

LAMPIRAN A2 AUDIT ENERGI

Disusun untuk:

PT PERUSAHAAN GAS NEGARA (PERSERO) Tbk.
JL. K.H. ZAINUL ARIFIN NO. 20
JAKARTA, 11140
INDONESIA

Disusun oleh:

PT HATFIELD INDONESIA
GEDUNG LIPI, 3RD FLOOR
JL. IR. H. JUANDA NO. 18
BOGOR 16122
INDONESIA

12 NOVEMBER 2012

PGN 1062

1.0 HASIL AUDIT ENERGI

1.1 POTRET PENGGUNAAN ENERGI

1.1.1 Gedung Perkantoran

1.1.1.1 Kondisi Umum

Gedung kantor pusat PGN memiliki 4 unit gedung kantor yang terdiri dari:

- Gedung A, dengan luas bangunan sebesar 4,596 m²;
- Gedung B, dengan luas bangunan sebesar 5,116 m²;
- Gedung C, dengan luas bangunan sebesar 3,456 m²; dan
- Gedung Graha PGAS, dengan luas bangunan sebesar 15,876m²

Gambar 1.1 Gedung kantor pusat PGN.



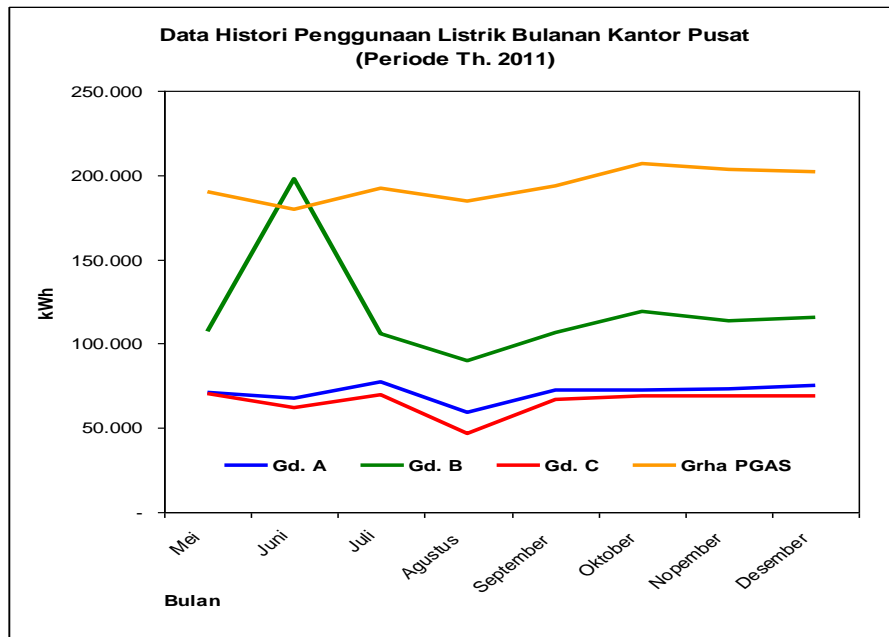
Energi yang digunakan, sebagian besar adalah energi listrik yang disuplai dari PLN dengan kontrak daya masing-masing gedung adalah:

- Gedung A, kontrak daya sebesar 625 kVA;
- Gedung B, kontrak daya sebesar 830 kVA;
- Gedung C, kontrak daya sebesar 414 kVA; dan

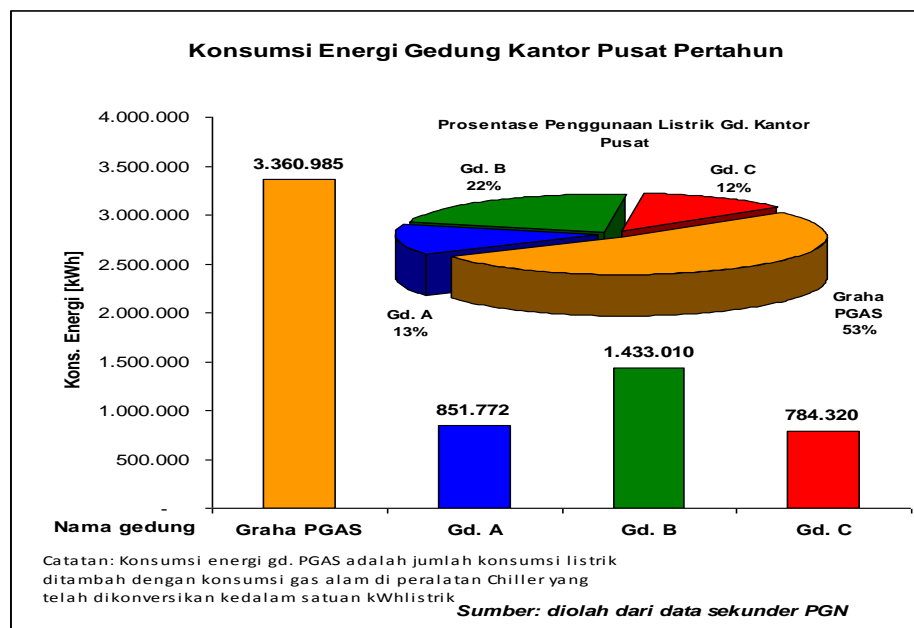
- Gedung Graha PGAS, kontrak daya sebesar 1,110 kVA.

Berikut merupakan data historis penggunaan energi di gedung kantor pusat, yang diolah dari data rekening listrik dan gas alam.

Gambar 1.2 Profil energi bulanan di Gedung kantor pusat PGN. (Cat.: Konsumsi gas alam merupakan bahan bakar yang dikonsumsi Absorption Chiller Graha PGAS).



Gambar 1.3 Konsumsi energi gedung kantor pusat per tahun.



Dari grafik diatas terlihat bahwa pengguna energi terbesar adalah gedung graha PGAS [53%] dan mengkonsumsi energi sebesar 3.360.985 kWh (nilai ini merupakan total konsumsi listrik ditambah dengan konsumsi gas alam untuk *absorption Chiller*). Gambaran sebaran atau distribusi energi ke fasilitas-fasilitas pengguna energi di masing-masing gedung kantor pusat disajikan pada Tabel berikut.

Tabel 1.1 Sebaran/distribusi penggunaan energi digedung kantor pusat PGN.

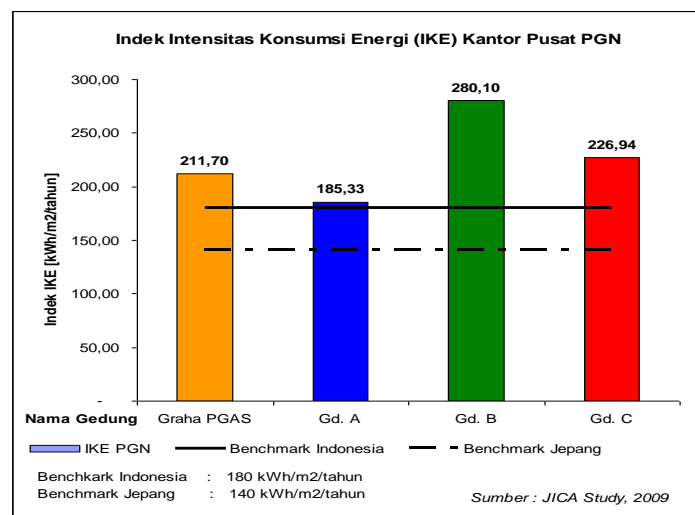
Gedung	Konsumsi (kWh)	Penerangan	Stop kontak	Tata Udara	Utility		Beban Malam	Lain-lain
					Pompa	Lift		
Gedung PGAS	8721	9%	6%	39%	1%	1%	12%	32%
Gedung C	2861	8%	9%	44%		1%	8%	32%
Gedung B	2170	6%	4%	41%	2%	1%	15%	30%
Gedung A	3175	8%	6%	53%	1%	1%	7%	25%
Total	16927							

Catatan: Data diolah dari hasil audit energi (2012). Konsumsi energi (kWh) gedung B terlihat paling kecil, hal ini disebabkan beberapa lantai (5 lantai) digedung B dalam proses perbaikan.

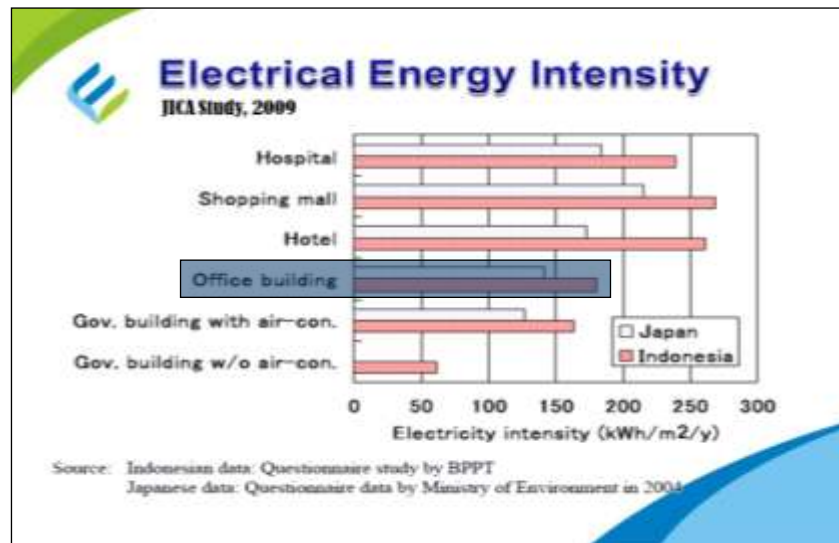
Dari tabel tersebut, pengguna energi terbesar adalah peralatan AC (39% s.d 53%).

Indikator optimal atau tidaknya pemanfaatan energi disuatu gedung atau bangunan perkantoran adalah nilai indikator Intensitas Konsumsi Energi (IKE) gedung tersebut terhadap nilai IKE benchmark. Apabila IKE gedung lebih besar dari IKE benchmark maka gedung tersebut termasuk/tergolong pada gedung yang tidak optimal dalam hal pemanfaatan energinya dibandingkan dengan gedung-gedung perkantoran yang memiliki nilai IKE dibawah IKE benchmark. Berikut merupakan gambaran nilai IKE gedung-gedung di kantor pusat PGN yang dikomparasi terhadap nilai IKE benchmark.

Gambar 1.4 Profil IKE di Gedung kantor pusat PGN.



Gambar 1.5 Indeks IKE untuk beberapa kategori jenis bangunan komersial.



Nilai intensitas konsumsi energi (IKE) benchmark yang digunakan sebagai bahan komparasi adalah hasil study JICA tahun 2009, dimana nilai IKE untuk bangunan perkantoran adalah:

- IKEIndonesia: 180 kWh/m²/tahun; dan
- IKEJepang: 140 kWh/m²/tahun.

Berdasarkan nilai indek IKE diatas, maka secara umum nilai IKE gedung kantor pusat **PGN** berada di atas nilai *benchmark* perkantoran di Indonesia dan di Jepang.

1.1.1.1.1 Identifikasi Peluang Konservasi Energi

Berdasarkan hasil pengumpulan data, pengamatan lapangan dan pengolahan data yang dilakukan, terdapat berbagai peluang Konservasi Energi (KE) di Gedung C. Berbagai hasil identifikasi peluang KE tersebut antara lain:

1. Load management (pengelolaan beban), antara lain:
 - Starting atau pengoperasian peralatan tata udara perlu dicoba mulai jam 6.30 atau bahkan jam 7.00 pagi (tdk jam 5.30);
 - Improvement sistem dan mekanisme pengaturan distribusi listrik, sistem penerangan dan AC yang didukung oleh sistem pemantauan real time, pelaporan dan evaluasi reguler.
2. Merubah sistem saklar terpusat (central switch) menjadi sistem penerangan yang terbagi berdasarkan area (lighting zone) antara lain:

- Rewiring & regrouping sistem penerangan ruangan;
 - Implementasi sistem kontrol dengan menggunakan sistem remote dan atau sensor (sensor okupansi).
3. Menggunakan teknologi lampu yang lebih hemat energi atau yang memiliki efikasi (lumen/watt) tinggi sehingga tingkat luminasi tercapai tetapi konsumsi daya rendah;
 - Menggunakan lampu jenis TL T5 LHE untuk mengganti TL eksisting;
 - Merencanakan mengganti lampu ke jenis LED;
 - Untuk keperluan estetika ruangan (misalkan menerapkan sistem undirect lighting), ada baiknya menggunakan lampu yang kecil wattnya. Yang direkayasa adalah warna lampu, tata letak serta model interior.
 4. Meningkatkan sistem pengendalian operasi sistem tata udara, melalui.
 - Sensor temperatur ruangan sebagai input untuk variable speed blower AHU;
 - Mengganti perangkat AC individual dengan AC High Efficiency (Refrigerant Variable Volume);
 - Mengurangi kapasitas AC pada ruangan yang over cooled.
 5. Reinstalasi jaringan kelistrikan untuk meningkatkan kualitas dan keseimbangan distribusi listrik.
 6. Melakukan house keeping, antara lain:
 - Peningkatan kordinasi kerja antara tim penanggung jawab masalah fasilitas gedung dengan tim security dan office boy (sehingga apabila ada indikasi pemborosan energi bisa secara cepat ditanggulangi;
 - Misalkan ditemukannya peralatan lampu yang malfungsi (rusak), sistem outdoor AC kotor, lampu menyala padahal tidak ada orang atau dapat memanfaatkan pencahayaan alami, dan lain sebagainya.

1.2 POTENSI PENGHEMATAN ENERGI

1.2.1 Ringkasan Potensi Penghematan Energi

Dari hasil kegiatan audit energi yang telah dilakukan pada gedung-gedung perkantoran di area kantor pusat PGN dan di area operasi stasiun-stasiun

wilayah kerja SBU-TSJ telah diperoleh beberapa identifikasi potensi penghematan energi.

Identifikasi potensi penghematan energi tersebut diperoleh dari hasil pengamatan dan pengukuran yang dilakukan pada peralatan-peralatan pengguna energi di sistem penerangan, sistem tata udara, sistem kualitas kelistrikan, sistem pembangkitan listrik (khusus di stasiun-stasiun yang menggunakan pembangkitan sendiri), dan sistem kompresor gas.

Dari identifikasi-identifikasi potensi penghematan energi yang telah diketahui tersebut, maka langkah selanjutnya adalah melakukan analisis besaran potensi penghematan energi dan langkah-langkah implementasi untuk merealisasikan besaran potensi penghematan energi tersebut.

Besaran nilai potensi penghematan energi di Kantor Pusat PGN seperti disajikan pada Tabel 4.55 berikut.

Tabel 1.2 Besaran Nilai Potensi Penghematan Energi di Kantor Pusat PGN.

Objek	*Potensi Penghematan Energi (%)	Potensi Penghematan Biaya (Rp)	Investasi (Rp)
Gedung A	16,46	112.146.640	**1.702.020.000
Gedung B	6,34	72.727.200	**1.811.540.000
Gedung C	11,81	74.096.800	490.160.000
Gedung PGAS	3,34	89.889.728	812.884.000

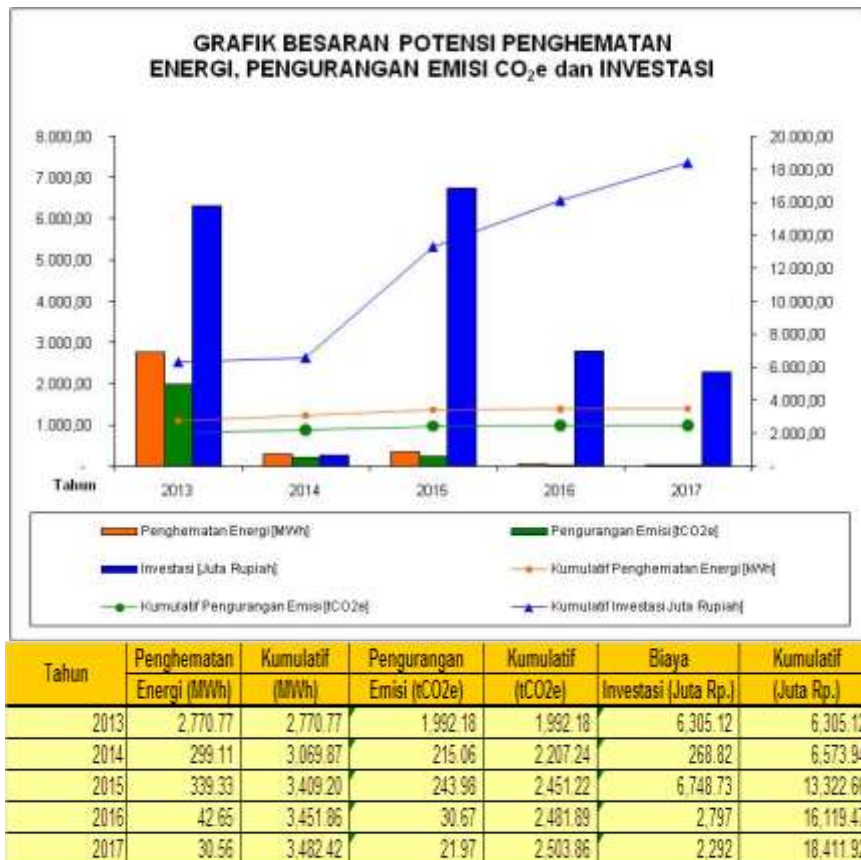
Keterangan: * dari konsumsi energi total masing-masing objek

** termasuk biaya penambahan fasad (tidak termasuk investasi double glass)

Besaran potensi penghematan energi tersebut dapat direalisasikan melalui langkah-langkah sebagai berikut:

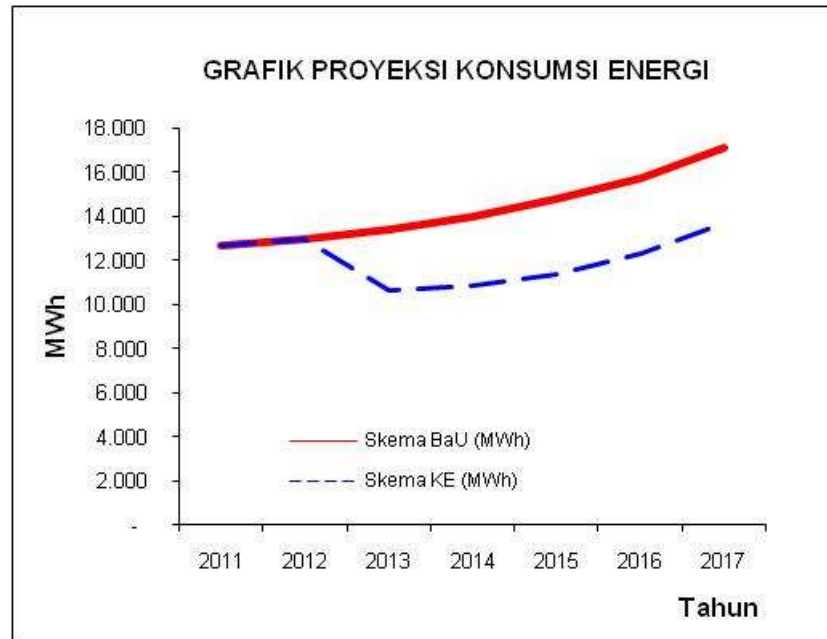
- Penggantian lampu eksisting menjadi TL T5;
- Rewiring dan pemasangan occupation censer pada ruang kerja;
- Penggantian refrijeran eksisting (R-22) menjadi jenis hidrokarbon yang lebih ramah lingkungan dan lebih efisien;
- Pemasangan kapasitor bank pada peralatan dengan $\cos \phi < 0,85$ terutama pada motor listrik.

