

ARTIKEL ILMIAH

Konservasi Energi pada Gedung Kantor Pusat PT Petrokimia Gresik Melalui Rekayasa Desain Selubung Bangunan

Edi Jamal Abdillah¹ dan Wasiska Iyati²

Mahasiswa Program Studi Sarjana Arsitektur, Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

Dosen Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

Alamat Email penulis: edijamalabdillah@gmail.com

ABSTRAK

Badan Standardisasi Nasional (BSN) telah mengeluarkan aturan serta anjuran bahwasanya bangunan gedung di Indonesia sebisa mungkin melakukan penghematan energi. Gedung kantor pusat PT Petrokimia Gresik memiliki orientasi dengan sisi panjang yang menerima radiasi panas tahunan. Adapun olah selubung bangunan menggunakan material transparan dengan proporsi 80% dan tidak dijumpai adanya media bayang. Hal ini menimbulkan panas berlebih dan diperlukan adanya unit-unit pendingin sehingga menimbulkan besarnya konsumsi energi. Metode evaluatif berupa audit serta observasi diterapkan untuk menguraikan kondisi ril serta tingkat konsumsi energi dan didapatkan masukan untuk rekomendasi. Selanjutnya kajian eksperimental diterapkan guna mengetahui rekomendasi desain selubung yang mampu memberikan penghematan. Berdasarkan audit, potensi angka IKE berada di atas standar dimana aspek dominan yang memiliki tingkat konsumsi tertinggi adalah pendinginan. Melalui pendekatan pengolahan selubung dengan alternatif berupa penggantian material, penambahan media bayang, serta penggunaan selubung ganda dapat diketahui bahwa kombinasi penggunaan selubung ganda sekaligus penggantian material transparan mampu mengurangi angka konsumsi energi mencapai 3,18%. Adapun dikombinasikan dengan penggantian media berbasis hemat energi, hasil penghematan total mencapai 41,1%. Angka IKE mampu diturunkan dari 261 kWh/m²/tahun menjadi 153,67 kWh/m²/tahun.

Kata Kunci: Konservasi Energi, Gedung Kantor, Selubung Bangunan

ABSTRACT

Badan Standardisasi Nasional (BSN) had regulated and recommended that buidings in Indonesia should maintain to conserve energy. Head office building of PT Petrokimia Gresik located in such orientation which the longest side of the building always receives the annual sun radiation. the building envelope uses transparant material with 80% ratio of the surface and no shading device installed. This causes overheat inside the building and more cooling devices are needed and affects to the energy consumption. Evaluative method in the form of observation and energy audit are applied to describe the real conditions and measure the energy consumption to obtain some inputs and recommendations. Experimental method is also applied to review the recommendations which may have effect to conserve energy. based on the audit, the IKE's numbers are above the standard while the dominant aspect for this case is cooling system. Through the envelope design approach with alternatives in the form of adjust the transparent material, adding shading devices, and double skin, obtained that combination between changing the transparent material and using double skin facade could decrease the energy consumption number reached 3,18%. With combination of tecnical recommendation in form of changing existing tools into low energy tools, the total yield could reach 41,1%. The IKE's numbers could be decreased from 261 kWh/m²/year into 153,67 kWh/m²/year.

Keywords: Energy Conservation, Office Building, Building Envelope

1. Pendahuluan

Tingginya kebutuhan energi mengharuskan langkah penghematan energi. Penggunaan energi listrik di Indonesia mencapai 200 TWh di tahun 2015 dan diperkirakan mencapai angka 520 TWh di tahun 2025 (OEI2016). Untuk itu langkah konservasi energi perlu dilakukan termasuk pada bangunan gedung komersil. Gedung PT Petrokimia Gresik memiliki orientasi dengan sisi bujur terpanjang menghadap ke arah barat dan timur, dimana sisi tersebut selalu menerima sinar tahunan. Pembagian *double loaded* menjadikan ruang-ruang kerja berada tepat pada sisi panjang tersebut. Hal ini mengakibatkan sisi tersebut menerima banyak panas terutama pada saat sinar matahari pagi dan sore. Adapun pengolahan selubung bangunan menggunakan bukaan transparan dengan proporsi mencapai 80% luas permukaan sisi. Penggunaan media transparan secara maksimal ini tak hanya mampu menghantarkan panas ke dalam, tapi juga mampu menyimpan radiasi panas (*embodied heat*). Tidak nampak adanya penggunaan media bayang yang menghalau sinar matahari langsung yang diterima. Akibatnya, temperatur di dalam bangunan semakin tinggi. Hal ini mengakibatkan diperlukannya unit-unit pendingin tambahan selain pendingin sentral utama yang telah digunakan. Penambahan unit pendingin serta penggunaannya jelas berdampak pada besarnya penggunaan energi yang dibebankan pada bangunan.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengolah desain selubung bangunan dengan harapan mampu mengurangi radiasi sehingga mampu menurunkan temperatur dalam bangunan serta angka penggunaan energi di dalamnya. Konservasi energi diartikan sebagai langkah-langkah dalam pemanfaatan energi secara tepat guna sehingga penggunaan sumber energi dapat dicapai nilai optimal tanpa mengurangi penggunaan energi yang diperlukan untuk menjalankan suatu usaha kerja. (Abdurrachim, dkk., 2002). Badan Standardisasi Nasional (VSN) dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) 6196:2011 telah mengatur berbagai langkah-langkah penghematan energi pada bangunan gedung termasuk audit energi yang digunakan untuk mengukur tingkat konsumsi energi pada gedung dan melakukan langkah penghematan.

