

Aplikasi

**MANAJEMEN &
EFISIENSI ENERGI**

Erna Kusuma Wati

Aplikasi MANAJEMEN & EFISIENSI ENERGI

Erna Kusuma Wati

LP-UNAS

Aplikasi Manajemen & Efisiensi Energi

Oleh: Erna Kusuma Wati

Hak Cipta© 2020 pada penulis

Editor : Fitri Rahmah
Penyunting : Fitria Hidayanti
Desain Cover : Rudi Ristanto

Hak Cipta dilindungi Undang-undang.
Dilarang Memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronis maupun mekanis, termasuk memfotocopy, merekam atau dnegan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin dari penulis.

ISBN : 9 786237 376712

Penerbit : LP_UNAS
Jl.Sawo Manila, Pejaten Pasar Minggu, Jakarta Selatan
Telp. 021-78067000 (Hunting) ext.172
Faks. 021-7802718
Email : bee_bers@yahoo.com

ISBN 978-623-7376-71-2



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT sehingga buku yang berjudul “Aplikasi Aplikasi Manajemen & Efisiensi Energi ” telah selesai disusun. Buku ini disusun agar dapat membantu para mahasiswa untuk lebih memahami penerapan ilmu pengolahan sinyal dalam beberapa kasus di lapangan.

Penulis pun menyadari jika didalam penyusunan buku ini mempunyai kekurangan, namun penulis meyakini sepenuhnya bahwa sekecil apapun buku ini tetap akan memberikan sebuah manfaat bagi pembaca.

Jakarta, November 2020.

Penulis
Erna Kusuma Wati

DAFTAR ISI

Kata Pengantar.....	iii
Daftar Isi.....	iv
Bab 1. Pendahuluan	1
1. 1 Manajemen Energi	3
1. 2 Manajemen & sist. keamanan	6
Bab 2. Efisiensi Energi.....	10
2. 1 Audit Energi	11
2. 2 Target Efisiensi Energi	19
2. 3 Menyusun Rencana Aksi.....	20
2. 4 Pengembangan diri	22
2. 5 Monitoring	25
2. 6 Menghitung penghematan energi ...	24
2. 7 Evaluasi	26
Bab 3. Aplikasi Manajemen Energi	27
3. 1 Pendahuluan.....	27
3. 2 Manajemen Energi	34
3. 3 Intensitas Konsumsi Energi.....	36
3. 4 Peluang Hemat Energi	38
3. 5 Analisis	39
3. 6 Intensitas Konsumsi Energi	36
3. 7 Metode Riset.....	40

3. 8 Hasil riset	45
Bab 4. Audit Energi.....	61
4. 1 Pendahuluan.....	61
4. 2 Audit Energi Lt. Basement.....	61
4. 3 Audit Energi Lantai 1	64
4. 4 Audit Energi Lantai 2	67
4. 5 Audit Energi Lantai 3.....	70
4. 6 Audit Energi Lantai 4.....	73
Bab 5. Aplikasi Efisiensi Energi	93
5. 1 Pendahuluan.....	93
5. 2 Audit Energi Lt. Basement.....	100
5. 3 Pencahayaan Alami	114
5. 4 Pencahayaan buatan	131
5. 5 Hasil Efisiensi Energi.....	155
5. 5 Simpulan	186
Bab 6. Aplikasi Manajemen & Efisiensi Energi..	195
6. 1 Pendahuluan.....	195
6. 2 Konsumsi Listrik.....	196
6. 3 Potensi Penghematan.....	200
6. 4 Rekomendasi	204
Daftar Pustaka.....	205
Tentang Penulis.....	210

1. PENDAHULUAN

Ditengah keterbatasan suplai energi listrik dan seruan pemerintah untuk menghemat energi listrik, masih sering terjadi peristiwa yang tidak diinginkan seperti kebakaran yang diakibatkan oleh kesalahan atau kelalaian dalam pengoperasian peralatan listrik yang berlebihan serta penggunaan yang tidak terkontrol, pemborosan energi listrik dengan percuma yang menyebabkan tagihan listrik melonjak, kondisi dalam ruangan yang kurang nyaman akibat suhu serta intensitas cahaya yang kurang pas serta pencurian karena kondisi rumah yang

sepi pada kompleks perumahan. Hal-hal diatas menimbulkan tantangan yaitu bagaimana membuat suatu gedung atau rumah menjadi lebih “cerdas” dan mampu mengontrol keamanan rumah serta penggunaan peralatan listrik dalam lingkungannya sehingga tempat tersebut menjadi aman dan nyaman dengan mengimplementasikan teknologi jaringan sensor nirkabel. Augusto & Nugent (2006). Dengan menggunakan teknologi sensor yang masih konvensional, masih sering ditemui kesulitan dalam mengumpulkan data. Kelebihan jaringan sensor nirkabel adalah memberikan kemudahan dalam sistem pengontrolan,

pemantauan suatu lingkungan secara terus menerus, ada kemudahan dalam proses instalasi, pengukuran data lapangan, penambahan dan penempatan posisi node sensor

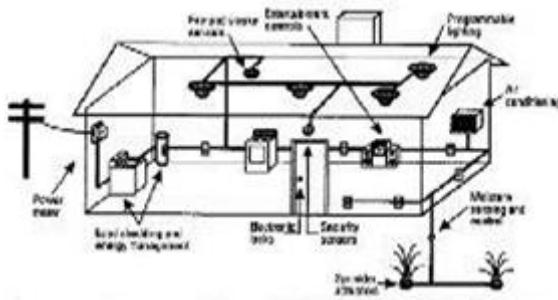
1.1 Manajemen Energi

Konservasi Energi dan Penghematan Krisis global dibidang energi dan finansial tengah melanda hampir semua negara. Menurut Porter (www.smarthouse.com.au), hampir 70% dari rata-rata pengeluaran rumah tangga di Amerika adalah untuk pembayaran rekening listrik khususnya untuk pemakaian lampu dan pengaturan suhu. Pemilik rumah dapat mengatur penggunaan energi listrik

dengan bantuan jaringan sensor nirkabel. Saat penggunaan energi listrik mencapai titik maksimal dari yang telah ditentukan, secara otomatis jaringan sensor akan mengirim data ke gateway untuk diproses dan kontroler akan menurunkan nilai cahaya, temperatur dan kelembaban ruangan. Sensor gerakan yang berada diluar dan didalam ruangan untuk mencegah tamu tak diundang tetap aktif saat peralatan listrik yang lain diturunkan kinerjanya.

Lampu adalah salah satu penyerap energi terbesar yang bisa diatur untuk menghemat energi dan biaya. Jaringan sensor nirkabel dapat dirancang untuk mengatur dengan

tepat sesuai keinginan secara manual atau otomatis semua peralatan listrik yang akan dikontrol sehingga dapat menekan penggunaan energi dan biaya. Dengan adanya pengaturan penggunaan energi seperti pada Gambar 1, bukan saja keadaan rumah menjadi nyaman dan aman tetapi sudah memperhatikan isu global warming.



Gambar 1. Model rumah dengan pengontrol otomatis

1.2 Manajemen dan Sistem Keamanan

Tujuan desain manajemen energi ini selain untuk penhematan juga untuk digitalisasi semua perangkat listrik dalam rumah serta menghubungkan rumah dengan komputer dan telepon. Sistem ini mengatur :

- Pencahayaan : Lampu dalam desain dibuat supaya hanya akan menyala bila dibutuhkan dan akan mati sendiri bila tidak ada kegiatan dalam ruangan, kecuali diseting untuk keperluan tertentu. Bila ada kegiatan dalam ruangan pada siang hari, maka sistem akan menghidupkan motor untuk menggerakkan gorden membuka, dan apabila dirasa belum cukup terang,

maka lampu akan menyala dikontrol dimmer.

- Pemanas dan AC : Saat tidak ada orang dalam rumah, pemanas ruangan atau AC akan mati dengan sendirinya. AC dan pemanas akan beroperasi untuk memenuhi kondisi yang telah diatur.
- Monitoring : penggunaan energi yang berlebihan dari peralatan listrik dalam rumah dapat dideteksi dan peralatan yang beroperasi berlebihan dimatikan bila tidak dibutuhkan lagi.
- Keselamatan dan keamanan :
Desain ini menawarkan sistem keamanan dan keselamatan yang lebih baik dari sistem alarm tradisional.

Dengan mengintegrasikan semua alat listrik dalam satu jaringan pengontrolan, saat terjadi bencana seperti kebakaran, yang bisa dilakukan sistem ini bukan hanya membunyikan alarm tapi juga menyalakan lampu sehingga penghuni dapat menemukan jalan keluar yang paling aman, membuka pintu dan jendela secara otomatis sehingga ventilasi udara menjadi lancar dan gas berbahaya bisa cepat keluar, mematikan semua alat listrik dan panel listrik utama sehingga mencegah hubungan arus pendek serta menghubungi nomor telepon pemadam kebakaran dan tetangga untuk mencari pertolongan secepatnya. semua

peralatan. Pengontrolan sederhana ini membantu penggunaan energi yang tidak perlu serta menghemat pengeluaran untuk tagihan listrik serta membuat rumah menjadi nyaman dan aman.

2. EFISIENSI ENERGI

2.1 Langkah Efisiensi Energi

Adapun langkah-langkah melakukan efisiensi terdapat tujuh (7) langkah sebagai berikut:

- » Langkah ke-1: Audit energi
- » Langkah ke-2: Menentukan target efisiensi
- » Langkah ke-3: Membuat rencana aksi
- » Langkah ke-4: Pengembangan diri dan motivasi staf
- » Langkah ke-5: Monitoring
- » Langkah ke-6: Menghitung penghematan yang dicapai
- » Langkah ke-7: Evaluasi

Langkah ke-1: Audit energi

Untuk menghasilkan program efisiensi energi yang sukses, audit energi mutlak dilaksanakan. Proses energi audit juga merupakan langkah awal dalam mengidentifikasi potensi-potensi penghematan energi. Audit ini akan menghasilkan data-data penggunaan energi yang dapat digunakan sebagai acuan dalam program efisiensi energi. Secara otomatis, hasil audit juga akan memberikan informasi mengenai langkah-langkah yang tepat untuk menjalankan program efisiensi energi. Proses ini juga menjadi dasar dari penentuan target efisiensi yang akan menjadi acuan dalam penyusunan rencana aksi yang akan berisi berbagai rekomendasi penghematan energi. Dengan melihat kajian secara historis, dapat ditetapkan dasar untuk mengidentifikasi sektor-sektor yang tinggi penggunaan energinya serta pengaruhnya terhadap peta penggunaan energi. Informasi ini berguna untuk menentukan prioritas penghematan energi juga untuk memberikan gambaran pola penggunaan energi di hotel. Karena lebih dari 75% pengeluaran energi hotel dalam wujud listrik, maka pendekatan analisa dalam bagian berikut lebih menekankan pada listrik. Berikut ini adalah langkah-langkah kunci dalam melakukan audit energi.

Pengumpulan data

Langkah awal dalam audit energi adalah mengumpulkan data penggunaan energi beserta biayanya dalam jangka waktu paling sedikit satu tahun terakhir.

Dengan demikian gambaran dari pola penggunaan energi dapat terlihat dengan jelas. Data-data yang harus Anda kumpulkan adalah sebagai berikut:

A. Data-data pengeluaran energi

Sumber energi bagi hotel dapat bermacam-macam. Paling tidak, data yang harus dikumpulkan mencakup data penggunaan listrik, minyak solar, gas (LPG). Ingat, data yang dikumpulkan harus dalam satuan energi berdasarkan jenisnya, dan bukan dalam Rupiah. Misal, satuan untuk listrik adalah kWh; gas adalah Kg; solar adalah liter. Tabel berikut dapat digunakan sebagai acuan. Jika hotel menggunakan sumber energi lain yang belum teruat, silakan modifikasi tabel berikut. Gunakan rekening energi bulanan sebagai rujukan untuk mengisi tabel berikut.

Tabel 1. Contoh tabel penggunaan energi tahunan

Jenis Energi		JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGU	SEP	OKT	NOV	DES	Total
Listrik	kWh													
	Rupiah													
City Gas	M ³													
	Rupiah													
LPG	Kg													
	Rupiah													
Solar	Liter													
	Rupiah													

B. Konsumsi energi per tipe ruangan

Catat data penggunaan energi untuk tiap jenis ruangan, seperti kamar tamu, dapur, lobby, meeting room, dan lain-lain. Penggunaan energi antar ruangan akan bervariasi karena adanya peralatan yang berbeda. Jika hotel memiliki data yang detail mengenai alat-alat yang menggunakan energi pada tiap jenis ruangan tersebut, maka konsumsi energi per m² di dalam sebuah ruangan dapat teridentifikasi. Konsumsi energi per m² pada sebuah ruangan dapat didefinisikan sebagai intensitas energi. Indonesia telah mengeluarkan standar nasional intensitas energi pada hotel. Dengan membandingkan intensitas tabel dengan standar ini, maka kita bisa menentukan tingkat efisiensinya. Tabel berikut dapat digunakan sebagai acuan dalam mencatat konsumsi energi pada tiap-tiap ruangan yang Anda miliki. Silakan dimodifikasi sesuai dengan keadaan di hotel Anda. Data-data yang dibutuhkan dalam tabel ini dapat diperoleh dengan melihat spesifikasi yang tercantum pada label alat.

Tabel 2. Contoh konsumsi energi untuk berbagai ruangan di hotel

Tipe Ruangan	Lampu			AC	Kipas	Dryer	TV	Kulkas	Total
	Pijar	CFL	TL						
Kamar tamu									
Lobby									
Ruang rapat									
Ballroom									
Restoran									
Dapur									
Kantor									
Toilet									

C. Data alat dengan konsumsi energi yang tinggi

Hampir seluruh pelayanan yang diberikan oleh hotel mempergunakan peralatan-peralatan yang menggunakan energi secara tinggi, seperti boiler, chiller, lift, pompa air, dan lain-lain. Dengan membuat sebuah database penggunaan energi dan mendata seluruh peralatan, akan didapat gambaran yang jelas dari proporsi energi yang digunakan oleh masing-masing peralatan.

Tabel berikut dapat digunakan sebagai acuan dalam menyusun data konsumsi energi per alat yang spesifik. Silakan dimodifikasi sesuai dengan situasi dan keadaan di hotel Anda. Data-data yang dibutuhkan dalam tabel ini dapat diperoleh dengan melihat spesifikasi yang tercantum pada label alat. Data ini akan melengkapi data konsumsi energi per tipe ruangan. Pada akhirnya gabungan antar Kedua data ini akan digunakan sebagai bahan analisa untuk menghitung neraca energi di hotel Anda.

Tabel 3. Contoh pendataan alat dengan konsumsi energi tinggi

No	Peralatan	Informasi pada label alat	Keterangan
1	Pompa air	- sumber air: a). PDAM, b). air tanah - jumlah unit - kapasitas pompa: ... lt./menit - kapasitas harian: ... m ³ /day - daya pompa: ... - jam kerja/hari: ...	
2	Generator	- Jumlah: ... Unit; tahun pemasangan: ... - Rating saat bekerja: Hz: ; pf = ; 3 ph kW = - Rating saat standby: rpm =; bal=; kVA = - Rata-rata penggunaan harian: - Konsumsi bahan bakar harian = lt./bulan - Berapa kali perawatan dan servis - Berapa kali turun mesin: kali dalam satu tahun	

No	Peralatan	Informasi pada label alat	Keterangan
3	Lift	- Jumlah: Unit; Tahun pemasangan: ... - kemampuan daya angkut per unit: kg atau Orang - Merk yang digunakan: Tipe:	
4	Boiler	- Berapa unit yang dimiliki: ... Unit; Tahun digunakan: ... - Sistem air panas yang digunakan: ... - Intensitas pemakaian per hari : ... jam/hari - Waktu penggunaan : Pk: S.d Pk. - Spesifikasi boiler : Tipe:; rating: MBH Opertating pressure: psia (..... Psia max); Max pressure steam: ... Psig; Heat surface: ... Sq.ft Max firing rate: MBH; Valve cap: Lb./hr	
5	Kitchen Chiller	- Refrigerant yang digunakan : - Pembagian ruang kegunaan ruang 1 untuk: ... ; temperatur set: ... °C kegunaan ruang 2 untuk: ... ; temperatur set: ... °C kegunaan ruang 3 untuk: ... ; temperatur set: ... °C	
6	AC	- Jenis AC yang digunakan : jumlah: Unit - Kapasitas AC : pk Unit - Ruang yang yang digunakan :	
7	Icemaker	- Bahan bakar yang digunakan : - Konsumsi pemakaian bahan bakar per bulan :	

D. Data hunian

Data tingkat hunian pada sebuah hotel harus dikumpulkan untuk mengidentifikasi tingkat penggunaan energi. Hubungan tingkat penggunaan energi dengan tingkat hunian berbeda antara hotel Melati dengan hotel berbintang.

Untuk hotel Melati, tingkat hunian akan berbanding lurus dengan tingkat penggunaan energi. Dengan membandingkan data tingkat hunian dengan penggunaan dan intensitas energi, kondisi efisiensi energinya sudah dapat ditentukan. Artinya, jika tingkat hunian rendah, maka penggunaan energi otomatis harus rendah. Sehingga jika ternyata tidak demikian maka hotel otomatis boros energi.

Namun tidak demikian dengan hotel bintang. Tingkat hunian yang rendah tidak selalu menghasilkan tingkat penggunaan energi yang rendah pula. Hotel bintang menggunakan lebih banyak peralatan yang konsumsi energinya tinggi, seperti sistem tata udara sentral, generator, dan boiler.

Tabel berikut dapat digunakan sebagai acuan dalam mengumpulkan data.

Pengukuran dan Observasi

Pengumpulan data yang telah dilakukan akan memberikan gambaran penggunaan energi di hotel Anda. Namun, terutama untuk mendapatkan data penggunaan listrik yang lebih akurat, harus dilakukan pengukuran menggunakan alat pengukur *online* yang dipasang pada peralatan-peralatan listrik. Analisa-analisa lebih lanjut mengenai faktor daya, faktor kebutuhan, faktor beban dan kualitas listrik akan memberikan gambaran yang lebih dalam mengenai sistem kelistrikan Anda.

Untuk melakukan analisa tersebut, selain dibutuhkan keahlian khusus, juga dibutuhkan peralatan-peralatan pengukuran yang tepat. Umumnya, konsultan auditor energi mampu memberikan analisa tersebut. Keunggulan lain adalah mereka sudah dilengkapi dengan peralatan pengukuran yang tepat.

Pengukuran terhadap faktor-faktor tersebut di atas memerlukan kemampuan dan peralatan khusus. Peralatan yang diperlukan untuk melakukan pengukuran adalah:

1. Komputer dengan program pengukuran online.
2. *Acquisition data*, Diris AP model and modbus RS 485

Faktor Daya adalah perbandingan antara daya sebenarnya yang digunakan (dalam satuan watt atau kilowatt) dengan daya yang diambil dari sumber (daya yang dari PLN, yang satuannya volt-ampere atau kilovolt-ampere). Angka faktor daya yang tinggi mengindikasikan distribusi listrik yang baik. Nilai faktor daya harus lebih dari 0,85 agar terhindar dari denda oleh PLN. Umumnya, hotel besar memasang bank kapasitor untuk meningkatkan faktor daya.

Faktor Kebutuhan adalah perbandingan antara permintaan maksimum pada sistem pembangkit dan distribusi sistem listrik dengan total beban yang terpasang); biasanya dalam satuan persen. Faktor kebutuhan menunjukkan proporsi listrik yang digunakan dari total daya yang tersedia. Bila angka ini rendah, ada kemungkinan kontrak daya dengan PLN terlalu tinggi dan bisa dikurangi mendekati kondisi ideal. Tindakan ini akan mengurangi biaya berlangganan bulanan. Faktor kebutuhan yang ideal adalah antara 60-80%.

Analisa

Langkah selanjutnya setelah melakukan observasi adalah melakukan analisa. Dua cara paling mudah melakukan analisa adalah dengan (i) menghitung konsumsi intensitas energi, dan (ii) membuat neraca konsumsi energi (listrik, gas, solar, dll).

A. Intensitas Konsumsi Energi (IKE)

Nilai intensitas konsumsi energi penting untuk dijadikan sebagai tolak ukur seberapa besar potensi efisiensi energi yang mungkin diterapkan di tiap ruangan atau seluruh area hotel. Dengan membandingkan intensitas konsumsi energi hotel dengan standar nasional, Anda bisa mengetahui apakah sebuah ruangan atau keseluruhan hotel sudah efisien.

Dari tabel 2 mengenai penggunaan energi untuk tiap tipe ruangan (hal. 18), Anda bisa menghitung intensitas energi per tipe ruangan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$I = \frac{\text{Total konsumsi listrik}}{\text{Luas area}} \quad \dots \text{satuan kWh/M}^2$$

Contoh:

Luas kamar standar adalah 45 m², dan total penggunaan energi adalah 200 kW, maka intensitas energinya adalah 4,45 kW/m².

Analisa

Langkah selanjutnya setelah melakukan observasi adalah melakukan analisa. Dua cara paling mudah melakukan analisa adalah dengan (i) menghitung konsumsi intensitas energi, dan (ii) membuat neraca konsumsi energi (listrik, gas, solar, dll).

A. Intensitas Konsumsi Energi (IKE)

Nilai intensitas konsumsi energi penting untuk dijadikan sebagai tolak ukur seberapa besar potensi efisiensi energi yang mungkin diterapkan di tiap ruangan atau seluruh area hotel. Dengan membandingkan intensitas konsumsi energi hotel dengan standar nasional, Anda bisa mengetahui apakah sebuah ruangan atau keseluruhan hotel sudah efisien.

Dari tabel 2 mengenai penggunaan energi untuk tiap tipe ruangan (hal. 18), Anda bisa menghitung intensitas energi per tipe ruangan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$I = \frac{\text{Total konsumsi listrik}}{\text{Luas area}} \quad \dots \text{satuan kWh/M}^2$$

Contoh:

Luas kamar standar adalah 45 m², dan total penggunaan energi adalah 200 kW, maka intensitas energinya adalah 4,45 kW/m².

