar harus diisi koral dan ijuk sesuai gambar.
- e. Rembesan hanya dapat berfungsi dengan baik didaerah yang mempunyai lapisan pasir kasar, maka bidang rembesan harus berada dilapisan pasir kasar.

8. Perangkap Lemak (Grease Interceptor)

- a. Grease Interceptor harus berfungsi untuk mengumpulkan serta mengeluarkan kandungan padat dan lemak maupun kandungan ringan yang terbawa dalam limbah dapur
- b. Endapan padat harus dapat berkumpul dalam basket, selanjutnya secara berkala akan diangkat oleh petugas pembersihan
- c. Lemak harus dapat berkumpul dalam bak lemak dan selanjutnya secara berkala akan dikeluarkan oleh petugas pembersihan
- d. Grease Interceptor dapat dibuat dari stainless steel atau fiber glass dengan kapasitas 10 liter
- e. Grease Interceptor harus dibuat dengan konstruksi higienis sesuai dengan standard DIN 4040 jenis kombinasi.

9. Floor Drain

- a. Floor drain yang dipergunakan disini harus jenis Bucket Trap, Water Prooved type dengan 50 mm Water Seal dan dilengkapi dengan U trap.
- b. Floor Drain terdiri dari:
 - Chromium plated bronze cover and ring.
 - PVC neck
 - Bitumen coated cast iron body screw outlet connection and with flange for water
- c. Floor Drain harus mempunyai ukuran utama sbb

Outlet diameter	Cover diameter
2"	4"
3"	6"
4"	8"

10. Floor Clean Out

- a. Floor Clean Out yang dipergunakan disini adalah Surface Opening Waterproofed Type

- b. Floor Clean Out terdiri dari: Chromium plated bronze cover and ring heavy duty type PVC neck Bitumen coated cast iron body, screw outlet connection with flange for waterproofing
- c. Cover and ring harus dengan sambungan ulir dilengkapi perapat karet sehingga mudah dibuka dan ditutup.

11. Roof Drain

- a. Roof Drain yang dipergunakan harus dibuat dari Cast Iron dengan konstruksi waterproove
- b. Luas laluan air pada tutup roof drain ialah sebesar dua kali luas penampang pipa bangunan
- c. Roof Drain harus terdiri atas 3 bagian sebagai berikut :
 - Bitumen Coated Cast Iron Body dengan water prooved flange.
 - Bitumen Coated Neck for adjustable fixing.
 - Bitumen Coated cover dome type

12. Canopy Drain

Canopy Drain yang dipergunakan adalah Floor Drain Bucket Trap Type (lihat skematik Floor Drain).

13. P" Trap

P" TRAP yang digunakan disini harus jenis single inlet. Tinggi Air minimum pada Trap 8 cm. P" TRAP yang digunakan disini harus dibuat dari PVC class 5 kg/cm².

Pemasangan P" TRAP pada setiap FD kamar mandi dan pada jalur utama pipa buangan air limbah yang menuju bak sewage.

14. Sewage Treatment Plant

- a. Septik tank menggunakan system pengolahan dengan menggunakan bakteri pengurai
- b. Bahan septic tank dapat terbuat dari fiber glass ataupun beton concrete
- c. Sistem kerja septik tank yaitu air limbah yang masuk harus dapat diurai dengan menggunakan bakteri pengurai sehingga air yang dihasilkan dari dalam septic tank tersebut layak untuk untuk dibuang ke saluran kota (tidak berbau)

3.4 Sistem Pemadam Kebakaran

3.4.1 Lingkup Pekerjaan

Uraian singkat lingkup pekerjaan sistem Pemadam Kebakaran antara lain adalah sbb :

- a. Pompa kebakaran dengan penggerak listrik
- b. Pompa kebakaran dengan penggerak Diesel
- c. Valved Connection to main Water supply source
- d. Perlengkapan Fire Water Tank
- e. Springkler Control Valve Set
- f. Spingkler Head
- g. Hydrant Box
- h. Pillar hydrant dan Kotak Hydrant Halaman
- i. Sambungan dengan pemadam Kebakaran Kota (Siamese Connection)
- j. Pemadam api Ringan (PAR / PEE)
- k. Pekerjaan listrik yang berhubungan (contoh : Panel)
- l. Pekerjaan lain yang berhubungan (contoh Pondasi, pengecatan, concrete blok)
- m. Panel listrik, control system dan Fire Resistance Cable
- n. Fire Pump test ventui flow tube.

3.4.2 Tangki Air Pemadam Kebakaran (Tangki Bawah)

- a. Tangki Air Pemadam Kebakaran berfungsi untuk menyediakan air dengan volume tertentu setiap saat. Tangki Air untuk cadangan pemadam kebakaran merupakan tangki existing, yang telah dibuat sebelumnya.
- b. Fire Water Tank harus mempunyai perlengkapan sebagai berikut :
 - Manhole
 - Tangga monyet
 - Pipa vent penghubung maupun vent ke udara luar
 - Pipa peluap
 - Water level indicator
 - Sleeve untuk laluan pipa masuk, pipa isap, pipa penguras, kabel listrik
 - Exhaust fan
- c. Air pengisi Fire Water Tank
Apabila terjadi kebakaran, maka fire water tank harus dapat diisi secara cepat dari beberapa macam sumber air maupun persediaan air yang ada termasuk dari kolam renang.
- d. Pengaturan pada sambungan ke sumber air yang dipasang secara permanent adalah sebagai berikut :
Apabila permukaan air dalam fire water tank telah naik mencapai ambang batas H, masukan air harus berhenti, sebaliknya apabila turun mencapai L, maka fire water tank harus diisi.

3.4.3 Pompa Pemadam Kebakaran

- a. System pemadam kebakaran yang digunakan merupakan system terpisah,

- dimana akan menggunakan 1 (satu) set pompa pemadam kebakaran standart NFPA 20, untuk masing-masing system hydrant dan springkler
- b. Pompa pemadam kebakaran harus mampu memasok kebutuhan air pemadam kebakaran sampai batas maksimum kemampuan pompa pada setiap saat secara otomatis.
 - c. Pompa pemadam kebakaran harus terdiri dari satu atau lebih pompa utama dan satu pompa joki.
 - d. Untuk pompa utama jenisnya dapat Horizontal Split Case atau centrifugal End Suction dan vertical multi stages untuk pompa jockey dengan flanged connection dan komponen sebagai berikut :
 - Cast iron casing
 - Bronze impeller
 - Heavy duty steel shaft
 - Mechanical seal
 - Heavy duty grease lubricated bearings
 - e. Motor Pompa

Motor pompa harus mendapat sumber daya dari PLN dan Genset secara otomatis. Sumber daya dari PLN harus diambil dari switch khusus sebelum main switch.
 - f. Pompa pemadam kebakaran antara lain harus terdiri dari peralatan sbb :
 - Jockey pump dengan motor
 - Main pump dengan motor
 - Diesel fire pump dengan menggunakan diesel engine
 - Inlet dan Outlet header
 - Inlet dan Outlet valves
 - Check valve against water hammer
 - Inlet strainers
 - Power and control panels
 - Flow regulator
 - Pressure switches
 - Pressure gauges
 - Hydraulic connections
 - Electric connections
 - Best frame
 - Annunciating pump status :
 - Jockey pump On, indicating lamp
 - Main pump On, alarm horn & indicating lamp
 - Water level drop, alarm horn & indicating lamp
 - Water level too low, alarm horn, indicating lamp
 - g. Pengaturan pompa pemadam kebakaran adalah sbb :

Apabila tekanan air dalam jaringan turun disebabkan adanya kebocoran, uji coba springkler maupun springkler flushing, sampai ambang batas yang telah ditentukan maka pompa joki akan start dan akan stop otomatis diambang batas tekanan yang juga telah ditentukan.

Apabila tekanan air dalam jaringan terus turun karena dibukanya satu atau lebih katup hidran atau bekerjanya beberapa kepala springkler, maka satu atau dua main pump start sampai stop secara manual oleh operator apabila

uji coba atau pemadam telah selesai.

h. Standard pompa dan kontrol panel harus NFPA 20 Approve

i. Engine Driven Fire Pump

Engine driven fire pump berfungsi untuk memasok kebutuhan air pemadam kebakaran pada saat pompa listrik gagal atau diperlukan lebih banyak air untuk pemadam.

Engine driven fire pump harus diuji coba minimal sekali seminggu selama satu jam

Engine driven fire pump harus merupakan satu paket yang dirancang khusus untuk keperluan pemadam kebakaran yang antara lain terdiri dari :

- Centrifugal fire pump
- Gasoline or diesel engine
- Starting device with pulley or motor starter
- Battery starter and outside battery charger
- Engine speed control device
- Fuel oil tank
- Hydraulic connections
- Electric connections
- Control board
- Instrumentations

3.4.4 Springkler Control Valve Set

a. Springkler control valve set terdiri dari dua keperluan yaitu main control valve set dan branch control valve set.

b. Main Control Valve Set

Main Control Valve Set harus dipasang setiap maksimum 500 kepala springkler untuk bahaya kebakaran ringan dan 1000 kepala springkler untuk bahaya kebakaran sedang.

Main Control Valve set harus mampu memberikan signal listrik kepada control alarm system maupun dengan mechanical alarm gong apabila terjadi suatu aliran air sebesar satu kepala springkler

Main Control Valve set antara lain harus terdiri dari peralatan sbb :

- Main stop valve lockable
- Wet alarm valve
- Alarm gong set
- Flow switch
- Pressure indicators
- Test valve set

c. Branch Control Valve Set

Branch control valve set harus dipasang seperti tertera dalam gambar perencanaan.

Branch control valve set harus mampu memberikan signal listrik kepada control alarm system apabila terjadi aliran air sebesar satu kepala springkler.

Branch control valve set antara lain harus terdiri dari peralatan sbb :

- Branch stop valve lockable
- Flow switch, calibrated

- Test valve lockable
- Drain valve lockable

4. Sprinkler Flushing

Sprinkler flushing harus dipasang di bagian ujung dari branch main pipe atau branch sub main pipe.

Sprinkler flushing dimaksud untuk membuang air mati dalam jaringan pipa sprinkler.

Sprinkler flushing terdiri dari pipa drain diameter 25 mm yang ditap dari

ujung branch main atau submain ke sprinkler drain riser melalui valve.

1. Sprinkler Head

Sprinkler head yang dipergunakan disini dari jenis glass bulb dengan temperatur pecah 68 °C, dibuat dari Chromium plated brass yang dilengkapi dengan flushing flange, kecuali daerah gudang dan parkir boleh mempergunakan bronze finish.

Sprinkler Test Valve & Drain (STV & D)

STV & D harus dipasang seperti tertera dalam gambar perencanaan

Test valve harus diset pada laju aliran sebesar satu kepala sprinkler terkait

Drain Valve harus dapat mengalirkan air mati dalam jaringan pipa sprinkler

STV & D terdiri dari lockable Test Valve dan Lockable Drain Valve.

2. Box Hidran

a. Indoor Hydrant Box (class III NFPA) harus terdiri dari peralatan sbb :

Steel box recessed type, ukuran 750 mm, 1500 mm T & 250 mm D dicat duco warna merah dengan tulisan warna putih HIDRAN pada tutup yang dapat dibuka 180° dan dilengkapi stopper.

Box harus dilengkapi Alarm Push Button, Alarm Lamp dan Alarm Horn.

Merek untuk referensi adalah ITACHIBORI No.B- 8 dengan modifikasi.

Hose rack untuk slang 40 mm, chromium plated bronze dengan jumlah gigi disesuaikan dengan lebar box.

Hydrant valve, chromium plated 40 mm dan 65 mm sambungan dan bentuk valve disesuaikan dengan posisi pipa.

"JET" Firehose A- one type size 40 mm x 30 meter including couplings. (Jenis kopling disesuaikan dengan jenis Dinas Pemadam Kebakaran DKI).

Hydrant nozzle variable spray type size 40 mm

b. Outdoor hydrant box (class III NFPA) harus terdiri dari peralatan sbb :

Steel box outdoor type, ukuran 750 mm L, 1500 mm T & 270 mm D dicat powder coating warna merah dengan tulisan warna putih HIDRAN pada tutup yang dapat dibuka 180° dan dilengkapi stopper.

Merek untuk referensi adalah ITACHIBORI No. B- 8.

Hose rack untuk slang 40 mm, chromium plated bronze dengan jumlah gigi disesuaikan dengan lebar box.

Hydrant valve, chromium plated 40 mm dan 65 mm sambungan dan

bentuk valve disesuaikan dengan posisi pipa.
 Firehose A-one type size 40 mm x 30 meter including couplings.
 Hydrant nozzle variable spray type size 40 mm

3. Pillar Hidran

Pillar hydrant yang dipergunakan disini adalah jenis short type two way dengan main valve dan branch valves ukuran 100 x 65 x 65 mm. Jenis coupling harus disesuaikan dengan model yang dipergunakan oleh Mobil Dinas Kebakaran Kota. Setiap pillar hydrant harus dilengkapi dengan gate valve untuk memudahkan maintenance.

4. Fire Brigade Connection

- a. Fire brigade connection yang dipergunakan disini adalah two way siamese connection untuk pemasangan free standing dengan ukuran 100 x 65 x 65 mm.
- b. Siamese connection dibuat dari bronze lengkap dengan built-in check valve dan outlet coupling yang sesuai dengan standard yang dipergunakan oleh Dinas Pemadam Kota.

5. Pemadam Api Ringan (Par/Pfe)

- a. PAR disediakan sebagai sarana pemadaman awal yang dapat dilakukan oleh setiap penghuni bangunan.
- b. Untuk daerah umum dalam bangunan disediakan 1 bh PAR jenis bubuk kering kapasitas minimal 3 kg setiap luas 100 m2.
- c. Untuk ruangan mesin disediakan 1 bh PAR jenis CO2 kapasitas 5 kg untuk setiap luas 100 m2.

3.4.5 Skedul Peralatan Pemadam Kebakaran

Pompa Pemadam Kebakaran

1. Pompa Kebakaran Dengan Penggerak Listrik (Pu 2101) Kapasitas : 500 GPM

Head	: 9 bar
Type	: Centrifugal End Suction
Impeller	: Bronze
Packing	: Mechanical Seal
Shaft	: Steel (SAE 1045)
Bearing	: Steel ball bearing self lubricated
Couple	: Direct Couple
Sincronous speed	: 2900 rpm
Feed voltage	: 220 / 380 V / 3 phase / 50 Hz
Standard motor	: NEMA Standard
Rotor	: Squirrel cage
Protection class	: IP 44
Insulation class	: F
Daya pompa	: 55 kw

Sistem operasi : Automatic start dengan pressure switch.
Manual stop : Oleh operator
Jumlah : 1 unit
Standard pompa : NFPA Standard
Perlengkapan pompa :
Pipa isap dan pipa tekan dengan sambungan kaku dan lentur dengan Victaulic coupling sesuai standard UL / Fm
Manometer tekan dan isap
Pressure switch
Panel control pompa (UL / FM standar)
Automatic aiir relief valve

2. Pompa Pacu (Up – 01)

Kapasitas : 25 GPM Head : 10 bar
Type : Vertical Multi Stage Centrifugal pump
Housing : Cast iron
Impeller : Cast Bronze
Packing / Seal : Mechanical Seal
Shaft : SS 304
Bearing : Sealed ball bearing
Couple : Direct Couple
Sincronous speed : 2900 rpm
Feed voltage : 220 / 380 V / 3 phase / 50 Hz
Rotor : Squirrel cage
Protection class : IP 44
Insulation class : F Daya pompa : 3 kw
Sistem operasi : Automatic start stop dengan pressure switch. Jumlah : 1 unit
Standard pompa : NFPA Standard
Perlengkapan Pompa :
Unit panel daya, kabel dan kontrol
Pemipaan isap dan tekan dengan sambungan kaku dan lentur dari Victaulic.
Manometer isap dan tekan.

d. Pompa Kebakaran Dengan Penggerak Diesel (Pu 2103)

Kapasitas : 500 GPM
Head : 8 bar
Type : Horizontal Split Casing
Housing : Cast Iron
Impeller : Cast Iron
Packing : Mechanical Seal
Shaft : SS 304
Bearing : Sealed Ball
Bearing Couple : Direct Couple
Sincronous speed : 2900 rpm

Sistem operasi : Automatic start dengan pressure switch.
 Manual stop oleh operator
 Jumlah : 1 unit
 Standard pompa : NFPA Standard DIESEL Penggerak
 Pompa Kebakaran Type : Watercooled Diesel
 Kapasitas Prime : 77 kW (maksimum)
 Putaran : 1500 RPM / 50 Hz
 Aspiration : Turbocharged Air To Air Aftercooled
 Cycle : Four Stroke
 Cyclinder : 6.
 Starting : Battery 24 V.
 Governor : Hydrant Mechanical
 Fuel System : Direct Injection without glow plug
 Fuel Consumption : - 63,9 l / hr (100 %) 47 l / hr (75 %)
 Perlengkapan : 2 set of lead acid battery dengan standar pabrik

Maintenance standar tool steel

Battery charger yang terintegrasi dengan unit diesel penggerak pompa
 Tangki bahan bakar harian dengan kapasitas cukup untuk operasi 6 jam terus menerus yang dilengkapi dengan bracket, pipa

Engine control drive terdiri dari :

- Manual / automatic starter
- High and low water temperature
- High and low oil temperature
- Indicator tekanan minyak pelumas
- Perlengkapan standar lain sesuai dengan standar pabrik pembuat.

e. Hydrant Pillar Dengan Katup Utama

Ukuran : 65 X 65 X 100 mm
 Tipe sambungan : Machino coupling

5. Kotak Hydrant Kebakaran Luar Gedung

Ukuran : 950 X 660 X 200 mm
 Bahan : Mild steel ukuran 1,8 mm
 Perlengkapan : - Linen Hose dia. 65 mm X 30 mm
 - Machino coupling dia. 65 mm
 - Variable jet & spray nozzle dia. 65 mm
 Hose rack

f. Kotak Hydrant Kebakaran Dalam Gedung

Ukuran : 1300 X 750 X 200 mm
 Bahan : Mild steel ukuran 1,8 mm
 Perlengkapan : - Linen Hose dia. 40 mm X 30 m
 - Machino coupling dia. 40 mm
 - Variable jet & spray nozzle dia. 40 mm

- Hose rack

- g. Sambungan Kembar Siam / Siamese Connection
Ukuran : 100 X 65 X 65 mm
Type : Free standing type dengan chromium plated finish atau castIron free standing type dengan lapisan anti karat.
Sambungan : Jenis coupling harus disesuaikan dengan dinas kebakaran Setempat.
Perlengkapan :- Stop valve
- Bak kontrol dan tutup.
8. Pemadam Api Ringan (Par / Pee) Type :
Portable Kapasitas : 3 kg
Jenis : Dry powder multi purpose
9. Pemadam Api Ringan (Par / Pee)
Type : Portable
Kapasitas : 5 dan 7 kg
Jenis : CO₂
10. Pemadam Api Ringan (Par / Pee)
Type : Portable Kapasitas : 25 kg
Jenis : CO₂
11. Sprinkler
Type : Up right & Pendent
12. Hydrant Valve
Size : 1 ½" & 2 ½"
13. Main Control Valve
Size : 4", 6" & 8"
14. Spray Nozzle
Size : 1 1/2 " & 2 1/2 "
15. Hose
16. Pressure Switch
17. Pressure Gauge

3.4.6 Produk Pemadam Kebakaran

Tabel 4. Produk Pemadam Kebakaran

NO	URAIAN	MERK
1.	Fire pump	Versa, Ebara, Amstrong
2.	Jockey Pump	Equal, Teral, Lowara
3.	Fire Suppression Sistem	Notifier, Siemens, Du Pont
4.	Springkler Head	Viking, Vitaulic, Grinel, Central
5.	Black Steel pipe SCH, 40	Bakrie, Nippon Steel, Spindo (PT. Sigma)
6.	Safety Valve / Relieve Valve / Release Valve	Grinel, Viking, Central
7.	Flowswicth	Potter, nagano, Notifier
8.	Buttefly Class 16 K	Toyo, Central, Keystone
9.	Gate Valve Class 20	NBC, Toyo, Kitz
10.	Globe Valve Class 20	NBC, TA, Toyo, Kitz
11.	Indoor Hydrant Box	Ozeki, Appron, Yamato
12.	Fire Extinguisher	Yamato, Wormald, Chubb
13.	Pillar Hydrant	Ozeki, Appron, Alpindo
14.	Siammesse Connection	Ozeki, Appron, Alpindo
15.	Branch Control Valve	Central, Viking, Grinnel
16.	Main Control Valve	Central, viking, Grinnel
17.	Joint Coupling	Vitaulic, Grinnel, Sanwell.
18.	Landing Valve	Ozeki, Grinnel, Central
19.	Hose Reel	Ozeki, Appron
20.	Kabel FRC	Radox, Welson, Fuji
21.	Control Valve	Danfoss, Belimo
22.	Automatic Air Vent	Toyo, Central, Dwier

SECTION 4. PLUMBING

4.1 Definisi Alat Plumbing

Sistem *plumbing* adalah sistem penyediaan air bersih termasuk semua sambungan, alat-alat dan perlengkapan yang terpasang didalam gedung (SNI 03-6481-2000). Jenis penggunaan sistem *plumbing* ini sangat tergantung pada kebutuhan dari bangunan yang bersangkutan. Dalam hal ini, perencanaan dan perancangan sistem *plumbing* dibatasi pada pendistribusian dan penyediaan air bersih.

Plumbing didefinisikan sebagai segala sesuatu yang berhubungan dengan pelaksanaan pemasangan pipa dengan peralatannya di dalam gedung atau gedung yang berdekatan yang bersangkutan dengan air buangan dan air bersih yang dihubungkan dengan sistem kota atau sistem lain yang dibenarkan (SNI 03-6481-2000).

Fungsi pertama dilaksanakan oleh sistem penyediaan air bersih, dan yang kedua oleh sistem pembuangan (Morimura dan Noerbambang, 1993).

Sistem *plumbing* memerlukan peralatan yang mendukung terbentuknya sistem *plumbing* yang baik. Istilah *plumbing* meliputi ;

- a. Peralatan untuk penyediaan air bersih/air minum;
- b. Peralatan untuk penyediaan air panas;
- c. Peralatan untuk pembuangan dan vent;

Dalam artian yang lebih luas, selain peralatan-peralatan tersebut diatas, istilah “peralatan *plumbing*” sering kali digunakan untuk ;

- a. Peralatan pemadam kebakaran;
- b. Peralatan penyediaan gas;
- c. Peralatan dapur;
- d. Peralatan untuk mencuci;
- e. Peralatan pengolahan sampah;

Alat *plumbing* adalah semua peralatan yang dipasang didalam atau pun diluar gedung, untuk menyediakan air (memasukan) air panas atau air dingin, dan air buangan, atau secara singkat dapat dikatakan semua peralatan yang dipasang pada ujung pipa untuk memasukan air dan ujung awal pipa untuk membuang air.

Plumbing sebagai segala sesuatu yang berhubungan dalam pelaksanaan pemasangan pipa dengan peralatannya di dalam gedung dengan air buangan dan air bersih yang dihubungkan dengan sistem kota atau sistem lain yang dibenarkan.

Adapun fungsi dari instalasi *plumbing* adalah ;

- a. Menyediakan air bersih ke tempat-tempat yang dikehendaki dengan tekanan yang cukup.
- b. Membuang air kotor dari tempat-tempat tertentu tanpa mencemarkan bagian penting lainnya.

Fungsi pertama dilaksanakan oleh sistem penyediaan air bersih, dan yang kedua oleh sistem pembuangan. Sistem *plumbing* memerlukan peralatan yang mendukung terbentuknya sistem *plumbing* yang baik. Istilah peralatan *plumbing* meliputi:

- a. Peralatan untuk penyediaan air bersih/air minum;
- b. Peralatan untuk penyediaan air panas;
- c. Peralatan untuk pembuangan dan ven;
- d. Peralatan saniter;

Dalam artian yang lebih luas, selain peralatan-peralatan tersebut di atas, istilah “peralatan *plumbing*” seringkali mencakup:

- a. Peralatan pemadam kebakaran;
- b. Peralatan pengolah air kotor (tangki septik);

Berbagai instalasi pipa yang lainnya, yang meliputi instalasi pipa untuk menyediakan zat asam, zat lemas, udara kempa, air murni, air steril dan sebagainya, dan juga perpipaan vakum (untuk menyedot).

4.2 Penyediaan Air Bersih

Sumber air bersih diambil dari PDAM dimasukan ke dalam bak penampungan bersih *Ground Water Tank*, sedangkan sumber air yang berasal dari tanah atau sumur dalam (*deep well*) dimasukan ke dalam penampung air baku (*raw water tank*). Air dari *deep well* masuk ke tangki penampungan yang berfungsi juga sebagai tangki pengendap lumpur atau pasir yang terbawa dari sumur. Dalam peralatan-peralatan ini, air bersih harus dapat dialirkan ketempat-tempat yang dituju tanpa mengalami pencemaran. Pencegahan pencemaran lebih ditekankan pada sistem penyediaan air bersih, dan ini adalah faktor terpenting ditinjau dari segi kesehatan. Walaupun demikian, pencemaran adalah suatu kejadian yang dapat dengan mudah terjadi dibagian manapun.

Sistem penyediaan air bersih ini pada intinya menyediakan segala keperluan air bersih (air yang dikonsumsi) pada suatu gedung. Pemakaian air bersih pada tiap-tiap gedung berbeda tergantung jumlah penghuninya dan luas dari bangunan tersebut.

Dibawah ini merupakan jumlah pemakaian air rata-rata per hari yang digunakan sesuai dengan SNI 03-7065-2005.

Tabel 5. Pemakaian Air Dingin Minimum sesuai Penggunaan Gedung²

No	Penggunaan Gedung	Pemakaian Air (Liter)	Satuan
1	Asrama	120	Liter/Penghuni/Hari
2	Rumah sakit	500 ²	Liter/tempat tidur pasien/hari
3	Sekolah Dasar	40	Liter/Siswa/Hari
4	SLTP	50	Liter/Siswa/Hari
5	SMU/SMK dan lebih tinggi	80	Liter/Siswa/Hari
6	Ruko/Rukan	100	Liter/Penghuni dan Pegawai/Hari
7	Kantor/Pabrik	50	Liter/Pegawai/Hari
8	Toserba, toko pengecer	5	Liter/m ²
9	Restoran	15	Liter/Kursi
10	Hotel berbintang	250	Liter/tempat tidur/hari
11	Hotel Melati/penginapan	150	Liter/tempat tidur/hari
12	GD. Pertunjukan, Bioskop	10	Liter/Kursi
13	GD. Serba Guna	25	Liter/Kursi
14	Stasiun, Terminal	3	Liter/penumpang tiba dan

² Permen Kesehatan RI NO: 986 / MENKES / Per / XI / 1992

			pergi
15	Peribadatan	5	Liter/Orang

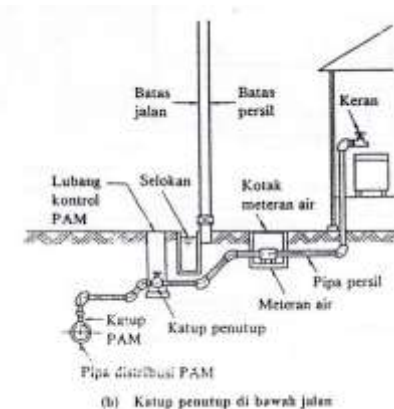
Air yang berada di *Row Water Tank* diolah (*Treatment*) di instalasi *Water Treatment Plan* dan selanjutnya dialirkan ke *Clear Water Tank* atau *Ground Water Tank*, selanjutnya dialirkan ke tangki air atap (*Roof Tank*) dengan menggunakan pompa transfer. Distribusi air bersih pada lantai teratas untuk mendapatkan tekanan cukup umumnya menggunakan pompa pendorong (*Booster Pump*), sedangkan untuk lantai-lantai di bawahnya dialirkan secara gravitasi.

Menurut (Morimura dan Noerbambang, 1993) Sistem penyediaan air bersih yang banyak digunakan dapat dikelompokkan sebagai berikut :

- 1) Sistem sambungan langsung;
- 2) Sistem tangki atap;
- 3) Sistem tangki tekan;
- 4) Sistem tanpa tangki.

1) Sistem Sambungan Langsung

Pada sistem distribusi air bersih dalam gedung langsung terkoneksi dengan pipa utama penyediaan air bersih (misalnya : pipa utama di bawah jalan dari perusahaan air minum). Karena terbatasnya tekanan dalam pipa utama dan dibatasinya ukuran pipa cabang dari pipa utama tersebut, maka sistem ini terutama dapat diterapkan untuk perumahan dan gedung-gedung. Ukuran pipa cabang biasanya diatur/ditetapkan oleh perusahaan air minum. Tangki pemanas air biasanya tidak disambung langsung dari pipa distribusi, dan di beberapa daerah tidak diizinkan memasang katup gelontor (*Flush Valve*).



Gambar 1 Sistem sambungan langsung

1Gambar 2.3 Sistem sambungan langsung 2Gambar 2.3 Sistem sambungan langsung 3

2) Sistem Tangki Atap

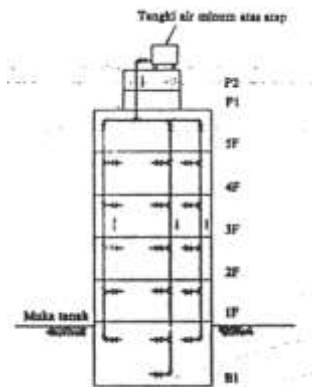
Sistem sambungan langsung tidak dapat diterapkan oleh berbagai alasan, maka sebagai gantinya banyak sekali digunakan sistem tangki atap, terutama di negara Amerika Serikat dan Jepang. Dalam sistem ini, air ditampung lebih dahulu dalam tangki bawah (dipasang pada lantai terendah dari bangunan atau di bawah muka tanah)

kemudian dipompakan ke suatu tangki atas biasanya dipasang diatas atap atau diatas lantai tertinggi bangunan.

Sistem tangki atap ini diterapkan dengan alasan-alasan berikut:

1. Selama air digunakan, perubahan tekanan yang terjadi pada alat *plumbing* hampir tidak terjadi, perubahan tekanan ini hanya akibat muka air dalam tangki atap.
2. Sistem pompa yang dinaikkan ke tangki atap bekerja otomatis dengan cara yang sangat sederhana sehingga kecil sekali kemungkinan timbulnya kesulitan. Pompa biasanya dijalankan dan dimatikan oleh alat yang mendeteksi permukaan dalam permukaan tangki atap.
3. Perawatan tangki atap sangat sederhana jika dibandingkan dengan tangki tekan.

Untuk bangunan-bangunan yang cukup besar, sebaiknya disediakan pompa cadangan untuk menaikkan air ke tangki atap. Pompa cadangan ini dalam keadaan normal biasanya dijalankan bergantian dengan pompa utama, untuk menjaga agar kalau ada kerusakan atau kesulitan maka dapat segera diketahui. Apabila tekanan air dalam pipa utama cukup besar, air dapat langsung dialirkan ke dalam tangki atap tanpa disimpan dalam tangki bawah dan dipompa.



Gambar 2 Sistem Tangki Atap

Pada keadaan ketinggian lantai atas yang dapat dilayani akan tergantung pada besarnya tekanan air dalam pipa utama. Hal terpenting dalam sistem tangki atap ini adalah menentukan letak tangki atap tersebut apakah dipasang di dalam langit-langit, atau di atas atap (misalnya untuk atap dari beton) atau dengan suatu konstruksi menara yang khusus. Penentuan ini harus didasarkan pada jenis alat *plumbing* yang dipasang pada lantai tertinggi bangunan dan tekanan kerja yang tinggi.

3) Sistem Tangki Tekan

Sistem tangki tekan diterapkan dalam keadaan dimana suatu kondisi tidak dapat digunakan sistem sambungan langsung. Prinsip kerja sistem ini adalah air yang telah ditampung dalam tangki bawah, dipompakan ke dalam suatu bejana (tangki) tertutup sehingga udara di dalamnya terkompresi. Air dalam tangki tersebut dialirkan ke dalam suatu distribusi bangunan.

Pompa bekerja secara otomatis yang diatur oleh suatu detector tekanan, yang menutup/membuka saklar motor listrik penggerak pompa. Pompa berhenti bekerja jika

tekanan tangki telah mencapai batas minimum yang ditetapkan, daerah fluktuasi tekanan biasanya ditetapkan antara 1,0 sampai 1,5 kg/cm². Jika daerahnya makin luas biasanya pompa akan memberikan waktu lebih lama untuk berhenti, tetapi seringkali menimbulkan efek yang negatif pada peralatan *plumbing*.

Pada sistem ini udara yang terkompresi akan menekan air ke dalam sistem distribusi dan setelah berulang kali mengembang dan terkompresi lama kelamaan akan berkurang, karena larut dalam air atau ikut terbawa keluar tangki. Sistem tangki tekan biasanya dirancang agar volume udara tidak lebih dari 30% terhadap volume tangki dan 70% volume tangki berisi air. Bila mula-mula seluruh tangki berisi udara pada tekanan atmosfer, dan bila fluktuasi tekanan antara 1,0 sampai dengan 1,5 kg/cm², maka sebenarnya volume efektif air yang mengalir hanya sekitar 10% dari volume tangki. Untuk melayani kebutuhan air yang besar maka diperlukan tangki tekan yang besar.

Kelebihan-kelebihan sistem tangki tekan antara lain :

- a. Lebih menguntungkan dari segi estetika karena tidak terlalu mencolok dibandingkan dengan tangki atap.
- b. Mudah perawatannya karena dapat dipasang dalam ruang mesin bersama pompa-pompa lain.
- c. Harga awal lebih murah dibandingkan dengan tangki yang harus dipasang di atas menara.

Sedangkan untuk kekurangan mengatasi hal ini maka tekanan awal udara dalam tangki dibuat lebih besar dari tekanan atmosfer antara lain :

- a. Daerah fluktuasi tekanan sebesar 1,0 kg/cm² sangat besar dibandingkan dengan sistem tangki atap yang hampir tidak ada fluktuasinya. Fluktuasi yang besar ini dapat menimbulkan fluktuasi aliran air yang cukup besar pada alat *plumbing* dan pada alat pemanas gas dapat menghasilkan air dengan temperatur yang berubah-ubah.
- b. Dengan berkurangnya udara dalam tangki tekan, maka setiap beberapa hari sekali harus ditambahkan udara kempa dengan kompresor atau dengan menguras seluruh air dalam tangki tekan.
- c. Sistem tangki tekan dapat dianggap sebagai suatu sistem pengaturan otomatis pompa penyediaan air saja dan bukan sebagai sistem penyimpanan air sebagai tangki atap.
- d. Jumlah air yang efektif tersimpan dalam tangki tekan relatif sedikit, maka pompa akan sering bekerja sehingga menyebabkan keausan pada saklar lebih cepat.

Variasi yang ada pada sistem tangki tekan antara lain :

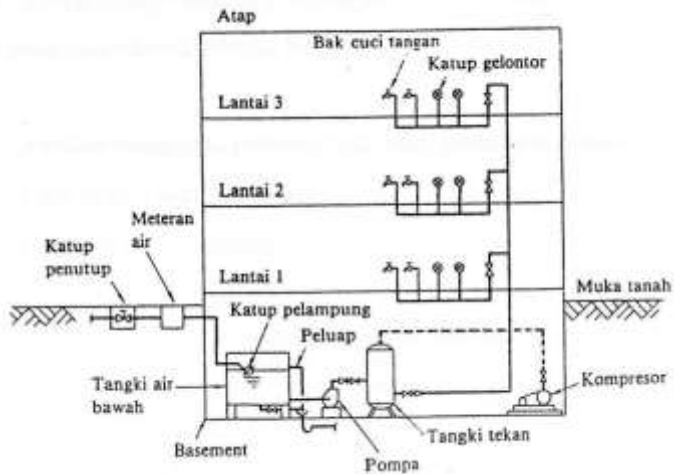
- a. Sistem *Hydrocel*

Sistem ini menggunakan alat yang dinamakan *Hydrocel* ciptaan *Jacuzzi Brothers Inc.* Sistem ini menggunakan tabung berisi udara dibuat dari bahan karet khusus, akan mengkerut dan mengembang sesuai dengan tekanan air dalam tangki. Dengan demikian akan mencegah kontak langsung antara udara dengan air sehingga selama pemakaian sistem ini tidak perlu ditambah udara. Kelemahannya hanya volume air yang tersimpan relatif sedikit.

- b. Sistem Tangki Tekan dengan Diafram

Tangki tekan pada sistem ini dilengkapi dengan diafram yang dibuat dari bahan karet khusus, untuk memisahkan udara dengan air. Dengan demikian akan

menghilangkan kelemahan tangki tekan sehubungan dengan udara secara periodik.



Gambar 3 Sistem Tangki Tekan

4) Sistem Tanpa Tangki

Pada sistem ini tidak digunakan tangki apapun. Air dipompakan langsung ke sistem distribusi bangunan dan pompa menghisap air langsung dari pompa utama. Sistem ini sebenarnya dilarang di Indonesia, baik oleh Perusahaan Air Minum maupun pada pipa-pipa utama dalam pemukiman khusus (tidak untuk umum). Sistem ini terdapat 2 (dua) sistem dengan kecepatan pompa yaitu :

- a. Sistem kecepatan putaran pompa konstan, pompa utama selalu bekerja sedangkan pompa lain akan bekerja secara otomatis yang diatur oleh tekanan.
- b. Sistem kecepatan putaran pompa variabel, sistem ini untuk mengubah kecepatan atau laju aliran diatur dengan mengubah kecepatan putaran pompa secara otomatis.

4.3 Peralatan dan Perlengkapan

Peralatan adalah perlengkapan yang akan digunakan dalam pengerjaan instalasi sistem *plumbing* dan peralatan untuk sistem air bersih yang digunakan pada gedung sebagai berikut :

1. Pompa Transfer

Transfer Pump atau Pompa Transfer berfungsi untuk memindahkan air dari *Ground Water Tank* menuju ke *Roof Water Tank*. *Transfer Pump* biasanya berjumlah dua unit dimana satu pompa bekerja dan pompa yang lain sebagai cadangan. Beberapa jenis pompa transfer yang sering digunakan, antara lain :

- a. *End suction pump*;
- b. *Horizontal split case pump*;
- c. *Multi stage pump*;
- d. *Centrifugal pump*;

Tangki tekan berfungsi untuk meringankan kerja pompa dari keadaan kontinuitas yang terlalu sering. Beberapa jenis tangki tekan yang sering digunakan, antara lain:

- a. *Diaphragm pressure tank*;
- b. *Nondiaphragm Pressure Tank* atau *Well Pressure Tank*;
Perengkapan peralatan pengaturan dan pengukur tekanan, meliputi :
 - a. *Chek Valve* berfungsi untuk penahan aliran balik air di dalam instalasi pipa;
 - b. *Gate Valve* berfungsi untuk mengatur buka-tutup aliran air di dalam pipa;
 - c. *Ball Valve* berfungsi untuk pengatur jumlah aliran air di dalam pipa;
 - d. *Butterfly Valve* berfungsi untuk pengatur buka-tutup aliran air di dalam pipa;
 - e. *Floating Valve* berfungsi sebagai katup pengatur buka-tutup aliran air ke tangki;
 - f. *Foot Valve* berfungsi untuk penahan aliran air dibalik di bawah pipa isap;
 - g. *Strainer* berfungsi sebagai filter air;
 - h. *Flexible Joint* berfungsi sebagai penahan getaran dan gerakan;
 - i. *Pressure Gauge* berfungsi sebagai pengukur tekanan;
 - j. *Pressure Switch* berfungsi alat kontak penghubung maupun pemutus akibat tekanan;
 - k. *Flow Switch* berfungsi sebagai alat kontak penghubung maupun pemutus akibat aliran;
 - l. *Water Meter* berfungsi sebagai pengukur debit air.



Gambar 4 Pompa Transfer

2. Sand Filter

Sand Filter berfungsi untuk menyaring kotoran di dalam air yang berasal dari bak air *Raw Water Tank*. Peralatan ini berjumlah 2 (dua) buah unit dan dipasang secara paralel, dimana jika satu *sand filter* bekerja maka *sand filter* yang lain sebagai cadangan dan untuk membersihkannya dioperasikan secara manual (*manual back wash*). *Sand Filter* ini dilengkapi dengan *pressure gauge* dibagian pipa masuk dan pipa keluar untuk mengukur tekanan air.



Gambar 5 Sand Filter Tank

3. Carbon Filter

Fungsi *carbon filter* adalah untuk menghilangkan bau dan warna pada air. Pada proses carbon filtrasi, bahan koloid akan tertahan yaitu dalam bentuk lapisan gelatin, sedangkan ion-ion yang larut dalam air akan dinetralkan oleh ion-ion pasir (sebagian partikel pasir juga mengalami ionisasi di dalam filter). Dengan demikian sifat air akan berubah karena terjadi netralisasi tersebut. Disamping itu, lapisan zooglia pasir yang mengandung organisme hidup akan memakan bahan organis, jadi akan membersihkan air. Dengan demikian cara kerja pasir penyaring dapat secara mekanis, elektrolisis dan bakterisidal.



Gambar 6 Carbon Filter

4. Booster Pump

Pompa *Booster* berada pada atap gedung, dimana fungsi dari pompa tersebut adalah untuk menambah tekanan air, agar cepat mengalir ke bawah. Pompa *booster* ini hanya melayani lantai paling atas, karena pada posisi ini daya gravitasi air sangat kecil untuk mengalir ke bawah.



Gambar 7 Bosster Pump

5. Ground Water Tank (GWT)

Ground Water Tank biasa disebut dengan tangki air bawah karena berada di lantai paling bawah, berfungsi untuk penampungan bak air bersih. Air yang ditampung di tangki bawah berasal dari PDAM secara kontinyu selama 24 jam.



Gambar 8 Ground Water Tank

6. Roof Water Tank (RWT)

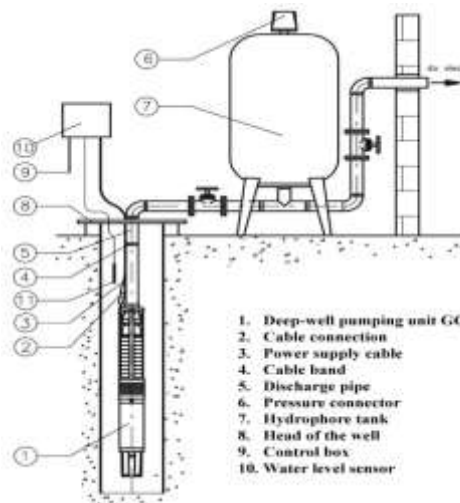
Roof Water Tank biasa disebut dengan tangki air atas karena berada di atap gedung dan berfungsi sebagai penampungan air bersih di tangki atap. Tangki atap terbuat dari bahan FRP (*Fiberglass Rrinfored Plastic*).



Gambar 9 Roof Water Tank

7. Deep Well

Sumber pengadaan air bersih berasal dari air sumur (*deep well*). Sumur ini mendistribusikan seluruh kebutuhan air bersih, baik untuk kebutuhan air. Air dari kedua buah sumur tersebut disalurkan ke bak air *Raw Water Tank* menggunakan pipa GIP (*Galvanized Iron Pipe*). *Deep Well* akan mengisi air secara otomatis jika air pada *Raw Water Tank* kosong dan akan mati jika sudah penuh.



Gambar 10 Deepwell

8. PDAM

Sumber pengadaan air bersih berasal dari air PDAM atau perusahaan daerah air minum. Sumber air ini mendistribusikan dari PDAM tersebut disalurkan ke bak air *Raw Water Tank* menggunakan pipa GIP (*Galvanized Iron Pipe*). Air bersih PDAM akan mengisi air secara otomatis jika air pada *Raw Water Tank* kosong dan akan mati jika sudah penuh.

9. Head

Head dapat didefinisikan secara sederhana sebagai energi tiap satuan berat. *Head* dari sistem instalasi pompa dapat dibedakan menjadi *Head Static* (tidak dipengaruhi debit, hanya beda tekanan dan ketinggian) dan *Head Dynamic* (dipengaruhi oleh debit, terdiri dari losses karena gesekan, fitting, dan juga pada saat masuk dan keluar saluran).

10. Head Total Pompa

Head hanya disediakan pompa untuk memindahkan fluida dari suatu titik ke titik yang lain tergantung pada perbedaan tekanan fluida pada masing-masing titik, perbedaan ketinggian, kecepatan aliran dan instalasi perpipaan. *Head* total dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$H = h_a + \Delta h_p + h_1 + \frac{v_g^2}{2.g}$$

Dimana :

- H : Head sistem pompa (m)
- h_a : Head statis total (m)
- Δh_p : Perbedaan tekanan pada kedua permukaan air (m)
- h_1 : Berbagai kerugian di pipa katup, belokan, sambungan (m)
- $\frac{v_g^2}{2.g}$: Kecepatan keluar
- g : Gaya gravitasi ($\pm 9,8 \text{ m/s}^2$)

10.1 Head Kerugian

Head kerugian ini terjadi akibat adanya gesekan antara dinding pipa dengan fluida yang mengalir didalamnya, *head* kerugian di dalam belokan-belokan, percabangan dan perkatupan. Di bawah ini adalah rumus perhitungan head kerugian.

a. Head kerugian gesek di dalam pipa

Aliran fluida cair yang mengalir di dalam pipa adalah fluida viskos sehingga faktor gesekan fluida dengan dinding pipa tidak dapat diabaikan, untuk menghitung kerugian gesek dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$V = C R^p S^q$$

$$h_f = \lambda \frac{L}{D} \frac{v_g^2}{2.g}$$

Dimana :

- V = Kecepatan rata-rata aliran di dalam pipa (m/s)
- C, p, q = Koefisien-koefisien
- R = Jari-jari hidrolik (m)
- $R = \frac{\text{luas penampang pipa (m}^2\text{)}}{\text{Keliling pipa (m)}}$
- S = Gradien hidrolik
- $S = \frac{h_f}{L}$
- h_f = Head kerugian gesek dalam pipa
- λ = Koefisien kerugian gesek
- g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

L = Panjang pipa (m)
D = Diameter dalam pipa (m)

Perhitungan kerugian gesek di dalam pipa dipengaruhi oleh pola aliran, untuk aliran laminar dan turbulen akan menghasilkan nilai koefisien yang berbeda, hal ini karena karakteristik dari aliran tersebut. Adapun persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$v = 0,849 C R^{0,63} S^{0,54}$$

atau

$$h_f = \frac{10,666 Q^{1,85}}{C^{1,85} D^{4,85}} \times L$$

Dimana :

v = Kecepatan rata-rata di dalam pipa (m/s)
R = Jari-jari hidrolik (m)
R = $\frac{D}{4}$, untuk pipa berpenampang lingkaran
S = Gradien hidrolik
S = $\frac{h_f}{L}$
 h_f = Head kerugian gesek dalam pipa
L = Panjang pipa (m)
Q = Laju aliran (m^3/s)

b. Kerugian head dalam jalur pipa

Kerugian head jenis ini terjadi karena aliran fluida mengalami gangguan aliran sehingga mengurangi energy alirnya, secara umum rumus kerugian head ini adalah :

$$h_f = f \frac{v_g^2}{2.g}$$

Dimana :

h_f = Head kerugian gesek dalam pipa
v = Kecepatan rata-rata di dalam pipa (m/s)
g = Percepatan gravitasi (m/s^2)
f = Koefisien kerugian

Kerugian pada belokan pipa, terdapat 2 (dua) macam belokan pipa, yaitu belokan lengkung dan belokan patah (*miter dan multipiece bend*). Untuk belokan lengkung menggunakan rumus *Fuller*, dimana dinyatakan sebagai berikut :

$$f = \left[0,131 + 1,847 \left(\frac{D}{2R} \right)^{3,5} \right] \left(\frac{\theta}{90} \right)^{0,5}$$

Dimana :

D = Diameter dalam pipa (m)
R = Jari-jari lengkung sumbu belokan (m)
 θ = Sudut belokan (derajat)
f = Koefisien kerugian

Sedangkan untuk menghitung belokan patah menggunakan rumus *weishbach* :

$$f = 0,946 \sin^2 \frac{\theta}{2} + 2,047 \sin^4 \frac{\theta}{2}$$

Dimana :

θ = Sudut belokan (derajat)

f = Koefisien kerugian

c. Kapasitas pompa

Kapasitas pada suatu pompa adalah kemampuan pompa tersebut untuk mengalirkan atau memindahkan sejumlah cairan atau fluida dalam satuan kapasitas. Dinyatakan dalam satuan volume per waktu, seperti :

- a. Barel per day (BPD);
- b. Galon per menit;
- c. Cubic meter per hour (m^3/hr);

11. Jenis-jenis Pompa

a. Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal bekerja dengan baling-baling atau alat sirip yang berfungsi menarik dan mendorong aliran. Dalam hal ini baling-baling atau propeler berfungsi pada saat berputar ke arah aliran sehingga aliran akan menuju sirip belakang. Baling-baling tersebut terletak di bagian dalam ruang propeler yang mempunyai akurasi gesekan relatif mendekati nol.