Mendesain sebuah bangunan yang hemat energi dapat dikatakan sebagai perancangan bangunan dengan meminimalkan penggunaan energi tanpa membatasi fungsi bangunan maupun kenyamanan produktifitas penggunaannya. (Dean, 2002). Dalam kajian bangunan LEO (*Low Energy Building*) dan ZEO (*Zero Energy Building*) terdapat banyak pendekatan yang bisa dilakukan dalam langkah penghematan energi pada bangunan. Termasuk dalam pendekatan selubung bangunan. Sebisa mungkin pencahayaan mengandalkan cahaya alami dari bukaan bangunan. Arah timur dan barat memberikan sinar matahari yang lebih banyak terutama pada saat matahari berada di posisi rendah baik pagi maupun sore. Salah satu cara yang paling efisien adalah dengan shading eksterior. Pada bangunan LEO digunakan dua jenis jendela, yakni *punch hole window facade* untuk area lantai bawah dan *curtain wall windows* dengan shading kisi-kisi untuk lantai-lantai atas. Jendela tersebut memiliki proporsi 25-39% dari luas fasade tergantung pada orientasi. Pada bagian barat hampir tidak memiliki jendela. Kaca-kaca jendela memiliki tebal 12mm dengan warna hijau serta memiliki transmisi cahaya tampak 65% dan koefisien bayangan 0,59.

2. Metode

Penelitian ini dilakukan pada Februari hingga Maret 2018. Metode umum yang digunakan adalah metode deskriptif evaluatif serta metode eksperimental. Metode deskriptif evaluatif meliputi observasi dan pengukuran. Observasi digunakan untuk menguraikan secara riil kondisi eksisting melalui pengamatan langsung serta wawancara, sedangkan pengukuran dilakukan sesuai prosedur audit energi SNI 6196:2011 guna mengetahui profil penggunaan energi yang meliputi tahapan sebagai berikut

1. Audit Energi Singkat

Pada audit ini meliputi tahap persiapan serta pengumpulan data berupa data fisik bangunan, data kelistrikan, dan data riwayat pembayaran listrik selama 2 tahun terakhir. Selanjutnya dilakukan langkah perhitungan indeks konsumsi energi (IKE) bangunan serta beberapa masukan.

2. Audit Energi Rinci

Pada audit ini meliputi tahap persiapan serta pengumpulan data berupa data historis berupa gambar konstruksi bangunan dan rencana instalasi kelistrikan, data pengukuran berupa hasil ukur langsung pada elemen-elemen pengguna listrik sistem pendinginan, pencahayaan, transportasi, dan peralatan kantor, dan data observasi berupa data evaluasi desain eksisting bangunan. Selanjutnya data tersebut dianalisis

Adapun metode eksperimental digunakan untuk mengkaji rekomendasi berdasarkan hasil evaluasi. Pendekatan solusi dilakukan secara arsitektural maupun teknis. Metode ini merupakan langkah lanjutan dalam menanggapi masukan hasil pengumpulan data dimana dilakukan rekomendasi dengan pilihan alternatif. Alternatif-alternatif tersebut diujikan melalui simulasi *software* untuk mengetahui besar kinerja penghematan yang dapat diberikan. Dalam penelitian ini digunakan *software* Ecotect Analysis 2011 untuk mengukur pendinginan dan *software* Dialux 4.13 untuk mengukur pencahayaan.