Dari total potensi penghematan energi (Kantor Pusat dan SBU-TSJ) diatas, besaran/nilai potensi emisi (CO₂) yang dapat direduksi sebesar 3.020,72 ton CO₂ ekuivalen.



Apabila langkah-langkah potensi penghematan energi diimplementasikan sesuai dengan time-line diatas, maka skenario *Business as Usual* (BaU) dan Konservasi Energi (KE) penggunaan energi tiap tahunnya dapat dilihat pada gambar di bawah.

Gambar 1.6 Proyeksi konsumsi energi berdasarkan skenario BaU dan KE.



Berikut adalah detail tabel timeline implementasi potensi penghematan energi dan biaya investasi serta besaran reduksi emisi CO₂ ekivalen.

1.2.2 Analisis Potensi Penghematan Energi

Pada laporan sebelumnya telah diuraikan secara detail hasil pengolahan data yang diperoleh melalui pengumpulan data (data sekunder maupun data primer/pengukuran).

Pengolahan data hasil pengukuran dan pengamatan dikelompokkan berdasarkan objek audit, meliputi:

- Kantor Pusat PGN, meliputi: Gedung A, Gedung B, Gedung C, dan Gedung Graha PGAS; dan

Selain itu, di masing-masing objek audit, pengolahan data hasil pengukuran dan pengamatan dikelompokkan pula berdasarkan fokus audit energi, meliputi:

- Sistem Selubung Bangunan (khusus gedung Kantor Pusat PGN);
- Sistem Kelistrikan;
- Sistem Penerangan;
- Sistem Tata Udara;
- Sistem Utility (Lift, Pompa); dan
- Sistem Pembangkitan (GEG) di stasiun

Dari hasil pengolahan data pengamatan dan pengukuran tersebut diperoleh beberapa identifikasi potensi penghematan energi antara lain:

- Sistem Selubung Bangunan, potensi penghematan energi diperoleh dengan mengupayakan mereduksi beban thermal eksternal. Tujuannya dengan berkurangnya beban thermal eksternal akan menurunkan *cooling load* ruangan sehingga konsumsi energi pada peralatan AC akan turun. Upaya untuk menurunkan beban thermal eksternal diperoleh melalui:
 - Penggantian kaca eksisting jenis *single glazed* ke jenis *double glazed*;
 - Menambahkan material *solid wall*/fasad untuk mengurangi beban transmisi radiasi matahari.
- Sistem Kelistrikan, potensi penghematan energi melalui:
 - Perbaikan cosphi atau faktor daya melalui pemasangan capacitor bank sehingga bisa menambah umur pemakaian peralatan karena rugi-rugi thermal;

- Diversifikasi konsumsi energi melalui instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).
- Sistem Penerangan, potensi penghematan energi melalui:
 - Penggantian lampu eksisting (TL-D 36 Watt) ke jenis TL T5 28 Watt;
 - Rewiring dan Regrouping/ rezoning sistem saklar;
 - Instalasi sistem Okupansi Sensor, sensor yang mendeteksi pergerakan sehingga dapat menyalakan lampu secara otomatis.
- Sistem Tata udara, potensi penghematan energi melalui:
 - Retrofit refrijeran eksisting ke jenis refrijeran hidrokarbon (khusus di kantor pusat PGN);
 - Retrofit/penggantian teknologi peralatan AC eksisting ke peralatan AC jenis inverter (AC split) dan jenis *split duct* dengan nilai COP yang lebih tinggi.

Selanjutnya, dari potensi penghematan energi tersebut dilakukan analisis lebih lanjut sehingga diperoleh besaran nilai potensi penghematan energi. Analisis potensi penghematan energi di Kantor Pusat PGN disampaikan pada bagian berikut.

1.2.2.1 Kantor Pusat PGN

1.2.2.1.1 Selubung Bangunan

1.2.2.1.1.1 Konsep dan Metode Sistem Selubung Bangunan

Kenyamanan thermal ruangan di dalam gedung/bangunan umumnya dikondisikan melalui suatu peralatan tata udara (AC *central*, *split duct*, dll.). Untuk menciptakan kondisi thermal yang sesuai maka peralatan AC tersebut harus mampu melawan beban thermal total ruangan yaitu beban thermal internal dan eksternal, dimana:

- Sumber beban thermal internal adalah yang berasal kalor laten dan sensible orang/penghuni, kalor sensible peralatan kantor, dll.); dan
- Sumber thermal eksternal adalah yang berasal dari panas yang dibawa oleh radiasi matahari.

Semakin besar beban thermal ruangan akan berdampak pada semakin besar pula kebutuhan energi yang harus disuplai keperalatan AC tersebut.

Dalam kaitannya dengan sistem selubung bangunan dapat dijelaskan sebagai berikut: apabila beban eksternal (panas yang dibawa oleh radiasi matahari) dapat dikurangi melalui pemilihan material (bahan) bangunan yang dapat menghambat panas radiasi matahari maka komponen beban eksternal akan turun sehingga beban total thermal ruangan akan turun juga yang pada akhirnya kebutuhan energi yang disuplai untuk peralatan AC dapat diturunkan.

Kesimpulannya, sistem selubung bangunan yang baik akan mengoptimalkan penggunaan energi.

Rujukan yang digunakan untuk menghitung kondisi dari sistem selubung bangunan adalah standar SNI 03-6389-2000 (Konservasi energi pada selubung bangunan). Namun demikian metode perhitungan OTTV (selubung bangunan) yang digunakan di laporan ini adalah menggunakan *software* analisis ECOTECT, yaitu suatu *software* simulasi yang berbasis metode *finite element* atau FEMA (*Finite Element Method Analysis*).

1.2.2.1.1.2 Perhitungan Sistem Selubung Bangunan (Estimasi Nilai OTTV Bangunan Gedung Kantor Pusat PGN)

1.2.2.1.1.2.1 Data (Informasi) dan Fakta Bangunan Gedung Kantor Pusat PGN

Gambaran data dan fakta bangunan gedung Kantor Pusat PGN adalah sebagai berikut:

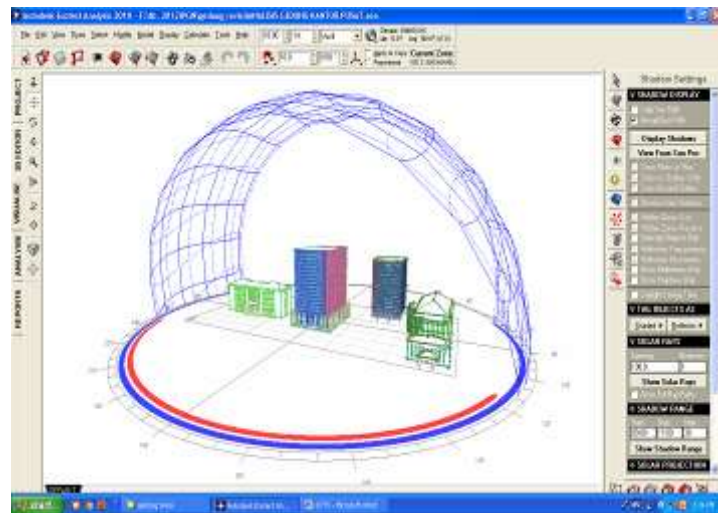
Gedung A	<p>Deskripsi:</p> <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Luas Bangunan 4.596 m². ⇒ Tinggi bangunan ± 20,42 m. ⇒ Sistem selubung bangunan terdiri dari dinding dan kaca (single glass aluminium frame yang dilapisi kaca film). ⇒ Orientasi bangunan, tampak depan menghadap Barat. ⇒ Luasan bangunan yang banyak terekspos/paling besar menerima solar thermal radiation sisi depan dan belakang gedung (bagian gedung yang menghadap ke arah barat dan timur).
----------	---

Gedung B	<p>Deskripsi:</p> <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Luas Bangunan 5.116 m². ⇒ Tinggi bangunan ± 42 m. ⇒ Sistem selubung bangunan terdiri dari dinding dan kaca (single glass aluminium frame yang dilapisi kaca film). ⇒ Orientasi bangunan, tampak depan menghadap Selatan. ⇒ Luasan bangunan yang banyak terekspos/paling besar menerima solar thermal radiation sisi kiri (barat) dan sisi kanan (timur).
Gedung Graha PGAS	<p>Deskripsi:</p> <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Luas Bangunan 15.876 m². ⇒ Tinggi bangunan ± 54 m. ⇒ Sistem selubung bangunan terdiri dari dinding dan kaca (single glass aluminium frame yang dilapisi kaca film). ⇒ Orientasi bangunan, tampak depan menghadap Timur. ⇒ Luasan bangunan yang banyak terekspos/paling besar menerima solar thermal radiation sisi depan (timur) dan sisi belakang (barat).
Gedung C	<p>Deskripsi:</p> <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Luas Bangunan 3.456 m². ⇒ Tinggi bangunan ± 18,4 m. ⇒ Sistem selubung bangunan terdiri dari dinding dan kaca (single glass aluminium frame yang dilapisi kaca film). ⇒ Orientasi bangunan, tampak depan menghadap selatan. ⇒ Luasan bangunan yang banyak terekspos/paling besar menerima solar thermal radiation sisi barat, sedangkan sisi timur tidak berpengaruh karena terhalang oleh shading gedung Graha PGAS.

1.2.2.1.1.2.2 Pemodelan dan Simulasi Nilai Radiasi Matahari

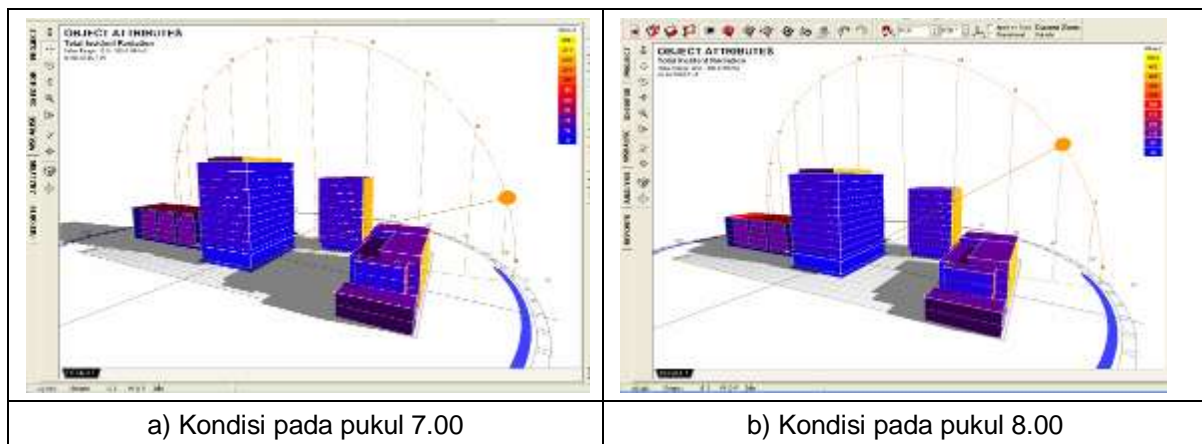
Berikut merupakan pemodelan gedung kantor pusat PGN dengan menggunakan software analisis ECOTECT:

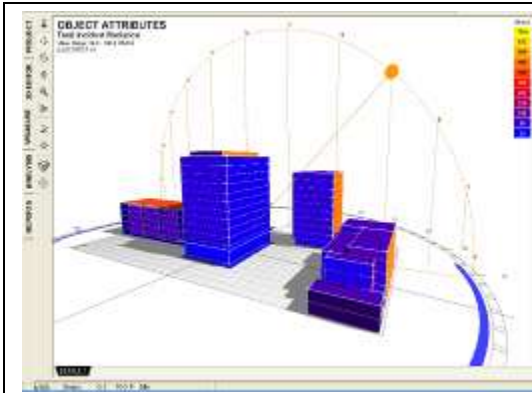
Gambar 1.7 Pemodelan gedung kantor pusat PGN.



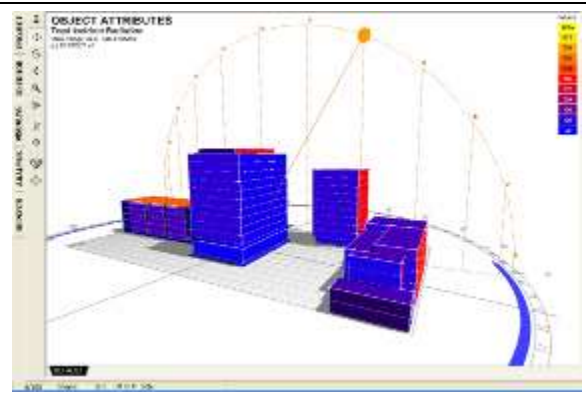
Dari pemodelan tersebut, kemudian dilanjutkan ke tahapan simulasi maka dapat diperoleh pola atau karakteristik shading dan nilai OTTV pada bangunan-bangunan kantor pusat sebagai berikut:

Gambar 1.8 Pola/karakteristik radiasi matahari dan shading bangunan kantor PGN.

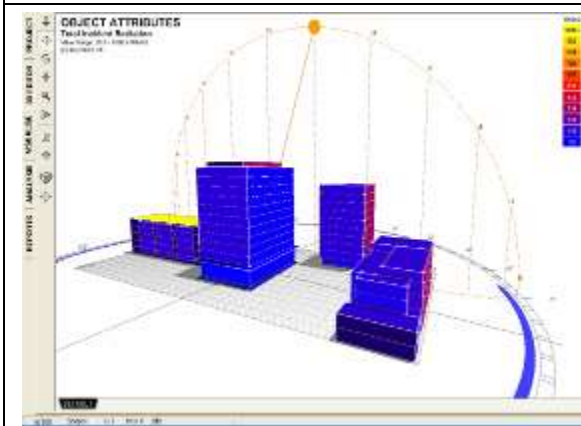




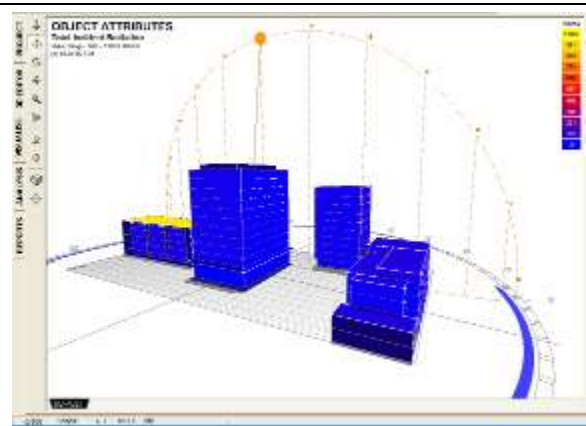
c) Kondisi pada pukul 9.00



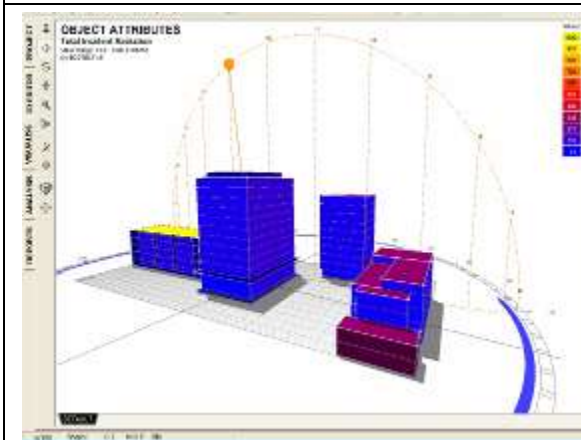
d) Kondisi pada pukul 10.00



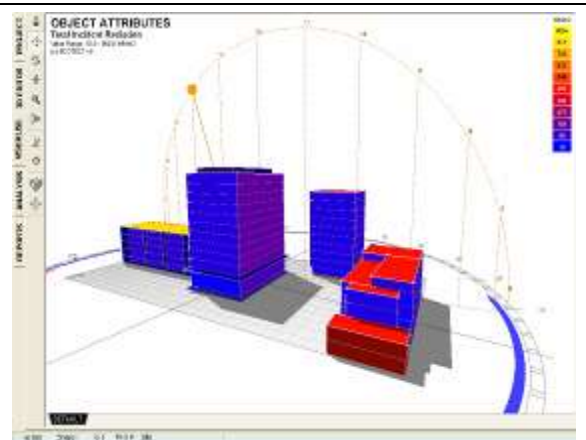
e) Kondisi pada pukul 11.00



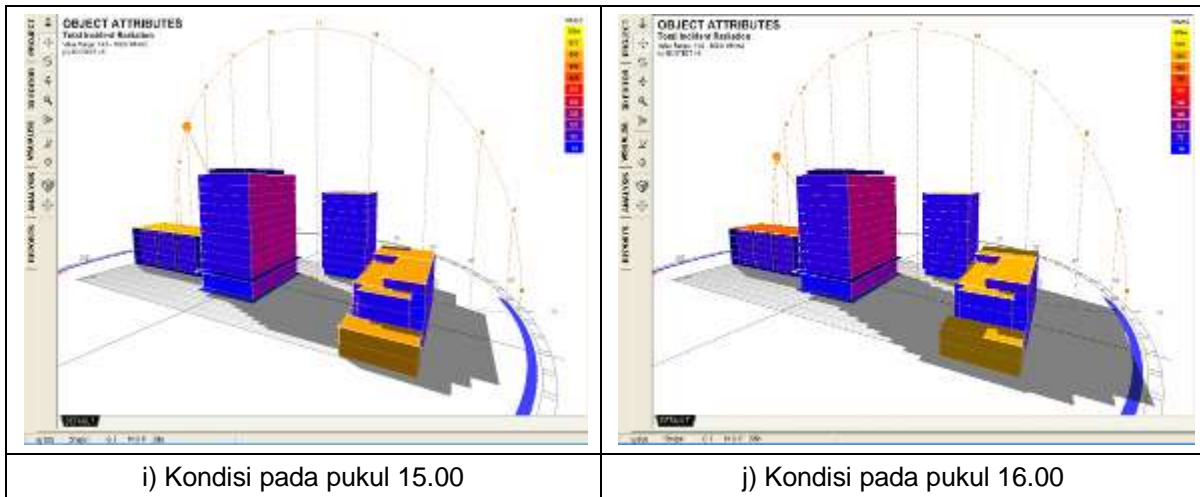
f) Kondisi pada pukul 12.00



g) Kondisi pada pukul 13.00



h) Kondisi pada pukul 14.00



Deskripsi gambar diatas adalah sebagai berikut:

a) Kondisi pada pukul 7.00.