Pompa sentrifugal mempunyai sebuah impeller untuk mengangkat zat cair dari tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi. Daya dari luar diberikan kepada poros pompa untuk memutar impeller di dalam zat cair. Maka zat cair yang ada di dalam impeller, oleh dorongan sudu-sudu ikut berputar. Karena timbul gaya sentrifugal maka zat cair mengalir dari tengah impeller ke luar melalui saluran di antara sudu-sudu. Head tekanan zat cair menjadi lebih tinggi. Jadi impeller pompa berfungsi untuk memberikan kerja kepada zat cair sehingga energi yang dikandungnya menjadi bertambah besar. Selisih energi per satuan berat atau head total zat cair antara flens isap dan flens keluar pompa disebut head total pompa.

b. Pompa Vortex

Pompa vortex mempunyai impeller dengan lekukan-lekukan yang dipotong pada pinggiran yang berputar dalam satuan rumah silinder. Karakteristik dari pompa ini adalah mampu memberikan tekanan yang tinggi pada laju aliran yang tidak besar. Banyak digunakan untuk gedung atau perumahan.

c. Pompa Jet

Pompa jet adalah suatu sistem yang terdiri dari sebuah pompa sentrifugal dan jet ejector, digunakan untuk memompa sumur yang muka airnya lebih dari 10 m dibawah muka tanah.

d. Daya Pompa

Daya hidrolik pompa adalah daya yang dimasukkan ke dalam air oleh rotor atau torak pompa sehingga air tersebut dapat mengalir. Daya poros pompa adalah daya yang harus dimasukkan kedalam poros pompa.

Daya hidrolik (dalam kilowatt) dapat dinyatakan :

$$N_h = (0,163)(Q)(H)(\gamma)$$

Dimana :

H = Tinggi angkat total (m)

Q = Kapasitas pompa (m^3/min)

γ = Berat spesifik (kg/liter)

Daya poros pompa (disebut juga *brake horse power* atau *shaft horse power*) adalah daya hidrolik dibagi dengan efisiensi pompa :

$$N_p = (N_h) / \eta_p$$

Dimana :

η_p = Efisiensi pompa

12. Sistem Perpipaan dan Aksesoris

Pipa termasuk salah satu bagian yang amat penting pada sistem *plumbing*. Jenis pipa dibagi berdasarkan fungsi, letak, serta materialnya. Untuk jenis pipa menurut fungsinya, pipa ini terbagi ke dalam empat bagian, yaitu pipa saluran untuk air bersih, pipa saluran air bekas, pipa saluran air kotor, serta pipa saluran air hujan. Perbedaan air kotor serta air bekas yaitu dibedakan dari sumbernya, untuk air bekas bersumber pada air bekas pakai maupun air bekas cucian, sedangkan untuk air kotor merupakan air yang bersumber dari toilet maupun dari urinoir. Pada intinya adalah, air bekas dapat langsung masuk ke dalam saluran kota, sedangkan untuk air kotor akan masuk ke instalasi *septic tank* maupun *Sewage Treatment Plant*.

Saluran pipa berdasarkan letaknya terbagi menjadi dua jenis yaitu pipa vertikal dan pipa horizontal. Sedangkan untuk jenis pipa saluran berdasarkan materialnya terbagi dalam empat bagian, yaitu :

a. Pipa *Galvanized Iron Pipe* (GIP)

Pipa GIP maupun lebih terkenal dengan sebutan pipa besi galvanis, yang pada umumnya dipakai untuk melakukan instalasi air bersih yang bersuhu dingin saja, sebab sangat tidak disarankan untuk saluran pipa air bersuhu panas.

b. Pipa *Poly Vinyl Chloride* (PVC)

Pipa PVC merupakan pipa yang dibuat dari penggabungan bahan vinyl plastik. Penggabungan tersebut menciptakan pipa yang ringan, kuat, tidak berkarat serta akan tahan lama. Tipe pipa seperti ini lebih pas dipakai pada instalasi air bersuhu dingin saja.

c. Pipa *High-Density Poly Ethylene* (HDPE)

Pipa HDPE merupakan pipa yang dibuat dari material *poly-ethylene* dimana material tersebut mempunyai kepadatan yang tinggi sehingga tipe pipa seperti ini mampu menahan tekanan yang amat tinggi. Adapun dari karakteristik pipa ini yaitu kuat, lentur maupun fleksibel serta tahan akan bahan kimia.

d. Pipa Baja (*Steel Pipe*)

Tipe pipa baja dapat dipakai sebagai jalur pipa bagi pasokan energi, contohnya : untuk saluran air, gas, minyak, serta bermacam-macam cairan yang begitu mudah terbakar lainnya.

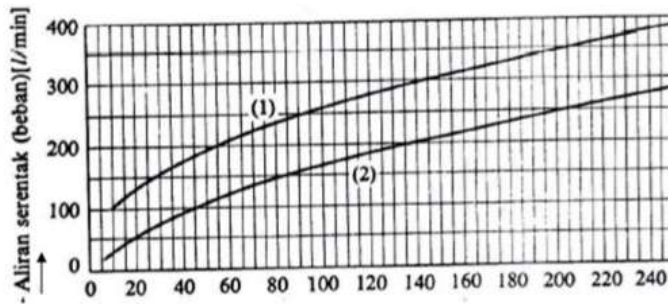
- e. *Pipa Poly Propylene Random (PPR)*
 Pipa yang dirancang untuk saluran air dingin dan tahan terhadap air panas bertekanan hingga 20 kg/cm⁰.

13. Jaringan Pipa Air Minum

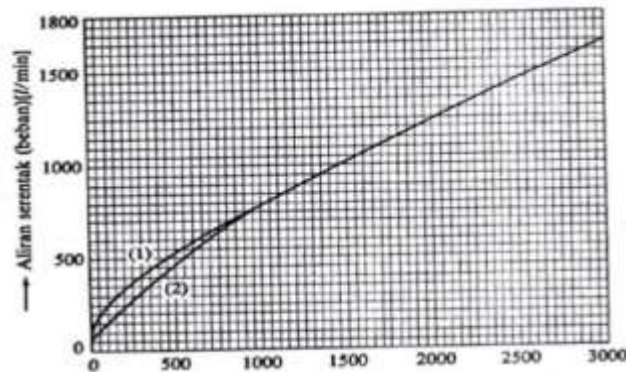
- Jaringan pipa harus direncanakan sebagai berikut :
- Bagian yang mendatar pada sistem pengaliran keatas dan ke bawah dipasang dengan kemiringan sekitar 1/300.
 - Laju aliran pada setiap pipa harus ditentukan berdasarkan Unit Beban Alat *Plumbing* dan SNI 03-7065-2005 dan SNI 03-6481-2000.
 - Ukuran pipa untuk setiap bagian dan jaringan tersebut ditentukan berdasarkan kehilangan tekanan yang diijinkan atau menggunakan ekivalen tekanan pipa.
 - Pipa air panas balik dari ujung pipa utama kembali menuju tangki air panas harus ditentukan dengan ukuran untuk laju aliran minimum.

Tabel 6. Unit Beban Alat Plumbing³

No.	Jenis alat <i>plumbing</i>	UBAP Pribadi	UBAP Umum
1	Bak mandi	2	4
2	Bedpan Washer	-	10
3	Bidet	2	4
4	Gabungan bak cuci dan dulang cuci pakaian	3	-
5	Unit dental atau peludahan	-	1
6	Bak cuci tangan untuk dokter gigi	1	1
7	Pancuran Air minum	1	2
8	Bak cuci tangan	1	2
9	Bak cuci tangan dapur	2	2
10	Bak cuci tangan pakaian (1 atau 2 kompartemen)	2	4
11	Dus, setiap kepala	2	4
12	Service sink	2	4
13	Peturasan pedestal berkaki	-	10
14	Peturasan, wall lip	-	5
15	Peturasan palung	-	5
16	Peturasan dengan tangki penggelontor	-	3
17	Bak cuci, bulat atau jamak (setiap kran)	-	2
18	Kloset degnan katup penggelontor	6	10
19	Kloset dengan tangki penggelontor	3	5



Gambar 2. 2 Kurva perkiraan beban kebutuhan air untuk UBAP sampai dengan 240



Gambar 2. 3 Kurva perkiraan beban kebutuhan air untuk UBAP sampai dengan 3000

14. Diameter Pipa

Diameter pipa dapat ditentukan berdasarkan persamaan sebagai berikut :

$$Q = V \cdot A$$

$$A = \frac{\pi}{4} d^2$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}}$$

Dimana :

Q = Kapasitas aliran (L/min)

V = Kecepatan didalam pipa (m/s)

A = Luas penampang (m)

15. Penaksiran Laju Aliran Air

Akibat gesekan air terhadap dinding pipa, maka timbul tekanan terhadap aliran biasanya disebut kerugian gesek. Kerugian gesek ini dapat dinyatakan dengan rumus *Darcy Weisbach* :

$$H = (\lambda) \left(\frac{l}{d} \right) \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

Dimana :

H = Kerugian gesek pipa lurus (m) koefisien gesekan

l = Panjang pipa lurus (m)

d = Diameter dalam (m)

v = Kecepatan rata-rata aliran air (m/s)
 g = Percepatan gravitasi = $9,81 \text{ (m/s}^2\text{)}$

Kerugian gesek untuk setiap satuan panjang (h/l) disebut *Gradient Hidrolik*, dinyatakan dengan I dan kalau laju aliran air dinyatakan dengan Q maka secara *expermentil* diperoleh persamaan yang dikenal dengan rumus Hazen William :

$$Q = (1,67) (c) (d^{2,63}) (i^{0,54}) (1000)$$

Dimana :

Q = Laju aliran air (L/min)
 d = Diameter dalam pipa (m)
 c = Koefisien kecepatan aliran
 i = Gradien hidrolik (m/m)

16. Kerugian Gesek yang Dizinkan

Kerugian gesek yang dizinkan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$R = (1000) (H - H_1) / K (L + l)$$

Dimana :

R = Kerugian gesek yang diizinkan (mm/m)
 H = *Headstatic* pada alat *plumbing* (m)
 H_1 = *Head* standar pada alat *plumbing* (m)
 L = Panjang pipa lurus, pipa utama (m)
 l = Panjang ekuivalen perlengkapan pipa (m)
 K = Koefisien sistem pipa

17. Jenis-jenis Valve

Katup (valve) adalah sebuah perangkat yang mengatur, mengarahkan atau mengontrol aliran dari suatu fluida (gas, cairan, padatan terfluidisasi) dengan membuka, menutup, atau menutup sebagian dari jalan alirannya. Katup (valve) dalam kehidupan sehari-hari, paling nyata adalah pada pipa air, seperti keran untuk air. Contoh lainnya termasuk katup kontrol gas di kompor, katup kecil yang dipasang di kamar mandi dan masih banyak lagi.

Valve (Katup) dapat dioperasikan secara manual, baik oleh pegangan, tuas pedal dan lain-lain. Selain dapat dioperasikan secara manual katup juga dapat dioperasikan secara otomatis dengan menggunakan prinsip perubahan aliran tekanan dan suhu. Perubahan-perubahan ini dapat mempengaruhi diafragma, pegas atau piston yang pada gilirannya mengaktifkan katup secara otomatis.

Macam-macam katup yang sering digunakan adalah sebagai berikut :

1) Gate Valve

Gate valve adalah jenis katup yang digunakan untuk membuka aliran dengan cara mengangkat gerbang penutupnya berbentuk bulat atau persegi panjang. Jenis valve yang paling sering dipakai dalam sistem perpipaan yang fungsinya untuk membuka dan menutup aliran.

Gate valve tidak untuk mengatur besar kecil laju suatu aliran fluida dengan cara membuka setengah atau seperempat posisinya, jadi posisi gate pada valve ini harus

benar benar terbuka (fully open) atau benar-benar tertutup (fully close). Jika posisi gate setengah terbuka maka akan terjadi turbulensi pada aliran tersebut dan turbulensi ini akan menyebabkan :

- a. Akan terjadi pengikisan sudut-sudut gate. Laju aliran fluida yang turbulensi ini dapat mengikis sudut-sudut gate yang dapat menyebabkan erosi dan pada akhirnya valve tidak dapat bekerja secara sempurna.
- b. Terjadi perubahan pada posisi dudukan gerbang penutupnya. Gerbang penutup akan terjadi pengayunan terhadap posisi dudukan (seat), sehingga lama kelamaan posisi nya akan berubah terhadap dudukan (seat) sehingga apabila valve menutup maka gerbang penutupnya tidak akan berada pada posisi yang tepat, sehingga bisa menyebabkan passing.



Gambar 11 Gate Valve

2) Globe Valve

Globe valve adalah jenis valve yang digunakan untuk mengatur laju aliran fluida dalam pipa. Prinsip dasar dari operasi Globe Valve adalah gerakan tegak lurus disk dari dudukannya. Hal ini memastikan bahwa ruang berbentuk cincin antara disk dan cincin kursi bertahap sedekat Valve ditutup.

Ada tiga jenis desain utama bentuk tubuh Globe Valve, yaitu: Z-body, Y-body dan Angle-body :

- a. Z-Body desain adalah tipe yang paling umum dan sering digunakan, dengan diafragma berbentuk Z. Posisi dudukan disk horizontal dan pergerakan batang disk tegak lurus terhadap sumbu pipa atau dudukan disk. Bentuknya yang simetris memudahkan dalam pembuatan, instalasi maupun perbaikannya.
- b. Y-Body desain adalah sebuah alternatif untuk high pressure drop. Posisi dudukan disk dan batang dengan sudut 45° dari arah aliran fluidanya. Jenis ini sangat cocok untuk tekanan tinggi.
- c. Angle-Body desain adalah modifikasi dasar dari Z-valve. Jenis ini digunakan untuk mentransfer aliran dari vertikal ke horizontal.



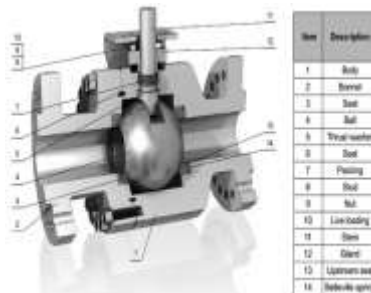
Gambar 12 Globe Valve

3) Ball Valve

Ball Valve adalah sebuah valve atau katup dengan pengontrol aliran berbentuk disk bulat (seperti bola/belahan). Bola itu memiliki lubang, yang berada di tengah sehingga ketika lubang tersebut segaris lurus atau sejalan dengan kedua ujung valve / katup, maka aliran akan terjadi dan sebaliknya.

Ball valve banyak digunakan karena kemudahannya dalam perbaikan dan kemampuan untuk menahan tekanan dan suhu tinggi. Tergantung dari material apa mereka terbuat, Ball Valve dapat menahan tekanan hingga 10.000 Psi dan dengan temperatur sekitar 200°C.

Ball Valve digunakan secara luas dalam aplikasi industri karena mereka sangat serbaguna, dapat menahan tekanan hingga 1000 bar dan suhu hingga (250°C). Ukurannya biasanya berkisar 0,2-11,81 inci (0,5 cm sampai 30 cm). Ball Valve dapat terbuat dari logam, plastik atau pun dari bahan keramik. Bolanya dilapisi chrome agar lebih tahan korosi.



Gambar 13 Ball Valve

4) Butterfly Valve

Butterfly Valve adalah valve yang dapat digunakan untuk mengisolasi atau mengatur aliran. Mekanisme penutupan mengambil bentuk sebuah disk .sistem pengoperasiannya mirip dengan ball valve, memungkinkan cepat untuk menutup. Butterfly Valve umumnya disukai karena harganya lebih murah dibanding valve jenis lainnya. Desain valvenya lebih ringan dalam berat dibanding jenis-jenis valve yang lain. Biaya pemeliharaan lebih murah karena jumlah bagian yang bergerak minim. Sebuah butterfly valve, diilustrasikan pada gambar di bawah ini, adalah gerakan berputar valve yang digunakan untuk berhenti, mengatur, dan mulai aliran fluida. Butterfly Valve mudah dan cepat untuk dioperasikan karena rotasi 90° yang

digerakkan oleh handwheel dengan menggerakkan disk dari tertutup penuh ke posisi terbuka penuh.

Butterfly Valve sangat cocok untuk penanganan arus besar cairan atau gas pada tekanan yang relatif rendah dan untuk penanganan slurries atau cairan padatan tersuspensi dengan jumlah besar.



Gambar 14. Butterfly Valve

5) Check valve

Check valve adalah alat yang digunakan untuk membuat aliran fluida hanya mengalir ke satu arah saja atau agar tidak terjadi reversed flow/back flow. Aplikasi valve jenis ini dapat dijumpai pada outlet/discharge dari centrifugal pump.

18. Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Harian

Pada setiap gedung dibutuhkan syarat minimum untuk kebutuhan air bersih yang memadai. Oleh karena itu wajib adanya sistem air bersih pada gedung :

$$Q_h = Q_d/T$$

Dimana :

Q_h = Kebutuhan harian rata-rata (m^3/jam)

Q_d = Kebutuhan dalam sehari (m^3)

T = Jangka waktu pemakaian rata-rata/hari (jam)

1) Kebutuhan Air

Kebutuhan air minum berdasarkan SNI :

- Kebutuhan air minum sehari diperkirakan dengan menggunakan nilai pemakaian air per hari per orang yang sesuai dengan penggunaan gedung yang di rencanakan.
- Kebutuhan air untuk peralatan dan mesin yang memerlukan penambahan air secara teratur atau terus menerus harus diperhitungkan sendiri.
- Kebutuhan air untuk menjaga muka air kolam, baik untuk air mancur maupun untuk kolam renang harus dihitung dengan perkiraan kehilangan air karena penguapan dan pelimpahan.

2) Perhitungan Kebutuhan Air Bersih

Koagulasi Hidrolis merupakan fenomena ilmiah dari proses hidrolisis yang diamati pada aliran open channel seperti sungai. Ketika air pada kecepatan tinggi bergerak ke area yang memiliki kecepatan aliran lebih rendah, kenaikan yang tiba-tiba

akan terjadi pada permukaan air. Sehingga air yang mengalir cepat tiba-tiba melambat dan mengalami kenaikan tinggi level air, mengubah sebagian energi kinetik awal aliran menjadi energi potensial, dengan beberapa energi yang hilang melalui turbulensi irreversible panas.

Dalam aliran open channel, ini bertransformasi sebagai aliran cepat yang melambat dan menumpuk diatas lapisan air itu sendiri, mirip bentuk shockwave. Jenis aliran ini lebih mudah dalam pengoperasian dan pemeliharannya. Rumus yang dipergunakan untuk perhitungan pada koagulasi hidrolis adalah sebagai berikut:

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu \cdot V}}$$

Dimana P untuk koagulasi hidrolis menggunakan rumus :

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot hL$$

Sehingga rumus untuk gradien kecepatan pada koagulasi hidrolisis adalah sebagai berikut :

$$G = \sqrt{\frac{\rho \cdot g \cdot hL}{td \cdot \mu}}$$

Dimana :

G	= Gradient kecepatan (1/s)
P	= Daya yang diberikan ($\text{kg} \cdot \text{m}^2 / \text{s}^3$)
p	= Densitas cairan (kg / m^3)
g	= Percepatan gravitasi (m / s^2)
hL	= Head Loss (m)
Q	= Debit (m^3 / s)
μ	= Viskositas cairan ($\text{kg} / \text{m} \cdot \text{s}$)
V	= Volume (m^3)

Perhitungan gradien kecepatan pada koagulasi hidrolis juga dapat ditentukan dengan rumus berikut :

$$G = \sqrt{\frac{g \cdot hf}{td \cdot \mu}}$$

Dimana hf adalah nilai dalam meter saat kehilangan tekanan air pada saat air mengalir.

3) Pengolahan Air Bersih Gambar dan teori di perbanyak

Pengolahan air merupakan suatu proses yang digunakan untuk membuat sumber air baku atau air limbah menjadi air yang dapat diterima bagi pengguna akhir sesuai dengan standar yang dibutuhkan termasuk air bersih, air minum, air untuk proses industri, air pengobatan dan air untuk keperluan lainnya. Tujuan dari semua proses pengolahan air yang ada adalah menghilangkan kontaminan dalam air atau mengurangi konsentrasi kontaminan tersebut sehingga menjadi air yang diinginkan sesuai kebutuhan (pengguna akhir) tanpa merugikan dampak ekologis. Proses yang terlibat dalam pemisahan kontaminan dapat menggunakan proses fisik seperti menetap dan penyaringan kimia seperti desinfeksi dan koagulasi. Selain itu proses biologi juga digunakan dalam pengolahan air limbah, proses-proses ini dapat meliputi, mencampur dengan udara, diaktifkan lumpur atau saringan pasir padat.

4) Proses Pengolahan Air Baku Menjadi Air Bersih

a) Intake

Intake merupakan suatu bangunan yang dibangun pada suatu badan air dengan mengalirkan air dari badan air menuju ke unit pengolahan air minum lebih lanjut, baik secara gravitasi maupun dengan sistem pemompaan.

b) Prasedimentasi

Bangunan pra-sedimentasi merupakan bangunan pertama dalam sistem instalasi pengolahan air bersih. Bangunan ini berfungsi sebagai tempat proses pengendapan partikel diskrit seperti pasir, lempung, dan zat-zat padat lainnya yang bisa mengendap secara gravitasi. Prasedimentasi bisa juga disebut sebagai plain sedimentation karena prosesnya bergantung dari gravitasi dan tidak termasuk koagulasi dan flokulasi. Oleh karena itu prasedimentasi merupakan proses pengendapan grit secara gravitasi sederhana tanpa penambahan bahan kimia koagulan. Tipe ini biasanya diletakkan di reservoir, grit basin, debris dam, atau perangkap pasir pada awal proses pengolahan. Kegunaan proses prasedimentasi adalah untuk melindungi peralatan mekanis bergerak dan mencegah akumulasi grit pada jalur transmisi air baku dan proses pengolahan selanjutnya.

c) Koagulasi

Koagulasi adalah metode untuk menghilangkan bahan-bahan limbah dalam bentuk koloid, dengan menambahkan koagulan. Dengan koagulasi, partikel partikel koloid akan saling menarik dan menggumpal membentuk flok. Biasanya dosis koagulan tawas atau aluminium sulfat yang digunakan adalah sebesar 50 ppm, yang merupakan dosis optimum koagulan aluminium sulfat yang sering digunakan dalam proses pengolahan air minum. Setelah air ditambahkan dengan koagulan Al_2SO_4 maka sol tanah liat adalah koloid yang bermuatan negatif sehingga jika ditambahkan dengan tawas ($Al_2(SO_4)_3$) yang bermuatan positif, maka ion Al^{3+} dari tawas akan menggumpalkan partikel-partikel koloid. Proses koagulasi pada koloid terjadi karena tidak stabilnya sistem koloid.

d) Flokulasi

Flokulasi adalah proses pengadukan lambat agar campuran koagulan dan air baku yang telah merata membentuk gumpalan atau flok dan dapat mengendap dengan cepat. Tujuan utama flokulasi adalah membawa partikel ke dalam hubungan sehingga partikel-partikel tersebut saling bertabrakan, kemudian melekat dan tumbuh menjadi ukuran yang siap turun mengendap. Pengadukan lambat sangat diperlukan untuk membawa flok dan menyimpannya pada bak flokulasi.

e) Filtrasi

Filtrasi adalah pembersihan partikel padat dari suatu fluida dengan melewatkannya pada medium penyaringan, atau septum, yang di atasnya padatan akan terendapkan. Range filtrasi pada industri mulai dari penyaringan sederhana hingga pemisahan yang kompleks. Fluida yang

difiltrasi dapat berupa cairan atau gas aliran yang lolos dari saringan mungkin saja cairan, padatan, atau keduanya. Suatu saat justru limbah padatnya yang harus dipisahkan dari limbah cair sebelum dibuang. Di dalam industri, kandungan padatan suatu umpan mempunyai range dari hanya sekedar jejak sampai persentase yang besar. Seringkali umpan dimodifikasi melalui beberapa pengolahan awal untuk meningkatkan laju filtrasi, misal dengan pemanasan, kristalisasi, atau memasang peralatan tambahan pada penyaring seperti selulosa atau tanah diatomae. Oleh karena varietas dari material yang harus disaring beragam dan kondisi proses yang berbeda, banyak jenis penyaring telah dikembangkan. Dalam suatu penyaring gravitasi media penyaring bisa jadi tidak lebih baik daripada saringan kasar atau dengan unggun partikel kasar seperti pasir.

f) Desinfeksi

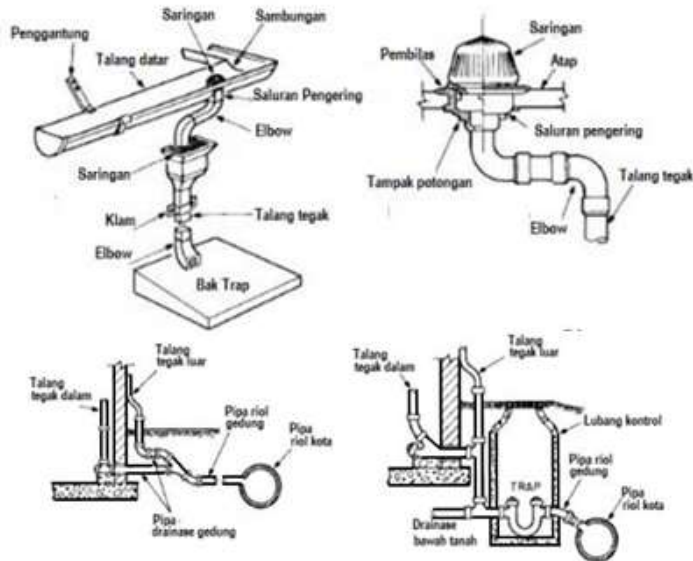
Desinfeksi atau menghilangkan bakteri dari air minum sangat penting dilakukan sebelum air tersebut diminum atau dikonsumsi oleh kita. Air yang diperoleh dari sumur, hasil penyaringan sederhana, ataupun sumber yang lain mungkin akan terlihat jernih, tidak berasa dan tidak berbau, tetapi hal itu tidak menandakan bahwa air tersebut bersih dari bakteri.

SECTION 5. SISTEM DRAINASE

5.1 Drainase bangunan gedung

Bangunan gedung harus mempunyai perlengkapan drainase untuk menyalurkan air hujan dari atap dan halaman dengan pengerasan di dalam persil ke saluran air hujan kota atau saluran pembuangan campuran kota. Pada daerah yang tidak terdapat saluran tersebut, pengaliran air hujan dilakukan dengan cara yang dibenarkan.

Air hujan yang jatuh di atas atap bangunan gedung harus disalurkan melalui talang datar dan vertikal ke bidang resapan atau sesuai dengan SNI 03-2453-2002 dan SNI 03-2459-2002.



Gambar 15. Sistem drainase bangunan gedung

5.2 Drainase bidang datar

Ukuran perpipaan pada bidang datar, seperti lahan terbuka pada atap, *basement*, atau lainnya, ditentukan sesuai dengan Tabel 16.

Tabel 7. Penentuan ukuran perpipaan air hujan horisontal ^{1, 2}

Ukuran pipa	Debit (kemiringan 1%)	Luas bidang datar horisontal maksimum yang diperbolehkan pada berbagai nilai curah hujan (mm ²)					
Inci	L/dt	25,4 mm/jam	50,8 mm/jam	76,2 mm/jam	101,6 mm/jam	127 mm/jam	162,4 mm/jam
3	0,06	305	153	102	76	61	51
4	2,04	699	349	233	175	140	116
5	4,68	1241	621	414	310	248	207
6	8,34	1988	994	663	497	398	331
8	13,32	4273	2137	1427	1068	855	713
10	28,68	7692	3846	2564	1923	1540	1282
12	51,6	12374	6187	4125	3094	2476	2062
15	83,04	22110	11055	7370	5528	4422	3683

Tabel 8. - Penentuan ukuran perpipaan air hujan horizontal^{1, 2}(lanjutan)

Ukuran pipa	Debit (kemiringan 2%)	Luas bidang datar horisontal maksimum yang diperbolehkan pada Berbagai nilai curah hujan (m ²)					
Inci	L/dt	25,4 mm/jam	50,8 mm/jam	76,2 mm/jam	101,6 mm/jam	127 mm/jam	162,4 mm/jam
3	2,88	431	216	144	108	86	72
4	6,6	985	492	328	246	197	164
5	11,76	1754	877	585	438	351	292
6	18,84	2806	1403	935	701	561	468
8	40,62	6057	3029	2019	1514	1211	1012
10	72,84	10851	5425	3618	2713	2169	1812
12	117,18	17465	8733	5816	4366	3493	2912
15	209,46	31214	15607	10405	7804	6248	5202

Tabel 9. Penentuan ukuran perpipaan air hujan horisontal^{1, 2}(lanjutan)

Ukuran pipa	Debit (Kemiringan 4%)	Luas bidang datar horisontal maksimum yang diperbolehkan pada berbagai nilai curah hujan (m ²)					
Inci	L/dt	25,4 mm/jam	50,8 mm/jam	76,2 mm/jam	101,6 mm/jam	127 mm/jam	162,4 mm/jam
3	4,1	611	305	204	153	122	102
4	9,4	1397	699	465	349	280	232
5	16,7	2482	1241	827	621	494	413
6	26,7	3976	1988	1325	994	797	663
8	57,4	8547	4273	2847	2137	1709	1423
10	103,3	15384	7692	5128	3846	3080	2564
12	166,1	24749	12374	8250	6187	4942	4125
15	296,8	44220	22110	14743	11055	8844	7367

Sumber : UPC 2012 - IAPMO Tabel 1101.7

Catatan :

¹ Data pengukuran untuk perpipaan horisontal berdasarkan pada pengaliran penuh pipa.

² Untuk nilai curah hujan selain dari catatan tersebut, maka untuk menentukan area atap yang diijinkan dengan membagi daerah tertentu dalam kolom (25,4 mm/jam) dengan tingkat curah hujan yang diinginkan.

5.3 Drainase atap

Drainase atap yang mengalirkan air dari atap bangunan dapat berupa saluran primer dan sekunder. Lokasi dan ukuran talang harus dikoordinasikan dengan rencana struktur. Penentuan ukuran pipa sesuai dengan Tabel 17.

Tabel 10. Ukuran talang atap, pipa utama, dan perpipaan tegak air hujan²

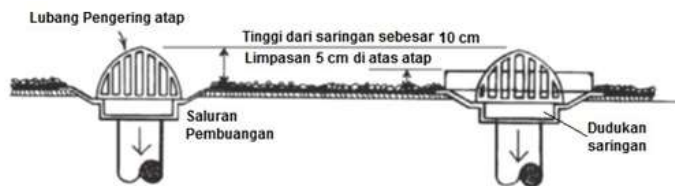
Ukuran saluran atau pipa air hujan	Deb	Luas atap maksimum yang diperbolehkan pada berbagai nilai											
inci	L/dt ₁	25,4	50,8	76,2	101,6	127	162,4	178	203	229	254	279	305
		Mm/j											

2	1.8	268	134	89	67	53	45	38	33	30	27	24	22
3	5.5	818	409	272	204	164	137	117	102	91	82	74	68
4	2	1709	855	569	427	342	285	244	214	190	171	156	142
5	21.6	3214	1607	1071	804	643	536	459	402	357	321	292	268
6	33.78	5017	2508	1672	1254	1003	836	717	627	557	502	456	418
8	72.48	1076	5388	3592	2694	2155	1794	1539	1347	1197	1078	980	892

Sumber :UPC 2012- IAPMO Tabel 1101.11

Catatan :

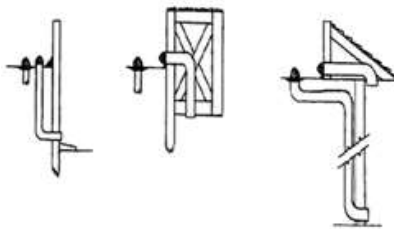
- ¹ Kapasitas aliran maksimum pengaliran (L/dt) dengan perkiraan 44 mm tinggi air dalam saluran
- ² Untuk nilai curah hujan selain tercatat tersebut, jumlah luas atap yang tersedia dibagi dengan area yang diberikan dalam kolom 25,4 mm/jam dengan tingkat curah hujan yang diinginkan



Gambar 16. Pengering air hujan dari atap dengan dinding penahan limpasan 5 cm di atas primer dan saringan 10 cm di atas atap

7.3.1 Drainase pipa atap atau bukaan sampung

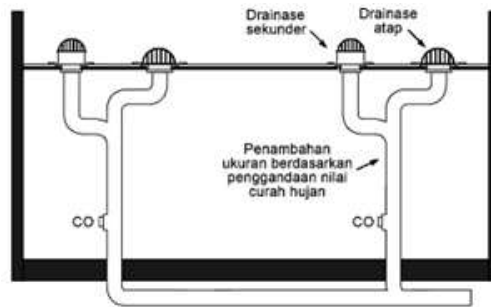
Drainase atap harus dilengkapi dengan bukaan sampung atau pipa drainase. Kedalaman bukaan sampung atau pipa drainase harus berukuran untuk mencegah genangan air melebihi atap yang dirancang. Tinggi bukaan talang tidak boleh kurang dari 4 inci (110mm) dan memiliki lebar sama dengan keliling saluran drainase atap yang diperlukan untuk areal yang dilayani, ukuran sesuai dengan Tabel 17.



Gambar 17. Contoh pipa drainasea air hujan

7.3.2 Drainase sekunder

Saluran air atap sekunder harus terletak tidak kurang dari 2 inci (51 mm) di atas permukaan atap. Ketinggian maksimum saluran atap harus menjadi suatu ketinggian untuk mencegah kedalaman air genangan melebihi atap yang dirancang.



Gambar 18. Sistem gabungan dranase atap

5.1 Ukuran Gutter & Leader

Berdasarkan rekomendasi dari Copper & Brass Research Association beberapa prinsip berkenaan dengan penentuan ukuran gutter & leader adalah :

1. Ukuran leader dibuat sama dengan outletnya, untuk menghindari kemacetan aliran yang ditimbulkan oleh daun dan kotoran lainnya.
2. Jarak maksimum antar leader adalah 75 ft (22,86 m). Aturan yang paling aman adalah untuk 150 ft² (13,94 m²) luas atap dibutuhkan 1 inci luas leader. Angka-angka tersebut dapat berubah akibat kondisi-kondisi lokal.
3. Ukuran outlet tergantung pada jumlah & jarak antar outlet, kemiringan atap dan bentuk gutter.
4. Jenis gutter terbaik adalah jika punya kedalaman minimal sama dengan setengah kali lebarnya dan tidak lebih dari $\frac{3}{4}$ lebarnya.

Gutter berbentuk setengah lingkaran merupakan bentuk yang paling ekonomis dalam kebutuhan materialnya dan menjamin adanya proporsi yang tepat antara kedalaman dan lebar gutter. Ukuran gutter tidak boleh lebih kecil dari leadernya dan tidak boleh lebih kecil dari 4 inci.

Tabel 11. Beban Maksimum yang di iijinkan untuk Talang Atap (untk m2 luas Atap

Diameter pipa		Pipa tegak air hujan	Pipa datar pembuangan air hujan			Talang atap datar terbuka			
			Kemiringan (%)			Kemiringan (%)			
inch	mm		1	2	4	0,5	1	2	4
2	50	63							
2 1/2	65	120							
3	80	200	75	105	150	15	20	30	40
4	100	425	170	245	345	30	45	65	90
5	125	800	310	435	620	55	80	115	160
6	150	1290	490	700	990	85	125	175	250
8	200	2690	1065	1510	2135	180	260	365	520
10	250		1920	2710	3845	330	330	665	945
12	300		3090	4365	6185				
15	375		5525	7800	11055				

Catatan :

Tabel ini berdasarkan curah hujan 100 mm/jam. Bila curah hujan lebih besar, nilai luas pada tabel tersebut di atas harus disesuaikan dengan cara mengalikan nilai tersebut dengan 10 lalu dibagi kelebihan curah hujan dalam mm/jam.

Pipa tegak air hujan yang tidak berbentuk pipa (silinder), maka dapat berbentuk lain asalkan pipa tersebut dapat masuk ke dalam penampang bentuk lain tersebut. Talang atap yang tidak berbentuk setengah lingkaran harus mempunyai penampang luas yang sama.

Sumber : Pedoman Plambing Indonesia 1979

5.2 Perencanaan Sistem Penyaluran Air Hujan

- Pembuangan air hujan gedung dan cabang-cabang mendatar
Ukuran saluran pembuangan air hujan gedung dan setiap pipa cabang datarnya dengan kemiringan 4 % atau lebih kecil harus didasarkan atas jumlah daerah drainase yang dilayaninya sesuai table di atas. Direncanakan pipa pembuangan air hujan dan cabang-cabang mendatarnya memiliki kemiringan 2 %.
- Drainase bawah tanah
Ukuran pipa drainase bawah tanah yang dipasang di bawah lantai atau di sekeliling tembok luar gedung harus ≥ 4 inci.
- Talang tegak air hujan
Ukuran talang tegak didasarkan pada luas atap yang dilayaninya dan sesuai table di atas. Bila atap tersebut dapat tambahan air hujan harus ditambah dengan perhitungan 50% luas dinding terluas yang dianggap sebagai atap.

5.3 Drainase Gedung

Setiap gedung yang direncanakan harus mempunyai perlengkapan drainase untuk menyalurkan air hujan dari atap dan halaman (dengan pengerasan) di dalam persil ke saluran pembuangan campuran kota.

Pengaliran Air Hujan Dengan 2 Cara

1. Sistem Gravitasi
Melalui pipa dari atap dan balkon menuju lantai dasar dan dialirkan langsung ke saluran kota
2. Sistem Bertekanan (Storm Water)
Air hujan yang masuk ke lantai basement melalui ramp dan air buangan lain yang berasal dari cuci mobil dan sebagainya dalam bak penampungan sementara (sump pit) di lantai basement terendah untuk kemudian dipompakan keluar menuju saluran kota.

Peralatan Sistem Drainase dan Air Hujan

1. Pompa Drainase (Storm Water Pump)
Pompa drainase berfungsi untuk memompakan air dari bak penampungan sementara menuju saluran utama bangunan. Pompa yang digunakan adalah jenis submersible pump (pompa terendam) dengan system operasi umumnya automatic dengan bantuan level control yang ada di pompa dan system parallel alternate.
2. Pipa Air Hujan

Pipa air hujan berfungsi untuk mengalirkan air hujan dari atap menuju riol bangunan. Bahan yang dipakai adalah PVC kelas 10 bar.

3. Roof Drain

Roof Drain berfungsi sama dengan floor drain, hanya penempatannya di atap bangunan dan air yang dialirkan adalah air hujan. Bahan yang dipakai adalah cast iron dengan diberi saringan berbentuk kubah di atasnya

4. Balcony Drain

Berfungsi sama seperti roof drain, hanya penempatannya pada balkon

Bangunan yang dilengkapi dengan sistem plambing harus dilengkapi dengan sistem drainase untuk pembuangan air hujan yang berasal dari atap maupun jalur terbuka yang mengalirkan air. Air hujan yang dibawa dalam sistem plambing ini harus disalurkan ke dalam lokasi pembuangan untuk air hujan. Hal ini karena tidak boleh air hujan disalurkan ke dalam sistem plambing air buangan yang hanya bertujuan untuk menyalurkan air buangan saja atau disalurkan ke suatu tempat sehingga air hujan tersebut akan mengalir ke jalan umum, menyebabkan erosi atau genangan air. Bila terdapat sistem plambing air buangan dan air hujan dalam satu gedung maka tidak dianjurkan untuk digabungkan kecuali hanya pada lantai paling bawah saja. Sistem plambing air hujan yang digabung dengan air buangan pada lantai terbawah harus dilengkapi dengan perangkat untuk mencegah keluarnya gas dan bau tidak enak dari sistem tersebut. Perangkat yang terpasang harus berukuran minimal sama dengan pipa mendatar yang terpasang bersama. Dan harus dilengkapi dengan pembersih di tiap ujungnya yang terletak di dalam gedung. Pada ujung dimana air masuk, harus dilengkapi dengan penahan kotoran agar sistem plambing air hujan tidak terganggu. *Gutter* (talang atap) dan *leader* (talang tegak) air hujan digunakan untuk menangkap air hujan yang jatuh ke atas atap atau bidang tangkap lainnya di atas tanah. Dari *leader* kemudian dihubungkan ke titik-titik pengeluaran, umumnya ke permukaan tanah atau sistem *drainase* bawah tanah (*underground drain*). Tidak diperkenankan menghubungkannya dengan sistem saluran *saniter*. Talang tegak dapat ditempatkan di dalam ruangan (*conductor*) maupun di luar bangunan (*leader*).

1. Perencanaan Sistem Penyaluran Air Hujan

a. Pembuangan air hujan gedung dan cabang-cabang mendatar

Ukuran saluran pembuangan air hujan gedung dan setiap pipa cabang datarnya dengan kemiringan 4% atau lebih kecil harus didasarkan atas jumlah daerah *drainase* yang dilayaninya sesuai table di atas. Direncanakan pipa pembuangan air hujan dan cabang-cabang mendatarnya memiliki kemiringan 2%.

b. Drainase bawah tanah

Ukuran pipa *drainase* bawah tanah yang dipasang di bawah lantai atau di sekeliling tembok luar gedung harus ≥ 4 inci.

c. Talang tegak air hujan

Ukuran talang tegak didasarkan pada luas atap yang dilayaninya dan sesuai table di atas. Bila atap tersebut dapat tambahan air hujan harus ditambah dengan perhitungan 50% luas dinding terluar yang dianggap sebagai atap.

2. Pengaliran Air Hujan Dengan 2 Cara

d. Sistem Gravitasi

Melalui pipa dari atap dan balkon menuju lantai dasar dan dialirkan langsung ke saluran kota.

e. Sistem Bertekanan (*Storm Water*)

Air hujan yang masuk ke lantai basement melalui ramp dan air buangan lain yang berasal dari cuci mobil dan sebagainya dalam bak penampungan sementara (*sump pit*) di lantai *basement* terendah untuk kemudian dipompakan keluar menuju saluran kota.

3. Pengaliran Air Hujan Dengan Fast Flow Siphonic

Sistem *shiponic* ini ditemukan oleh Olavi Ebeling pada tahun 1968 dan diperkenalkan di Asia pada tahun 1993. *Fast Flow Siphonic* adalah sebuah sistem pembentukan proses alami yang terjadi secara otomatis dalam kaitannya dengan curah hujan dengan tidak ada bagian mekanik. Sistem yang terdiri dari perangkat lunak, perhitungan desain, *Roof Outlet*, pipa dan sambungan, *support system*, *solvent cement*. Ketika intensitas curah hujan mencapai tingkat tinggi, sistem drainase *Siphonic* beroperasi pada konsep aliran *full bore flow*. *Full Bore Flow* adalah dimana sistem mencapai kapasitas fungsional yang optimal ketika pipa sepenuhnya terisi oleh air dan mencapai alir yang maksimal. Berbeda dengan sistem drainase konvensional dimana pipa hanya terisi air pada sisi-sisinya saja. Keuntungan *fast flow siphonic* dengan *full bore flow* adalah :

- Dengan ketinggian permukaan air yang rendah sekalipun dapat mengalir ke dalam pipa saluran pembuangan.
- Dapat menggunakan diameter pipa lebih kecil.
- Air dapat mengalir tanpa hambatan walau pipa tanpa kemiringan.
- Mudah berkoordinasi dengan utilitas lainnya.

Berikut adalah gambar aliran *gravity flow* dan *full bore flow*

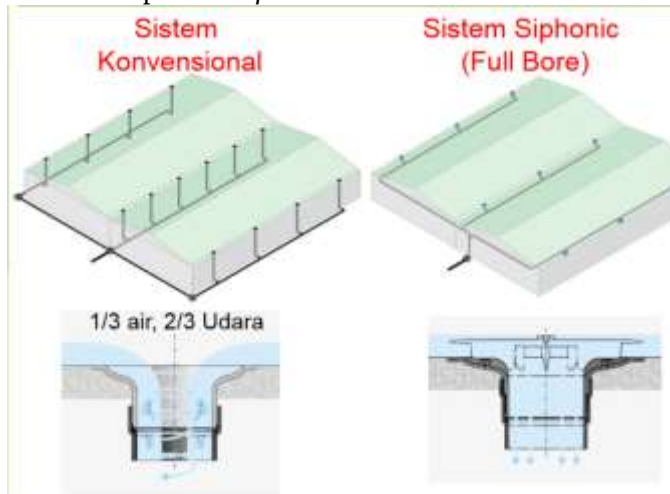


Gambar 19. Aliran *gravity flow* dan *full bore flow*

Adapun Keuntungan *Siphonic Sistem*

- Pipa horizontal tanpa kemiringan.
- Aliran *full bore flow*, pipa terisi penuh oleh air.
- Penghematan 20% hingga 30% dari sistem konvensional.
- Dimensi pipa dapat dikurangi antara 1/2 sampai 2/3 dari sistem konvensional.
- Ketinggian air di atap dapat dikontrol pada *dimensional rainwater flow*.
- Pipa *down pipe* lebih sedikit.