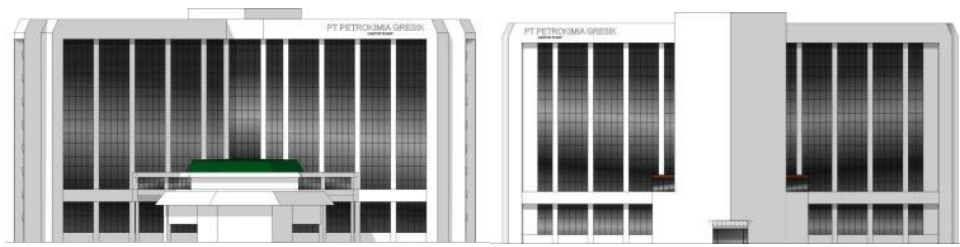
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Tinjauan Objek

Gedung PT Petrokimia terletak di kawasan industri Petrokimia tepatnya di Jalan Ahmad Yani, Gresik. Terdiri dari podium dengan fungsi *convention hall* dan tower dengan fungsi kantor. Gedung kantor pusat PT Petrokimia memiliki 9 lantai dengan 3 lantai dasar tersambung dengan podium (Anex). Total luas ruang yang disewakan adalah 10.537 m² dengan pembagian 69% luas ruang digunakan oleh PT Petrokimia Gresik sedang 31% sisanya digunakan oleh PT Graha Sarana Gresik (GSG).

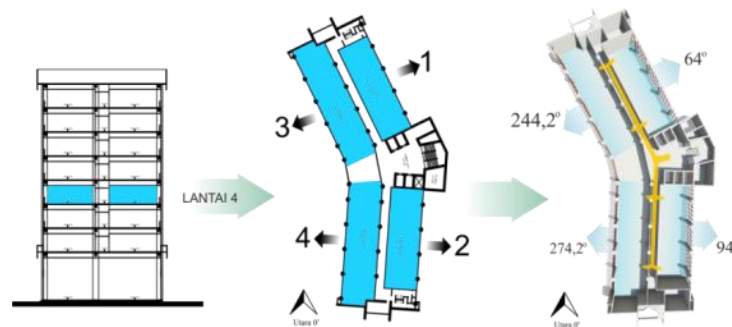


Gambar 1. Lingkungan gedung kantor pusat PT Petrokimia Gresik
(Sumber : www.google.com/earth, 2018)



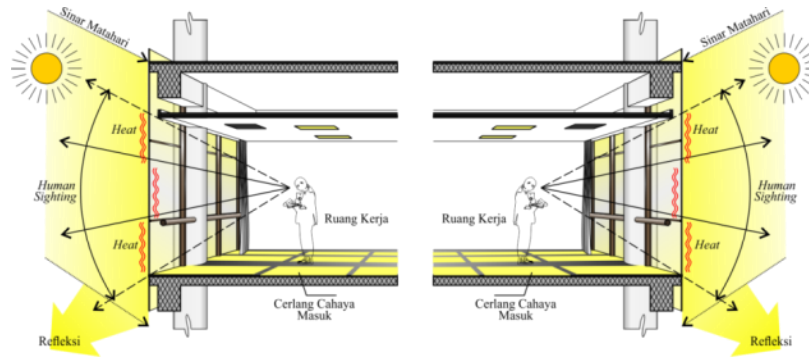
Gambar 2. Tampak depan dan belakang gedung kantor Petrokimia Gresik

Orientasi muka bangunan menghadap ke arah barat dengan sisi terpanjang bangunan membujur utara-selatan. Tekukan pada tengah bangunan menjadikan sisi terpanjang bangunan menghadap ke 4 arah orientasi yang berbeda. Orientasi utama bangunan menghadap pada sudut jurusan $259,2^\circ$ sedang sisi terpanjang terbagi dengan hadapan sudut jurusan timur $64,2^\circ$, sudut jurusan timur $94,2^\circ$, sudut jurusan barat $244,2^\circ$, dan sudut jurusan barat $274,2^\circ$.



Gambar 3. Pembagian sampel serta sudut jurusan masing-masing orientasi

Luas bukaan pada sisi depan yang menghadap barat mencapai $1.729,875 \text{ m}^2$ atau 79,5% dari luas bidang. Sedangkan pada sisi belakang yang menghadap timur mencapai $1251,02 \text{ m}^2$ atau 50% dari luas sisi tersebut. Material yang digunakan pada bukaan adalah kaca rayban setebal 8mm dengan lapisan film. Selubung transparan utama menggunakan kaca *single glazing* dengan *coating* film yang memiliki koefisien hantar panas sebesar 0,64. dengan tingkat koefisien visible 0,37. Pendingin sentral menggunakan mesin chiller yang telah berusia 25 tahun dengan konsumsi energi mencapai 1.213.155.94 kWh/tahun. Mesin pendingin mengalami penurunan kualitas seiring dengan laju usia mesin. Untuk menjaga ketahanannya sering dilakukan maintenance dengan biaya cukup tinggi yang harus dikeluarkan. Peletakkan difuser pada sisi koridor memungkinkan berkurangnya persebaran udara dingin pada sisi terluar. Kualitas chiller yang menurun serta peletakkan difuser yang tidak mampu menjangkau sisi terluar ruang mengakibatkan penambahan unit pendingin. Hal tersebut memberikan tambahan beban penggunaan listrik.