- Pola shading terlihat pada gambar diatas dimana bagian gedung yang terekspos oleh radiasi matahari adalah, Sisi timur gedung A, B dan sisi utara Graha PGAS.
- Besaran nilai radiasi matahari sekitar 13 s.d 300 Wh/m² (lihat pada gambar diatas).
- Bagian yang paling besar menerima radiasi matahari adalah gedung A dan gedung B, dan sebagian graha PGAS disisi bagian utara dimana radiasi maksimum yang terjadi sekitar *271 s.d 300 Wh/m²*.

b) Kondisi pada pukul 8.00.

- Pola shading terlihat pada gambar diatas dimana bagian gedung yang terekspos oleh radiasi matahari adalah, Sisi timur gedung A dan B dan bagian utara graha PGAS.
- Besaran nilai radiasi matahari sekitar 20 s.d 500 Wh/m² (lihat pada gambar diatas).
- Bagian yang paling besar menerima radiasi matahari adalah gedung A, gedung B, dan Graha PGAS Bagian samping kanan (sisi utara). Radiasi maksimum yang terjadi sekitar *452 s.d 500 Wh/m²*.

c) Kondisi pada pukul 9.00.

- Pola shading terlihat pada gambar diatas dimana bagian gedung yang terekspos oleh radiasi matahari adalah, Sisi timur gedung A dan B dan bagian utara graha PGAS.

- Besaran nilai radiasi matahari sekitar 20 s.d 700 Wh/m² (lihat pada gambar diatas).
- Bagian yang paling besar menerima radiasi matahari adalah gedung A, gedung B, dan Graha PGAS Bagian samping kanan (sisi utara). Radiasi maksimum yang terjadi sekitar **672 s.d 700 Wh/m²**.

d) Kondisi pada pukul 10.00.

- Pola shading terlihat pada gambar diatas dimana bagian gedung yang terekspos paling besar oleh radiasi matahari adalah, bagian utara graha PGAS.
- Besaran nilai radiasi matahari sekitar 20 s.d 900 Wh/m² (lihat pada gambar diatas).
- Bagian yang paling besar menerima radiasi matahari adalah Graha PGAS Bagian samping kanan (sisi utara). Radiasi maksimum yang terjadi sekitar **812 s.d 900 Wh/m²**.

e) Kondisi pada pukul 11.00.

- Pola shading terlihat pada gambar diatas dimana bagian gedung yang terekspos paling besar oleh radiasi matahari adalah, bagian utara graha PGAS, gedung A, B, dan C.
- Besaran nilai radiasi matahari sekitar 20 s.d 1000 Wh/m² (lihat pada gambar diatas).
- Bagian yang paling besar menerima radiasi matahari adalah Graha PGAS Bagian samping kanan (sisi utara), bagian utara gedung B dan gedung C bagian . Radiasi maksimum yang terjadi sekitar 902 s.d 1000 Wh/m².

f) Kondisi pada pukul 12.00.

- Pola shading terlihat pada gambar diatas dimana bagian gedung yang terekspos paling besar oleh radiasi matahari adalah, atap dan bagian utara graha PGAS, serta bagian utara dan atap gedung C.
- Besaran nilai radiasi matahari sekitar 20 s.d 1100 Wh/m² (lihat pada gambar diatas).
- Bagian yang paling besar menerima radiasi matahari adalah Graha PGAS dan gedung C. Radiasi maksimum yang terjadi sekitar **991 s.d 1100 Wh/m²**.

g) Kondisi pada pukul 13.00.

- Pola shading terlihat pada gambar diatas dimana bagian gedung yang terekspos paling besar oleh radiasi matahari adalah, atap dan bagian utara graha PGAS, serta bagian utara dan atap gedung C.
- Besaran nilai radiasi matahari sekitar 20 s.d 1000 Wh/m² (lihat pada gambar diatas).
- Bagian yang paling besar menerima radiasi matahari adalah Graha PGAS dan gedung C. Radiasi maksimum yang terjadi sekitar **901 s.d 1000 Wh/m²**.

h) Kondisi pada pukul 14.00.

- Pola shading terlihat pada gambar diatas dimana bagian gedung yang terekspos paling besar oleh radiasi matahari adalah, bagian barat graha PGAS dan gedung B, serta bagian utara dan atap gedung C.
- Besaran nilai radiasi matahari sekitar 10 s.d 900 Wh/m² (lihat pada gambar diatas).
- Bagian yang paling besar menerima radiasi matahari adalah bagian barat Graha PGAS dan Gedung B serta gedung C. Radiasi maksimum yang terjadi sekitar **811 s.d 900 Wh/m²**.

i) Kondisi pada pukul 15.00.

- Pola shading terlihat pada gambar diatas dimana bagian gedung yang terekspos paling besar oleh radiasi matahari adalah, bagian barat graha PGAS dan gedung B, serta bagian utara dan atap gedung C.
- Besaran nilai radiasi matahari sekitar 14 s.d 700 Wh/m² (lihat pada gambar diatas).
- Bagian yang paling besar menerima radiasi matahari adalah bagian barat Graha PGAS dan Gedung B serta gedung C. Radiasi maksimum yang terjadi sekitar **631 s.d 700 Wh/m²**.

j) Kondisi pada pukul 16.00.

- Pola shading terlihat pada gambar diatas dimana bagian gedung yang terekspos paling besar oleh radiasi matahari adalah, bagian barat graha PGAS dan gedung B, serta bagian utara gedung C.
- Besaran nilai radiasi matahari sekitar 14 s.d 600 Wh/m² (lihat pada gambar diatas).

- Bagian yang paling besar menerima radiasi matahari adalah bagian barat Graha PGAS dan Gedung B serta gedung C. Radiasi maksimum yang terjadi sekitar *541 s.d 600 Wh/m²*.

Berdasarkan gambar pola radiasi matahari serta karakteristik shading bangunan kantor pusat PGN diatas, maka bidang yang paling terekspos dan mendapatkan radiasi matahari dalam jumlah besar adalah:

- Gedung A, kaca bagian timur; dan
- Gedung B, kaca bagian timur dan barat.

1.2.2.1.1.2.3 Simulasi Nilai OTTV Gedung Kantor Pusat PGN

Setelah menganalisa pola atau karakteristik radiasi matahari dan shading gedung (melalui simulasi), maka tahapan berikutnya adalah menganalisa performansi atau kinerja gedung dalam hal menangani pengaruh thermal dari radiasi matahari.

Langkah yang digunakan umumnya melalui:

- Desain/perencanaan orientasi bangunan.
 - Desain Gedung C sudah baik, dimana sisi permukaan terluas menghadap ke sisi selatan dan utara (sisi selatan & utara merupakan bagian yang memiliki intensitas radiasi matahari lebih kecil dibandingkan dengan sisi timur dan barat) atau karakteristik gedung C memanjang ke sisi timur dan barat hal ini akan mereduksi intensitas radiasi matahari sisi timur dan barat yang disebabkan oleh permukaan efektif yang terekspos lebih sedikit.
 - Desain gedung PGAS dan gedung B sudah baik, dimana masing-masing gedung menjadi shading bagi gedung lainnya (ketika jam 8 s.d 11, gedung B menjadi shading bagi sebagian gedung PGAS dan sebaliknya ketika jam 13 s.d 16 gedung PGAS menjadi shading bagi sebagian gedung B dan gedung A).
 - Desain gedung A kurang begitu baik dimana bagian gedung yang terbesar adalah yang paling terekspos oleh radiasi yang paling tinggi intensitasnya (radiasi sisi timur dan barat), dimana karakteristik gedung A ini memanjang ke sisi utara dan selatan. Namun demikian hal ini sudah bisa diatasi karena gedung PGAS menjadi shading dari arah barat, hanya sisi timur yang masih terekspos.
- Pemilihan material bangunan dan shading bangunan (contoh penggunaan kaca film, model gedung dengan sistem fasad atau kanopi dan lain sebagainya).

- Secara umum model bangunan kantor pusat tidak menggunakan model fasad, pelindung thermal hanya berupa kaca film.

Untuk mengetahui kinerja gedung dalam menangani pengaruh thermal dari pengaruh radiasi matahari, dalam analisis di sini akan digunakan simulasi solar exposure (untuk mengestimasi nilai OTTV bangunan). Semakin kecil nilai OTTV bangunan semakin baik sifat gedung tersebut dalam hal mereduksi radiasi matahari.

Berikut ini merupakan simulasi solar exposure dari bagian-bagian atau sisi-sisi bangunan gedung kantor pusat:

Keterangan:

- Incident, adalah jumlah kalor yang menyentuh luasan suatu permukaan gedung (W/m^2);
- Absorbed, adalah jumlah kalor yang diserap oleh material pada suatu permukaan gedung (W/m^2);
- Transmitted, adalah jumlah kalor yang melewati suatu permukaan gedung (W/m^2), apabila material suatu permukaan gedung berupa permukaan solid/tembok nilai transmitted = 0, kemudian apabila berupa opaque/transparan/kaca nilai transmitted tergantung pada material permukaan opaque tersebut.
- OTTV atau (Overall Thermal Transfer Value) adalah nilai perpindahan panas total dari suatu model gedung/bangunan dimana nilai tersebut menjadi beban eksternal yang akan berpengaruh pada cooling load (beban pendinginan) ruangan/gedung.

Indek 1,2,3,4 pada komponen OTTV, menerangkan indek suatu bagian permukaan pada bangunan, dimana:

OTTV₁ adalah nilai OTTV pada bagian permukaan depan;

OTTV₂ adalah nilai OTTV pada bagian permukaan samping kanan;

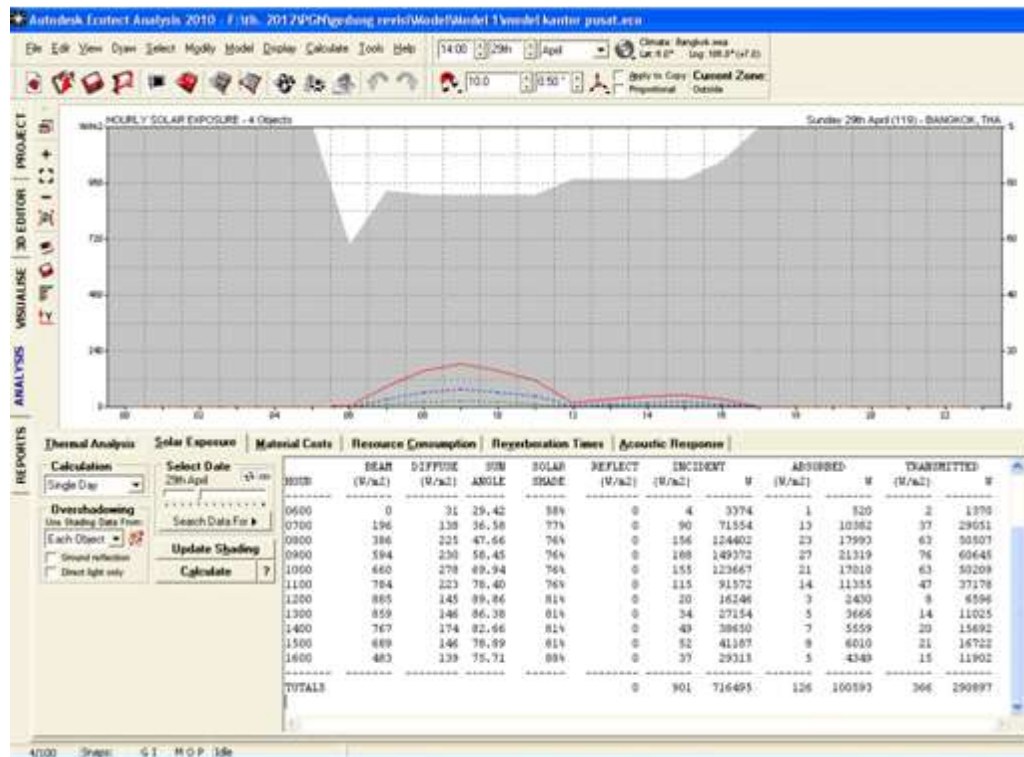
OTTV₃ adalah nilai OTTV pada bagian permukaan belakang;

OTTV₄ adalah nilai OTTV pada bagian permukaan kiri;

$$OTTV = [(OTTV_1 \times A_1) + (OTTV_2 \times A_2) + (OTTV_3 \times A_3) + (OTTV_4 \times A_4)] / [A_1 + A_2 + A_3 + A_4]$$

- Nilai yang diambil untuk perhitungan adalah nilai rata-rata.
 - Sebagai contoh, berikut adalah hasil analisis dengan solar exposure ECOTECH:

Gambar 1.9 Hasil simulasi solar exposure pada salah satu bagian permukaan bangunan gedung A.



- Nilai atau besaran dalam tabel analisis solar exposure di atas (Gambar 2.5) apabila ditabelkan seperti tampak pada tabel di bawah ini.

Tabel 1.3 Nilai atau Besaran Analisis Solar Exposure pada salah satu bagian permukaan bangunan gedung A.

HOUR	BEAM	DIFFUSE	SUN	SOLAR	REFLECT	INCIDENT		ABSORBED		TRANSMITTED	
	W/m ²	W/m ²	ANGLE	SHADE	W/m ²	W/m ²	W	W/m ²	W	W/m ²	W
06.00	-	31	29.42	58%	-	4	3.374	1	520	2	1.370
07.00	196	138	36.58	77%	-	90	71.554	13	10.382	37	29.051
08.00	386	225	47.66	76%	-	156	124.402	23	17.993	63	50.507
09.00	594	230	58.45	76%	-	188	149.372	27	21.319	76	60.645
10.00	660	278	69.94	76%	-	155	123.667	21	17.010	63	50.209
11.00	784	223	78.40	76%	-	115	91.572	14	11.355	47	37.178
12.00	885	145	89.86	81%	-	20	16.246	3	2.430	8	6.596
13.00	859	146	86.38	81%	-	34	27.154	5	3.666	14	11.025
14.00	767	174	82.66	81%	-	49	38.650	7	5.559	20	15.692
15.00	689	146	78.89	81%	-	52	41.187	8	6.010	21	16.722
16.00	483	139	75.71	88%	-	37	29.315	5	4.349	15	11.902
TOTAL					-	900	716.493	127	100.593	366	290.897

- Dari tabel di atas kemudian dicari nilai rata-rata dari masing-masing nilai pada kolom (Incident, Absorbed dan Transmitted);

- Nilai rata-rata untuk incident, absorbed dan transmitted yang diperoleh pada tabel diatas ditampilkan pada tabel dibawah;

Tabel 1.4 Nilai rata-rata incident, absorbed dan transmitted Analisis Solar Exposure pada salah satu bagian permukaan bangunan gedung A.

Sisi Gedung Bagian Depan (Arah hadap Barat)						
	INCIDENT		ABSORBED		TRANSMITIED	
	W/m ²	W	W/m ²	W	W/m ²	W
Maksimum	188	149.372	27	21.319	76	60.645
Minimum	4	3.374	1	520	2	1.370
Rata-rata	82	65.136	12	9.145	33	26.445
OTTV ₁	35	W/m ²				
A ₁	795	m ²				

- Nilai rata-rata untuk masing-masing besaran incident, absorbed dan transmitted, kemudian dimasukan kedalam persamaan berikut, OTTV₁ = (Nilai Absorbed_(rata-rata) × F_{wall}) + Nilai Transmitted_(rata-rata) × F_{transmitted}).

$$OTTV_1 = (12 \times 0,4) + (33 \times 0,9) = 35 \text{ W/m}^2$$

Konstanta [0,4] dan [0,9] berturut-turut adalah nilai untuk F_{wall} dan F_{transmitted}. Nilai tersebut diambil berdasarkan referensi *Handbook of Air Conditioning System Design – Carrier*.

- F_{wall}, adalah faktor thermal reduction dari dinding, untuk model dinding eksisting PGN, wall reduction sebesar 60% sehingga panas/kalor yang diteruskan sebesar 40% atau 0,4.
- F_{transmitted}, adalah faktor thermal reduction dari bidang tembus cahaya/kaca, untuk model kaca eksisting PGN, window reduction sebesar 10% sehingga panas/kalor yang diteruskan sebesar 90% atau 0,9.

Untuk mencari nilai luas permukaan (A₁), diperoleh dari nilai (W dibagi dengan nilai W/m²)

- Dari tabel diatas terlihat bahwa nilai OTTV pada salah satu bagian permukaan gedung A (sisi bagian depan atau arah hadap barat) bernilai 35 Watt/m².

Untuk menghitung nilai OTTV sisi-sisi bagian gedung lainnya dapat dilakukan dengan cara seperti diatas.

Dari hasil simulasi solar exposure tersebut dapat diperoleh nilai OTTV dan RTTV untuk masing-masing gedung kantor pusat PGN.

Nilai OTTV dan RTTV eksisting gedung A; B; PGAS; dan C dapat dilihat pada Tabel 4.61 di bawah:

Penjelasan Tabel 4.61 s.d Tabel 4.64.

- ⇒ Tabel 4.61 merupakan rekap dari hasil perhitungan nilai OTTV pada sisi-sisi bagian gedung (gedung A; B; C dan PGAS), dan merupakan nilai OTTV dan RTTV eksisting.
- ⇒ Hasil/nilai OTTV dan RTTV pada Tabel 4.61 diperoleh melalui perhitungan menggunakan metode solar eksposur seperti telah diuraikan diatas.
- ⇒ Sebagai contoh, pada Tabel 4.61 bagian a), merupakan nilai-nilai OTTV pada sisi-sisi bagian selubung gedung A (OTTV₁ s.d OTTV₄) dan nilai RTTV gedung A.
- ⇒ Nilai indek 1 s.d 4 pada OTTV menerangkan bagian sisi pada suatu bangunan. Sebagai contoh OTTV₁, merupakan nilai OTTV pada sisi bagian depan gedung A atau bagian yang menghadap timur, dan seterusnya (dapat dilihat pada tabel tersebut).
- ⇒ Nilai OTTV gedung A diperoleh dari, persamaan:

$$\text{OTTV} = [(\text{OTTV}_1 \times A_1) + (\text{OTTV}_2 \times A_2) + (\text{OTTV}_3 \times A_3) + (\text{OTTV}_4 \times A_4)] / [A_1 + A_2 + A_3 + A_4]$$

Hasilnya dapat dilihat pada baris paling bawah pada Tabel 4.61 bagian a) atau bagian pada tabel yang diberi warna. Terlihat bahwa:

Nilai OTTV gedung A sebesar: 48 W/m²;

Nilai RTTV gedung A sebesar: 51 W/m²;

Dan standar OTTV berdasarkan **SNI 03-6389-2000** (Konservasi energi pada selubung bangunan) sebesar **45 W/m²**.