- g. Kecepatan air tinggi (3m/s – 8m/s) dikarenakan tekanan negatif yang mendorong air.
- h. Pipa dapat mengikuti bentuk bangunan.
- i. Penempatan *roof outlet* lebih sedikit dan lebih fleksibel.



Gambar 20. Perbandingan aliran air hujan pada pipa

4. Peralatan Sistem Drainase dan Air Hujan

- a. Pompa *Drainase (Storm Water Pump)*
Pompa *drainase* berfungsi untuk memompakan air dari bak penampungan sementara menuju saluran utama bangunan. Pompa yang digunakan adalah jenis *submersible pump* (pompa terendam) dengan sistem operasi umumnya *automatic* dengan bantuan *level control* yang ada di pompa dan *system parallel alternate*.
- b. Pipa Air Hujan
Pipa air hujan berfungsi untuk mengalirkan air hujan dari atap menuju riol bangunan. Bahan yang dipakai adalah PVC klas 10 bar.
- c. *Roof Drain*
Roof Drain berfungsi sama dengan *floor drain*, hanya penempatannya di atap bangunan dan air yang dialirkan adalah air hujan. Bahan yang digunakan adalah *cast iron* dengan diberi saringan berbentuk kubah di atasnya
- d. *Balcony Drain*
Berfungsi sama seperti *roof drain*, hanya penempatannya pada balkon

5. Sistem Penyediaan Air Kotor

1. Klasifikasi berdasarkan jenis air buangan:

- a) Sistem pembuangan air kotor.
Adalah sistem pembuangan untuk air buangan yang berasal dari *kloset*, *urinal*, *bidet*, dan air buangan yang mengandung kotoran manusia dari alat plambing lainnya (*black water*).
- b) Sistem pembuangan air bekas.

Adalah sistem pembuangan untuk air buangan yang berasal dari *bathtub*, *wastafel*, *sink* dapur dan lainnya (*grey water*). Untuk suatu daerah yang tidak tersedia riol umum yang dapat menampung air bekas, maka dapat di gabungkan ke instalasi air kotor terlebih dahulu.

c) Sistem pembuangan air hujan.

Sistem pembuangan air hujan harus merupakan sistem terpisah dari sistem pembuangan air kotor maupun air bekas, karena bila di satukan sering terjadi penyumbatan pada saluran dan air hujan akan mengalir balik masuk ke alat plambing yang terendah.

d) 4. Sistem air buangan khusus.

Sistem pembuangan air yang mengandung gas, racun, lemak, limbah pabrik, limbah rumah sakit, pemotongan hewan dan lainnya yang bersifat khusus.

Sistem Pembuangan Air Buangan dibedakan berdasarkan cara pembuangannya :

- a) Sistem pembuangan air campuran, yaitu sistem pembuangan dimana air kotor dan air bekas dialirkan kedalam satu saluran / pipa.
- b) Sistem pembuangan air terpisah, yaitu sistem pembuangan dimana air kotor dan air bekas masing-masing dialirkan secara terpisah atau menggunakan pipa yang berlainan.

Sistem Pembuangan Air Buangan dibedakan berdasarkan perletakannya:

- a) Sistem pembuangan gedung, yaitu sistem pembuangan yang berada didalam gedung.
- b) Sistem pembuangan luar, yaitu sistem yang berada diluar gedung, disebut juga riol gedung.

Sebelum air buangan dari peralatan saniter maupun dari buangan dapur dibuang ke saluran umum / kota maka harus dilakukan pengolahan terlebih dahulu dengan *Sewage Treatment Plant* (STP), sehingga memenuhi ambang baku yang dipersyaratkan.

6. Peralatan Utama dan Fungsi

1. Pompa *Submersible*, berfungsi untuk menaikkan *level* air kotor pada daerah *level* terendah ke instalasi pengolah yang *level*nya lebih tinggi.

2. *Sewage Treatment Plant* (STP)

Sewage Treatment Plant merupakan bangunan instalasi sistem pengolah limbah rumah tangga atau limbah cair domestik termasuk limbah dari dapur, air bekas, air kotor, limbah maupun kotoran. Limbah yang mengandung logam berat akan mendapat perlakuan khusus, bukan termasuk dalam limbah domestik.

Tujuan dari *Sewage treatment plant* adalah agar limbah tidak mengandung zat pencemar lingkungan, sehingga layak untuk dibuang sesuai dengan peraturan pemerintah yang berlaku.

Bagian-bagian dari *Sewage Treatment Plant* :

1. Motor dan mesin *blower*

Bilamana *blower* tidak berfungsi maka proses suplai oksigen ke bak aerasi, pembersihan permukaan air sedimentasi (*scum skimmer*) dan

sludge return (air lift) akan terhenti. Bakteri akan mati dan zat organik pada limbah tidak terolah menyebabkan timbulnya bau.

2. Kontrol panel

Kontrol panel berfungsi sebagai pengendali atau pengatur peralatan yang mutlak dituntut untuk selalu siap (tidak bermasalah). Bilamana panel bermasalah otomatis fungsi peralatan menjadi terganggu. Panel kontrol berisi perangkat elektronik yang sangat peka terhadap suhu. Upayakan suhu dalam panel tidak terlalu panas.

3. Pompa-pompa

Pompa sebagai alat pemindah air peranannya sangat penting. Jika terjadi masalah pada pompa tentu akan terjadi banjir pada bak *equalizing dam effluent*. Maka air yang menuju ke bak aerasi dan saluran kota menjadi tidak berfungsi. Demikianlah sehingga akan mengakibatkan banjir pada area *Sewage Treatment Plant*.

4. Peralatan Sedimentasi

Masalah yang sering terjadi di bak sedimentasi ialah air lift mampat sehingga lumpur akan menumpuk pada dasar bak sedimentasi dan bila terlalu lama maka akan terjadi fermentasi kemudian mengapung. Pada kondisi seperti ini *scum skimmer* tidak mampu mengatasi lumpur mengapung sehingga permukaan bak sedimentasi akan penuh dengan lumpur yang lama kelamaan akan mengeras.

5. *Water Level Control* (WLC) dan elektroda

Pada sistem pelampung (*float switch*, pompa *flow kontrol*) akan tidak berfungsi *ON* (kontak) pada control listriknya ketika posisinya terbalik (karena terapung). Pengangkatan pelampung untuk memastikan bisa berfungsi alat tersebut.

6. Pengoperasian *Sewage Treatment Plant*

Semua peralatan yang digerakkan oleh tenaga listrik, di kontrol oleh panel dimana didalam panel inilah tempat segala sistem berlangsung. Adapun yang dikendali kan adalah Pompa-pompa. Sebenarnya semua peralatan listrik yang ada pada *Sewage Treatment Plant* bekerja secara otomatis. Pengoperasian secara manual dilaksanakan jika ingin melakukan perawatan dan perbaikan.

Adapun tahap-tahap pengolahannya adalah sbagai berikut:

1. *Pre treatment*.

Pada tahap ini dilakukan pemisahan padatan berukuran besar ataupun *grease*, agar tidak terbawa pada unit pengolahan selanjutnya, agar tercipta *performa* pengolahan yang optimal. Air dialirkan lewat *inlet chamber* di mana ada *screen* yang dapat menyaring benda padat. Selanjutnya air masuk ke *grease trap* yang berguna untuk memisahkan lemak yang dapat mengganggu proses biologi. Kemudian air akan menuju ke *primary clarifier*.

2. *Primary clarifier*

Pada proses ini terjadi pemisahan partikel yang mengendap secara grafitasi (*suspended solid*) sehingga mengurangi beban pengolahan pada unit

selanjutnya. Pada proses ini berguna untuk membuat aliran jadi lebih tenang dan aliran dapat stabil.

3. *Rotating Biological Contactor (RBC)*

Proses pengolahan yang dilakukan adalah untuk menurunkan BOD (*bio-chemical oxygen demand*) dan COD (*chemical oxygen demand*) yang ada pada air limbah, sehingga dapat memenuhi kualitas air yang layak untuk kita buang ke saluran kota. Pengolahan polutan dilakukan oleh mikro organisme yang melekat pada permukaan disk yang berputar. Perputaran ini dilakukan guna memenuhi kebutuhan oksigen untuk kehidupan mikro organisme dan mencegah terjadinya kondisi *anaerob* yang dapat menimbulkan bau. Pada saat disk berputar terjadi kontak *biomass* yang dengan oksigen pada saat disk menyembul dipermukaan dan terjadi kontak pada material organik yang ada pada air limbah untuk menjadi makanan pada saat disk terendam. Jadi bila disk terlihat kotor jangan dibersihkan karena sebenarnya itu adalah bakteri.

4. *Final Clarifier*

Unit ini berfungsi sebagai *clarifier* akhir untuk mengendapkan partikel yang masih belum terendapkan, serta *biomass* yang telah mati.

5. *Disinfeksi*

Pada proses ini dilakukan penginjeksian *chlorine* yang bertujuan membunuh bakteri-bakteri *patogen* yang ada.

6. *Effluent Tank*.

Air yang telah kita olah akan dialirkan menuju *effluent tank* untuk selanjutnya dibuang pada saluran kota. Sebagian air ini dapat kita proses lagi untuk keperluan *recycling* yang dapat kita gunakan untuk menyiram taman dan air cuci kendaraan.

7. *Sand Filter*

Air dari *effluent tank* kita alirkan ke *sand filter* menggunakan pompa, pada proses ini air akan di saring oleh pasir silika yang berfungsi menyaring padatan yang masih terbawa pada sistem, dan juga untuk menurunkan kekeruhan yang ada. Pada proses ini yang harus di perhatikan adalah perbedaan tekanan aliran masuk dan keluar. Bila tekanan lebih dari tekanan yang ditentukan, maka perlu kita lakukan proses *back washing*. Yang berfungsi untuk mencuci kembali *sand filter* yang ada.

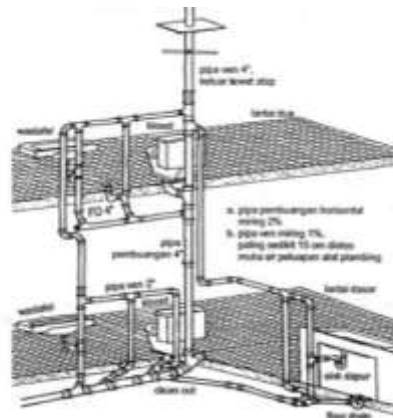
2. Klasifikasi berdasarkan cara pengaliran :

a. Sistem gravitasi.

Air buangan mengalir dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah secara gravitasi ke saluran umum yang letaknya lebih rendah.

b. Sistem bertekanan.

Sistem yang menggunakan alat (pompa) karena saluran umum letaknya lebih tinggi dari letak alat plambing, sehingga air buangan di kumpulkan terlebih dahulu dalam suatu bak penampungan, kemudian di pompakan keluar. Sistem ini mahal, tetapi biasa di gunakan pada bangunan yang mempunyai alat-alat plambing di *basement* pada bangunan tinggi.



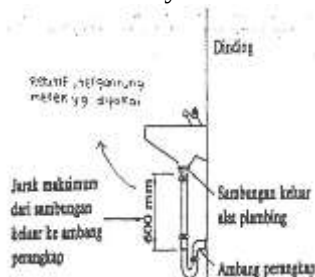
Gambar 21. Skema Umum Sistem Pembuangan Gravity

1. Bagian-Bagian Sistem Pembuangan

- a. Alat-alat plambing yang digunakan untuk pembuangan seperti *bathtub*, *wastafel*, bak-bak cuci piring, cuci pakaian, *kloset*, *urinal*, *bidet*.
- b. Pipa – pipa pembuangan.
- c. Pipa *ven*.
- d. Perangkat dan penangkap (*interceptor*).
- e. Bak penampung dan tangki *septic*.
- f. Pompa pembuangan

a. Pipa – pipa pembuangan

Ukuran pipa ini harus sama atau lebih besar dengan ukuran lubang keluar perangkat alat plambing dan untuk mencegah efek *sifon* pada air yang ada dalam perangkat, jarak tegak dari ambang puncak perangkat sampai pipa mendatar di bawahnya tidak lebih dari 60 cm



Gambar 22. Ukuran Pipa Pembuangan

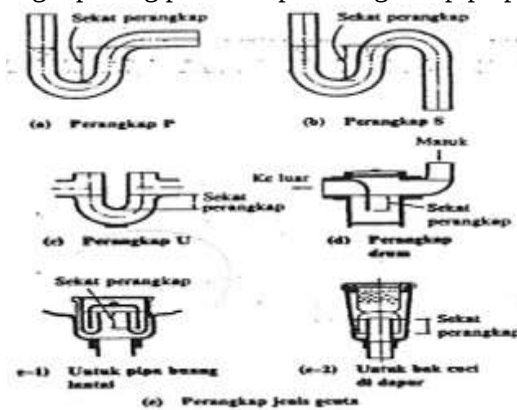
b. Syarat – syarat perangkat

- Kedalaman air penyekat berkisar antara 50 – 100 mm.
- Konstruksi perangkat harus sedemikian rupa sehingga tak terjadi pengendapan atau tertahannya kotoran dalam perangkat.
- Konstruksi perangkat harus sederhana sehingga mudah di perbaiki bila terjadi kerusakan dan dari bahan tak berkarat.
- Tidak ada bagian bergerak atau bersudut dalam perangkat yang dapat menghambat aliran air.

c. Jenis perangkap

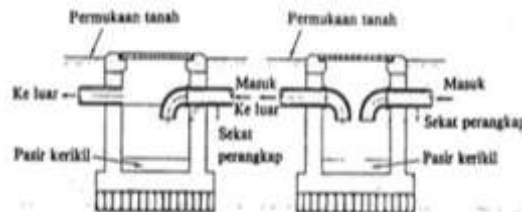
Jenis perangkap dapat dikelompokkan menjadi :

a. Perangkap yang dipasang pada alat plambing dan pipa pembuangan.



Gambar 23. Jenis Perangkap

d. Perangkap yang menjadi satu dengan alat plambing.



Gambar 24. Perangkap yang menjadi satu dengan plumbing

e. Penangkap (*interceptor*)

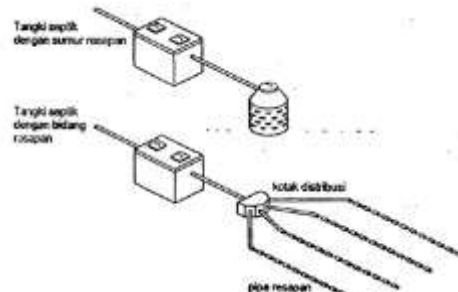
Persyaratan penangkap

- Penangkap yang sesuai harus dipasang sedekat mungkin dengan alat plambing yang dilayaninya, dengan maksud agar pipa pembuangan yang mungkin mengalami gangguan sependek mungkin.
- Konstruksinya harus mudah dibersihkan, dilengkapi dengan tutup yang mudah dibuka dan letak dari penangkap dalam ruang sedemikian rupa sehingga sampah dari penangkap mudah dibuang keluar ruang.
- Konstruksi penangkap harus mampu secara efektif

5. Tangki septic dan rembesan

Tangki septic sebenarnya serupa saja dengan bak penampungan air kotor, tetapi lebih ditujukan penggunaannya untuk menampung air kotor buangan dari bangunan ditempat yang tidak terjangkau oleh. Prinsip kerja dari tangki septic adalah mengolah dan memisahkan antara air dengan kotoran dengan cara pengendapan. Pengolahan dilakukan oleh bakteri *anaerobic* yang merubah kotoran baku menjadi Lumpur. Air hasil pemisahan (70% lebih bersih)

dialirkan keluar secara gravitasi dan diresapkan ketanah, sedangkan hasil endapan (lumpur) harus dibuang secara berkala dengan bantuan layanan mobil tangki air kotor pemerintah setempat. Dengan demikian tangki septic biasanya terletak diluar bangunan (mudah dicapai mobil tangki) dan tidak ada peralatan pompa yang dipasangkan.



Gambar 25. Sistem pembuangan dengan septic

5.4 Software Archicad

ArchiCAD adalah produk perangkat lunak Computer Aided Design (CAD) yang pertamakali diluncurkan oleh perusahaan Hongaria Graphisoft sejak tahun 1982. Graphisoft adalah pionir dan penggagas awal teknologi Virtual Building Information (VIB) yang kini dikenal luas dengan konsep Building Information Modeling (BIM).

ArchiCAD dibuat oleh insiyur untuk pemerekayasaan model, karena ArchiCAD memang secara spesifik dipentukkan bagi Dunia Desain, Enjinering dan Konstruksi (A/E/C) bukan software CAD generik biasa. Sehingga dengan ArchiCAD, para desainer akan menghasilkan sebuah model proyek yang lebih fokus pada desain, dapat diprediksikan dalam pelaksanaan konstruksinya, serta lebih mudah dan efisien dalam operasinya.

ArchiCAD diakui sebagai produk CAD pertama pada komputer pribadi mampu menciptakan baik 2D dan 3D gambar. Dalam debutnya pada tahun 1987 ArchiCAD juga menjadi implementasi pertama BIM bawah Graphisoft's konsep Bangunan Virtual. Saat ini yang menggunakannya dalam industri desain konstruksi bangunan. ArchiCAD memungkinkan pengguna untuk bekerja dengan objek parametrik data yang disempurnakan, sering disebut objek cerdas oleh pengguna. Ini berbeda dari gaya operasional program CAD lain yang dibuat pada 1980-an. Produk ini memungkinkan pengguna untuk membuat sebuah bangunan virtual dengan elemen *plumbing* virtual seperti pipa, fitting, valve dan peralatan lainnya.

1. Peralatan Archicad

ArchiCAD mempunyai lingkungan kerja seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini. Secara umum penampilan ArchiCAD dibagi menjadi beberapa bagian seperti pada gambar tersebut, yaitu Titlebar, Menu Bar, Toolbar Standard, Area Gambar, Control Menu, Tool Box, Info Box, Navigator, Quick Options, Control Box dan Coodinate Box.

Langkah untuk memulai suatu proyek dalam file baru dan menampilkan lingkungan kerja ArchiCAD adlah sebagai berikut :

- 1) Pilih pilihan Create a New Project dari lembar kerja Start ArchiCAD atau tekan Ctrl+N apabila ArchiCAD telah diaktifkan sehingga kotak dialog New Project akan tampil.
- 2) Kotak dialog New a Project juga meminta untuk memilih template yang akan digunakan.
- 3) Tekan New untuk memulai aplikasi Archicad.



Gambar 26. Penampilan lingkungan kerja ArchiCAD

2. Gambar Kerja

Gambar acuan yang digunakan untuk merealisasikan antar ide ke wujud fisik. Gambar kerja harus dipahami oleh semua personel yang terlibat dalam proses pembuatan fisik. Berikut penjelasan dari jenis-jenis gambar kerja.

c. Gambar Perencanaan

Gambar perencanaan adalah gambar kerja yang dibuat oleh konsultan perencanaan arsitektur, struktur dan MEP. Gambar ini sudah dalam kesepakatan oleh pihak perencana dan owner. Gambar perencana terdiri dari gambar for tender dan gambar for construction.

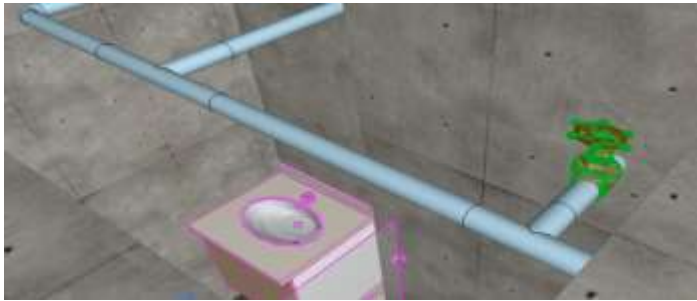
d. Gambar Shop Drawing

Gambar shop drawing adalah gambar kerja yang diajukan oleh kontraktor yang disetujui oleh pengawas sebagai syarat pelaksanaan pekerjaan. Gambar shop drawing ini dibuat oleh kontraktor berdasarkan acuan dari gambar for construction sehingga tidak boleh berbeda jauh dalam hal prinsip perencanaan.

e. Gambar Asbuilt Drawing

Gambar asbuilt drawing adalah gambar kerja utuh yang dibuat oleh kontraktor setelah proyek selesai. Gambar kerja ini memuat gambar kerja yang sudah terjadi perubahan-perubahan saat pelaksanaan proyek.

Perencanaan instalasi jalur pipa air bersih didalam gedung membutuhkan sebuah pemahaman yang baik agar dapat memperlihatkan secara jelas. Adapun gambar kerja instalasi pipa air bersih sebagai berikut :



Gambar 27. Instalasi Air Bersih



Gambar 28. Detail Instalasi Pipa Air Bersih

SECTION 6. PEMADAM KEBAKARAN

6.1 Pengertian Pemadam Kebakaran/FireFighters/ Hidran

Hidran adalah sebuah alat perlindungan api aktif yang disediakan di sebagian wilayah perkotaan, pinggiran kota, dan perdesaan yang memiliki ketersediaan (pasokan) air yang cukup yang memungkinkan petugas pemadam kebakaran untuk menggunakan pasokan air tersebut untuk membantu memadamkan kebakaran.

Hidran merupakan koneksi berupa alat yang terdapat di atas tanah yang menyediakan akses pasokan air untuk tujuan pemadaman kebakaran. Air yang digunakan untuk *hydrant* ini dapat bertekanan, seperti dalam kasus dimana hidran tersambung dengan pompa dalam menghasilkan tekanan, atau *unpressurized* (tidak bertekanan) dimana hidran tersambung secara langsung ke sumber air seperti kolam atau tangki air dengan menggunakan pompa tersendiri.

6.2 Prinsip Kerja Hidran

Informasi tentang prinsip kerja *fire hydrant* harus diketahui oleh setiap orang dalam lingkungan kerja perusahaan, pabrik, mabel, sekolah, hotel, asrama maupun tempat lainnya yang dapat menjadi ancaman untuk memicu terjadi kebakaran. *Fire hydrant* merupakan sistem untuk perlindungan terhadap kebakaran menggunakan media air, pipa hidran secara umum hampir mirip dengan sistem pipa air pada rumah untuk mengalirkan air. Tetapi dalam perbedaannya prinsip kerja *fire hydrant* yang membedakan dari pompa air biasa adalah pompa khusus *fire hydrant* yang digunakan serta komponen yang digunakan untuk merancang *fire hydrant* sistem. *National Fire Protection Association (NFPA)* secara spesifik menyatakan bahwa *Fire hydrant* harus diwarnai dengan *crome yellow* atau warna lain yang mudah terlihat termasuk diantaranya *white, bright red, crome silver dan line-yellow*, tapi sebenarnya aspek terpenting adalah warna tersebut harus konsisten terutama dalam satu wilayah tertentu.

Rata-rata pompa *fire hydrant* mampu menghasilkan tekanan 9-10 bar keatas. Pengetahuan mengenai prinsip kerja *fire hydrant* harus di ketahui oleh kontraktor yang akan merancang dan memasang *fire hydrant* sistem untuk mengatasi bencana kebakaran yang sewaktu-waktu bisa terjadi.

Prinsip Kerja *Fire hydrant* supaya dapat berjalan dengan baik harus memiliki beberapa komponen untuk menjalankannya antara lain:

1. Tempat Penyimpanan Air (Tandon/*reservoir*)
Dengan adanya tendon air dimaksudkan untuk memberikan pasukan air yang cukup untuk digunakan dalam keperluan *fire hydrant system* dapat berjalan.
2. Sistem *Fire Hydrant Pump*
Fire hydrant pump yang meliputi *diesel pump, electrical pump, dan jockey pump*. *Diesel* ini untuk mempercepat pasokan air ke *fire hydrant*.
3. Sistem Distribusi Aliran Air (Pipa Hidran)
Sistem distribusi aliran air ini meliputi pipa hidran untuk mendistribusikan air dari tendon air yang didorong dengan *fire hydrant pump*. Dibutuhkan waktu

minimal 30 menit untuk memasok air ke *fire hydrant* supaya siap digunakan ketika mobil pemadam kebakaran api datang.

4. Sistem *Fire Hydrant Valve*

Sistem ini meliputi hidran *pillar* dan *hydrant valve* untuk mengatur keluarnya air dari tandon air yang di dorong pompa yang menghasilkan tekanan air kurang lebih 10 bar.

5. Sistem Pemancar Air

Sistem ini meliputi *fire hose* yang sudah terkoneksi dengan *fire hose coupling* mengalirkan dari *fire hydrant*. Kemudian di tambah dengan *nozzle* untuk memaksimalkan pancaran ke titik api. Atau dengan menggunakan *Water Monitor* untuk memancarkan ke sumber titik api.



Gambar 29. Box Hidran, Hidran Pilar dan Assesories

6.3 Komponen Utama Hidran

Komponen utama hidran yaitu Sistem *Springkler* dan Pipa Tegak (*Hydrant Box*), Pompa (*Pump System*), dan Sistem Pemipaaan dan *Valve*.

2. Sistem *Springkler* dan *Hydrant Box*

Sistem *springkler* adalah sistem pemadam kebakaran yang dipasang secara tetap atau permanen di dalam bangunan yang dapat memadamkan kebakaran secara otomatis dengan menyembrotkan air di tempat mula terjadi kebakaran (SNI 03-399-2000). Sistem *springkler* otomatis merupakan sistem pemadam kebakaran yang paling efektif dan handal.



Gambar 30. Head *Springkler*

Semua ruangan di dalam gedung perlu dilindungi dengan sistem *springkler*, kecuali ruang tertentu seperti : ruang tahan api, kamar mandi dan kakus (toilet), ruang panel listrik, ruang tangga dan ruang lain yang dibuat khusus tahan api.

Sistem *springkler* bekerja apabila sambungan lebur penahan *orifice* kepala *springkler* (*glass bulb*) pecah atau meleleh akibat panas dari kebakaran setempat, sehingga air memancar keluar dari lubang *springkler*. Akibatnya tekanan air dalam pipa berkurang dan katup kendali akan terbuka sehingga pompa kebakaran akan bekerja secara otomatis. Aliran air yang melalui katup kendali akan mengakibatkan tanda bahaya yang dipasang dekat katup kendali berbunyi. Lokasi kebakaran diketahui melalui tanda lampu di ruang pengawas yang dihubungkan dengan *flow switch* pada pipa pembagi *springkler*.

3. Tipe Sistem Springkler

Ada beberapa sistem springkler, yaitu:

a. Sistem *Springkler* (pipa) Basah

Sistem *springkler* basah selalu berisi air bertekanan. Tekanan air dalam pipa di kendalikan oleh alat yang mempertahankan tekanan, yaitu pompa joki (*jockey pump*). Air akan keluar dari kepala *springkler*, bila panas dari api kebakaran mengaktifkan elemen pengaktif yang terdapat pada kepala *springkler*. Air yang menyembrot ke *deflector* akan menghasilkan pola siraman yang seragam. Setiap kepala *springkler* bekerja sendiri-sendiri, Bila suhunya sampai pada suhu kerja yang telah ditetapkan. Suhu kerja dicapkan pada setiap *springkler*. *Springkler* yang bekerja di atas 65° C diberi kode warna.

Tabel 12. Klasifikasi Kepala Springkler

Suhu langit-langit max (C ⁰)	Suhu kerja (C ⁰)	Klarifikasi suhu	Kode warna bimetal	Kode warna bola gelas
38	57-77	Sedang	Tanpa warna	Ungu(merah)
36	79-105	Peralihan	warna	Kuning(hijau)
107	121-149	Tinggi	Hitam	)
149	163-191	Ekstra tinggi	Biru	Biru
191	204-246	Sangat tinggi	Merah	Lembayung
246	260-302	Ex sangat tinggi	Hijau	Hitam
329	302	Ex sangat tinggi	Ungu ungu	Hitam

b. Sistem *Springkler* (Pipa) Kering

Sistem *springkler* kering cocok sekali digunakan pada daerah yang bermusim dingin dengan suhu di bawah 4° C dimana air dapat membeku. Perpipaan pada sistem *springkler* kering di isi dengan gas (Udara atau *Nitrogen*) yang bertekanan, sehingga katup kendalinya tertutup. Tekanan udara dipertahankan secara otomatis dengan suatu alat yang dapat mempertahankan secara otomatis dengan menggunakan suatu alat yang dapat mempertahankan tekanan. Bila panas dari api kebakaran mengaktifkan *springkler*, tekanan udara dari dalam pipa akan dilepaskan. Pengurangan tekanan di bagian atas katup kendali menyebabkan air mendorong katup

tersebut sampai terbuka dan mengalirkan air ke perpipaan hingga keluar dari kepala *springkler* yang sudah terbuka.

c. Sistem *Springkler* Pancaran Serentak.

Sistem *springkler* pancaran serentak digunakan untuk mengendalikan api yang cepat membesar dengan cara mengalirkan sejumlah air yang banyak sekaligus. Penataan perpipaan pada sistem pancaran serentak sama dengan perpipaan pada sistem basah atau sistem kering.

Perbedaan utama antara sistem pancaran serentak dengan sistem basah atau kering adalah :

- Kepala *springkler* yang digunakan adalah dari jenis standar tetapi terbuka. Elemen pengaktif ditiadakan, sehingga bila katup kendali terbuka, air akan mengalir keluar dari kepala *springkler*, sehingga akan terjadi pancaran serentak dari semua kepala *springkler* di daerah yang dilindungi.
- Katup kendali dalam keadaan normal selalu tertutup. Katup akan terbuka oleh aktivasi sistem *detector* api kebakaran.

d. Sistem *springkler* pra aksi.

Sistem *springkler* pra aksi sama dengan sistem *springkler* pancaran serentak, tetapi dengan kepala *springkler* tertutup seperti kepala *springkler* yang dalam keadaan normal selalu terbuka oleh sistem *detector* api kebakaran, sehingga air akan masuk ke sistem perpipaan. Namun air tidak akan keluar dari kepala *springkler* karena panas belum mengaktifkan elemen pengaktif kepala *springkler*. Dengan terbukanya katup kendali *deluge* berarti pra aksi efektif menjadi sistem basah.

6.4 Penempatan dan Letak Kepala Springkler

a. Letak Kepala Sprinkler

1. Dinding Dan Pemisah adalah : Jarak antara dinding dan kepala *sprinkler* dalam hal sistem bahaya kebakaran ringan tidak boleh melebihi 2,3 m dan dalam hal sistem bahaya kebakaran sedang atau sistem bahaya kebakaran berat tidak boleh melebihi dari 2 m. Apabila gedung tidak dilengkapi langit-langit, maka jarak kepala *sprinkler* dan dinding tidak boleh melebihi 1,5 m. Gedung yang mempunyai sisi terbuka, jarak kepala *sprinkler* sampai sisi terbuka tidak boleh lebih dari 1,5 m. (Sumber: SNI 03-3989- 2000)
2. Apabila hal tersebut tidak dapat dihindari dan jarak kepala *springkler* terhadap kolom kurang dari 0,6 m, maka harus ditempatkan sebuah kepala *springkler* tambahan dalam jarak 2 m dari sisi kolom yang berlawanan.
3. Balok Kepala *springkler* harus ditempatkan dengan jarak sekurang-kurangnya 1,2 m dari balok. Apabila balok mempunyai *flens* sebelah atas dengan lebar kurang dari 200 mm, maka kepala *springkler* boleh dipasang di sebelah atas gelagar dengan catatan bahwa *deflektor* kepala *springkler* harus berjarak lebih besar dari 150 mm di atas balok. (Sumber: SNI 03-3989-2000)
4. Kuda – Kuda Pada umumnya kepala *springkler* harus selalu dipasang pada jarak mendatar sejauh minimum 0,3 m dari balok kuda-kuda yang lebarnya

lebih kecil atau sama dengan 100 mm, dan minimum 0,6 m apabila balok kuda-kuda yang lebarnya lebih besar dari 100 mm. Apabila pipa cabang ditempatkan menyilang terhadap balok kuda-kuda, maka kepala *sprinkler* boleh ditempatkan disebelah atas sumbu balok kuda-kuda yang lebarnya lebih kecil atau sama dengan 200 mm dengan ketentuan bahwa *deflector* kepala *sprinkler* berjarak lebih besar dari 150 mm dari balok kuda-kuda. Apabila pipa cabang dipasang sejajar dengan balok kuda-kuda, maka jarak kepala *sprinkler* terhadap balok kuda-kuda ditentukan. (Sumber: SNI 03-3989- 2000)

5. Penempatan *deflektor* kepala *sprinkler* dinding tidak boleh lebih dari 150 mm atau kurang dari 100 mm dari langit-langit. Sumbu kepala *sprinkler* tidak boleh lebih dari 150 mm atau kurang dari 50 mm dari dinding tempat kepala *sprinkler* dipasang sepanjang dinding. Sistem bahaya kebakaran ringan 4,6 m, sistem bahaya kebakaran sedang, 3,4 m (langit-langit tidak tahan api), 3,7 m (langit-langit tahan api) dari ujung dinding. Sistem bahaya kebakaran ringan 2,3 m, Sistem bahaya kebakaran sedang 1,8 m.
6. Jumlah deretan kepala *sprinkler* untuk ruangan yang lebarnya lebih kecil atau sama dengan 3,7 m, cukup dilengkapi dengan sederet *sprinkler* sepanjang ruangan. Untuk ruangan yang lebarnya antara 3,7 m sampai 7,4 m harus dilengkapi dengan deretan *sprinkler*.
 - Untuk ruangan yang panjangnya lebih dari 9,2 m (bahaya kebakaran ringan) atau lebih dari 7,4 m (bahaya kebakaran sedang) deretan *sprinkler* harus dipasang selang-seling, sehingga setiap kepala *sprinkler* terletak pada garis tengah antara dua kepala *sprinkler* yang berhadapan.
 - Untuk ruangan yang lebarnya lebih dari 7,4 m deretan kepala *sprinkler* jenis konvensional (dipasang pada langit-langit) harus dipasang pada langit-langit ditengah-tengah antara dua deret kepala *sprinkler* sebagai tambahan sepanjang ruangan pada tiap sisinya.
 - Berdasarkan NFPA 15 jarak maksimum antar *sprinkler* 3,7 meter sehingga jari-jari jangkauannya adalah 1,85 meter. Kemudian dapat dihitung jumlah kepala *sprinkler* tiap luas bangunan, yaitu:

$$\text{Luas Sprinkler/perlindungan} = \pi R^2$$

$$\text{Luas Bangunan} = P \times L$$

$$\text{Jumlah Sprinkler} = \frac{\text{Luas Bangunan}}{\text{Luas Sprinkler}} \\ = \frac{P \times L}{\pi R^2}$$

Keterangan:

R = Jari-jari *sprinkler* (1,85 m)

P = Panjang (m²)

L = Lebar (m²)

Dalam perencanaan ini jarak antar *sprinkler* menurut model *E Spray nozzles* vk 810 – vk 817 yang digunakan adalah 3 meter agar area perlindungan bisa terjangkau seluruhnya.

b. Spesifikasi Kepala Sprinkler

Kepala *sprinkler* yang digunakan harus kepala *sprinkler* standar. Kepala *sprinkler* yang boleh digunakan hanya kepala *sprinkler* yang terdaftar. Perubahan apapun tidak dibolehkan pada kepala *sprinkler* setelah keluar dari pabrik. Sifat-sifat aliran kepala *sprinkler* harus dibedakan dalam tiga hal:

- Yang dibenarkan untuk penggunaan sebagai kepala *sprinkler* pancaran atas.
- Yang dibenarkan untuk penggunaan sebagai kepala *sprinkler* pancaran bawah.
- Yang dibenarkan untuk penggunaan sebagai kepala *sprinkler* dinding.

Kepala *sprinkler* terbuka boleh digunakan untuk melindungi bahaya kebakaran khusus seperti tempat-tempat terbuka atau untuk tempat khusus lainnya. Kepala *sprinkler* dengan ukuran lubang yang lebih kecil boleh digunakan untuk daerah atau keadaan yang tidak membutuhkan air sebanyak yang dipancarkan oleh sebuah kepala *sprinkler* dengan ukuran lubang nominal 10 mm. Kepala *sprinkler* dengan ukuran lubang nominal lebih besar dari 10 mm boleh digunakan untuk daerah atau keadaan yang membutuhkan air lebih banyak dari jumlah yang dipancarkan oleh sebuah kepala *sprinkler* dengan ukuran lubang nominal 10 mm. Kepala *sprinkler* dengan ukuran lubang nominal lebih besar dari 10 mm yang mempunyai ulir pipa besi 10 mm tidak boleh dipasang pada sistem *sprinkler* terbaru.

- Ukuran lubang kepala *sprinkler*
Ukuran nominal lubang kepala *sprinkler* yang dibenarkan untuk masing-masing sistem bahaya kebakaran adalah sebagai berikut:(Sumber : SNI 03-3989- 2000)
- Konstanta "K" untuk ketiga ukuran lubang kepala *sprinkler* tersebut di atas adalah sebagai berikut:(Sumber: SNI 03-3989- 2000)
- Tingkat suhu kepala *sprinkler* otomatis ditunjukkan di bawah ini:(Sumber: SNI 03-3989- 2000).
Pemilihan tingkat suhu kepala *sprinkler* tidak boleh kurang dari 30°C di atas suhu ruangan.
- Kepala *sprinkler* dalam ruangan tersembunyi atau pada ruang peragaan tanpa dilengkapi ventilasi harus dari tingkat suhu antara 79°C - 100°C.
- Kepala *sprinkler* yang digunakan untuk melindungi peralatan masak jenis komersial, tutup mesin pembuat kertas atau yang dipasang dalam dapur pengering harus dari tingkat suhu tinggi.
- Apabila ada langit-langit atau atap yang dipasang di atas oven, maka pada langit-langit atau atap tersebut sampai radius 3 m harus dipasang kepala *sprinkler* dengan tingkat suhu yang sama dengan 141°C.
- Jumlah maksimum kepala *sprinkler*
Jumlah maksimum kepala *sprinkler* yang dapat dipasang pada satu katup kendali.(Sumber : SNI 03-3989- 2000).

- Persediaan kepala *sprinkler* cadangan
Persediaan kepala *sprinkler* cadangan dan kunci kepala *sprinkler* harus disimpan dalam satu kotak khusus yang ditempatkan dalam ruangan yang setiap suhunya tidak lebih dari 38°C. Persediaan kepala *sprinkler* cadangan tersebut paling sedikit adalah sebagai berikut: (Sumber: SNI 03-3989- 2000)

Catatan:

Persediaan kepala *sprinkler* cadangan harus meliputi semua jenis dan tingkat suhu dari kepala *sprinkler* yang terpasang. Apabila terdapat lebih dari 2 sistem, maka jumlah persediaan *sprinkler* cadangan harus ditambah 50% dari ketentuan tersebut di atas.

6.5 Sistem Perpipaan

Pipa utama air pemadam kebakaran biasanya 8 inchi, sambungan cabangnya 6 inchi. Katup-katup harus di dalam pada interval di jalur pipa utama, sehingga apabila ada perbaikan sambungan baru dapat dilakukan tanpa membuat sistem berhenti. Katup-katup yang disediakan tidak akan menghentikan perbaikan dibawah 1000 ft dari sistem. Pipa utama pemadam air pemadam kebakaran harus dibuat *loop* (*ring* atau *O*).

Dimana untuk mendukung proses dan sistem kerja *sprinkler*, maka diperlukan sistem distribusi pipa yang terhubung dengan sumber air hingga ke titik *sprinkler*. Sistem ini memberikan beberapa keunggulan, contohnya adalah sebagai berikut:

- Air tetap dapat di distribusikan ke titik *sprinkler* walaupun salah satu area pipa mengalami kerusakan.
- Semburan air *sprinkler* lebih stabil, meskipun seluruh titik *sprinkler* dibuka.

1. Jenis Sistem Pipa Sprinkler

- Dry Pipe System* adalah suatu sistem yang menggunakan *sprinkler* otomatis yang bisa disambungkan dengan sistem perpipaannya yang mengandung udara atau nitrogen bertekanan. Pelepasan udara tersebut akibat adanya panas mengakibatkan api bertekanan membuka *dry pipe valve*. Dengan demikian air akan mengalir kedalam sistem perpipaan dan keluar dari kepala *sprinkler* yang terbuka.
- Wet Pipe System* Adalah suatu sistem yang menggunakan *sprinkler* otomatis yang disambungkan ke suplai air (*water supply*). Dengan demikian air akan segera keluar melalui *sprinkler* yang telah terbuka akibat adanya panas dari api.
- Deluge System* Adalah sistem yang menggunakan kepala *sprinkler* yang terbuka disambungkan pada sistem perpipaan yang dihubungkan ke suplai air melalui suatu *valve*. *Valve* ini dibuka dengan cara mengoperasikan sistem deteksi yang dipasang pada area yang sama dengan *sprinkler*. Ketika *valve* dibuka, air akan mengalir ke dalam sistem perpipaan dan dikeluarkan dari seluruh *sprinkler* yang telah ada.
- Preaktion System* Adalah suatu sistem yang menggunakan *sprinkler* otomatis yang disambungkan pada suatu sistem perpipaan yang mengandung udara, baik yang bertekanan atau tidak, melalui suatu sistem deteksi tambahan yang dipasang pada area yang sama dengan *sprinkler*. Pengaktifan sistem deteksi akan membuka suatu *valve* yang mengakibatkan air akan mengalir ke dalam sistem perpipaan *sprinkler* dan dikeluarkan melalui *sprinkler* yang terbuka.

- e. *Combined Dry Pipe-Preaction* Adalah sistem pipa berisi udara bertekanan. Jika terjadi kebakaran, peralatan deteksi akan membuka katup kontrol air dan udara dikeluarkan pada akhir pipa suplai, sehingga sistem akan terisi air dan bekerja seperti *wet pipe system*. Jika peralatan deteksi rusak, sistem akan bekerja seperti sistem *dry pipe*.

2. Klasifikasi Sistem Pipa Tegak (Hidran Box)

Berdasarkan NFPA 14 - 2000 tentang “*Standart for the installation of stand pipe, private hydrant and hose system*” menjelaskan mengenai kelas sistem pipa tegak diantaranya:

1. Sistem kelas I

Sistem harus menyediakan sambungan slang ukuran 63,5 m (2½ inci) untuk pasokan air yang digunakan oleh petugas pemadam kebakaran dan mereka yang terlatih.

2. Sistem kelas II

Sistem harus menyediakan kotak slang ukuran 38,1 mm (1½ inci) untuk memasok air yang digunakan terutama oleh penghuni bangunan atau oleh petugas pemadam kebakaran selama tindakan awal. Pengecualian slang dengan ukuran minimum 25,4 mm (1 inci) diizinkan digunakan untuk kotak slang pada tingkat kebakaran ringan dengan persetujuan dari instansi yang berwenang.

3. Sistem kelas III.

Sistem harus menyediakan kotak slang ukuran 38,1 mm (1½ inci) untuk memasok air yang digunakan oleh penghuni bangunan dan sambungan slang ukuran 63,5 mm (2½ inci) untuk memasok air dengan volume lebih besar untuk digunakan oleh petugas pemadam kebakaran atau mereka yang terlatih. Ukuran pipa tegak untuk sistem kelas I dan kelas III harus berukuran sekurang-kurangnya 100 mm (4 inci). Pipa tegak yang merupakan bagian dari sistem kombinasi harus berukuran sekurang-kurangnya 150 mm (6 inci). Pengecualian, Untuk bangunan yang seluruhnya dilengkapi dengan *sprinkler*, dan mempunyai kombinasi sistem pipa tegak yang dihitung secara hidraulik, ukuran minimum pipa tegaknya adalah 100 mm (4 inci). Ukuran pipa dengan laju aliran yang disyaratkan pada tekanan sisa 6,9 bar (100 psi) pada ujung slang terjauh dengan ukuran 65 mm (2½ inci) dan tekanan 4,5 bar (65 psi) pada ujung slang terjauh dengan ukuran 40 mm (1½ inci).

3. Susunan Pipa Instalasi Sprinkler

1. Susunan cabang ganda

Susunan sambungan di mana pipa cabang disambungkan ke dua sisi pipa pembagi.

2. Susunan cabang tunggal

Susunan sambungan di mana pipa cabang disambungkan ke satu sisi dari pipa pembagi.

3. Susunan pemasukan di tengah

Susunan penyambungan di mana pipa pembagi mendapat aliran air dari tengah.

4. Susunan pemasukan di ujung

Susunan penyambungan di mana pipa pembagi mendapat aliran dari ujung.

4. Sistem Persediaan Air Sprinkler

Persyaratan umum

Setiap sistem *sprinkler* otomatis harus dilengkapi dengan sekurang-kurangnya satu jenis sistem penyediaan air yang bekerja secara otomatis, bertekanan dan berkapasitas cukup, serta dapat diandalkan setiap saat. Sistem penyediaan air harus dibawah penguasaan pemilik gedung. Apabila pemilik tidak dapat mengendalikannya harus ditunjuk badan lain yang diberikan kuasa penuh untuk maksud tersebut. Air yang digunakan tidak boleh mengandung serat atau bahan lain yang dapat mengganggu bekerjanya *springkler*. Pemakaian air asin tidak diijinkan, kecuali bila tidak ada penyediaan air lain pada waktu terjadinya kebakaran dengan syarat harus segera dibilas dengan air bersih.

6.6 Pompa

Pompa adalah salah satu peralatan yang dipakai untuk mengubah energi mekanik (dari mesin penggerak pompa) menjadi energi tekan pada fluida yang dipompa. Pada umumnya pompa digunakan untuk memindahkan fluida dari suatu tempat ke tempat lain yang lebih tinggi tempatnya, tinggi tekanannya, ataupun untuk sirkulasi.

Ada berbagai macam pompa, pembagian ini dapat berdasarkan pada:

- a. Tekanan keluaran (rendah, sedang dan tinggi).
- b. Kapasitas yang dihasilkan (rendah, sedang dan tinggi).
- c. Fluida yang ditangani (air, minyak dan lain-lain).
- d. Posisi atau kedudukannya (mendatar dan tegak).

Klasifikasi seperti diatas sangat terbatas jangkauannya dan cenderung saling melingkupi atau tumpang tindih. Sistem klasifikasi pompa yang lebih kuat adalah yang didasarkan pada bagaimana energi ditambahkan pada fluida yang dipompa. Dalam sistem klasifikasi ini, secara garis besar pompa dapat dibagi menjadi:

1. Pompa perpindahan positif (*Positive Displacement Pump*)
Dimana energi ditambahkan pada fluida kerja secara periodik oleh suatu gaya yang dikenakan pada satu atau lebih batas sistem yang dapat bergerak. Contoh, pompa, torak, pompa putar dan pompa diafragma.
2. Pompa dinamik (*Dynamic Pump* atau *non Positif Displacement Pump*)
Dimana energi yang ditambahkan pada fluida kerja di dalam pompa secara kontinyu dinaikan kecepatannya, kemudian dilakukan penurunan kecepatan fluida dibagian lain dalam pompa unntuk mendapatkan energi tekan. Contoh, pompa sentrifugal, pompa aksial, pompa khusus (menggunakan fluida perantara gas atau cair).