Gambar 4. Selubung bangunan yang menyelubungi ruang-ruang kerja

Kuat terang pada pengukuran penerangan alami didapat angka rata-rata 450-150 lux pada sisi terluar dan 100-50 lux pada sisi terdalam dengan kuat terang ruang luar 95-70 kLux. Kuat terang rata-rata pada ruang yang menggunakan penerangan buatan adalah 150-250 lux. Angka tersebut berada di bawah standar kenyamanan visual bangunan kantor yakni 350 lux.

3.2 Audit Energi

1. Audit Singkat

Total penggunaan listrik tahun 2016 = 2.366.000 kWh/year

Total penggunaan listrik tahun 2017 = 2.267.450 kWh/year

Rata-rata indeks penggunaan energi 2 tahun terakhir;

$$IKE = \frac{215,013 + 206,057}{2} = \mathbf{210,535 \text{ kWh/m}^2/\text{year}}$$

2. Audit Rinci

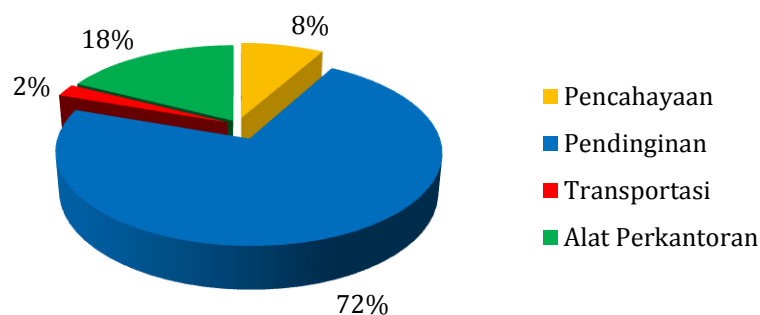
Total penggunaan listrik untuk pencahayaan = 235.836,29 kWh/tahun,

total penggunaan listrik untuk pendinginan = 2.070.785 kWh/tahun,

total penggunaan listrik untuk transportasi = 63.451,3 kWh/tahun,

total penggunaan listrik untuk peralatan kantor = 501.988,38 kWh/tahun,

sehingga total keseluruhan penggunaan listrik adalah **2.872.061 kWh/tahun**.

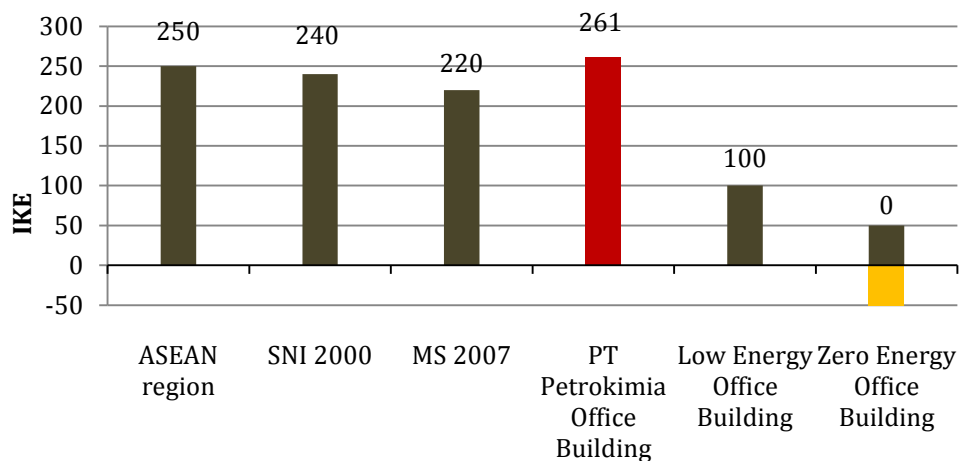


Gambar 5. Diagram pembagian energi listrik keseluruhan gedung kantor PT Petrokimia

3.3 Hasil Audit dan Masukan PKE

Dari perhitungan beban keseluruhan, didapatkan data akhir sebagai berikut;

Indeks Konsumsi Energi (IKE) yang didapat $IKE = \frac{2.872.061}{11.004} = 261 \text{ kWh/m}^2/\text{tahun}$