Masalah yang ditemui		Cek
Penerangan	<ul style="list-style-type: none"> ⊙ Lampu menyala walau tidak terpakai ⊙ Terlalu banyak lampu yang digunakan ⊙ Lampu pijar masih digunakan di beberapa tempat ⊙ Masih menggunakan ballast konvensional pada lampu CFL ⊙ Pengendali lampu tidak berfungsi dengan baik ⊙ Lampu berdebu ⊙ Gorden menghalangi sinar alami dll 	
AC	<ul style="list-style-type: none"> ⊙ Pintu dan jendela terbuka saat AC bekerja ⊙ Suhu AC terlalu rendah ⊙ Filter udara kotor ⊙ Pipa bocor ⊙ remote control tidak berfungsi dengan baik 	
Kipas	<ul style="list-style-type: none"> ⊙ Kipas berdebu ⊙ Pemakaian yang tidak perlu 	
Peralatan lain	<ul style="list-style-type: none"> ⊙ TV menyala saat tidak ditonton ⊙ TV, DVD player, compo dimatikan menggunakan <i>standby power</i> 	
Chiller Dapur	<ul style="list-style-type: none"> ⊙ Penyetelan termostat tidak sesuai ⊙ Makanan panas masuk tanpa didinginkan terlebih dahulu ⊙ Chiller ditempatkan dekat benda-benda panas ⊙ Chiller diisi terlalu penuh 	

Tabel 6 di bawah adalah Standar Nasional Intensitas Konsumsi Energi (IKE) di Indonesia untuk bangunan komersial, termasuk hotel. Bandingkan intensitas konsumsi hotel Anda dengan standar yang berlaku untuk mengetahui status penggunaan energi di hotel.

Tabel 6. *Standar Intensitas Konsumsi Energi Indonesia (IKE)*

Ruangan dengan AC (kWh/m ² /bulan)		Ruangan tanpa AC (kWh/m ² /bulan)	
Sangat efisien	4.17 – 7.92	Cukup efisien	1.67 – 2.50
Efisien	7.92 – 12.08	Cenderung tidak efisien	0.84 – 1.67
Cukup efisien	12.08 – 14.58	Tidak efisien	2.50 – 3.34
Cenderung tidak efisien	14.58 – 19.17	Sangat tidak efisien	3.34 – 4.17
Tidak efisien	19.17 – 23.75		
Sangat tidak efisien	23.75 – 37.50		

B. Neraca Energi

Bila diketahui bahwa penggunaan energi tidak efisien, dengan memperhatikan neraca energi, Anda dapat menentukan peralatan mana yang harus diprioritaskan untuk memperoleh penghematan terbesar. Untuk mendapatkan hasil yang efisien dan tercepat, fokuskan pada peralatan yang memiliki konsumsi energi terbesar. Walaupun disarankan untuk juga memperhatikan sektor lain untuk meningkatkan total efisiensi energi.

Neraca Energi dapat berupa neraca listrik, neraca gas dan lain-lain. Namun karena umumnya pengguna gas hanyalah kompor dan pengguna solar adalah boiler atau genset, maka neraca energi yang umum dibuat adalah neraca listrik. Neraca ini dihasilkan dari komposisi penggunaan listrik pada tiap peralatan.

Data yang dikumpulkan pada tabel 2 (Konsumsi Energi per tipe Ruangan; hal. 18) dan Tabel 3 (Pendataan alat dengan konsumsi energi tinggi; hal.19) dapat digunakan untuk menghitung perkiraan konsumsi energi bulanan, dan dimasukkan ke dalam persamaan berikut:

$$\text{Konsumsi listrik} = \text{Daya (kW)} \times \text{waktu pemakaian (jam)} \times 30 \text{ hari}$$

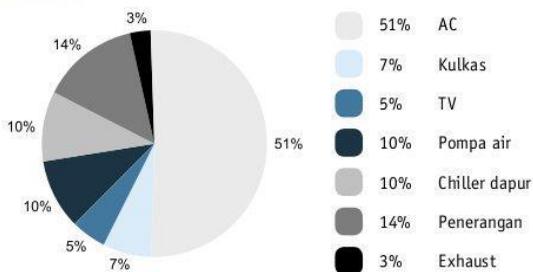
Contoh:

AC Split dengan kapasitas 1 PK, daya 800 watt. Bila AC digunakan 8 jam sehari, maka konsumsi listrik perbulan adalah:

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi Listrik} &= 800 \text{ watt} \times 8 \text{ jam} \times 30 \text{ hari} \\ &= 192 \text{ kWh/Bulan} \end{aligned}$$

Berdasarkan contoh tersebut, hitung total konsumsi listrik di hotel. Hasil perhitungan Anda adalah distribusi konsumsi listrik berdasarkan peralatan yang digunakan, seperti yang diilustrasikan Gambar 2 berikut.

Gambar 2. Distribusi konsumsi listrik



Grafik di atas adalah contoh penggunaan energi pada hotel Melati. Grafik ini akan berbeda untuk masing-masing hotel. Dengan mengetahui berapa banyak energi yang dikonsumsi oleh hotel, Anda dapat menentukan bagian mana dari hotel yang menggunakan energi paling besar. Pihak manajemen kemudian dapat mengimplementasikan rencana aksi yang memfokuskan pengurangan penggunaan energi di bagian tersebut.

Analisa yang dilakukan auditor energi profesional mencakup:

1. Struktur Beban

Kinerja dari penggunaan listrik dapat dilihat melalui kurva bebannya. Untuk pengguna komersil – mereka yang memiliki kontrak daya yang besar – biaya listrik mereka dibedakan berdasarkan penggunaan selama dan di luar beban puncak (*peak load*). Biaya yang dikenakan semasa beban puncak akan lebih mahal.

2. Faktor Daya

Analisa Faktor Daya penting untuk melihat penggunaan daya reaktif. Sistem yang berlaku di Indonesia adalah denda dari PLN bagi pelanggan dengan faktor daya dibawah 0.85. Selain itu, analisa faktor daya digunakan untuk menilai apakah kinerja dari bank kapasitor sudah optimal. Bank kapasitor adalah alat yang digunakan untuk menaikkan faktor daya guna menghindari denda atas penggunaan yang melebihi KVARH

3. Model penilaian dari kinerja operasi beberapa sistem muatan, karakteristik beban dari tiap unit

Analisa ini digunakan untuk melihat kegunaan peralatan berdasarkan jangka waktu operasional dari tiap peralatan. Hal ini dilaksanakan untuk melihat potensi efisiensi dan penjadwalan ulang operasi untuk menghindari biaya-biaya terutama pada waktu beban puncak.

4. Mengkaji ulang sistem listrik; keseimbangan energi, kebutuhan kritis beban, keseimbangan fase, faktor kapasitas, skema beban, kapasitas kontrak.

Analisa ini ditujukan untuk mencari bagian-bagian dari kegunaan listrik yang dapat berguna dalam mengurangi penggunaan listrik. Ini dapat dilakukan dengan mengevaluasi beberapa parameter kesetimbangan energi, faktor beban, keseimbangan fase, faktor kapasitas, skema muatan, dan kontrak daya dari PLN.

Langkah Ke-2: Menentukan target efisiensi

Hasil dari proses energi audit adalah target program efisiensi energi. Patut diingat bahwa komitmen pihak manajemen adalah kunci keberhasilan program efisiensi energi.

Cara termudah untuk menentukan target efisiensi adalah melihat perbedaan intensitas energi Anda dari standar yang berlaku. Dengan mengetahui selisih kedua nilai tersebut, Anda bisa menghitung berapa penghematan yang bisa dicapai melalui program efisiensi energi. Gunakan persamaan berikut untuk menghitung potensi penghematan energi. Jadikan potensi penghematan sebagai target efisiensi Anda.

$$\text{Potensi penghematan} = \frac{\Delta \text{IKE} \times \text{total area yang dikondisikan} \times \text{tarif listrik}}{12 \text{ bulan/tahun}}$$

Dimana

Δ **IKE** adalah selisih intensitas energi hotel Anda dengan standar nasional; satuannya kWh/(m².tahun)

Total area yang dikondisikan, dalam m²

Tarif listrik adalah tarif dari PLN

Kasus Energi Potensial

Jika, kamar tamu standar di hotel Anda (15 m²) memiliki intensitas energi sebesar 15 kWh/m²/bulan, agar dapat masuk kategori gedung yang efisien, Anda harus menurunkan intensitas tersebut sebesar 7,08 kWh/m²/bulan. Kemudian, menurut standar tersebut, kamar tamu standar tersebut akan memiliki potensi penghematan energi senilai Rp 56.285 per kamar tamu standar.

Potensi penghematan energi

$$7,08 \text{ kWh/m}^2/\text{bulan} \times 15 \text{ m}^2 \times \text{Rp } 530/\text{kWh} \\ = \text{Rp } 56.286$$

Langkah Ke-3: Menyusun rencana aksi

Langkah berikut setelah menentukan target efisiensi adalah menyusun rencana aksi berikut jadwal pelaksanaannya. Rencana aksi ini harus disetujui dan didukung penuh oleh pihak manajemen.

Rencana aksi adalah inti dari sebuah program efisiensi energi. Rencana tersebut akan mencakup rincian langkah-langkah untuk mencapai setiap target efisiensi yang akuntabel, lengkap dengan jadwal kapan dimulai dan berakhir, serta anggaran yang diperlukan.

Rencana aksi akan membantu memastikan bahwa peluang penghematan energi yang sudah direncanakan benar-benar dijalankan, serta memberikan sebuah rencana untuk melakukan monitoring. Rencana aksi dapat dibuat untuk jangka waktu per 4 bulan, 6 bulan, atau tahunan.

Pada prakteknya, rencana aksi tidak akan disusun oleh manajemen puncak. Sehingga, apabila rencana aksi telah disusun, dokumen ini kemudian harus dipresentasikan kepada pihak manajemen puncak untuk memperoleh persetujuan. Dalam rencana aksi perlu ditekankan mengenai manfaat program efisiensi secara keseluruhan, seperti bahwa dalam hasil implementasi rencana aksi tersebut akan memberikan kontribusi terhadap perkembangan hotel secara keseluruhan.

Faktor penting lainnya adalah melibatkan staf kunci dalam proses pembuatan rencana aksi. Keberhasilan implementasi rencana aksi bergantung pada dukungan para staf, serta pemahaman mereka akan peran dan tanggungjawabnya masing-masing. Sehingga penting bagi

manajemen untuk mempertimbangkan pengembangan kapasitas staf melalui program-program pelatihan. Hal ini penting untuk memastikan implementasi yang efisien dalam mencapai target-target efisiensi.

Sebuah rencana aksi diklasifikasikan ke dalam 3 kategori utama:

- 1. Rencana aksi jangka pendek**
 Rencana ini memuat rekomendasi-rekomendasi dengan periode pengembalian investasi kurang dari 6 bulan. Hal-hal yang dicakup termasuk meningkatkan kinerja housekeeping, kalibrasi peralatan, pemeliharaan, dan lain-lain.
- 2. Rencana aksi jangka menengah**
 Rencana ini memuat rekomendasi-rekomendasi dengan periode pengembalian berkisar antara 6 hingga 12 bulan, termasuk penggantian lampu, pemasangan alat kontrol otomatis, mengganti bahan bakar, dan lain-lain.
- 3. Rencana aksi jangka panjang**
 Rencana ini memuat rekomendasi-rekomendasi dengan periode pengembalian lebih dari satu tahun. Contoh : mengganti sistem pendingin udara yang lama, kulkas, dan lain-lain dengan unit-unit baru yang lebih energi efisien.

Table 7. Contoh rencana aksi

Tindakan yang direkomendasikan	Potensi penghematan			Payback period	Rencana Implementasi											
	kWh/bulan	Rp/bulan	Rp		Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Juni	Juli	Agu	Sep	Ok	Nov	Des
Rekomendasi tanpa biaya Mengatur suhu AC menjadi 25-26°C Pengaturan pendinginan menjadi 10 jam per hari Membersihkan filter AC secara berkala																
Rekomendasi biaya rendah Mengganti freon lama dengan tipe hidrokarbon																
Rekomendasi biaya menengah-tinggi Mengganti lampu TL biasa konvensional dengan lampu TL ballast elektronik Memasang sistem key card																

Table di atas adalah sebuah contoh dari rencana aksi. Rencana aksi yang sebenarnya akan berbeda di tiap hotel, tergantung dari penggunaan energi masing-masing.

Langkah Ke-4: **Pengembangan diri dan motivasi staf**

Partisipasi aktif dari seluruh staf hotel sangat penting bagi keberhasilan program efisiensi energi. Sebelum program berjalan, pelatihan mengenai keuntungan program ini harus diberikan kepada para staf. Intinya, bagaimana cara untuk melakukan implementasi sesuai dengan rencana aksi harus disosialisasikan melalui program pelatihan, termasuk di dalamnya prinsip-prinsip good housekeeping dan praktek perawatan.

Pelatihan yang harus diberikan tidak terbatas pada petunjuk teknis, namun juga pelatihan untuk meningkatkan motivasi staf. Artinya, ide program efisiensi energi harus disosialisasikan hingga level paling bawah sekalipun.

Hotel-hotel besar umumnya memiliki dana dan program yang jelas bagi pengembangan kapasitas dan peningkatan motivasi staf. Sehingga pelatihan dapat diberikan oleh konsultan pelatihan profesional. Namun, hotel kecil, karena terbatasnya anggaran dapat lebih kreatif dengan memberikan pelatihan sendiri. Materi pelatihan mengenai penghematan energi bisa didapatkan dari berbagai sumber, mulai dari buku, koran, majalah situs-situs internet.

Informasi mengenai efisiensi energi di hotel

1. **Energy Star for Hospitality**
http://www.energystar.gov/index.cfm?c=hospitality.bus_hospitality
2. **Green Hotel's Association**
<http://www.greenhotels.com/>
3. **Greening your Property**
<http://www.p2pays.org/ref/04/03267.pdf>
4. **Restaurants, Energy Innovators Initiative**
http://oee.nrcan.gc.ca/Publications/inforesource/Pub/hospitality_sector/english/index.cfm?PrintView=N&Text=N
5. **Info Listrik**
http://www.pln.co.id/info_listrik.asp

Keberhasilan program efisiensi energi tidak dapat diraih tanpa dukungan staf Anda. Untuk itu, dalam rangka memotivasi para staf, penting bagi pihak manajemen untuk mempertimbangkan pemberian insentif. Penghematan yang dicapai melalui efisiensi energi harus dibagi dengan para staf. Insentif yang lain, seperti kenaikan gaji, tunjangan kesehatan, perbaikan fasilitas staf, akan menghasilkan motivasi yang tinggi di kalangan staf. Transparansi informasi juga berlaku sebagai faktor pemotivasi. Pihak manajemen harus mengkomunikasikan seluruh biaya energi dan hasil penghematan dari program efisiensi energi. Hal ini akan membantu para staf untuk memahami pentingnya efisiensi energi dan peran mereka di dalam proses tersebut. Harap diingat: **Staf yang berdedikasi adalah aset yang tak ternilai.**

Langkah Ke-5: Monitoring

Dalam menjalankan rencana aksi, proses monitoring diperlukan untuk memberikan pengawasan dalam hal implementasi. Monitoring berguna untuk mengkaji apakah rencana yang dijalankan sudah efektif atau belum. Ketika rencana aksi terbukti kurang efektif, dengan adanya proses monitoring, hal ini dapat diidentifikasi lebih dini dan memungkinkan untuk melakukan modifikasi rencana aksi bila dianggap perlu.

Monitoring juga diperlukan untuk mengantisipasi hal-hal yang tidak diinginkan, seperti penurunan pelayanan atau kenyamanan yang mungkin muncul. Proses monitoring juga bisa memberikan jawaban untuk mengatasi situasi-situasi seperti itu.

Contoh implementasi yang beresiko pada layanan

Dengan mempersingkat waktu kerja chiller AC menjadi 4 jam, hotel dapat menghemat hingga Rp 5 juta per bulan. Chiller AC dapat diatur jadwal operasinya dari yang semula beroperasi pukul 4 pagi dan mati pada pukul 2 pagi, diubah menjadi menyala pada pukul 6 pagi dan mati pada pukul 12 malam. Atau dengan kata lain 4 jam lebih singkat dari biasanya. Hal ini berarti bahwa saat chiller dimatikan, hanya sirkulasi udara yang terjadi. Secara teknis, hal ini mungkin dilakukan mengingat perbedaan suhu pada malam hari tidak cukup besar, sehingga suhu udara tidak terlalu panas. Namun demikian, dalam implementasinya, keluhan dari tamu hotel mungkin terjadi. Perlu diadakan monitoring apakah muncul keluhan dari tamu. Dalam menjalankan program efisiensi, kenyamanan tamu tetap harus diutamakan.

Monitoring juga berguna untuk menganalisa tingkat penerimaan dari staf dalam mengimplementasikan program ini. Hal ini menekankan kembali pentingnya melakukan pelatihan yang menjelaskan manfaat dari program efisiensi sehingga akan meningkatkan motivasi staf dalam implementasinya di rutinitas sehari-hari. Sehingga, proses monitoring akan membantu mengidentifikasi masalah-masalah yang timbul saat implementasi. Jika manajemen tidak peka terhadap gejala yang muncul dari bawah, niscaya kecil kemungkinan program efisiensi energi Anda akan berhasil. Proses monitoring dapat dilakukan melalui pertemuan rutin antara masing-masing kelompok dengan pihak manajemen.

Dengan mengembangkan standar prosedur operasi program efisiensi energi yang terintegrasi dengan deskripsi pekerjaan sehari-hari, proses monitoring dapat dengan mudah dilakukan.

Langkah Ke-6: Menghitung penghematan energi Anda

Cara termudah untuk menghitung penghematan energi dan biaya yang dihasilkan adalah dengan membandingkan pengeluaran untuk energi sebelum dan setelah implementasi langkah-langkah penghematan energi.

Sebagai contoh, untuk menghitung penghematan biaya Anda dapat lakukan dengan membandingkan tagihan listrik sebelum dan setelah pelaksanaan program. Untuk itu, penting bagi pihak manajemen untuk membuat database energi termasuk konsumsi energi di masa sebelumnya yang dapat digunakan sebagai suatu acuan dasar (seperti yang telah dijelaskan di Langkah 1) sebagai pembanding dengan konsumsi energi setelah implementasi program. Untuk mempermudah, Tabel 8 di bawah dapat digunakan sebagai contoh.

Anda juga dapat membandingkan intensitas konsumsi energi sebelum dan sesudah implementasi program efisiensi energi untuk menghitung penghematan energi. Gunakan rumus yang ada pada halaman 27, kemudian bandingkan dengan standar efisiensi energi pada Tabel 6 di halaman 28.

Cara lainnya adalah dengan melakukan audit energi kedua, baik dengan menggunakan SDM hotel ataupun dengan menyewa auditor energi yang profesional untuk menganalisa penggunaan energi sebelum dan setelah implementasi program.

Apakah penghematan energi yang dicapai telah sesuai dengan hasil penghematan yang diharapkan dalam rencana aksi?

Tabel 8. Konsumsi energi tahunan sebuah hotel

Jenis Energi	JAN		FEB		MAR		APR		MEI		JUN		JUL		AGU		SEP		OKT		NOV		DES		Total		
	Sebelum	Sesudah																									
Listrik	kWh																										
	Rp/ kWh																										
Gas Kota	kWh																										
	Rp/ kWh																										
LPG	kWh																										
	Rp/ kWh																										
Solar	kWh																										
	Rp/ kWh																										

Langkah Ke-7: Evaluasi

Evaluasi penting untuk dilaksanakan, terlepas apakah program efisiensi energi sudah mencapai targetnya atau belum. Evaluasi program yang efektif tidak hanya menilai apa-apa saja yang telah dicapai, tetapi juga memberikan masukan bagi para pengambil keputusan untuk mengambil langkah-langkah selanjutnya. Dengan melakukan evaluasi, maka secara otomatis Anda akan meningkatkan efektivitas program serta secara tidak langsung memberikan motivasi bagi pihak manajemen.

Untuk menilai apakah program efisiensi energi mendapat dukungan penuh dan dilaksanakan dengan baik oleh para staf, pihak manajemen bisa menyebarkan kuesioner kepada para staf. Secara garis besar, proses ini akan memberikan informasi dari sudut pandang staf Anda mengenai pelaksanaan program efisiensi energi. Hal lain yang juga penting adalah Anda dapat memperoleh masukan dari para staf.

Kuesioner berikut ini dapat dijadikan contoh untuk mengetahui persepsi staf Anda mengenai program efisiensi energi. Silakan dimodifikasi sesuai dengan situasi dan kondisi di hotel Anda.

Survei Evaluasi Program

1. Bagaimana pemahaman staf tentang program efisiensi energi?
 - a) sangat baik
 - b) baik
 - c) kurang
 - d) sangat kurang
2. Bagaimana partisipasi dari staf terhadap pelaksanaan program?
 - a) sangat baik
 - b) baik
 - c) kurang
 - d) sangat kurang
3. Apakah ada keluhan dari staf ketika menjalankan program efisiensi energi?
 - a) tidak ada
 - b) ada beberapa
 - c) sedikit
 - d) banyak

3. APLIKASI MANAJEMEN ENERGI

3.1 Pendahuluan

Sektor bangunan berkontribusi lebih dari sepertiga emisi gas rumah kaca per tahunnya dan mengkonsumsi energi lebih dari 40% dari konsumsi energi dunia. Hal ini terjadi baik di negara maju maupun negara berkembang. Pada Laporan Penilaian Keempat, IPCC memperkirakan emisi gas rumah kaca pada bangunan adalah sekitar 8,6 juta metrik ton CO² tahun 2004 [1][2]

Energi sebagai kebutuhan pokok manusia dapat diibaratkan sebagai uang, dimana pemakainnya haruslah bijaksana, produktif dan efisien. Kita sadari bahwa

sumber energi yang dipakai selama ini seperti minyak bumi, batubara merupakan energi konvensional dan berfungsi sebagai sumber energi dalam melakukan aktifitas kehidupan kita, yang mana cadangan sumber energi sangatlah terbatas. Karena sifat energi yang tidak dapat diciptakan, maka hal inilah yang mendorong kita untuk mencari alternatif dan jalan keluar untuk mengamankan penyediaan energi yang diperlukan. Untuk mengamankan sumber energi yang bisa diperbarui [3].

Sektor energi mempunyai peran yang sangat penting dalam mewujudkan pembangunan nasional yang berkelanjutan. Oleh karena itu pengolahan energi, penyediaan dan pemanfaatan energi

nasional perlu dilaksanakan secara optimal, arif dan bijaksana yang dilandasi oleh pertimbangan obyektif mencakup aspek: lingkungan, kepentingan antar generasi, kebutuhan energi, sosial, dan ekonomi. Aspek tersebut merupakan kriteria penting yang dipersyaratkan dalam pemanfaatan energi untuk pembangunan berkelanjutan [4].