1. Pompa Jenis Putar.

a. Pompa *centrifugal*.

Komponen pompa *centrifugal* adalah *impeller* (bagian yang berputar) dan rumah pompa (*stasioner*). Selepas dari *impeller* air akan masuk kedalam rumah pompa yang menyerupai bentuk keong, dan disalurkan ke pipa keluar. Pompa dengan *impeller* tunggal disebut pompa tingkat tunggal. Apabila beberapa *impeller* dipasang pada satu poros dan air dialirkan dari *impeller* pertama ke *impeller* ke dua dan secara berturutan,

disebut pompa dengan tingkat banyak (*multistage*). Jumlah *impeller* dalam pompa tingkat banyak bias mencapai 10 tingkat.

b. Pompa Diffuser Atau Pompa Turbin

1) Pompa turbin untuk sumur (*bare-hole pump*).

Pompa ini dipasang dengan poros *vertical*, motor penggeraknya (motor listrik atau motor bakar) dipasang diatas dan terpisah dari pompa. Dahulu banyak dipakai untuk sumur dalam (*deep well*). Tetapi dengan kemajuan teknologi pembuatan motor listrik yang dapat ditenamkan dalam air, pompa jenis ini tidak lagi digunakan untuk sumur-sumur dalam.

2) Pompa *submersible* untuk sumur dalam.

Pompa jenis ini terutama digunakan untuk sumur-sumur dalam, dimana motor listrik terpasang langsung pada rumah pompa (*direct coupled*) dan merupakan suatu konstruksi yang terpadu. Penyambung keatas hanya dengan pipa keluar dan kabel penghantar daya listrik.

2. Pompa Jenis Langkah Positif (*Positive Displacement*)

a. Pompa Torak

Gerakan torak bolak-balik dalam silinder akan menimbulkan tekanan positif atau negatif pada satu sisinya, yang akan membuka katup keluar atau katup masuk dan mengalirkan air keluar kedalam pipa atau masuk kedalam silinder. Jumlah air yang dialirkan sama dengan volume langkah dari torak tersebut. Pada saat ini pompa torak sudah jarang digunakan sebagai pompa penyediaan air.

b. Pompa Tangan

Pada prinsipnya pompa jenis ini sama dengan pompa torak, hanya konstruksinya yang dibuat khusus agar mudah digerakkan dengan tangan. Kemampuannya hanya untuk mengangkat air terbatas kemampuan daya manusia.

3. Pompa khusus

a. Pompa *Vortex*

Pompa *vortex* atau disebut juga pompa kaskade, mempunyai *impeller* dengan lekukan-lekukan yang dipotong pada pinggirannya yang berputar dalam suatu rumah silindris. Ciri khas dari karakteristik pompa ini adalah mampu memberikan tekanan yang tinggi pada laju aliran yang tidak besar. Banyak digunakan untuk gedung kecil atau perumahan.

b. Pompa *Jet*

Pompa ini kadang-kadang disebut juga sebagai pompa injeksi walaupun istilah ini tidak tepat. Sebenarnya pompa ini merupakan suatu sistem yang terdiri dari sebuah pompa *centrifugal* dan suatu *jet-ejector*, digunakan untuk memompa sumur yang muka airnya lebih dari 10 meter dibawah permukaan tanah.

c. Pompa Bilah (*Wing Pump*)

Pompa jenis ini digerakkan tangan dan sering dipakai untuk perumahan. *Impeller* dalam suatu rumah silindris berputar kira-kira 90°. Pompa jenis ini mampu mengangkat air sampai setinggi 60 meter. Kelemahannya

terletak pada *impeller* nya yang makin lama makin aus, sehingga effisiensinya menurun dan kemampuannya mengangkat air berkurang.

Adapun pompa yang digunakan dalam sistem *hydrant* adalah sebagai berikut :

1. *Jockey Pump*

Berfungsi untuk menjaga tekanan air didalam sistim instalasi tetap stabil, sehingga apabila terjadi sedikit kebocoran pada pompa, valve dan perlengkapan lainnya dalam instalasi, maka *Jockey Pump* akan mengembalikan pada tekanan yang di tentukan. *Jockey Pump* dioperasikan dari panel *jockey* yang terletak di ruang pompa, *power* kerja *Jockey* didapat dari panel induk (*panel incoming*) yang juga terletak di ruang pompa. *Jokey Pump* bertugas memompakan air keseluruhan jaringan sistem pemadam kebakaran dan mempertahankan tekanan tersebut posisi 17 kg/cm². Apabila tekanan statis yang dibutuhkan telah mencapai 17 kg/cm² , maka secara otomatis *Jockey Pump* akan berhenti bekerja. Jika ada kebocoran atau adanya penggunaan air pada jaringan instalasi pemadam dan tekanan statisnya berkurang hingga 15 kg/cm² , maka saecara otomatis *Jockey Pump* akan bekerja kembali sehingga mencapai tekanan 17 kg/cm².



Gambar 2.3 Jockey Pump
Gambar 31. Jockey Pump

Fungsi:

- Menjaga agar tekanan di jaringan pipa tetap dalam kondisi *standby*.
- Apabila terdapat kebocoran kecil di jaringan pipa, maka *Jockey Pump* akan beroperasi (secara otomatis) untuk memulihkan tekanan di jaringan.

Prinsip Kerja:

- Digerakan oleh motor listrik.
- *Start* dan *Stop* operasinya secara otomatis berdasarkan sensor tekanan (*Pressure Swithch*).

2. *Electric Pump*

Berfungsi memompa air yang dihisap dari bak air (*reservoir*) dan *Hydrant Pillar* untuk *Outdoor*. *Main electric pump* sebagai pompa pendorong yang digunakan pada saat terjadi pemadam api (*Fire*). *Main electric pump* dioperasikan saat terjadi kebakaran digunakan, maka *jockey pump* tidak mampu memberikan tekanan yang dibutuhkan dan secara perlahan tekanan *jockey pump*

akan drop 14kg/cm^2 perlahan tekanan mencapai 14 kg/cm^2 dan *electric pump* akan bekerja.



Gambar 32. Electric Pump

Fungsi :

- Sebagai pompa pemadam kebakaran utama.
- Apabila *sprinkler* pecah atau *hydrant pillar* dibuka untuk pemadam api, maka *pompa electric* akan beroperasi secara *otomatis*.

Pinsip kerja :

- Digerakan oleh motor listrik.
- *Start* operasi secara *otomatis* berdasarkan sensor tekanan (*Pressure Swicth*).
- *Stop* operasi secara manual berdasarkan sensor tekanan (*Pressure Swicth*) dan tombol *stop*.

3. Diesel pump

Sebagai *back up* dan membantu pompa pendorong dimana pada saat kebakaran pada umumnya *power* listrik yang *mensupply electric pump off* (mati). *Diesel Pump* berfungsi:

- a. Dalam keadaan listrik hidup, membantu kerja *electric pump* guna memenuhi kebutuhan air yang diharapkan jika tekanan dan *volume* air berkurang pada *pillar*.
- b. Dalam keadaan listrik mati, *Diesel Pump* digunakan untuk menggantikan *main electric pump* apabila tekanan yang diberikan *main electric pump* turun hingga 13 kg/cm^2 , atau jika terjadi pemadaman aliran listrik. *Diesel Pump* digunakan bukan adanya pemadaman aliran listrik, bisa juga digunakan jika *main electric pump* gagal bekerja, misalnya adanya *trouble* pada motor penggerak *electric pump*.



Gambar 33. Diesel Pump

Fungsi :

- Sebagai pompa pemadam kebakaran cadangan apabila *power listrik* sudah tidak tersedia lagi untuk operasi pemadaman.

Prinsip Kerja :

- Digerakkan oleh *Diesel Engine*.
- *Start* operasi secara otomatis berdasarkan sensor tekanan (*Pressure Swicth*).
- *Stop* operasi secara manual berdasarkan sensor tekanan (*Pressure Switch*) dan tombol *stop*.

4. Kapasitas Pompa

Kapasitas pompa sama dengan kebutuhan air pada jam puncak.

$$Q = \frac{Qt}{t}$$

Dimana:

- Q : Kapasitas Pompa (L/h)
- Qt : Pemakaian Air per hari (m³)
- T : Waktu kerja perhari

4. Tinggi Angkat Pompa (*Head Pump*)

Tinggi angkat pompa (*head pump*) adalah kemampuan suatu pompa mendistribusikan air dari tempat yang rendah menuju ke tempat yang tinggi. Tinggi angkat pompa dapat dinyatakan dengan rumus :

$$H=H_a + H_{fsd} + v^2/2g$$

Dimana :

- H : Tinggi angkat total (m)
- H_s : Tinggi hisap (m)
- H_d : Tinggi tekan (m)
- H_a : Tinggi potensial (m)
- H_{fsd2} : Kerugian gesek dalam pipa hisap dan pipa tekan (m)
- v²/2g : Tekanan kecepatan pada lubang keluar pipa (m)

Dalam hal ini dimana pompa menghisap air dari tangki bawah dan tekanan pada muka air tangki tersebut sama dengan tekanan udara luar, sedangkan tekanan pada muka air tangki luar sama dengan tekanan udara, maka H_z yang

nilainya sama dengan ($H_z + H_d$), adalah jarak vertikal dari muka air tangki bawah sampai keluar pipa tekan yang ada diatas muka air. Jika lubang keluar pipa tersebut terbenam dalam tangki atas, maka jarak tadi diukur sampai muka air.

5. **Daya Pompa**

Daya hidraulik pompa adalah daya yang di masukan kedalam air oleh motor atau torak pompa sehingga air tersebut mengalir. Daya poros pompa adalah daya yang harus dimasukan kedalam poros pompa. Daya hidraulik (dalam kilowatt) dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$N_h = (0,163)(Q)(H)(\gamma)$$

Dimana :

- H : Tinggi angkat total (m)
- Q : Kapasitas pompa (m^3/min)
- γ : Berat spesifik (kg/liter)

Daya poros pompa (disebut juga *brake horse power* atau *shaft horsepower*) adalah daya hidraulik dibagi dengan effisiensi pompa:

$$N_p = (N_h) / \eta_p$$

Dimana :

- η_p : Efisiensi pompa

6. **Pengertian Valve**

Valve (katup) adalah sebuah perangkat yang mengatur, mengarahkan atau mengontrol aliran dari suatu cairan (gas, cairan, padatan, terfluidisasi) dengan membuka, menutup, atau menutup sebagian dari jalan alirannya. *Valve* (katup) dalam kehidupan sehari-hari, paling nyata adalah pada pipa air, seperti keran untuk air. Contoh akrab lainnya termasuk katup kontrol gas di kompor, katup kecil yang dipasang dikamar mandi dan masih banyak lagi. Katup memainkan peran penting dalam aplikasi industri mulai dari transportasi air minum juga untuk mengontrol pengapian di mesin *roket*. *Valve* (katup) dapat dioperasikan secara manual, baik oleh pegangan, tuas pedal dan lain-lain. Selain dapat dioperasikan secara manual katup juga dapat dioperasikan secara otomatis dengan menggunakan prinsip perubahan aliran tekanan, suhu, dan lain-lain. Perubahan-perubahan ini dapat mempengaruhi diafragma pegas atau piston yang pada gilirannya mengaktifkan katup secara otomatis.

Macam-macam *Valve* (katup) yang sering digunakan adalah sebagai berikut:

1. ***Gate Valve***



Gambar 34. *Gate Valve*

Gate Valve adalah jenis katup yang digunakan untuk membuka aliran dengan cara mengangkat gerbang penutupnya yang berbentuk bulat atau persegi panjang. *Gate Valve* adalah jenis *valve* yang paling sering dipakai dalam sistem perpipaan yang fungsinya untuk membuka dan menutup aliran.

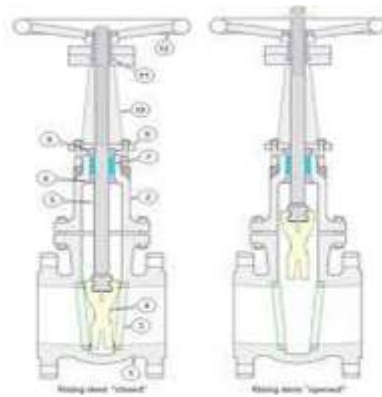
Gate Valve tidak untuk mengatur besar kecil laju suatu aliran fluida dengan cara membuka setengah atau seperempat posisinya, jadi posisi *gate* pada *valve* ini harus benar-benar terbuka (*fully open*) atau benar-benar tertutup (*fully close*). Jika posisi *gate* setengah terbuka maka akan terjadi turbulensi pada aliran tersebut dan turbulensi ini akan menyebabkan hal sebagai berikut :

- a. Akan terjadi pengikisan sudut-sudut *gate*.
Laju aliran fluida yang turbulensi ini dapat mengikis sudut-sudut *gate* yang dapat menyebabkan erosi dan pada akhirnya *valve* tidak dapat bekerja secara sempurna.
- b. Terjadi perubahan pada posisi dudukan gerbang penutupnya.
Gerbang penutup akan terjadi pengayunan terhadap posisi dudukan (*seat*), sehingga lama-lama kelamaan posisinya akan berubah terhadap dudukan (*seat*), sehingga apabila *valve* menutup maka gerbang penutupnya tidak akan berada pada posisi yang tepat, sehingga bisa menyebabkan *passing*.

Ada 2 jenis *Gate Valve* :

1. ***Rising Stem Gate Valve***

Jika dioperasikan *handwheel* naik dan stem juga naik

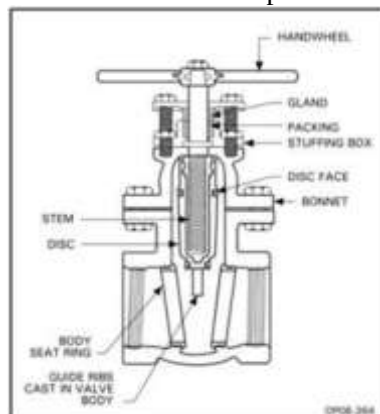


Gambar 35. Rising Steam Gate Valve

- | | | |
|-------------|--------------|-------------------|
| 1. Body | 5. Stem | 9. Gland Follower |
| 2. Bonnet | 6. Back Seat | 10. Yoke |
| 3. Seat (s) | 7. Packing | 11. Stem Nut |
| 4. Disk | 8. Gland | 12. Hand Wheel |

2. *Non Rising Stem Gate Valve*

Jika di operasikan *handwheel* tetap dan stem juga tetap



Gambar 36. Non Rising Steam Gate Valve

a. *Outside Screw dan Yoke Gate Valve*

Jika di operasikan, *handwheel* tetap dan stemnya naik. *Rising stem* dan *Non Rising Stem* digunakan untuk tekanan yang tidak terlalu tinggi, dan tidak cocok untuk getaran, *Outside Screw* dan *Yoke Gate Valve* amat cocok digunakan untuk *high pressure*. Biasanya OS dan Y banyak di gunakan dilapangan minyak, medan yang tinggi, temperature tinggi. Karena pada OS dan Y *stem* naik atau turun bisa dijadikan sebagai penanda. Contoh apabila *stem* tinggi itu menandakan posisi *valve* sedang buka penuh. Pada dasarnya *body* dan *bonet* pada *gate* terbuat dari bahan yang sama.

- Keuntungan menggunakan *gate Valve* :

- *Low pressure drop* waktu buka penuh.
- Amat ketat dan cukup bagus waktu penutupan penuh.
- Bebas kontaminasi.
- Sebagai Gerbang penutupan penuh, sehingga tidak ada tekanan lagi, cocok apabila melakukan *service* atau perbaikan pada pipa
- Kerugian menggunakan *Gate Valve*
 - Tidak cocok di gunakan untuk separuh buka, karena akan menimbulkan turbulensi sehingga bisa mengakibatkan erosi dan perubahan posisi *gate* pada dudukan
 - Untuk membuka dan menutup *valve* perlu waktu yang panjang dan memerlukan torsi (*torque*) yang tinggi
 - Untuk ukuran 10" keatas, tidak cocok di gunakan untuk *steam*

b. *Globe Valve*

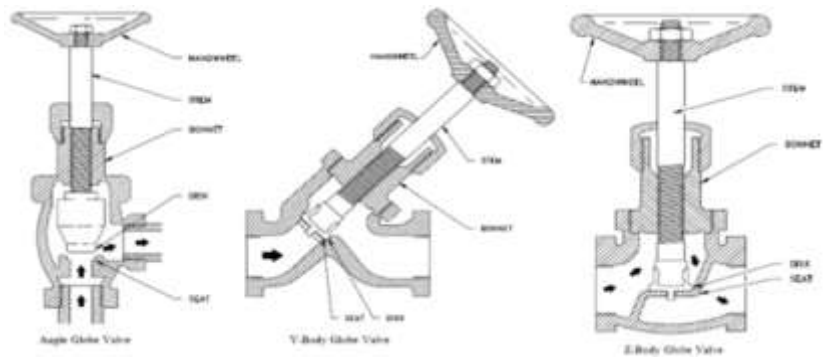
Globe Valve adalah jenis *valve* yang digunakan untuk mengatur laju aliran fluida dalam pipa.



Gambar 37. *Globe Valve*

Prinsip dasar dari operasi *Globe Valve* adalah gerakan tegak lurus *disk* dari dudukannya. Hal ini memastikan bahwa ruang berbentuk cincin antara *disk* dan cincin kursi bertahap sedekat *valve* ditutup. Ada tiga jenis desain utama bentuk tubuh *Globe Valve*, yaitu *Z-body*, *Y-body*, dan *Angle-body*.

- *Z-body* desain adalah tipe yang paling umum yang sering dipakai, dengan diafragma berbentuk Z. Posisi dudukan *disk horizontal* dan pergerakan batang *disk* tegak lurus terhadap sumbu pipa atau dudukan *disk*. Bentuknya yang simetris memudahkan dalam pembuatan, instalasi, maupun perbaikanya.
- *Y-body* desain adalah sebuah alternatif untuk *high pressure drop*. Posisi dudukan *disk* dan batang (*stem*) bersudut 45° dari arah aliran fluidanya. Jenis ini sangat cocok untuk tekanan tinggi.
- *Angle-Body* desain adalah modifikasi dasar dari *Z-Valve*. Jenis ini digunakan untuk mentransfer aliran dari vertikal ke horizontal.



Gambar 38. Angle Globe Valve, Y-body Valve, Z-body Valve

Macam-macam bentuk *Disk* atau *plug* dari *Globe Valve* : *Type Plug Disk*

- a. *Type Regulating disk.*
 - b. *Type flat.*
 - c. *Type shoft seat disk.*
 - d. *Type guide disk*
- Keuntungan menggunakan *Globe Valve* adalah:
 - Kemampuan dalam menutup baik.
 - Kemampuan *throttling* (mengatur laju aliran) cukup baik
 - Kelemahan utama menggunakan *Globe Valve* adalah:
 - Penurunan tekanan lebih tinggi dibandingkan dengan *Gate Valve*.
 - *Valve* ukuran besar membutuhkan daya yang cukup atau aktuator yang lebih besar untuk beroperasi.

c. **Ball Valve**

Ball Valve adalah sebuah *valve* atau katup dengan pengontrol aliran berbentuk *disk* bulat (seperti bola atau belahan). Bola itu memiliki lubang yang berada di tengah sehingga ketika lubang tersebut segaris lurus atau sejalan dengan kedua ujung *valve* (katup). Maka aliran akan terjadi tetapi ketika katup tertutup berada tegak lurus terhadap ujung katup, maka aliran akan terhalang atau tertutup.

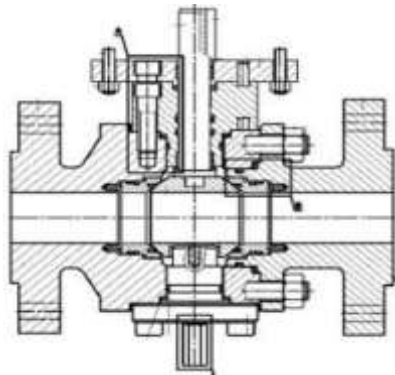


Gambar 39. Ball Valve

Ball Valve banyak digunakan karena kemudahannya dalam perbaikan dan kemampuan untuk menahan tekanan dan suhu tinggi. Tergantung dari material

apa mereka terbuat, *Ball Valve* dapat menahan tekanan hingga 10.000 Psi dan dengan temperatur sekitar 200 derajat Celcius. *Ball Valve* digunakan secara luas dalam aplikasi industri karena mereka sangat serbaguna, dapat menahan tekanan hingga 1000 barr dan suhu hingga 482° F (250° C). Ukurannya biasanya berkisar 0,2-11,81 inchi (0,5cm sampai 30cm). *Ball Valve* dapat terbuat dari logam, plastik, atau pun dari bahan keramik. Bolanya sering dilapisi chrome untuk membuatnya lebih tahan lama. Ada 2 tipe *Ball Valve* yaitu:

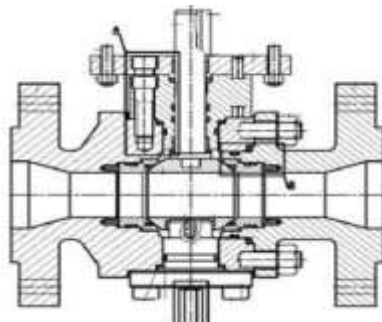
a. *Full bore ball valve*



Gambar 40. Full Bore Ball

Full bore ball valve adalah tipe *ball valve* dengan diameter lubang bolanya sama dengan diameter pipa. Jenis *full bore ball valve* biasanya digunakan pada *blow down, piggable line, production manifold pipeline* dan lain-lain.

b. *Reduced bore ball valve*



Gambar 41. Reduced Bore Ball Valve

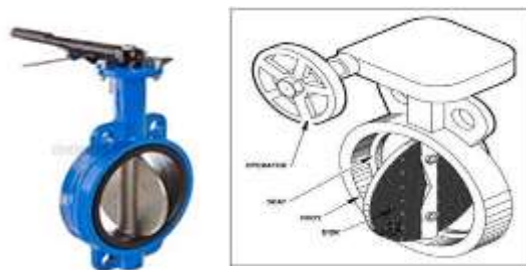
Reduced bore ball valve adalah jenis *ball valve* yang diameter lubang bolanya tidak seukuran dengan ukuran pipa. Minimum diameter bola katup yang berkurang adalah satu ukuran lebih rendah dari ukuran diameter pipa sebenarnya. Misalnya ukuran diameter pipa 4 inchi dan diameter bola valve adalah 3 inchi.

d. *Butterfly Valve*

Butterfly Valve adalah valve yang dapat digunakan untuk mengisolasi atau mengatur aliran. Mekanisme penutupan mengambil bentuk sebuah *disk*. sistem pengoperasiannya mirip dengan *ball valve*, yang memungkinkan cepat untuk menutup. *Butterfly Valve* umumnya disukai karena harganya lebih murah di banding valve jenis lainnya. desain valvenya lebih ringan dalam berat dibanding jenis-jenis valve yang lain. Biaya pemeliharaan biasanya pun lebih rendah karena jumlah bagian yang bergerak minim.

Sebuah *butterfly valve*, di ilustrasikan pada Gambar di bawah ini, adalah gerakan berputar valve yang digunakan untuk berhenti, mengatur, dan mulai aliran fluida. *Butterfly Valve* mudah dan cepat untuk dioperasikan karena rotasi 90° yang digerakkan oleh *handwheel* dengan menggerakkan disk dari tertutup penuh ke posisi terbuka penuh.

Butterfly Valve sangat cocok untuk penanganan arus besar cairan atau gas pada tekanan yang relatif rendah dan untuk penanganan slurries atau cairan padatan tersuspensi dengan jumlah besar.



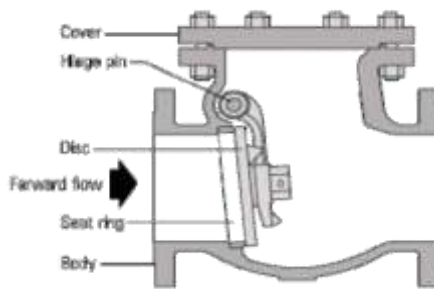
Gambar 42. *Butterfly Valve*

e. *Check Valve*

Check valve adalah alat yang digunakan untuk membuat aliran fluida hanya mengalir ke satu arah saja atau agar tidak terjadi *reversed flow/back flow*. Aplikasi valve jenis ini dapat dijumpai pada *outlet/discharge* dari *centrifugal pump*. Ketika laju aliran fluida sesuai dengan arahnya, laju aliran tersebut akan membuat *plug* atau disk membuka. Jika ada tekanan yang datang dari arah berlawanan, maka *plug* atau *disk* tersebut akan menutup. Jenis-jenis *check valve* :

a. *Swing Check Valve*

Check valve tipe ini terdiri atas sebuah disk seukuran dengan pipa yang digunakan, dan dirancang menggantung pada poros (*hinge pin*) di bagian atasnya. Apabila terjadi aliran maju atau *forward flow*, maka disk akan terdorong oleh tekanan sehingga terbuka dan fluida dapat mengalir menuju saluran *outlet*. Sedangkan apabila terjadi aliran balik atau *reverse flow*, tekanan fluida akan mendorong disk menutup rapat sehingga tidak ada fluida yang mengalir. Semakin tinggi tekanan balik semakin rapat disk terpasang pada dudukannya.



Gambar 43. Swing Ceck Valve

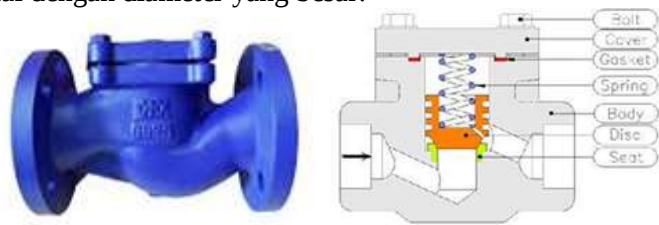
b. *Lift Check Valve*

Penggunaan untuk fluida steam, gas, maupun liquid yang mempunyai *flow* yang tinggi. Dalam konfigurasinya mirip dengan *globe valve* hanya saja pada *globe valve*.

Putaran *disk* atau *valve* dapat dimanipulasi sedangkan pada *lift check valve* tidak (karena *globe valve* adalah jenis valve putar dan *control valve*).

Port inlet dan *outlet* dipisahkan oleh sebuah plug berbentuk kerucut yang terletak pada sebuah dudukan, umumnya berbahan logam. Ketika terjadi foward flow, plug akan terdorong oleh tekanan cairan sehingga lepas dari dudukannya dan fluida akan mengalir ke saluran outlet. Sedangkan apabila terjadi *reverse flow*, tekanan fluda justru akan menempatkan plug pada dudukannya, semakin besar tekanan semakin rapat pula posisi plug pada dudukannya, sehingga fluida tidak dapat mengalir.

Bahan dari dudukan plug adalah logam, hal ini mempertimbangkan tingkat kebocoran yang sangat sedikit dari *check valve* tersebut. Umumnya *lift check valve* digunakan untuk aplikasi fluida gas karena tingkat kebocoran yang kecil. Penggunaan *check valve tipe lift* ini di industri adalah untuk mencegah aliran balik *condensate* ke *steam trap* yang dapat menyebabkan terjadinya korosi pada turbin uap. Keuntungan menggunakan *lift check valve* adalah terletak pada kesederhanaan desain dan membutuhkan sedikit pemeliharaan. Kelemahannya adalah instalasi dari *check valve* jenis *lift* hanya cocok untuk pipa horisontal dengan diameter yang besar.



Gambar 44. Lift Ceck Valve

c. *Back water check valve*

Back water valve, banyak digunakan pada sistem pembuangan air bawah tanah yang mencegah terjadinya aliran balik dari saluran pembuangan saat terjadi banjir. Saat banjir saluran pembuangan akan penuh dan bertekanan tinggi sehingga memungkinkan terjadinya aliran balik, dengan menggunakan *back water valve*, hal ini dapat diatasi dengan baik.

d. *Swing Type Wafer Check Valve*

Dalam penggunaan *swing check valve* dan *lift check valve* terbatas hanya untuk pipa ukuran besar (diameter DN80 atau lebih). jadi sebagai solusinya adalah dengan menggunakan wafer check valve. Dengan menggunakan *wafer ceck valve* dapat digunakan tubing dengan ukuran yang mengerucut pada satu sisinya sehingga dapat diaplikasikan pada pipa yang lebih kecil ukurannya.

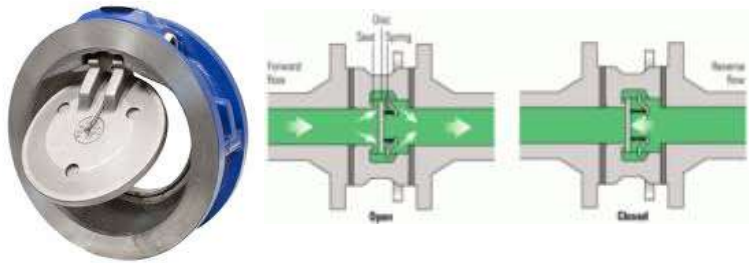


Gambar 45. Swing Type Check Valve

e. *Disk Check valve*

Valve jenis ini terdiri atas *body*, *spring*, *spring retainer* dan *disc*. Prinsip kerjanya adalah saat terjadi *forward flow*, maka disk akan didorong oleh tekanan fluida dan mendorong spring sehingga ada celah yang menyebabkan aliran fluida dari *inlet* menuju *outlet*. Sebaliknya apabila terjadi *reverse flow*, tekanan fluida akan mendorong disk sehingga menutup aliran fluida perbedaan tekanan diperlukan untuk membuka dan menutup valve jenis ini dan ini ditentukan oleh jenis spring yang digunakan. Selain *spring standard*, tersedia juga beberapa pilihan spring yang tersedia:

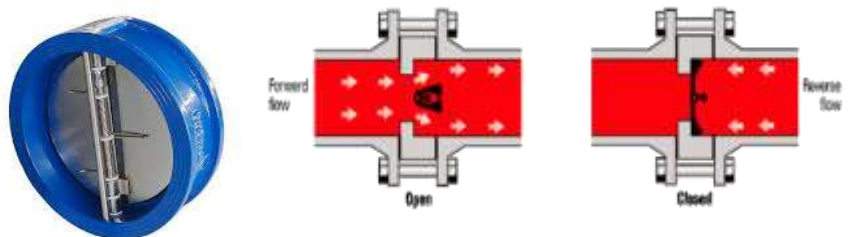
- *No spring* - Digunakan di mana perbedaan tekanan di valve kecil.
- *Nimonic spring* - Digunakan dalam aplikasi suhu tinggi.
- *Heavy duty spring* - Hal ini meningkatkan tekanan pembukaan yang diperlukan. Bila dipasang pada *line boiler water feed*, dapat digunakan untuk mencegah uap boiler dari kebanjiran ketika mereka *unpressurised*.



Gambar 46. Disc Check Valve

f. *Split disc check valve*

Check valve jenis ini adalah terdiri dari disk yang bagian tengahnya merupakan poros yang memungkinkan disk bergerak seolah terbagi dua bila didorong dari arah yang benar (*forward flow*) dan menutup rapat bila ditekan dari arah yang salah (*reverseflow*).



Gambar 47. Split Disc Check Valve

g. *Safety Valve*

Safety valve adalah jenis valve yang mekanismenya secara otomatis melepaskan zat dari *boiler*, Bejana tekan, atau suatu sistem, ketika tekanan atau temperatur melebihi batas yang telah ditetapkan. Katup pengaman pertama kali digunakan pada ketel uap selama Revolusi industri.

Cara kerja *Pressure Safety Valve* :

Pressure safety valve mempunyai tiga bagian utama yaitu *inlet*, *outlet* dan *spring set*. Fluida bertekanan berada pada *inlet* PSV. PSV posisi menutup selama tekanan fluida lebih kecil dibandingkan tekanan spring pada *spring set*. Sebaliknya jika tekanan fluida lebih tinggi dibandingkan tekanan *spring set* maka *spring set* akan bergerak naik dan membuka katup yang akan membuang tekanan melalui outlet sampai tekanan fluida maksimal sama dengan tekanan *spring set*.

6.7 Jaringan Pipa

a. Ukuran Pipa Bahaya Kebakaran Ringan

Ukuran ditentukan dengan tabel dan sebagian dengan perhitungan hidrolis. Ukuran pipa untuk sistem bahaya kebakaran ringan seperti terlihat pada tabel 13

Tabel 13. Ukuran Pipa Bahaya Kebakaran Ringan

Pipa baja		Pipa tembaga	
Ukuran pipa (inci)	Jumlah maksimum Kepala springkler	Ukuran pipa (inci)	Jumlah maksimum kepala springkler
1	2	1	2
1 1/4	3	1 1/4	3
1 1/2	5	1 1/2	5
2	10	2	12
2 1/2	30	2 1/2	40
3	60	3	65
3 1/2	100	3 1/2	115
4	-	4	-

b. Ukuran Pipa Bahaya Kebakaran Sedang

Ukuran ditentukan dengan tabel dan sebagian dengan perhitungan hidrolis. Ukuran pipa untuk sistem bahaya kebakaran sedang seperti terlihat pada tabel 14

Tabel 14. Ukuran Pipa Bahaya Kebakaran Sedang

Pipa baja		Pipa tembaga	
Ukuran pipa (inci)	Jumlah maksimum kepala springkler	Ukuran pips (inci)	Jumlah maksimum kepala springkler
1	2	1	2
1 1/4	3	1 1/4	3
1 1/2	5	1 1/2	5
2	10	2	12
2 1/2	30	2 1/2	40
3	60	3	65
3 1/2	100	3 1/2	115
4	-	4	-
5	160	5	180
6	275	6	300
8	-	8	-

c. Ukuran Pipa Bahaya Kebakaran Berat

Ukuran ditentukan dengan tabel dan sebagian dengan perhitungan hidrolis. Ukuran pipa untuk jenis ini terlihat pada tabel 15

Tabel 15. Ukuran Pipa Cabang Bahaya Kebakaran Berat

Pipa Baja		Pipa Tembaga	
Ukuran pipa (inci)	Jumlah maksimum kepala springkler	Ukuran pipa (inci)	Jumlah maksimum kepala springkler
1	2	1	2
1 1/4	3	1 1/4	3
1 1/2	5	1 1/2	5
2	10	2	12
2 1/2	30	2 1/2	40
3	60	3	65
3 1/2	100	3 1/2	115
4	55	4	65
5	90	5	100
6	150	6	170
8	-	8	-

d. Perlengkapan Jaringan Pipa

Jumlah kepala *springkler* yang dikendalikan oleh sebuah katup kendali adalah sebagai berikut:

- 500 buah untuk sistem bahaya kebakaran ringan.
- 1.000 buah untuk masing-masing sistem bahaya kebakaran sedang dan sistem bahaya kebakaran berat.

Beberapa komponen yang terdapat di sekitar katup kendali (*alarm control valve*) antara lain adalah:

- Katup penutup utama (*stop main valve*) yang digunakan untuk menutup aliran air ke arah kepala *springkler* yang sudah terbuka dan pada saat kebakaran sudah dipadamkan.
- Katup kendali (*alarm control valve*) akan terbuka, bila terjadi aliran air melalui perpipaan ke arah kepala *springkler* yang sudah terbuka dan memancarkan air.
- Katup uji dan pengosong (*test and drain valve*) digunakan untuk menguji aliran air dan juga untuk membuang air dari atau mengosongkan sistem *springkler* bila perlu. Ukuran katup tergantung pada tingkat bahaya kebakaran, yaitu 40 mm untuk sistem bahaya kebakaran ringan dan 50 mm masing-masing untuk sistem bahaya kebakaran sedang dan berat.
- Manometer* digunakan untuk mengetahui tekanan air dari katup kendali dan katup penutup utama.

e. Diameter Pipa

Diameter pipa tersebut dapat ditentukan berdasarkan rumus:

$$Q = V.A$$

$$A = \frac{\pi}{4} d^2$$

$$d = \frac{\sqrt{4.A}}{\pi}$$

Dimana:

Q : kapasitas aliran (L/min)

V : Kecepatan didalam pipa (m/s)

A : Luas Penampang Pipa(m)

f. Jenis-Jenis Pipa

1) Pipa besi

Memang pipa ini lebih kuat dan tahan, tapi pemasangannya kurang praktis. Pipa tidak luwes mengikuti kontur atau jalur setiap sambungan butuh drat bila rusak atau bocor perbaikannya pun tidak mudah, bagian dalam pipa bisa berkarat sehingga air jadi kotor dan bau, harganya pun lebih mahal.

2) Pipa tembaga

Bisa menjadi alternatif karena lebih *flexibel* dan tidak berkarat, selain juga tahan panas dan tekanan tinggi pemasangannya tidak perlu banyak sambungan sehingga lebih praktis dan cepat. Harganya lebih mahal meskipun lebih murah ketimbang pipa besi.

3) Pipa PVC

(*Poliviny Chloride*) yang lebih murah selain untuk air bersih PVC dipakai juga untuk saluran kloset air limbah dan talang air hujan.

4) Pipa uPVC

(*Unplasticized Polyvinl Chloride*) lebih kuat dan lebih tahan terhadap tekanan pipa uPVC ini mampu menahan lima kali pipa PVC dengan daya tahan sampai 50 tahun dua kali pipa PVC. Meskipun demikian tetap saja pipa uPVC tidak disarankan untuk saluran air panas.

5) Pipa PEX

Selain PVC dan uPVC ada pipa baru yang diklaim tidak mengandung zat berbahaya lebih kuat dan bisa dipakai baik untuk air panas dan air dingin, yaitu pipa berbahan *polyethylene* atau PEX (*polyethylene cross linked*) seperti *westpex* dan *rifeng*, serta pipa HDPE (*high density polyethylene*) dari paralon pipa PEX merupakan jenis pipa mutakhir untuk menggantikan pipa PVC dan uPVC, besi dan tembaga pipa *polyethylene* lebih kuat, *higienis* dan aman. Ketahanannya mulai dari minus 40°C sampai 110°C dengan umur setara pipa uPVC

Ada jenis pipa lain yang lebih kuat tidak berkarat, tidak beracun dan tahan terhadap tekanan tinggi, yaitu pipa semen lebih murah ketimbang pipa keramik pipa semen masih ada pori-porinya, bisa korosi dan bisa menyerap air. Pipa semen dan keramik baru dipasarkan untuk proyek infrastuktur dan belum tersedia untuk rumah tangga.

g. Perbandingan jenis pipa

- PVC
Hanya bisa dipakai instalasi air dingin lebih *fleksibel* ketimbang pipa besi, tapi tidak sekuat besi dalam menahan dan masih rentan bocor. Harga jauh lebih murah ketimbang besi dan tembaga.
- uPVC
Hanya bisa dipakai untuk instalasi air dingin, lebih *fleksibel* ketimbang pipa besi lebih kuat dari pada pipa PVC. Pemasangan butuh sambungan dan masih rentan bocor, Harga lebih mahal ketimbang PVC tapi jauh lebih murah ketimbang pipa besi.
- PEX
Bisa dipakai untuk instalasi air panas dan air dingin, lebih tahan, kuat, elasiatas, dan lebih higienis karena tidak mengandung bahan berbahaya. Pemasangan praktis tidak butuh sambungan dan tidak bocor. Harga lebih mahal ketimbang pipa PVC dan uPVC tapi lebih murah ketimbang pipa besi dan tembaga.
- *Friction Loss* Pipa
Friction loss pipa terjadi karena disebabkan gesekan antara air dengan permukaan dalam pipa, sehingga menimbulkan gaya gesek dan gaya gesek inilah yang meyebabkan hambatan pada tekanan pompa. Besarnya *friction loss* pipa tergantung dari jenis material, diameter, dan panjang pipa. Dengan menggunakan pendekatan metode *Hazen William* maka formulasi untuk menentukan besarnya *friction loss* adalah sebagai berikut,

$$H_{f\text{pipe}} = h_L \times L_{\text{pipe}} \quad \dots\dots\dots\text{m}$$

$$h_L = \frac{3,35 \times 10^6 \times Q}{d^{2,63} \times C} \quad \dots\dots\dots\text{m}/100\text{m}$$

dimana :

- H = friction loss pipa m
 L_{pipe} = panjang pipa m
 h_L = head loss pipa m/100 m
Q = debit pompa liter/detik
d = diameter dalam pipa mm
C = Hazen William constatnta

Tabel 16. Nilai C Untuk Inlet Diameter Pipa Min dan Max

No.	Material Pipa	Inlet dia mm	Nilai C
1	Stainless Steel	26.6	130
		303.3	142
2	Galvanized Pipe	27.3	116
		155.3	129
3	Steel Pipe Sch 40	26.6	130
		303.3	142

4	Copper	23.0	141
		223.3	146
5	Ductile Cast Iron Uncoated K12	81.5	118
		326.2	126
6	Polyethilene Class 6	21.7	140
		278.0	140
7	PVC Class 15	29.0	142
		138.7	150

- **Friction Fitting and Valve**

Friction loss fitting dan *valve* yaitu gaya gesek yang disebabkan karena gesekan antara air dengan *fitting* dan *valve* (*elbow*, *tee*, *check valve*, *butterfly valve*, *globe valve*, dan lain-lain), dan gaya gesek ini menyebabkan hambatan tekanan pompa. Besarnya *friction loss* ini tergantung dari diameter, tipe, dan jumlah *fitting and valve*.

Dengan menggunakan pendekatan metode *Hazen William* maka formulasi untuk menentukan besarnya *friction loss* adalah sebagai berikut :

$$H_f \text{ fitting} = (hf_1 \times \text{jumlah fitting}) + (hf_2 \times \text{jumlah fitting})$$

Dimana :

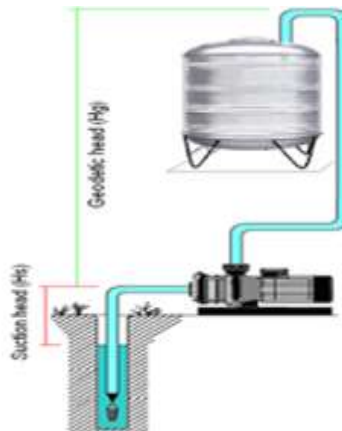
$H_f \text{ fitting}$: Jumlah *total friction loss* pipa.... M

hf_1 : *friction loss fitting* dg dia. (x) mm.... m

hf_2 : *friction loss fitting* dg dia. (y) mm.... M

- **Pengertian Geodetic Head (H_g)**

Geodetic head adalah ketinggian *vertical* dari titik tertinggi pipa *suction* ke titik tertinggi pipa *discharge*. *Geodetic head* merupakan parameter penting dan nilainya pasti sehingga tidak boleh diperkirakan.



Gambar 48. Geodetic Head (H_g)

h. Jenis-Jenis Diameter Pipa dan Velocity

Diameter pipa dan *velocity* merupakan 2 parameter yang tidak terpisahkan dan formulasinya dapat ditulis sebagai berikut :

$$Q = V \times A \quad A = (\pi d^2)/4$$

Dimana :

Q : debit pompa m³/jam
V : kecepatan air m/s
A : luas penampang lubang pipa mm²
d : diameter dalam pipa mm
π : 3,14

Tidak ada batasan yang pasti untuk menentukan *velocity*, akan tetapi untuk mendapatkan *Total Head* pompa yang optimal maka batasan *velocity* yang ideal adalah 0,9 m/s – 2 m/s.

Formulasi *total head* adalah sebagai berikut :

$$H_{tot} = H_f \text{ pipe} + H_f \text{ fitting} + H_{pd} + H_{sf} + H_g + H_s$$

Dimana :

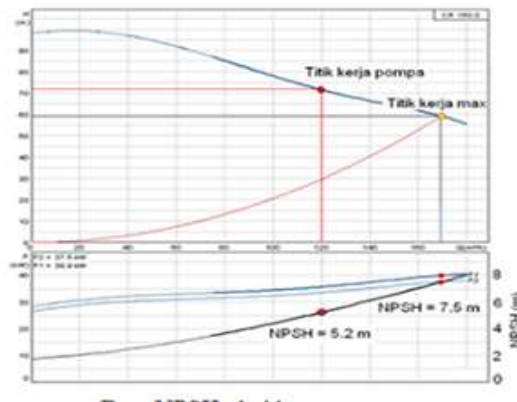
H_f pipe : *friction loss* pipa
H_f fitting : *friction loss* pipa and valve
H_{pd} : *pressure drop* peralatan
H_{sf} : *safety factor*
H_g : *geodetic head*
H_s : *suction/riser head*

6.8 Batas Tinggi Hisap Maximum, Kavitasi dan NPSH

Batas tinggi hisap maximum suatu pompa perlu diperhatikan terutama saat tahap perencanaan, karena jika pompa bekerja diatas ketinggian hisapnya maka pompa tidak bisa menghisap air atau mampu menghisap akan tetapi terjadi kavitasi sehingga *performance* pompa turun. Ada beberapa parameter yang penting berkaitan dengan kemampuan hisap yaitu, NPSH_r , NPSH_a.

a. Pengertian NPSH_r

NPSH_r atau NPSH_{required} (*Net Positive Suction Head required*) adalah pressure pompa pada sisi hisap yang nilainya ditentukan berdasarkan design pompa (*inlet suction, impeler, dll*). NPSH_r bernilai positif sehingga bersifat menghambat kemampuan hisap pompa. Jika pompa dengan nilai NPSH_r kecil berarti pompa tersebut mempunyai kemampuan hisap yang baik. Nilai NPSH_r bisa didapat dari kurva pada katalog pompa. Untuk menentukan NPSH_r sebaiknya tidak ditentukan pada titik kerja pompa, akan tetapi ditentukan pada titik kerja Q_{max} yaitu titik kerja pada kurva paling kanan, hal ini untuk memberikan factor keamanan (kemampuan hisap) yang cukup.