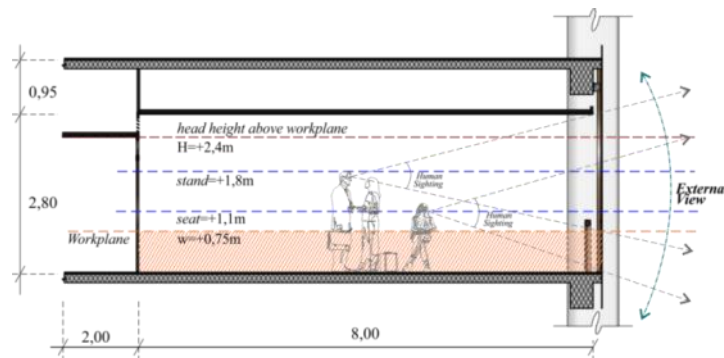
Gambar 6. IKE audit energi gedung kantor pusat PT Petrokimia

Masukan yang dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan rekomendasi;

1. Pertimbangan mengelola selubung bangunan guna mengurangi intensitas panas yang masuk ke dalam bangunan, memanfaatkan daylight sebagai penerangan di siang hari serta memperhatikan pengaliran visual ruang luar guna menunjang suasana bekerja agar lebih baik.
2. Pertimbangan untuk mengganti mesin pendingin conventional dengan pendingin berteknologi inverter untuk menghemat energi serta pengaturan posisi difuser udara dingin dan mengurangi penggunaan mesin pendingin tambahan.
3. Pertimbangan untuk mengganti lampu dengan jenis lampu hemat energi dengan lumen yang memadai guna mencapai nilai kuat terang yang memenuhi standar penerangan
4. Pertimbangan untuk melaksanakan operasional terpadu atau dengan sistem otomatis dalam mengontrol operasional sehingga tidak terjadi pemborosan penggunaan energi.

3.4 Rekomendasi Arsitektural

Sorotan yang kuat hasil masukan observasi dan audit energi adalah selubung bangunan yang berimbas banyak terutama pada aspek pendinginan yang memiliki angka di atas standar. Dalam hal ini, ada baiknya dilakukan rekayasa desain selubung bangunan guna meminimalkan beban termal yang berlebih. Namun, pertimbangan kualitas juga perlu diperhatikan guna mencapai nilai yang optimal.



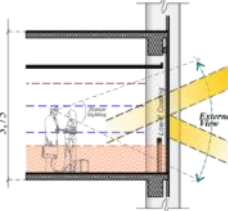
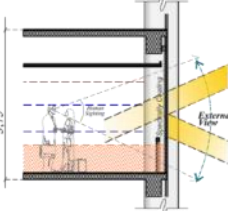
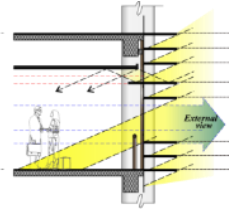
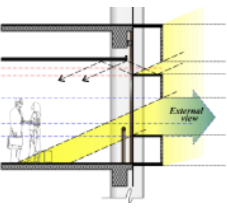
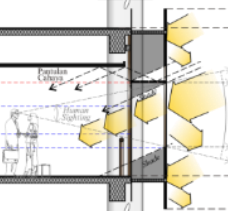
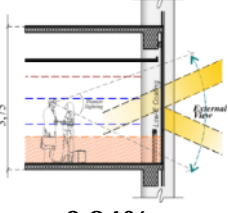
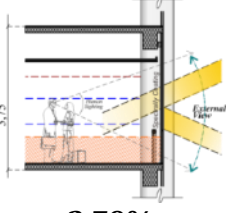
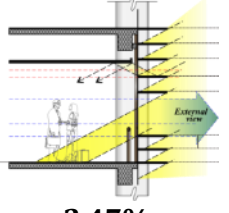
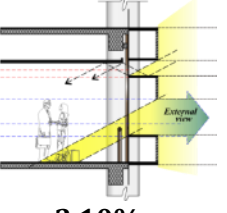
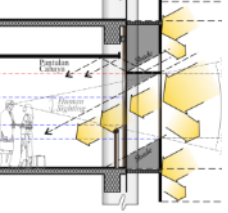
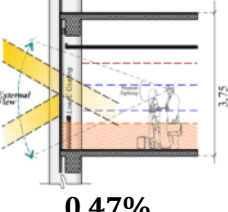
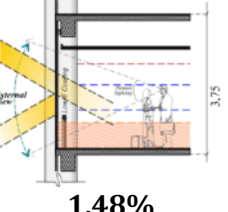
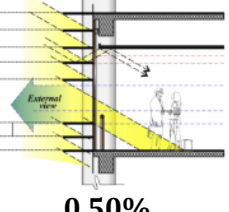
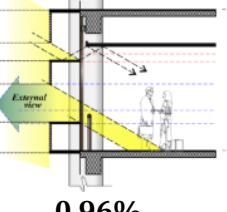
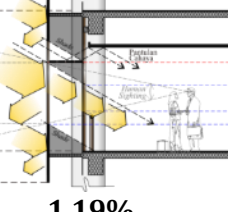
Gambar 7. Ketinggian bidang kerja serta ketinggian di atas bidang kerja yang direkomendasikan pada ruang kerja sampel
(Sumber: Moore, 1993)