Salah satu hasil penelitian yang dilakukan, menunjukkan bahwa Indonesia tergolong negara pengguna energi yang boros. Parameter yang digunakan untuk mengukur pemborosan energi adalah elastisitas dan intensitas energi. Elastisitas energi adalah perbandingan antara pertumbuhan konsumsi energi dan

pertumbuhan ekonomi. Elastisitas energi Indonesia berada pada kisaran 1,04 – 1,35 dalam kurun waktu 1985 – 2000, sementara Negara-negara maju berada pada kisaran 0,55 – 0,65 pada kurun waktu yang sama [5]

Upaya yang dapat dilakukan dalam menghemat energi, salah satunya adalah dengan melakukan audit energi. Audit energi adalah teknik yang dipakai untuk menghitung besarnya konsumsi energi pada sebuah bangunan/gedung dan mengenali cara untuk menghematnya [6]. Maka dari itu penelitian ini akan menindaklanjuti pengukuran konsumsi

energi listrik guna pencapaian efisiensi energi pada gedung perkuliahan

Disisi lain untuk mengetahui profil penggunaan energi di gedung perkuliahan dan mengetahui tingkat kenyamanan pada setiap ruang perkuliahan.

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah

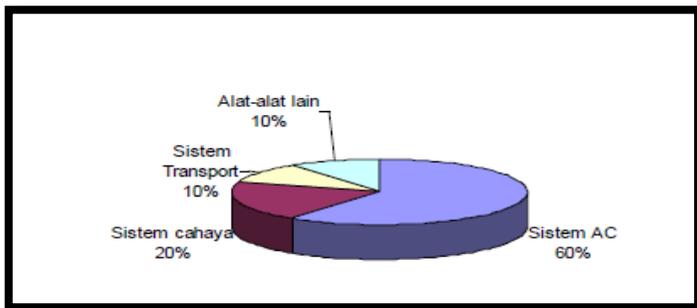
1. Mengetahui profil penggunaan energi listrik di Gedung Perkuliahan Blok IV Universitas Nasional
2. Mengidentifikasi upaya penghematan energi listrik pada Gedung Perkuliahan Blok IV Universitas Nasional.

3.1.1 Bangunan

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 24/PRT/M/2008 tanggal 30 Desember 2008 tentang Pedoman Pemeliharaan dan Perawatan Bangunan Gedung, Bangunan Gedung adalah wujud fisik hasil pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan tempat kedudukannya, sebagian atau seluruhnya berada di atas dan/atau di dalam tanah dan/atau air, yang berfungsi sebagai tempat manusia melakukan kegiatannya, baik untuk hunian atau tempat tinggal, kegiatan keagamaan, kegiatan usaha, kegiatan sosial, budaya maupun kegiatan khusus [4].

Pada bangunan gedung, system penggunaan energi dapat dikelompokkan

pada empat pengguna energi terbesar yaitu :
Sistem AC, Sistem Pencahayaan Sistem
Transportasi Gedung dan Peralatan kantor
plus lainnya. Dari hasil survey sejumlah pihak
(kementrian ESDM) persentasi penggunaan
energi peralatan gedung komersial rata-rata
adalah



Gambar 3.1 Persentase Penggunaan Energi di Gedung (Kementrian Energi Sumberdaya Mineral (ESDM))

3.2 Manajemen Energi

Manajemen Energi adalah suatu kegiatan terpadu untuk mengendalikan konsumsi energi agar tercapai pemanfaatan energi yang efektif dan efisien untuk menghasilkan keluaran yang maksimal melalui tindakan teknis secara terstruktur dan ekonomis untuk meminimalisasi pemanfaatan energi termasuk energi untuk proses produksi dan meminimalisasi konsumsi bahan baku dan bahan pendukung [5].

3.3 Audit Energi

Audit energi secara sederhana dapat didefinisikan sebagai proses untuk mengevaluasi di mana sebuah bangunan atau pabrik yang menggunakan energi, dan

mengidentifikasi peluang untuk mengurangi konsumsi [6]. Audit energi bertujuan mengetahui “Potret Penggunaan Energi” dan mencari upaya peningkatan efisiensi penggunaan energi [7]. Proses audit energi terdiri dari dua bagian yaitu audit energi awal yang dilakukan dengan cara mengumpulkan data pemakaian energi terakhir berupa rekening listrik, dokumentasi bangunan berupa gambar denah bangunan. Sedangkan untuk audit rinci dilakukan bila nilai Intensitas Konsumsi Energi listrik melebihi nilai standar yang ditentukan.

3.4 Intensitas Konsumsi Energi

Intensitas Konsumsi Energi (IKE) merupakan perbandingan antara total pemakaian energi terhadap satuan luas bangunan gedung dalam periode tertentu (kWh/m^2 per bulan atau kWh/m^2 per tahun) [8]. Intensitas Konsumsi Energi (IKE) pada bangunan merupakan suatu nilai yang dapat dijadikan sebagai indikator untuk mengukur tingkat pemanfaatan energi disuatu bangunan [9]. Penggunaan energi dapat dihitung jika diketahui :

1. Rincian luas bangunan gedung dan luas total bangunan gedung (m^2).
2. Konsumsi Energi bangunan gedung per tahun ($\text{kWh/m}^2/\text{tahun}$).

3. Intensitas Konsumsi Energi (IKE) bangunan gedung per tahun (kWh/m²/tahun).
4. Biaya energi bangunan gedung (kWh/m²/tahun).

$$IKE \left(\frac{kWh}{m^2} \right) = \frac{\text{Total Konsumsi Energi (kWh)}}{\text{Luas Area (m}^2\text{)}}$$

Menurut Pedoman Pelaksanaan Konservasi Energi dan Pengawasannya di Lingkungan Departemen Pendidikan Nasional nilai Intensitas Konsumsi Energi dalam menentukan penghematan energi untuk gedung kantor dan bangunan komersial mengacu pada standar nilai IKE yang ditunjukkan pada Tabel dibawah 10].

Tabel 2.1 . Standar IKE Departemen Pendidikan Nasional Republik Indonesia

No	Kriteria	Ruangan AC (kWh/m ² /bulan	Ruangan Non - AC (kWh/m ² /bulan
1	Sangat Efisien	4.17 - 7.92	-
2	Efisien	7.92 - 12.08	-
3	Cukup Efisien	12.08 - 14.58	0.84 - 1.67
4.	Agak Boros	14.58 - 19.17	1.67 - 2.5
5.	Boros	19.17 – 23.75	2.5 – 3.34
6.	Sangat Boros	23.75 – 37.75	3.34 – 4.17

3.5 Identifikasi Peluang Hemat Energi

Identifikasi peluang hemat energi dilakukan dengan langkah pengumpulan data selanjutnya untuk di tindaklanjuti dengan perhitungan nilai Intensitas Konsumsi Energi dan penyusunan profil penggunaan energi pada bangunan. Apabila nilai Intensitas Konsumsi Energi hasil perhitungan lebih kecil

dari target, maka kegiatan audit energi dihentikan. Namun apabila nilai Intensitas Konsumsi Energi hasil perhitungan lebih besar dari target, maka adanya peluang untuk melanjutkan proses audit energi guna memperoleh penghematan energi.

3.6 Analisis Peluang Hemat Energi

Apabila peluang hemat energi telah diidentifikasi, selanjutnya ditindaklanjuti dengan analisis peluang hemat energi, yaitu dengan cara membandingkan potensi perolehan hemat energi dengan biaya yang harus dibayar untuk pelaksanaan rencana penghematan energi yang direkomendasikan. Penghematan energi pada bangunan gedung tetap memperhatikan kenyamanan dari

penghuninya. Untuk melakukan penghematan energi dapat dilakukan dengan cara mengurangi waktu penggunaan energi atau jam operasional sekecil mungkin.

3.7 Metode Riset

Penelitian mengenai pengukuran konsumsi energi listrik ini dilakukan berdasarkan diagram alir pada Gambar 3.2

Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mencari berbagai referensi yang relevan dengan tujuan pengukuran energi pada bangunan. Tujuan tersebut terpaut dengan pengukuran energi pada gedung komersil maupun non-komersil, perkantoran, gedung perkuliahan, hingga

rumah sakit. Referensi tersebut didapatkan dari jurnal, paper, laporan kerja hingga skripsi



Gambar 3.2. Diagram Alir Penelitian

Pengumpulan Data

Pada tahapan ini dibagi menjadi 2 tahap pelaksanaan pengumpulan data, yaitu :

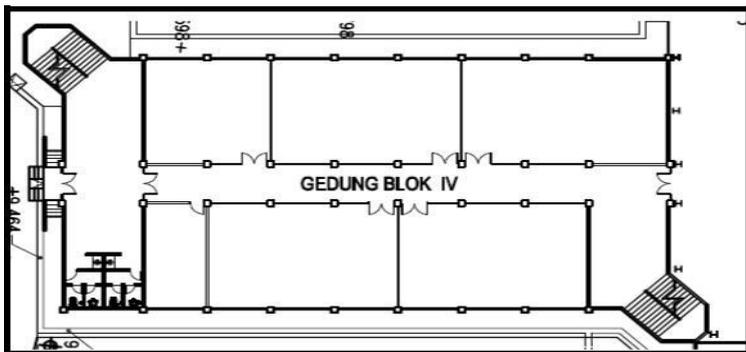
- a) Pengumpulan data sekunder berupa data sejarah energi pada gedung
- b) Pengambilan data primer dilakukan dengan cara pengukuran/pemeriksaan setiap ruangan. Parameter yang diukur adalah konsumsi energi.

Berdasarkan data bangunan tersebut, maka dapat dihitung :

- a) Rincian luas bangunan dan luas total bangunan (m^2)
- b) Daya listrik total yang dibutuhkan (kVA atau kW)
- c) Intensitas Konsumsi Energi (IKE)

Lokasi Penelitian

Gedung Perkuliahan Blok IV Universitas Nasional, Pasar Minggu Jakarta Selatan.



Gambar 3.3. Gambar Denah Gedung Blok IV UNAS

Instrument Pengukuran Energi

Dalam kegiatan pengukuran energi penggunaan instrument atau alat ukur mutlak diperlukan terutama untuk pengukuran energi awal dan pengukuran audit rinci. Pada umumnya peralatan (instrument) ukur untuk pengukuran energi ini bersifat *portabel* dan harus bisa dipindah-pindah karena memang lokasi pengukuran dalam kegiatan ini berpindah-pindah dan terpisah. Berbagai alat ukur *portabel* digunakan untuk melaksanakan pengukuran energi adalah sebagai berikut [27]

Clamp-on meter – untuk mengukur tegangan (*Voltage*), arus (*I*), *power factor*, konsumsi (kWH), sering dikombinasikan dalam satu alat ukur yang disebut “multimeter” atau “multitester”.

3.8 Hasil Riset

Pengumpulan Data Historis

Pengumpulan data di tujukan untuk mendapat informasi mengenai penggunaan konsumsi energi satu tahun terakhir dalam bangunan Blok IV dan gambar bangunan Blok IV. Data yang terkumpul berupa data sekunder dan primer. Data sekunder diperlukan untuk mendapat informasi penggunaan energi dan kondisi operasi yang akan digunakan untuk mendukung analisis data primer. Kedua data tersebut dikumpulkan guna mencari nilai Intensitas Konsumsi Energi serta untuk menunjang tahap selanjutnya. Data konsumsi energi, Denah bangunan dan data jenis/ukuran ac

ditunjukkan pada tabel dan gambar di bawah ini.

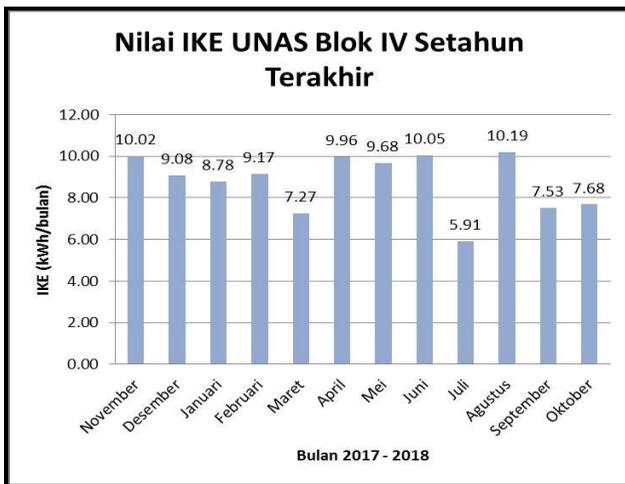
Tabel 3.2 Data Konsumsi Energi Blok IV Universitas Nasional

Data Pembayaran Listrik UNAS Blok IV Satu Tahun Terakhir

Tahun	Bulan	Jumlah Penggunaan (kWh)	IKE	Jumlah Tagihan
2017	November	36159	10,02	Rp 33.332.634.00
	Desember	32775	9,08	Rp 30.213.940.00
2018	Januari	31695	8,78	Rp 29.218.151.00
	Februari	33094	9,17	Rp 30.507.930.00
	Maret	26235	7,27	Rp 24.186.676.00
	April	35971	9,96	Rp 33.159.163.00
	Mei	34953	9,68	Rp 33.165.166.00
	Juni	36298	10,05	Rp 33.460.276.00
	Juli	21348	5,91	Rp 32.083.256.00
	Agustus	36795	10,19	Rp 55.292.292.00
	September	27183	7,53	Rp 40.851.064.00
	Oktober	27738	7,68	Rp 41.684.197.00
total kWh		380244	105,33	Rp 417.154.745.00

Dari tabel diatas dapat diketahui nilai total kWh dalam waktu satu tahun terakhir sebesar 380244 kWh/m²/Tahun dengan total biaya yang dibayarkan untuk Blok IV

sebesar Rp. 417.154.745.00. Sedangkan untuk nilai Intensitas Konsumsi Energi pada Blok IV akan di jelaskan pada gambar 3.4 dibawah.



Gambar 3.4 IKE di blok IV

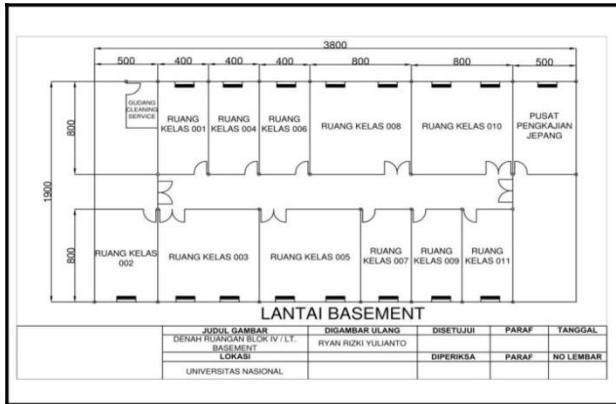
Nilai IKE diperoleh dengan cara membagi antara jumlah penggunaan energi dalam satu bulan dengan luas area. Jika melihat gambar dan tabel diatas, nilai IKE

dan penggunaan energi terbesar terjadi pada bulan Agustus tahun 2018 dengan nilai penggunaan energi sebesar 36795 kWh dan nilai IKE mencapai 10,19 kWh/m²/bulan. Untuk penggunaan energi terendah terjadi pada bulan Juli 2018 dengan nilai penggunaan energi sebesar 21348 kWh dengan nilai IKE 5,91 kWh/m²/bulan. Hal ini dapat terjadi dikarenakan pada bulan Agustus 2018 merupakan masa akhir perkuliahan dan masa penerimaan mahasiswa baru. Sedangkan untuk bulan Juli merupakan masa libur perkuliahan.

Data Denah Bangunan

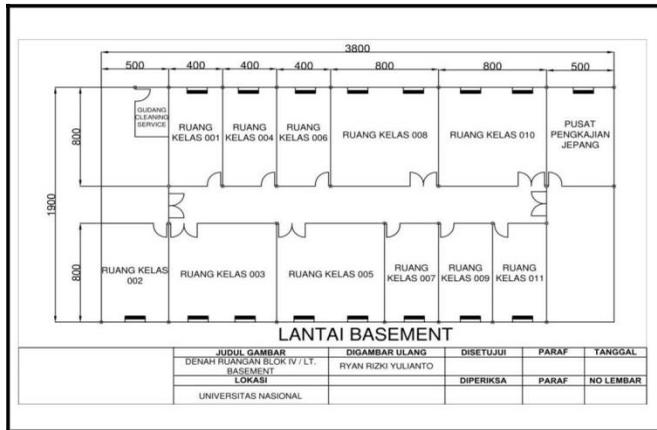
Sedangkan untuk luas area dari masing masing lantai adalah sebesar 722 m² dengan rincian panjang 38 m dan lebar 19 m. Rincian tersebut berlaku untuk lantai basement hingga lantai 4. Dengan kata lain total area bangunan sebesar 722 m² x 5 (total lantai) = 3610 m². Gambar Denah tiap lantai akan ditunjukkan pada gambar gambar dibawah beserta detail ukuran.

Pada Lantai Basement terdapat 11 ruangan untuk kegiatan perkuliah dengan luas area 192 m² untuk ruang kelas kecil, 256 m² untuk ruang kelas besar dan 80 m² untuk ruang kelas sedang.



Gambar 3.5 Denah Bangunan seluruh Gedung

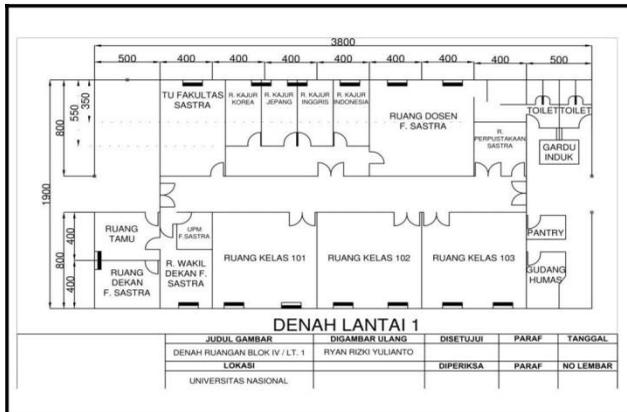
Untuk jumlah ruangan ber-ac sebanyak 12 ruangan dan ruang non-ac sebanyak 1 ruangan. Jika dikalkulasikan luas area pada lantai basement sebesar 528 m^2 untuk ruang ber-ac dan 192 m^2 untuk ruangan non-ac, sehingga luas keseluruhan sebesar 722 m^2 , berikut denah ruangan lantai basement Blok IV.



Gambar 3.6 Denah Lantai Basement

Untuk Lantai 1 terdapat 16 ruangan untuk kegiatan perkantoran dengan luas area 488 m². Untuk jumlah ruangan ber-ac sebanyak 11 ruangan dan ruang non-ac sebanyak 4 ruangan. Jika dikalkulasikan luas area pada lantai 1 adalah sebesar 488 m² untuk ruang ber-ac dan 234 m² untuk ruangan non-ac, sehingga luas keseluruhan menjadi sebesar 722 m², berikut denah

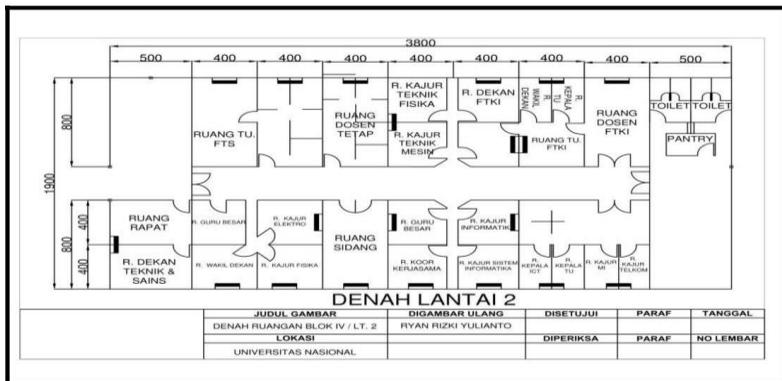
ruangan lantai 1 Blok IV yang akan ditunjukkan pada gambar 3.7



Gambar 3.7 Denah Lantai 1

Untuk Lantai 2 terdapat 26 ruangan untuk kegiatan perkantoran dengan luas area 488 m². Untuk jumlah ruangan ber-ac sebanyak 21 ruangan dan ruang non-ac sebanyak 2 ruangan. Jika dikalkulasikan luas area pada lantai 2 adalah sebesar 488 m² untuk ruang ber-ac dan 234 m² untuk

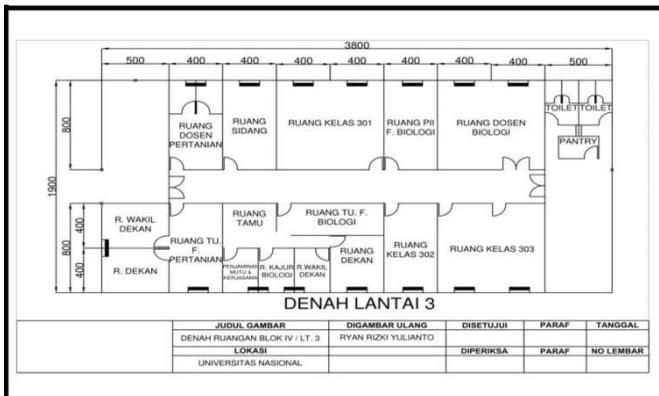
ruangan non-ac, sehingga luas keseluruhan menjadi 722 m², berikut denah ruangan lantai 2 Blok IV yang akan ditunjukkan pada gambar 3.8



Gambar 3.8 Denah Lantai 2

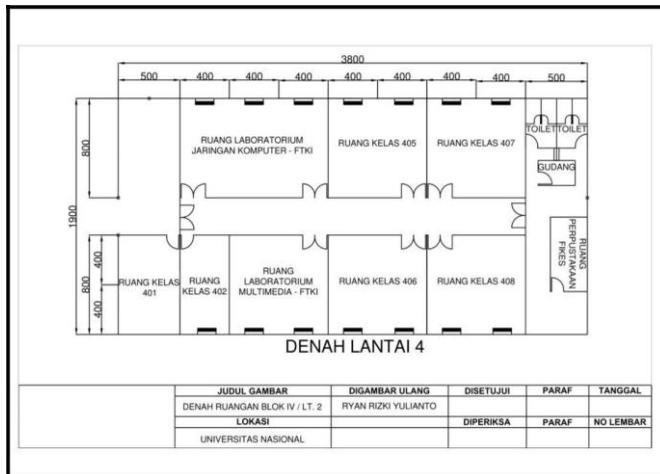
Untuk Lantai 3 terdapat 13 ruangan untuk kegiatan perkantoran dan 5 ruangan untuk kegiatan perkuliahan dengan luas area 488 m². Untuk jumlah ruangan ber-ac sebanyak 12 ruangan dan ruang non-ac

sebanyak 2 ruangan. Jika dikalkulasikan luas area pada lantai 3 ini adalah sebesar 488 m² untuk ruang ber-ac dan 234 m² untuk ruangan non-ac, sehingga luas keseluruhan menjadi sebesar 722 m², berikut denah ruangan lantai 3 Blok IV yang akan ditunjukkan pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Denah Lantai 3

Pada Lantai 4 terdapat 8 ruangan untuk kegiatan perkuliahan dengan luas area 488 m². Untuk jumlah ruangan ber-ac sebanyak 8 ruangan dan ruang non-ac sebanyak 3 ruangan.