Gambar 49. Data Grafik NPSHr dari Kurva Pompa

NPSHr atau NPSHa *available* (*Net Positive Suction Head available*) adalah *pressure* maximum pada sisi hisap yang bernilai positive. Nilai NPSHa ditentukan dari hasil perhitungan dengan tujuan untuk membandingkan dengan NPSHr sehingga dapat diketahui apakah pada pompa akan terjadi kavitasi atau tidak. Formula NPSHa adalah sebagai berikut :

$$\text{NPSHa} = \text{Hb} - \text{Hf} - \text{Hv} - \text{Hsf} - \text{Hs}$$

Dimana :

- | | | | |
|-----|---|--|------------|
| Hb | : | <i>barometric head</i> | 10,2 meter |
| Hf | : | <i>friction loss pipa.... meter</i> | |
| | | <i>friction loss fitting and valve.... meter</i> | |
| | | <i>pressure drop peralatan.... Meter</i> | |
| Hv | : | <i>vapour head (dari tabel).... meter</i> | |
| Hsf | : | <i>safety factor head</i> | 0,5 meter |
| Hs | : | <i>suction head atau tinggi hisap meter</i> | |

Tabel Hv



Gambar 50. Tabel HV

b. Pengertian Kavitasi

Kavitasi adalah terjadinya gelembung-gelembung udara pada sisi hisap pompa yang disebabkan beberapa factor yaitu kedalaman hisap terlalu tinggi, diameter pipa hisap terlalu kecil, suhu air terlalu panas, penggunaan pompa didaerah yang terlalu tinggi (dipegunungan). Kavitasi bisa menimbulkan kerusakan pada pompa terutama *impeller* dan rumah pompa sehingga menyebabkan *performance* pompa (Q & H) turun drastis. Syarat supaya pompa tidak terjadi kavitasi maka harus memenuhi ketentuan sebagai berikut,

$$NPSH_r < NPSH_a$$

Dimana :

NPSH_r : nilai NPSH dari data pompa (meter)

NPSH_a : nilai NPSH hasil perhitungan.... (meter)

Jadi nilai NPSH_a ditentukan untuk memberikan batasan atau persyaratan nilai NPSH_r maximum yang dimiliki suatu pompa. Jika pada sistem pompa terjadi kavitasi, maka ada beberapa metode untuk mencegah kavitasi adalah sebagai berikut:

- Ketinggian hisap diperpendek atau dirubah menjadi *positif suction*.
- Diameter pipa hisap diperbesar.
- Temperatur air diturunkan.
- Menggunakan pompa dengan NPSH_r yang kecil.

c. Pengertian Tinggi Hisap Maximum

Kemampuan tinggi hisap maximum suatu pompa dapat ditentukan, setelah data NPSH_r dan data-data lainnya diketahui. Untuk menentukan tinggi hisap maximum ini harus dipertimbangkan tidak akan terjadi kavitasi pada pompa. Formulasi untuk menentukan tinggi hisap maximum adalah sebagai berikut :

$$H_{s,max} = H_b - H_f - H_v - H_{sf} - NPSH_a = NPSH_r$$

Dimana :

H_{s,max} : tinggi hisap maximum.... (meter)

H_b : *barometric head* 10,2 (meter)

H_f : *friction loss* pipa.... (meter)
friction loss fitting and valve.... (meter)
pressure drop peralatan.... meter

H_v : *vapour head* (dari tabel).... meter

H_{sf} : *safety factor head* 0,5 meter

H_s : *suct head* atau tinggi hisap max.... (meter)

d. Laju Aliran Air

Sebagai akibat adanya gesekan air terhadap dinding pipa, maka timbul tekanan terhadap aliran, yang biasanya disebut kerugian gesek. Kerugian gesek ini dapat dinyatakan dengan rumus *Darcy-Weisbach*:

$$H = (\lambda)(L/d)(v^2/2g)$$

Dimana :

h : kerugian gesek pipa lurus (m) koefisien gesekan

L : Panjang pipa lurus (m)

d : Diameter dalam (m)

v : Kecepatan rata-rata aliran air (m/s²)

g : Percepatan gravitasi = 9,81 (m/s²)

Kerugian gerak untuk setiap satuan panjang pipa (h/I) disebut *gradient hidraulik*, dinyatakan dengan I dan laju aliran air dinyatakan dengan Q maka secara *expermentil* diperoleh hubungan berikut ini yang dikenal dengan rumus *Hazen-Williams*:

$$Q = (1,67)(c)(d^{2,63})(i^{-0,54})(1000)$$

Dimana:

- Q : laju aliran air (L/min)
 c : Koefisien kecepatan aliran
 d : Diameter dalam pipa (m)
 i : Gradien hidraulik (m/m)

6.9 Data Teknis Gedung

- a. Luas Bangunan : 38.000 m²
 b. Luas Tanah : 11.000 m²
 c. Tinggi Bangunan : 49.3 m
 d. Tinggi Perlantai
 • Basemant 2 – 1 : 3 m
 • Basemant 1 – Lantai dasar : 3.5 m
 • Lantai dasar – 1 : 5 m
 • Lantai 1 – 3 : 8 m
 • Lantai 3 – 11 : 27 m
 • Lantai 11 – Atap : 2.8 m
 e. Jumlah Lantai : 11 lantai
 f. Luas ruangan : 25 m²
 g. Jumlah ruangan 1 lantai : 10 ruangan
 h. Jumlah keseluruhan ruangan : 110 ruangan
 i. Luas Area Bangunan :

Tabel 17. Data Gedung

No	Lantai	Fungsi	Office Room	Populasi Orang/Ruangan	Populasi (Orang)	Luas (m ²)
1	Basemant 1	Parking	-	-	10	3000
2	Basemant 2	Parking	-	-	10	3000
3	Lantai Dasar	Loby	-	-	80	2500
4	Lantai 1	Ruangan	10	6	60	2500
5	Lantai 2	Ruangan	10	6	60	2500
6	Lantai 3	Ruangan	10	6	60	2500
7	Lantai 4	Ruangan	10	6	60	2500
8	Lantai 5	Ruangan	10	6	60	2500
9	Lantai 6	Ruangan	10	6	60	2500
10	Lantai 7	Ruangan	10	6	60	2500
11	Lantai 8	Ruangan	10	6	60	2500
12	Lantai 9	Ruangan	10	6	60	2500
13	Lantai 10	Ruangan	10	6	60	2500
14	Lantai 11	Ruangan	10	6	60	2500
15	Lantai Atap	-	-	-	-	2000
16	Jumlah	-	110	66	760	38000

2. Fungsi Bangunan

- | | |
|----------------------------|-----------|
| a. Lantai Basemant 1 dan 2 | : Parking |
| b. Lantai Dasar | : Lobby |
| c. Lantai 1 – 11 | : Room |
| d. Lantai Atap | : M/E Roo |

SECTION 7. STUDI KASUS PERANCANGAN HIDRAN

7.1 Perancangan Sprinkler dan Hydrant Box

Hydrant adalah sebuah alat perlindungan api aktif yang disediakan di sebagian wilayah perkotaan, pinggiran kota, dan perdesaan yang memiliki ketersediaan (pasokan) air yang cukup yang memungkinkan petugas pemadam kebakaran untuk menggunakan pasokan air tersebut untuk membantu memadamkan kebakaran. Komponen utama hidran yaitu Sistem *Sprinkler* dan Pipa Tegak (*Hydrant Box*), Pompa (*Pump System*), dan Sistem Pemipaan dan *Valve*.

Sistem *sprinkler* adalah sistem pemadam kebakaran yang dipasang secara tetap atau permanen di dalam bangunan yang dapat memadamkan kebakaran secara otomatis dengan menyemburkan air di tempat mula terjadi kebakaran (SNI 03-399-2000). Sistem *sprinkler* otomatis merupakan sistem pemadam kebakaran yang paling efektif dan handal.

1. Rumus Menghitung Jumlah Sprinkler

Dalam menentukan jumlah titik sprinkler yang dibutuhkan dalam tiap luas bangunan berdasarkan NFPA 15 jarak maksimum antar sprinkler 3,7 meter sehingga jari-jari jangkauannya adalah 1,85 m, dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Sprinkler} &= \frac{\text{Luas Bangunan}}{\text{Luas Sprinkler}} \\ &= \frac{P \times L}{\pi R^2}\end{aligned}$$

Keterangan:

R = Jari-jari *sprinkler* (1,85 m)

P = Panjang (m²)

L = Lebar (m²)

2. Menghitung Jumlah Hydrant Box

Untuk menentukan jumlah dan titik *hydrant* gedung menggunakan acuan SNI (Standar Nasional Indonesia) dan NFPA (*National Fire Protection Association*) yaitu:

1. Lokasi dan jumlah *hydrant* bangunan (kotak Hidran/*box hydrant*) diperlukan untuk menentukan kapasitas pompa yang digunakan untuk menyembrot air.
2. *Hydrant* ditempatkan pada jarak 35-38 meter satu dengan lainnya, karena panjang satu dengan lainnya, selang kebakaran dalam kotak *hydrant* adalah 30 meter, ditambah sekitar 5 meter jarak semprotan air.
3. Pada atap bangunan yang tingginya lebih dari 8 lantai, perlu juga disediakan *hydrant* untuk mencegah menjalarnya api ke bangunan yang bersebelahan.
4. *Hydrant* atau selang kebakaran harus diletakkan di tempat yang mudah dijangkau dan relatif aman, dan pada umumnya diletakkan di dekat pintu darurat.

7.2 Perancangan Sistem Perpipaan

Dalam perancangan instalasi system pemipaan, ada beberapa komponen utama yang perlu diperhitungkan antara lain, perhitungan kebutuhan debit air dan diameter pipa. Selain data yang didapat dalam perhitungan, juga ada beberapa parameter yang diketahui sebagai data awal, yaitu kapasitas bak air (reservoir) yang digunakan dan fluida kerja yang tersedia (air).

1. Luas Pipa Diameter Dalam

$$A = \frac{\pi}{4} \times d^2$$

Keterangan :

A = Luas Penampang m²

d = Diameter dalam pipa

2. Kecepatan Rata-Rata Aliran Di Dalam Pipa

$$V = \frac{Q}{A}$$

Keterangan :

V : Kecepatan aliran dalam pipa (m/s)

Q : Total kapasitas aliran (m³/s)

A : Luas penampang (m²)

3. Bilangan Reynold (Re)

Dimana nilai μ berdasarkan dengan suhu 30⁰ C maka $\mu = 0,801 \times 10^{-6}$ m²/s

$$Re = \frac{V \times D}{\mu}$$

Keterangan :

Re : Bilangan Reynold

V : Kecepatan aliran fluida (m/s)

D : Diameter (m)

μ : Viskositas (kg.s/m³)

4. Kerugian Gesekan Dalam Pipa (*Mayor losses*)

$$H_f = f \frac{l \times v^2}{2Dg}$$

Keterangan :

f : Faktor gesekan

l : Panjang pipa (m)

V : Kecepatan aliran fluida (m/s)

D : Diameter (m)

g : Percepatan gravitasi (9,81 m/s)

5. Kerugian pada perubahan geometri (*Minor losses*)

a. Kerugian head katup

$$H_f = f_v \frac{v^2}{2 \times g}$$

Keterangan :

f_v : Faktor gesekan head katup

V : Kecepatan aliran fluida (m/s)

g : Percepatan gravitasi (9,81 m/s)

- b. Total head kerugian (h_f total)
 $h_f \text{ tot} = \text{Major losses} + \text{Minor losses}$

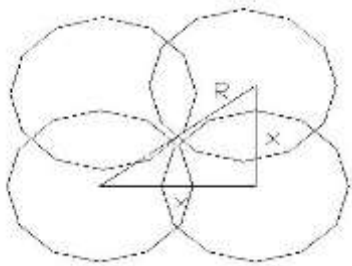
7.3 Umum

Dalam perancangan *sprinkler* untuk sebuah gedung bertingkat ini, perlu memperhatikan beberapa faktor berikut ini :

1. Perkantoran termasuk dalam hunian bahaya kebakaran ringan, sehingga data yang diperlukan dalam perhitungan adalah SNI 03-3989-2000 kategori kebakaran ringan.
2. Arah pancaran ke bawah, karena kepala *sprinkler* diletakkan pada atap ruangan
3. Kepekaan terhadap suhu, warna cairan dalam tabung gelas berwarna jingga pada suhu 53°C.
4. *Sprinkler* yang dipakai ukuran 1/2" dengan kapasitas (Q) = 25 GPM = 93,33 liter/menit.
5. Kepadatan pancaran = 2,25 mm/menit (SNI 03-3989-2000)
6. Jarak maksimum antar titik *sprinkler* 4,6 m
7. Jarak maksimum *sprinkler* dari dinding tembok 1,7 meter

x = jarak antara kepala *sprinkler* dengan *overlap*

R = jari-jari pancaran *sprinkler* = 2,3 m



$$x = \sqrt{10,58m^2} = 3,25 \text{ m}$$

Jarak kepala *sprinkler* ke dinding tidak boleh melebihi 1,7 m. Kemudian dilakukan penghitungan jarak kepala sprinkler ke dinding untuk perbandingan.

8. Daerah yang dilindungi adalah semua ruangan kecuali kamar mandi, toilet dan tangga yang diperkirakan tidak mempunyai potensi terjadinya kebakaran
9. *Sprinkler overlap* $\frac{1}{4}$ bagian

7.4 Perhitungan Jumlah Sprinkler

- a. Kebutuhan air untuk bahaya kebakaran ringan 225 liter/menit = 3,75 liter/detik (SNI 03-3989-2000)
- b. Diameter lubang *sprinkler* = 0,5 inchi
- c. Satu buah *sprinkler* mampu mencakup area sebesar 4,6 m x 4,6 m
- d. Direncanakan antara satu *sprinkler* dengan *sprinkler* yang lain terjadi *overlapping* sebesar 1/4 area jangkauan, sehingga tidak ada titik yang tidak terkena pancaran air.

Maka area jangkauan *sprinkler*, dapat dihitung sebagai berikut :

$$x = \text{jarak maksimum antar titik } \textit{sprinkler} - (1/4 \text{ jarak maksimum})$$

$$= 4,6 \text{ m} - (1/4 \times 4,6 \text{ m})$$

$$= 3,45 \text{ m}$$

Maka, L = $3,45 \text{ m} \times 3,45 \text{ m}$

$$= 11,9 \text{ m}^2$$

1. Menghitung jumlah titik *sprinkler* perantai dari data
 - a. Lantai Basemant 2
 Luas lantai yang direncanakan = 3000 m^2
 Jumlah total *sprinkler* yang dibutuhkan

$$\frac{LUAS}{L} = \frac{3000}{11,9} = 252,100 = 253 \text{ buah } \textit{sprinkler}$$
 - b. Lantai Basemant 1
 Luas lantai yang direncanakan = 3000 m^2
 Jumlah total *sprinkler* yang dibutuhkan

$$\frac{LUAS}{L} = \frac{3000}{11,9} = 252,100 = 253 \text{ buah } \textit{sprinkler}$$
 - c. Atap
 Luas lantai yang direncanakan = 2000 m^2
 Jumlah total *sprinkler* yang dibutuhkan

$$\frac{LUAS}{L} = \frac{2000}{11,9} = 168,067 = 168 \text{ buah } \textit{sprinkler}$$
 - d. Untuk lantai dasar sampai dengan lantai 11 perhitungan yang digunakan sama untuk perlantainya :
 Luas lantai yang di rencanakan = 2500 m^2
 Jumlah *sprinkler* yang dibutuhkan :

$$\frac{LUAS}{L} = \frac{2500}{11,9} = 210,084 = 210 \text{ buah } \textit{sprinkler}$$

Tabel 18. Jumlah Titik Springkler Perlantai

No	Lantai	Luas (m ²)	Jumlah Titik Sprinkler
1	Basemant 1	3000	253
2	Basemant 2	3000	253
3	Lantai Dasar	2500	210
4	Lantai 1	2500	210
5	Lantai 2	2500	210
6	Lantai 3	2500	210
7	Lantai 4	2500	210
8	Lantai 5	2500	210
9	Lantai 6	2500	210
10	Lantai 7	2500	210
11	Lantai 8	2500	210
12	Lantai 9	2500	210
13	Lantai 10	2500	210
14	Lantai 11	2500	210
15	Lantai Atap	2000	168
16	Jumlah	38000	3194

2. Menghitung jumlah titik hidran *box*

Untuk menentukan jumlah dan titik *hydrant* gedung menggunakan acuan SNI (Standar Nasional Indonesia) dan NFPA (*National Fire Protection Association*) yaitu:

Untuk setiap lantainya, perhitungan yang digunakan sama untuk perlantainya:

Luas lantai yang di rencanakan = 2500 m^2

Jumlah titik hidrant *box* yang disediakan :

$$\frac{LUAS}{L} = \frac{2500}{1250} = 2 = 2 \text{ titik hidran box setiap lantainya}$$

3. Menghitung Kebutuhan Kapasitas Air

a. Kebutuhan air sprinkler

Rumus : $V = Q \times T$

Dimana :

V = Volume kebutuhan air (m^3)

Q = Kapasitas air $225 \text{ dm}^3/\text{menit} = 225 \text{ liter/menit}$

T = Waktu operasi sistem = 30 menit

$$\begin{aligned} V_{(\text{kebutuhan air})} &= Q \times T \\ &= 225 \text{ liter/menit} \times 30 \text{ menit} \\ &= 6.750 \text{ liter} \end{aligned}$$

Jadi, $V_{(\text{kebutuhan air})}$ untuk sprinkler = 6.750 Liter

Berdasarkan jumlah sprinkler maka kebutuhan total air selama 30 menit sebagai berikut : Jumlah *sprinkler* sebanyak 3194 buah *sprinkler*.

b. Kebutuhan air hidran *box*

Kebakaran yang menggunakan pasokan air dan dipasang di dalam bangunan atau gedung. Hidran *box* biasanya dipasang menempel di dinding dan menggunakan pipa tegak (*stand pipe*) untuk menghubungkan dengan pipa dalam tanah khusus kebakaran.

Untuk menentukan kebutuhan pasokan air kebakaran menggunakan perhitungan SNI 03-1745-2000 dan NFPA (*National Fire Protection Association*) sebagai berikut :

- Pasokan air untuk hidran gedung harus sekurang-kurangnya 400 liter/menit, serta mampu mengalirkan air minimal selama 30 menit.
- Jumlah pasokan air untuk hidran gedung yang dibutuhkan ditunjukkan dalam rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V &= Q \times t \\ &= 400 \text{ Liter/Menit} \times 30 \text{ Menit} \\ &= 12.000 \text{ Liter} \end{aligned}$$

Dimana :

V = Volume air yang dibutuhkan hidran (liter)

Q = Debit aliran untuk hidran *box* (liter/menit)

t = Waktu pasokan air simpanan (menit)

7.5 Bak Air (Reservoir)

Sedangkan bak air (reservoir) tidak boleh di isi penuh karena dari hasil volume air yang dibutuhkan dalam menjaga faktor keamanannya, dapat ditentukan konstruksi bak airnya, yaitu:

1. Volume total bak air (Reservoir) ($V_{\text{bak air}}$)

- Panjang = 5 m
- Lebar = 3 m
- Tinggi = 5 m

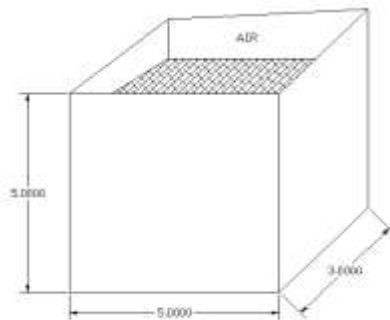
$$V_{\text{bak air}} = p \times l \times t$$

$$= 5 \times 3 \times 5 = 75 \text{ m}^3 = 75.000 \text{ Liter}$$

2. Selisih Volume ΔV

$$\Delta V = V_{\text{bak air}} - V_{\text{kebutuhan air}}$$

$$= 75.000 \text{ liter} - 6.750 \text{ m}^3 = 68.250 \text{ liter}$$



Gambar 51. Dimensi Ground Water Tank

7.6 Perhitungan Sistem Perpipaan

1. Instalasi Sistem Pipa *Sprinkler*

Tabel 4.2 Diameter Pipa

ASA CODE NO	SIZE	B		J		T		lt	APPROX WTEA (KG)	PALLET QUAN (PC)
		Nor	Tol	Nor	Tol	Nor	Min			
0156	1,5	38,10	±2,29	48,26	±1,52	4,06	3,3	30,48	13	60
0158	3	49,90	±2,29	50,69	±2,29	4,06	3,3	30,48	16	64
0160	3	75,20	±2,29	58,09	±2,29	4,06	3,3	30,48	23	48
0162	4	100,08	±2,29	111,25	±2,29 -1,27	4,83	3,81	30,48	34	30
0164	5	125,48	±2,29	134,62	±2,29 -1,27	4,83	3,81	30,48	42	21
0168	6	150,88	±2,29	160,02	±2,29 -1,27	4,83	3,81	30,48	49	18
0170	8	201,58	±3,3	212,85	±3,3 -2,29	5,84	4,32	30,48	80	10
0171	10	254,00	±3,3	258,22	±2,29	7,11	5,59	30,48	127	8
0172	12	303,28	±3,3	317,5	±3,3	7,11	5,59	30,48	140	6
0173	15	383,79	±3,3	402,08	±3,3	9,14	7,62	30,48	240	3

Sumber : *www.starpipeproducts.com, ASTM A-888 and CISPI 301 Pipe and Fittings*

2. Pipa Isap (Suction)

Dengan jenis material besi tuang (*cast iron*) berukuran 8" dapat dilihat pada tabel diameter pipa diatas.

- Diameter luar pipa 212,852 mm = 0,212852 m
- Diameter dalam pipa 201,676 mm (D) = 0,201676 m
- Tebal pipa 11,176 mm = 0,011176 m
- Panjang pipa terjauh (L) = 5 m
- Perhitungan pipa pembagi (*discharge*)

a. Luas pipa diameter dalam

$$A = \frac{\pi}{4} \times d^2$$

$$A = \frac{3,14 \times (0,201676)^2}{4}$$

$$= 0,03 \text{ m}^2$$

b. Kecepatan rata-rata aliran di dalam pipa

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$= (3,75 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}) / (0,03 \text{ m}^2)$$

$$= 0,125 \text{ m/s}$$

Dimana kapasitas debit air (Q) = 225 liter/menit = $1,75 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$

c. Bilangan Reynolds (Re)

Dimana nilai μ berdasarkan dengan suhu 30°C maka $\mu = 0,801 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

$$Re = \frac{V \times D}{\mu}$$

$$Re = \frac{0,125 \times 0,201676}{0,801 \times 10^{-6}} = 31.472,53$$

$Re > 4000$, alirannya bersifat turbulen (Sularso:1994)

d. Kerugian gesekan dalam pipa (*Mayor losses*)

- Dalam perancangan ini pipa yang digunakan adalah pipa besi. Bahwa nilai e atau kekasaran untuk besi (*cast iron*) adalah 0,00085 dimana diameter pipa berukuran 8" maka nilai *relative roughness* (e/D) sebesar 0,0014
- Dapat diketahui bahwa nilai *friction factor* (f) sebesar 0,021 dengan nilai e/D 0,0014 dan nilai $Re = 31.472,53$
- Kerugian gesekan pada pipa isap (*head friction*):

$$H_f = F \frac{l \times v^2}{2Dg}$$

$$H_f = 0,021 \frac{5 \times (0,125)^2}{2 \times 0,201676 \times 9,81} = 0,04 \text{ m}^2$$

Dimana :

g = nilai ketetapan gravitasi $9,81 \text{ m/s}^2$ dan L adalah panjang pipa terjauh 5 m.

e. Kerugian pada perubahan geometri (*Minor losses*)

- Kerugian head katup

Kerugian head katup dengan diameter pipa utama pengeluaran 8" yang mana katup pada pipa pengeluaran ini menggunakan katup hisap (dengan saringan) maka nilai $f_v = 1,84$

$$H_f = f_v \frac{V^2}{2 \times g}$$

$$H_f = 1,84 \frac{0,125^2}{2 \times 9,81} = 1,47 \times 10^{-3} \text{ m}$$

- Total head kerugian ($h_f \text{ tot}$)

$$\begin{aligned} h_f \text{ tot} &= \text{Mayor losses} + \text{Minor losses} \\ &= 0,04 + 1,47 \times 10^{-3} \\ &= 0,04147 \text{ m} \end{aligned}$$

3. Pipa Utama Pengeluaran (*Discharge*)

Dengan jenis material besi tuang (*cast iron*) berukuran 6" dapat dilihat pada tabel diameter pipa diatas

- Diameter luar pipa 160,02 mm = 0,16002 m
- Diameter dalam pipa 150,876 mm (D) = 0,150876 m
- Tebal pipa 9,144 mm = 0,009144 m
- Panjang pipa terjauh (L) = 20 m
- Perhitungan pipa utama pengeluaran (discharge)

a. Luas pipa diameter dalam

$$A = \frac{\pi}{4} \times D^2$$

$$A = \frac{3,14 \times (0,150876)^2}{4} = 0,02 \text{ m}^2$$

b. Kecepatan rata-rata aliran di dalam pipa

$$\begin{aligned} V &= \frac{Q}{A} \\ &= (3,75 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}) / (0,02 \text{ m}^2) \\ &= 0,188 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Dimana kapasitas debit air (Q) = 225 liter/menit = $1,75 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$

c. Bilangan *Reynolds* (Re)

Dimana nilai μ berdasarkan dengan suhu 30°C maka $\mu = 0,801 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

$$Re = \frac{V \times D}{\mu}$$

$$Re = \frac{0,188 \times 0,150876}{0,801 \times 10^{-6}} = 35,411,60$$

$Re > 4000$, alirannya bersifat turbulen (Sularso:1994)

d. Kerugian gesekan dalam pipa (*Mayor losses*)

- Dalam perancangan ini pipa yang digunakan adalah pipa besi. Bahwa nilai e atau kekasaran untuk besi (*cast iron*) adalah 0,00085 dimana

diameter pipa berukuran 6" maka nilai *relative roughness* (e/D) sebesar 0,0019

- Dapat diketahui bahwa nilai *friction factor* (f) sebesar 0,023 dengan nilai e/D 0,0019 dan nilai $Re = 35.411,60$
- Kerugian gesekan pada pipa isap (*head friction*):

$$H_f = F \frac{l \times v^2}{2 \times D \times g}$$

$$H_f = 0,021 \frac{20 \times (0,188)^2}{2 \times 0,150876 \times 9,81}$$

$$= 5,49 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Dimana :

g = nilai ketetapan gravitasi $9,8 \text{ m/s}^2$ dan L adalah panjang pipa terjauh 20 m.

- e. Kerugian pada perubahan geometri (*Minor losses*)

- Kerugian pada belokan pipa
Belokan pada pipa utama pengeluaran sebesar 90° yaitu berupa lengkungan dengan nilai f :

$$F = 0,131 + 1,847 \left(\frac{D}{2R} \right)^{3,5} \left(\frac{\theta}{90} \right)^{0,5}$$

$$F = 0,131 + 1,847 \left(\frac{0,150876}{2 \times 0,075438} \right)^{3,5} \left(\frac{90}{90} \right)^{0,5} = 1,978 \text{ m}$$

Maka nilai f dari belokan dari pipa utama pengeluaran sebesar 90° adalah 1,978 m.

$$H_f = f \frac{v^2}{2 \times g}$$

$$H_f = 1,978 \frac{1,88^2}{2 \times 9,8}$$

$$= 0,36 \text{ m}$$

- *Total head* kerugian ($h_f \text{ tot}$)
 $h_f \text{ tot} = \text{Mayor losses} + \text{Minor losses}$
 $= 5,49 \times 10^{-3} + 0,36$
 $= 0,37 \text{ m}$

4. Pipa Pembagi

- Diameter luar pipa 111,252 mm = 0,111252 m
- Diameter dalam pipa 100,076 mm = 0,100076 m
- Tebal pipa 11,176 mm = 0,011176 m
- Panjang pipa terjauh (L) = 12.000 m
- Perhitungan pipa pembagi (*discharge*)

- a. Luas pipa diameter dalam (A) :

$$A = \frac{\pi}{4} \times D^2$$

$$= \frac{\pi}{4} \times 0,100076^2$$

$$= 0,0078618 \text{ m}^2$$

- b. Kecepatan rata-rata aliran di dalam pipa (V) :

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{0,000937}{0,0078619}$$

$$= 0,1192 \text{ m/s}$$

Dimana : Kapasitas debit air (Q) yang digunakan adalah 0,00937 m³/s dikarenakan dalam pipa sudah melalui 4 pembagian aliran dari aliran utama yaitu 0,00375 m³/s.

c. Bilangan *Reynolds* (Re)

$$\text{Re} = \frac{V \times D}{\nu}$$

$$= \frac{0,1192 \times 0,100076}{0,801 \times 10^{-6}}$$

$$= 14,892,708$$

Re > 4000, aliran bersifat turbulen

d. Kerugian gesekan dalam pipa (*major loss*)

- Dalam perancangan ini pipa yang digunakan adalah pipa besi. Bahwa nilai ϵ atau kekasaran untuk besi (*cast iron*) adalah 0,00085 diameter pipa berukuran 4" maka nilai *relative roughness* sebesar 0,0025.
- Nilai *Friction factor* (f) = 0,025 dengan nilai 2/D 0,0025 dan nilai Re = 14.892,708.
- Kerugian gesekan pada pipa pembagi :

$$H_f = f \frac{LV^2}{D2g}$$

$$= 0,025 \times \frac{12000 \times 0,1192^2}{0,100076 \times 2 \times 9,8}$$

$$= 2,17 \text{ m}$$

e. Kerugian perubahan geometri (*minor loss*)

- Kerugian pada belokan pipa
- Kerugian perubahan geometri pada pipa isap adalah belokan 90°. Maka nilai f adalah :

$$f = 0,131 + 1,847 \left(\frac{D}{2R} \right)^{3,5} \left(\frac{\epsilon}{90} \right)^{0,5}$$

$$= 0,131 + 1,847 \left(\frac{0,100076}{2 \times 0,050038} \right)^{3,5} \left(\frac{90}{90} \right)^{0,5}$$

Maka, nilai f dari belokan dari pipa utama pengeluaran sebesar 90° adalah 1,978 m

$$H_f = f \frac{V^2}{2g}$$

$$= 1,978 \times \frac{0,1192^2}{2 \times 9,8} = 0,0014 \text{ m}$$

Pada pipa utama pengeluaran terdapat 10 belokan, maka kerugian pada pipa :

$$h_f = 10 \times 0,0014 \text{ m} = 0,014 \text{ m}$$

- Total head kerugian (hftot)

$$h_{ftot} = \text{Major losses} + \text{Minor losses}$$

$$= 2,17 \text{ m} + 0,014 \text{ m}$$

$$= 2,184 \text{ m}$$

- Diketahui bahwa pada sistem ini terdapat 2 pipa pembagi. Maka *head friction* pada sistem ini adalah :

$$\begin{aligned} H_f &= h_{ftot} \times 2 \\ &= 2,184 \times 2 \\ &= 4,368 \text{ m} \end{aligned}$$

5. Pipa Cabang

- Diameter luar pipa 56,769 mm = 0,056769 m
- Diameter dalam pipa 49,784 mm = 0,049784 m
- Tebal pipa 7,021 mm = 0,007021 m
- Panjang pipa terjauh (L) = 4 m
- Perhitungan pipa cabang.

- a. Luas pipa diameter dalam (A) :

$$\begin{aligned} A &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \\ &= \frac{\pi}{4} \times 0,04978^2 \\ &= 0,001946 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- b. Kecepatan rata-rata aliran di dalam pipa (V) :

$$\begin{aligned} V &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{0,000234}{0,001946} \\ &= 0,120 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Dimana : Kapasitas debit air (Q) yang digunakan adalah 0,000234 m³/s dikarenakan dalam pipa sudah melalui 4 pembagian aliran dari aliran utama yaitu 0,000937 m³/s.

- c. Bilangan *Reynolds* (Re)

$$\begin{aligned} Re &= \frac{V \times D}{\mu} \\ &= \frac{0,120 \times 0,04978}{0,80 \times 10^{-6}} \\ &= 7.457,677 \end{aligned}$$

Re > 4000, aliran bersifat turbulen

- d. Kerugian gesekan dalam pipa (*mayor loss*)

- Dalam perancangan ini pipa yang digunakan adalah pipa besi. Bahwa nilai *e* atau kekasaran untuk besi (*cast iron*) adalah 0,00085 diameter pipa berukuran 4" maka nilai *relative roughness* sebesar 0,005.
- Nilai *Friction factor* (f) = 0,031 dengan nilai 2/D 0,005 dan nilai Re = 7.457,677
- Kerugian gesekan pada pipa pembagi :

$$H_f = f \frac{LV^2}{D^2g}$$

$$= 0,031 \times \frac{4 \times 0,12^2}{0,04978 \times 2 \times 9,8}$$

$$= 1,83 \times 10^{-3} \text{ m}$$

e. Kerugian perubahan geometri (*minor loss*)

- Kerugian perubahan geometri pada pipa ini tidak ada karena pipa cabang tidak menggunakan katup dan tidak ada belokan.
- Total head kerugian (hftot)

$$\begin{aligned} \text{Hftot} &= \text{Mayor losses} + \text{Minor losses} \\ &= 1,83 \times 10^{-3} \text{ m} + 0 \text{ m} \\ &= 1,83 \times 10^{-3} \text{ m} \end{aligned}$$

- Diketahui bahwa pada sistem ini terdapat 3000 pipa cabang. Maka *head friction* pada sistem ini adalah :

$$\begin{aligned} \text{Hf} &= \text{hftot} \times 3000 \\ &= 1,83 \times 10^{-3} \times 3000 \\ &= 5,499 \text{ m} \end{aligned}$$

6. Kerugian Cross dan Fitting Tee pada Pipa Utama 6"

- Diameter luar pipa 160,02 mm = 0,16002 m
- Diameter dalam pipa 150,876 mm = 0,150876 m
- Tebal pipa 9,144 mm = 0,009144 m
- Perhitungan kerugian gesekan *cross* pada pipa utama :

a. Luas pipa diameter dalam (A) :

$$\begin{aligned} A &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \\ &= \frac{\pi}{4} \times 0,150876^2 \end{aligned}$$

$$= 0,017869 \text{ m}^2$$

b. Kecepatan rata-rata aliran di dalam pipa (V) :

$$\begin{aligned} V &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{0,00187}{0,017869} \end{aligned}$$

$$= 0,1046 \text{ m/s}$$

Dimana : Kapasitas debit air (Q) yang digunakan adalah 0,00187 m³/s dikarenakan dalam pipa sudah melalui 4 pembagian aliran dari aliran utamayaitu 0,00375 m³/s.

c. Bilangan *Reynolds* (Re)

$$\begin{aligned} \text{Re} &= \frac{V \times D}{\mu} \\ &= \frac{0,1046 \times 0,150876}{0,801 \times 10^{-6}} \end{aligned}$$

$$= 19.702,41$$

Re > 4000, aliran bersifat turbulen

d. Kerugian gesekan dalam pipa (*mayor loss*)

- Dalam perancangan ini pipa yang digunakan adalah pipa besi. Bahwa nilai e atau kekasaran untuk besi (*cast iron*) adalah 0,00085 diameter pipaberukuran 6" maka nilai *relative roughness* sebesar 0,0019.
- Nilai *Friction factor* (f) = 0,024 dengan nilai $2/D$ 0,0019 dan nilai $Re = 19.702,41$
- Kerugian gesekan *cross* pada pipa utama adalah :

$$H_f = f \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$= 0,024 \times \frac{0,10406^2}{2 \times 9,8}$$

$$= 1,326 \times 10^{-3} \text{ m}$$

- Diketahui bahwa pipa utama terdapat 3 *cross*, sehingga kerugian gesekancross total pada pipa utama adalah :

$$hf = 1,326 \times 10^{-3} \times 3 = 3,977 \times 10^{-3} \text{ m}$$

7. Perhitungan kerugian gesekan *fitting tee* pada pipa utama :

- Kapasitas aliran (Q) adalah seperdua dari kapasitas aliran *discharge* pipa utama, karena aliran terbagi menjadi 2 aliran. Dimana (Q) aliran dari pipa utama adalah $0,064 \text{ m}^3/\text{s}$

$$Q_t = \frac{Q}{2}$$

$$= \frac{0,00375}{2}$$

$$= 1,875 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

- Kecepatan rata-rata aliran di dalam pipa

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{0,00187}{0,017869}$$

$$= 0,1046 \text{ m/s}$$

Dimana : Kapasitas debit air (Q) yang digunakan adalah $0,00187 \text{ m}^3/\text{s}$ dikarenakan dalam pipa sudah melalui 4 pembagian aliran dari aliran utama yaitu $0,00375 \text{ m}^3/\text{s}$.

- Bilangan *Reynolds* (Re)

$$Re = (V \times D) / \mu$$

$$= \frac{0,1046 \times 0,150876}{0,80 \times 10^{-6}}$$

$$= 19.702,41$$

$Re > 4000$, aliran bersifat turbulen

- Kerugian gesekan dalam pipa (*mayor loss*)
 - Dalam perancangan ini pipa yang digunakan adalah pipa besi. Bahwa nilai e atau kekasaran untuk besi (*cast iron*) adalah 0,00085 diameter pipa berukuran 6" maka nilai *relative roughness* sebesar 0,0019.
 - Nilai *Friction factor* (f) = 0,023 dengan nilai $2/D$ 0,0019 dan nilai $Re = 19.702,41$
 - Kerugian gesekan *fitting tee* pada pipa utama adalah :

$$h_f = (V^2)/(2 \cdot g)$$

$$= 0,023 \times 0,10406^2 / (2 \times 9,8)$$

$$= 1,2706 \times 10^{-3} \text{ m}$$
 - Total kerugian adalah :

$$h_{f \text{ tot}} = \text{cross} + \text{fitting tee}$$

$$= 3,977 \times 10^{-3} \text{ m} + 1,2706 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$= 5,247 \times 10^{-3} \text{ m}$$

8. Perhitungan *fitting tee* pada pipa pembagi 4" :

- Diameter luar pipa 111,252 mm = 0,111252 m
- Diameter dalam pipa 100,076 mm = 0,1000766 m
- Tebal pipa 11,176 mm = 0,011176 m
- Perhitungan kerugian gesekan pada fitting tee
 - Luas pipa diameter dalam (A) :

$$A = \frac{\pi}{4} \times D^2$$

$$= \frac{\pi}{4} \times 0,11176^2$$

$$= 0,0078717 \text{ m}^2$$
 - Kapasitas aliran (Q) adalah seperempat dari kapasitas aliran *discharge* pipapembagi, karena aliran terbagi menjadi 4 aliran

$$Q_t = \frac{Q}{4}$$

$$= 0,00375/4$$

$$= 9,375 \times 10^{-4}$$
 - Kecepatan rata-rata aliran di dalam pipa (V) :

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$= (9,375 \times 10^{-4}) / 0,0078617$$

$$= 0,238 \text{ m/s}$$
 - Bilangan *Reynolds* (Re)

$$Re = (V \times D) / \mu$$

$$= (0,238 \times 0,100076) / (0,801 \times 10^{-3})$$

$$= 29.735,44$$

$$Re > 4000, \text{ aliran bersifat turbulen}$$
 - Kerugian gesekan dalam pipa (*mayor loss*)
 - Dalam perancangan ini pipa yang digunakan adalah pipa besi. Bahwa nilai e atau kekasaran untuk besi (*cast iron*) adalah 0,00085 diameter pipaberukuran 4" maka nilai *relative roughness* sebesar 0,0025.
 - Nilai *Friction factor* (f) = 0,027 dengan nilai $2/D$ 0,0019 dan nilai $Re = 29.735,44$

- Kerugian gesekan pada *fitting tee* adalah :

$$\begin{aligned}
 H_f &= f V^2 / (2 \cdot g) \\
 &= 0,027 \times 0,238^2 / (2 \times 9,8) \\
 &= 7,803 \times 10^{-3} \text{ m}
 \end{aligned}$$
- Diketahui bahwa pipa pembagi terdapat 3000 *fitting tee*, sehingga kerugian gesekan *fitting tee* total pada pipa utama adalah :

$$h_{f \text{ tot}} = 7,803 \times 10^{-3} \times 3000 = 0,234 \text{ m}$$

9. Perhitungan *fitting tee* pada pipa pembagi 2" :

- Diameter luar pipa 56,769 mm = 0,056769 m
- Diameter dalam pipa 49,784 mm = 0,049784 m
- Tebal pipa 7,021 mm = 0,007021 m
- Perhitungan kerugian gesekan pada *fitting tee* :
 - Luas pipa diameter dalam (A) :

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \\
 &= \pi / 4 \times 0,049784^2 \\
 &= 0,001946
 \end{aligned}$$
 - Kapasitas aliran (Q) adalah seperempat dari kapasitas aliran *discharge* pipacabang, karena aliran terbagi menjadi 4 aliran:

$$\begin{aligned}
 Q_t &= Q / 4 \\
 &= (9,375 \times 10^{-4}) / 4 \\
 &= 2,34 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$
 - Kecepatan rata-rata aliran di dalam pipa (V) :

$$\begin{aligned}
 V &= Q / A \\
 &= (2,34 \times 10^{-4}) / 0,001946 \\
 &= 0,1204 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$
 - Bilangan Reynolds (Re)

$$\begin{aligned}
 Re &= (V \times D) / \mu \\
 &= (0,1204 \times 0,049784) / (0,801 \times 10^{-6}) \\
 &= 7.484,98 \\
 Re &> 4000, \text{ aliran bersifat turbulen}
 \end{aligned}$$
 - Kerugian gesekan dalam pipa (mayor loss)
 - Dalam perancangan ini pipa yang digunakan adalah pipa besi. Bahwa nilai ϵ atau kekasaran untuk besi (*cast iron*) adalah 0,00085 diameter pipaberukuran 4" maka nilai *relative roughness* sebesar 0,005.
 - Nilai *Friction factor* (f) = 0,033 dengan nilai 2/D 0,005 dan nilai Re = 7.484,98
 - Kerugian gesekan pada *fitting tee* adalah :

$$\begin{aligned}
 H_f &= f v^2 / (2 \cdot g) \\
 &= 0,005 \times \frac{0,1204^2}{2 \times 9,8} \\
 &= 3.690 \times 10^{-6} \text{ m}
 \end{aligned}$$

6. *Head Kerugian Total* Jadi head kerugian total pipa *discharge* yang diperkirakan pada proteksi sistem ini adalah:

- $$\begin{aligned}
 H1 &= \text{head pipa Isap} + \text{head pipa utama} + \text{head pipa pembagi} + \text{head} \\
 &\quad \text{pipa cabang} + \text{cross\&fitting tee pipa utama} + \text{fitting tee pipa} \\
 &\quad \text{pembagi} + \text{fitting tee pipa cabang} \\
 &= 0,04147 \text{ m} + 0,37 \text{ m} + 4,369 \text{ m} + 5,499 \text{ m} + 5,247 \times 10^{-5} \text{ m} + \\
 &\quad 3,69 \times 10^{-6} \text{ m} \\
 &= 10,31 \text{ m}
 \end{aligned}$$
7. Head Statis (H_a)
 Head perbedaan tinggi antara muka air sisi luar atau nozel (Z_2) dengan sisi isap (Z_1)
 $H_a = Z_2 - Z_1 = 5 - 0 = 5 \text{ m}$
8. Head Tekanan (Δh_p)
 Tekanan hisap (P_1)

$$\begin{aligned}
 P1 &= \rho \times g \times h_a \\
 &= 995,7 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 5 \text{ m} \\
 &= 48789,3 \text{ kg/ms}^2
 \end{aligned}$$
 Dimana: ρ adalah densitas (berat jenis air) = $0,9957 \text{ kg/l} = 995,7 \text{ kg/m}^3$
 sedangkan g adalah nilai ketetapan gravitasi $9,8 \text{ m/s}^2$
 Tekanan sprinkler maksimum (P_2) adalah tekanan *absolute* sebesar 7 bar, tekanan pada instalasi pipa sebesar:

$$\begin{aligned}
 P2 &= 7 \text{ bar} - \text{tekanan udara} \\
 &= 7 \text{ bar} - 1 \text{ atm} \\
 &= 7 \text{ bar} - 1,01325 \text{ bar} \\
 &= 5,987 \text{ bar} \\
 &= 5,987 \times (1,019 \times 104) \\
 &= 6,1007 \times 104 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$
 Dimana: $1 \text{ atm} = 1,01325 \text{ bar}$
 $1 \text{ bar} = 1,019 \times 104 \text{ kg/ms}^2$

$$\begin{aligned}
 \Delta h_p &= (P2 - P1) / (P \times g) \\
 \Delta h_p &= (61007,53 - 48789,3) / (995,7 \times 98) \\
 &= 1,25 \text{ m}
 \end{aligned}$$
9. Head Total Pada Instalasi Perpipaan Sprinkler

$$\begin{aligned}
 HLT &= H1 + h_a + \Delta h_p \\
 &= 10,31 + 5 + 1,25 \\
 &= 16,56 \text{ m}
 \end{aligned}$$

7.7 Daya Pompa Sprinkler

Penentuan daya pompa pada sistem ini dapat dihitung pada perhitungan dibawah ini :

- Daya air (P_w) max

$$P_w = \gamma \times Q \times H_{LT}$$
 Dimana : γ = ketetapan berat air per satuan volume = $9,765 \text{ kN/m}^3$

$$\begin{aligned}
 P_w &= \gamma \times Q \times H_{LT} \\
 &= 9,765 \times 0,00375 \times 16,56 \text{ m} \\
 &= 0,6064 \text{ kW (dimana } 1 \text{ kW} = 1,341 \text{ hp)} \\
 &= 0,8132 \text{ hp}
 \end{aligned}$$

- Daya poros (P) max
 $n = 3000 \text{ rpm}$
 efisiensi standar pompa sentrifugal (η_p) = 70 %
 $P = P_w / \eta_p$
 $= 0,8132 \text{ hp} / 70 \% = 1,1617 \text{ hp}$
 $= 0,8663 \text{ kW}$
- Pilih penggerak mula
 Daya nominal penggerak mula (P_m)
 $\alpha = \text{faktor cadangan (pecahan)} = 0,2$
 $\eta_t = \text{efisiensi transmisi (pecahan)} = 0,95$
 $P = \text{daya poros}$
 $P_m = (P (1 - \alpha)) / \eta_t = \frac{1,1617 (1 - 0,2)}{0,95} = 0,917 \text{ p} = 0,73 \text{ kW}$

7.8 Instalasi Sistem Pipa Hidran Box

1. Perhitungan Diameter Pipa

Kecepatan rata-rata di saluran hisap (*suction line*):

$$Q = V \cdot A$$

Dimana :

Q : Kapasitas air yang dibutuhkan
 $: 0,4 \text{ m}^3/\text{min.} = 0,0067 \text{ m}^3/\text{s}$

A : Luas penampang pipa
 $: \pi/4 \cdot D^2$

D : Diameter dalam pipa 4 inchi (0,100 m)

Sehingga :

$$V = Q / A$$

$$V = Q / ((\pi D^2) / 4)$$

$$V = 0,0067 / ((\pi (0,100)^2) / 4)$$

$$= 0,85 \text{ m/s}$$

2. Kecepatan rata-rata di saluran tekan (*discharge suction*):

$$Q = V \cdot A$$

Dimana :

Q : Kapasitas air yang dibutuhkan
 $: 0,4 \text{ m}^3/\text{min.} = 0,0067 \text{ m}^3/\text{s}$

A : Luas penampang pipa
 $: \pi/4 \cdot D^2$

D : Diameter dalam pipa 4 in (0,100 m)

Sehingga :

$$V = Q / A$$

$$V = Q / ((\pi D^2) / 4)$$

$$V = 0,0067 / ((\pi (0,100)^2) / 4)$$

$$= 0,85 \text{ m/s}$$

7.9 Kerugian Gesek (friction loss)

Kerugian gesek (*friction loss*) sangat dipengaruhi oleh material yang digunakan. Untuk instalasi pemipaan di gedung ini menggunakan bahan dari *commercial steel or wrought iron*.

Friction losses :

$$H_f = f L/D V^2/2g$$

Dimana :

h_f : Total kerugian gesek (*friction losses*) (m)

f : Koefisien kerugian gesek

L : Panjang pipa (m)

d : Diameter pipa (m)

V : Kecepatan aliran (m/s)

g : Gravitasi 9,8 (m/s²)

Reynold Number :

$$Re = (V \cdot d)/\nu$$

Dimana :

V : Kecepatan aliran (m/s)

D : Diameter pipa (m)

ν : Viskositas kinematik dari fluida.