- ⇒ Masih pada Tabel 4.61, untuk bagian b); c); dan d) berturut-turut menjelaskan nilai OTTV & RTTV untuk gedung B; gedung PGAS dan gedung C.
- ⇒ Nilai RTTV gedung diperoleh dari tabel hasil analisis solar exposure pada bagian atap gedung. Dari tabel tersebut kemudian dicari nilai rata-rata untuk incident; absorbed; dan transmitted. Kemudian nilai rata-rata tersebut dimasukan dalam persamaan berikut:

$$\text{RTTV} = (\text{Absorbed}_{\text{rata-rata}} \times F_{\text{atap}}) + (\text{Transmitted}_{\text{rata-rata}} \times F_{\text{transatap}})$$

Karena model atap gedung adalah beton dan bukan model skylight (atap tembus cahaya), maka nilai $F_{\text{transatap}}$ bernilai nol (0). Sehingga persamaan RTTV menjadi:

$$\text{RTTV} = (\text{Absorbed}_{\text{rata-rata}} \times F_{\text{atap}})$$

Karena atap gedung merupakan material beton, maka nilai konstanta F_{atap} adalah (0,112; sumber Handbook Air Conditioning Design, Career).

$$\text{RTTV} = (\text{Absorbed}_{\text{rata-rata}} \times 0,112)$$

⇒ Merujuk pada Tabel 4.61, dimana:

Nilai OTTV & RTTV gedung A, berturut-turut bernilai 48 & 51 W/m²;

Nilai OTTV & RTTV gedung B, berturut-turut bernilai 50 & 64 W/m²;

Nilai OTTV & RTTV gedung PGAS, berturut-turut bernilai 28 & 41 W/m²;

Nilai OTTV & RTTV gedung C, berturut-turut bernilai 35 & 55 W/m²;

Berdasarkan **SNI 03-6389-2000** (Konservasi energi pada selubung bangunan) nilai OTTV adalah sebesar **45 W/m²**. Dengan demikian hanya gedung A dan gedung B yang memiliki nilai OTTV lebih besar dari nilai standar yang ditetapkan pada SNI 03-6389-2000.

Sedangkan Tabel 4.62 s.d 4.64 menjelaskan nilai-nilai OTTV gedung A; B; apabila kaca eksisting dimodifikasi dengan sistem double glass (Tabel 4.62) atau ditambah komponen fasad (Tabel 4.63), atau dengan penambahan kaca film (Tabel 4.64).

⇒ Pada Tabel 4.62 (bagian a, dan b), lihat bagian yang di beri warna kuning, menjelaskan tentang modifikasi kaca eksisting dengan menggunakan double glass.

Tabel 4.62 bagian a), lihat bagian yang berwarna kuning.

Sebelum dimodifikasi, terlihat nilai OTTV₃ sebesar 80 Watt/m²; (lihat Tabel 4.61 bagian a), lihat nilai OTTV₃).

Setelah dimodifikasi, terlihat nilai OTTV₃ sebesar 55 Watt/m². (lihat Tabel 4.62 bagian a), lihat nilai OTTV₃).

Sehingga dengan memodifikasi satu bagian kaca sebelah timur nilai OTTV gedung A turun dari **48 Watt/m²** menjadi **33 Watt/m²** (**memenuhi standar OTTV sebesar 45 watt/m²**) Hal ini terjadi akibat penurunan nilai OTTV₃ yang merupakan salah satu komponen atau salah satu bagian

gedung yang memiliki nilai OTTV paling besar dibanding bagian gedung A lainnya.

Untuk bagian b), pada Tabel 4.62, sama cara bacanya dengan yang dijelaskan diatas.

- ⇒ Pada Tabel 4.63 (bagian a, dan b), lihat bagian yang diberi warna kuning, menjelaskan tentang modifikasi kaca eksisting dengan menambah sistem fasad yang berfungsi sebagai komponen reduktor (yang dapat mereduksi) besaran transmisi dari sinar matahari.

Tabel 4.63 bagian a), lihat bagian yang berwarna kuning.

Sebelum dimodifikasi, terlihat nilai $OTTV_3$ sebesar 80 Watt/m²; (lihat Tabel 4.61 bagian a), lihat nilai $OTTV_3$).

Setelah dimodifikasi, terlihat nilai $OTTV_3$ sebesar 31 Watt/m². (lihat Tabel 4.63 bagian a), lihat nilai $OTTV_3$).

Sehingga dengan memodifikasi (menambahkan fasad di bagian kaca sebelah timur nilai OTTV gedung A turun dari **48 Watt/m²** menjadi **31 Watt/m²**. Hal ini terjadi akibat penurunan nilai $OTTV_3$ yang merupakan salah satu komponen bagian gedung yang memiliki nilai OTTV paling besar dibandingkan dengan komponen bagian gedung lainnya pada gedung A.

Untuk bagian b), pada Tabel 4.63, sama cara bacanya dengan yang dijelaskan di atas.

- ⇒ Pada Tabel 4.64 (bagian a, dan b), lihat bagian yang diberi warna kuning, menjelaskan tentang modifikasi kaca eksisting dengan menambah kaca film yang berfungsi sebagai komponen reduktor (yang dapat mereduksi) besaran transmisi dari sinar matahari.

Tabel 4.64 bagian a), lihat bagian yang berwarna kuning.

Sebelum dimodifikasi, terlihat nilai $OTTV_3$ sebesar 80 Watt/m²; (lihat Tabel 4.61 bagian a), lihat nilai $OTTV_3$).

Setelah dimodifikasi, terlihat nilai $OTTV_3$ sebesar 64 Watt/m². (lihat Tabel 4.64 bagian a), lihat nilai $OTTV_3$).

Sehingga dengan memodifikasi (menambahkan lapisan film di bagian kaca sebelah timur nilai OTTV gedung A turun dari **48 Watt/m²** menjadi **36 Watt/m²**. Hal ini terjadi akibat penurunan nilai $OTTV_3$ yang merupakan salah satu komponen bagian gedung yang memiliki nilai OTTV paling besar dibandingkan dengan komponen bagian gedung lainnya pada gedung A.

Untuk bagian b), pada Tabel 4.64, sama cara bacanya dengan yang dijelaskan di atas.

⇒ Dari penjelasan di atas terlihat bahwa yang signifikan dapat menurunkan nilai OTTV bangunan adalah menambahkan unsur/komponen fasad (eksterior curtain) dibandingkan dengan penggantian jenis kaca (lihat bagian yang dihighlight di atas), namun kendala yang dihadapi apabila menambahkan unsure fasad adalah harus diperhitungkan kekuatan (civil) bangunan dan unsur estetik bangunan, dengan kata lain penambahan fasad tidak merubah fungsi estetik bangunan.

1.2.2.1.1.3 Identifikasi dan Analisis/Perhitungan Potensi Penghematan Energi di Sistem Selubung Bangunan

Potensi penghematan energi di selubung bangunan ini bertujuan untuk mengurangi beban thermal eksternal (mengupayakan nilai OTTV turun) yang dapat mempengaruhi beban thermal internal gedung. Dengan dikurangnya beban thermal eksternal ini diharapkan beban total yang harus ditangani oleh peralatan AC dapat dikurangi, yang pada akhirnya dengan turunnya beban thermal total ruangan dapat menurunkan konsumsi energi di peralatan tata udara atau AC dengan tanpa mengurangi kualitas kenyamanan thermal ruangan tersebut.

Sasaran implementasi potensi penghematan energi disini adalah mengurangi beban thermal eksternal yang paling besar yaitu:

- Gedung A, kaca bagian timur;
- Gedung B, kaca bagian timur dan barat.

Pengurangan beban thermal eksternal tersebut melalui:

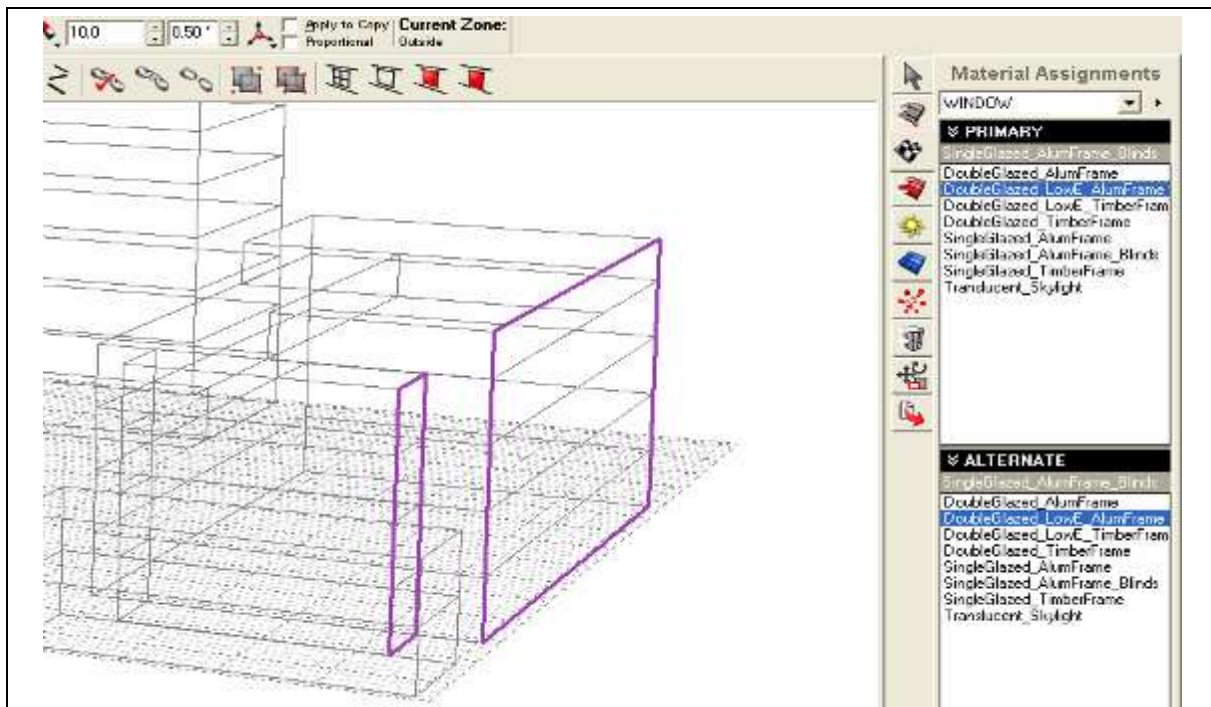
- Penggantian kaca eksisting ke jenis double glass; atau
- Menjadikan bagian yang semula permukaan opaque (transparan/kaca) menjadi permukaan solid atau menambahkan unsur fasad (Facade).

Berikut merupakan simulasi upaya mengurangi beban *thermal eksternal*.

1) Penggantian kaca eksisting (*single glass aluminium frame*) ke jenis kaca *double glass low emission aluminium frame*

Dengan digantinya kaca tersebut diharapkan konduksi panas yang masuk kedalam gedung dapat dikurangi.

Berikut adalah simulasi penggantian kaca eksisting ke jenis kaca double glass low E aluminium frame dengan “Mengganti kaca bagian timur gedung A”.



Melakukan pemilihan elemen kaca yang akan diganti ke jenis Double Glazed LowE AlumFrame. Selanjutnya running analisis dan diperoleh hasil sebagai berikut:

Sebelum diganti:

Nilai OTTV dan RTTV gedung A:

OTTV	48 W/m ²	A	2.262 m ²
RTTV	51 W/m ²	A	1.067 m ²

Setelah diganti (Double Glass):

Nilai OTTV dan RTTV gedung A:

OTTV	33 W/m ²	A	2.262 m ²
RTTV	51 W/m ²	A	1.067 m ²

Terlihat adanya penurunan nilai OTTV dari 48 W/m² menjadi 31 W/m² atau turun 31%. Dengan turunnya nilai OTTV 31 % tersebut dapat mengurangi beban eksternal yang masuk kedalam gedung, sehingga beban kalor total ruangan akan berkurang hal ini akan berdampak baik pada penurunan konsumsi energi di peralatan AC atau dengan kata lain konsumsi energi peralatan AC akan turun tanpa mengurangi kualitas kenyamanan thermal ruangan dalam gedung A.

Berikut potensi penghematan energi dan biaya dengan mengganti kaca dengan double glass:

Gedung A:

Item	Sebelum	Sesudah
Luas permukaan selubung dinding	2262 m ²	
Luas permukaan selubung atap	1067 m ²	
OTTV	48 W/m ²	33 W/m ²
RTTV	51 W/m ²	51 W/m ²
Beban thermal dari selubung dinding	54,29 kW	37,32 kW
Beban thermal dari selubung atap	16,33 kW	16,33 kW
Total beban thermal eksternal	70,61 kW	53,65 kW
	20,18 TR	15,33 TR
beban eksternal	20,17517 TR	15,33 TR
beban internal	98,2 TR	98,2 TR
Cooling load (internal + eksternal)	118,4 TR	113,55 TR
		397,435 kW _{thermal}
Beban energi listrik total	148 kW	141,94 kW
COP peralatan AC	2,8	
Cooling Load	414,4 kW _{thermal}	
Setara	118,4 TR	
Potensi penghematan energi		
Selisih beban energi listrik		6,06 kW
Pola operasi AC		2400 Jam/tahun
Konsumsi energi		14.541,4 kWh/tahun
Potensi penghematan biaya		
asumsi biaya listrik		800 Rp./kWh
penghematan biaya		11.633.142,9 Rp./tahun

Penjelasan:

Konsep dari perhitungan di atas adalah, menjelaskan potensi penghematan energi yang diperoleh dari adanya pengurangan beban eksternal (panas yang berasal atau masuk dari luar gedung kedalam gedung/bangunan). Dengan adanya pengurangan beban eksternal maka beban pendinginan ruangan yang merupakan penjumlahan dari beban internal ditambah beban eksternal akan berkurang.

Pengurangan beban eksternal ini berasal dari adanya perbaikan nilai OTTV (nilai OTTV sesudah menjadi lebih kecil dari OTTV sebelum).

Perbaikan nilai OTTV ini diperoleh melalui penggantian kaca eksisting menjadi jenis kaca double glass.

Beban pendinginan ruangan (cooling load) = beban internal + beban eksternal.

Pada kolom sebelum: Pada perhitungan di atas terlihat “beban thermal selubung dinding” sebesar 54,29 kW yang diperoleh dari nilai OTTV dikali dengan luas permukaan selubung dinding.

Pada kolom sesudah: “beban thermal selubung dinding” berkurang menjadi 37,32 kW (akibat adanya reduksi/pengurangan kalor dengan penggantian kaca menjadi double glass).

Dengan adanya penurunan beban thermal eksternal dari 54,29 kW menjadi 37,32 kW, maka beban AC dapat turun juga karena beban atau cooling load ruangan menjadi turun juga ini terlihat pada perhitungan diatas “Cooling load (internal + eksternal)” sebelum 118,4 TR menjadi 113,55 TR.

Akibat penurunan cooling load ini maka konsumsi energi listrik di peralatan tata udara (AC) menjadi turun juga, lihat “Beban energi listrik total”, sebelum 148 kW menjadi 141,94 kW, atau ada selisih (potensi penghematan beban) sebesar 6,06 kW (dengan asumsi peralatan beroperasi selama 2400 jam/tahun maka potensi penghematan energi sebesar 6,06 kW x 2400 jam/tahun atau sebesar 14.541,4 kWh/tahun.

Untuk pembacaan tabel perhitungan-perhitungan di bawah serupa dengan konsep yang telah dijelaskan di atas.

Biaya Investasi:

Luasan kaca yang akan diganti adalah, 795 m² (lihat pada Tabel 4.63 di atas, pada bagian kolom gedung A yang di highlights warna kuning).

Estimasi biaya investasi US \$ 80/m² (sumber dari website), asumsi US \$ 1 = Rp. 9600,-

Biaya investasi: 795 m² x 80 x 9600 = Rp. 610.560.000

PBP = Rp. 610.560.000 / 11.633.142 Rp./tahun = 52,48 tahun (high cost)

Nilai 11.633,142 Rp./tahun (lihat potensi penghematan biaya pada simulasi perhitungan penghematan energi dan biaya di atas).

Gedung B:

Item	Sebelum	Sesudah
Luas permukaan selubung dinding	2895 m ²	
Luas permukaan selubung atap	414 m ²	
OTTV	50 W/m ²	37 W/m ²
RTTV	64 W/m ²	64 W/m ²
Beban thermal dari selubung dinding	72,4 kW	53,6 kW
Beban thermal dari selubung atap	7,9 kW	7,9 kW
Total beban thermal eksternal	80,3 kW	61,5 kW
	22,9 TR	17,6 kW
beban eksternal	22,9 TR	17,6 TR
beban internal	103,1 TR	103,1 TR
Cooling load (internal + eksternal)	126,1 TR	120,7 TR
		422,4 kW _{thermal}
Beban energi listrik total	151,6 kW	145,2 kW
COP peralatan AC	2,9	
Cooling Load	441,2 kW _{thermal}	
Setara	126,1 TR	
Potensi penghematan energi		
Selisih beban energi listrik		6,5 kW
Pola operasi AC		1920,0 Jam/tahun
Konsumsi energi		12415,7 kWh/tahun
Potensi penghematan biaya		
asumsi biaya listrik		800,0 Rp./kWh
penghematan biaya		9.932.536,1 Rp./tahun

Biaya Investasi:

Luasan kaca yang akan diganti adalah, (568 + 568) = 1.136 m² (lihat pada Tabel 4.63 di atas, pada bagian kolom gedung B yang di highlights warna kuning).

Estimasi biaya investasi US \$ 80/m² (sumber dari website), asumsi US \$ 1 = Rp. 9600,-

Biaya investasi: 1.136 m² x 80 x 9600 = Rp. 872.448.000

PBP = Rp. 872.448.000 / 9.932.536 Rp./tahun = 87,8 tahun (high cost)

Nilai 9.932,536 Rp./tahun (lihat potensi penghematan biaya pada simulasi perhitungan penghematan energi dan biaya di atas).

2) Penambahan Material *Solid Wall* (Fasad) untuk mengurangi area Opaque/transparan

Dengan ditambahkannya material *solid wall* tersebut diharapkan efek thermal yang berasal dari transmisi radiasi matahari dapat dikurangi atau bahkan dihilangkan sehingga beban pendinginan didalam ruangan menjadi lebih rendah dari sebelumnya. Dengan menurunnya beban pendinginan ini akan lebih optimal penggunaan energi di peralatan AC ruangan.

Penambahan material yang berfungsi sebagai fasad ini di implementasikan di:

- Gedung A, untuk menutup kaca bagian timur;
- Gedung B, untuk menutup kaca bagian timur dan barat.