Gambar 3.10 Denah Lantai 4

Jika dikalkulasikan luas area pada lantai 4 ini adalah sebesar 488 m² untuk ruang ber-ac dan 234 m² untuk ruangan non-ac,

sehingga luas keseluruhan menjadi sebesar 722 m², berikut denah ruangan lantai 4 Blok IV yang akan ditunjukkan pada gambar 3.10.

Setelah melakukan pengumpulan dan penyusunan data maka tahap selanjutnya adalah menghitung besar intensitas konsumsi energi (IKE) pada Gedung Perkuliahan Blok IV. Apabila nilai IKE hasil perhitungan sama atau lebih besar dari target, maka dilakukanlah upaya untuk mengidentifikasi guna memperoleh peluang penghematan energi. Berikut perhitungan konsumsi energi di blok IV dengan nilai sebesar 105,311 kWh/m²/ tahun dengan rincian yang akan ditunjukkan pada Tabel 3.3

Tabel 3.3 Tabel Perhitungan IKE Blok IV Berdasarkan Data Historis

Total Konsumsi Energi (kWh)		
Nilai IKE =		kWh/m ² /Tahun
	Luas Area Bangunan (m ²)	
	380244	
=		kWh/m ² /Tahun
	3610	
=	105,331	kWh/m ² /Tahun
=	8,78	kWh/m ² /Bulan

Berdasarkan dari data historis, nilai IKE gedung perkuliahan Universitas Nasional Blok IV sebesar 105,331 kWh/m²/ tahun, atau 8,78 kWh/m²/bulan. Jika mengacu pada tabel 2.7-1 Standart Intensitas Konsumsi Energi, nilai tersebut dikategorikan Efisien dengan rentang 7.92 – 12.08 kWh/m²/bulan, seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah.

Tabel 3.4 Tabel Acuan IKE

Kriteria	IKE (kWh/m ² /bulan)
Sangat boros	23,75 – 37,5
Boros	19,2 – 23,75
Agak boros	14,58 – 19,2
Cukup efisien	12,08 – 14,58
Efisien	7,93 – 12,08
Sangat efisien	4,17 – 7,93

Data perhitungan diatas merupakan data keseluruhan dalam satu bangunan yang berdasarkan data historis tahun sebelumnya, jika dihitung per lantai maka hasilnya akan seperti yang dijelaskan pada sub-bab selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. N. Sari and Sulistyowati, "AUDIT ENERGI UNTUK EFISIENSI PEMAKAIAN ENERGI LISTRIK," vol. 10, no. April, p. 2017, 2017.
- [2] R. Baxter, N. Hastings, A. Law, and E. J. Glass, "ANALISA KONSERVASI ENERGI LISTRIK PADA INDUSTRI TEKSTIL Subhan," *Anim. Genet.*, vol. 39, no. 5, pp. 561–563, 2008.
- [3] J. Untoro, H. Gusmedi, and N. Purwasih, "Audit Energi dan Analisis Penghematan Konsumsi Energi pada Sistem Peralatan Listrik di Gedung Pelayanan Unila," *J. Rekayasa dan Teknol. Elektro*, 2014.
- [4] Kementerian PU RI, "Permenpu No 24/2008 Mengenai Pedoman pemeliharaan dan perawatan bangunan gedung," 2008.
- [5] ESDM, "Permen ESDM No.14 Tahun 2012," 2012.
- [6] T. Niehus, A. Thumann, and W. Younger, *Handbook of Energy Audits*. 2013.

- [7] Badan Standardisasi Nasional, "Prosedur Audit Energi Pada Bangunan Gedung," *Sni 03-6196-2000*, p. 14, 2000.
- [8] A. N. Widiastuti, S. P. Hadi, and B. A. W. R, "Audit Energi pada Gedung Departemen Teknik Arsitektur dan Perencanaan FT UGM," *CITEE*, 2017.
- [9] A. W. Biantoro, P. Studi, T. Mesin, F. Teknik, U. Mercuru, and B. Jakarta, "Analisis Perbandingan Efisiensi Energi Pada Gedung P Kabupaten," vol. 06, no. 3, pp. 164–173, 2017.
- [10] A. Konsumsi, E. Untuk, and M. Peluang, "AUDIT KONSUMSI ENERGI UNTUK MENGETAHUI PELUANG PENGHEMATAN ENERGI PADA GEDUNG PT INDONESIA CAPS AND CLOSURES," vol. X, no. 3, pp. 342–356, 2015.

4. PENERAPAN AUDIT ENERGI

4.1 Pendahuluan

Historis Intensitas Konsumsi Energi

$$\text{IKE} = \frac{\text{Total Konsumsi Energi}}{\text{Luas Area}} = \frac{380244}{3610}$$

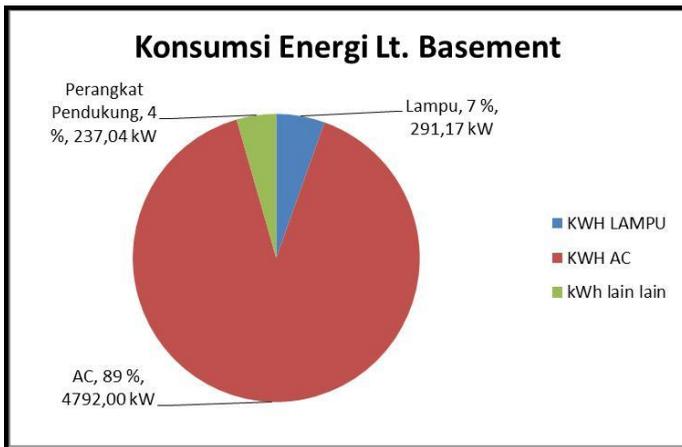
IKE = 105,33 kWh/m²/Tahun atau
8,78 kWh/m²/Bulan.

4.2 Audit Energi di Lantai Basement

Pada lantai basement total konsumsi energi sebesar 5343,25 kWh/bulan, dengan rincian total konsumsi lampu sebesar 299,81 kWh/bulan, konsumsi penggunaan AC sebesar 4792,00 kWh/bulan dan konsumsi peralatan

pendukung sebesar 251,44 kWh/bulan dengan luas area sebesar 722 m². Untuk distribusi konsumsi energi pada lantai basement akan dijelaskan pada Gambar 4.1. Sedangkan untuk konsumsi energi ruang ac, nilai konsumsi untuk perangkat lampu sebesar 247,97 kWh/bulan, AC 4792,00 kWh/bulan dan peralatan pendukung sebesar 251,44 kWh/bulan dengan luas area sebesar 528 m². Sedangkan ruangan non ac nilai konsumsi energi perangkat lampu sebesar 51,84 kWh/bulan dan 0,00 kWh/bulan untuk perangkat AC dan pendukung dengan luas area 194 m². Sehingga nilai

Intensitas Konsumsi Energi pada lantai Basement sebesar 10,02 kWh/m²/bulan untuk ruang ber-ac dan 0,27 kWh/m²/bulan kwh.



Gambar 4.1 Distribusi Konsumsi Energi Lt. Basement

Untuk nilai Intensitas Konsumsi Energi pada lantai basement sebesar 10,02 kWh/m²/bulan untuk ruangan ber-AC dengan rincian perangkat lampu sebesar

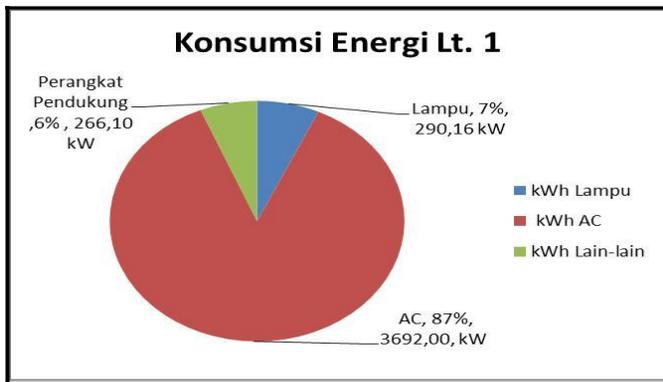
247,97 kWh/bulan, perangkat AC sebesar 4792,00 kWh/m²/bulan dan perangkat pendukung sebesar 251,44 kWh/m²/bulan dengan luas area ruangan Ber-AC sebesar 528 m². Sedangkan untuk ruangan Non-AC nilai Intensitas Konsumsi Energi sebesar 0,27 kWh/m²/bulan dengan rincian perangkat lampu sebesar 51,84 kWh/m²/bulan dengan luas area sebesar 194 m².

4.2 Audit Energi di Lantai Lantai 1

Pada lantai 1 total konsumsi energi sebesar 4399,46 kWh/bulan, dengan rincian total konsumsi lampu sebesar 290,16 kWh/bulan, konsumsi penggunaan AC sebesar 3692,00 kWh/bulan dan konsumsi

peralatan pendukung sebesar 417,30 kWh/bulan dengan luas area sebesar 722 m². Untuk distribusi konsumsi energi pada lantai 1 akan dijelaskan pada gambar 4.2 dibawah. Sedangkan untuk konsumsi energi ruang ac, nilai konsumsi untuk perangkat lampu sebesar 191,81 kWh/bulan, AC 3692,00 kWh/bulan dan peralatan pendukung sebesar 417,30 kWh/bulan dengan luas area sebesar 488 m². Sedangkan ruangan non ac nilai konsumsi energi perangkat lampu sebesar 98,35 kWh/bulan dan 0,00 kWh/bulan untuk perangkat AC dan pendukung dengan luas area 234 m². Sehingga nilai Intensitas Konsumsi Energi pada lantai 1 sebesar

8,81 kWh/m²/bulan untuk ruang ber-ac dan
0,42 kWh/m²/bulan kwh.



Gambar 4.2 Distribusi Konsumsi Energi Lt. 1

Untuk nilai Intensitas Konsumsi Energi pada lantai 1 sebesar 8,81 kWh/m²/bulan untuk ruangan ber-AC dengan rincian perangkat lampu sebesar 191,81 kWh/bulan, perangkat AC sebesar 3692,00 kWh/m²/bulan dan perangkat pendukung sebesar 417,30

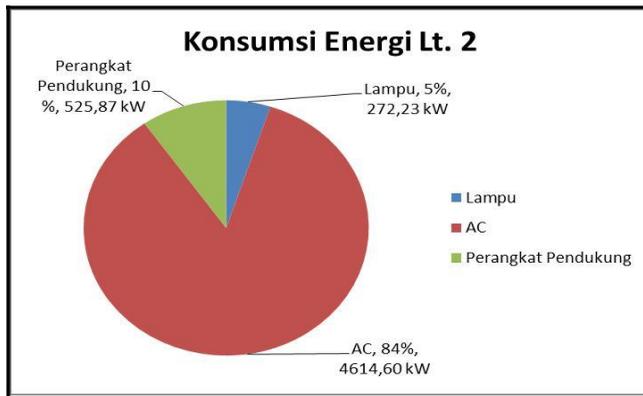
kWh/m²/bulan dengan luas area ruangan Ber-AC sebesar 488 m². Sedangkan untuk ruangan Non-AC nilai Intensitas Konsumsi Energi sebesar 0,42 kWh/m²/bulan dengan rincian perangkat lampu sebesar 98,35 kWh/m²/bulan dengan luas area sebesar 234 m².

4.3 Audit Energi di Lantai 2

Pengukuran dan Perhitungan konsumsi energi pada Lantai 2 Blok IV kampus Universitas Nasional akan dijelaskan Pada lantai 2 total konsumsi energi sebesar 5709,77 kWh/bulan, dengan rincian total konsumsi lampu sebesar 272,23 kWh/bulan, konsumsi penggunaan AC sebesar 4614,60 kWh/bulan dan

konsumsi peralatan pendukung sebesar 822,94 kWh/bulan dengan luas area sebesar 722 m². Untuk distribusi konsumsi energi pada lantai 1 akan dijelaskan pada Gambar 4.3. Sedangkan untuk konsumsi energi ruang ac, nilai konsumsi untuk perangkat lampu sebesar 184,03 kWh/bulan, AC 4614,60 kWh/bulan dan peralatan pendukung sebesar 822,34 kWh/bulan dengan luas area sebesar 488 m². Sedangkan ruangan non ac nilai konsumsi energi perangkat lampu sebesar 88,20 kWh/bulan dan 0,00 kWh/bulan untuk perangkat AC dan pendukung dengan luas area 234 m². Sehingga nilai Intensitas Konsumsi Energi pada lantai 2 sebesar

11,52 kWh/m²/bulan untuk ruang ber-ac dan 0,38 kWh/m²/bulan kwh. Selebihnya konsumsi energi lantai 2 akan dijelaskan pada gambar 4.3 dibawah.



Gambar 4.3 Distribusi Konsumsi Energi Lt.2

Untuk nilai Intensitas Konsumsi Energi pada lantai basement sebesar 10,02 kWh/m²/bulan untuk ruangan ber-AC dengan rincian perangkat lampu sebesar 247,97 kWh/bulan, perangkat AC sebesar 4792,00 kWh/m²/bulan dan perangkat

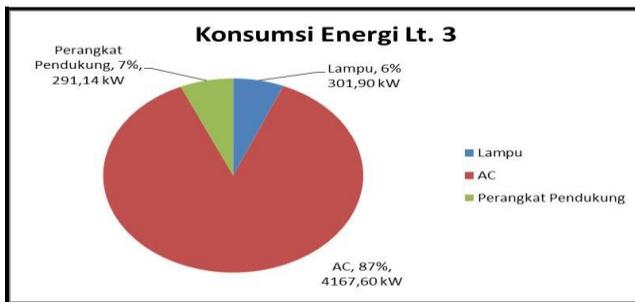
pendukung sebesar 251,44 kWh/m²/bulan dengan luas area ruangan Ber-AC sebesar 528 m². Sedangkan untuk ruangan Non-AC nilai Intensitas Konsumsi Energi sebesar 0,27 kWh/m²/bulan dengan rincian perangkat lampu sebesar 51,84 kWh/m²/bulan dengan luas area sebesar 194 m².

4.4 Audit Energi di Lantai 3

Pengukuran dan Perhitungan konsumsi energi pada Lantai 3 Blok IV kampus Universitas Nasional akan dijelaskan Pada lantai 3 total konsumsi energi sebesar 5095,24 kWh/bulan, dengan rincian total konsumsi lampu sebesar 301,90 kWh/bulan, konsumsi penggunaan

AC sebesar 4167,60 kWh/bulan dan konsumsi peralatan pendukung sebesar 625,74 kWh/bulan dengan luas area sebesar 722 m². Untuk distribusi konsumsi energi pada lantai 1 akan dijelaskan pada Gambar 4.4 dibawah. Sedangkan untuk konsumsi energi ruang ac, nilai konsumsi untuk perangkat lampu sebesar 220,90 kWh/bulan, AC 4167,60 kWh/bulan dan peralatan pendukung sebesar 566,34 kWh/bulan dengan luas area sebesar 488 m². Sedangkan ruangan non ac nilai konsumsi energi perangkat lampu sebesar 81,00 kWh/bulan, 37,80 kWh/bulan untuk perangkat pendukung dan 0,00 kWh/bulan untuk ruang non-ac dengan luas area 234

m². Sehingga nilai Intensitas Konsumsi Energi pada lantai 3 sebesar 10,15 kWh/m²/bulan untuk ruang ber-ac dan 0,51 kWh/m²/bulan kwh.



Gambar 4.4 Diagram Konsumsi Energi Lantai 3

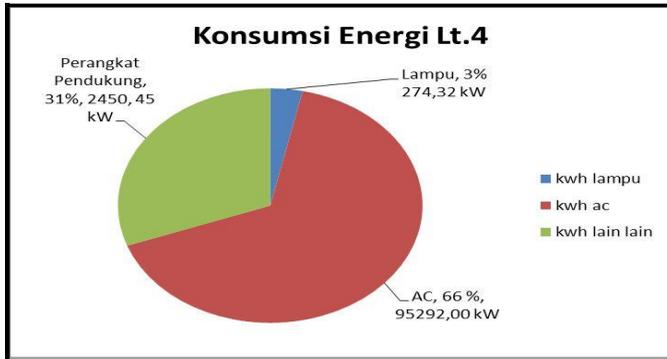
Untuk nilai Intensitas Konsumsi Energi pada lantai 3 sebesar 10,15 kWh/m²/bulan untuk ruangan ber-AC dengan rincian perangkat lampu sebesar 220,90 kWh/bulan, perangkat AC sebesar 4167,60 kWh/m²/bulan dan perangkat pendukung sebesar 566,34 kWh/m²/bulan

dengan luas area ruangan Ber-AC sebesar 488 m². Sedangkan untuk ruangan Non-AC nilai Intensitas Konsumsi Energi sebesar 0,51 kWh/m²/bulan dengan rincian perangkat lampu sebesar 81,00 kWh/m²/bulan dengan luas area sebesar 234 m².

4.5 Pengukuran dan Perhitungan Lantai 4

Pada lantai 4 total konsumsi energi sebesar 8016,77 kWh/bulan, dengan rincian total konsumsi lampu sebesar 274,32 kWh/bulan, konsumsi penggunaan AC sebesar 5292,00 kWh/bulan dan konsumsi peralatan pendukung sebesar 2450,45 kWh/bulan dengan luas area sebesar 722 m². Untuk distribusi konsumsi energi pada

lantai 1 akan dijelaskan pada Gambar 4.5, Sedangkan untuk konsumsi energi ruang ac, nilai konsumsi untuk perangkat lampu sebesar 182,88 kWh/bulan, AC 5292,00 kWh/bulan dan peralatan pendukung sebesar 2450,34 kWh/bulan dengan luas area sebesar 488 m². Sedangkan ruangan non ac nilai konsumsi energi perangkat lampu sebesar 91,44 kWh/bulan, dan 0,00 kWh/bulan untuk ruang non-ac dan perangkat pendukung dengan luas area sebesar 234 m². Sehingga nilai Intensitas Konsumsi Energi pada lantai 4 sebesar 16,24 kWh/m²/bulan untuk ruang ber-ac dan 0,39 kWh/m²/bulan kwh.



Gambar 4.4 Diagram Konsumsi Energi Lantai 4

Untuk nilai Intensitas Konsumsi Energi pada lantai 3 sebesar 10,15 kWh/m²/bulan untuk ruangan ber-AC dengan rincian perangkat lampu sebesar 220,90 kWh/bulan, perangkat AC sebesar 4167,60 kWh/m²/bulan dan perangkat pendukung sebesar 566,34 kWh/m²/bulan dengan luas area ruangan Ber-AC sebesar

488 m². Sedangkan untuk ruangan Non-AC nilai Intensitas Konsumsi Energi sebesar 0,51 kWh/m²/bulan dengan rincian perangkat lampu sebesar 81,00 kWh/m²/bulan dengan luas area sebesar 234 m². Selanjutnya akan dijelaskan pada tabel 4.2-5 dibawah.

Pengukuran dan Perhitungan Pompa

Pengukuran dan Perhitungan konsumsi energi selanjutnya yaitu mengukur beban pada pompa yang terletak di Blok IV. Jumlah pompa yang terletak pada blok IV sebanyak 3 pompa, diantaranya 1 pompa utama dan 2 pompa *back-up*. Untuk perhitungan pompa

dilakukan secara manual yaitu perhitungan penggunaan di hari senin hingga jumat, kemudian penggunaan pada hari sabtu dan terakhir pada hari minggu. Berikut tabel perhitungan pompa yang terletak pada Blok IV.

5. Perhitungan konsumsi energy

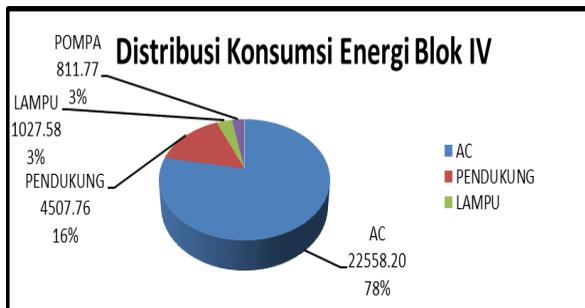
Setelah perhitungan data konsumsi AC, Lampu, dan Perangkat Pendukung di masing masing lantai, maka langkah selanjutnya adalah menghitung nilai Intensitas Konsumsi Energi. Perhitungan nilai Intensitas Konsumsi Energi pada tiap lantai akan dijelaskan pada tabel 4.3-1, 4.3-2 dan 4.3-3 serta untuk pendistribusian konsumsi energi akan

ditunjukkan pada gambar 4.3-2, 4.3-3, 4.3-4, dan 4.3-5 di Tabel 1.

Dari tabel konsumsi energi pada Blok IV diketahui total konsumsi energi sebesar 29376,25 kWh/bulan dengan nilai intensitas konsumsumsi energi sebesar 8,14 kWh/m²/bulan atau 97,65 kWh/m²/tahun. Dengan konsumsi energi tertinggi pada penggunaan pendingin ruangan atau *Air Conditioning* (AC) 78 %, kemudian perangkat pendukung 16 %, lalu pompa air 3 % dan lampu 3 %. Berikut diagram distribusi konsumsi energi pada Blok IV yang akan ditunjukkan pada Gambar 4.6 dibawah

Tabel 1. Tabel Pengukuran Konsumsi Energi

Lantai	Energi (kWh/bln)	Luas (m ²)	IKE (kWh/m ² /bln)
Lantai Basement	5343,25	722	7,40
Lantai 1	4399,46	722	6,09
Lantai 2	5709,77	722	7,91
Lantai 3	5095,24	722	7,06
Lantai 4	8016,77	722	11,10
Pompa Air	811,77	-	-
Total	29376,25	3610	8,14

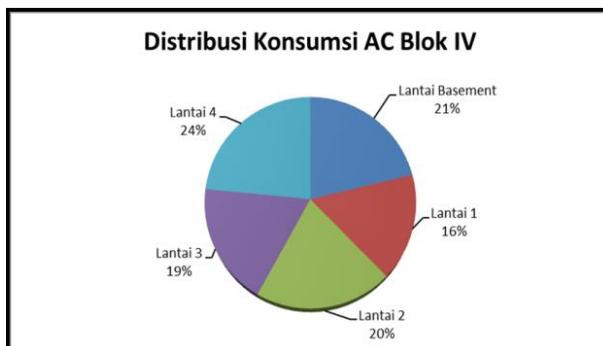


Gambar 4.6 Distribusi Konsumsi Energi

Sedangkan untuk rincian tabel konsumsi energi dari perangkat pendinginan, pencahayaan dan perangkat pendukung akan di tunjukkan pada tabel berikut ini

Table 0-1. Tabel Konsumsi Energi AC.