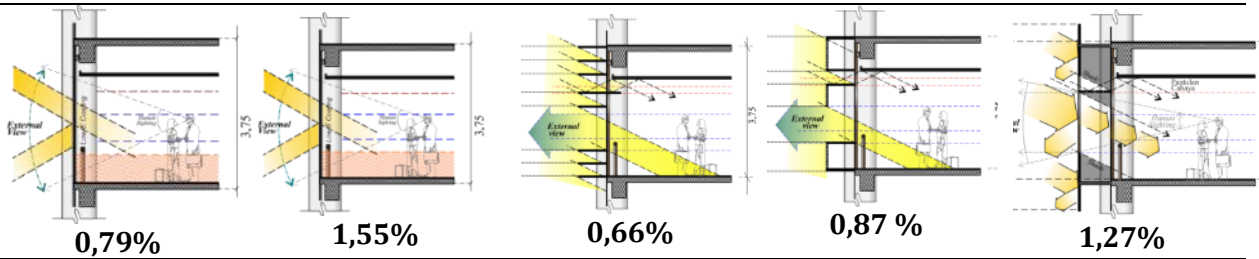
Berdasarkan masukan audit dan observasi, yang menjadi pertimbangan tertinggi adalah pendinginan bangunan. Dalam langkah rekomendasi, masukan yang menjadi titik berat adalah pengolahan selubung bangunan. Diharapkan dalam pengolahan ini dapat dihasilkan rekomendasi yang memiliki kinerja dalam menurunkan beban panas sehingga beban penggunaan pendinginan bisa dikurangi. Dalam pengolahan selubung ini dapat dipertimbangkan upaya dalam pengolahan material selubung, kemudian penggunaan media-media untuk menghalau sinar langsung atau menghentikan kontak langsung antara sinar matahari dengan selubung bangunan.

1. Alternatif Desain Selubung

Langkah rekomendasi pengolahan selubung yang dapat dipertimbangkan adalah dengan mengolah material selubung transparan dengan sistem *double glazing* dengan pelapis *coating* Low-E dan Spectrally Selective. Kemudian mengolah pembayangan selubung dengan menerapkan media bayang dengan pilihan overhang horizontal dan overhang kombinasi celah vertikal. Langkah pilihan terakhir yakni menghalau panas selubung utama dengan penggunaan selubung ganda berbahan transparan dan masif. Dari pengolahan selubung tersebut diketahui hasil performa seperti berikut

Tabel 1. Perbandingan koefisiensi kinerja alternatif

Sampel	Koefisien Performa Penggunaan Alternatif Material				
	<i>Double glazing</i> Low-E	<i>Double glazing</i> Spectrally Selective	<i>Shading Device 1</i> (Overhang Horizontal)	<i>Shading Device 2</i> (Overhang + Celah Vertikal)	<i>Double Skin</i> Kombinasi Masif dan Transparan
1	 0,6%	 2,07%	 0,31%	 1,01%	 0,47%
2	 0,94%	 2,79%	 2,47%	 3,10%	 2,97%
3	 0,47%	 1,48%	 0,50%	 0,96%	 1,19%



Dari simulasi yang telah dilakukan, didapatkan 3 alternatif terbaik dari pilihan sebelumnya yakni penggantian material transparan dengan sistem *double glazing* ber-coating Spectrally Selective, Media bayang overhang kombinasi celah vertikal, dan selubung ganda bermaterial masif dan transparan.