Model fasad yang digunakan untuk menutupi area transparan (kaca) yang paling banyak menerima transmisi radiasi matahari, seperti ditampilkan pada gambar dibawah:

Dengan cara yang sama seperti di atas (simulasi penggantian kaca), berikut adalah hasil analisis potensi penghematan energi dan biaya dengan menambahkan material/unsur solid/fasad:

Gedung A:

Item	Sebelum	Sesudah
Luas permukaan selubung dinding	2262 m ²	
Luas permukaan selubung atap	1067 m ²	
OTTV	48 W/m ²	31 W/m ²
RTTV	51 W/m ²	51 W/m ²
Beban thermal dari selubung dinding	54,3 kW	35,1 kW
Beban thermal dari selubung atap	16,3 kW	16,3 kW
Total beban thermal eksternal	70,6 kW	51,4 kW
	20,2 TR	14,7 TR
beban eksternal	20,2 TR	14,7 TR
beban internal	98,2 TR	98,2 TR
Cooling load (internal + eksternal)	118,4 TR	112,9 TR
		395,2 kW _{thermal}
Beban energi listrik total	148 kW	141,1 kW
COP peralatan AC	2,8	
Cooling Load	414,4 kW _{thermal}	
Setara	118,4 TR	
Potensi penghematan energi		
Selisih beban energi listrik		6,9 kW
Pola operasi AC		2.400 Jam/tahun
Konsumsi energi		16.480,3 kWh/tahun
Potensi penghematan biaya		
asumsi biaya listrik		800 Rp./kWh
penghematan biaya		13.184.228,6 Rp./tahun

Biaya Investasi:

Luasan kaca yang akan diganti adalah, 795 m² (lihat pada Tabel 4.63 di atas, pada bagian kolom gedung A yang di highlights warna kuning).

Estimasi biaya investasi Rp. 2.500.000/m²

Biaya investasi: 795 m² x 0,5 x 2.500.000 = Rp. 993.750.000

Nilai 0,5 diambil dari estimasi ½ luasan kaca yang terekspos.

PBP = Rp. 993.750.000 / 13.184.228 Rp./tahun = 75,37 tahun (high cost)

Nilai 13.184,228 Rp./tahun (lihat potensi penghematan biaya pada simulasi perhitungan penghematan energi dan biaya di atas).

Gedung B:

Item	Sebelum	Sesudah
Luas permukaan selubung dinding	2895 m ²	
Luas permukaan selubung atap	414 m ²	
OTTV	50 W/m ²	31 W/m ²
RTTV	64 W/m ²	64 W/m ²
Beban thermal dari selubung dinding	72,4 kW	44,9 kW
Beban thermal dari selubung atap	7,9 kW	7,9 kW
Total beban thermal eksternal	80,3 kW	52,8 kW
	22,9 TR	15,1 kW
beban eksternal	22,9 TR	15,1 TR
beban internal	103,1 TR	103,1 TR
Cooling load (internal + eksternal)	126,1 TR	118,2 TR
		413,7 kW _{thermal}
Beban energi listrik total	151,6 kW	142,2 kW
COP peralatan AC	2,9	
Cooling Load	441,2 kW _{thermal}	
Setara	126,1 TR	
Potensi penghematan energi		
Selisih beban energi listrik		9,5 kW
Pola operasi AC		1.920 Jam/tahun
Konsumsi energi		18.146,0 kWh/tahun
Potensi penghematan biaya		
asumsi biaya listrik		800,0 Rp./kWh
penghematan biaya		14.516.783,5 Rp./tahun

Biaya Investasi:

Luasan kaca yang akan diganti adalah, (568 + 568) = 1.136 m² (lihat pada Tabel 4.63 di atas, pada bagian kolom gedung B yang di highlights warna kuning).

Estimasi biaya investasi Rp. 2.500.000/m²

Biaya investasi: 1.136 m² x 0,5 x 2.500.000 = Rp. 1.420.000.000

PBP = Rp. 1.420.000.000 / 14.516.783 Rp./tahun = 97,81 tahun (high cost)

Nilai 14.516,783 Rp./tahun (lihat potensi penghematan biaya pada simulasi perhitungan penghematan energi dan biaya di atas)

3) Penggantian kaca film eksisting ke kaca film v-kool 70

Dengan digantinya kaca film eksisting ke jenis kaca film v-kool 70 diupayakan beban thermal yang berasal dari transmisi dapat dikurangi.

Kaca film jenis v-kool 70 ini lebih baik dalam hal mereduksi solar transmission dibandingkan dengan jenis kaca film eksisting. Kemampuan mereduksi solar transmission sebesar 45% (hanya 55% yang diteruskan ke bagian dalam gedung).

Dengan penurunan solar transmission tersebut diharapkan efek thermal yang berasal dari transmisi radiasi matahari dapat dikurangi sehingga beban pendinginan didalam ruangan menjadi lebih rendah dari sebelumnya. Dengan menurunnya beban pendinginan ini akan lebih optimal penggunaan energi di peralatan AC ruangan.

Penggantian kaca film ini di implementasikan di:

- Gedung A, untuk menutup kaca bagian timur;
- Gedung B, untuk menutup kaca bagian timur dan barat;

Dengan cara yang sama seperti di atas (simulasi penggantian kaca dan penambahan fasad), berikut adalah hasil analisis potensi penghematan energi dan biaya dengan mengganti kaca film:

Gedung A:

Item	Sebelum	Sesudah
Luas permukaan selubung dinding	2262 m ²	
Luas permukaan selubung atap	1067 m ²	
OTTV	48 W/m ²	36 W/m ²
RTTV	51 W/m ²	51 W/m ²
Beban thermal dari selubung dinding	54,3 kW	40,7 kW
Beban thermal dari selubung atap	16,3 kW	16,3 kW
Total beban thermal eksternal	70,6 kW	57,0 kW
	20,2 TR	16,3 TR
beban eksternal	20,2 TR	16,3 TR
beban internal	98,2 TR	98,2 TR
Cooling load (internal + eksternal)	118,4 TR	114,5 TR
		400,8 kW _{thermal}
Beban energi listrik total	148 kW	143,2 kW
COP peralatan AC	2,8	
Cooling Load	414,4 kW _{thermal}	
Setara	118,4 TR	
Potensi penghematan energi		
Selisih beban energi listrik		4,8 kW
Pola operasi AC		2.400 Jam/tahun
Konsumsi energi		11.633,1 kWh/tahun
Potensi penghematan biaya		
asumsi biaya listrik		800 Rp./kWh
penghematan biaya		9.306.514,3 Rp./tahun

Biaya Investasi:

Luasan kaca yang akan diganti adalah, 795 m² (lihat pada Tabel 4.63 di atas, pada bagian kolom gedung A yang di highlights warna kuning).

Estimasi biaya investasi Rp. 1.500.000/m²

Biaya investasi: 795 m² x 1.500.000 = Rp. 1.192.500.000

PBP = Rp. 1.192.500.000 / 9.306.514 Rp./tahun = 128 tahun (high cost)

Nilai 9.306.514 Rp./tahun (lihat potensi penghematan biaya pada simulasi perhitungan penghematan energi dan biaya di atas).

Gedung B:

Item	Sebelum	Sesudah
Luas permukaan selubung dinding	2895 m ²	
Luas permukaan selubung atap	414 m ²	
OTTV	50 W/m ²	39 W/m ²
RTTV	64 W/m ²	64 W/m ²
Beban thermal dari selubung dinding	72,4 kW	56,5 kW
Beban thermal dari selubung atap	7,9 kW	7,9 kW
Total beban thermal eksternal	80,3 kW	64,4 kW
	22,9 TR	18,4 kW
beban eksternal	22,9 TR	18,4 TR
beban internal	103,1 TR	103,1 TR
Cooling load (internal + eksternal)	126,1 TR	121,5 TR
		425,3 kW _{thermal}
Beban energi listrik total	151,6 kW	146,1 kW
COP peralatan AC	2,9	
Cooling Load	441,2 kW _{thermal}	
Setara	126,1 TR	
Potensi penghematan energi		
Selisih beban energi listrik		5,5 kW
Pola operasi AC		1.920 Jam/tahun
Konsumsi energi		10.505,6 kWh/tahun
Potensi penghematan biaya		
asumsi biaya listrik		800,0 Rp./kWh
penghematan biaya		8.404.453,6 Rp./tahun

Biaya Investasi:

Luasan kaca yang akan diganti adalah, $(568 + 568) = 1.136 \text{ m}^2$ (lihat pada Tabel 4.63 di atas, pada bagian kolom gedung B yang di highlights warna kuning).

Estimasi biaya investasi Rp. 1.500.000/m²

Biaya investasi: $1.136 \text{ m}^2 \times 1.500.000 = \text{Rp. } 1.704.000.000$

$\text{PBP} = \text{Rp. } 1.704.000.000 / 8.404.453 \text{ Rp./tahun} = 202 \text{ tahun (high cost)}$

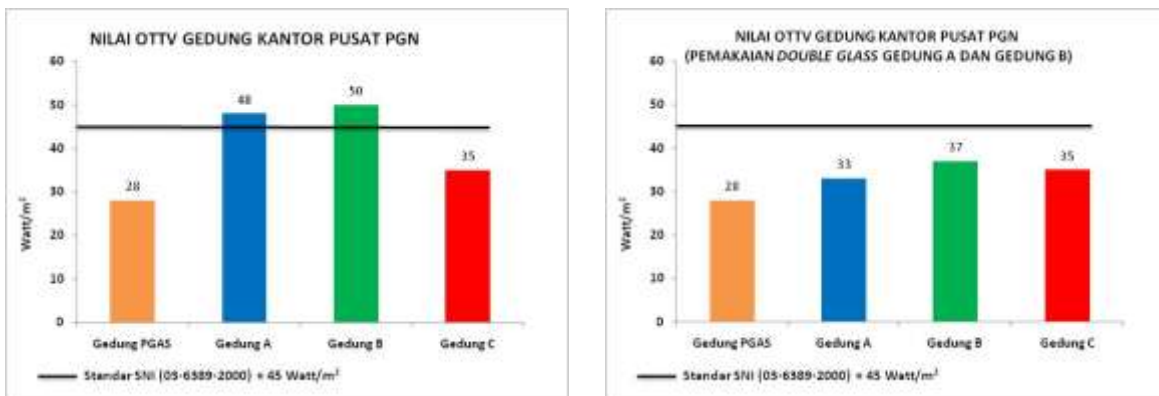
Nilai 8.404.453 Rp./tahun (lihat potensi penghematan biaya pada simulasi perhitungan penghematan energi dan biaya di atas).

Apabila melihat masa pengembalian investasi atau payback periode yang begitu lama, maka implementasi penggantian kaca film ini bisa dikatakan tidak layak. Untuk itu disarankan implementasi ini dilaksanakan ketika kaca film yang eksisting memang sudah seharusnya diganti dengan alasan life-timanya sudah habis, sehingga investasi penggantian kaca film ini tidak sebagai investasi baru.

Dengan perbaikan sistem selubung bangunan ini maka nilai OTTV gedung kantor pusat PGN memenuhi nilai standar OTTV sebesar 45 watt/m² (SNI 03-6389-2000). Lihat pada gambar berikut:

Penggantian kaca eksisting ke Double Glass:

Gambar 1.10 Gambaran nilai OTTV sebelum dan setelah modifikasi kaca eksisting dengan double glass.

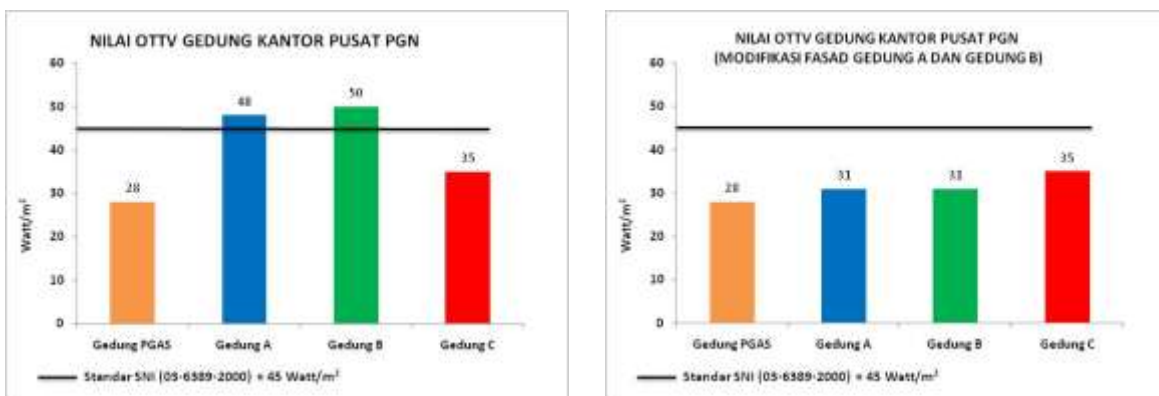


Gb. a) Sebaran Nilai OTTV gedung kantor pusat PGN eksisting

Gb. b) Sebaran Nilai OTTV gedung kantor pusat PGN setelah penggantian kaca menjadi double glass

Modifikasi melalui penambahan fasad (Eksterior Curtain):

Gambar 1.11 Gambaran nilai OTTV sebelum dan setelah modifikasi melalui penambahan fasad/eksterior curtain.



Gb. a) Sebaran Nilai OTTV gedung kantor

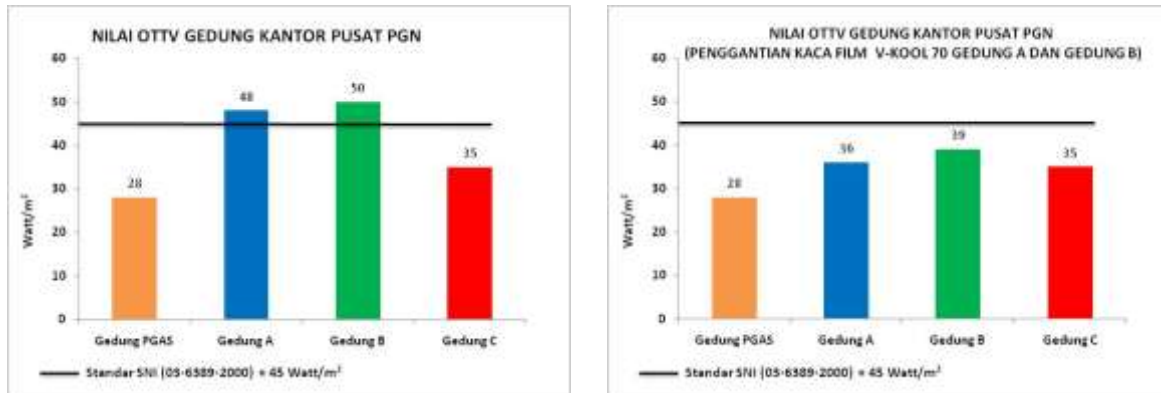
Gb. b) Sebaran Nilai OTTV gedung kantor

pusat PGN eksisting

pusat PGN setelah ditambahkan komponen fasad/eksterior curtain

Penggantian kaca film eksisting dengan v-kool 70:

Gambar 1.12 Gambaran nilai OTTV sebelum dan setelah modifikasi melalui penggantian kaca film.



Gb. a) Sebaran Nilai OTTV gedung kantor pusat PGN eksisting

Gb. b) Sebaran Nilai OTTV gedung kantor pusat PGN setelah penggantian kaca film (v-kool 70)

Dari gambar tersebut diatas terlihat bahwa gedung kantor pusat PGN memiliki nilai OTTV yang memenuhi standar SNI 03-6389-2000, dimana nilai OTTV mayoritas dibawah nilai 45 watt/m². Setelah dilakukan perbaikan di sistem selubung bangunannya.

1.2.2.1.2 Sistem Tata Cahaya (Penerangan Gedung)

1.2.2.1.2.1 Gedung A

1.2.2.1.2.1.1 Penggantian Lampu TL eksisting ke TL T5 28 Watt

1) Data dan fakta sistem penerangan gedung A (Sektor A)

Gambaran kondisi sistem penerangan di salah satu ruangan kerja di gedung A	Deskripsi sistem penerangan.										
	⇒ Kondisi eksisting:										
	✓ Armatur lampu TL D 2x36 watt										
	✓ Jensi lampu TL 36 watt + ballast konvensional										
	✓ Jumlah lampu 80 pcs										
	⇒ Hasil inspeksi kuat & daya penerangan lampu:										
	<table><tr><td>Luminasi mak.</td><td>474 Lux</td></tr><tr><td>Luminasi min.</td><td>221 Lux</td></tr><tr><td>Luminasi rata-rata</td><td>359 Lux</td></tr><tr><td>Efikasi daya lampu</td><td>12,36 Watt/m²</td></tr><tr><td>Daya total penerangan</td><td>3.2 kW</td></tr></table>		Luminasi mak.	474 Lux	Luminasi min.	221 Lux	Luminasi rata-rata	359 Lux	Efikasi daya lampu	12,36 Watt/m ²	Daya total penerangan
Luminasi mak.	474 Lux										
Luminasi min.	221 Lux										
Luminasi rata-rata	359 Lux										
Efikasi daya lampu	12,36 Watt/m ²										
Daya total penerangan	3.2 kW										
Berdasarkan rujukan SNI 03 6197 2000 Konservasi energi di sistem penerangan, maka:											

	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Luminasi melebihi standar (300 s.d 350 Lux), hal ini disebabkan adanya pencahayaan alami yang masuk ke ruangan, ✓ Efikasi telah memenuhi standar ($<15 \text{ Watt/m}^2$)
--	--

2) Analisis potensi penghematan energi

Standar kuat penerangan dan efikasi telah terpenuhi, namun demikian saat ini telah tersedia lampu jenis TL yaitu TL T5 yang memiliki efikasi lebih baik dari teknologi lampu yang saat ini terpasang di gedung A.

Berikut disajikan hasil simulasi penggantian lampu TL eksisting ke jenis TL T5 28 Watt (simulasi menggunakan Dialux 4.10).

a) Denah (layout) sistem penerangan gedung A (yang menggunakan TL D 36):

Lantai 1

Lantai 2

Tidak menggunakan lampu TL

Lantai 3

Lantai 4

Lantai 5

b) Simulasi sistem penerangan

Simulasi sistem penerangan (software DIALux) menggunakan model denah *layout* sistem penerangan eksisting, Berikut adalah contoh simulasi sistem penerangan di lantai 1 gedung A:

Gambar 1.13 Tahap desain, pemilihan jenis lampu dan area penerangan.

Gambar 1.14 Proses simulasi luminasi dan efikasi area penerangan.