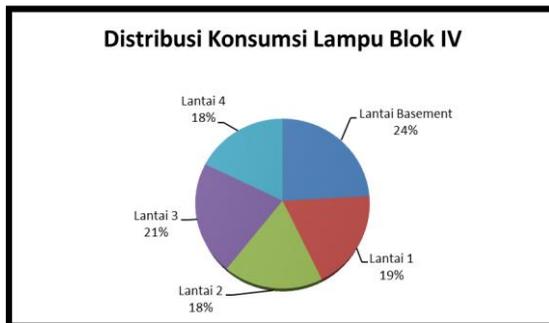
Lantai	Energi (kWh/bln)	Luas (m ²)
Lantai Basement	4792,00	528
Lantai 1	3692,00	488
Lantai 2	4614,60	488
Lantai 3	4167,60	488
Lantai 4	5292,00	488
Total	22558,20	2480



Gambar 0-1. Distribusi Konsumsi Energi AC

Table 0-2. Tabel Konsumsi Energi Lampu

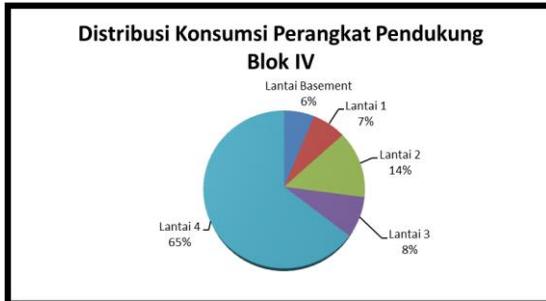
Lantai	Energi (kWh/bln)	Luas (m ²)
Lantai Basement	247,97	528
Lantai 1	191,81	488
Lantai 2	184,03	488
Lantai 3	220,90	488
Lantai 4	182,88	488
Total	1027,58	2480



Gambar 0-2. Distribusi Konsumsi Energi Lampu

Table 0-3. Tabel Konsumsi Energi Perangkat Pendukung

Lantai	Energi (kWh/bln)	Luas (m ²)
Lantai Basement	251,44	528
Lantai 1	417,30	488
Lantai 2	822,34	488
Lantai 3	566,34	488
Lantai 4	2450,34	488
Total	4507,76	2480



Gambar 0-3. Distribusi Konsumsi Energi Perangkat Pendukung

6. Analisa Peluang Hemat Energi

Peluang penghematan energi yang dapat dilakukan adalah mengurangi penggunaan energi atau jam operasional selama kurang lebih 1-2 jam/harinya, sehingga energi yang diperoleh menjadi 25536,88 kWh dari 29376,25 kWh dengan nilai IKE menjadi sebesar 7,07 kWh/m²/ bulan dengan area yang dikondisikan seluas 3610 m² sehingga termasuk ke dalam kategori sangat efisien. Sehingga potensi peluang penghematan energi yang diperoleh sebesar Rp. 8.577.360.00 per bulan atau Rp. 102.928.320.00 per tahun. Berikut perhitungan potensi penghematan.

Potensi Penghematan

= $\Delta IKE \times Luas Area \times TDL \times 12 \text{ Bulan}$

= 0,22 x 3610 x Rp.900.00 x 12 Bulan

= Rp.8.577.360.00 /Tahun

Dimana :

Δ IKE : selisih intensitas energi dengan standar Permen 13 tahun 2012 (kWh/m²/bulan)

Total area gedung (m²)

Tarif listrik dari PLN

7. Rekomendasi

Setelah melakukan identifikasi dan analisa penghematan energi, langkah selanjutnya adalah menyusun rekomendasi aksi berikut jadwal pelaksanaannya. Rekomendasi aksi ini adalah inti dari efisiensi energi, rencana

tersebut mencakup langkah langkah untuk mencapai target efisiensi. Rekomendasi ini membantu untuk memastikan bahwa peluang penghematan energi sudah direncanakan benar benar berjalan. Berikut beberapa rekomendasi yang akan dijelaskan dengan tabel dibawah ini agar peluang penghematan energi yang direncanakan dapat berjalan dengan baik.

Table 0-4. Tabel Rekomendasi

Rekomendasi hasil pengukuran energi jangka pendek	Rekomendasi hasil pengukuran energi jangka panjang
1. Mengurangi beban penggunaan listrik pada siang hari (lampu & ac)	1. Penggantian AC dengan fokus memiliki waktu nyala panjang, usia dan kinerja yang rendah.
2. Melakukan perawatan AC split dan penyetelan operasional yang sesuai	2. Penggantian kabel (<i>re-wiring</i>) pada daerah yang mengalami kelebihan beban
3. Memberikan himbauan tentang penghematan energi pada tiap ruangan	3. Pengaturan otomatis pengoperasian AC dan Lampu
4. Pengaturan beban dan pengoperasian AC	4. Survey kuisisioner kesadaran akan penghematan energi dan pengkomunikasian program hemat energi

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Profil penggunaan konsumsi energi pada gedung perkuliahan blok IV adalah

sebesar 29376,258 kWh/m²/bulan atau 352515,01 kWh/m²/Tahun. Dengan nilai Intensitas Konsumsi Energi sebesar 8,14 kWh/m²/bulan (Efisien). Persentasi penggunaan terbesar terletak pada penggunaan sistem *Air Conditioning* (AC) dengan persentase sebesar 78 %, kemudian penggunaan alat pendukung seperti proyektor, *Exhaust fan*, TV dan perangkat kantor lainnya sebesar 16 %, penggunaan lampu sebesar 3 % dan pompa air sebesar 3% dari total 100 %.

2. Upaya yang dilakukan guna mencapai efisiensi penggunaan energi adalah dengan cara mengurangi penggunaan perangkat kurang lebih selama 2 jam/ hari.

Dari penelitian yang dilakukan, pengurangan penggunaan perangkat elektronik dalam 2 jam/hari dinilai cukup berpengaruh dalam konsumsi energi. Bila dalam waktu normal konsumsi energi yang dikeluarkan mencapai

3. 29376,258 kWh/bulan, setelah dikurangi penggunaan 1 hingga 2 jam/hari nilai konsumsi energi menjadi 25536,88 kWh/Bulan. Sehingga nilai Intensitas Konsumsi Energi setelah mengurangi penggunaan energi menjadi sebesar 7,07 kWh/m²/bulan dengan demikian gedung perkuliahan Blok IV Universitas Nasional termasuk dalam kriteria sangat efisien.

B. Saran

Saran yang dapat penulis sampaikan untuk penelitian selanjutnya adalah yaitu ;

1. Harapannya peneliti selanjutnya dapat membuat sebuah alat semacam *Energy Meter Portbale* guna diletakkan pada *Main Display Panel* dengan jangka waktu yang ditentukan. Fungsinya adalah untuk mendapat nilai konsumsi energi secara *Real Time* dan mendapat *Peak Performance* penggunaan konsumsi energi.
2. Penelitian ini harap dilanjutkan dengan konsentrasi pada blok lain (blok 1, 2, dan 3). Tujuannya adalah untuk mencari

profil penggunaan energi pada masing masing blok. Diantara ke-empat blok, blok manakah penggunaan konsumsi energi yang terbesar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. N. Sari and Sulistyowati, "AUDIT ENERGI UNTUK EFISIENSI PEMAKAIAN ENERGI LISTRIK," vol. 10, no. April, p. 2017, 2017.
- [2] R. Baxter, N. Hastings, A. Law, and E. J. Glass, "ANALISA KONSERVASI ENERGI LISTRIK PADA INDUSTRI TEKSTIL Subhan," *Anim. Genet.*, vol. 39, no. 5, pp. 561–563, 2008.
- [3] J. Untoro, H. Gusmedi, and N. Purwasih, "Audit Energi dan Analisis Penghematan Konsumsi Energi pada Sistem Peralatan Listrik di Gedung Pelayanan Unila," *J. Rekayasa dan Teknol. Elektro*, 2014.
- [4] Kementerian PU RI, "Permenpu No 24/2008 Mengenai Pedoman pemeliharaan dan perawatan bangunan gedung," 2008.
- [5] ESDM, "Permen ESDM No.14 Tahun 2012," 2012.
- [6] T. Niehus, A. Thumann, and W. Younger, *Handbook of Energy Audits*. 2013.

- [7] Badan Standardisasi Nasional, "Prosedur Audit Energi Pada Bangunan Gedung," *Sni 03-6196-2000*, p. 14, 2000.
- [8] A. N. Widiastuti, S. P. Hadi, and B. A. W. R, "Audit Energi pada Gedung Departemen Teknik Arsitektur dan Perencanaan FT UGM," *CITEE*, 2017.
- [9] A. W. Biantoro, P. Studi, T. Mesin, F. Teknik, U. Mercuru, and B. Jakarta, "Analisis Perbandingan Efisiensi Energi Pada Gedung P Kabupaten," vol. 06, no. 3, pp. 164–173, 2017.
- [10] A. Konsumsi, E. Untuk, and M. Peluang, "AUDIT KONSUMSI ENERGI UNTUK MENGETAHUI PELUANG PENGHEMATAN ENERGI PADA GEDUNG PT INDONESIA CAPS AND CLOSURES," vol. X, no. 3, pp. 342–356, 2015.

5. APLIKASI EFISIENSI ENERGI

5.1 Pendahuluan

Kenyamanan dalam bekerja merupakan hal yang perlu diperhatikan. Kenyamanan yang tidak terpenuhi dapat berdampak pada kecelakaan kerja, selain itu implikasinya adalah meningkatnya produktivitas kerja, kualitas hubungan dalam bekerja di dalam ruangan. Setidaknya ada 3 aspek yang mempengaruhi kenyamanan ruang, yaitu sistem kenyamanan termal, sistem akustik dan sistem pencahayaan.

Seperti halnya pada laboratorium proses produksi yang terletak di Universitas Nasional. Laboratorium ini banyak digunakan dalam

bidang struktur baja, mekanik, dan konstruksi untuk bangunan. Laboratorium proses produksi ini tidak memiliki pencahayaan yang baik. Spesifikasi lampu yang kurang sesuai, keadaan lampu yang sudah lama dan penempatan lampu yang kurang tepat merupakan faktor penyebab pendistribusian pencahayaan yang kurang, sehingga menimbulkan pencahayaan yang tidak sesuai dengan standar SNI. Hal yang mungkin terjadi ketika pencahayaan kurang baik adalah terjadinya ketidaknyamanan dalam bekerja.

Di dalam ruang lingkup pekerjaan, faktor yang menentukan adalah ukuran obyek, derajat kontras di antara obyek dan sekelilingnya, luminensi (*brightness*) dari

penglihatan, yang tergantung dari sisi penerangan dan pemantulan pada arah si pengamat, serta berapa lamanya melihat (Ticleanu & Littlefair, 2015). Pencahayaan yang buruk dapat menyebabkan kelelahan mata sehingga berdampak pada ketidaknyamanan visual seperti berkurangnya efektivitas kerja yang diakibatkan oleh faktor kesehatan orang-orang seperti keluhan pegal di daerah mata, mata merah dan gatal, sakit kepala, serta sakit nyeri yang terkait dengan postur tubuh yang buruk (Samani & Samani, 2012). Kondisi pencahayaan yang baik (normal) sangat diperlukan, intensitas pencahayaan yang sesuai dengan jenis pekerjaannya dapat mengontrol kesehatan

atau meminimalisir tingkat bahaya yang disebabkan karena ketidaknyamanan visual, serta dapat meningkatkan produktivitas dan pencapaian kerja (Butler, D. L., & Biner, 1987). Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase yang mempengaruhi statistik manajemen kesehatan dalam bekeija bergantung pada kebersihan 48%, pencahayaan 46,6%, air minum 62.8%, ventilasi dan suhu 50% (Abdul Zubar, Visagavel, Deepak Raja, & Mohan, 2014).

Pemerintah Indonesia telah memiliki petunjuk teknis untuk merancang suatu sistem pencahayaan ruang baik alami atau buatan. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis pencahayaan yang sesuai dengan standar

SNI 03-6575-2001 tentang pencahayaan buatan pada gedung. Sehingga, dapat direkomendasikan sistem pencahayaan yang sesuai dengan syarat kenyamanan dan memenuhi ketentuan yang berlaku pada sebuah gedung atau ruangan.

a) Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Sistem pencahayaan laboratorium proses produksi Universitas Nasional tidak sesuai dengan standar SNI 03-6575-2001 tentang pencahayaan buatan pada gedung.
- Faktor yang dapat mempengaruhi

pencahayaan dan bahaya yang mungkin terjadi pada laboratorium proses produksi Universitas Nasional apabila tidak sesuai dengan SNI 03-6575-2001.

- Perancangan alternatif/optimasi menggunakan *software* Dialux 4.12 agar sistem pencahayaan bangunan laboratorium proses produksi Universitas Nasional sesuai dengan standar SNI 03-6575-2001 dan keuntungannya.

b) Tujuan

Adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui apakah sistem

pencahayaan pada Laboratorium Proses Produksi Universitas Nasional sesuai dengan SNI 03-6575-2001 tentang pencahayaan buatan pada gedung.

2. Untuk mengetahui faktor dan bahaya apa saja yang mungkin terjadi apabila sistem pencahayaan pada Laboratorium Proses Produksi tidak sesuai dengan SNI 03-6575-2001 tentang pencahayaan buatan pada gedung.
3. Untuk melakukan optimasi / perancangan alternatif sistem pencahayaan pada Laboratorium

Proses Produksi Universitas Nasional agar sesuai dengan SNI 03-6575-2001 tentang pencahayaan buatan pada gedung serta keuntungan apa yang didapat dari perancangan alternatif tersebut.

c) Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah:

1. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Proses Produksi Universitas Nasional.
2. Analisis pencahayaan yang dilakukan disesuaikan dengan tata letak sebenarnya pada laboratorium, tanpa ada perubahan

tata letak alat praktikum.

3. Acuan perhitungan penelitian adalah SNI 03-6575-2001 tentang pencahayaan buatan pada gedung bidang pencahayaan agar kenyamanan dapat tercapai.
4. Penelitian dilakukan pada kondisi

cuaca normal.

d) Manfaat

Adapun manfaat dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengaplikasikan petunjuk teknis SNI 03-6575-2001 tentang pencahayaan buatan pada gedung di Laboratorium Proses Produksi

Universitas Nasional.

2. Sebagai pertimbangan rancangan alternatif sistem pencahayaan untuk Laboratorium Proses Produksi Universitas Nasional.

e) Kenyamanan, Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Kesehatan dan keselamatan kerja merupakan hal yang wajib diketahui oleh semua kalangan dalam melakukan suatu pekerjaannya, agar tercapai kenyamanan dalam bekerja. Manusia akan mampu melaksanakan kegiatannya dengan baik dan mencapai hasil yang optimal apabila lingkungan kerja sesuai dengan kemampuan

manusia beradaptasi oleh lingkungannya atau biasa disebut ergonomis. Lingkungan kerja yang tidak ergonomis dapat mempengaruhi suatu pencapaian atau hasil dalam bekerja. Lingkungan yang baik memiliki tingkat kenyamanan yang tinggi, sehingga harus didesain sebaik-baiknya sehingga menjadi lebih kondusif untuk bekerja (Alah, Khanmohammadi, Masoudinejad, & Alirezaie, 2016). Salah satu faktor penunjang kenyamanan dalam bekerja adalah pencahayaan yang baik.

Kesehatan dan keselamatan kerja merupakan spesialisasi dalam ilmu kesehatan dan kedokteran beserta praktiknya dengan tujuan agar pekerja memperoleh derajat

kesehatan setinggi-tingginya baik fisik, mental maupun sosial (Atmam & Zulfahri, 2016). Hal itu dapat dilakukan dengan usaha-usaha preventif dan kuratif terhadap penyakit atau gangguan kesehatan yang diakibatkan oleh faktor-faktor pekerjaan dan lingkungan kerja serta terhadap penyakit-penyakit umumnya.

Selain itu, IEQ (*Influence of Indoor Environmental Quality*) juga penting dilakukan. IEQ tergantung pada faktor-faktor seperti pencahayaan, kualitas termal, dan kualitas udara yang langsung atau tidak langsung mempengaruhi produktivitas penghuni perilaku dan bekerja (Esfandiari, Zaid, Ismail, & Aflaki, 2017). Untuk meningkatkan dan mendukung kualitas pekerjaan dan

produktivitas penghuni, penting untuk mempertimbangkan kondisi fisik, kesejahteraan dan psikologis pekerja agar tercipta keselamatan dan kesehatan kerja yang terjamin bagi para pekerja.

Secara garis besar telah mengategorikan program kesehatan dan keselamatan kerja di bidang industri sebagai berikut (Abdul Zubar et al., 2014):

- F aktor kepribadian atau perilaku.

Dalam faktor kepribadian atau perilaku, dibagi menjadi dua yaitu pekerja dan lingkungan pekerjaan. Pekerja, meliputi latihan, kebiasaan, kepercayaan, kesan, latar-belakang pendidikan dan kebudayaan, sikap sosial

serta karakteristik fisik. Lingkungan pekerjaan, meliputi sikap dan kebijaksanaan dari para pengusaha serta manajer, pengawas, penyelia serta kawan sekerja pada proyek

□ Faktor fisik.

Dalam faktor fisik meliputi kondisi pekerjaan dan penyingkiran bahaya mekanis. Kondisi pekerjaan ditentukan oleh jenis bahaya yang melekat tidak terpisahkan dengan pekerjaan yang sedang dilaksanakan, maupun oleh bahaya terhadap kesehatan kerja yang ditimbulkan oleh metode dan material serta lokasi dari pekerjaan itu. Oleh sebab itu usahakan selalu mematuhi

standar kerja dengan menggunakan alat keselamatan kerja seperti menggunakan sepatu keamanan dan lain-lain. Sedangkan pada penyingkiran bahaya mekanis, meliputi pemakaian pagar/batas, peralatan serta prosedur untuk melindungi pekerjaan secara fisik terhadap daerah atau situasi yang berbahaya.

5.2 Kualitas Pencahayaan

Pencahayaan diperlukan manusia untuk mengenali suatu objek secara visual di mana organ tubuh yang mempengaruhi penglihatan adalah mata, syaraf, dan pusat syaraf penglihatan di otak. Kualitas pencahayaan sangat penting dijaga agar higiene industri

dapat selalu terjaga. Dalam ruang lingkup pekerjaan, faktor yang menentukan adalah ukuran objek, derajat kontras di antara objek dan sekelilingnya, luminensi (*brightness*) dari lapangan penglihatan, yang tergantung dari pencahayaan dan pemantulan pada arah pengamat, berapa lama waktu dalam melakukan pekerjaan. Jika hal itu tidak dilakukan dengan benar maka berdampak pada kelelahan mata dengan berkurangnya daya dan efisiensi kerja seperti kelelahan mental, pegal di daerah mata dan sakit kepala sekitar mata, kerusakan alat penglihatan, serta meningkatkan kecelakaan (Cheryan, Ziegler, Plaut, & Meltzoff, 2014).

Penilaian pencahayaan, dapat

menggunakan alat ukur light meter untuk mengukur intensitas cahaya. Alat ini terdiri atas sebuah fotosel sensitif yang menimbulkan arus listrik pada cahaya jatuh pada permukaan sel ini. Pada sistem pencahayaan terdapat beberapa faktor mempengaruhi kualitas pencahayaan yang harus diperhitungkan. Faktor-faktor yang dimaksud adalah faktor pemeliharaan, faktor absorpsi, faktor refleksi, serta koefisien pemakaian (Parera, L.M; Tupan, 2018). Sistem pencahayaan dapat dikendalikan dengan cara teknis dan administratif. Pengendalian tersebut meliputi peningkatan kebersihan instalasi pencahayaan tempat kerja (termasuk lampu), pengaturan warna

dan dekorasi tempat kerja, pemanfaatan cahaya alami semaksimal mungkin, dan pemanfaatan pencahayaan lokal pada jenis pekerjaan tertentu (Ihm, Nemri, & Krarti, 2009).

Cahaya Tampak

Cahaya adalah energi berbentuk gelombang elektromagnetik. Karena merupakan radiasi elektromagnetik, maka cahaya tidak memerlukan medium untuk merambat. Cahaya terlihat adalah cahaya dengan panjang gelombang dari 380 nm (violet) - 770 nm (merah).

Sifat-sifat cahaya antara lain adalah merambat lurus, menembus benda bening, dapat dipantulkan, dapat dibiaskan, dan

memiliki energi. Sedangkan cahaya tampak hanyalah salah satu jenis gelombang elektromagnetik yang terdeteksi dalam interval yang lebar, dan dikelompokkan dalam spektrum elektromagnetik, yaitu daerah jangkauan panjang gelombang yang merupakan bentangan radiasi elektromagnetik.

Cahaya tampak memiliki sifat-sifat sebagai berikut, yaitu dapat dilihat oleh mata, merambat dengan lintasan lurus, merambat di ruang hampa (tanpa zat perantara), mengalami pemantulan, pembiasan, dapat dipadukan (interferensi), dan memiliki energi. Dari sifat tersebut, sistem pencahayaan di dalam ruang dapat

didesain dengan menyesuaikan sifat yang dimiliki oleh cahaya.

Fotometri

Fotometri adalah ilmu yang mempelajari pengukuran besaran-besaran cahaya, meliputi aspek-aspek psikofis energi radiasi yang dapat terlihat oleh mata manusia.

Intensitas cahaya

Intensitas cahaya merupakan sebuah pengukuran untuk dapat mengetahui seberapa besar flux (lumens) yang dipijarkan (emitted) dalam sudut canonical kecil pada arah tertentu dari sumber

cahaya. Intensitas cahaya memiliki satuan candela (cd), atau setara dengan lumen/steradian.

Luminansi

Luminansi adalah intensitas cahaya sari suatu permukaan dalam arah tertentu per satuan luas proyeksi permukaan tersebut jika dilihat dari arah yang dimaksud atau dapat diartikan hasil dari iluminasi yang jatuh ke permukaan reflektansi dari permukaan itu sendiri.

Iluminasi

Iluminasi atau tingkat pencahayaan (E) adalah fluks luminous yang datang pada suatu permukaan per satuan luas (m^2) permukaan yang menerima cahaya tersebut. Iluminasi

memiliki satuan lux (lx) atau setara dengan lumen/m².

Efikasi

Efikasi merupakan seberapa efisien konversi daya listrik menjadi cahaya tampak.

Efikasi merupakan pengukuran dari intensitas cahaya yang dikeluarkan dibandingkan dengan daya (lumens/watt).