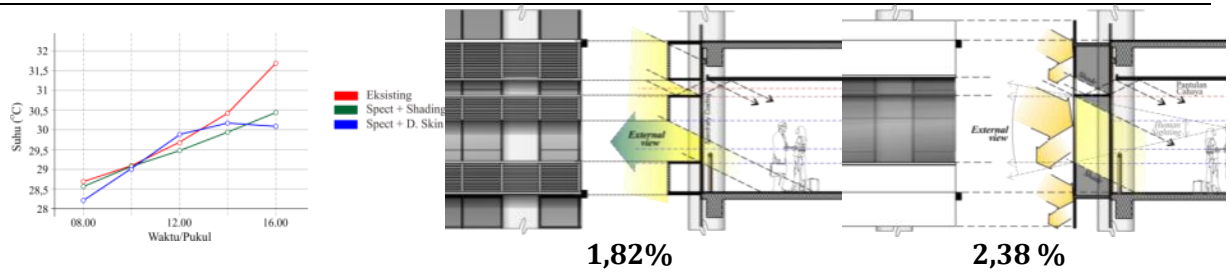
2. Alternatif Kombinasi

Selanjutnya alternatif terbaik tersebut dikombinasikan menjadi alternatif baru. Kombinasi 1 merupakan gabungan material *double glazing Spectrally* dengan Media bayang overhang kombinasi celah vertikal, sedangkan Kombinasi 2 merupakan gabungan material *double glazing Spectrally* dengan Selubung ganda bermaterial masif dan transparan.

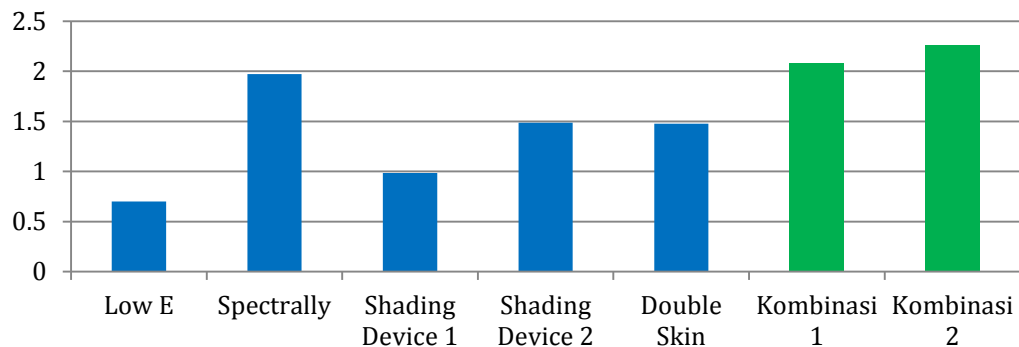
Tabel 2. Perbandingan koefisiensi kinerja alternatif kombinasi 1 dan kombinasi 2

Sa	Grafik Perbandingan Suhu Rata-Rata	Koefisien Performa Alternatif Kombinasi	
		Kombinasi 1	Kombinasi 2
1		1,59%	1,69%
2		3,33%	3,18%
3		1,59%	1,79%

4



Dari perbandingan kinerja masing-masing didapatkan hasil terbaik adalah kombinasi 2 dengan angka penghematan mencapai 3,18% dengan rata-rata 2,26%.



Gambar 8. Tingkat perbedaan rata-rata performa alternatif serta kombinasi

3.5 Rekomendasi Teknis

Teknologi pendingin terkini dengan sistem terbaru dan hemat energi adalah pendingin dengan sistem VRV (*Variable Refrigerant Volume*). Dengan penerapan teknologi ini, asumsi penggunaan energi pada sistem pendingin didapat angka berikut,

$$\text{IKE} = \frac{1.035.92,5}{11.005} = 94,084 \text{ kWh/tahun/m}^2$$

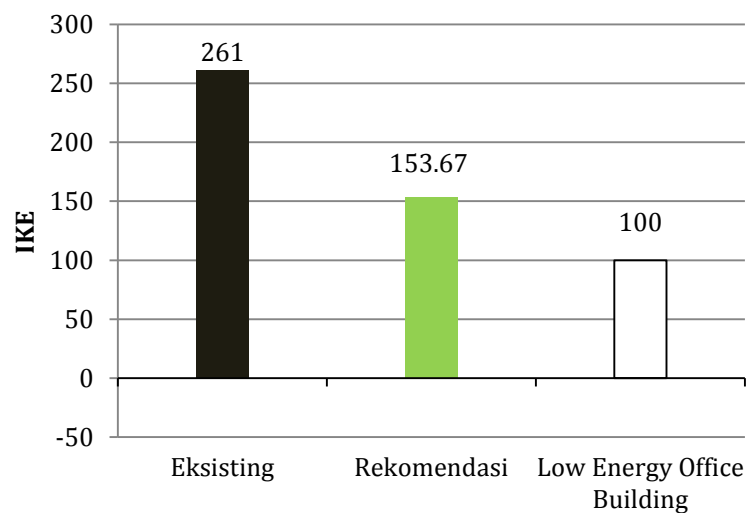
Pada sistem pencahayaan dilakukan penggunaan lampu TL dengan penggantian lampu LED. Dari langkah tersebut didapatkan angka IKE berikut