Berikut data hasil simulasi:

Hasil Simulasi kuat & daya penerangan lampu:

Luminasi mak.	504 Lux
Luminasi min.	192 Lux
Luminasi rata-rata	418 Lux
Efikasi daya lampu	9,89 Watt/m ²
Daya total penerangan	2,56 kW

Berdasarkan hasil simulasi terlihat bahwa:

Nilai luminasi sudah terpenuhi bahkan nilainya sedikit melebihi standar minimum ruang kerja (300 s.d 350)

Nilai standar efikasi terpenuhi (efikasi < 15 watt/m²)

Konsumsi daya lebih kecil dari sebelumnya (lebih efisien).

c) Perhitungan Potensi Penghematan Energi dan Biaya:

Dengan metode yang sama, maka didapatkan potensi penghematan energi untuk penggantian lampu TL-D 2x36 Watt ke TL T5 2x28 Watt di masing-masing sektor tiap lantai sebagai berikut:

Tabel 1.5 Potensi penghematan energi penggantian lampu gedung A.

Lantai	Sektor									Total (W)
	A	B	C	D	E	F	G	H	Lainnya	
1	640	480	128	-	-	-	-	-	48	1.296
3	-	-	-	512	512	-	-	-	48	1.072
4	-	-	-	-	-	460	768	384	32	1.644
Atap										145
Total										4.157

Potensi penghematan energi sebesar:

Tabel 1.6 Potensi penghematan energi dan biaya penggantian lampu gedung A.

*Energi saving (kW)	Operasional (jam/hari)	Energi Saving (kWh/Tahun)	Harga per kWh (Rp)	Energi cost saving (Rp/kWh/Tahun)
---------------------	------------------------	---------------------------	--------------------	-----------------------------------

(1)	(2)	(3)=(1)x(2)x 22 hari x 12 bulan	(4)	(5)=(3)x(4)
4,157	10	10.975	800	8.780.000

*Dari table 2.8

Jumlah penggantian lampu TLD 2x36W menjadi TL T5 2x28W gedung A adalah:

Tabel 1.7 Jumlah penggantian lampu TLD 2x36W ke TL T5 2x28W gedung A.

Lantai	Sektor									Total Armatur	Total Lampu
	A	B	C	D	E	F	G	H	Lainnya		
1	80	60	32	-	-	-	-	-	12	92	184
3	-	-	-	72	72	-	-	-	4	74	148
4	-	-	-	-	-	80	96	56	4	118	236
Atap										9	18
Total										293	586

Penghematan yang diperoleh melalui implementasi ini sebesar Rp 8.780.000

Investasi: Asumsi biaya penggantian lampu per armatur sebesar Rp 190.000* (harga satuan lampu TL T5 Rp 75.000 dan adaptor Rp 20.000)

Jumlah armature yang terdapat di gedung A adalah 293

Biaya investasi untuk implementasi ini sebesar $293 \times \text{Rp } 190.000 = \text{Rp } 55.670.000$

Pay Back Periode (PBP) = $55.670.000 / 8.780.000 = 6,34 \text{ Tahun}$

1.2.2.1.2.1.2 Rewiring/Regrouping pada Sistem Pengendalian Penerangan

1) Data dan fakta sistem penerangan gedung A (Sektor A)

Gambaran kondisi sistem penerangan di salah satu ruangan kerja di gedung A	Deskripsi sistem pengendalian penerangan.
	<p>⇒ Kondisi eksisting:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ <i>Central switch</i> ✓ Armatur lampu TL D 2x36 watt ✓ Jumlah lampu 80 pcs <p>⇒ Hasil inspeksi jumlah okupansi di ruang kerja :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Terdapat beberapa ruang kerja yang kosong tetapi lampu dalam kondisi menyala ✓ Dalam satu ruangan terdapat beberapa orang yang bekerja tetapi lampu satu ruangan menyala semua.

2) Analisis potensi penghematan energi

Pada ruang kerja yang menggunakan sistem pengendalian penerangan *central switch* tidak efisien jika ruangan tidak digunakan sepenuhnya atau sebagian ada yang kosong. Rewiring/regrouping direkomendasikan guna meningkatkan efisiensi energi.

Berikut adalah ruangan gedung A yang perlu dilakukan rewiring/regrouping :

Lantai 1

- Sektor A

Regrouping dilakukan pada ruang dimana jumlah grup/zona tergantung dari okupansi dan fungsi ruangan tersebut, mungkin dibagi 3 atau 4 group. Bisa juga digunakan *remote switch* atau *occupation censor*.

- Sektor B

Regrouping dilakukan pada ruang kerja anak perusahaan dengan jumlah lampu sebanyak 60 TL yang bisa dibagi menjadi 3 atau 4 zona/grup.

Lantai 2

Pemasangan *occupation censor* pada ruang rapat utama dan desain tata letak armature dan lampu

Lantai 3

- Sektor D

Regrouping dilakukan pada ruang staff ahli direksi yaitu ruang sekretaris, 3 ruang staff ahli, dan ruang rapat dengan perincian :

- Sektor E

Regrouping dilakukan pada ruang divisi manajemen resiko yaitu ruang kadiv, ruang wakil kadiv, ruang sekretaris dan staff serta ruang rapat Lantai 4.

- Sektor F

Regrouping dilakukan pada ruang departemen hubungan kelembagaan yaitu ruang kepala, ruang wakil kepala, ruang sekretaris dan staff, serta ruang rapat.

- Sektor G

Regrouping dilakukan pada ruang divisi pengembangan bisnis dan portofolio yaitu ruang kepala, ruang wakil kepala, ruang sekretaris dan staff, serta ruang rapat.

- Sektor H

Regrouping dilakukan pada ruang komisaris yaitu ruang sekretariat, ruang komite audit, ruang sekretaris komisaris, 4 ruang komisaris, ruang komisaris independen, dan ruang rapat.

Tabel 1.8 Rekomendasi sistem penerangan gedung A.

Nama Ruangan		Kuat Penerangan di Gedung A			Kuat Penerangan	Daya Penerangan Ruang	Daya Penerangan	Rekomendasi
		(Lux meter)			SNI 03/6197/2000	Watt/m ²	SNI 03/6197/2000	
		Maks	Min	Rata-Rata	Lux meter		Watt/m ²	
Lantai 1	Lobby Utama/ Koridor	65	45	55	100	2.6	10	Rewiring/regrouping atau pemasangan remote switch
	R.Operator	304	266	291	350	19.6	15	
	R. P.I	290	98	160	350	4.1	15	
	R.1 Anak Perusahaan	474	221	359	350	9.7	15	
	R.2 Anak Perusahaan	310	238	274	350	9.8	15	
	R. Anak perusahaan SAKA	93	60	79.8	350	2.5	15	
	R. Multimedia	282	160	201.6	350	2.8	15	
	R. Poliklinik	475	215	334	350	3.0	15	
Lantai 2	Koridor	111	54	82.5	100	3.3	10	Desain sistem penerangan menggunakan armature dan lampu TL T5 2x28 W
	R. Dir. Pengusahaan	191	48	131.5	350	5.6	15	
	R. Dir. Keuangan	188	64	108.6	350	5.4	15	
	R. Direktur Utama	132	54	106.4	350	3.8	15	
	R. Sekretaris Perusahaan	146	85	115.8	350	4.4	15	
	R. Per. Invst. Manaj. Resiko	170	95	123	350	9.4	15	Pemasangan occupation censor
	R. Rapat Utama	285	211	231	300	6.5	15	
	R. Sekretariat Direksi	221	70	113	350	3.3	15	
Lantai 3	Koridor	113	63	78	100	5.4	10	Rewiring/regrouping atau pemasangan remote switch
	R. Dir. Pengembangan	195	48	132.5	350	5.7	15	
	R. Dir. Umum	201	101	152	350	5.7	15	
	R. Staff Ahli Direksi	412	300	381	350	13.3	15	
	R. Divisi Manaj. Resiko	484	263	373.6	350	17.5	15	
Lantai 4	Koridor	117	69	87	100	5.6	10	Rewiring/regrouping atau pemasangan remote switch
	R. Dep. Hub. Kelembagaan	465	219	317	350	11.6	15	
	R. Div. Peng.Bisnis&Portofolio	484	255	369.7	350	12.2	15	
	R. Komisaris	666	70	388	350	8.4	15	
Lantai Atap	R .Arsip	211	109	164.5	350	4.0	15	

Dengan asumsi bahwa setelah rewiring/regrouping dan pemasangan remote switch didapatkan potensi penghematan sekitar 10% di tiap ruangan maka didapatkan nilai penghematan sebesar:

Tabel 1.9 Potensi penghematan energi rewiring sistem penerangan gedung A.

Lantai	Sektor									Total Armatur	Total Lampu
	A	B	C	D	E	F	G	H	Lainnya		
1	80	60	32	-	-	-	-	-	12	92	184
3	-	-	-	72	72	-	-	-	4	74	148
4	-	-	-	-	-	80	96	56	4	118	236
Atap										9	18
Total										293	586

* perhitungan menggunakan lampu eksisting (TL 36W)

Potensi penghematan energi sebesar :

Tabel 1.10 Potensi penghematan energi dan biaya rewiring gedung A.

*Energi saving (kW)	Operasional (jam/hari)	Energi saving (kWh/Tahun)	Harga perKwh (Rp)	Energi cost saving (Rp/kWh/Tahun)
(1)	(2)	(3)=(1)x(2)x 22 hari x 12 bulan	(4)	(5)=(3)x(4)
2	10	5280	800	4.224.000

Nilai 2 kW adalah 10% dari total daya lampu sektor A,B,D,E,F,G, dan H (sector C dan lantai atap sudah menggunakan sistem grup).

Sektor A,B,D,E,F,G, dan H terdapat (80+60+72+72+80+96+56) atau 516 lampu @40 watt = 20,6 kW

Energi saving = 20,6 kW x 10% = 2 kW

Jumlah pemasangan remote switch di gedung A adalah sebagai berikut:

Tabel 1.11 Jumlah pemasangan remote switch gedung A.

Lantai	Sektor								Total
	A	B	C	D	E	F	G	H	
1	3	3	-	-	-	-	-	-	6
3	-	-	-	3	3	-	-	-	6
4	-	-	-	-	-	4	4	2	10
Total									22

Setiap satu *remote switch* dapat mengendalikan 3 zona sehingga perlu dilakukan rewiring sebanyak $22 \times 3 = 66$.

Investasi: biaya rewiring dan pemasangan *remote switch* dihitung per *remote switch* dan jumlah rewiring. Harga *remote switch* Rp 450.000 dan biaya rewiring per zona Rp 50.000

$$\text{Total} = (22 \times \text{Rp } 450.000) + (66 \times \text{Rp } 50.000)$$

$$= \text{Rp } 13.200.000$$

$$\text{Pay Back Periode (PBP)} = 13.200.000 / 4.224.000 = 3,1 \text{ Tahun}$$

1.2.2.1.2.1.3 Desain tata letak armature dan lampu lantai 2 dan pemasangan occupation censor

Desain tata letak dapat dilihat pada hasil simulasi, berikut kebutuhan lampu yang digunakan:

Tabel 1.12 Tabel kebutuhan lampu di ruangan lantai 2.

Ruangan	Sektor		Jumlah armatur
	Ruang kerja Direktur	R Sekretaris	
Ruang Dir. Keuangan	3	4	7
Ruang Dir. Pengusahaan	3	4	7
Ruang Dir. Utama	8	9	17
Total			31

Biaya investasi penggantian dan rewiring lampu eksistis menjadi TL T5 2x28 W per armature sebesar Rp 580.000

Jumlah armature adalah 31, total investasi = $31 \times \text{Rp } 580.000 = 17.980.000$

Pemasangan occupation sensor 4 unit, yaitu di ruang rapat Direktur Utama 2 unit dan di ruang rapat utama 2 unit.

Biaya investasi pemasangan occupation sensor per unit adalah Rp 725.000

Jumlah occupation censor adalah 4, total investari = $4 \times \text{Rp } 725.000 = \text{Rp } 1.450.000$

1.2.2.1.2.2 Gedung B

1.2.2.1.2.2.1 Penggantian Lampu TL eksisting ke TL T5 28 Watt

1) Data dan fakta sistem penerangan gedung B (Sektor A)

Gambaran kondisi sistem penerangan di	Deskripsi sistem penerangan.
	⇒ Kondisi eksisting: ✓ Armatur lampu TL D 2x36 watt

salah satu ruangan kerja di gedung B	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Jenis lampu TL 36 watt + ballast konvensional ✓ Jumlah lampu 28 pcs <p>⇒ Hasil inspeksi kuat & daya penerangan lampu:</p> <table border="1"> <tr> <td>Luminasi mak.</td><td>303 Lux</td></tr> <tr> <td>Luminasi min.</td><td>110 Lux</td></tr> <tr> <td>Luminasi rata-rata</td><td>212.4 Lux</td></tr> <tr> <td>Efikasi daya lampu</td><td>10.2 Watt/m²</td></tr> <tr> <td>Daya total penerangan</td><td>2.9 kW</td></tr> </table> <p>Berdasarkan rujukan SNI 03 6197 2000 Konservasi energi di sistem penerangan, maka:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Luminasi belum memenuhi standar (300 s.d 350 Lux), hal ini disebabkan adanya beberapa lampu yang mati, ✓ Efikasi telah memenuhi standar (<15 Watt/m²) 	Luminasi mak.	303 Lux	Luminasi min.	110 Lux	Luminasi rata-rata	212.4 Lux	Efikasi daya lampu	10.2 Watt/m ²	Daya total penerangan	2.9 kW
Luminasi mak.	303 Lux										
Luminasi min.	110 Lux										
Luminasi rata-rata	212.4 Lux										
Efikasi daya lampu	10.2 Watt/m ²										
Daya total penerangan	2.9 kW										

2) Analisis potensi penghematan energi

Standar kuat penerangan dan efikasi telah terpenuhi, namun demikian saat ini telah tersedia lampu jenis TL yaitu TL T5 yang memiliki efikasi lebih baik dari teknologi lampu yang saat ini terpasang di gedung B.

Berikut disajikan hasil simulasi penggantian lampu TL eksisting ke jenis TL T5 28 Watt (simulasi menggunakan Dialux 4.10).

a) Denah (layout) sistem penerangan gedung B (yang menggunakan TL D 36):

Gedung B Lantai 2 (Sektor A)

b) Simulasi sistem penerangan:

Simulasi sistem penerangan (software DIALux) menggunakan model denah layout sistem penerangan eksisting. Berikut adalah contoh simulasi sistem penerangan di lantai 2 gedung B:

Gambar 1.15 Tahap desain, pemilihan jenis lampu dan area penerangan.

Gambar 1.16 Proses simulasi luminasi dan efikasi area penerangan.

Berikut data hasil simulasi:

Hasil Simulasi kuat & daya penerangan lampu:

Luminasi mak.	:	411 Lux
Luminasi min.	:	86 Lux
Luminasi rata-rata	:	300 Lux
Efikasi daya lampu	:	4.6 Watt/m ²
Daya total penerangan	:	560 Watt

Berdasarkan hasil simulasi terlihat bahwa:

Nilai standar lux untuk ruang kerja terpenuhi (300 s.d 350 lux)

Nilai standar efikasi terpenuhi (efikasi < 15 watt/m²)

Konsumsi daya lebih kecil dari sebelumnya (lebih efisien).

Gedung B Lantai 2 (Sektor B)

c) Simulasi sistem penerangan:

Simulasi sistem penerangan (software DIALux) menggunakan model denah layout sistem penerangan eksisting. Berikut adalah contoh simulasi sistem penerangan di lantai 2 gedung B:

Gambar 1.17 Tahap desain, pemilihan jenis lampu dan area penerangan.

Gambar 1.18 Proses simulasi luminasi dan efikasi area penerangan.

Berikut data hasil simulasi:

Hasil Simulasi kuat & daya penerangan lampu:

Luminasi mak.	:	411 Lux
Luminasi min.	:	86 Lux
Luminasi rata-rata	:	300 Lux
Efikasi daya lampu	:	4.6 Watt/m ²
Daya total penerangan	:	560 Watt

Berdasarkan hasil simulasi terlihat bahwa:

Nilai standar lux untuk ruang kerja terpenuhi (300 s.d 350 lux);

Nilai standar efikasi terpenuhi (efikasi < 15 watt/m²);

Konsumsi daya lebih kecil dari sebelumnya (lebih efisien).

d) Perhitungan Potensi Penghematan Energi dan Biaya:

Dengan metode yang sama, maka didapatkan potensi penghematan energi untuk penggantian lampu TL-D 2x36 Watt ke TL T5 2x28 Watt di masing-masing sektor tiap lantai sebagai berikut (hasil simulasi dapat dilihat pada lampiran):

Tabel 1.13 Potensi penghematan energi penggantian lampu gedung B.

Lantai	Sektor			Total (W)
	A	B	C	
2	224	160	224	608
Total (lantai 2 s.d 9)				5.472

Potensi penghematan energi sebesar :

Tabel 1.14 Potensi penghematan energi dan biaya penggantian lampu gedung B.

*Energi saving (kW)	Operasional (jam/hari)	Energi saving (kWh/Tahun)	Harga per kWh (Rp)	Energi cost saving (Rp/kWh/Tahun)
(1)	(2)	(3)=(1)x(2)x 22 hari x 12 bulan	(4)	(5)=(3)x(4)
5,472	10	14.446	800	11.556.800

*Dari Tabel 4.69.

Jumlah penggantian lampu TLD 2x36W menjadi TL T5 2x28W gedung B adalah :

Tabel 1.15 Jumlah penggantian lampu TLD 2x36W ke TL T5 2x28W gedung B.

Lantai	Sektor			Total Armature	Total Lampu
	A	B	C		
2	14	10	14	38	76
Total (lantai 2 s.d 9)				304	608

Penghematan yang diperoleh melalui implementasi ini sebesar Rp 11.556.800

Investasi: Biaya penggantian lampu per armature sebesar Rp 190.000

Jumlah armature yang terdapat di gedung B adalah 304

Biaya investasi untuk implementasi ini $304 \times \text{Rp } 190.000 = \text{Rp } 57.760.000$

$PBP = 57.760.000 / 11.556.800 = 5 \text{ Tahun}$

1.2.2.1.2.2.2 Rewiring/regrouping pada sistem pengendalian penerangan

1) Data dan fakta sistem pengendalian penerangan gedung B (Sektor A)

Gambaran kondisi sistem penerangan di salah satu ruangan kerja di gedung B	Deskripsi sistem pengendalian penerangan.
	<p>⇒ Kondisi eksisting:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ <i>Central switch</i> ✓ Armatur lampu TL D 2x36 watt ✓ Jumlah lampu 28 pcs <p>⇒ Hasil inspeksi jumlah okupansi di ruang kerja :</p>

	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Terdapat beberapa ruang kerja yang kosong tetapi lampu dalam kondisi menyala ✓ Dalam satu ruangan terdapat beberapa orang yang bekerja tetapi lampu satu ruangan menyala semua.
--	--

2) Analisis potensi penghematan energi

Pada ruang kerja yang menggunakan sistem pengendalian penerangan central switch tidak efisien jika ruangan tidak digunakan sepenuhnya atau sebagian ada yang kosong. Rewiring/regrouping direkomendasikan guna meningkatkan efisiensi energi.