: 0,00002 Kg.f.s/m², untuk air pada suhu 35°C

1. Kerugian Gesek Pada Saluran Hisap (suction line) (H_{fs})

$$Re = (V \cdot d)/\nu$$

$$V_s = 0,85 \text{ m/s}$$

$$D = 0,1 \text{ m}$$

Sehingga :

$$Re = (0,85 \times 0,1)/0,00002 \\ = 4250$$

Oleh karena itu $Re = 4250 > 4000$, maka jenis aliran dalam pipa hisap adalah turbulen. Maka rumus untuk mencari kerugian gesek menggunakan rumus *Hazen-Williams*:

Kerugian gesek pada pipa lurus.

$$h_f = \frac{10,666 Q^{1,85}}{C^{1,85} D^{4,85}} \times L$$

dimana :

h_f : kerugian gesek

L : Jumlah panjang pipa lurus pada suction line.
: 3m

Q : Laju aliran air
: 0,4 m³/min = 0,0067 m³/s

D : Diameter dalam pipa suction line
: 100 mm (0,1 m)

C : Koefisien 120 *Black Steel (wet system SNI 03-1475-2000)*

$$\begin{aligned}
 H_f &= \frac{10,666 Q^{1,85}}{C^{1,85} D^{4,85}} \times L \\
 &= \frac{10,666 \times 0,0067^{1,85}}{120^{1,85} 0,1^{4,85}} \times 3 \\
 &= 0,031 \text{ m}
 \end{aligned}$$

3. Friction Losses Pada Fitting Dan Valve

Pada *suction line* terdapat :

- 2 buah *elbow long radius*
- 1 buah *gate valve*
- 1 buah *strainer*
- 1 buah *foot valve*

a. Hambatan akibat 90° (H_e)

$$H_e = 0,131 + 1,874 \left(\left[\frac{D}{2R} \right] \right)^{3,5} \left(\left[\frac{\phi}{90} \right] \right)^{0,5}$$

Dengan $D/R = 1$

$$\begin{aligned}
 V &= Q / (\pi/4 D^2) \\
 &= 0,0067 / (\pi/4 (0,1)^2) \\
 &= 0,85 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_e &= 0,131 + 1,874 \left(\frac{1}{2} \right)^{3,5} \left(\frac{90}{90} \right)^{0,5} \\
 &= 0,294
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h_f &= f V^2 / 2g \\
 &= 0,294 \frac{0,85^2}{2(9,8)} \\
 &= 0,011 \text{ m}
 \end{aligned}$$

b. Hambatan akibat *gate valve* (H_{gv})

$$\begin{aligned}
 H_f &= f V^2 / 2g \\
 &= 1,13 \frac{0,85^2}{2(9,8)} \\
 &= 0,042 \text{ m}
 \end{aligned}$$

c. Hambatan akibat *strainer* (H_{st})

$$\begin{aligned}
 h_f &= f V^2 / 2g \\
 &= 2 \frac{0,85^2}{2(9,8)} \\
 &= 0,074 \text{ m}
 \end{aligned}$$

d. Hambatan akibat *foot valve* (H_{fv})

$$\begin{aligned}
 h_f &= f V^2 / 2g \\
 &= 1,13 \frac{0,85^2}{2(9,8)} \\
 &= 0,042 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jadi kerugian gesek (*friction losses pada suction line*) (h_{fs}).

$$\begin{aligned}
 H_s &= H_{fs} + H_e + H_{gv} + H_{st} + H_{fv} \\
 &= 0,031 + 0,011 + 0,042 + 0,074 + 0,042 \\
 &= 0,2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

4. Kerugian Gesek Pada Sisi Tekan (Friction Losses at Discharger Line) (H_{td})

$$Re = (V \cdot d) / \nu$$

Dimana :

V : Kecepatan aliran (m/s)

D : Diameter pipa (m)

ν : *Viscomatik kinematic* dari fluida.

: 0,00002 Kgf.s/m² untuk air pada suhu 35°C

5. Kerugian Gesek Pada Saluran Hisap (suction line) (H_{ts})

$$Re = (V \cdot d) / \nu$$

$$V_s = 0,85 \text{ m/s}$$

$$D = 0,1 \text{ m}$$

Sehingga :

$$Re = (0,85 \times 0,1) / 0,00002$$

$$= 4250$$

Oleh karena itu $Re = 4250 > 4000$, maka jenis aliran dalam pipa hisap adalah turbulen. Maka rumus untuk mencari kerugian gesek menggunakan rumus *Hazen-Williams*:

Kerugian gesek pada pipa lurus.

$$hf = (10,666 Q^{1,85} / (C^{1,85} D^{4,85})) \times L$$

dimana :

hf : kerugian gesek

L : Jumlah panjang pipa lurus pada suction line.

: 100 m

Q : Laju aliran air

: 0,4 m³/min = 0,0067 m³/s

D : Diameter dalam pipa *suction line*

: 100 mm (0,1 m)

C : Koefisien 120 *Black Steel (wet system)* SNI 03-1745-20000)

$$Hf = \frac{10,666 Q^{1,85}}{C^{1,85} D^{4,85}} \times L$$

$$= \frac{10,666 \times 0,0067^{1,85}}{120^{1,85} 0,1^{4,85}} \times 100$$

$$: 1,023 \text{ m}$$

6. Friction Losses Pada Fitting Dan Valve

Pada *suction line* terdapat :

- 200 buah *elbow long radius*
- 200 buah *gate valve*
- 200 buah *check valve*

a. Hambatan akibat *elbow* 90° (H_e)

$$H_e = 0,131 + 1,847 \left(\left[\frac{D}{2R} \right] \right)^{3,5} \left(\left[\frac{\phi}{90} \right] \right)^{0,5}$$

Dengan $D/R = 1$

$$V = Q / (\pi/4 D^2)$$

$$= 0,0067 / (\pi/4 \cdot 0,1^2)$$

$$= 0,85 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} H_e &= 0,131 + 1,847 \left(\frac{l}{2}\right)^{3,5} \left(\frac{90}{90}\right)^{0,5} \\ &= 0,294 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_f &= f \frac{V^2}{2g} \\ &= 0,294 \frac{0,85^2}{2(9,8)} \\ &= 0,011 \text{ m} \times 24 \text{ buah} = 0,264 \text{ m} \end{aligned}$$

b. Hambatan akibat *gate valve* (H_{gv})

$$\begin{aligned} h_f &= f \frac{V^2}{2g} \\ &= 1,13 \frac{0,85^2}{2(9,8)} \\ &= 0,042 \text{ m} \times 24 \text{ buah} = 1,008 \text{ m} \end{aligned}$$

c. Hambatan akibat *check valve* (H_{fv})

$$\begin{aligned} h_f &= f \frac{V^2}{2g} \\ &= 2 \frac{0,85^2}{2(9,8)} \\ &= 0,074 \text{ m} \times 24 \text{ buah} = 1,776 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi kerugian gesek (*friction losses* pada *suction line*) (h_{fsd}).

$$\begin{aligned} H_{fsd} &= H_{fs} + H_e + H_{gv} + H_{fv} \\ &= 1,023 + 0,264 + 1,008 + 1,776 \\ &= 4,071 \text{ m} \end{aligned}$$

7. Tinggi Head Total Pompa (HT)

$$\begin{aligned} HT &= h_1 + h_a + \Delta h_p + h_f + h_{fsd} + \frac{vd^2}{2g} \\ &= 10,31 + 42 + 0,2 + 4,071 + \frac{0,85 \times 0,1^2}{2 \times 9,8} \\ &= 56,62 \text{ m} \end{aligned}$$

7.10 Daya Pompa Hidran Box

Untuk menghitung besarnya daya terlebih dahulu harus dihitung daya air.

$$P_w = 9,765 \times Q \times HT$$

Dimana :

9,765 = Ketetapan berat air per satuan volume (kN/m^3)

Q = Kapasitas pompa ($0,067 \text{ m}^3/\text{s}$)

HT = Head Total

$$\begin{aligned} P_w &= 9,765 \times 0,067 \times 56,62 \\ &= 3,704 \text{ kW} \end{aligned}$$

Sehingga P_w (daya pompa), jika efisiensi pompanya 70%

$$\begin{aligned} P &= \frac{P_w}{\eta} \\ &= \frac{3,704}{0,7} \\ &= 5,2914 \text{ kW} \end{aligned}$$

Pemilih penggerak mula :

Daya nominal penggerak mula (P_m)

α = faktor cadangan (pecahan) = 0,2
 η_t = efisiensi transmisi (pecahan) = 0,95
P = daya poros

$$\begin{aligned} P_m &= \frac{p (1-\alpha)}{\eta_t} \\ &= \frac{5,2914 (1-0,2)}{0,95} \\ &= 4,455 \text{ kW} \end{aligned}$$

7.11 Menghitung Pompa Booster

Perhitungan Diameter Pipa

1. Kecepatan rata-rata di saluran hisap (*suction line*):

$$Q = V \cdot A$$

Dimana :

Q : Kapasitas air yang dibutuhkan
: 0,4 m³/min. = 0,0067 m³/s

A : Luas penampang pipa
: $\pi/4 \cdot D^2$

D : Diameter dalam pipa 4 inch (0,100 m)

Sehingga :

$$V = Q / A$$

$$V = \frac{Q}{\frac{\pi D^2}{4}}$$

$$V = \frac{0,0067}{\frac{\pi(0,100)^2}{4}}$$

$$= 0,85 \text{ m/s}$$

2. Kecepatan rata-rata di saluran tekan (*discharge suction*):

$$Q = V \cdot A$$

Dimana :

Q : Kapasitas air yang dibutuhkan
: 0,4 m³/min. = 0,0067 m³/s

A : Luas penampang pipa
: $\pi/4 \cdot D^2$

D : Diameter dalam pipa 4 in (0,100 m)

Sehingga :

$$V = Q / A$$

$$V = \frac{Q}{\frac{\pi D^2}{4}}$$

$$V = \frac{0,0067}{\frac{\pi(0,100)^2}{4}}$$

$$= 0,85 \text{ m/s}$$

3. Kerugian Gesek (friction loss)

Kerugian gesek (*friction loss*) sangat dipengaruhi oleh material yang digunakan. Untuk instalasi pemipaan di gedung ini menggunakan bahan dari *commercial steel or wrought iron*.

Friction losses :

$$H_f = f \frac{L V^2}{D 2g}$$

Dimana :

- hf : Total kerugian gesek (*friction losses*) (m)
- f : Koefisien kerugian gesek
- L : Panjang pipa (m)
- d : Diameter pipa (m)
- V : Kecepatan aliran (m/s)
- g : Gravitasi 9,8 (m/s²)

Reynold Number :

$$Re = \frac{V \cdot d}{\nu}$$

Dimana :

- V : Kecepatan aliran (m/s)
- D : Diameter pipa (m)
- ν : Viskositas kinematik dari fluida.
: 0,00002 Kgf.s/m², untuk air pada suhu 35°C

4. Kerugian Gesek Pada Saluran Hisap (suction line) (H_{ts})

$$Re = \frac{V \cdot d}{\nu}$$

$$V_s = 0,85 \text{ m/s}$$

$$D = 0,1 \text{ m}$$

Sehingga :

$$Re = \frac{0,85 \times 0,1}{0,00002}$$

$$= 4250$$

Oleh karena itu $Re = 4250 > 4000$, maka jenis aliran dalam pipa hisap adalah turbulen. Maka rumus untuk mencari kerugian gesek menggunakan rumus *Hazen-Williams*:

Kerugian gesek pada pipa lurus.

$$hf = \frac{10,666 Q^{1,85}}{C^{1,85} D^{4,85}} \times L$$

dimana :

hf : kerugian gesek

L : Jumlah panjang pipa lurus pada *suction line*.

: 3m

Q : Laju aliran air

: $0,4 \text{ m}^3/\text{min} = 0,0067 \text{ m}^3/\text{s}$

D : Diameter dalam pipa suction line

: 100 mm ($0,1 \text{ m}^2$)

C : Koefisien 120 *Black Steel (wet system SNI 03-1475-2000)*

$$hf : \frac{10,666 Q^{1,85}}{C^{1,85} D^{4,85}} \times L$$

$$: \frac{10,666 \times 0,0067^{1,85}}{120^{1,85} 0,1^{4,85}} \times 3$$

: 0,031 m

5. Friction Losses Pada Fitting Dan Valve

Pada *suction line* terdapat :

- 2 buah *elbow long radius*
- 1 buah *gate valve*
- 1 buah *strainer*
- 1 buah *foot valve*

a. Hambatan akibat 90° (H_e)

$$H_e = 0,131 + 1,874 \left(\left[\frac{D}{2R} \right] \right)^{3,5} \left(\left[\frac{\phi}{90} \right] \right)^{0,5}$$

Dengan $D/R = 1$

$$V = \frac{Q}{\frac{\pi D^2}{4}}$$

$$= \frac{0,0067}{\frac{\pi (0,1)^2}{4}}$$

$$= 0,85 \text{ m/s}$$

$$H_e = 0,131 + 1,874 \left(\frac{1}{2} \right)^{3,5} \left(\frac{90}{90} \right)^{0,5}$$

$$= 0,294$$

$$hf = f \frac{V^2}{2g}$$

$$= 0,294 \frac{0,85^2}{2(9,8)}$$

$$= 0,011 \text{ m}$$

b. Hambatan akibat *gate valve* (H_{gv})

$$\begin{aligned} H_f &= f \frac{V^2}{2g} \\ &= 1.13 \frac{0,85^2}{2(9,8)} \\ &= 0,042 \text{ m} \end{aligned}$$

c. Hambatan akibat strainer (H_{st})

$$\begin{aligned} hf &= f \frac{V^2}{2g} \\ &= 2 \frac{0,85^2}{2(9,8)} \\ &= 0,074 \text{ m} \end{aligned}$$

d. Hambatan akibat *foot valve* (H_{fv})

$$\begin{aligned} hf &= f \frac{V^2}{2g} \\ &= 1.13 \frac{0,85^2}{2(9,8)} \\ &= 0,042 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi kerugian gesek (*friction losses* pada *suction line*) (h_{fs}).

$$\begin{aligned} H_s &= H_{fs} + H_e + H_{gv} + H_{st} + H_{fv} \\ &= 0,031 + 0,011 + 0,042 + 0,074 + 0,042 \\ &= 0,2 \text{ m} \end{aligned}$$

6. Kerugian Gesek Pada Sisi Tekan (Friction Losses at Discharger Line) (H_{td})

$$Re = \frac{V \cdot d}{\nu}$$

Dimana :

V : Kecepatan aliran (m/s)

D : Diameter pipa (m)

ν : Viskositas kinematik dari fluida.

: 0,00002 Kgf.s/m², untuk air pada suhu 35°C

7. Kerugian Gesek Pada Saluran Tekan (Discharge pipe) (H_{fsd})

$$\begin{aligned} Re &= \frac{V \cdot d}{\nu} \\ V_s &= 0,85 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$D = 0,1 \text{ m}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} Re &= \frac{0,85 \times 0,1}{0,00002} \\ &= 4250 \end{aligned}$$

Oleh karena itu $Re = 4250 > 4000$, maka jenis aliran dalam pipa hisap adalah turbulen. Maka rumus untuk mencari kerugian gesek menggunakan rumus *Hazen-Williams*:
Kerugian gesek pada pipa lurus.

$$hf = \frac{10,666 Q^{1,85}}{C^{1,85} D^{4,85}} \times L$$

dimana :

hf : kerugian gesek

L : Jumlah panjang pipa lurus pada *suction line*.
: 10 m

Q : Laju aliran air
: $0,4 \text{ m}^3/\text{min} = 0,0067 \text{ m}^3/\text{s}$

D : Diameter dalam pipa *suction line*
: 100 mm ($0,1 \text{ m}$)

C : Koefisien 120 *Black Steel (wet system SNI 03-1745-20000)*

$$Hf : \frac{10,666 Q^{1,85}}{C^{1,85} D^{4,85}} \times L$$

$$: \frac{10,666 \times 0,0067^{1,85}}{120^{1,85} 0,1^{4,85}} \times 10$$

$$: 0,1022 \text{ m}$$

8. Friction Losses Pada Fitting Dan Valve

Pada *suction line* terdapat :

- 200 buah *elbow long radius*
- 200 buah *gate valve*
- 200 buah *check valve*

a. Hambatan akibat elbow 90° (H_e)

$$H_e = 0,131 + 1,847 \left(\left[\frac{D}{2R} \right] \right)^{3,5} \left(\left[\frac{\phi}{90} \right] \right)^{0,5}$$

Dengan $D/R = 1$

$$V = \frac{Q}{\frac{\pi D^2}{4}}$$

$$= \frac{0,0067}{\frac{\pi (0,1)^2}{4}}$$

$$= 0,85 \text{ m/s}$$

$$H_e = 0,131 + 1,847 \left(\frac{1}{2} \right)^{3,5} \left(\frac{90}{90} \right)^{0,5}$$

$$= 0,294$$

$$hf = f \frac{V^2}{2g}$$

$$= 0,294 \frac{0,85^2}{2(9,8)}$$

$$= 0,011 \text{ m} \times 6 \text{ buah} = 0,066 \text{ m}$$

b. Hambatan akibat gate valve (H_{gv})

$$\begin{aligned} h_f &= f \frac{v^2}{2g} \\ &= 1.13 \frac{0,85^2}{2(9,8)} \\ &= 0,042 \text{ m} \times 6 \text{ buah} = 0,252 \text{ m} \end{aligned}$$

c. Hambatan akibat check valve (H_{fv})

$$\begin{aligned} H_f &= f \frac{v^2}{2g} \\ &= 2 \frac{0,85^2}{2(9,8)} \end{aligned}$$

$$= 0,074 \text{ m} \times 6 \text{ buah} = 0,444 \text{ m}$$

Jadi kerugian gesek (*friction losses* pada *suction line*) (h_{fsd}).

$$\begin{aligned} H_{fsd} &= H_{fs} + H_e + H_{gv} + H_{fv} \\ &= 0,1022 + 0,066 + 0,252 + 0,444 \\ &= 0,8642 \text{ m} \end{aligned}$$

9. Tinggi Head Total Pompa (HT)

$$\begin{aligned} HT &= h_a + \Delta h_p + h_s + h_{fsd} + \frac{vd^2}{2g} \\ &= 8,4 + (51,65 - 1,5) + (-0,2) + 0,8642 + \frac{0,85 \times 0,1^2}{2 \times 9,8} \\ &= 59,2146 \text{ m} \end{aligned}$$

7.12 Daya Pompa Hidran Box

Untuk menghitung besarnya daya dari motor terlebih dahulu harus dihitung daya air.

$$P_w = 9,765 \times Q \times HT$$

Dimana :

9,765 = Ketetapan berat air per satuan volume (kN/m^3)

Q = Kapasitas pompa ($0,067 \text{ m}^3/\text{s}$)

HT = Head Total

$$\begin{aligned} P_w &= 9,765 \times 0,067 \times 59,21 \\ &= 38,73 \text{ kW} \end{aligned}$$

Sehingga daya pompa, jika efisiensi pompanya 70%

$$P = \frac{P_w}{\eta}$$

$$= \frac{38,73}{0,7}$$

$$= 55,32 \text{ kW}$$

Pemilih penggerak mula :

Daya nominal penggerak mula (P_m)

α = faktor cadangan (pecahan) = 0,2

η_t = efisiensi transmisi (pecahan) = 0,95

P = daya poros

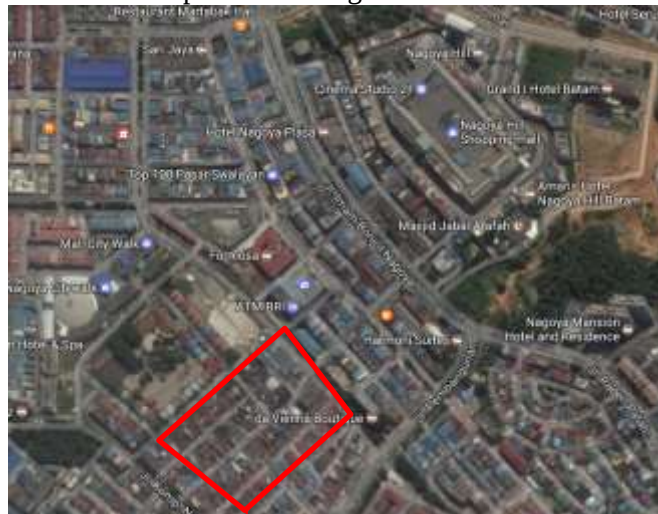
$$P_m = \frac{p (1 - \alpha)}{\eta_t} = \frac{55,32 (1 - 0,2)}{0,95} = 46,58 \text{ kW}$$

SECTION 8. STUDI KASUS PERANCANGAN SISTEM PLUMBING

8.1 Lokasi dan Waktu Perencanaan

Penelitian dilakukan di daerah Nagoya Batam dan pengerjaan dilakukan di kantor PT.XYZ daerah cawang, Jakarta Timur waktu pengerjaan dilaksanakan pada bulan November 2019.

Lokasi Perencanaan dapat dilihat dari gambar berikut ini :



Gambar 52. Denah Lokasi Perencanaan

Lokasi objek penelitian
Apartemen/Hotel XYZ

Untuk mempermudah penulisan dalam melaksanakan penelitian ini, penulis menggunakan metode dalam bentuk diagram alur perencanaan, seperti dibawah ini :

8.2 Tahapan Pelaksanaan Perencanaan

Dalam pelaksanaan perencanaan yang berlangsung secara bertahap, Penulis melakukan tahapan atau langkah tindakan sebagai berikut :

1. Pengumpulan data dan informasi;
2. Studi pustaka;
3. Penelitian dan analisa;

8.3 Pengumpulan Data dan Informasi

Langkah-langkah yang digunakan dalam pengumpulan data dan informasi yang dibutuhkan dapat dijelaskan dibawah ini :

1. Langkah Persiapan
Langkah ini dimaksudkan untuk mempermudah penulis dalam melakukan penelitian, seperti pengumpulan data, analisis serta penyusunan laporan.
Tahap persiapan meliputi :
 - a. Studi Pustaka
Studi pustaka dimaksudkan untuk mendapatkan arahan dan wawasan sehingga mempermudah dalam pengumpulan data, analisa data maupun dalam penyusunan hasil penelitian.
 - b. Observasi lapangan
Observasi lapangan dilakukan untuk mengetahui denah lokasi kondisi pada lahan sekitar proyek, sehingga dapat data primer dan sekunder.
2. Pengumpulan data
Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan data yang dimiliki oleh instansi tertentu untuk mencapai tujuan penelitian ini.
Data yang dilakukan meliputi :
Data sumber-sumber air yang melayani sistem distribusi wilayah Batam meliputi :
 - a. Sumber air bersih dari PDAM;
 - b. Sumber air bersih dari Deep Well;

8.4 Studi Pustaka

Studi pustaka bertujuan untuk menambah pengetahuan dan melengkapi referensi penulisan. Studi pustaka ini dilakukan di beberapa tempat, antara lain sebagai berikut :

- a. Perpustakaan jurusan Teknik Mesin Universitas Indonesia.
- b. Perpustakaan jurusan Teknik Mesin Dan Dirgantara Institut Teknik Bandung.
- c. Studio perkantoran PT.XYZ (Persero).

8.5 Penelitian dan Analisa

Menurut (Sugiono,2012) Analisa data dilakukan dengan mengorganisasikan data, mejabarkan kedalam unit-unit, melakukan pengelompokan, menyusun kedalam pola, memilih mana yang penting dan yang akan dipelajari dan membuat kesimpulan yang dapat di kepada orang lain.³ Analisa ini dilakukan untuk mencapai tujuan sebagai berikut :

- a. Perhitungan jumlah kebutuhan air bersih;
- b. Perhitungan volume bak penampungan bawah air bersih;
- c. Perhitungan volume bak penampungan atas air bersih;
- d. Perhitungan kebutuhan kapasitas pompa;

³ Sugiono, metode penelitian kuantitatif kualitatif, Alafabeta, 2012, H.244

8.6 Penyusunan Laporan

Seluruh data atau informasi terkumpul kemudian dianalisa atau diolah dan disusun untuk mendapatkan hasil akhir yang dapat memberikan solusi mengenai perencanaan sistem penyediaan air bersih pada Gedung Apartement XYZ.

8.7 Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih

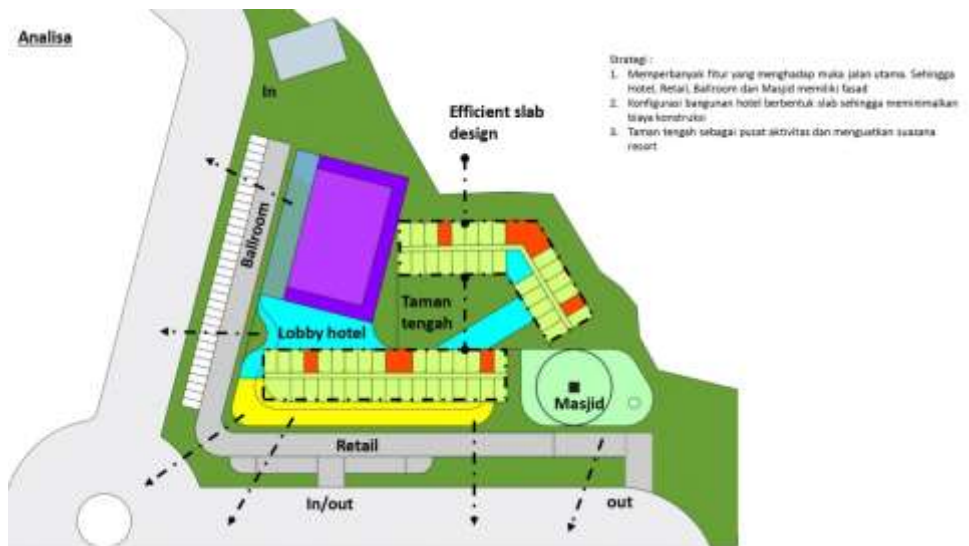
Data dan Informasi

Data yang diperoleh adalah sebagai data acuan kerja dan analisa dalam perencanaan sistem air bersih pada Gedung apartemen Formosa residence. Berikut data yang digunakan dalam perencanaan adalah :

- a. Luas tanah : 2244 m²
- b. Jenis gedung : Apartement
- c. Luas bangunan : 1822 m²
- d. Tinggi bangunan : 126 m
- e. Tinggi perlantai : 3,2 m
- f. Luas kamar : 32 m
- g. Jumlah lantai : 36 lantai
- h. Jumlah ruangan : 415 Kamar
- i. Sumber air : PDAM

Adapun data pendukung lainnya yang menjadi tambahan informasi dalam perencanaan sistem air bersih apartemen Formosa Residence berikut beberapa data dan informassi yang menjadi tambahan informasi. Fungsi ruangan beberapa lantai adalah sebagai berikut :

- a. Lantai 1 s/d 9 : Parkir
- b. Lantai 10 : Yoga
- c. Lantai 11 : Fitnes
- d. Lantai 12 s/d 35: Kamar Hunian
- e. Lantai Atap : Ruang Mesin Lift, Gondola, Roof Tank



Gambar 53. Layout Bangunan



Gambar 54. Perencanaan Tahap 1

Tahap 2



Gambar 55. Perencanaan 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



Gambar 56. Luas Bangunan



Gambar 57. 3 D Perencanaan Bangunan

8.8 Perencanaan Air Bersih

1. Sistem Penyediaan Air Bersih

Sistem penyediaan air bersih yang akan digunakan dan diaplikasikan didalam gedung Apartement Formosa Residence adalah :

- Sistem tangki atap;
- Sistem tangki tekan;

2. Sumber dan Syarat Air Bersih

Air bersih yang dihasilkan memenuhi beberapa persyaratan dan dari mana sumber air bersih itu dihasilkan. Berikut ini ketentuan mengenai sumber air minum adalah sebagai berikut :

- Air bersih yang dialirkan ke alat *plumbing* digunakan untuk minum, makan, pencucian alat makan, pencucian air minum dan alat dapur untuk keperluan rumah tangga sejenisnya.
- Air bersih yang tidak memenuhi persyaratan digunakan untuk kloset, urinal, kran taman dan kelengkapan lainnya yang tidak membutuhkan air bersih.
- Kran untuk wudhu menggunakan air bersih.

3. Perhitungan Jumlah Penghuni

Untuk menentukan jumlah penghuni menggunakan metode perbandingan luas bangunan efektif, yaitu dengan mengalikan luas lantai keseluruhan dengan perbandingan koefisiensi lantai efektif, kemudian membaginya dengan asumsi kebutuhan ruang masing-masing orang, sesuai dengan tipe dan jenis penggunaan ruang. Berikut merupakan perhitungan perkiraan jumlah penghuni.

$$\text{Jumlah penghuni} = \text{Luas lantai efektif} \times 70\% \times \text{asumsi penghuni tiap m}^2$$

Tabel 19. Perkiraan Jumlah Penghuni Gedung

No	Lantai	Fungsi	Jumlah Kamar	Luas bangunan efektif (m2)	Jumlah penghuni 1 kamar	Jumlah penghuni 1 lantai
1	Lantai 1 ~9	Parkir	-	-	-	-
2	Lantai 10	Yoga	1	307	34	34
3	Lantai 11	Fitnes	1	374	42	42
4	Lantai 12	Standard Room	14	32.5	2	32
		Medium Room	2	53.3	3	7
		Executive Room	2	87.7	4	9
5	Lantai 13	Standard Room	14	32.5	2	32
		Medium Room	2	53.3	3	7
		Executive Room	2	87.7	4	9
6	Lantai 14	Standard Room	14	32.5	2	32
		Medium Room	2	53.3	3	7
		Executive Room	2	87.7	4	9
7	Lantai 15	Standard Room	14	32.5	2	32
		Medium Room	2	53.3	3	7
		Executive Room	2	87.7	4	9
8	Lantai 16	Standard Room	14	32.5	2	32
		Medium Room	2	53.3	3	7

No	Lantai	Fungsi	Jumlah Kamar	Luas bangunan efektif (m2)	Jumlah penghuni 1 kamar	Jumlah penghuni 1 lantai
		Executive Room	2	87.7	4	9
9	Lantai 17	Standard Room	14	32.5	2	32
		Medium Room	2	53.3	3	7
		Executive Room	2	87.7	4	9
10	Lantai 18	Standard Room	14	32.5	2	32
		Medium Room	2	53.3	3	7
		Executive Room	2	87.7	4	9
11	Lantai 19	Standard Room	7	32.5	2	16
		Medium Room	1	53.3	3	3
		Executive Room	1	87.7	4	4
12	Lantai 20	Standard Room	7	32.5	2	16
		Medium Room	1	53.3	3	3
		Executive Room	1	87.7	4	4
13	Lantai 21	Standard Room	14	32.5	2	32
		Medium Room	2	53.3	3	7
		Executive Room	2	87.7	4	9
14	Lantai 22	Standard Room	14	32.5	2	32
		Medium Room	2	53.3	3	7
		Executive Room	2	87.7	4	9
15	Lantai 23	Standard Room	14	32.5	2	32
		Medium Room	2	53.3	3	7
		Executive Room	2	87.7	4	9
16	Lantai 24	Standard Room	14	32.5	2	32
		Medium Room	2	53.3	3	7
		Executive Room	2	87.7	4	9
17	Lantai 25	Standard Room	14	32.5	2	32
		Medium Room	2	53.3	3	7
		Executive Room	2	87.7	4	9
18	Lantai 26	Standard Room	14	32.5	2	32
		Medium Room	2	53.3	3	7
		Executive Room	2	87.7	4	9
19	Lantai 27	Standard Room	14	32.5	2	32
		Medium Room	2	53.3	3	7
		Executive Room	2	87.7	4	9
20	Lantai 28	Standard Room	14	32.5	2	32
		Medium Room	2	53.3	3	7
		Executive Room	2	87.7	4	9
21	Lantai 29	Standard Room	14	32.5	2	32
		Medium Room	2	53.3	3	7
		Executive Room	2	87.7	4	9
22	Lantai 30	Standard Room	14	32.5	2	32
		Medium Room	2	53.3	3	7
		Executive Room	2	87.7	4	9
23	Lantai 31	Standard Room	14	32.5	2	32
		Medium Room	2	53.3	3	7
		Executive Room	2	87.7	4	9
24	Lantai 32	Standard Room	14	32.5	2	32
		Medium Room	2	53.3	3	7
		Executive Room	2	87.7	4	9

No	Lantai	Fungsi	Jumlah Kamar	Luas bangunan efektif (m2)	Jumlah penghuni 1 kamar	Jumlah penghuni 1 lantai
25	Lantai 33	Standard Room	14	32.5	2	32
		Medium Room	2	53.3	3	7
		Executive Room	2	87.7	4	9
26	Lantai 34	Standard Room	14	32.5	2	32
		Medium Room	2	53.3	3	7
		Executive Room	2	87.7	4	9
27	Lantai 35	Standard Room	14	32.5	2	32
		Medium Room	2	53.3	3	7
		Executive Room	2	87.7	4	9
28	Lantai 36	Roof Tank	-			
Jumlah			416	4845	-	1161

Dari perhitungan diatas dapat dilihat jumlah total perkiraan penghuni pada Gedung Apartemen XYZ adalah 1.161 orang.

4. Kebutuhan Air Bersih Penghuni

Berikut merupakan perhitungan kebutuhan air bersih penghuni pada Gedung Apartemen Formosa Residence.

Kebutuhan air = Pemakaian air x Jumlah Penghuni

$$\begin{aligned}
 Q &= 250 \times n \text{ (jumlah penghuni)} \\
 &= 250 \times 1161 \text{ orang} \\
 &= 290.250 \text{ L/detik} \\
 &= 290,2 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Faktor koreksi = Kebutuhan air x 1,2

$$\begin{aligned}
 Q_d &= 290,2 \times 1,2 \\
 &= 348,3 \text{ L/jam}
 \end{aligned}$$

Pemakaian rata-rata dalam sehari adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Q_h/t &= Q_d / \text{jangka waktu pemakaian air rata-rata sehari} \\
 Q_h/t &= 348,2 / 10 \text{ jam} \\
 &= 34,83 \text{ L/jam}
 \end{aligned}$$

Beban puncak = $Q_h \times 2$

$$\begin{aligned}
 Q_h \text{ max}/t &= 34,83 \times 2 \\
 &= 69,66 \text{ L/jam}
 \end{aligned}$$

$Q_m \text{ max}/t = Q_h \text{ max} \times 3 / 60$

$$\begin{aligned}
 &= 69,66 \times 3 / 60 \\
 &= 3,483 \text{ m}^3/\text{menit}
 \end{aligned}$$

Tabel 20. Perhitungan Kebutuhan Air Bersih untuk Penghuni

Jenis Gedung	Q/hari	Qd/hari	Qh/jam	Qh Max/jam	Qm Max/menit
Hotel berbintang / Apartement	290,2	348,3	34,83	69,66	3,48

Keterangan :

Q : pemakaian air bersih rata-rata per hari

Qd : debit air bersih rata-rata perhari

Qh : pemakaiana air bersih per jam

Qh Max : pemakaian air bersih pada jam puncak atau padat

Qm Max : pemakaian air bersih pada menit puncak atau padat

Seperti yang terlihat pada Tabel 20 merupakan perhitungan kebutuhan air bersih untuk penghuni gedung apartemen XYZ dapat dijelaskan bahwa volume air yang dipakai penghuni sehari sebesar 290,2 L/hari, pemakaian air rata-rata sehari sebesar 348,2 m³, pemakaian air selama 10 jam sebesar 34,83 m³/jam, pemakaian air jam puncak sebesar 69,66 m³/jam, dan pemakaian air pada menit-menit puncak sebesar 3,48 m³/menit. Maka, tangki bawah yang menampung dari saluran air Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) dan direncanakan seperti perhitungan jumlah kapasitas penyediaan air bersih sebesar 290 m³/hari dan untuk kapasitas tangki atas adalah 30m³.

8.9 Perencanaan Kebutuhan Kapasitas Pompa

1. Perhitungan Kebutuhan Pompa Transfer

Kebutuhan pompa transfer dapat dilihat dari perhitungan berikut :

$$Q = \frac{Qt}{t}$$

$$Q = 290.000 \text{ (Liter /hari) / 12 (jam)}$$

$$= 24,116 \text{ Liter/jam} = 24,116 \text{ m}^3/\text{jam} = 0,401 \text{ m}^3/\text{menit}$$

Maka kebutuhan kapasitas pompa = 24,11 m³/jam.

a. Perhitungan diameter pipa hisap (Suction Pipe)

$$Q = V \times A$$

Maka

$$A = Q / V$$

$$\pi/4.D^2 = \frac{24,11}{4500}$$

$$D^2 = \sqrt{\frac{24,11 \times 4}{3,14 \times 4500}}$$

$$= 0,082 \text{ m (82 mm). Maka dipilih pipa diameter 82 mm.}$$

b. Perhitungan diameter pipa keluar (Discharger Pipe)

$$Q = V \times A \text{ Maka,}$$

$$A = Q / V$$

$$\pi/4.D^2 = \frac{24,11}{5400}$$

$$D^2 = \sqrt{\frac{24,11 \times 4}{3,14 \times 5400}}$$

$$= 0,075 \text{ m (75 mm)}. \text{ Maka dipilih pipa diameter 75 mm.}$$

2. Kerugian Gesek (Friction Loss)

Kerugian gesek adalah tahanan terhadap liquid yang mengalir didalam pipa serta turbulensi yang diakibatkan adanya pergesekan liquid dengan kekasaran permukaan dinding pia bagian dalam.

Hazen Willliam

$$H_f = f \frac{L}{D} \frac{v_g^2}{2.g}$$

Reynold

$$Re = \frac{v.d}{\nu}$$

3. Kerugian Gesek Pada Saluran Hisap (Hts)

$$Re = \frac{v.d}{\nu}$$

$$V_s = 1,25 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{1,25 \times 0,082}{0,00002} = 5125$$

Maka perhitungan mencari kerugian gesek menggunakan rumus sebagai berikut :

$$H_f = f \frac{L}{D} \frac{v_g^2}{2.g}$$

Dimana harga f adalah

$$F = 64/Re$$

$$= 64/5125$$

$$= 0,0128$$

$$H_f = f \frac{L}{D} \frac{v_g^2}{2.g}$$

$$= 0,0128 \times \frac{2}{0,082} \times \frac{1,25^2}{2 \times 9,81} = 0,024 \text{ m}$$

4. Friction Losses Terhadap Fitting Dan Valve

Pada sebuah area suction line terdapat :

- 2 unit Elbow Long Radius
- 1 unit Gate Valve
- 1 unit Strainer
- 1 unit Flow Valve

Dimana Q = 24,11 m³/jam

- Hambatan akibat Elbow 90° (He)

$$He = 0131 + 1,847 \left(\frac{D}{2} \right)^{3,5} \left(\frac{\phi}{90} \right)^{0,5}$$

$$V = \frac{Q}{\pi D^2} = \frac{24,11}{\pi (0,1)^2} = \frac{3071}{3600} = 0,85 \text{ m/s}$$

$$He = 0131 + 1,847 \left(\frac{D}{2} \right)^{3,5} \left(\frac{\phi}{90} \right)^{0,5} = 0,30$$

$$H_f = f \frac{v_g^2}{2 \cdot g}$$

$$= 0,30 \frac{0,85^2}{2 \times 9,81} = 0,013 \text{ m}$$

b. Hambatan akibat Gate Valve (Hgv)

$$H_f = f \frac{v_g^2}{2 \cdot g}$$

$$= 1,13 \frac{0,85^2}{2 \times 9,81} = 0,041 \text{ m}$$

c. Hambatan akibat Strainer (Hst)

$$H_f = f \frac{v_g^2}{2 \cdot g}$$

$$= 2 \frac{0,85^2}{2 \times 9,81} = 0,074 \text{ m}$$

d. Hambatan akibat Foot Valve (Hfv)

$$H_f = f \frac{v_g^2}{2 \cdot g}$$

$$= 1,13 \frac{0,85^2}{2 \times 9,81} = 0,041 \text{ m}$$

Maka kerugian gesek terhadap suction line adalah :

$$H_s = H_f + H_e + H_{gv} + H_{st} + H_{fv}$$

$$= 0,024 + 0,013 + 0,041 + 0,74 + 0,041$$

$$= 0,119 \text{ m}$$

5. Kerugian Gesek Terhadap Sisi Tekan (Htd)

$$Re = \frac{V \cdot d}{\nu}$$

$$V_s = 1,25 \text{ m/s}$$

Maka

$$Re = \frac{1,25 \times 0,082}{0,00002} = 5125$$

Maka rumus untuk mencari kerugian gesek menggunakan rumus sebagai berikut :

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{v_g^2}{2 \cdot g}$$

Dimana harga f adalah

$$F = \frac{64}{Re}$$

$$= 64/5125$$

$$= 0,0128$$

$$H_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$= 0,0128 \frac{100}{0,082} \times \frac{1,25^2}{2 \times 9,81} = 1,24 \text{ m}$$

6. Friction Losses Pada Fitting dan Valve

Pada suction line terdapat:

- 250 unit elbow long radius
- 15 unit gate valve
- 15 unit check valve

Dimana Q = 24,11m³/jam

- a. Hambatan akibat elbow 90° .

$$H_e = 0,131 + 1,847 \left(\frac{D}{2R} \right)^{3,5} (\phi/90)^{0,5}$$

$$= \frac{Q}{\frac{\pi}{4} D^2} = \frac{24,11}{\frac{\pi}{4} (0,1)^2} = \frac{3071}{3600} = 0,85 \text{ m/s}$$

$$H_e = 0,131 + 1,847 \left(\frac{D}{2} \right)^{3,5} (\phi/90)^{0,5}$$

$$= 0,30$$

$$H_f = f \frac{v_g^2}{2 \cdot g}$$

$$= 0,30 \frac{0,85^2}{2 \times 9,81}$$

$$= 0,013 \text{ m} \times 250 \text{ unit} = 3,25 \text{ m}$$

- b. Hambatan akibat Gate Valve (Hgv)

$$H_f = f \frac{v_g^2}{2 \cdot g}$$

$$= 1,13 \frac{0,85^2}{2 \times 9,81}$$

$$= 0,041 \text{ m} \times 15 \text{ unit} = 0,615 \text{ m}$$

- c. Hambatan akibat Check Valve (Hfv)

$$H_f = f \frac{v_g^2}{2 \cdot g}$$

$$= 2 \frac{0,85^2}{2 \times 9,81}$$

$$= 0,074 \text{ m} \times 15 = 1,11 \text{ m}$$

Jadi kerugian gesek terhadap suction line adalah :

$$H_{fsd} = H_f + H_e + H_{gv} + H_{fv}$$

$$= 1,24 + 3,25 + 0,615 + 1,11$$

$$= 6,215 \text{ m}$$

7. Tinggi Head Total Pompa Transfer (HT)

$$HT = h_a + \Delta h_p + h_s + h_{fsd} + \frac{Vd^2}{2g}$$

$$HT = 126 + 10 + 0,119 + 6,215 + \frac{0,85 \times 0,082^2}{2 \times 9,81}$$

$$= 142,3 \text{ m}$$

8. Daya pompa transfer

Perhitungan besar daya pompa transfer dengan persamaan sebagai berikut :

$$N_h = (0,163)(Q)(H)(\gamma)$$

$$= 0,163 \times 0,40 \times 142 \times 1$$

$$= 9,27 \text{ kW}$$

Sehingga daya pompa, jika efisiensi pompa 70%

$$N_p = (N_h) / \eta_p$$

$$= 9,27 / 0,7 = 13,25 \text{ kW atau } 13.250 \text{ W}$$

9. Perhitungan Kebutuhan Pompa Booster

Kebutuhan pompa booster dapat dilihat dari perhitungan berikut :

$$Q = Qt/t$$

$$Q = 290.000 \text{ (Liter /hari) / 5 (jam)}$$

$$= 58.000 \text{ Liter/jam} = 58 \text{ m}^3/\text{jam} = 0,96 \text{ m}^3/\text{menit}$$

10. Perhitungan Diameter Pipa

1. Diameter pipa saluran hisap (suction line) Ds

$$Q = V \times A$$

Maka

$$A = Q / V$$

$$\pi/4 \cdot D^2 = \frac{58}{4500}$$

$$D^2 = \sqrt{\frac{58 \times 4}{3,14 \times 4500}}$$

$$= 0,128 \text{ m (128 mm)}. \text{ Maka dipilih pipa diameter 150 mm}$$

2. Diameter pipa keluar (discharger pipe) Dd

$$Q = V \times A$$

Maka

$$A = Q / V$$

$$\pi/4 \cdot D^2 = \frac{58}{5400}$$

$$D^2 = \sqrt{\frac{58 \times 4}{3,14 \times 5400}}$$

$$= 0,116 \text{ m (116 mm)}. \text{ Maka dipilih pipa diameter 125 mm}$$

11. Kerugian Gesek (Friction Loss)

Kerugian gesek adalah tahanan terhadap fluida yang mengalir didalam pipa serta turbulensi yang diakibatkan adanya pergesekan liquid dengan kekasaran permukaan dinding pipa bagian dalam.