5.3 Pencahayaan Alami

Pencahayaan alami atau *daylight* yaitu pencahayaan yang dilakukan secara alami dari sinar matahari, baik melalui lubang cahaya atau jendela ruangan yang juga dapat mempengaruhinya (Abdulsalam, Mohamed, Anwar, & Nizam, 2014). Di Indonesia telah diterapkan SNI pada bidang pencahayaan

sebagai petunjuk teknis dalam pembuatan sistem pencahayaan interior bangunan gedung, sehingga faktor kenyamanan dari sisi pencahayaan dapat terpenuhi. Faktor pencahayaan alami ruangan ditentukan oleh intensitas cahaya matahari pada bidang datar di ruang terbuka pada saat yang sama. Pengamatan faktor penerangan alami (daylight factor) dan koefisien penerangan alami, serta mengamati pengaruh peletakan halangan lingkungan terhadap penetrasi penerangan alami suatu ruang sangat penting dilakukan (Hanni Elitasari Mahaputri, 2010). Perencanaan letak halangan lingkungan (*outdoor obstruction*) yang tepat dapat berpengaruh terhadap kinerja penerangan

alami dalam bangunan. Studi simulasi terhadap peletakan halangan lingkungan adalah strategi desain yang sangat bermanfaat dalam perancangan bangunan, khususnya berkaitan dengan perancangan lanskap di sekitar bangunan. Perbandingan tingkat pencahayaan alami di dalam ruangan dengan di ruang terbuka ditentukan oleh:

- ✓ Hubungan geometris antara titik ukur dan lubang cahaya
- ✓ *Ukuran dan posisi lubang cahaya*
Distribusi terang langit
- ✓ Bagian langit yang dapat dilihat dari titik ukur

Sedangkan komponen dari faktor pencahayaan ada tiga, yaitu:

- ✓ Faktor langit (f_l), yaitu komponen pencahayaan langsung dari cahaya. Langit di titik tersebut dengan intensitas cahaya alami di ruang terbuka. Faktor langit ini biasanya digunakan menjadi dasar sebagai perhitungan faktor pencahayaan alami. Sedangkan faktor pencahayaan alami sendiri adalah perbandingan tingkat pencahayaan pada suatu titik dari suatu bidang tertentu di dalam suatu ruangan terhadap tingkat pencahayaan bidang datar di ruang terbuka yang merupakan ukuran kinerja lubang cahaya tersebut.
- ✓ Faktor refleksi luar (f_{lr}), yaitu komponen pencahayaan yang berasal dari refleksi

benda di sekitar bangunan.

- ✓ Faktor refleksi dalam (fld), yaitu komponen pencahayaan yang berasal dari refleksi permukaan benda di dalam ruangan.

Acuan dari standar yang dipakai sudah mencakup persyaratan minimal sistem pencahayaan alami pada siang hari di dalam bangunan gedung. Acuan dari standar ini yaitu:

1. SNI no. 03-2396-1991: Tata cara perancangan penerangan alami siang hari untuk rumah dan gedung
2. Natuurkundige Grondslagen Voor Bouwvoorschriften, 1951, Deel 11, "Dagverlichting Van Woingen, (N

BG 11195 1)

3. Hopkinson (et.al), 1966, Daylighting, London
4. Adhiwiyogo. M.U, 1969, Selection of the Design Sky for Indonesia based on the Illumination Climate of Bandung, Symposium of Enviromental Physics as Applied to Building in the Tropics

Persyaratan teknis tentang pencahayaan alami siang hari diatur berdasarkan klasifikasi pada kualitas pencahayaan. Klasifikasi ini dibagi menjadi:

- Kualitas A: kerja halus sekali, pekerjaan secara cermat terus menerus, seperti menggambar

detail, menggraver, menjahit kain warna gelap, dan sebagainya.

- Kualitas B: kerja halus, pekerjaan cermat tidak secara intensif terus menerus, seperti menulis, membaca, membuat alat atau merakit komponen-komponen kecil, dan sebagainya.
- Kualitas C: kerja sedang, pekerjaan tanpa konsentrasi yang besar dari si pelaku, seperti pekerjaan kayu, merakit suku cadang yang agak besar, dan sebagainya.
- Kualitas D: kerja kasar, pekerjaan di mana hanya detail-detail yang besar harus dikenal, seperti pada

gudang, lorong lalu lintas orang,
dan sebagainya.

Setelah diketahui kualitas ruangan, maka selanjutnya ditentukan nilai faktor langit (fl) dalam ruangan tersebut. Nilai fl dari suatu titik ukur dalam ruangan harus memenuhi syarat:

1. Sekurang-kurangnya memenuhi nilai-nilai faktor langit minimum (fl_{min}) yang tertera pada masing-masing tabel di bawah, dan dipilih menurut klasifikasi kualitas pencahayaan yang dikehendaki dan dirancang untuk bangunan tersebut.
2. Nilai fl_{min} dalam persen untuk ruangan-ruangan dalam bangunan umum untuk TUU, adalah seperti

tertera pada tabel, di mana d adalah jarak antara bidang lubang cahaya efektif ke dinding seberangnya, dinyatakan dalam meter. Faktor langit minimum untuk TUS nilainya diambil 40% dan f_{min} untuk TUU dan tidak boleh kurang dari 0,10d.

Pencahayaan Alami

Pencahayaan alami atau *daylight* yaitu pencahayaan yang dilakukan secara alami dari sinar matahari, baik melalui lubang cahaya atau jendela ruangan yang juga dapat mempengaruhinya (Abdulsalam, Mohamed, Anwar, & Nizam, 2014). Di Indonesia telah diterapkan SNI pada bidang pencahayaan

sebagai petunjuk teknis dalam pembuatan sistem pencahayaan interior bangunan gedung, sehingga faktor kenyamanan dari sisi pencahayaan dapat terpenuhi. Faktor pencahayaan alami ruangan ditentukan oleh intensitas cahaya matahari pada bidang datar di ruang terbuka pada saat yang sama. Pengamatan faktor penerangan alami (daylight factor) dan koefisien penerangan alami, serta mengamati pengaruh peletakan halangan lingkungan terhadap penetrasi penerangan alami suatu ruang sangat penting dilakukan (Hanni Elitasari Mahaputri, 2010). Perencanaan letak halangan lingkungan (*outdoor obstruction*) yang tepat dapat berpengaruh terhadap kinerja penerangan

alami dalam bangunan. Studi simulasi terhadap peletakan halangan lingkungan adalah strategi desain yang sangat bermanfaat dalam perancangan bangunan, khususnya berkaitan dengan perancangan lanskap di sekitar bangunan. Perbandingan tingkat pencahayaan alami di dalam ruangan dengan di ruang terbuka ditentukan oleh:

5. Hubungan geometris antara titik ukur dan lubang cahaya
6. Ukuran dan posisi lubang cahaya
7. Distribusi terang langit
8. Bagian langit yang dapat dilihat dari titik ukur

Sedangkan komponen dari faktor pencahayaan ada tiga, yaitu:

3. Faktor langit (f_l), yaitu komponen pencahayaan langsung dari cahaya. Langit di titik tersebut dengan intensitas cahaya alami di ruang terbuka. Faktor langit ini biasanya digunakan menjadi dasar sebagai perhitungan faktor pencahayaan alami. Sedangkan faktor pencahayaan alami sendiri adalah perbandingan tingkat pencahayaan pada suatu titik dari suatu bidang tertentu di dalam suatu ruangan terhadap tingkat pencahayaan bidang datar di ruang terbuka yang merupakan ukuran kinerja lubang cahaya tersebut. Dengan

mengetahui nilai iluminasi di luar ruangan, dapat dilakukan verifikasi dalam pengukuran faktor pencahayaan alami dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

4. Faktor refleksi luar (flr), yaitu komponen pencahayaan yang berasal dari refleksi benda di sekitar bangunan.
5. Faktor refleksi dalam (fld), yaitu komponen pencahayaan yang berasal dari refleksi permukaan benda di dalam ruangan.

Acuan dari standar yang dipakai sudah mencakup persyaratan minimal sistem

pencapaian alami pada siang hari di dalam bangunan gedung. Acuan dari standar ini yaitu:

5. SNI no. 03-2396-1991: Tata cara perancangan penerangan alami siang hari untuk rumah dan gedung
6. Natuurkundige Grondslagen Voor Bouwvoorschriften, 1951, Deel 11, "Dagverlichting Van Woingen, (N BG 11195 1)
7. Hopkinson (et.al), 1966, Daylighting, London
8. Adhiwiyogo. M.U, 1969, Selection of the Design Sky for Indonesia based on the Illumination Climate of Bandung, Symposium of

Environmental Physics as Applied to Building in the Tropics

Persyaratan teknis tentang pencahayaan alami siang hari diatur berdasarkan klasifikasi pada kualitas pencahayaan. Klasifikasi ini dibagi menjadi:

- Kualitas A: kerja halus sekali, pekerjaan secara cermat terus menerus, seperti menggambar detail, menggraver, menjahit kain warna gelap, dan sebagainya.
- Kualitas B: kerja halus, pekerjaan cermat tidak secara intensif terus menerus, seperti menulis, membaca, membuat alat atau merakit komponen-komponen kecil,

dan sebagainya.

- Kualitas C: kerja sedang, pekerjaan tanpa konsentrasi yang besar dari si pelaku, seperti pekerjaan kayu, merakit suku cadang yang agak besar, dan sebagainya.
- Kualitas D: kerja kasar, pekerjaan di mana hanya detail-detail yang besar harus dikenal, seperti pada gudang, lorong lalu lintas orang, dan sebagainya.

Setelah diketahui kualitas ruangan, maka selanjutnya ditentukan nilai faktor langit (fl) dalam ruangan tersebut. Nilai fl dari suatu titik ukur dalam ruangan harus memenuhi syarat:

1. Sekurang-kurangnya memenuhi nilai-

nilai faktor langit minimum (f_{min}) yang tertera pada masing-masing tabel di bawah, dan dipilih menurut klasifikasi kualitas pencahayaan yang dikehendaki dan dirancang untuk bangunan tersebut.

2. Nilai f_{min} dalam persen untuk ruangan-ruangan dalam bangunan umum untuk TUU, adalah seperti tertera pada tabel, di mana d adalah jarak antara bidang lubang cahaya efektif ke dinding seberangnya, dinyatakan dalam meter. Faktor langit minimum untuk TUS nilainya diambil 40% dan f_{min} untuk TUU dan tidak boleh kurang dari 0,10d

5.4 Pencahayaan Buatan

Pada pencahayaan buatan di dalam ruangan digunakan SNI 03-6574-2011 tentang tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung. Hal ini dilakukan agar memperoleh sistem pencahayaan buatan yang sesuai dengan syarat kenyamanan, kesehatan, keamanan, dan memenuhi sistem ketentuan yang berlaku untuk bangunan gedung. Standar tersebut mencakup persyaratan minimal sistem pencahayaan buatan dalam bangunan gedung. Acuan dari standar ini yaitu:

- a. National Electric Code (NEC)
- b. Illuminating Engineering Society (IES)
- c. Internasional Electrotechnical Comission (IEC)
- d. Australian Standard

Berikut merupakan tingkat pencahayaan minimum pada sebuah gedung

Sistem Pencahayaan

Pengelompokan pencahayaan dibagi menjadi berikut:

- a. Sistem pencahayaan merata

Sistem pencahayaan ini merupakan tingkatan pencahayaan yang merata di seluruh ruangan, sistem ini digunakan

jika tugas visual dilakukan di seluruh tempat dalam ruangan dan memerlukan tingkat pencahayaan yang sama (Kacprzak & Tuleasca, 2013). Tingkat pencahayaan ini dapat diperoleh dengan memasang armature secara merata langsung atau di seluruh langit-langit.

b. Sistem pencahayaan setempat

Site mini merupakan tingkat pencahayaan yang tidak merata pada tempat yang diperlukan. Jika tugas visual memerlukan tingkat pencahayaan yang lebih tinggi, diberikan cahaya yang lebih banyak dibandingkan dengan sekitarnya. Hal ini dapat diperoleh dengan mengonsentrasikan penempatan armatur

di atas tempat tersebut.

c. Sistem pencahayaan gabungan antara merata dan setempat

Sistem ini didapatkan dengan menambah sistem pencahayaan setempat pada sistem pencahayaan merata dengan armatur yang dipasang berdekatan dengan tugas visual. Sistem ini dianjurkan digunakan pada tugas visual yang memerlukan tingkat pencahayaan yang tinggi, memperlihatkan bentuk dan tekstur yang memerlukan cahaya datang dari arah tertentu, pencahayaan merata terhalang, sehingga tidak sampai pada tempat yang terhalang tersebut, dan tingkat

pencahayaannya yang lebih tinggi diperlukan untuk orang tua atau yang kemampuan penglihatannya berkurang.

Pembiasan

Pembiasan cahaya merupakan pembelokan cahaya ketika cahaya tersebut melewati bidang batas dua medium yang berbeda indeks biasnya. Semakin besar indeks bias suatu benda, semakin besar cahaya dibelokkan oleh zat tersebut, begitu pun sebaliknya.

Hukum pembiasan ditemukan oleh ilmuwan Belanda yang bernama Willebrord Snell. Beliau adalah orang pertama yang menemukan bahwa terdapat perbandingan

yang tetap antara proyeksi sinar datang dengan proyeksi sinar bias. Pernyataan tersebut dinamakan hukum Snell yang menyatakan bahwa:

1. Sinar datang, sinar bias, dan garis normal terletak pada satu bidang datar dan ketiganya berpotongan di satu titik.
2. Apabila sinar melalui dua medium yang berbeda, maka hubungan sinar datang, sinar bias, dan indeks bias medium dinyatakan oleh persamaan.

Hukum Snellius I “Jika suatu cahaya melalui perbatasan dua jenis zat cair, maka garis semula tersebut adalah garis sesudah

sinar itu membias dan garis normal dititik biasanya, ketiga garis tersebut terletak dalam satu bidang datar.”Hukum Snellius II “Perbandingan sinus sudut datang dengan sinus sudut bias selalu konstan.” Nilai konstanta dinamakan indeks bias (n).

Distribusi Luminansi

Hal penting dalam distribusi luminansi adalah rentang luminansi langit-langit dan dinding, distribusi luminansi bidang kerja, dan nilai luminansi armatur (untuk menghindari kesilauan).

Luminansi permukaan dinding

Luminasi permukaan dinding tergantung pada luminansi tingkat pencahayaan merata di dalam ruangan. Untuk

tingkat pencahayaan ruangan antara 500 sampai 2000 lux, maka luminansi dinding yang optimum adalah 100 candela/m². Ada 2 (dua) cara pendekatan untuk mencapai nilai optimum, yaitu:

- ✓ Nilai reflektansi permukaan dinding ditentukan, tingkat pencahayaan vertikal dihitung.
- ✓ Tingkat pencahayaan vertikal diambil sebagai titik awal dan reflektansi yang diperlukan dihitung.

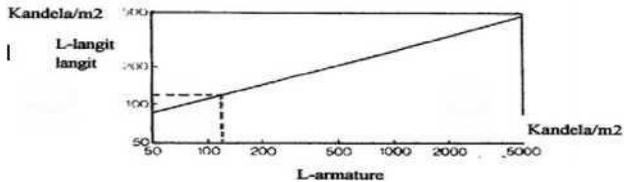


Gambar 2.4 Skala luminansi untuk pencahayaan interior. Sumber : (SNI, 2001)

Luminansi permukaan langit-langit

Luminansi langit-langit merupakan fungsi dari luminansi armatur. Dari grafik di bawah terlihat jika luminansi armatur kurang dari 120 candela/m² maka langit-langit harus lebih terang dari pada terang armatur. Nilai untuk luminansi langit-langit tidak dapat

dicapai dengan hanya menggunakan armatur yang dipasang masuk ke dalam langit-langit sedemikian hingga langit-langit akan diterangi hampir selalu dari cahaya yang direfleksikan dari lantai.



Gambar 2.5 Luminansi langit-langit terhadap Luminansi armature Sumber : (SNI, 2001)

a. Luminansi bidang kerja

Untuk memperbaiki kinerja penglihatan pada bidang kerja maka luminansi sekeliling sebuah bidang kerja harus lebih rendah dari luminansi bidang kerjanya, tetapi tidak kurang dari

sepertiga. Kinerja penglihatan dapat diperbaiki jika ada tambahan kontras warna

Lampu LED

Sistem pencahayaan memegang peranan penting dalam ruang karena tanpa adanya cahaya yang memadai maka aktivitas visual dan non-visual akan terganggu, cahaya dapat mempengaruhi suasana hati dan perilaku, efek sinar UV, dan manfaat sintesis Vitamin D (Webb, 2006). Selain itu, sesuai dengan data GBI sektor bangunan mengonsumsi 40% dari total konsumsi energi di dunia, sehingga meningkatkan masalah lingkungan, seperti pendinginan, pencahayaan dan tata ruang mengonsumsi jauh yang paling

energi pada bangunan gedung (Baharom, Ahmad, Nasir, Bukhari, & Jaafar, 2015). Pencahayaan buatan yang berlebihan juga mengganggu aktivitas mata untuk beradaptasi dengan area sekitarnya, selain itu juga menjadi pemborosan energi (Noviyanti & Indrani, 2013). Sumber cahaya dari waktu ke waktu semakin berkembang, dimulai dari penemuan lampu pijar oleh Edison dan dalam waktu yang hampir bersamaan ditemukan juga lampu fluorescence (TL) dan merkuri.

Saat ini ada beberapa jenis lampu yang digunakan manusia untuk berbagai keperluan, yaitu lampu pijar, TL, LED, Merkuri, Halogen, Sodium dan sebagainya. LED mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan dengan

lampu pijar konvensional. Lampu LED (Light Emitting Diode) merupakan sebuah lampu indikator dalam perangkat elektronika yang biasanya memiliki fungsi untuk menunjukkan status dari perangkat elektronika tersebut. LED adalah jenis dioda semikonduktor yang dapat mengeluarkan energi cahaya ketika diberikan tegangan. LED tidak memiliki filamen yang terbakar, sehingga usia pakai LED jauh lebih panjang daripada lampu pijar, LED tidak memerlukan gas untuk menghasilkan cahaya. LED memiliki keuntungan dari penurunan yang signifikan dalam dampak lingkungan, yaitu pengurangan 41-50% dari rumah kaca gas emisi dan energi permintaan, terutama karena pemanfaatan

energi yang lebih rendah (Sarsour & Al-salaymeh, 2017). Selain itu bentuk dari LED yang sederhana, kecil dan kompak memudahkan penempatannya. Dalam hal efisiensi, LED juga memiliki keunggulan. Pada lampu pijar konvensional, proses produksi cahaya menghasilkan panas yang tinggi karena filamen lampu harus dipanaskan. LED hanya sedikit menghasilkan panas, sehingga porsi terbesar dari energi listrik yang ada digunakan untuk menghasilkan cahaya dan membuatnya jauh lebih efisien. Instalasi baru lampu membuktikan bahwa sistem mengonsumsi energi 47% lebih rendah dibandingkan dengan yang lama, biaya instalasi murah (Ahmad, Faiz, & Jamil, 2017).

Namun sayangnya, ketika kenyamanan visual sangat diperlukan, saat ini harga lampu LED adalah jauh lebih tinggi dari harga lampu lain. Namun, di masa depan, dapat dipastikan bahwa harga lampu LED akan mengalami penurunan karena kesadaran lampu hemat energi penting untuk dilakukan (Alzubaidi & Soori, 2012)

Lampu Flourescent

Pada lampu flourescent terj adi perubahan energi listrik menj adi energi cahaya yang berlangsung di dalam suatu gas pada atom dan tidak disertai oleh pengeluaran energi panas. Lampu ini juga disebut lampu dingin. Terdapat beberapa jenis lampu

flourescent, di antaranya yaitu:

1) Lampu Neon

Lampu neon kurang cocok untuk suasana pabrik, laboratorium, kantor, dan lain-lain dikarenakan gas neon menimbulkan warna merah.

2) Lampu Helium

Lampu ini sangat baik untuk suasana pabrik, laboratorium, dan kantor karena gas helium menimbulkan warna putih.

3) Lampu Natrium

Lampu natrium kurang baik untuk suasana pabrik dan kantor, karena gas natrium menimbulkan warna oranye dan

kuning serta panas. Namun demikian lampu natrium memberikan kontras besar dan tidak menyilaukan.

4) Lampu Xenon

Gas xenon memiliki spektrum yang hampir sama dengan sinar matahari, sehingga sangat baik untuk suasana pabrik, laboratorium dan kantor.

5) Lampu Hg

Lampu Hg lebih dikenal dengan sebutan lampu TL. Lampu ini sangat baik untuk pabrik, laboratorium dan kantor karena uap Hg menimbulkan warna putih. Lampu TL dengan Teknologi Fluorescent (FL) adalah lampu yang berbentuk tabung hampa dengan

kawat pijar di kedua ujungnya (Elektroda). Tabung tersebut diisi dengan merkuri (Hg) dan gas argon yang bertekanan rendah. Tabung lampunya yang terbuat dari gelas yang dilapisi (*coating*) oleh lapisan fosfor (*phosphor*). Saat dialiri arus listrik, elektroda akan memanas dan menyebabkan elektron-elektron berpindah tempat dari satu ujung ke ujung lainnya. Energi listrik tersebut juga akan mengakibatkan merkuri yang sebelumnya adalah cairan berubah menjadi gas. Perpindahan elektron akan bertabrakan dengan atom merkuri sehingga energi elektron akan

meningkat ke level yang lebih tinggi. Elektron-elektron akan melepaskan cahaya saat energi elektron-elektron tersebut kembali ke level normalnya.

Dialux

Dialux merupakan sebuah *software* yang dapat digunakan untuk simulasi pencahayaan. DIALux dimulai tahun 1989 ketika DIAL (Deutsches Institut für angewandte Lichttechnik) GmbH didirikan di Jerman. Tahun 1994 DIALux dibuat melalui konsorsium industri yang berhubungan dengan lampu guna menjawab kebutuhan tata cahaya yang terus berkembang, sampai pada akhirnya tahun 2012, DIALux 4.10.01 dirilis. Area layanan DIAL meliputi pengembangan

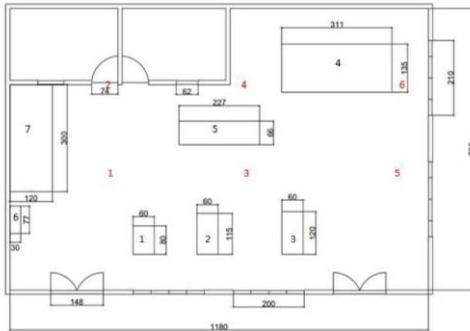
perangkat lunak (DIALux, katalog elektronik, sistem pengelolaan data produk, LUMsearch), seminar, layanan pengetesan (lampu, luminer) dan perencanaan/perancangan cahaya. Dialux dapat digunakan sebagai perbandingan dengan daylighting sangat dinamis karena faktor-faktor lingkungan seperti kondisi langit, pintu, jendela, tangga bangunan, letak kamar, perabotan lengkap tersedia (Jayashri & Arvind, 2013).