Berikut adalah ruangan gedung B yang perlu dilakukan rewiring/regrouping:

Lantai 2 – Lantai 9

- Sektor A;
- Sektor B;
- Sektor C.

Tabel 1.16 Rekomendasi sistem penerangan gedung B.

Nama Ruangan	Kuat Penerangan di Gedung B			Kuat Penerangan	Daya Penerangan Ruang	Daya Penerangan	Keterangan
	(Lux meter)			(SNI 03/6197/2000)	Watt/m ²	(SNI 03/6197/2000)	
	Maks	Min	Rata2	Lux meter		Watt/m ²	
LT 1	Lobby Utama/Koridor	193	213	190.5	100	9.65	10
	R Bank BNI	505	160	267.3	350	3.5	15
	R. Bank Mandiri	315	160	209.6	350	6.5	15
	R. Bank BRI	290	151	220	350	7.5	15
	R. Projek BI	245	112	173	350	14.08	15
LT2	Lobby Utama/Koridor	161	123	140.5	100	10.3	10
	R. Anak Perusahaan MCC	303	110	212.4	350	10.2	15 Pemasangan remote switch
LT3	Koridor	135	115	124.5	100	10.3	10
	R. Anak Perusahaan TGI	388	131	232.7	350	9.5	15 Pemasangan remote switch
LT 4	Koridor	141	123	129.8	100	12	10
	R. Anak Perusahaan TGI	295	66	207.4	350	9.3	15 Pemasangan remote switch
LT 5	Koridor	137	125	130.5	100	12	10
	R. Arsip PT TGI	Dalam perbaikan				0.54	15 Pemasangan remote switch
LT 6	Koridor	135	122	128.8	100	12	10
	R. Div. IT	Dalam perbaikan				7.4	15 Pemasangan remote switch
LT 7	Koridor	133	121	128	100	12	10
	Dalam Perbaikan						Pemasangan remote switch
LT 8	Koridor	129	121	123	100	12	10
	R. Div. Manaj. Aset (dalam perbaikan)	209	131	172	350	6.4	15 Pemasangan remote switch
LT 9	Dalam Proses Perbaikan						
LT 10	Koridor	221	129	154	100	12	10
	R. Divisi K3PL	340	186	249	350	9.5	15
	R. LNG	336	71	134.5	350	3.60	15

Dengan asumsi bahwa setelah rewiring/regrouping dan pemasangan remote switch didapatkan potensi penghematan sekitar 10% di tiap ruangan maka didapatkan nilai penghematan sebesar:

Tabel 1.17 Potensi penghematan energi rewiring sistem penerangan gedung B.

Lantai	Sektor			Total (W)
	A	B	C	
2	112	80	112	304
Total (lantai 2 s.d 9)				2432

*perhitungan menggunakan lampu eksisting (TL 36W)

Potensi penghematan energi sebesar:

Tabel 1.18 Potensi penghematan energi dan biaya rewiring gedung B.

*Energi saving (kW)	Operasional (jam/hari)	Energi saving	Harga perKwh (Rp)	Energi cost saving (Rp/kWh/Tahun)
(1)	(2)	(3)=(1)x(2)x22 harix12 bulan	(4)	(5)=(3)x(4)
2,432	10	6.415	800	5.132.000

*dari Tabel 4.75 (W ke kW)

Jumlah pemasangan remote switch di gedung B adalah:

Tabel 1.19 Jumlah pemasangan *remote switch* di gedung B.

Lantai	Sektor			Total
	A	B	C	
2	2	1	2	5
Total (lantai 2 s.d 9)				40

Setiap satu remote switch dapat mengendalikan 3 zona sehingga perlu dilakukan rewiring sebanyak $40 \times 3 = 120$.

Invesatasi : biaya rewiring dan pemasangan remote switch dihitung per remote switch dan jumlah rewiring. Harga remote switch Rp 450.000 dan biaya rewiring per zona Rp 50.000

$$\text{Total} = (40 \times \text{Rp } 450.000) + (120 \times \text{Rp } 50.000)$$

$$= \text{Rp } 24.000.000$$

$$\text{Pay Back Periode (PBP)} = 24.000.000 / 5.132.200 = 4,67 \text{ Tahun}$$

1.2.2.1.2.3 Gedung GrahaPGAS

Hasil identifikasi potensi penghematan energi ditemukan beberapa peluang penghematan energi (*energy saving*) dan biaya (*cost saving*) di beberapa sistem penerangan, tata udara, dan pola pemanfaatan energi.

1.2.2.1.2.3.1 Penggantian Lampu TL eksisting ke TL T5 28 Watt

1) Data dan fakta sistem penerangan gedung Graha PGAS (Sektor C)

	<p>Deskripsi sistem penerangan.</p> <p>⇒ Kondisi eksisting:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Armatur lampu TL D 2x36 watt ✓ Jensi lampu TL 36 watt + ballast konvensional ✓ Jumlah lampu 42 pcs <p>⇒ Hasil inspeksi kuat & daya penerangan lampu:</p> <table border="1"> <tr> <td>Luminasi mak.</td> <td>404 Lux</td> </tr> <tr> <td>Luminasi min.</td> <td>44 Lux</td> </tr> <tr> <td>Luminasi rata-rata</td> <td>295 Lux</td> </tr> <tr> <td>Efikasi daya lampu</td> <td>9.44 Watt/m²</td> </tr> <tr> <td>Daya total penerangan</td> <td>1,68 kW</td> </tr> </table> <p>Berdasarkan rujukan SNI 03 6197 2000 Konservasi energi di sistem penerangan, maka:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Luminasi belum memenuhi standar (300 s.d 350 Lux), ✓ Efikasi telah memenuhi standar (<15 Watt/m²) 	Luminasi mak.	404 Lux	Luminasi min.	44 Lux	Luminasi rata-rata	295 Lux	Efikasi daya lampu	9.44 Watt/m ²	Daya total penerangan	1,68 kW
Luminasi mak.	404 Lux										
Luminasi min.	44 Lux										
Luminasi rata-rata	295 Lux										
Efikasi daya lampu	9.44 Watt/m ²										
Daya total penerangan	1,68 kW										
<p>Gambaran kondisi sistem penerangan di salah satu ruangan kerja di gedung Graha PGAS (divisi LUPP)</p>											

2) Analisis potensi penghematan energi

Standar kuat penerangan dan efikasi telah terpenuhi, namun demikian saat ini telah tersedia lampu jenis TL yaitu TL T5 yang memiliki efikasi lebih baik dari teknologi lampu yang saat ini terpasang di gedung Graha PGAS.

Berikut disajikan hasil simulasi penggantian lampu TLD eksisting ke jenis TL T5 28 Watt (simulasi menggunakan Dialux 4.10).

a) Denah (layout) sistem penerangan gedung graha PGAS (yang menggunakan TL D 36):

Lantai 3 s.d 10.

b) Simulasi sistem penerangan:

Simulasi sistem penerangan (software DIALux) menggunakan model denah layout sistem penerangan eksisting. Berikut adalah contoh simulasi sistem penerangan di lantai 3 s.d 10 gedung Graha PGAS:

Gambar 1.19 Tahap desain, pemilihan jenis lampu dan area penerangan.

Gambar 1.20 Proses simulasi luminasi dan efikasi area penerangan.

Berikut data hasil simulasi:

Hasil Simulasi kuat & daya penerangan lampu:

Luminasi mak.	: 502 Lux
Luminasi min.	: 183 Lux
Luminasi rata-rata	: 356 Lux
Efikasi daya lampu	: 8,57 Watt/m ²
Daya total penerangan	: 1,34 kW

Berdasarkan hasil simulasi terlihat bahwa:

Nilai luminasi sudah terpenuhi bahkan nilainya sedikit melebihi standar minimum ruang kerja (300 s.d 350)

Nilai standar efikasi terpenuhi (efikasi < 15 watt/m²);

Konsumsi daya lebih kecil dari sebelumnya (lebih efisien).

c) Perhitungan Potensi Penghematan Energi dan Biaya:

Dengan metode yang sama, maka didapatkan potensi penghematan energi untuk penggantian lampu TL-D 2x36 Watt ke TL T5 2x28 Watt di masing-masing sektor tiap lantai sebagai berikut (hasil simulasi dapat dilihat pada lampiran):

Lantai 3 sebesar ~ **1,37 kW** dengan rincian :

- Sektor A = **320 W**.
- Sektor B = **192 W**.
- Sektor C = **336 W**.
- Sektor D = **336 W**.
- Sektor E = **144 W**.
- Lainnya = **48 W**.

Lantai 4 s.d 10 didapatkan hasil yang sama, karena layout single line sistem penerangan typical untuk lantai 3 s.d 10.

Tabel 1.20 Potensi penghematan energi penggantian lampu gedung graha PGAS.

Lantai	Sektor					Total (W)
	A	B	C	D	E	
3	320	192	336	336	144	1328
Lainnya						48
*Total						10.944

*Total lantai 3 s.d 10

Potensi penghematan energi sebesar:

Tabel 1.21 Potensi penghematan energi dan biaya penggantian lampu gedung graha PGAS.

Energi saving (kW)	Operasional (jam/hari)	Energi Saving (kWh/Tahun)	Harga per kWh (Rp)	Energi cost saving (Rp/kWh/Tahun)
(1)	(2)	(3)=(1)x(2)x22 harix12 bulan	(4)	(5)=(3)x(4)
10,944	10	28.892,16	800	23.113.728

*dari Tabel 4.74 (konversi W ke kW)

Jumlah penggantian lampu TLD 2x36W menjadi TL T5 2x28W gedung Graha PGAS adalah:

Tabel 1.22 Jumlah penggantian lampu TLD 2x36W menjadi TL T5 2x28W gedung Graha PGAS.

Lantai	Sektor					Total Armature	Total Lampu
	A	B	C	D	E		
3	20	12	21	21	18	92	184
Lainnya						3	6
*Total						760	1520

*Total lantai 3 s.d 10

Penghematan yang diperoleh melalui implementasi ini sebesar Rp 23.113.728

Investasi: Biaya penggantian lampu beserta amatur per titik sebesar RP. 190.000

Biaya investasi untuk retrofit sebesar $760 \times \text{Rp } 190.000 = \text{Rp } 144.400.000$

Pay Back Periode (PBP) = $144.400.000 / 23.113.728 = 6,24 \text{ Tahun}$

1.2.2.1.2.3.2 Rewiring/regrouping pada sistem pengendalian penerangan

1) Data dan fakta sistem pengendalian penerangan gedung Graha PGAS (Sektor A, B, C, D, dan E)

Gambaran kondisi sistem penerangan di salah satu ruangan kerja di gedung Graha PGAS	Deskripsi sistem pengendalian penerangan.
	<p>⇒ Kondisi eksisting:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ <i>Central switch</i> ✓ Armatur lampu TL D 2x36 watt ✓ Jumlah lampu 190 pcs <p>⇒ Hasil inspeksi jumlah okupansi di ruang kerja :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Terdapat beberapa ruang yang tidak digunakan tetapi lampu dalam kondisi menyala ✓ Lampu menyala padahal lebih efisien jika memanfaatkan pencahayaan alami

2) Analisis potensi penghematan energi

Pada ruang kerja yang menggunakan sistem pengendalian penerangan central switch tidak efisien jika ruangan tidak digunakan sepenuhnya atau sebagian ada yang kosong. Rewiring/regrouping direkomendasikan guna meningkatkan efisiensi energi.

Berikut adalah ruangan gedung Graha PGAS yang perlu dilakukan rewiring/regrouping :

Lantai 3 s.d 10

- Sektor A.
- Sektor B.
- Sektor C.
- Sektor D.
- Sektor E.

Tabel 1.23 Rekomendasi sistem penerangan gedung Graha PGAS.

Nama Ruangan		Kuat Penerangan di Gedung PGAS			Kuat Penerangan	Daya Penerangan Ruangan	Daya Penerangan	Keterangan
		(Lux meter)			(SNI 03/6197/2000)	Watt/m ²	(SNI 03/6197/2000)	
		Maks	Min	Rata-Rata	Lux meter		Watt/m ²	
LT D	Loby, Hall, Koridor	352	112	232	100	8.76	10	
	R. Kantor Div. Hub. Investor	199	105	141	350	11.6	15	
Lt M	Koridor	235	154	199	100	11.9	10	
	Div. Engineering	73	120	89	350	4.33	15	
	Div. Transformasi & Pengendalian Kerja	677	117	299	350	11.05	15	
	Div. Perencanaan & Strategis	272	86	208	350	11.04	15	
LT 2	Koridor	285	151	211	100	11.6	10	
	Divisi Tek. Info. & Komunikasi	552	87	206	350	4.5	15	
	Divisi Proyek LNG Bravo	452	67	197	350	7.3	15	
	Auditorium	357	108	231	200	25.4	25	
	Rapat/Safety	234	195	203	300	7.7	15	
LT3	Koridor	256	152	212	100	11.2	10	
	Divisi Layanan Umum & Pengamanan Perusahaan	763	44	295	350	9.93	15	Rewiring/regrouping dan pemasangan remote switch
	Dvisi Organisasi & Proses Bisnis	465	70	241	350	8.3	15	Rewiring/regrouping dan pemasangan remote switch

Tabel 4.83 (lanjutan).

Nama Ruangan		Kuat Penerangan di Gedung PGAS			Kuat Penerangan	Daya Penerangan Ruangan	Daya Penerangan	Keterangan
		(Lux meter)			(SNI 03/6197/2000)	Watt/m ²	(SNI 03/6197/2000)	
		Maks	Min	Rata-Rata	Lux meter		Watt/m ²	
LT4	Koridor	270	152	221	100	9.9	10	Rewiring/regrouping dan pemasangan remote switch
	Divisi SDM	458	47	278	350	9.6	15	
	Divisi Logistik	908	218	359	350	9.2	15	
	Group Pengembangan Geograpic &Informasi System	933	198	427	350	9.3	15	
LT 5	Koridor	273	146	223	100	9.2	10	Rewiring/regrouping dan pemasangan remote switch
	R. Satuan Pengawasan Intern	800	154	312	350	12.6	15	
	Biro Hukum Korporat	818	107	405	350	9.5	15	
LT 6	Koridor	281	132	215	100	9.2	10	Rewiring/regrouping dan pemasangan remote switch
	Divisi Komunikasi Korporat	971	125	403	350	10.3	15	
	Divisi Akuntansi	513	89	347	350	10.9	15	
	Divisi tanggung Jawab Sosial Lingkungan	658	79	294	350	10.3	15	
LT 7	Koridor	286	154	221	100	9.2	10	Rewiring/regrouping dan pemasangan remote switch
	Divisi Keuangan	499	167	345	350	9.0	15	
	Divisi Pembendaharaan	780	82	375	350	8.6	15	
	Divisi Anggaran	434	51	287	350	8.7	15	
	PT Gagasan Energi Indonesia	800	159	359	350	10.7	15	

Tabel 4.83 (lanjutan).

Nama Ruangan		Kuat Penerangan di Gedung PGAS			Kuat Penerangan	Daya Penerangan Ruangan	Daya Penerangan	Keterangan
		(Lux meter)			(SNI 03/6197/2000)	Watt/m ²	(SNI 03/6197/2000)	
		Maks	Min	Rata-Rata	Lux meter		Watt/m ²	
LT 8	Koridor	275	156	201	100	9.2	10	Rewiring/regrouping dan pemasangan remote switch
	Divisi Pembangunan	800	106	354	350	9.1	15	
	Divisi Riset & Pengembangan Teknologi	416	209	328	350	8.9	15	
	Divisi Operasi	1,211	101	377	350	9.6	15	
	Divisi Perencanaan & Enjiniring	1,044	104	420	350	9.4	15	
LT 9	Koridor	283	145	213	100	1	10	Rewiring/regrouping dan pemasangan remote switch
	Divisi Pemasaran	463	71	276	350	8.8	15	
	Divisi Penjualan Korporat	1,073	131	444	350	9.8	15	
	Divisi Pasokan Gas	966	74	419	350	9.1	15	
LT10	Koridor	84	75	80	100	1	10	
	SBU Transmisi Sumatera Jawa	452	66	187	350	4.5	15	
LT11	Koridor	83	75	79.7	100	1	10	
	SBU Transmisi Sumatera Jawa	343	81	179	350	4.5	15	

Dengan asumsi bahwa setelah rewiring/regrouping dan pemasangan remote switch didapatkan potensi penghematan sekitar 10% di tiap ruangan maka didapatkan nilai penghematan sebesar:

Tabel 1.24 Potensi penghematan energi rewiring sistem penerangan gedung Graha PGAS.

Lantai	Sektor					Total (W)
	A	B	C	D	E	
3	176	96	168	168	152	760
*Total (Lantai 3 s.d 10)						6080

*perhitungan menggunakan lampu eksisting (TL 36W)

Potensi penghematan energi sebesar :

Tabel 1.25 Potensi penghematan energi dan biaya rewiring gedung Graha PGAS.

*Energi saving (kW)	Operasional (jam/hari)	Energi Saving (kWh/Tahun)	Harga per kWh (Rp)	Energi cost saving (Rp/kWh/Tahun)
(1)	(2)	(3)=(1)x(2)x22 harix12 bulan	(4)	(5)=(3)x(4)
6	10	15.840	800	12.672.000

*dari Tabel 4.78 (konversi W ke kW)

Jumlah pemasangan remote switch di gedung Graha PGAS:

Tabel 1.26 Jumlah pemasangan *remote switch* di gedung Graha PGAS.

Lantai	Sektor					Total
	A	B	C	D	E	
3	2	1	2	2	2	9
*Total (Lantai 3 s.d 10)						72

Setiap satu remote switch dapat mengendalikan 3 zona sehingga perlu dilakukan rewiring sebanyak $72 \times 3 = 216$.

Invesatasi : biaya rewiring dan pemasangan remote switch dihitung per remote switch dan jumlah rewiring. Harga remote switch Rp 450.000 dan biaya rewiring per zona Rp 50.000

$$\text{Total} = (72 \times \text{Rp } 450.000) + (216 \times \text{Rp } 50.000)$$

$$= \text{Rp } 43.200.000$$

$$\text{Pay Back Periode (PBP)} = 43.200.000 / 12.672.000 = 3,41 \text{ Tahun}$$

1.2.2.1.2.4 Gedung C

Hasil identifikasi potensi penghematan energi ditemukan beberapa peluang penghematan energi (*energy saving*) dan biaya (*cost saving*) di beberapa sistem penerangan, tata udara, dan pola pemanfaatan energi.