Friction loss

$$H_f = f \frac{L}{D} \frac{v_g^2}{2 \cdot g}$$

Reynold

$$Re = (V \cdot d) / \nu$$

12. Kerugian Gesek Pada Saluran Hisap (Hts)

$$Re = (V \cdot d) / \nu$$

$$V_s = 1,25 \text{ m/s}$$

Maka

$$Re = \frac{1,25 \times 0,128}{0,00002} = 8000$$

Maka perhitungan mencari kerugian gesek menggunakan rumus sebagai berikut :

$$H_f = f L/D \frac{v_g^2}{2.g}$$

Dimana harga f adalah

$$\begin{aligned} F &= 64/Re \\ &= 64/8000 \\ &= 0,008 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_f &= f L/D \frac{v_g^2}{2.g} \\ &= 0,008 \times \frac{2}{0,128} \times \frac{1,25^2}{2 \times 9,81} \\ &= 9,95 \text{ m} \end{aligned}$$

13. Friction Losses Terhadap Fitting dan Valve

Pada sebuah area suction line terdapat :

- unit Elbow Long Radius
- 1 unit Gate Valve
- 1 unit Strainer
- 1 unit Flow Valve

Dimana Q = 58 m³/jam

- Hambatan akibat Elbow 90° (He)

$$H_e = 0131 + 1,847 (D/2)^{3,5} (\phi/90)^{0,5}$$

$$V = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} D^2} = \frac{58}{\frac{\pi}{4} (0,1)^2} = \frac{7388}{3600} = 2 \text{ m/s}$$

$$H_e = 0131 + 1,847 (D/2)^{3,5} (\phi/90)^{0,5} = 0,30$$

$$\begin{aligned} H_f &= f \frac{v_g^2}{2.g} \\ &= 0,30 \frac{2^2}{2 \times 9,81} = 0,061 \text{ m} \end{aligned}$$

- Hambatan akibat Gate Valve (Hgv)

$$\begin{aligned} H_f &= f \frac{v_g^2}{2.g} \\ &= 1,13 \frac{2^2}{2 \times 9,81} = 0,23 \text{ m} \end{aligned}$$

- Hambatan akibat Strainer (Hst)

$$\begin{aligned} H_f &= f \frac{v_g^2}{2.g} \\ &= 2 \frac{2^2}{2 \times 9,81} = 0,40 \text{ m} \end{aligned}$$

d. Hambatan akibat Foot Valve (Hfv)

$$\begin{aligned} H_f &= f \frac{v_g^2}{2.g} \\ &= 1,13 \frac{2^2}{2 \times 9,81} = 0,23 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka kerugian gesek terhadap suction line adalah :

$$\begin{aligned} H_s &= H_f + H_e + H_{gv} + H_{st} + H_{fv} \\ &= 9,95 + 0,061 + 0,23 + 0,40 + 0,23 \\ &= 10,8 \text{ m} \end{aligned}$$

14. Kerugian Gesek Terhadap Sisi Tekan (Htd)

$$\begin{aligned} Re &= (V \cdot d) / \nu \\ V_s &= 1,25 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Maka

$$Re = \frac{1,25 \times 0,128}{0,00002} = 8000$$

Maka rumus untuk mencari kerugian gesek adalah sebagai berikut :

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{v_g^2}{2.g}$$

Dimana harga f adalah

$$\begin{aligned} F &= 64 / Re \\ &= 64 / 8000 = 0,008 \end{aligned}$$

$$H_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2.g} = 0,038 \frac{100}{0,128} \times \frac{1,25^2}{2 \times 9,81} = 2,36 \text{ m}$$

15. Friction Losses Pada Fitting dan Valve

Pada suction line terdapat :

- 100 unit elbow long radius
- 14 unit gate valve
- 14 unit check valve

Dimana Q = 58 m³/jam

a. Hambatan akibat Elbow 90° (He)

$$H_e = 0,131 + 1,847 \left(\frac{D}{2} \right)^{3,5} \left(\frac{\phi}{90} \right)^{0,5}$$

$$V = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} D^2} = \frac{58}{\frac{\pi}{4} (0,1)^2} = \frac{7388}{3600} = 2 \text{ m/s}$$

$$H_e = 0,131 + 1,847 \left(\frac{D}{2} \right)^{3,5} \left(\frac{\phi}{90} \right)^{0,5}$$

$$= 0,30$$

$$H_f = f \frac{v_g^2}{2.g}$$

$$= 0,30 \frac{2^2}{2 \times 9,81}$$

$$= 0,061 \text{ m} \times 100 \text{ unit} = 6,1 \text{ m}$$

b. Hambatan akibat Gate Valve (Hgv)

$$\begin{aligned} H_f &= f \frac{v_g^2}{2 \cdot g} \\ &= 1,13 \frac{2^2}{2 \times 9,81} \\ &= 0,23 \text{ m} \times 14 \text{ unit} = 3,22 \text{ m} \end{aligned}$$

c. Hambatan akibat check valve (Hfv)

$$\begin{aligned} H_f &= f \frac{v_g^2}{2 \cdot g} \\ &= 2 \frac{2^2}{2 \times 9,81} \\ &= 0,40 \text{ m} \times 14 \text{ unit} = 5,6 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka kerugian gesek terhadap suction line adalah :

$$\begin{aligned} H_{fsd} &= H_e + H_{gv} + H_{fv} \\ &= 6,1 + 3,22 + 5,6 \\ &= 14,92 \text{ m} \end{aligned}$$

16. Tinggi Head Total Pompa Booster (HT)

$$\begin{aligned} HT &= h_a + \Delta h_p + h_s + h_{fsd} + \frac{v_d^2}{2g} \\ HT &= 8 + 8 + 10,8 + 14,92 + \frac{2 \times 0,128^2}{2 \times 9,81} \\ &= 21,7 \text{ m} \end{aligned}$$

17. Daya Pompa Booster

Perhitungan besar daya pompa booster dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} N_h &= (0,163)(Q)(H)(\gamma) \\ &= 0,163 \times 0,96 \times 21,7 \times 1 \\ &= 3,39 \text{ kW} \end{aligned}$$

Sehingga daya pompa, jika efisiensi pompa 70%

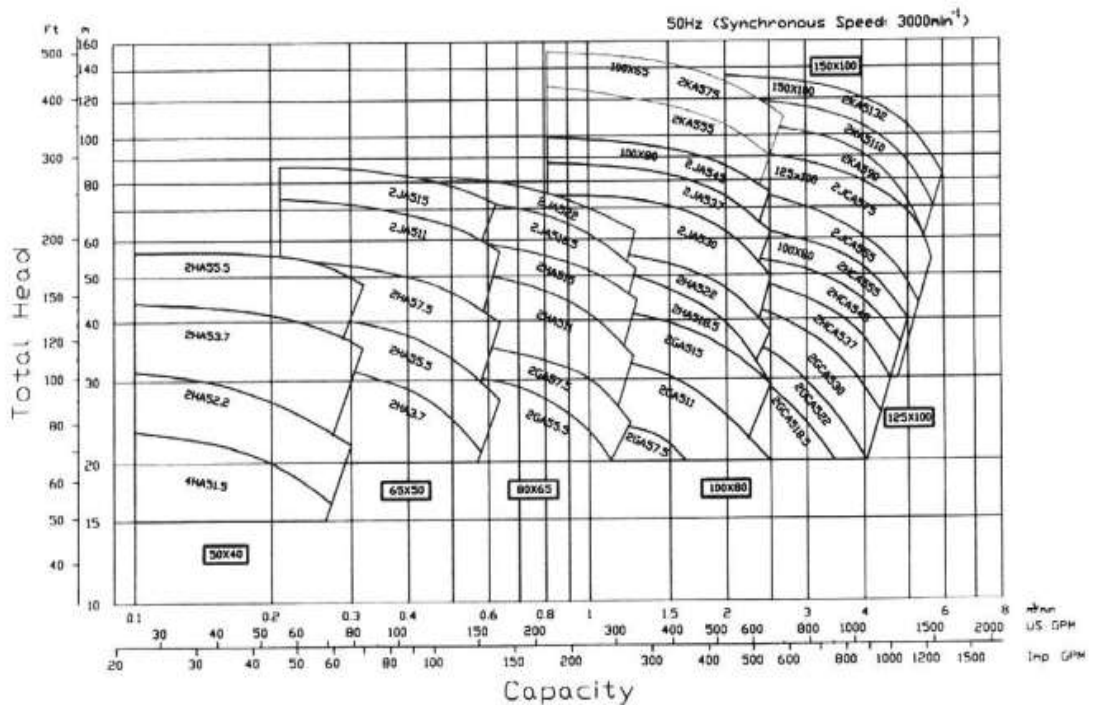
$$\begin{aligned} N_p &= (N_h) / \eta_p \\ &= 3,39 / 0,7 = 4,85 \text{ kW atau } 4.850 \text{ W} \end{aligned}$$

Hasil perencanaan ini dapat dilihat dengan kurva sebagai berikut :

Tabel 21. Hasil dan Pembahasan

No.	Hasil dan Pembahasan	Total	Satuan
1	Jumlah penghuni	1161	orang
2	Kapasitas air bersih penghuni	290	m ³ /hari
3	Kapasitas pompa transfer	0,401	m ³ /menit
4	Kerugian gesek pada saluran hisap	0,024	m
5	Kerugian gesek pada fitting dan valve	0,119	m
6	Kerugian gesek terhadap sisi tekan	1,24	m
7	Kerugian gesek pada fitting dan valve	6,215	m

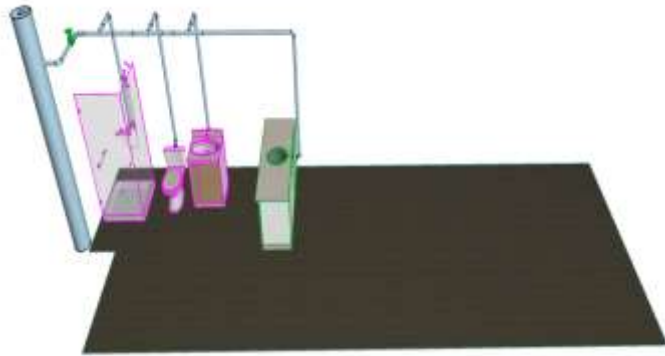
8	Head Total pompa transfer	142,3	m
9	Daya pompa transfer	13,25	kW
10	Kapasitas pompa booster	0,96	m3/menit
11	Kerugian gesek pada saluran hisap	9,95	m
12	Kerugian gesek pada fitting dan valve	10,8	m
13	Kerugian gesek terhadap sisi tekan	2,36	m
14	Kerugian gesek pada fitting dan valve	14,92	m
15	Head Total pompa booster	21,7	m
16	Daya pompa booster	4,85	kW



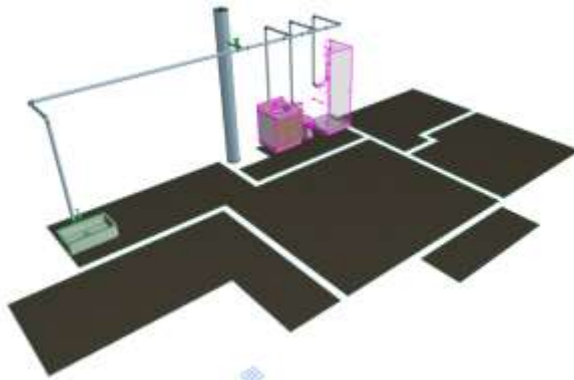
Gambar 58. Kurva Head Pompa

8.10 Perencanaan Menggunakan Software Archicad

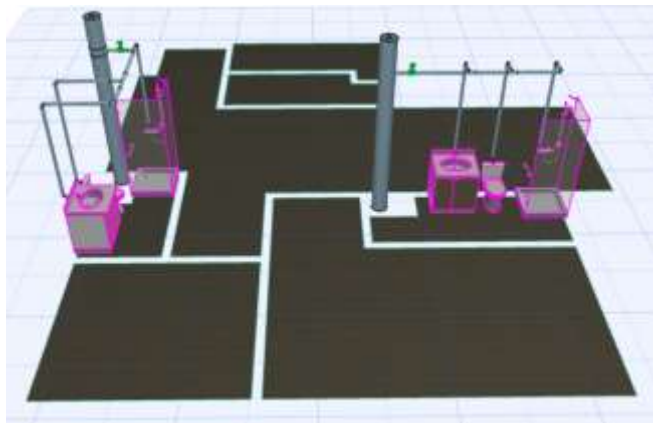
Pada penelitian di Apartement Formosa Residence ini menggunakan software archicad mendapatkan hasil sebagai berikut :



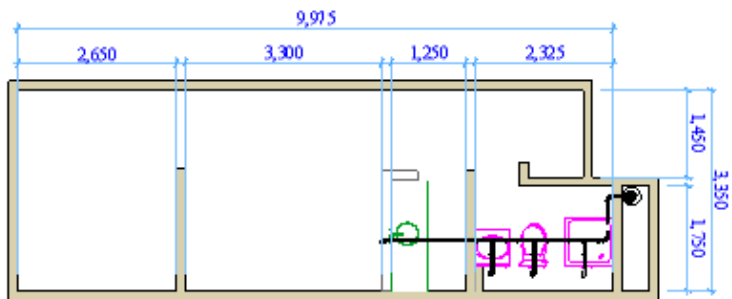
Gambar 59. Instalasi Pipa Air Bersih Unit Kamar Type A (3D)



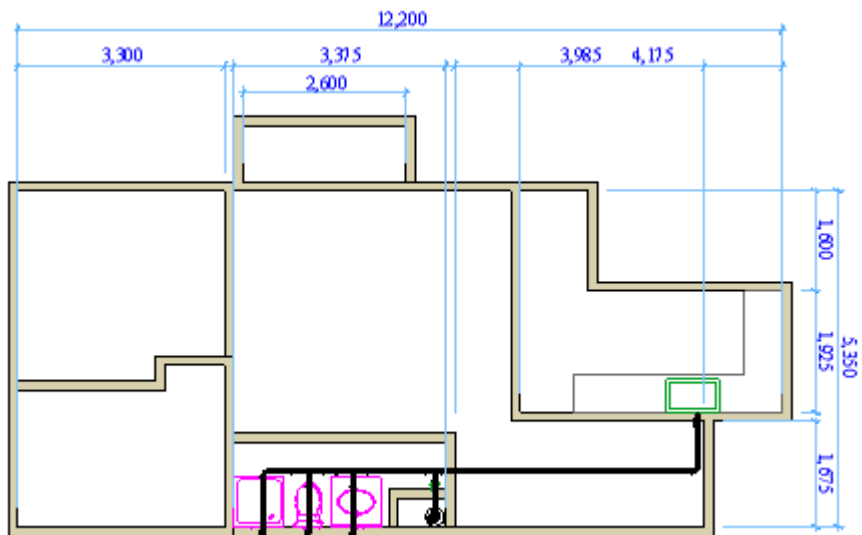
Gambar 60. Instalasi Pipa Air Bersih Unit Kamar Type B (3D)



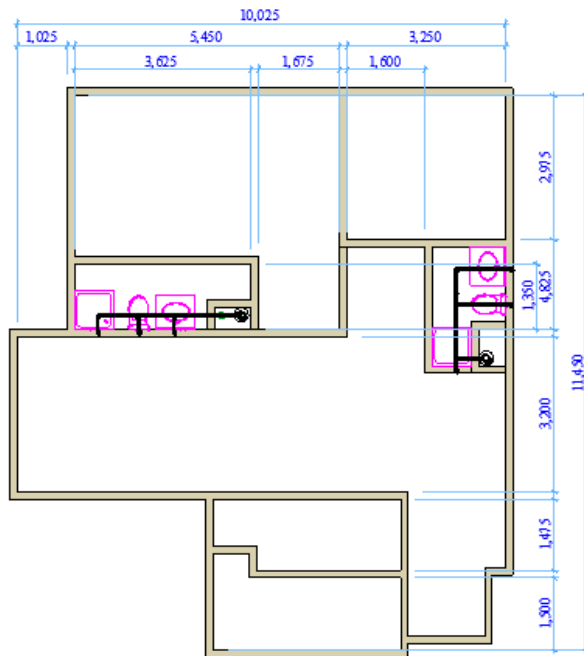
Gambar 61. Instalasi Pipa Air Bersih Unit Kamar Type C (3D)



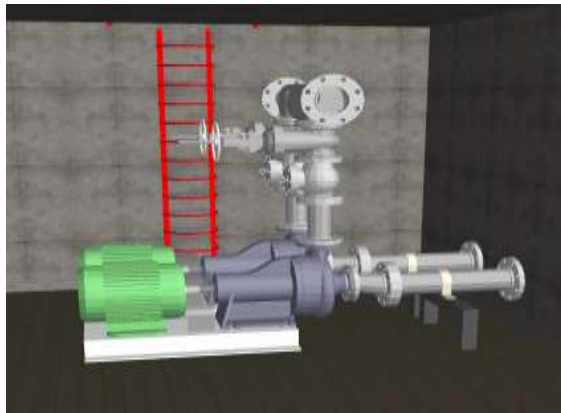
Gambar 62. Instalasi Pipa Air Bersih Unit Kamar Type A (2 D)



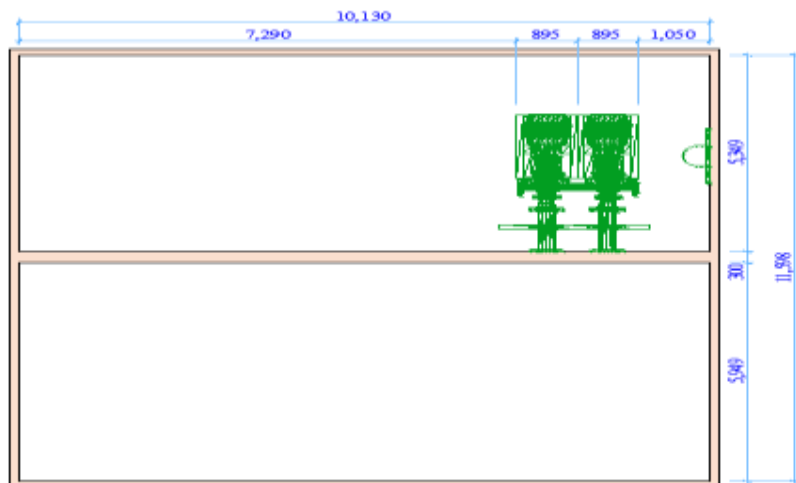
Gambar 63. Instalasi Pipa Air Bersih Unit Kamar Type B (2D)



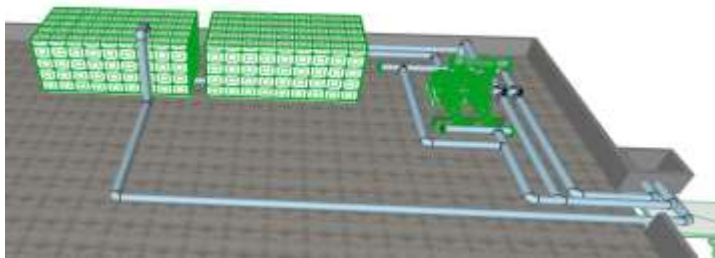
Gambar 64. Instalasi Pipa Air Bersih Unit Kamar Type C (2D)



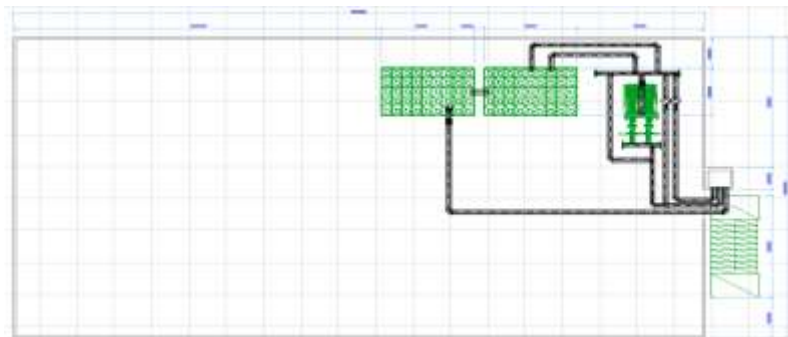
Gambar 65. Ruang Pompa Tanki Bawah



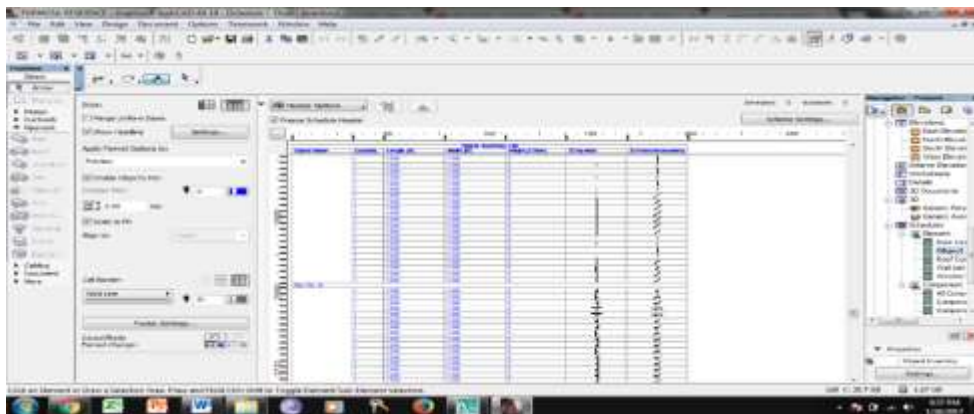
Gambar 66. Ruang Pompa Tangki Bawah (2D)



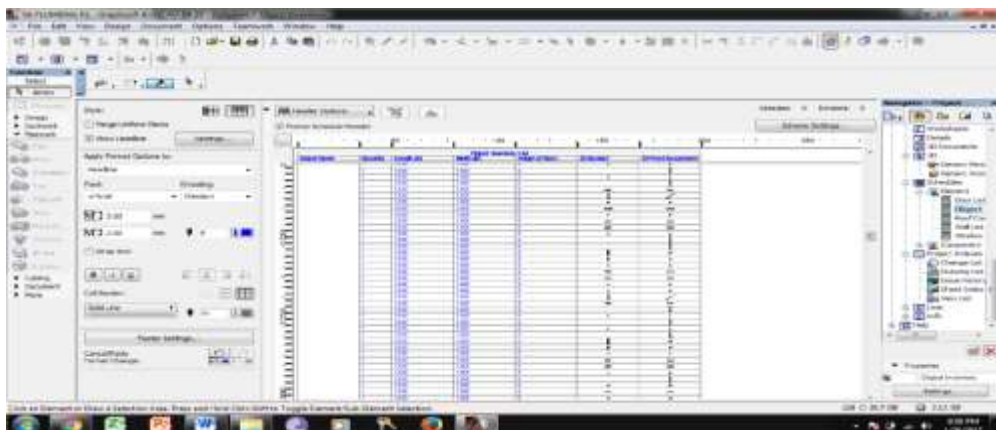
Gambar 67. Ruang Pompa Tangk Atas (3D)



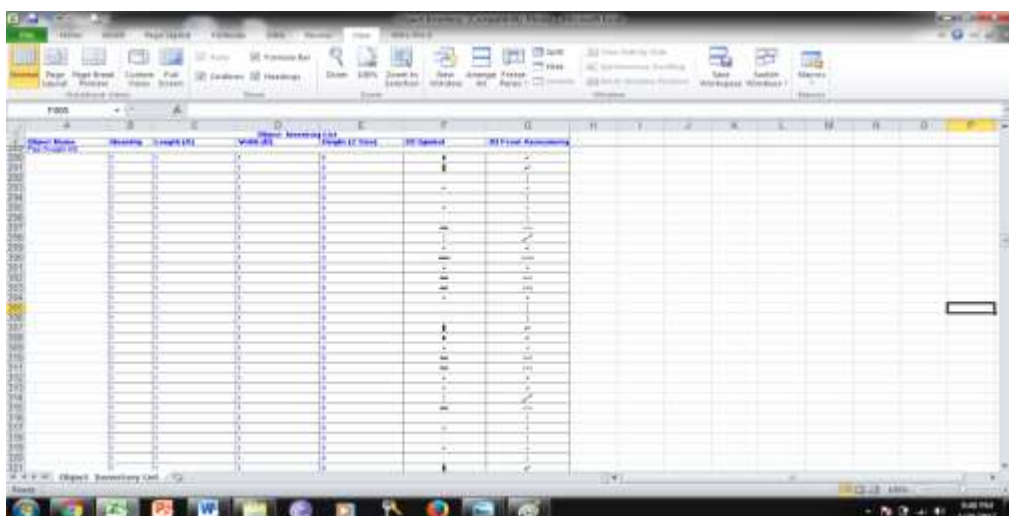
Gambar 68. Ruang Pompa Tangki Atas (2D)



Gambar 69. Hasil Kuantitas dengan Archicad 1



Gambar 70. Kuantitas Sambungan dengan Archicad 2



Gambar 71. Hasil Kuantitas Archicad terintegrasi dengan Microsoft Excel

18. Resume

Berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan perancangan sistem air bersih pada gedung apartemen XYZ, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- a. Perencanaan sistem air bersih pada gedung apartemen formosa residen diketahui dari jumlah kamar 416 unit dengan perhitungan luas lantai efektif diasumsikan jumlah penghuni sebanyak 1.161 orang, maka untuk memenuhi kebutuhan penghuni diperlukan air bersih sebanyak $290 \text{ m}^3/\text{hari}$.
- b. Perencanaan sistem air bersih gedung Apartement XYZ menggunakan software archicad maka didapatkan kebutuhan perlengkapan pemipaan sebagai berikut : Pipa dengan diameter 15 mm sepanjang 9.533 m, diameter 20 mm sepanjang 113 m, diameter 32 mm sepanjang 53 m, diameter 80 mm sepanjang 878 m dan diameter 100 mm sepanjang 306 m. Sedangkan untuk dibutuhkan pompa yaitu : diperlukan 2 unit pompa transfer dengan 1 unit pompa memiliki kapasitas $24,11 \text{ m}^3/\text{jam}$ dan membutuhkan daya pompa sebesar 13,25 kW dan 4 unit pompa booster dengan 1 unit pompa memiliki kapasitas $8 \text{ m}^3/\text{jam}$ dengan daya pompa sebesar 4,85 kW.

SECTION 9. PERANCANGAN PLUMBING

9.1 Sistem penyediaan air minum

Syarat penyediaan air minum

1. Sumber air minum

Ketentuan mengenai sumber air minum adalah sebagai berikut:

- Bangunan yang dilengkapi dengan sistem plumbing harus mendapat air minum yang cukup dari saluran air minum kota;
- Bila penyambungan tersebut tidak dapat dilakukan, karena tidak tersedianya saluran air minum kota atau karena sebab lain, maka harus disediakan sumber air lain yang memenuhi persyaratan air minum;
- Tiap persil berhak mendapat sambungan dari saluran air minum.

2. Kualitas air

Ketentuan kualitas air adalah sebagai berikut:

- Hanya air yang memenuhi persyaratan air minum sesuai peraturan berlaku yang boleh dialirkan ke alat plumbing dan perlengkapan plumbing yang dipergunakan untuk minum, masak, pengolahan makanan, pengalengan atau pembungkusan, pencucian alat makan dan minum, alat dapur atau untuk keperluan rumah tangga sejenis lainnya termasuk *jet washer* dan kran untuk wudhu;
- Air bersih yang tidak memenuhi persyaratan air minum hanya dibatasi untuk kloset, urinal, dan alat plumbing serta perlengkapan lainnya. Semua kran dan alat yang dialiri air yang tidak memenuhi persyaratan air minum harus diberi tanda dengan jelas bahwa air tersebut membahayakan kesehatan.

3. Kuantitas

Kuantitas yang harus disediakan untuk kebutuhan air minum sesuai dengan standar pelayanan minimal.

9.2 Beban dan ukuran

1. Menghitung beban kebutuhan air minum

Perlengkapan atau peralatan ²⁾	Jkuran pipa cabang minimum ^{1,4)} (inci)	Pribadi (UBAP)	Umum (UBAP)	Tempat berkumpul ⁶⁾ (UBAP)
Bak rendam atau kombinasi bak dan <i>shower</i>	$\frac{1}{2}$	4,0	4,0	-
Bak rendam dengan katup $\frac{3}{4}$ inci	$\frac{3}{4}$	10,0	10,0	-
Bidet	$\frac{1}{2}$	1,0	-	-
Pencuci pakaian	$\frac{1}{2}$	4,0	4,0	-
Unit dental	$\frac{1}{2}$	-	1,0	-
Pencuci piring, rumah tangga	$\frac{1}{2}$	1,5	1,5	-
Pancuran air minum, air pendingin	$\frac{1}{2}$	0,5	0,5	0,75
<i>Hose Bibb</i> ⁸⁾	$\frac{1}{2}$	2,5	2,5	-
<i>Hose Bibb</i> , tiap pertambahan	$\frac{1}{2}$	1,0	1,0	-
<i>Lavatory</i>	$\frac{1}{2}$	1,0	1,0	1,0

<i>Sprinkler</i> halaman ⁵⁾	-	1,0	1,0	-
<i>Sink/Bak</i>				
• Bar	½	1,0	2,0	-
• Kran klinik	½	-	3,0	-

Suplai air yang diperlukan pada setiap perlengkapan plambing dinyatakan dalam *fixture unit* (FU) atau unit beban alat plambing (UBAP), seperti ditunjukkan pada Tabel 3 yang mencakup kebutuhan air panas dan dingin.

Tabel 22. Unit beban alat plambing sistem penyediaan air dan ukuran minimum pipa cabang (lanjutan)

Perlengkapan atau peralatan ²⁾	Ukuran pipa cabang min1,4) (inci)	Pribadi UBAP	Umum (UBAP)	Tempat berkumpul ⁶⁾ (UBAP)
• Katup gelontor klinik dengan atau tanpa kran	1	-	8,0	-
• Dapur, rumah tangga dengan atau tanpa pencuci piring	½	1,5	1,5	-
• <i>Laundry</i>	½	1,5	1,5	-
• Bak pel	½	1,5	3,0	-
• Cuci muka, tiap set kran	½	-	2,0	-
<i>Shower</i>	½	2,0	2,0	-
Urinal, katup gelontor 3,8LPF (Liter per flush)	¾	Lihat catatan ⁷⁾		-
Urinal, tangki pembilas	½	2,0	2,0	3,0
Pancuran cuci, <i>spray</i> sirkular	¾	-	4,0	-
Kloset, tangki gravitasi 6LPF (Liter per flush)	½	2,5	2,5	3,5
Kloset, tangki meter air 6LPF (Liter per flush)	½	2,5	2,5	3,5
Kloset, katup meter air 6LPF (Liter per flush)	1	Lihat catatan ⁷⁾		-
Kloset, tangki gravitasi > 6LPF (Liter per flush)	½	3,0	5,5	7,0
Kloset, Flushometer > 6LPF (Liter per flush)	1	Lihat catatan ⁷⁾		-

Sumber: UPC 2012 - IAPMO Tabel 610.3

CATATAN :

¹⁾ Ukuran dari pipa cabang air dingin, pipa cabang air panas, atau keduanya.

²⁾ Alat, peralatan, atau perlengkapan yang tidak dirujuk dalam tabel ini harus diijinkan untuk menjadi ukuran dengan mengacu pada perlengkapan yang memiliki laju aliran dan frekuensi penggunaan yang sama.

³⁾ Nilai UBAP mewakili beban untuk air dingin. Nilai UBAP untuk air dingin dan air panas yang terpisah atau yang digabung harus diperbolehkan dengan mengambil nilai ¾ dari total nilai alat plambing.

⁴⁾ Untuk alat plambing individu, ukuran minimum pipa cabang pemasok adalah ukuran nominal (ND).

- 5) Perhitungan suplai untuk aliran menerus, menentukan besaran aliran (L/detik) dan perlu penambahan kebutuhan untuk sistem distribusi terpisah.
- 6) Penggunaan untuk tempat berkumpul, lihat Tabel 2.
- 7) Ukuran sistem penggelontor (*flushometer system*), lihat Tabel 5.
- 8) Pengurangan UBAP untuk kran sambungan selang (*Hose Bibbs*) tambahan digunakan untuk total beban bangunan dan untuk ukuran pipa di mana lebih dari satu selang dipasang oleh segmen pipa distribusi air. Cabang peralatan plambing untuk setiap selang harus dihitung dengan 2,5 UBAP.

2. Cara menentukan ukuran pipa pelayanan dan meter air

Ukuran dari pipa pelayanan dan meteran air dalam bangunan gedung dapat ditentukan sebagai berikut:

- Tentukan tekanan yang tersedia pada meter air;
- Tambahkan atau kurangi tekanan dengan melihat perubahan elevasi. Untuk perubahan tekanan sebesar $\frac{1}{2}$ psi (0,35 m) adalah untuk setiap perubahan perbedaan tinggi sebesar 0,305 m antara tinggi air di meteran air dengan tinggi air yang keluar di gedung
- Pilih “rentang tekanan” yang diinginkan pada Tabel 4;
- Pilih “panjang pipa” sesuai dengan yang dibutuhkan;
- Tentukan “nilai UBAP” sama atau melebihi jumlah unit perlengkapan plambing yang dibutuhkan;
- Setelah mendapatkan butir e), maka jumlah UBAP yang tepat dapat digunakan untuk menentukan panjang pipa, diameter pipa, dan meter air.

Tidak ada pipa layanan bangunan gedung berdiameter kurang dari $\frac{3}{4}$ inci (20 mm).

Tabel 23. UBAP / *fixture unit* untuk menentukan ukuran pipa air dan meter air

Ukuran meter air (inci)	Diameter pipa pembawa (inci)	Panjang maksimum yang dibolehkan (m)														
		12	18	24	30	46	61	76	91	122	152	183	213	244	274	305
UBAP untuk Rentang Tekanan 21 sampai 31,50 mka																
¾	½	6	5	4	3	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
¾	¾	16	16	14	12	9	6	5	5	4	4	3	2	2	2	1
¾	1	29	25	23	21	17	15	13	12	10	8	6	6	6	6	6
1	1	36	31	27	25	20	17	15	13	12	10	8	6	6	6	6
¾	1¼	36	33	31	28	24	23	21	19	17	16	13	12	12	11	11
1	1¼	54	47	42	38	32	28	25	23	19	17	14	12	12	11	11
1½	1¼	78	68	57	48	38	32	28	25	21	18	15	12	12	11	11
1	1½	85	84	79	65	56	48	43	38	32	28	26	22	21	20	20
1½	1½	150	124	105	91	70	57	49	45	36	31	26	23	21	20	20
2	1½	151	129	129	110	80	64	53	46	38	32	27	23	21	20	20
1	2	85	85	85	85	85	85	82	80	66	61	57	52	49	46	43
1½	2	220	205	190	176	155	138	127	120	104	85	70	61	57	54	51
2	2	370	327	292	265	217	185	164	147	124	96	70	61	57	54	51
2	2½	445	418	390	370	330	300	280	265	240	220	198	175	158	143	133

UBAP Rentang Tekanan 32,20 sampai 42 mka															
¾	½	7	7	6	5	4	3	2	2	1	1	1	0	0	0
¾	¾	20	20	19	17	14	11	9	8	6	5	4	4	3	3
¾	1	39	39	36	33	28	23	21	19	17	14	12	10	9	8
1	1	39	39	39	36	30	25	23	20	18	15	12	10	9	8
¾	1¼	39	39	39	39	39	39	34	32	27	25	22	19	19	17
1	1¼	78	78	76	67	52	44	39	36	30	27	24	20	19	17
1½	1¼	78	78	78	78	66	52	44	39	33	29	24	20	19	17
1	1½	85	85	85	85	85	85	80	67	55	49	41	37	34	32
1½	1½	151	151	151	151	128	105	90	78	62	52	42	38	35	32
2	1½	151	151	151	151	150	117	98	84	67	55	42	38	35	32
1	2	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	83
1½	2	370	370	340	318	272	240	220	198	170	150	135	123	110	102
2	2	370	370	370	370	368	318	280	250	205	165	142	123	110	102
2	2½	640	610	610	580	535	500	470	440	400	365	335	315	285	267
UBAP Rentang Tekanan di atas 42 mka															
¾	½	7	7	7	6	5	4	3	3	2	1	1	1	1	0
¾	¾	20	20	20	20	17	13	11	10	8	7	6	6	5	4
¾	1	39	39	39	39	35	30	27	24	21	17	14	13	12	11
1	1	39	39	39	39	38	32	29	26	22	18	14	13	12	11
¾	1¼	39	39	39	39	39	39	39	39	34	28	26	25	23	22
1	1¼	78	78	78	78	74	62	53	47	39	31	26	25	23	22
1½	1¼	78	78	78	78	78	74	65	54	43	34	26	25	23	22
1	1½	85	85	85	85	85	85	85	85	81	64	51	48	46	43
1½	1½	151	151	151	151	151	151	130	113	88	73	51	51	46	43
2	1½	151	151	151	151	151	151	142	122	98	82	64	51	46	43
1	2	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
1½	2	370	370	370	370	360	335	305	282	244	212	187	172	153	141
2	2	370	370	370	370	370	370	370	340	288	245	204	172	153	141
2	2½	654	654	654	654	654	650	610	570	510	460	430	404	380	356

Sumber :UPC 2012 - IAPMO Tabel 610.4

Unit SI: 1 inci = 25 mm; mka = meter kolom air

CATATAN :

Tersedia tekanan statik setelah kehilangan tekanan (*head loss*)

Pelayanan bangunan gedung, ukuran nominal tidak kurang dari ¾ inci (20 mm)

1) Ukuran pipa cabang

Bila Tabel 4 digunakan, ukuran minimum dari tiap pipa cabang harus dihitung dari jumlah UBAP yang harus dilayani oleh cabang pipa, total perpanjang pipa dari sistem, ukuran meter dan ukuran pipa sesuai dengan butir 5.2 2).Tidak ada ukuran pipa cabang yang diperlukan menjadi lebih besar dari yang dibutuhkan oleh Tabel 4 untuk pipa layanan bangunan.

2) Ukuran katup gelontor

Bila dalam merencanakan sistem plambing yang menggunakan katup gelontor umumnya untuk melayani ruang publik, maka perhitungan kebutuhan UBAP harus menggunakan Tabel 5, jumlah unit katup gelontor yang digunakan di setiap pipa, baik di cabang atau pipa utama, harus ditentukan berdasarkan jumlah dan kategori katup gelontor yang dilayani oleh bagian pipa, yang sesuai dengan Tabel 5. Pipa pelayanan sebuah katup gelontor harus tidak kurang dari ukuran inlet katup.

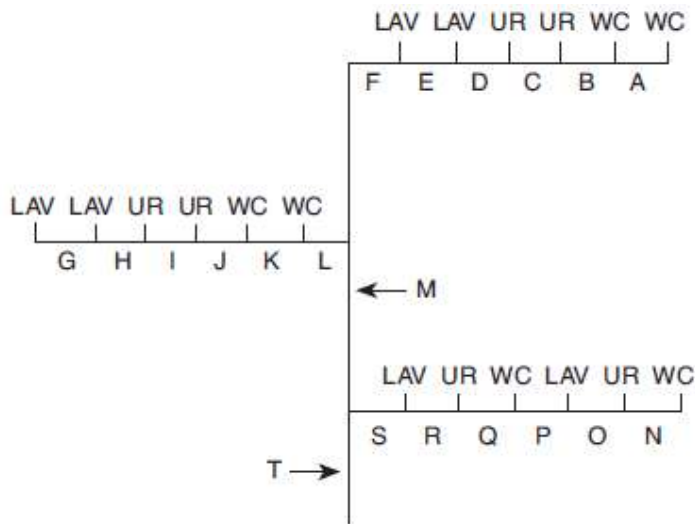
Tabel 24. Unit beban katup gelontor (*flushometer*)

Kategori alat plambing : Kloset dengan katup gelontor		
Jumlah katup gelontor (<i>Flushometer valve</i>)	Nilai beban setiap katup gelontor untuk setiap penambahan jumlah katup gelontor (UBAP)	Nilai kumulatif beban katup gelontor untuk kloset (UBAP)
1	40	40
2	30	70
3	20	90
4	15	105
5 atau lebih	Tiap 10	115 (10 untuk setiap penambahan katup gelontor selanjutnya)
Kategori alat plambing; Urinal dengan katup gelontor		
Jumlah katup gelontor (<i>Flushometer valve</i>)	Nilai beban setiap katup gelontor untuk setiap penambahan jumlah katup gelontor (UBAP)	Nilai kumulatif beban katup gelontor untuk urinal (UBAP)
1	20	20
2	15	35
3	10	45
4	8	53
5 atau lebih	Tiap 5	58 (5 untuk setiap penambahan katup gelontor selanjutnya)

Sumber : UPC 2012 - IAPMO Tabel 610.10

Perhitungan UBAP dengan menggunakan Tabel 5 dapat dilihat pada contoh di bawah.

Contoh metoda perhitungan untuk unit alat plambing dengan *flushometer*



- C : 2 KLOSET (70) + 1 UR (20) = 90 UBAP
 D : 2 KLOSET (70) + 2 UR (35) = 105 UBAP
 E : 2 KLOSET (70) + 2 UR (35) = 105 UBAP
 F : 2 KLOSET (70) + 2 UR (35) + 2 LAV (2) = 107 UBAP
 G : 1 LAV = 1 UBAP
 H : 2 LAV = 2 UBAP
 I : 2 LAV (2) + 1 UR (20) = 22 UBAP
 J : 2 LAV (2) + 2 UR (35) = 37 UBAP
 K : 2 LAV (2) + 2 UR (35) + 1 KLOSET (40) = 77 UBAP
 L : 2 LAV (2) + 2 UR (35) + 2 KLOSET (70) = 107 UBAP
 M : 4 KLOSET (105) + 4 UR (53) + 4 LAV (4) = 162 UBAP
 N : 1 KLOSET = 40 UBAP
 O : 1 KLOSET (40) + 1 UR (20) = 60 UBAP
 P : 1 KLOSET (40) + 1 UR (20) + 1 LAV (1) = 61 UBAP
 Q : 2 KLOSET (70) + 1 UR (20) + 1 LAV (1) = 91 UBAP
 R : 2 KLOSET (70) + 2 UR (35) + 1 LAV (1) = 106 UBAP
 S : 3 KLOSET (70) + 2 UR (35) + 2 LAV (2) = 107 UBAP
 T : 4 KLOSET (125) + 6 UR (63) + 6 LAV (6) = 194 UBAP

9.3 Tekanan air

1. Sistem distribusi air minum harus direncanakan berdasarkan tekanan minimum 100 kPa atau 10 m kolom air.
2. Tekanan minimum pada setiap saat di titik aliran keluar unit alat plambing adalah 0,50 kg/cm² atau 5 m kolom air, tekanan pada katup penggelontor langsung sekurang-kurangnya 1 kg/cm². Pada perlengkapan lain yang mensyaratkan tekanan lebih besar, tekanan

minimum harus sebesar tekanan yang diperlukan agar perlengkapan tersebut dapat bekerja dengan baik;

Bila tekanan dalam jaringan distribusi air minum kota tidak dapat memenuhi persyaratan tekanan minimum di titik pengaliran keluar, maka harus dipasang suatu tangki penyediaan air yang direncanakan dan ditempatkan untuk dapat memberikan tekanan minimum yang disyaratkan. Tangki tersebut dapat berupa tangki bertekanan atau tangki gravitasi atau pompa *booster* yang memberikan tekanan sesuai dengan yang diperlukan;

3. Bila tekanan air lebih dari 5 kg/cm^2 atau 50 m kolom air harus dilengkapi katup pelepas tekan atau kran yang menutup sendiri, atau dipasang suatu tabung udara atau alat mekanis yang dibenarkan untuk mencegah bahaya akibat tekanan, pukulan air dan suara dalam pipa yang tidak dikehenda

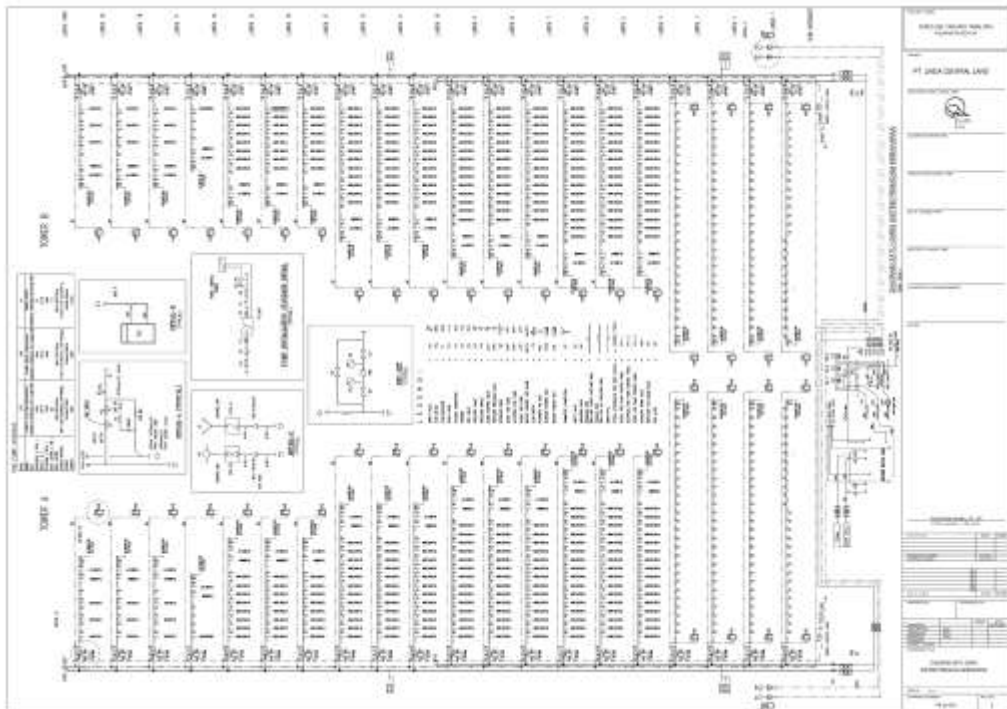
Daftar Pustaka Plumbing

1. Austin, C., H., Zulkifli, H. 1990. *Pompa dan Blower Sentrifugal*. Jakarta (ID) : Erlangga.
2. Chidambaram. 2015. *Contractor Essential Guide for GRAPHISOFT ARCHICAD*. Singapore.
3. Harsokoesoemo, H.Darmawan, Pengantar Perancangan Teknik, Institut Teknologi Bandung, Bandung, 2004.
4. Igor J. Karassik, William C. Krutzsch, Warren H. Fraser, Joseph P. Messina. 1979. *Pump Handbook*. United States of America.
5. Ir. Sularso, M.S., M.E., Prof. Dr. Haruo Tahara. 2006. *Pompa Dan Kompresor*.
6. James A.F Stoner. Manajemen Eisi Kedua, jilid I. Erlangga, Jakarta. 1996
7. SNI 03-6481-2000 Mengenai Sistem *Plumbing*.
8. SNI 03-7065-2005 Mengenai Tata Cara Perencanaan Sistem *Plumbing*.
9. SNI 8153-2015 Mengenai Sistem Plambing Pada Bangunan Gedung.
10. Sofyan M. Noerbambang, Takeo Morimura. 1996. *Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plumbing*. Tokyo (Japan) : Association for International Technical Promotion.
11. Tahara Haruo, Sularso. 2000. *Pompa Dan Kompresor*. Jakarta (ID) : Pradnya Paramita