Dialux dapat digunakan untuk meningkatkan penampilan suatu bangunan, memperbaiki sistem hemat energi pencahayaan. Kriteria kenyamanan ruang dalam sistem pencahayaan, meliputi distribusi pencahayaan, silau, warna aspek ruang dan

sumber cahaya di dalam bangunan yang sesuai dengan standar dan peraturan (§ener Yilmaz, 2016).

5.5 Hasil Efisiensi Energi

Pada pengukuran intensitas ini dilakukan pada jam 09.00 WIB, 12.00 WIB, 15.00 WIB dan 18.00 WIB, hal ini disesuaikan pada jam standar operasional laboratorium digunakan. Pengukuran dibedakan menjadi dua kali, yaitu secara umum dan pada meja kerja. Pengukuran ini dilakukan pada tanggal 6 Desember 2018 sampai dengan 8 Desember 2018, dengan tiga kali pengambilan data setiap jamnya. Berikut skema pengambilan data:



Gambar 4.7 Skema Pengambilan Data Laboratorium Proses Produksi UNAS

Keterangan:

1,2,3,4,5,6,7 : Nomor pengambilan data pada meja kerja (Angka berwarna hitam)

1,2,3,4,5,6 : Nomor pengambilan data umum ruangan Laboratorium Proses Produksi UNAS (Angka berwarna merah)

3. Perancangan dan Simulasi

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kualitas sistem pencahayaan

pada Laboratorium Proses Produksi UNAS dengan membandingkan kondisi sebenarnya dengan kondisi yang dibuat berdasarkan parameter iluminan yang sesuai dengan standar SNI pencahayaan.

Spesifikasi Luminaire

Dari hasil pengamatan dan observasi, diperoleh spesifikasi lampu sebagai berikut:

Keadaan ruangan dengan lampu yang baru mempunyai iluminan yang lebih besar sehingga menyebabkan ruangan lebih terang. Hal tersebut dapat meminimalisasi kecelakaan yang terjadi akibat pencahayaan yang tidak sesuai dengan SNI pada keadaan ruangan

sebelumnya, selain itu tidak ada merkuri, UV, inframerah dan tidak membuat mata cepat lelah. Tingkat keamanan lampu TLED yang lebih baik dibandingkan lampu TLD, TLED hampir tidak mengeluarkan daya panas, berbeda dengan lampu jenis lain yang menggunakan 90% daya untuk mengeluarkan daya panas. Penyebaran cahaya dari lampu TLED ini juga cukup baik, sudut yang terbentuk dari titik jatuh cahaya lampu sekitar 60° ke samping, dan 2,5 m ke bawah. Bahan dari lampu TLED yang digunakan menggunakan bahan prismatic, yang memiliki kelebihan transparansi yang lebih baik dan tidak mudah retak ketika terjadi daya panas,

sehingga keamanan lebih terjaga. Voltasenya yang kecil juga dapat meminimalisasi risiko-risiko terkait penggunaan listrik. Dialux digunakan dalam simulasi ini karena korelasi hasil simulasi dialux dengan pengukuran langsung atau manual adalah baik, hal ini dapat dibuktikan dengan perhitungan error dari perhitungan manual dibandingkan dengan hasil simulasi dialux.

Selain itu, jika dibandingkan dari lampu laboratorium sebelumnya, lampu LED memang terkesan lebih mahal dari lampu TL biasa yang terpasang di Laboratorium Proses Produksi UNAS, tetapi keuntungan dari lampu LED selain

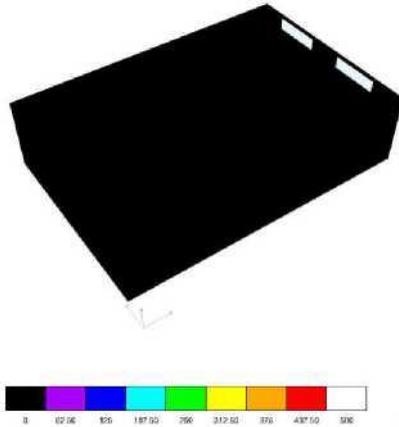
dilihat dari efisiensi energi dan biaya, kegunaan lampu LED akan tahan lama dibanding lampu TL biasa (lifetime LED 80.000 jam, sedangkan TLD 13 jam). Jika dilihat dari efisiensi biaya, dengan harga lampu TLED sebesar Rp 170.000 dan harga lampu TLD 36 Watt sebesar Rp 100.000 maka dapat dikatakan lampu TLED lebih mahal. Harga housing TLED 1,2 m sebesar Rp 1.047.400 sedangkan housing TLD sebesar Rp 606.400. Untuk lampu button yang digunakan dalam Gudang sebesar Rp 190.000 sudah meliputi housing hidup dan mati, pada keterangan angka di atas adalah lampu yang hidup. Jadi, pada scene 2 ini semua

lampu pada Laboratorium Proses Produksi adalah hidup.

4. Analisis Hasil Siniulasi Dialux

9. Hasil Simulasi Dialux pada pukul 18.00 WIB

Gambar di bawah ini memuat hasil false colour rendering untuk melihat persebaran cahaya hasil simulasi dialux untuk pencahayaan buatan tanpa adanya bantuan cahaya alami pada pukul 18.00 WIB.

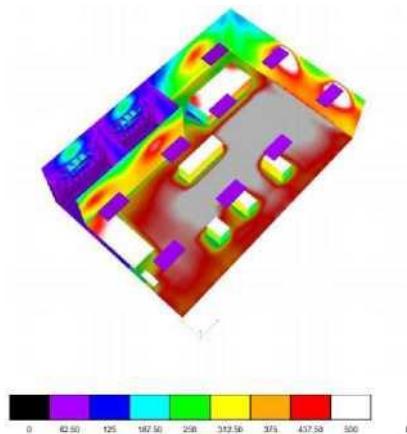


Gambar 4.10 Hasil *false colour rendering*
pencahayaan alami

Laboratorium Proses Produksi UNAS

Hasil *false color rendering* pukul 18.00 WIB pada gambar di atas masih tidak sesuai standar karena tidak adanya cahaya alami yang masuk, sehingga perlu dilakukan

penambahan pencahayaan buatan. Pada hal ini dibantu dengan simulasi dialux dengan mengganti jenis dan jumlah luminairnya dan apabila diperlukan, dilakukan pengontrolan terhadap lampu tersebut agar dapat memenuhi standar.

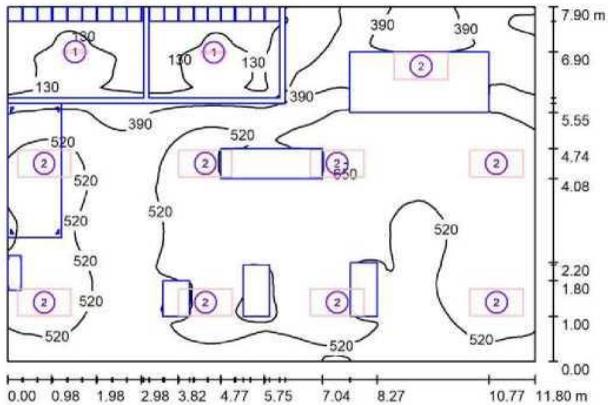


Gambar 4.11 Hasil *false colour rendering*
pencahayaan buatan

Laboratorium Proses Produksi UNAS

Hasil *false colour rendering* setelah dilakukan perubahan lampu, dapat dilihat pada gambar di atas. Gambar tersebut menjelaskan bahwa iluminasi di area workplace sudah mencapai 500 lux dapat dilihat dari warna putih yang menunjukkan nilai 500 lux. Pukul 18.00 WIB merupakan waktu yang baik untuk melakukan pengecekan lampu yang digunakan untuk optimasi sudah sesuai atau belum untuk mencapai nilai ideal pencahayaan laboratorium. Karena

pada pukul 18.00 WIB cahaya alami dari matahari sudah tidak ada hanya cahaya buatan dari lampu. Untuk persebaran iluminan dapat dilihat pada gambar isolines di bawah ini:



Gambar 4.12 Hasil isolines pencahayaan
buatan Laboratorium

Produksi UNAS

Menurut gambar tersebut dapat diketahui bahwa ruang laboratorium proses produksi memiliki iluminan rata-rata sebesar 510 lux, dengan iluminan terendah 188 lux dan tertinggi 669 lux. Sedangkan pada meja kerja, dapat dilihat bahwa berwarna putih, hal itu menjelaskan bahwa meja kerja dalam ruang laboratorium sudah dapat dikatakan memenuhi standar SNI sebesar 500 lux.

Pada simulasi pencahayaan ini dapat dibandingkan dengan keadaan pada pukul

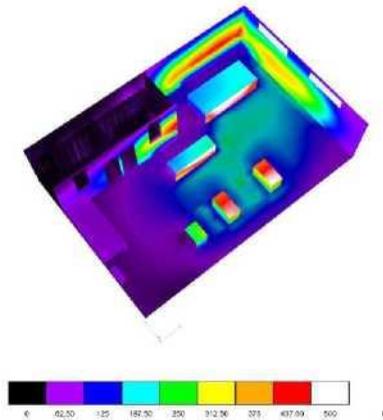
18.00 WIB pengambilan data manual, hal ini dikarenakan pada pukul 18.00 WIB cahaya yang diperoleh hanya diperoleh dari pencahayaan buatan (lampu). Hasil pengambilan data pada pukul 18.00 diperoleh hasil sebesar 285,68 lux, perbedaan hasilnya sangat signifikan. Hal ini dapat dipengaruhi oleh keadaan jenis dan keadaan lampu, serta posisi dan armature lampu yang tidak sesuai dengan keadaan layout meja kerja. Pengontrolan lampu ketika malam hari atau tanpa cahaya alami, lampu yang tersedia akan menyala semua (scene 2).

Hasil Simulasi Dialux pada pukul 15.00 WIB

Gambar 4.13 memuat hasil false

colour rendering untuk melihat persebaran cahaya hasil simulasi dialux untuk pencahayaan alami pada pukul 15.00 WIB

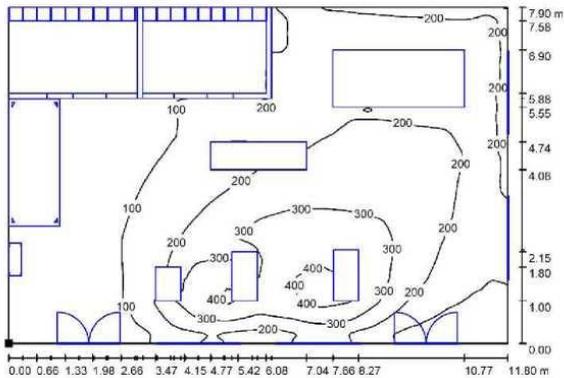
- WIB.



Gambar 4.13 Hasil colour false rendering **pencahayaan alami pada** pukul 15.00 WIB

Hasil false color rendering pukul 15.00 WIB pada gambar di atas masih tidak sesuai standar karena hanya sedikit

cahaya alami yang masuk, sehingga perlu dilakukan penambahan pencahayaan buatan. Pada hal ini dibantu dengan simulasi dialux dengan mengganti jenis dan jumlah luminairnya dan apabila diperlukan, dilakukan pengontrolan terhadap lampu tersebut agar dapat memenuhi standar. Sebaran iluminan yang didapat, dapat dilihat dari hasil isolines di bawah ini:



Gambar 4.14 Hasil isolines pencahayaan alami pukul 15.00 WIB

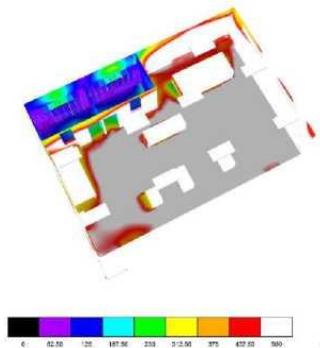
Menurut gambar tersebut dapat diketahui bahwa ruang laboratorium proses produksi memiliki iluminan rata-rata sebesar 181 lux, dengan iluminan terendah 30 lux dan tertinggi 505 lux. Sedangkan pada meja kerja, dapat dilihat bahwa meja kerja dalam ruang laboratorium belum dapat dikatakan belum

memenuhi standar SNI karena masih berwarna merah, hijau, biru, bahkan ungu. Hasil pengambilan data pada pukul 15.00 tanpa lampu (daylight) diperoleh hasil sebesar 0.78 lux. Karena hasil dari pencahayaan alami tidak sesuai dengan standar SNI, maka dilakukan penambahan pencahayaan buatan berupa lampu yang terpasang pada ceiling/atap plafon. Pengontrolan lampu yang dipasang pada pukul 15.00 WIB sama seperti pada pukul 18.00 yaitu lampu akan menyala semua (scene 2).

Gambar 4.14 memuat hasil *false colour rendering* untuk melihat persebaran cahaya hasil simulasi dialux untuk

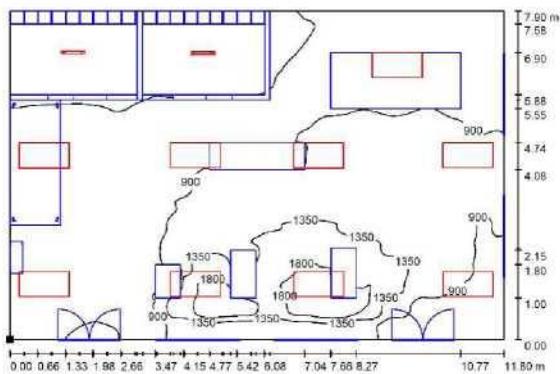
pencahayaan alami dan buatan pada pukul 15.00 WIB.

Hasil false colour rendering setelah dilakukan perubahan lampu, dapat dilihat pada gambar di atas. Gambar tersebut menjelaskan bahwa iluminasi di area workplace



Gambar 4.15 Hasil false colour rendering pencahayaan alami dan buatan pada pukul 15.00 WIB

sudah mencapai 500 lux dapat dilihat dari warna putih yang menunjukkan nilai 500 lux. Untuk persebaran iluminan dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.16 Hasil isolines pencahayaan alami dan buatan pada pukul

Dari percobaan simulasi tersebut, dapat diperoleh rata-rata hasil iluminan rata-rata sebesar 542 lux, dengan iluminan

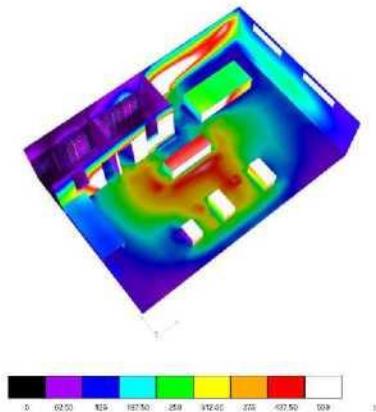
terendah 382 lux dan tertinggi 678 lux. Sedangkan pada meja kerja, dapat dilihat bahwa berwarna putih, hal itu menjelaskan bahwa meja kerja dalam ruang laboratorium sudah dapat dikatakan memenuhi standar SNI sebesar 500 lux. Sedangkan pada hasil pengambilan data pada pukul 15.00 WIB diperoleh hasil sebesar 305.35 lux, perbedaan hasilnya sangat signifikan. Hal ini dapat dipengaruhi oleh keadaan jenis dan keadaan lampu, serta posisi dan armature lampu yang tidak sesuai dengan keadaan layout meja kerja.

2.3 Hasil Simulasi Dialux pada pukul 12.00 WIB

Gambar 4.9 memuat hasil false

colour rendering untuk melihat persebaran cahaya hasil simulasi dialux untuk pencahayaan alami pada pukul

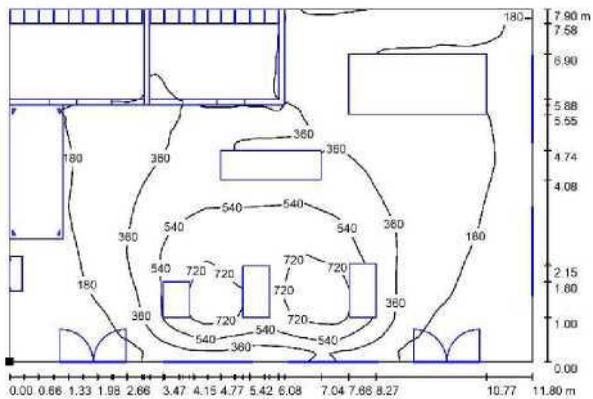
d. WIB.



Hasil false color rendering pukul 12.00 WIB

pada gambar di atas masih tidak sesuai standar karena cahaya alami yang masuk tidak dapat dengan leluasa. Hal ini dapat dipengaruhi oleh tata letak bangunan, pohon yang menghalangi cahaya alami masuk, serta letak ventilasi/jendela yang diperlukan sebagai pintu keluar masuknya cahaya alami, sehingga perlu dilakukan penambahan pencahayaan buatan. Pada hal ini dibantu dengan simulasi dialux dengan mengganti jenis dan jumlah luminairnya dan apabila diperlukan, dilakukan pengontrolan terhadap

lampu tersebut agar dapat memenuhi standar. Sebaran iluminan yang didapat, dapat dilihat dari hasil isolines di bawah ini:



Gambar 4.18 Hasil isolines pencahayaan
alami pada pukul 12.00 WIB

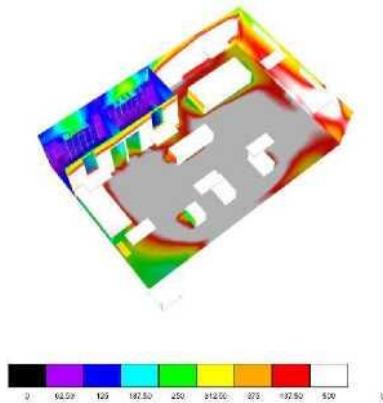
Tabel 4.22 Hasil pembacaan iluminan
simulasi dialux lampu lama pada
pukul 12.00 WIB

Lokasi	Eav [lx]	Emin [lx]	E _{max} [lx]
Gudang 1	47	20	158
Gudang 2	63	24	242
Laboratorium	150	64	486

Menurut gambar tersebut dapat diketahui bahwa ruang laboratorium proses produksi memiliki iluminan rata-rata sebesar 150 lux, dengan iluminan terendah 64 lux dan tertinggi 486 lux.

Sedangkan pada meja kerja, dapat dilihat bahwa meja kerja dalam ruang laboratorium belum dapat dikatakan belum memenuhi standar SNI karena masih berwarna merah, hijau, dan biru. Sedangkan pada pengambilan data menggunakan lux meter diperoleh hasil rata-rata iluminan sebesar 3.43 lux. Karena hasil dari pencahayaan alami pukul 12.00 WIB tidak sesuai dengan standar SNI, maka dilakukan penambahan pencahayaan buatan berupa lampu yang terpasang pada ceiling/atap plafon. Pengontrolan lampu yang dipasang pada pukul

12.00 WIB hanya beberapa lampu saja yang menyala seperti pada scene 1.

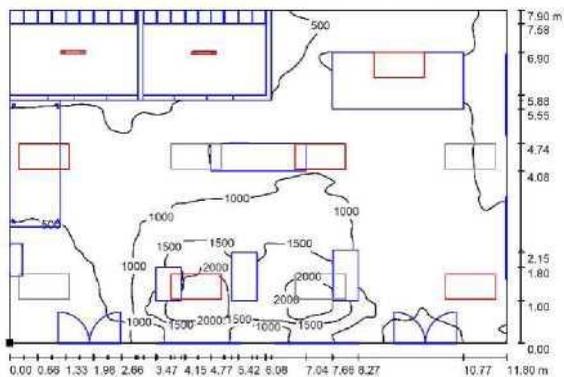


Gambar 4.19 Hasil colour rendering
pencahayaan alami dan buatan

pada pukul 12.00 WIB

Hasil false colour rendering setelah
dilakukan perubahan lampu, dapat

dilihat pada gambar di atas. Gambar tersebut menjelaskan bahwa iluminasi di workplace sudah mencapai 500 lux dapat dilihat dari warna putih yang menunjukkan nilai 500 lux. Untuk persebaran iluminan dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.20 Hasil isolines pencahayaan alami dan buatan pada pukul 12.00 WIB

Tabel 4.23 Hasil pembacaan iluminan
simulasi dialux lampu baru
pada pukul 12.00 WIB

Lokasi	Eav [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]
Gudang 1	185	64	347
Gudang 2	184	68	377
Loboratorium	559	457	713

Dari percobaan simulasi tersebut, dapat diperoleh rata-rata hasil iluminan rata-rata sebesar 559 lux, dengan iluminan terendah 457 lux dan tertinggi 713 lux. Sedangkan pada meja kerja, dapat dilihat bahwa berwarna putih, hal itu menjelaskan bahwa meja kerja dalam ruang

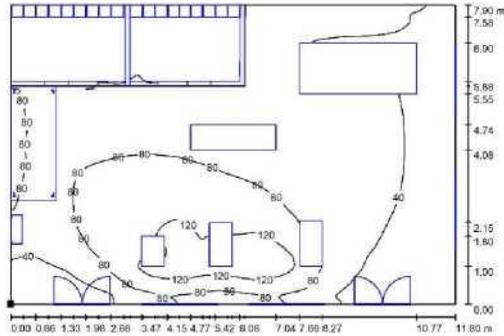
laboratorium sudah dapat dikatakan memenuhi standar SNI sebesar 500 lux. Sedangkan pada hasil pengambilan data pada pukul 12.00 WIB diperoleh hasil sebesar 329.43 lux, perbedaan hasilnya sangat signifikan. Hal ini dapat dipengaruhi oleh keadaan jenis dan keadaan lampu, serta posisi dan armature lampu yang tidak sesuai dengan keadaan layout meja kerja.

4. Hasil Simulasi Dialux pada Pukul 09.00 WIB

Gambar 4.13 memuat hasil false colour rendering untuk melihat persebaran cahaya hasil simulasi

Hasil false color rendering pukul 09.00 WIB pada gambar di atas masih tidak sesuai standar karena cahaya alami yang masuk hanya sedikit. Hal ini dapat dipengaruhi oleh tata letak bangunan, pohon yang menghalangi cahaya alami masuk, serta letak ventilasi/jendela yang diperlukan sebagai pintu keluar masuknya cahaya alami, dan posisi matahari yang masih belum tinggi. Sehingga, perlu dilakukan penambahan pencahayaan buatan. Pada hal ini dibantu dengan simulasi dialux dengan mengganti jenis dan jumlah luminairnya dan apabila diperlukan, dilakukan pengontrolan terhadap lampu tersebut agar dapat memenuhi standar.

Sebaran iluminan yang didapat, dapat dilihat dari hasil isolines di bawah ini:



Gambar 4.22 Hasil isolines rendering pencahayaan alami pada pukul 09.00 WIB.