$$\text{IKE} = \frac{125.097,272}{11.005} = 11,37 \text{ kWh/tahun/m}^2$$

3.6 Rekomendasi Terpilih dan IKE Akhir

Rekomendasi desain akhir yang dapat dilakukan yakni penggantian material transparan dengan sistem *double glazing* dengan lapisan *Spectrally Selective Coating* dan pemasangan selubung ganda dengan gabungan material masif dan transparan. Adapun nilai akhir dari rangkaian penghematan adalah,

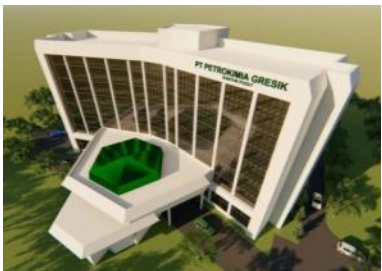
$$\text{IKE} = \frac{1.690.982,14}{11.004} = 153,67 \text{ kWh/m}^2/\text{tahun}$$



Gambar 9. IKE akhir rekomendasi PKE gedung kantor pusat PT Petrokimia

Nilai rupiah yang mampu dihemat dalam biaya operasional pada perhitungan akhir setelah dilakukan langkah penghematan adalah $1.690.982,14 \times 1.800 = 3.043.767,85$ rupiah. Adapun kenampakan akhir bangunan dengan rekomendasi yang terpilih adalah sebagai berikut

Tabel 3. Perbandingan visualisasi akhir bangunan eksisting dengan bangunan rekomendasi

Eksisting	Rekomendasi
	
	

4. Kesimpulan

Hasil pada audit energi rinci didapat IKE yang mencapai $261 \text{ kWh/m}^2/\text{tahun}$ dimana angka tersebut berada di atas standar nasional maupun internasional. Aspek yang mendominasi penggunaan energi secara keseluruhan adalah sistem pendinginan

dengan besar konsumsi total mencapai 2.070.785 kWh/tahun atau setara 188,19 kWh/year/m².

hasil terbaik dalam langkah pengolahan selubung bangunan adalah kombinasi *double glazing spectrally selective* dengan selubung ganda bermaterial masif dan transparan. Alternatif ini mampu memberikan efisiensi penurunan mencapai 3,18% dengan rata-rata mencapai 2,26%.

Dari keseluruhan langkah yang telah dilakukan, dihasilkan penghematan konsumsi energi dari 2.872.061 kWh/tahun menjadi 1.690.982,14 kWh/tahun. Angka IKE akhir setelah dilakukan rekomendasi adalah sebesar 153,67 kWh/m²/tahun, angka tersebut 41,1% lebih hemat dari sebelumnya 261 kWh/m²/tahun. Sedangkan biaya yang diperhitungkan sebagai biaya operasional menjadi Rp. 3.043.767,85. Angka tersebut $\frac{1}{4}$ lebih rendah dari pengeluaran sebelumnya.

Daftar Pustaka

- Abdurrachim. Halim, Pasek, Darmawan Ari dan Sulaiman, TA. 2002. *Audit Energi, Modul 2, Energy Conservatio*.
- Badan Standarisasi Nasional. 2011. SNI 6169:2011 *Prosedur Audit Energi pada Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN
- Departemen Pendidikan Nasional (2014). *Kamus Besar Bahasa Indonesia Cetakan ke delapan Belas Edisi IV*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama
- Hawkes, Dean. (2002). *Energy Efficient Building: Architecture, Engineering, and Environment*. London: W. W. Norton & Company
- Karyono, Tri Harso. (2010). *Green Architecture; Pengantar Pemahaman Arsitektur Hijau di Indonesia*. Jakarta: Djmbatan
- Kristensen, Poul E., CK Tang, Gregers Reimann, Ahmad Zairin Ismail. 2005. *Design Strategies for Energy Efficiency in Hot and Humid Climate : the Case of the ZEO Building*
- Moore, Fuller. 1993. *Environmental Control System: Heating, Cooling, Lighting*. The United States: McGraw-Hill
- Roy, Anish Kumar, A. Rahim Mahmood. 2005. Low Energy Office Building In Putrajaya, Malaysia. *The 2005 World Sustainable Building Conference*, 27-29 September 2005. Tokyo.
- Yoong, Y. (2008). Pusat Tenaga Malaysia's Zero Energy Building. *FuturArc*. hlm. 64-67