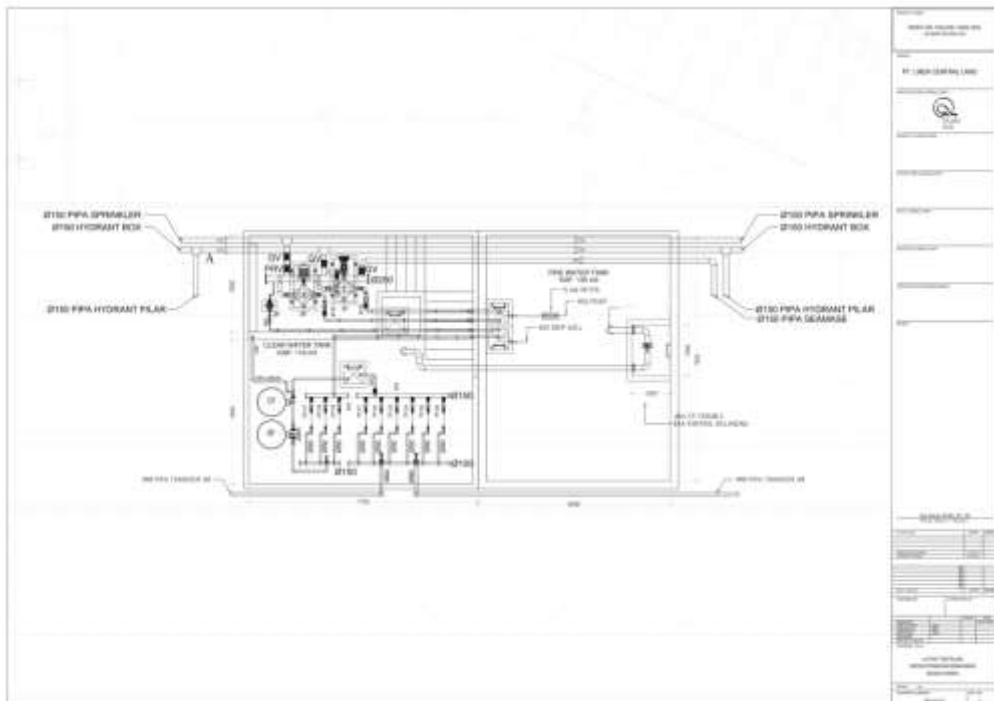
Daftar Pustaka Pemadam

1. Jurnal RahesaDwiPutri. Perencanaan Dan Analisa Sistem *Sprinkler* Otomatis Dan Kebutuhan Air Pemadaman *Fire Fighting*. Jurnal Teknik Mesin (JTM): Vol. 06, No. 1, Februari 2017
2. Jurnal Muhammad Al Haramain. Perancangan Sistem Pemadam Kebakaran
3. Jurnal Adhi Yudha Pratama dkk. Pengembangan Media Pembelajaran "*Fluid Circuit System Experiment*" Untuk Mengukur Kerugian Aliran Fluida Melalui *Fitting Elbow Dan Tee* Pada Mata Kuiah Mekanika Fluida. Journal of Mechanical Engineering Learning. JMEL 3 (2) (2014).
4. NFPA 20 : *Centrifugal Fire Pumps, 2013 Edition, National Fire Protection Association*
5. NFPA 14 : *Standar for the Installation of Standpipe and Hose systems, 2010 Edition, National Fire Protection Association*
6. NFPA 13 : *Installation Of Springkler System, 2013 Edition, National Fire Protection Association*
7. Sularso (1996). Pompa dan Kompresor Pemilihan, Pemakaian, Pemeliharaan. Pradnya Paramita. Jakarta
8. SNI 03-3989-2000 mengenai Tata Cara Perencanaan dan Pemasangan Sistem Sprinkler Otomatik Untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran pada Bangunan Gedung
9. SNI 03-1745-2000 Tata Cara Perencanaan dan Pemasangan Sistem Pipa Tegak Untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran pada Gedung.
10. www.segitigaapi.com/2017/12/sistem-otomatis-sprinkler.html
11. www.starpipeproducts.com, ASTM A-888 and CISPI 301 Pipe & Fittings
12. <https://jefrihutagalung.wordpress.com/2009/06/04/sistem-sprinkler/>
13. www.vikingcorporation.com/brosure
14. www.Hydraulic losses in pipes
15. www.starpipeproducts.com, ASTM A-888 and CISPI 301 Pipe & Fittings

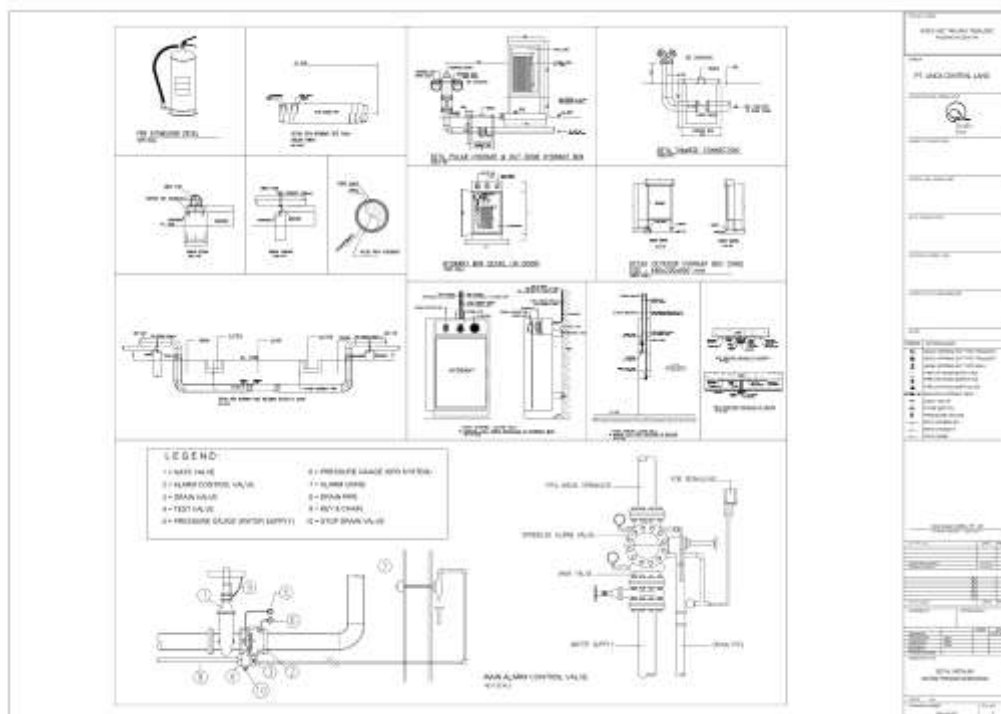
Daftar Lampiran



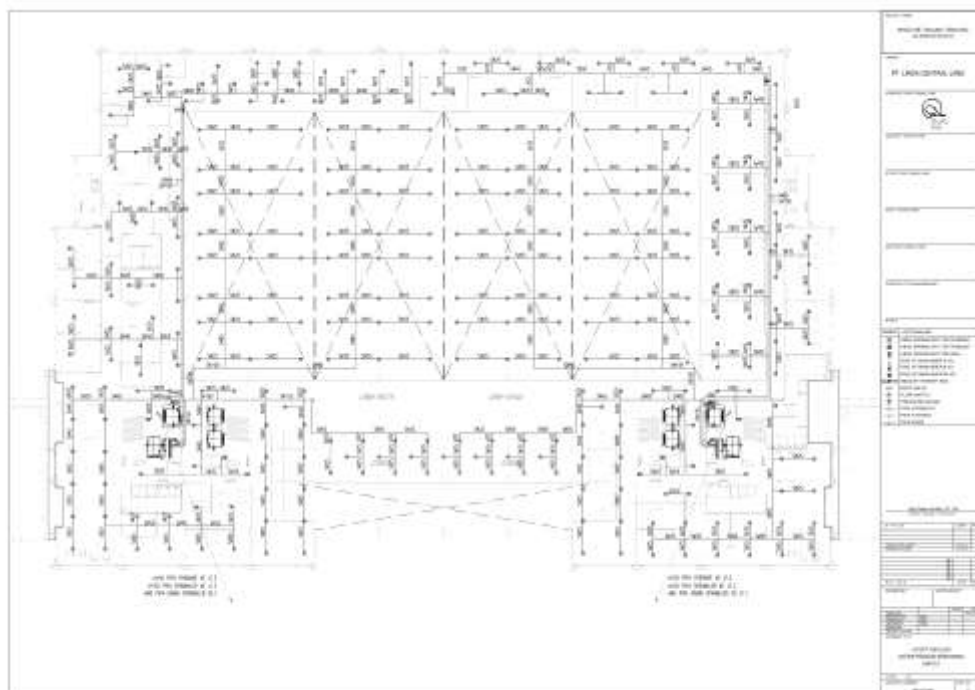
Lampiran 1. Single Line Diagram Sistem Hidran Sprinkler



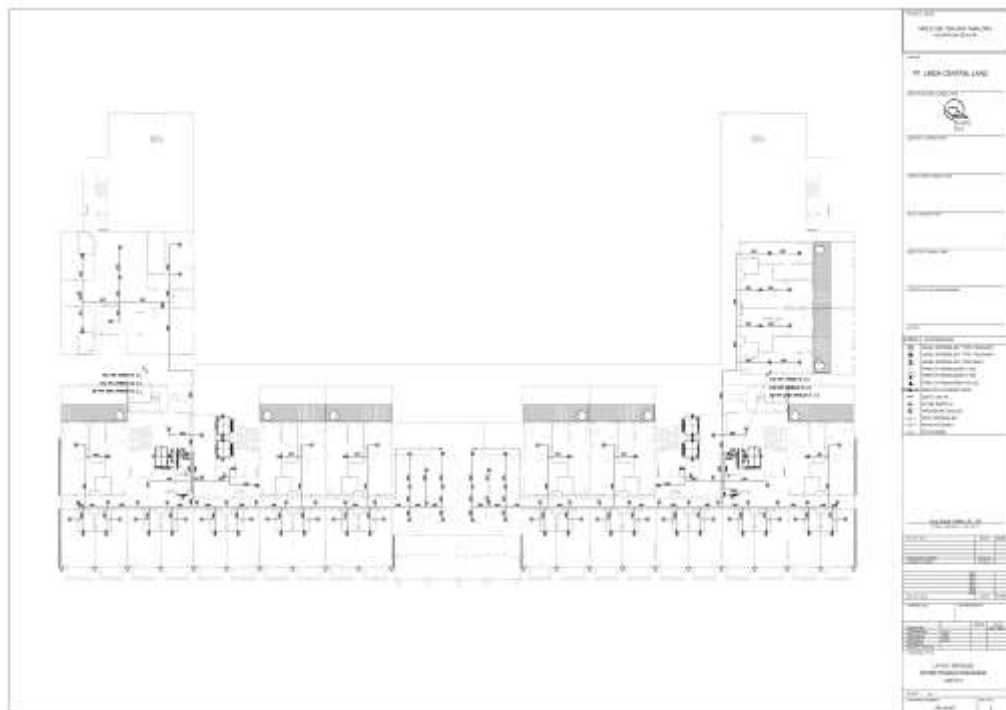
Lampiran 2. Ruang Pompa



Lampiran 3. Detail Sistem Pemadam Kebakaran



Lampiran 4. Layout Sprinkler



Lampiran 5. Springkler Area Lobby

SPECIFICATIONS

50Hz

Rev. K

EVM(.) 32-64

PUMP					
Version		EVMG	EVM	EVML	
Liquid Handled	Type of liquid	Clean water, water contains glycol and moderately aggressive fluids			
	Temperature [°C]	min. -15 max. +120			
	Max solid content	50 ppm (particle size 0.1-0.25 mm or less)			
	Max chlorine ion density	500 ppm			
Maximum working pressure	[MPa]	1.6 / 3.0			
	[bar]	16 / 30			
Construction	Impeller	Closed centrifugal type			
	Shaft seal type	Mechanical seal			
	Bearing	Sealed ball bearing with permanent grease			
Pipe Connection	Suction	See dimension table			
	Discharge				
Material	Impeller	EN 1.4301 (AISI 304)		EN 1.4401 (AISI 316)	
	Intermediate casing	EN 1.4301 (AISI 304)		EN 1.4401 (AISI 316)	
	Bottom casing	Cast iron	ASTMCF8	ASTMCF8M	
	Casing cover	Cast iron	Cast iron + EN 1.4301 (AISI 304)	Cast iron + EN 1.4401 (AISI 316)	
	Outer casing	EN 1.4301 (AISI 304)		EN 1.4401 (AISI 316)	
	Shaft	EN 1.4401 (AISI 316)			
	Liner ring	EVM 32	PTFE / EN 1.4301 (AISI 304)		PTFE / EN 1.4401 (AISI 316)
		EVM 45, 64	PTFE / EN 1.4401 (AISI 316)		
	Motor bracket	Cast iron			
	Mechanical seal	Silicon Carbide/Carbon/FPM			
	O-ring	EPDM		FPM	
Applicable standard of test		ISO 9906 – Annex A			

MOTOR	
Type	Electric - TEFC
	Three Phase
Efficiency level (Reg. 640/2009)	IE2 from 2.2 kW to 5.5 kW IE3 from 2.2 kW to 37 kW
No. of Poles	2
Rotation speed [min ⁻¹]	≈ 2900
Insulation Class	F (temperature rise class B)
Protection degree (CEI EN 60034-5)	IP 55
Power rating [kW]	2.2 + 37
[HP]	3.0 + 50
Frequency [Hz]	50
Voltage [V]	230/400 ±10% (up to 4kW) 400/690 ±10% (above 5.5 kW)
Over load protection	Provided by the user
Casing material	Aluminium
Flange mount (IEC motor)	IM B14 (up to 4 kW) IM B5 (above 5.5 kW)

VERTICAL PUMPS

EVM

SELECTION CHART

50Hz

Rev. K

EVM(.) 32-64

Pump Type EVM	Motor			Maximum working pressure [MPa]	Q=Capacity												
	kW	HP	Size		l/min												
					0	21	30	35	42	54	60	72	84				
					l/min	m ³ /h	l/min	m ³ /h	l/min	m ³ /h	l/min	m ³ /h	l/min	m ³ /h	l/min	m ³ /h	
					manometric head in meters												
32-1-0F50.2	2.2	3	80L	1.8	24	21.7	18.8	16.4	13.2	9.7	-	-	-	-	-	-	
32-2-0F50.0	3	4	100		30.8	28.9	24.8	21.5	17.4	-	-	-	-	-	-	-	-
32-3-0F50.0	4	5.5	112		48	43.5	36.2	32.8	26.5	19.4	-	-	-	-	-	-	-
32-3-0F50.5	5.5	7.5	132B		58.5	55.5	47.5	35.2	26.1	-	-	-	-	-	-	-	-
32-3-0F50.5	5.5	7.5	132B		68	62	55	44.5	35.2	24.5	-	-	-	-	-	-	-
32-4-0F50.5	7.5	10	132B		84	77	67.0	51.5	39.4	-	-	-	-	-	-	-	-
32-4-0F50.5	7.5	10	132B		92	83.5	74.5	61	48.5	34.2	-	-	-	-	-	-	-
32-5-0F50.1	11	15	160M		108	100	89	70	54	37.3	-	-	-	-	-	-	-
32-5-0F50.1	11	15	160M		118	110	100	84	67	49	-	-	-	-	-	-	-
32-6-0F50.1	11	15	160M		130	122	109	87	67.5	47	-	-	-	-	-	-	-
32-6-0F50.1	11	15	160M		133	125	113	91.5	71.5	51	-	-	-	-	-	-	-
32-7-0F50.5	15	20	160M		153	144	129	104	81	57	-	-	-	-	-	-	-
32-7-0F50.5	15	20	160M		165	154	141	118	94	69	-	-	-	-	-	-	-
32-8-0F50.5	15	20	160M	2.5	177	168	150	121	94.0	67	-	-	-	-	-	-	
32-8-0F50.5	15	20	160M		184	172	157	130	103	75	-	-	-	-	-	-	-
32-9-0F50.5	18.5	25	160L		200	188	170	137	108	78.5	-	-	-	-	-	-	-
32-9-0F50.5	18.5	25	160L		212	197	181	152	121	88.5	-	-	-	-	-	-	-
32-10-0F50.5	18.5	25	160L		224	210	190	154	121	88.5	-	-	-	-	-	-	-
32-10-0F50.5	18.5	25	160L		228	213	193	158	125	90.5	-	-	-	-	-	-	-
32-11-0F50.2	22	30	180		247	232	210	171	134	96.5	-	-	-	-	-	-	-
32-11-0F50.2	22	30	180		259	241	221	185	147	108	-	-	-	-	-	-	-
32-12-0F50.2	22	30	180		271	254	230	188	148	108	-	-	-	-	-	-	-
32-13-0F50.0	30	40	200		294	276	250	205	161	116	-	-	-	-	-	-	-
32-13-0F50.0	30	40	200		308	285	261	219	174	128	-	-	-	-	-	-	-
32-14-0F50.0	30	40	200		318	298	270	222	175	126	-	-	-	-	-	-	-
32-14-0F50.0	30	40	200		330	307	281	236	188	138	-	-	-	-	-	-	-
45-1-0F50.0	3	4	100	1.8	21.0	-	18.9	17.8	16.3	14.3	8.3	-	-	-	-	-	
45-1-0F50.0	4	5.5	112		27.0	-	25.8	24.8	23.5	21.8	16.7	15.3	-	-	-	-	-
45-2-0F50.5	5.5	7.5	132B		42.0	-	38.1	35.8	33.4	29.8	18.6	-	-	-	-	-	-
45-2-0F50.5	7.5	10	132B		54.0	-	51.5	50	48	45	35.4	29.1	-	-	-	-	-
45-3-0F50.1	11	15	160M		86.0	-	84	81	58	53	37.3	-	-	-	-	-	-
45-3-0F50.1	11	15	160M		91.0	-	77.5	75	72.5	68	54	45	-	-	-	-	-
45-4-0F50.5	15	20	160M		96.0	-	90	86	82	76	56	43	-	-	-	-	-
45-4-0F50.5	15	20	160M		108.0	-	103	100	96.5	91	73	60.5	-	-	-	-	-
45-5-0F50.5	18.5	25	160L		123.0	-	118	111	107	99.0	74.5	58.5	-	-	-	-	-
45-5-0F50.5	18.5	25	160L		135.0	-	129	125	121	114	91.5	78.5	-	-	-	-	-
45-6-0F50.2	22	30	180		150.0	-	142	137	131	122	93.5	74.5	-	-	-	-	-
45-6-0F50.2	22	30	180		162.0	-	155	151	146	137	110	92.5	-	-	-	-	-
45-7-0F50.0	30	40	200	2.5	177.0	-	168	162	155	145	112	90.5	-	-	-	-	
45-7-0F50.0	30	40	200		189.0	-	181	176	170	160	129	108	-	-	-	-	-
45-8-0F50.0	30	40	200		204.0	-	194	187	180	168	131	108	-	-	-	-	-
45-8-0F50.0	30	40	200		218.0	-	207	201	194	183	148	124	-	-	-	-	-
45-9-0F50.0	30	40	200		231.0	-	219	212	204	191	150	122	-	-	-	-	-
45-9-0F50.0	30	40	200		243.0	-	233	226	219	206	166	140	-	-	-	-	-
45-10-0F50.0	37	50	200		258.0	-	245	237	229	214	168	138	-	-	-	-	-
45-10-0F50.0	37	50	200		270.0	-	259	251	243	229	185	156	-	-	-	-	-
84-1-0F50.0	4	5.5	100	3.0	23.7	-	-	21	20.4	19.7	17.5	15.9	11.4	-	-	-	
84-1-0F50.5	5.5	7.5	132B		29.3	-	-	26.8	26.1	25.4	23.7	22.3	18.5	13.5	-	-	-
84-2-0F50.5	7.5	10	132B		47.5	-	-	42.5	41.5	40.5	38.5	35.5	25.3	-	-	-	-
84-2-0F50.1	11	15	160M		53.0	-	-	48	47	46	42.5	40	32.4	23	-	-	-
84-2-0F50.1	11	15	160M		58.5	-	-	53.5	53	52	49	46.5	39.5	30.8	-	-	-
84-3-0F50.5	15	20	160M		71.0	-	-	64	62.5	61	55.5	51	39.3	-	-	-	-
84-3-0F50.5	15	20	160M		76.5	-	-	69.5	68	66.5	61.5	57.5	48.5	32.5	-	-	-
84-3-0F50.5	15	20	160M		82.5	-	-	75	74	72.5	68	64	53.5	40	-	-	-

Lampiran 7. Seleksi Pompa

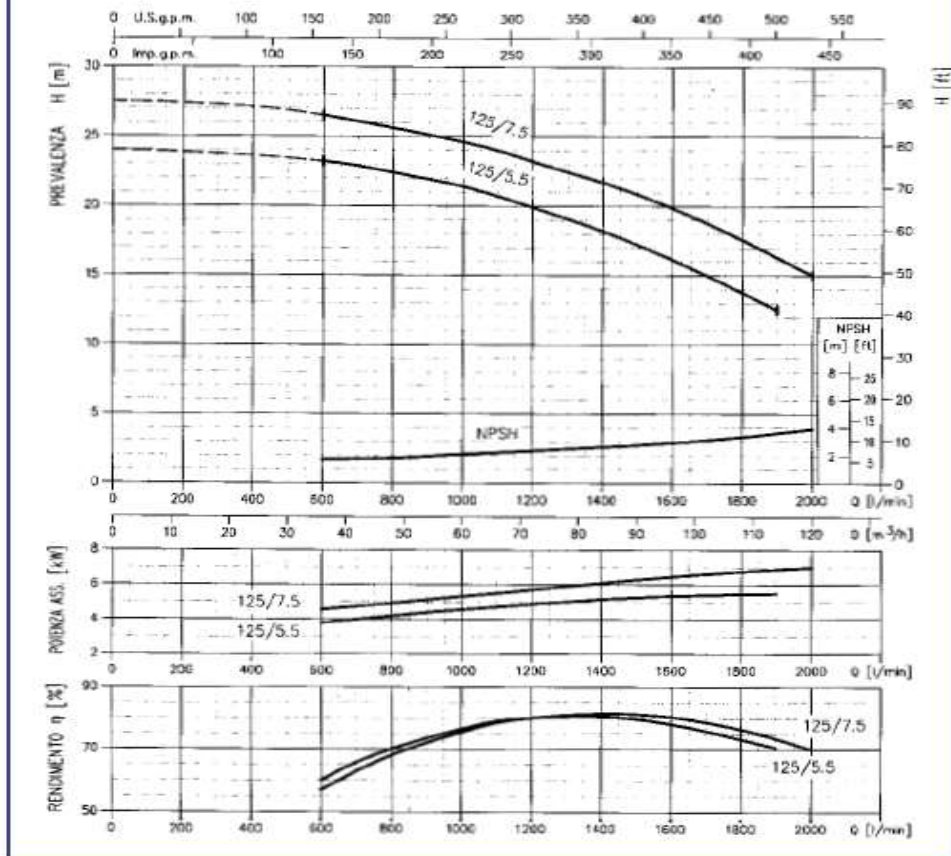
TECHNICAL DATA/DATI TECNICI

2 POLES/2 POLI

Model/Modelo	Motor/Motor		Capacity/Capacità		Input power/Potenza in- teriore (kW)		Full load current/Corrente a pieno carico (A)				Locked rotor current/Corrente a rotore bloccato			
	kW	HP	Single Phase Mono-fase		Single Phase, Three phase Mono-fase		Single Phase/Mono-fase		Three Phase/Trifase		Single phase/Mono-fase		Three phase/Trifase	
			µF	Vc			230 V	230 V	400 V	690 V	230 V	230 V	400 V	690 V
MD-32-125/1.1	1.1	1.5	31.5	450	1.80	1.85	7.1	8.2	5	-	34	35	30	-
MD-32-125/1.5	1.5	2	40	450	2.35	2.2	9.3	8.9	3.4	-	44	35	20	-
MD-32-160/1.1	1.5	2	40	450	2.28	2.2	10.3	8.9	3.4	-	44	35	20	-
MD-32-160/2.2	2.2	3	50	450	2.91	2.9	13.3	8.7	5	-	70	60	38	-
MD-32-200/0.5	3	4	-	-	-	4	-	12	6.9	-	-	97	66	-
MD-32-200/4.0	4	5.5	-	-	-	5.2	-	16	9.2	-	-	129	71	-
MD-32-200/5.5	5.5	7.5	-	-	-	6.3	-	11.2	6.5	-	-	95	66	-
MD-32-250/7.5	7.5	10	-	-	-	8.3	-	14.6	8.4	-	-	124	72	-
MD-32-250/9.2	9.2	12.5	-	-	-	11	-	18.3	10.6	-	-	128	74	-
MD-32-250/11	11	15	-	-	-	12	-	20.7	12	-	-	169	95.6	-
MD-40-125/1.5	1.5	2	40	450	2.58	2.3	9.5	6	3.5	-	44	35	20	-
MD-40-125/2.2	2.2	3	50	450	2.77	2.9	12.9	8.7	5	-	70	60	38	-
MD-40-160/0.5	3	4	-	-	-	3.9	-	11.4	6.6	-	-	97	66	-
MD-40-160/4.0	4	5.5	-	-	-	5.3	-	17	9.8	-	-	129	71	-
MD-40-200/5.5	5.5	7.5	-	-	-	6.8	-	11.5	6.8	-	-	95	66	-
MD-40-200/7.5	7.5	10	-	-	-	9.1	-	15.5	9	-	-	124	72	-
MD-40-250/11	11	15	-	-	-	12.3	-	20.6	11.9	-	-	169	95.6	-
MD-40-250/13	13	17.5	-	-	-	15.2	-	25.3	14.6	-	-	175	101	-
MD-40-250/15	15	20	-	-	-	17.2	-	26.1	16.8	-	-	180	104	-
MD-50-125/2.2	2.2	3	50	450	2.80	2.9	12.9	8.7	5	-	70	60	38	-
MD-50-125/3.0	3	4	-	-	-	3.6	-	10.7	6.2	-	-	97	66	-
MD-50-125/4.0	4	5.5	-	-	-	4.9	-	15.4	8.9	-	-	129	71	-
MD-50-160/5.5	5.5	7.5	-	-	-	6.7	-	11.8	6.8	-	-	95	66	-
MD-50-160/7.5	7.5	10	-	-	-	8.8	-	15	8.7	-	-	124	72	-
MD-50-200/9.2	9.2	12.5	-	-	-	11.2	-	19	11	-	-	128	74	-
MD-50-200/11	11	15	-	-	-	13.5	-	22	12.7	-	-	169	95.6	-
MD-50-250/15	15	20	-	-	-	17.5	-	29.7	17.2	-	-	180	104	-
MD-50-250/18.5	18.5	25	-	-	-	21	-	37.7	21.8	-	-	272	157	-
MD-50-250/22	22	30	-	-	-	24	-	41	23.7	-	-	320	185	-
MD-65-125/5.5	5.5	7.5	-	-	-	7	-	12	6.9	-	-	95	66	-
MD-65-125/7.5	7.5	10	-	-	-	8.2	-	14	8.1	-	-	124	72	-
MD-65-160/11	11	15	-	-	-	13	-	20.8	12	-	-	169	95.6	-
MD-65-160/15	15	20	-	-	-	16	-	27	15.8	-	-	180	104	-
MD-65-200/18.5	18.5	25	-	-	-	21	-	39	22.5	-	-	272	157	-
MD-65-200/22	22	30	-	-	-	24	-	43	24.8	-	-	320	185	-

Lampiran 8. Data Teknis Pompa

MD 65-125



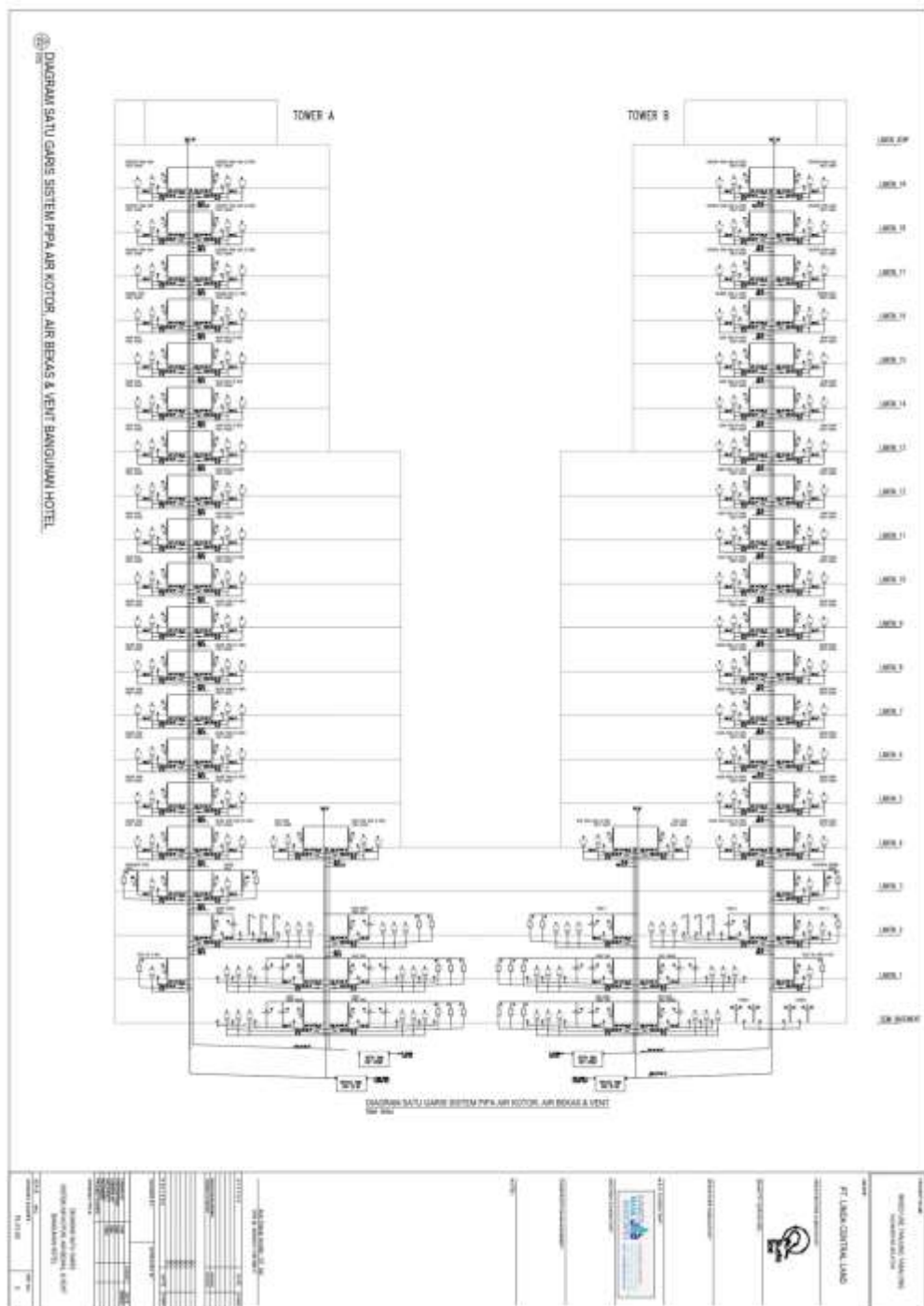
Lampiran 9. Grafik Pompa

Gambar Plumbing

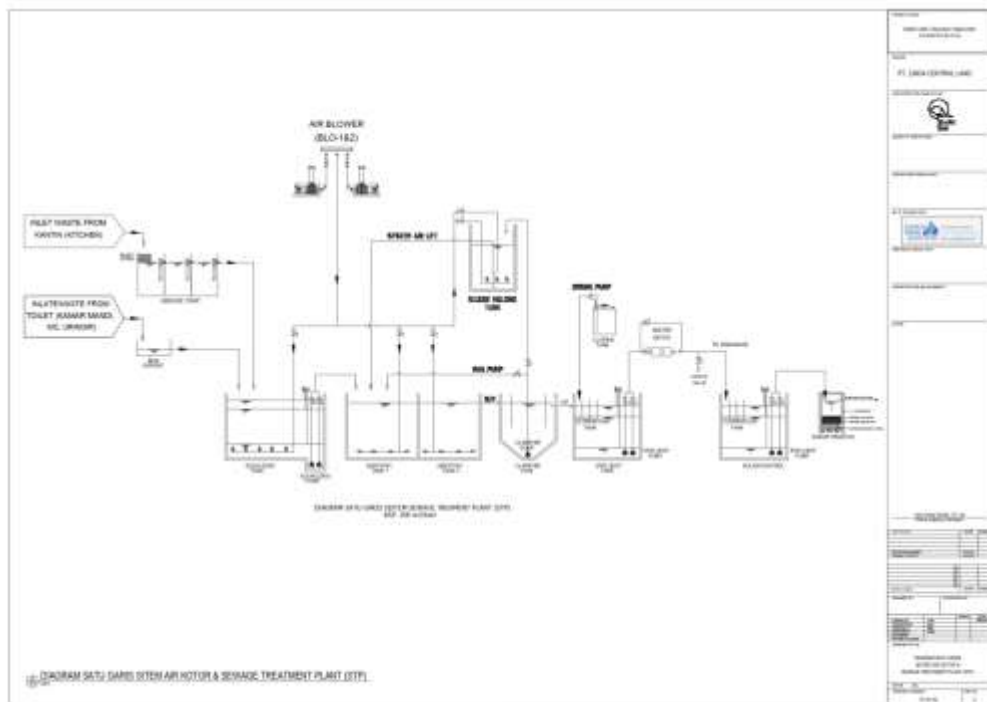


Lampiran 10. Single Line Diagram Sistem Air Bersih

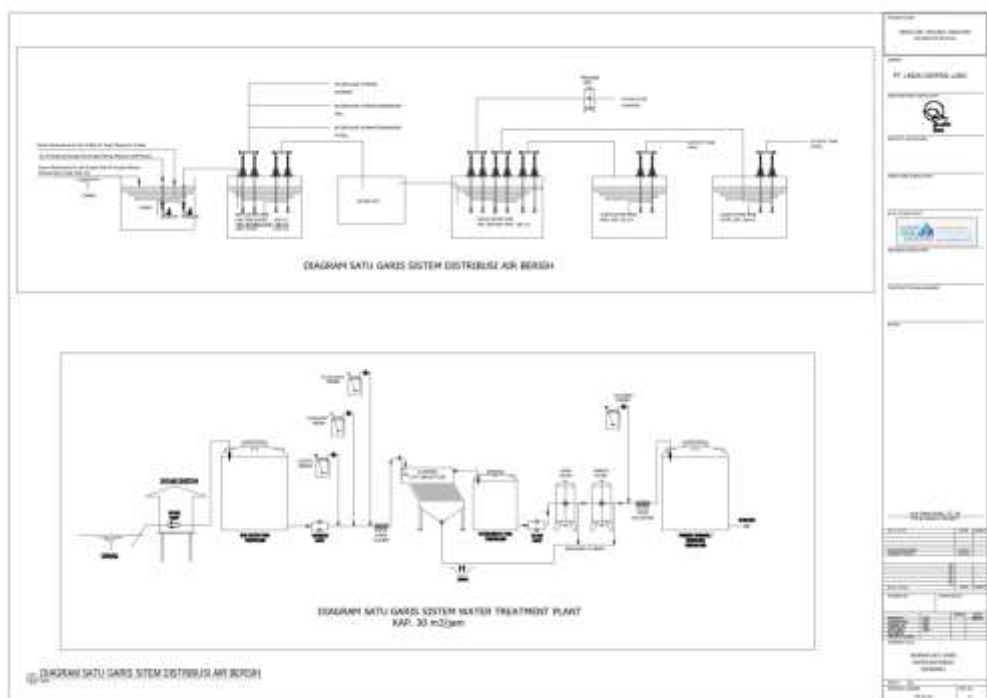
Lampiran 11. Single Line Diagram Sistem Air Panas



Lampiran 12. Single Line Diagram Sistem Air Bekas dan Air Kotor



Lampiran 13. Sistem Sewage Treatment Plant (STP)



Lampiran 14. Sistem Water Treatmt Plant (WTP)

Glosarium

A	
Air Limbah	: Air yang telah mengalami penurunan kualitas karena pengaruh manusia
ArchiCAD	: Program komputer desain gambar
As-built	: Akhir, selesai
Assurance	: Jaminan
B	
Ball Valve	: Katub bola
Beton	: Beton
Bill of quantity	: Tagihan kuantitas
Black malleable	: Lunak hitam
Black steel	: Baja hitam
Booster Pump	: Pompa Boster. Pompa Tekan
Butterfly Valve	: Katup kupu kupu
C	
Carbon Filter	: Filter Karbon
Cast iron	: Besi cor, besi tuang
Centrifugal pump	: Pompa sentrifugal
Chek Valve	: Katup cek
Commisionng	: Komisining
Concentric	: Konsentris,sepusat
Cost	: Biaya, harga
D	
Debit air	: Jumlah air yang dipindahkan dalam suatu satuan waktu pada titik tertentu di sungai, terusan, saluran air
Deep well	: Sumur dalam
Departement	: Lembaga tinggi pemerintahan
Desinfeksi	:
Diaphragm pressure tank	: Tangki tekanan diafragma
Direct	: Langsung
Drain	: Saluran pembuangan sistem
Drawing	: Gambar kerja
E	
Eksisting	: Yang sudah ada sebelumnya
Electric Welding	: Pengelasan listrik
End suction pump	: Pompa hisap akhir
Enjiniring	: Rekayasa teknik mesin
Equipment	: Peralatan
Estetika	: Estetika
F	
Fitting	: Sambungan perpipaan
Flange	: Penghubung jalur pipa
Flexible Joint	: Sambungan mesin dengan peralatan/pipa
Flow Switch	: Sakelar aliran
Flush Valve	: Katup siram
Foot Valve	: Katup kaki
G	
Gas Medik	: Gas untuk kebutuhan rumah sakit
Gate Valve	: Gerbang tutup, Katup yang dibuka dengan mengangkat gerbang bulat atau persegi panjang atau baji keluar dari jalur fluida
Ground Water Tank	: Tangki air tanah
H	
Horizontal split case pump	: Pompa case split horisontal
Hydrant	: Saluran keluar dari saluran utama fluida terdiri dari pipa tegak dengan katup terpasang

I	
Injection Moulded	: Cetakan injeksi
Inserts	: Sisipan
K	
Katup	: Penutup
L	
Los kerja	: Area kerja
M	
Maintenance Manuals	: Manual perawatan
Manual	: Buku petunjuk
Multi stage pump	: Pompa multi tahap
N	
Nondiaphragm Pressure Tank	: Tangki tekanan non diafragma
Normally Close	: Sistem biasa tertutup
Normally Open	: Sistem biasa terbuka
O	
Operating Instruction	: Instruksi pengoperasian
Otomatis	: Secara otomatis, bekerja sendiri
P	
Pembobokan	: Proses, cara, pembuatan membobok
Pemeliharaan	: Proses, cara, pembuatan memelihara(kan); penjagaan; perawatan
Penggantung	: Support, penyangga, penahan pipa
Pengujian	: Proses, cara, pembuatan menguji
Penumpu	: Penahan pipa
Personil	: Personel
Pipa	: Barang yang bentuknya bulat panjang, tengahnya berongga dari ujung ke ujung digunakan untuk mengalirkan barang cair atau gas
Plain end	: Ujung polos
Plumbing	: Pipa, bersama dengan sambungan, tangki, stopcock, keran dan perlengkapan lainnya dari sistem air, gas atau pembuangan limbah di rumah atau bangunan lain
Polypropylene Random Copolymer	: Polimer acak propilin
Pompa Transfer	: Pompa
Pressure Gauge	: Alat ukur tekanan
Pressure Switch	: Perpindahan tekanan
Proteksi	: Perlindungan
Q	
Quality	: Kualitas
R	
Raw water tank	: Tangki Air baku
Reducer	: Peredam
Reimbursable Repair	: Perbaikan yang dapat diganti
Roof Tank	: Tangki atap
Roof Water Tank	: Tangki air atap
S	
Safety	: Kondisi, perasaan aman; keamanan; kepastian.
Sambungan	: Tambahan untuk memanjangkan
Sand Filter	: Filter pasir
Sanitary	: Perlengkapan kamar mandi
Screwed	: Sambungan Pipa Ulir
Shop Drawing	: Gambar Kerja
Sistem	: Susunan yang teratur dari pandangan, teori, asas
Air Bersih	: Air tawar yang memenuhi syarat kesehatan
Air Limbah	: Air yang membawa dan mengandung bahan buangan berbagai kegiatan penduduk atau pabrik
Sleeves	: Lubang persiapan untuk jalur pipa

SNI	:	Standar Nasional Indonesia
Solvent Cement	:	Semen pelarut
Spesifikasi	:	Perincian (tentang rencana, proposal)
Standard	:	Baku, normal, kriteria
Strainer	:	Saringan
T		
Technical	:	Teknis
Tekanan	:	keadaan (hasil) kekuatan menekan: ; ~ <i>udara</i>
Testing	:	Pengujian
Training	:	Latihan
Transfer Pump	:	Pompa Transfer
Treatment	:	Pengolahan
W		
Water Meter	:	Meteran Air
Water Treatment Plan	:	rencana Pengolahan Air
Well Pressure Tank	:	Tangki tekanan sumur

Index

A

Air dingin · 37, 38
Air Limbah · 36, 37, 39, 54
ArchiCAD · vii, 10, 97, 98
As-built · 27, 34
Assurance · 28

B

Ball Valve · iv, vii, 72, 83, 115, 116
beton · 30, 42, 44, 46, 48, 51, 54, 55, 56, 57, 69
bill of quantity · 36
black malleable · 38
Black steel · 38
Booster Pump · iv, 53, 68, 73
Butterfly Valve · iv, vii, 72, 83, 84, 117

C

Carbon Filter · iv, vii, 52, 54, 73
cast iron · 38, 39, 40, 54, 57, 90, 92, 134, 135, 136,
137, 138, 140, 141, 142
Centrifugal pump · 62, 71
Chek Valve · 72
Commisionng · iv, 33
concentric · 39
Cost) · 13

D

debit air · 72, 129, 134, 136, 137, 138, 139, 140, 162
deep well · 67, 74, 108
departement · 33
Desinfeksi · v, 46, 87
Diaphragm pressure tank · 71
Direct · 13, 53, 62, 63
Drain · 40, 54, 56, 57, 60, 61, 90, 92
drawing · 34, 99

E

eksisting · 32
Electric Welding · 38
End suction pump · 71
enjiniring · 10
equipment · 30
estetika · 10, 70

F

fitting · 38, 39, 40, 41, 42, 45, 54, 75, 98, 124, 125,
126, 127, 140, 141, 142, 143, 170
Flange · 38, 40
Flexible Joint · 72
Flow Switch · 72
Flush Valve · 68
FootValve · 72

G

gambar · 11, 16, 19, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 34, 36,
37, 41, 44, 50, 54, 56, 60, 61, 83, 91, 97, 98, 99,
155
Gas Medik · 36
Gate Valve · iv, vii, 65, 72, 82, 112, 113, 114, 115,
164, 165, 167, 168, 169
Ground Water Tank · iv, vii, 48, 67, 68, 71, 74

H

Horizontal split case pump · 71
Hydrant · v, 38, 40, 57, 58, 61, 63, 64, 65, 100, 101,
110, 128, 129

I

Ijin-Ijin · iii, 29
Injection Moulded · 39
inserts · 30

K

KAK · 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22
Katup · 36, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 49, 52, 64, 81, 103,
105, 112, 120, 122

L

los kerja · 32, 33

M

Maintenance Manuals · 27, 34
manual · 52, 59, 72, 81, 94, 110, 111, 112
manualnya · 34
Multi stage pump · 71

N

Nondiaphragm Pressure Tank · 72
Normally Close · 46
Normally Open · 46

O

Operating Instruction · 27, 34
otomatis · 10, 46, 48, 49, 52, 55, 58, 59, 69, 71, 74,
75, 81, 91, 93, 94, 101, 102, 105, 106, 107, 109,
110, 111, 112, 120, 128, 176

P

Pembobokan · 30
pemeliharaan · 22, 32, 33, 34, 42, 46, 83, 117, 118
Penggantung · 36, 42, 43
Pengujian · 29, 36, 46, 51
penumpu · 36, 43
Personil · iii, 13, 16, 17
Pipa · iv, v, vi, 26, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44,
45, 46, 47, 48, 51, 58, 62, 78, 79, 80, 89, 90, 91,
92, 95, 96, 101, 102, 105, 106, 107, 120, 121, 122,
123, 124, 128, 129, 130, 134, 135, 136, 138, 139,
144, 149, 166, 175, 176
plain end · 38
plumbing · ii, vi, viii, 10, 11, 24, 66, 67, 69, 70, 71,
78, 79, 81, 98, 159
Polypropelene Random Copolymer · 37, 38
Pompa Transfer · iv, vi, vii, 48, 53, 71, 72, 162, 166
pressure gauge · 72
Pressure Gauge · 65, 72
Pressure Switch · 65, 72, 111
Prestasi · 31, 177
proteksi · 10, 20, 49, 143

Q

Quality · 28

R

raw water tank · 67
Reducer · 39, 41
Reimbursable · 13
Repair · 34
Roof Tank · 54, 68, 157, 161
Roof Water Tank · 71
Row Water Tank · 68

S

safety · 10, 125, 126, 127
Sambungan · iv, 36, 38, 41, 42, 44, 45, 46, 58, 64, 68
Sand Filter · iv, vii, 52, 53, 54, 72, 73
saniter · 45, 67, 88, 90, 93
screwed · 38, 39, 40, 41
shop drawing · 11, 98

sistem · ii, vi, ix, 10, 11, 12, 15, 20, 24, 26, 29, 30, 33,
34, 36, 37, 41, 42, 46, 47, 49, 51, 54, 57, 66, 67,
68, 69, 70, 71, 75, 78, 79, 81, 82, 83, 84, 86, 90,
91, 92, 93, 94, 95, 100, 101, 102, 103, 104, 105,
106, 107, 108, 109, 113, 117, 118, 120, 121, 122,
126, 128, 133, 138, 139, 143, 156, 157, 175, 176
Sistem Air Bersih · iv, 36, 47
Sistem Air Limbah · iv, 36, 54
Sistem sambungan langsung · vi, 68
Sistem tangki atap · vi, 68, 69, 159
Sistem tangki tekan · vi, 68, 69, 70, 71, 159
Sistem tanpa tangki · 68
sleeves · 30
SNI · 19, 24, 25, 26, 66, 67, 79, 84, 101, 103, 104,
105, 129, 130, 131, 132, 133, 146, 147, 151, 153,
176
Solvent Cement · 39
Spesifikasi · iv, 36, 37, 38, 39, 40, 52, 55, 104
standard · 25, 37, 38, 39, 40, 49, 56, 61, 62, 119
standarisasi · 183
Standarisasi · 12
Strainer · 36, 38, 39, 41, 72, 164, 167, 168

T

Technical · 27, 34, 176
Tekanan · 37, 38, 39, 40, 44, 45, 53, 54, 102, 108, 112,
143
Testing · iv, 33, 47, 51
Training · iv, 34
Transfer Pump · 71
Treatment · 57, 68, 78, 93, 94

W

Water Meter · 72
Water Treatment Plan · 68
Well Pressure Tank · 72

Penulis



Ir. Cahyono Heri Prasetyo, M.T., lahir pada 17 Nopember 1972 di Mojosari, Kabupaten Mojokerto, Jawa Timur. Pendidikan formal di SD Negeri Mojosari Mojokerto lulus tahun 1986. Selanjutnya Sekolah di SMP Negeri 1 Mojokerto, tamat tahun 1989, dan di SMA Negeri Sooko Mojokerto, tamat tahun 1991. Pendidikan Srata 1 (S1) di Universitas Nasional dan Srata 2 (S2) di Universitas Pancasila Jakarta. Profesi Dosen sejak 2001 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 dan majalah Internasional seperti di Jurnal GIGA Universitas Nasional, Jurnal Teknologi Kedirgantaraan Unsurja, Jurnal Bina Teknik UPN Veteran Jakarta, Jurnal *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*.

Diktan 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 Tenaga Ahli Konstruksi antara lain PERTAKI, GATAKI, PII dan asosiasi profesi lain yang berhubungan dengan konstruksi.

Penulis aktif di bidang Perencanaan, Pengawasan dan Pelaksanaan 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 RI

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