Tabel 4.24 Hasil pembacaan iluminan simulasi dialux lampu lama pada pukul 09.00 WIB

Lokasi	Eav [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]
Gudang 1	12	5.48	37
Gudang 2	11	4.95	47
Loboratorium	68	16	172

Menurut gambar tersebut dapat diketahui bahwa ruang laboratorium proses produksi memiliki iluminan rata-rata sebesar 68 lux, dengan iluminan terendah 16 lux dan tertinggi 172 lux. Sedangkan pada meja kerja, dapat dilihat bahwa meja kerja dalam ruang laboratorium belum dapat dikatakan belum memenuhi standar SNI karena masih berwarna biru dan ungu. Sedangkan pada pengambilan data menggunakan lux meter diperoleh rata-rata iluminan sebesar 12.01 lux. Karena hasil dari pencahayaan

alami pukul 09.00 WIB tidak sesuai dengan standar SNI, maka dilakukan penambahan pencahayaan buatan berupa lampu yang terpasang pada ceiling/atap plafon. Pengontrolan lampu yang dipasang pada pukul 09.00 WIB hanya beberapa lampu saja yang menyala seperti pada scene 1.

Hasil false colour rendering setelah dilakukan perubahan lampu, dapat dilihat pada gambar di atas. Gambar tersebut menjelaskan bahwa iluminasi di area workplace sudah mencapai 500 lux dapat dilihat dari warna putih yang menunjukkan nilai 500 lux. Untuk persebaran iluminan dapat dilihat pada gambar di bawah ini:

Dari percobaan simulasi tersebut, dapat diperoleh rata-rata hasil iluminan rata-rata sebesar 520 lux, dengan iluminan terendah 206 lux dan tertinggi 587 lux. Sedangkan pada meja kerja, dapat dilihat bahwa berwarna putih, hal itu menjelaskan bahwa meja kerja dalam ruang laboratorium sudah dapat dikatakan memenuhi standar SNI sebesar 500 lux. Sedangkan pada hasil pengambilan data pada pukul 09.00 WIB diperoleh hasil sebesar 303.69 lux, perbedaan hasilnya sangat signifikan. Hal ini dapat dipengaruhi oleh keadaan jenis dan keadaan lampu, serta posisi dan armature lampu yang tidak sesuai dengan keadaan layout meja kerja.

Kesimpulan yang dapat diambil dari laporan ini adalah:

- f) Ruang Laboratorium Proses Produksi Universitas Nasional memiliki nilai iluminasi yang tidak sesuai dengan standar SNI 03-6575-2001. Hasil iluminasi yang didapat pada pukul 09.00 WIB rata-rata sebesar 308 lux, pukul 12.00 WIB sebesar 330 lux, pukul 15.00 WIB sebesar 310 lux, dan pukul 18.00 WIB sebesar 290 lux.
- g) Faktor yang mempengaruhi ruang Laboratorium Proses Produksi Universitas Nasional tidak sesuai

dengan standar SNI 03-6575-2001 adalah spesifikasi lampu yang kurang sesuai, keadaan lampu yang sudah lama, penempatan lampu yang kurang tepat, posisi ventilasi atau jendela sebagai jalan keluar masuknya cahaya yang tidak tepat merupakan faktor penyebab pendistribusian pencahayaan yang kurang, ditambah letak ruangan Laboratorium Proses Produksi Universitas Nasional yang berada di lorong dan sebagian tertutup sebagian pohon.

- h) Optimasi yang dilakukan untuk mencapai standar pencahayaan

pada Laboratorium Proses Produksi Universitas Nasional yaitu mengganti lampu RM 2xTLD 36W/840 menjadi RM 2xMASTER TLED 18W/865 P. Dari hasil simulasi optimasi di dapat nilai iluminasi rata-rata pada pukul 09.00 yaitu 520 lux, pukul 12.00 sebesar 559 lux, pukul 15.00 sebesar 542 lux, dan pukul 18.00 nilai iluminasi 510 lux. Keuntungan yang diperoleh yaitu dari tingkat keamanan bahan prismatic lampu TLED yang memiliki kelebihan transparansi yang lebih baik dan tidak mudah retak ketika terj adi daya panas, selain itu efisiensi biaya yang dapat disimpan

(saving) per bulan sebesar Rp 302.142,2976/bulan, dan dari sisi *lifetime* jika dihitung didapat untung Rp 12.400.000 selama 9 tahun.

5.2 Saran

Saran yang dapat direkomendasikan untuk Laboratorium Produksi

Universitas Nasional adalah:

- Melakukan analisis kualitas pencahayaan yang lebih menyeluruh dan detail, misalnya menggunakan aplikasi simulasi pencahayaan yang dapat mengatur tata letak ruangan.
- Mengganti lampu TLD 36 Watt menjadi TLED 18 Watt, karena tingkat

keamanan lampu TLED yang lebih baik dibandingkan lampu TLD, TLED hampir tidak mengeluarkan daya panas, penyebaran cahaya lampu TLED baik, bahan prismatic dari lampu TLED, yang memiliki kelebihan transparansi yang lebih baik dan tidak mudah retak ketika terjadi daya panas, sehingga lebih aman. Selain itu lampu LED memiliki efikasi yang tinggi sehingga dapat meningkatkan intensitas pencahayaan rata - rata di dalam ruangan tanpa meningkatkan daya.

- Dilakukan sistem pengontrolan otomatis pada ruangan

Laboratorium Proses Produksi
Universitas Nasional agar efisiensi
biaya dapat tercapai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Burhan Barid, Dwi Lestari,
Pengaruh Model Infiltrasi Sederhana
menggunakan Konsep Rain Garden terhadap
Debit dan Kekeruhan Air Limpasan Akibat
Hujan, Vol 20, Iss 1, Pp 33-41, 2015
- [2] Chay Asdak, “Hidrologi dan
Pengelolaan Daerah Aliran Air Sungai: Edisi
Revisi Kelima. Yogyakarta: Gadjah Mada
University Press Yogyakarta, 2010.
- [3] Suripin, Sistem Drainase Perkotaan
yang Berkelanjutan. ANDI Offset Yogyakarta,
2004
- [4] Purwanto, I., dan Ngaloken, Pengaruh
berbagai jenis vegetasi terhadap kapasitas

infiltrasi tanah di Cijambu, Sumedang, Jawa Barat. *Bul. Pen. Hutan* 573: 13-16, 1995

[5] Setyawan Purnama, Infiltrasi Tanah di Kecamatan Nguter Kabupaten Sukoharjo, Provinsi Jawa Tengah, *Majalah Geografi Indonesia*, Vol 18, Iss 1, Pp 1-13, ISSN 0215-1790, 2016

[6] Bambang Triatmodjo, Hidrologi Terapan, Beta Offset, Yogyakarta, 2008

[7] Agus Susanto, Anang Suhardianto, "Penentuan Ukuran Sumur Resapan Berdasarkan Luasan Rumah, Curah Hujan, dan Infiltrasi", *Jurnal Matematika, Sains dan Teknologi*, Vol. 6 No. 1, 31-39, 2005

[8] Seyhan, Ersin, Dasar-dasar Hidrologi. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta, 1977.

[9] Kostiakov, A.N, On the Dynamics of the Coefficient of Water Percolation in Soils and on the Necessity of Studying it from a Dynamic Point of View for the Purposes of Amelioration. Trans. Com. Int. Soc. Soil Sci. 6th Moscow A: 17-21, 1932.

[10] Horton, R. E, "The role of infiltration in the hydrologic cycle". Trans. Am. Geophys. Union. 14th Ann. Mtg: 446-460, 1933.

[11] Phillip JR, Theory of infiltration. Soil Sci 83(5):345-357, 1957

6. APLIKASI MANAJEMEN & EFISIENSI ENERGI

1. Data Ruangan

Ruangan yang akan di audit adalah kamar tidur dan sebelum melakukan audit energi perlu dilakukan dahulu data ruangan yang akan di audit. Ruangan ini dilakukan audit pada tanggal 09 November 2018. Berikut tabel data ruangan :

Nama Ruangan	Dimensi				
	P	L	T	Luas	Volume
Kamar Tidur	4,5 m	3,5 m	3 m	15,75 m ²	47,25 m ³

2. Data Pemakaian Listrik

Pada proses ini melakukan pengambilan data peralatan listrik, perhitungan pemakaian energi listrik selama 30 hari, dan biaya yang dibayarkan dalam 30 hari.

Nama Peralatan	Jumlah	Daya (Watt)	Pemakaian (Hours)	Total Energi (kWh/bulan)	Harga Listrik (Rp1.352)/Bulan
Lampu	1	10	12	3,6	Rp 4.867
AC ½ pk	1	350	10	105	Rp 141.960
Kipas Angin	1	45	3	4,05	Rp 5.475
Charger Laptop	1	60	2	3,6	Rp 4.867
Charger HP	2	15	1	0,9	Rp 1.216
Setrika	1	350	0,5	5,25	Rp7.098
Jumlah				122,4 kWh/bulan	Rp 165.484/bulan

Konsumsi Listrik Setelah melakukan data pemakaian listrik kemudian menghitung konsumsi energi listrik dalam 30 hari menggunakan rumus :

$$\text{Konsumsi Listrik} = \text{daya (kWh)} \times \text{waktu pemakaian (hours)} \times 30 \text{ hari}$$

- **Lampu**

$$\text{Konsumsi Listrik} = \text{daya (kWh)} \times \text{waktu pemakaian (hours)} \times 30 \text{ hari}$$

$$\text{Konsumsi Listrik} = 0,01 \text{ kWh} \times 12 \text{ hours} \times 30 \text{ hari}$$

$$\text{Konsumsi Listrik} = 3,6 \text{ kWh/bulan}$$

$$\text{Harga Listrik} = 3,6 \text{ kWh/bulan} \times \text{Rp } 1.352$$

$$\text{Harga Listrik} = \text{Rp } 4.867/\text{bulan}$$

- **AC**

$$\text{Konsumsi Listrik} = \text{daya (kWh)} \times \text{waktu pemakaian (hours)} \times 30 \text{ hari}$$

$$\text{Konsumsi Listrik} = 0,35 \text{ kWh} \times 10 \text{ hours} \times 30 \text{ hari}$$

$$\text{Konsumsi Listrik} = 105 \text{ kWh/bulan}$$

$$\text{Harga Listrik} = 105 \text{ kWh/bulan} \times \text{Rp } 1.352$$

$$\text{Harga Listrik} = \text{Rp } 141.960/\text{bulan}$$

- **Kipas Angin**

Konsumsi Listrik = daya (kWh)x waktu pemakaian (hours)x 30 hari

Konsumsi Listrik = 0,045 kWh x 3 hours x 30 hari

Konsumsi Listrik = 4,05 kWh/bulan

Harga Listrik = 4,05 kWh/bulan x Rp 1.352

Harga Listrik = Rp 5.475/bulan

- **Charger Laptop**

Konsumsi Listrik = daya (kWh)x waktu pemakaian (hours)x 30 hari

Konsumsi Listrik = 0,06 kWh x 2 hours x 30 hari

Konsumsi Listrik = 3,6 kWh/bulan

Harga Listrik = 3,6 kWh/bulan x Rp 1.352

Harga Listrik = Rp 4.867/bulan

- **Charger HP**

Konsumsi Listrik = daya (kWh)x waktu pemakaian (hours)x 30 hari

Konsumsi Listrik = (0,015 kWh x 1 hours x 30 hari)x 2

Konsumsi Listrik = 0,9 kWh/bulan

Harga Listrik = 0,9 kWh/bulan x Rp 1.352

Harga Listrik = Rp 1.216/bulan

- **Setrika**

Konsumsi Listrik = daya (kWh)x waktu pemakaian (hours)x 30 hari

Konsumsi Listrik = 0,35 kWh x 0,5 hours x 30 hari

Konsumsi Listrik = 0,35 kWh/bulan

Harga Listrik = 0,35 kWh/bulan x Rp 1.352

Harga Listrik = Rp 7.098/bulan

Dari data tabel diatas, bahwa penggunaan listrik rata-rata perbulan sebesar 122,4 kWh

dan jumlah biaya listrik rata-rata yang harus dibayarkan sebesar Rp 165.484. Kemudian apabila diprosentasikan data penggunaan listrik dari masing-masing peralatan yang digunakan bisa dilihat pada grafik dibawah ini



Intensitas Konsumsi Energi (IKE) Indikator utama penghematan energi di sebuah gedung umumnya menggunakan

Intensitas Konsumsi Energi (IKE). IKE menunjukkan besarnya konsumsi energi (kWh) per meter persegi (m²) setiap bulan. Angka IKE (kWh/m²/bulan) diperoleh dengan membagi jumlah kWh penggunaan listrik selama sebulan dengan luas bangunan yang digunakan. IKE dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$IKE = \frac{\text{Total Konsumsi Listrik}}{\text{Luas Area}}$$

- sehingga nilai IKE dalam per bulan yaitu :

$$IKE = \frac{122,4 \text{ kWh/bulan}}{15,75 \text{ m}^2}$$

$$IKE = 7,77 \text{ kWh/ m}^2 / \text{bulan}$$

- jika nilai IKE dalam per tahun maka :

$$IKE = \frac{1468,8 \text{ kWh/bulan}}{15,75 \text{ m}^2}$$

$$IKE = 93,25 \text{ kWh/ m}^2 / \text{bulan}$$

Hasil perhitungan IKE dalam per bulan dan per tahun dalam bentuk tabel :

Rata-Rata Penggunaan per bulan (kWh)	Rata-Rata Penggunaan per tahun (kWh)	Luas Kamar (m ²)	IKE (kWh/ m ² / bulan)	IKE (kWh/ m ² / tahun)
122,4	1468,8	15,75	7,77	93,25

Nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) sangatlah penting untuk mengetahui dan membandingkan berapa besar energi yang akan dipakai. Berdasarkan acuan pelaksanaan konservasi energi listrik dan BSN untuk menentukan penghematan energi sebagai berikut :

Ruangan dengan AC (kWh/m2/bulan)		Ruangan tanpa AC (kWh/m2/bulan)	
Sangat Eefisien	4,17 - 7,92	Sangat Eefisien	
Efisien	7,92 - 12,08	Efisien	
Cukup efisien	12,08 - 14,58	Cukup efisien	0,84 - 1,67
Cenderung tidak efisien	14,58 - 19,17	Cenderung tidak efisien	1,67 - 2,50
Tidak efisien	19,17 - 23,75	Tidak efisien	2,50 - 3,34
Sangat tidak efisien	23,75 - 37,50	Sangat tidak efisien	3,34 - 4,17

Potensi Penghematan Energi Potensi penghematan energi merupakan hasil analisis Intensitas Konsumsi Energi untuk selanjutnya

dibandingkan dengan standar yang digunakan (SNI, BSN), jika di dapati IKE lebih besar dari IKE standar maka ada potensi untuk dilakukan penghematan. Hasil dari proses audit energi adalah efisiensi energy

$$\text{Potensi Penghematan Energi} = \frac{\Delta \text{IKE} \times \text{total area yang di kondisikan} \times \text{tarif listrik}}{12 \text{ bulan/tahun}}$$

Dari hasil perhitungan nilai IKE, kamar tidur yang telah di audit di golongan sudah sangat efisien. Namun diketahui 86% energi listrik yang di konsumsi adalah dari AC jadi masih perlu untuk melakukan penghematan energi dan untuk penghematan lebih lanjut maka dilakukan perhitungan peluang hemat

energi. Berikut tabel konsumsi energi setelah dilakukan potensi penghematan energi dengan penggantian jam pada beberapa peralatan:

Nama Peralatan	Jumlah	Daya (Watt)	Pemakaian (Hours)	Total Energi (kWh/bulan)	Harga Listrik (Rp1.352)/Bulan
Lampu	1	10	6	1,8	Rp 2.433
AC	1	350	5	52,5	Rp 70.908
Kipas Angin	1	45	1	1,35	Rp 1.825
Charger Laptop	1	60	2	3,6	Rp 4.867
Charger HP	2	15	1	0,9	Rp 1.216
Setrika	1	350	0,5	5,25	Rp 7.098
Jumlah				65,4 kWh/bulan	Rp 88.420/bulan

- sehingga nilai IKE dalam per bulan yaitu :

$$IKE = \frac{65,4 \text{ kWh/bulan}}{15,75 \text{ m}^2}$$

$$IKE = 4,15 \text{ kWh/ m}^2 / \text{ bulan}$$

- jika nilai IKE dalam per tahun maka :

$$IKE = \frac{784,8 \text{ kWh/bulan}}{15,75 \text{ m}^2}$$

$$IKE = 49,82 \text{ kWh/ m}^2 / \text{ bulan}$$

- $\Delta \text{IKE (per tahun)} = \text{IKE pertahun sebelum PPE} - \text{IKE pertahun sebelum PPE}$
 $\Delta \text{IKE (per tahun)} = 93,25 \text{ kWh/m}^2/\text{bulan} - 49,82 \text{ kWh/m}^2/\text{bulan}$
 $\Delta \text{IKE (per tahun)} = 43,43 \text{ kWh/m}^2/\text{bulan}$
- $\text{Potensi Penghematan Energi} = \frac{\Delta \text{IKE} \times \text{total area yang di kondisikan} \times \text{tarif listrik}}{12 \text{ bulan/tahun}}$
 $\text{Potensi Penghematan Energi} = \frac{43,43 \text{ kWh/bulan} \times 15,75 \text{ m}^2 \times \text{Rp } 1.352}{12 \text{ bulan/tahun}}$
 $\text{Potensi Penghematan Energi} = \text{Rp } 77.066$

		Potensi Penghematan Tiap Bulan (%)	Potensi Penghematan Tiap Bulan
Total Energi (kWh/bulan) Sebelum Potensi Hemat Energi	122,4 kWh/bulan	46,57%	57 kWh/bulan
Total Energi (kWh/bulan) Sesudah Potensi Hemat Energi	65,4 kWh/bulan		
Biaya Listrik/bulan Sebelum Potensi Hemat Energi	Rp 165.484	46,57%	Rp 77.066
Biaya Listrik/bulan Sesudah Potensi Hemat Energi	Rp 88.420		

Rekomendasi untuk hemat energi :

- 1) Mengurangi jam pemakaian alat listrik
- 2) Mengganti lampu dengan watt lebih kecil yang hemat energ

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. N. Sari and Sulistyowati, "AUDIT ENERGI UNTUK EFISIENSI PEMAKAIAN ENERGI LISTRIK," vol. 10, no. April, p. 2017, 2017.
- [2] R. Baxter, N. Hastings, A. Law, and E. J. Glass, "ANALISA KONSERVASI ENERGI LISTRIK PADA INDUSTRI TEKSTIL Subhan," *Anim. Genet.*, vol. 39, no. 5, pp. 561–563, 2008.
- [3] J. Untoro, H. Gusmedi, and N. Purwasih, "Audit Energi dan Analisis Penghematan Konsumsi Energi pada Sistem Peralatan Listrik di Gedung Pelayanan Unila," *J. Rekayasa dan Teknol. Elektro*, 2014.
- [4] Kementerian PU RI, "Permenpu No 24/2008 Mengenai Pedoman pemeliharaan dan perawatan bangunan gedung," 2008.
- [5] ESDM, "Permen ESDM No.14 Tahun 2012," 2012.
- [6] T. Niehus, A. Thumann, and W. Younger, *Handbook of Energy Audits*.

2013.

- [7] Badan Standardisasi Nasional, "Prosedur Audit Energi Pada Bangunan Gedung," *Sni 03-6196-2000*, p. 14, 2000.
- [8] A. N. Widiastuti, S. P. Hadi, and B. A. W. R, "Audit Energi pada Gedung Departemen Teknik Arsitektur dan Perencanaan FT UGM," *CITEE*, 2017.
- [9] A. W. Biantoro, P. Studi, T. Mesin, F. Teknik, U. Mercu, and B. Jakarta, "Analisis Perbandingan Efisiensi Energi Pada Gedung P Kabupaten," vol. 06, no. 3, pp. 164–173, 2017.
- [10] A. Konsumsi, E. Untuk, and M. Peluang, "AUDIT KONSUMSI ENERGI UNTUK MENGETAHUI PELUANG PENGHEMATAN ENERGI PADA GEDUNG PT INDONESIA CAPS AND CLOSURES," vol. X, no. 3, pp. 342–356, 2015.
- [11] Burhan Barid, Dwi Lestari, Pengaruh Model Infiltrasi Sederhana menggunakan Konsep Rain Garden terhadap Debit dan Kekekruhan Air Limpasan Akibat Hujan, Vol 20, Iss 1, Pp 33-41, 2015

[12] Chay Asdak, "Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Air Sungai: Edisi Revisi Kelima. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press Yogyakarta, 2010.

[13] Suripin, Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan. ANDI Offset Yogyakarta, 2004

[14] Purwanto, I., dan Ngaloken, Pengaruh berbagai jenis vegetasi terhadap kapasitas infiltrasi tanah di Cijambu, Sumedang, Jawa Barat. *Bul. Pen. Hutan* 573: 13-16, 1995

[15] Setyawan Purnama, Infiltrasi Tanah di Kecamatan Nguter Kabupaten Sukoharjo, Provinsi Jawa Tengah, Majalah Geografi

Indonesia, Vol 18, Iss 1, Pp 1-13, ISSN 0215-1790, 2016

[16] Bambang Triatmodjo, Hidrologi Terapan, Beta Offset, Yogyakarta, 2008

[17] Agus Susanto, Anang Suhardianto, "Penentuan Ukuran Sumur Resapan Berdasarkan Luasan Rumah, Curah Hujan, dan Infiltrasi", Jurnal Matematika, Sains dan Teknologi, Vol. 6 No. 1, 31-39, 2005

[18] Seyhan, Ersin, Dasar-dasar Hidrologi. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta, 1977.

[19] Kostiakov, A.N, On the Dynamics of the Coefficient of Water Percolation in Soils and

on the Necessity of Studying it from a Dynamic Point of View for the Purposes of Amelioration. Trans. Com. Int. Soc. Soil Sci. 6th Moscow A: 17-21, 1932.

[19] Horton, R. E, "The role of infiltration in the hydrologic cycle". Trans. Am. Geophys. Union. 14th Ann. Mtg: 446–460, 1933.

[20] Phillip JR, Theory of infiltration. Soil Sci 83(5):345–357, 1957

Tentang Penulis



Erna Kusuma Wati lahir di Sukoharjo 22 Januari 1989. Merupakan Alumni SMA Negeri 1 Klaten yang menyelesaikan Studi Pendidikan Fisika dari Fakultas MIPA Universitas Negeri Yogyakarta (2010), Master of Science ilmu Fisika dari Universitas Gadjah Mada Yogyakarta (2013). Saat ini merupakan Dosen aktif di Program Studi Teknik Fisika Universitas Nasional, Jakarta.

ISBN 978-623-7376-71-2



9 786237 376712