1.2.2.1.2.4.1 Penggantian Lampu TL eksisting ke TL T5 28 Watt

1) Data dan fakta sistem penerangan gedung C (Lantai 1 Sektor B)

	Deskripsi sistem penerangan.										
Gambaran kondisi sistem penerangan di salah satu ruangan kerja di gedung C	⇒ Kondisi eksisting:										
	✓ Armatur lampu TL D 2x36 watt										
	✓ Jensi lampu TL 36 watt + ballast konvensional										
	✓ Jumlah lampu 36 pcs										
	⇒ Hasil inspeksi kuat & daya penerangan lampu:										
	<table><tr><td>Luminasi mak.</td><td>551 Lux</td></tr><tr><td>Luminasi min.</td><td>133 Lux</td></tr><tr><td>Luminasi rata-rata</td><td>290.7 Lux</td></tr><tr><td>Efikasi daya lampu</td><td>7.5 Watt/m²</td></tr><tr><td>Daya total penerangan</td><td>5.4 kW</td></tr></table>	Luminasi mak.	551 Lux	Luminasi min.	133 Lux	Luminasi rata-rata	290.7 Lux	Efikasi daya lampu	7.5 Watt/m ²	Daya total penerangan	5.4 kW
Luminasi mak.	551 Lux										
Luminasi min.	133 Lux										
Luminasi rata-rata	290.7 Lux										
Efikasi daya lampu	7.5 Watt/m ²										
Daya total penerangan	5.4 kW										
	Berdasarkan rujukan SNI 03 6197 2000 Konservasi energi di sistem penerangan, maka:										
	✓ Luminasi belum memenuhi standar (300 s.d 350 Lux),										
	✓ Efikasi telah memenuhi standar (<15 Watt/m ²)										

2) Analisis potensi penghematan energi

Standar kuat penerangan dan efikasi telah terpenuhi, namun demikian saat ini telah tersedia lampu jenis TL yaitu TL T5 yang memiliki efikasi lebih baik dari teknologi lampu yang saat ini terpasang di gedung C.

Berikut disajikan hasil simulasi penggantian lampu TL eksisting ke jenis TL T5 28 Watt (simulasi menggunakan Dialux 4.10).

- a) Denah (layout) sistem penerangan gedung C (yang menggunakan TL D 36):

Gedung C Lantai 1 (Sektor B)

- b) Simulasi sistem penerangan:

Simulasi sistem penerangan Dialux 4.10 menggunakan model denah layout sistem penerangan eksisting. Berikut adalah contoh simulasi sistem penerangan di lantai 1 gedung C:

Gambar 1.21 Tahap desain, pemilihan jenis lampu dan area penerangan.

Gambar 1.22 Proses simulasi luminasi dan efikasi area penerangan.

Berikut data hasil simulasi:

- Hasil Simulasi kuat & daya penerangan lampu:

Luminasi mak.	: 555 Lux
Luminasi min.	: 221 Lux
Luminasi rata-rata	: 442 Lux
Efikasi daya lampu	: 7.1 Watt/m ²
Daya total penerangan	: 720 Watt

Berdasarkan hasil simulasi terlihat bahwa:

- Nilai luminasi sudah terpenuhi bahkan nilainya sedikit melebihi standar minimum ruang kerja (300 s.d 350)
- Nilai standar efikasi terpenuhi (efikasi < 15 watt/m²)
- Konsumsi daya lebih kecil dari sebelumnya (lebih efisien).

- c) Perhitungan Potensi Penghematan Energi dan Biaya:

Dengan metode yang sama, maka didapatkan potensi penghematan energi untuk penggantian lampu TL-D 2x36 Watt ke TL T5 2x28 Watt di masing-masing sektor tiap lantai sebagai berikut (hasil simulasi dapat dilihat pada lampiran):

- Gedung C sebesar ~ **4,3 kW** dengan rincian :
 - Lantai 1 = 1024 W
 - Lantai 2 = 1056 W
 - Lantai 3 = 1248 W
 - Lantai 4 = 1008 W

Tabel 1.27 Potensi penghematan energi penggantian lampu gedung C.

Lantai	Energy saving (W)
1	1024
2	1056
3	1248
4	1008
Total	4336

Potensi penghematan energi sebesar :

Tabel 1.28 Potensi penghematan energi dan biaya penggantian lampu gedung C.

*Energi saving (kW)	Operasional (jam/hari)	Energi Saving (kWh/Tahun)	Harga per kWh (Rp)	Energi cost saving (Rp/kWh/Tahun)
(1)	(2)	(3)=(1)x(2)x22 harix12 bulan	(4)	(5)=(3)x(4)
4,336	10	11.447	800	9.157.600

*dari Tabel 4.81 (konversi W ke kW)

Jumlah penggantian lampu TLD 2x36W menjadi TL T5 2x28W gedung C adalah:

Tabel 1.29 Jumlah penggantian lampu TLD 2x36W menjadi TL T5 2x28W Gedung C.

Lantai	Jumlah Armature	Jumlah Lampu
1	64	128
2	67	134
3	78	156
4	63	126
Total	272	544

Penghematan yang diperoleh melalui implementasi ini sebesar Rp 9.157.600

Investasi: Biaya penggantian lampu per armature sebesar Rp 190.000

Jumlah armature yang terdapat di gedung C adalah 272

Biaya investasi untuk retrofit sebesar $272 \times \text{Rp } 190.000 = \text{Rp } 51.680.000$

Pay Back Periode (PBP) = $51.680.000 / 9.157.000 = 5,64 \text{ Tahun}$

1.2.2.1.3 Sistem Tata Udara (AC)

1.2.2.1.3.1 Gedung A

1.2.2.1.3.1.1 Penggantian refrigerant eksisting menjadi hidrokarbon

1) Data dan fakta sistem tata udara gedung A

Gambaran kondisi sistem tata udara di gedung A	Deskripsi sistem tata udara.									
	<p>⇒ Kondisi eksisting:</p> <ul style="list-style-type: none">✓ Menggunakan AC sentral jenis split duct✓ Menggunakan <i>refrigerant</i> jenis R-22✓ Pola operasi 10 jam <p>⇒ Hasil inspeksi kualitas termal di gedung A:</p> <table><tr><td>Temperatur mak.</td><td>26,4° C</td></tr><tr><td>Temperatur min.</td><td>19,7° C</td></tr><tr><td>Kelembaban mak.</td><td>73,2 %</td></tr><tr><td>Kelembaban min.</td><td>49,7 %</td></tr><tr><td>Daya total tata udara</td><td>136,2 kW</td></tr></table> <p>Berdasarkan rujukan standar ASHRAE 55/1981 maka :</p> <ul style="list-style-type: none">✓ Temperature ruang kerja sudah memenuhi standar (23 s.d 25 ° C)✓ Nilai kelembaban ruang kerja sudah memenuhi standar (50 s.d 70 %)	Temperatur mak.	26,4° C	Temperatur min.	19,7° C	Kelembaban mak.	73,2 %	Kelembaban min.	49,7 %	Daya total tata udara
Temperatur mak.	26,4° C									
Temperatur min.	19,7° C									
Kelembaban mak.	73,2 %									
Kelembaban min.	49,7 %									
Daya total tata udara	136,2 kW									

2) Analisis potensi penghematan energi

Berdasarkan hasil pengamatan dan interview dengan pengelola gedung A, sistem pengoperasian *split duct* telah dijadwal sebagai berikut:

- Pukul 7.00 split duct dioperasikan sampai dengan pukul 17.00.
- Pukul 18.00 s.d 19.00 Semua sistem mulai dimatikan.

Proses jadwal pengoperasian masih manual (dimatikan oleh operator dari panel sdp).

Sistem tata udara di gedung A menggunakan AC sentral jenis *split duct* yang menggunakan refrigerant R-22. Refrigerant jenis R-22 bersifat tidak ramah lingkungan karena dapat merusak lapisan ozon sehingga masih dapat dilakukan beberapa peluang konservasi energi dan penghematan

Potensi penghematan energi pada sistem tata udara adalah :

- Penggantian refrigerant eksisting, yaitu R-22 diganti dengan refrigerant jenis hidrokarbon; dan
- Upgrading sistem dengan teknologi yang memiliki nilai COP lebih tinggi.

3) Perhitungan potensi penghematan energi dan biaya

- Penggantian refrigerant menjadi hidrokarbon.

Penggunaan refrigerant jenis hidrokarbon lebih efisien dibandingkan dengan refrigerant jenis R-22 karena secara fisik lebih ringan dibandingkan dengan jenis R-22 sehingga kinerja motor kompresor menjadi lebih ringan. Potensi penghematan penggantian refrigerant eksisting ke jenis hidrokarbon sebesar 18% dari konsumsi daya (*best experience*). Sehingga didapatkan penghematan daya sebesar:

Tabel 1.30 Potensi penghematan energi dan biaya penggantian *refrigerant* gedung A.

Power Input	kW	136,2
Kapasitas (power input x COP)	kW termal	384
Setara (kW termal/3,5)	TR	109
Setara (kW termal/2,62)	PK	147
COP		2,82
Operasional	Jam/hari	10
Konsumsi Energi	kWh/Tahun	326.880
Energi saving (power input x 18%)	kW	24,5
Energi Saving (24,5 x 10 x 22 hari x 12 bulan)	kWh/Tahun	64.680
Harga per kWh	Rp	800
*Energi Cost Saving	Rp/kWh/Tahun	51.744.000

Penghematan yang diperoleh melalui implementasi ini sebesar Rp 51.744.000,-

Investasi: Biaya retrofit hidrokarbon dihitung per PK sebesar Rp 280.000

Kapasitas AC Split Duct di gedung A Kantor Pusat PGN adalah 147 PK

Biaya investasi untuk retrofit sebesar $147 \times \text{Rp } 280.000 = \text{Rp } 41.160.000$

Pay Back Periode (PBP) = $41.160.000 / 51.744.000 = 0,8$ tahun

1.2.2.1.3.1.2 Upgrading teknologi dengan nilai COP yang lebih tinggi

Penggunaan peralatan tata udara dengan nilai COP (*Coefficient Of Performance*) yang lebih tinggi akan lebih efisien karena konsumsi daya menjadi lebih kecil dibandingkan dengan peralatan tata udara yang memiliki kapasitas yang sama tetapi mengkonsumsi daya yang lebih besar.

Berdasarkan hasil audit, didapatkan nilai kapasitas pendinginan untuk gedung A sebesar 110 TR. Berikut adalah contoh spesifikasi Split duct dengan kapasitas 15 TR.

Tabel 1.31 Contoh spesifikasi split duct.

System Power	kW	15,8
Kapasitas	TR	15
EER		11
COP		3,22

Potensi penghematan energi dengan penggantian teknologi split duct yang memiliki nilai COP lebih tinggi :

$$\text{Konsumsi daya} = \frac{\text{COP eksisting}}{\text{COP Upgrading}} \times \text{Konsumsi daya eksisting}$$

$$= \frac{2,82}{3,22} \times 136,2 \text{ kW}$$

$$= 120 \text{ kW}$$

Tabel 1.32 Potensi penghematan energi dan biaya upgrading peralatan tata udara gedung A.

Power Input (upgrading)	kW	120
Kapasitas (kW)x(COP)	kW termal	386
Setara (kW termal/3,5)	TR	110
COP		3,22
Operasional	Jam/hari	10
Konsumsi Energi	kWh/Tahun	288.000
Energi saving (136,2-120)	kW	16,2
Energi Saving (16,2x10x22,12)	kWh/Tahun	42.768
Harga perKWh	Rp	800
*Energi Cost Saving	Rp/kWh/Tahun	34.214.400

*Energi cost saving didapat dari energi saving dikalikan dengan harga perKWh

Penghematan yang diperoleh melalui implementasi ini sebesar Rp 34.214.400

Investasi: Biaya penggantian teknologi Split duct per TR sebesar Rp 3.500.000

Kapasitas AC Split Duct di gedung A Kantor Pusat PGN adalah 110 TR

Biaya investasi untuk retrofit sebesar $110 \times \text{Rp } 3.500.000 = \text{Rp } 385.000.000$

Pay Back Periode (PBP) = $385.000.000 / 34.214.400 = 11.25 \text{ tahun}$

1.2.2.1.3.2 Gedung B

1.2.2.1.3.2.1 Penggantian refrigerant eksisting menjadi hidrokarbon

1) Data dan fakta sistem tata udara gedung B

	Deskripsi sistem tata udara. ⇒ Kondisi eksisting: <ul style="list-style-type: none">✓ Menggunakan AC sentral jenis split duct✓ Menggunakan <i>refrigerant</i> jenis R-22✓ Pola operasi 10 jam ⇒ Hasil inspeksi kualitas termal di ruang kerja :									
	<table><tr><td>Temperatur mak.</td><td>25,7° C</td></tr><tr><td>Temperatur min.</td><td>24,2° C</td></tr><tr><td>Kelembaban mak.</td><td>60,3 %</td></tr><tr><td>Kelembaban min.</td><td>55,4 %</td></tr><tr><td>Daya total tata udara</td><td>71.2 kW</td></tr></table> <p>Berdasarkan rujukan standar ASHRAE 55/1981 maka :</p> <ul style="list-style-type: none">✓ Temperature ruang kerja sudah memenuhi standar (23 s.d 25 ° C)✓ Nilai kelembaban ruangan sudah memenuhi standar (50 s.d 70 %)	Temperatur mak.	25,7° C	Temperatur min.	24,2° C	Kelembaban mak.	60,3 %	Kelembaban min.	55,4 %	Daya total tata udara
Temperatur mak.	25,7° C									
Temperatur min.	24,2° C									
Kelembaban mak.	60,3 %									
Kelembaban min.	55,4 %									
Daya total tata udara	71.2 kW									

Gambaran kondisi sistem tata udara di gedung B

2) Analisis potensi penghematan energi

Berdasarkan hasil pengamatan dan interview dengan pengelola gedung B, sistem pengoperasian split duct telah dijadwal sebagai berikut:

- Pukul 7.00 split duct dioperasikan sampai dengan pukul 17.00;
- Pukul 18.00 s.d 19.00 Semua sistem mulai dimatikan.

Proses jadwal pengoperasian masih manual (dimatikan oleh operator dari panel sdg).

Sistem tata udara di gedung B menggunakan AC sentral jenis split duct yang menggunakan refrigerant R-22. Refrigerant jenis R-22 bersifat tidak ramah lingkungan karena dapat merusak lapisan ozon sehingga masih dapat dilakukan beberapa peluang konservasi energi dan penghematan.

Potensi penghematan energi pada sistem tata udara adalah :

- Penggantian refrigerant eksisting, yaitu R-22 diganti dengan refrigerant jenis hidrokarbon;
- Upgrading sistem dengan teknologi yang memiliki nilai COP lebih besar;
- Penggantian refrigerant menjadi hidrokarbon.

3) Perhitungan potensi penghematan energi dan biaya

Penggunaan refrigerant jenis hidrokarbon lebih efisien dibandingkan dengan refrigerant jenis R-22 karena secara fisik lebih ringan dibandingkan dengan jenis R-22 sehingga kinerja motor kompresor menjadi lebih ringan. Potensi penghematan penggantian refrigerant eksisting ke jenis hidrokarbon sebesar 18% dari konsumsi daya. Sehingga didapatkan penghematan daya sebesar:

Tabel 1.33 Potensi penghematan energi dan biaya penggantian *refrigerant* gedung B.

Power Input (lima lantai)	kW	71,2
Kapasitas (power input x COP)	kW termal	207
Setara (kW termal/3,5)	TR	49,1
Setara (kW termal/2,62)	PK	79
COP		2,91
Operasional	Jam/hari	10
Konsumsi Energi	kWh/Tahun	170.880
Energi saving (power input x 18%)	kW	12,81
Energi Saving (12,81 x 10 x 22 hari x 12 bulan)	kWh/Tahun	33.818
Harga perKWh	Rp	800
*Energi Cost Saving	Rp/kWh/Tahun	27.054.400

*Energi cost saving didapat dari energi saving dikalikan dengan harga perKWh

Penghematan yang diperoleh melalui implementasi ini sebesar Rp 27.054.400

Investasi: Biaya retrofit hidrokarbon dihitung per PK sebesar Rp 280.000

Kapasitas AC Split Duct di gedung B Kantor Pusat PGN adalah 79 PK

Biaya investasi untuk retrofit sebesar $79 \times \text{Rp } 280.000 = \text{Rp } 22.120.000$

$$\text{Pay Back Periode (PBP)} = 22.120.000 / 27.054.000 = 0,82 \text{ tahun}$$

Upgrading teknologi dengan nilai COP yang lebih tinggi

Penggunaan peralatan tata udara dengan nilai COP yang lebih tinggi akan lebih efisien karena konsumsi daya menjadi lebih kecil dibandingkan dengan peralatan tata udara yang memiliki kapasitas yang sama tetapi mengkonsumsi daya yang lebih besar. Berdasarkan hasil audit, didapatkan kapasitas pendinginan gedung B (5 Lantai) sebesar 60 TR.

Berikut adalah contoh spesifikasi Split duct dengan kapasitas 15 TR:

Tabel 1.34 Contoh spesifikasi split duct.

System Power	kW	15,8
Kapasitas	TR	15
EER		11
COP		3,22

Potensi penghematan energi dengan penggantian teknologi split duct yang memiliki nilai COP lebih tinggi :

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi daya} &= \frac{\text{COP eksisting}}{\text{COP Upgrading}} \times \text{Konsumsi daya eksisting} \\ &= \frac{2,91}{3,22} \times 71,2 \text{ kW} \\ &= 64,35 \text{ kW} \end{aligned}$$

Tabel 1.35 Potensi penghematan energi dan biaya upgrading peralatan AC.

Power Input (upgrading)	kW	64,35
Kapasitas (power input xCOP)	kW termal	207
Setara (kW termal/3,5)	TR	59
COP		3,22
Operasional	Jam/hari	10
Konsumsi Energi	kWh/Tahun	169.884
Energi Saving (71,2-64,35)	kW	6,85
Energi Saving (6,85 x 10 x 22 hari x 12 bulan)	kWh/Tahun	18.084
Harga perKWh	Rp	800
*Energi Cost Saving	Rp/kWh/Tahun	14.467.200

*Energi cost saving didapat dari energi saving dikalikan dengan harga perKWh

Penghematan yang diperoleh melalui implementasi ini sebesar Rp 14.467.200

Investasi: Biaya penggantian teknologi Split duct per TR sebesar RP 3.500.000

Kapasitas sistem tata udara di gedung B adalah 59 TR

Biaya investasi untuk retrofit sebesar $59 \times \text{Rp } 3.500.000 = \text{Rp } 206.500.000$

Pay Back Periode (PBP) = $206.500.000 / 14.467.200 = 14.27 \text{ tahun}$

1.2.2.1.3.3 Gedung Graha PGAS

1.2.2.1.3.3.1 Penambahan capasitor bank pada AHU

1) Data dan fakta sistem tata udara gedung Graha PGAS

Gambaran kondisi sistem tata udara di gedung PGAS	Deskripsi sistem tata udara.	
	⇒ Kondisi eksisting:	
	✓ Menggunakan AC sentral jenis absorption chiller	
	✓ Pengoperasian secara manual	
	✓ Pola operasi 12 jam	
	⇒ Hasil inspeksi kualitas termal di ruang kerja :	
	Temperatur mak.	25,6° C
	Temperatur min.	24,4° C
	Kelembaban mak.	65,3 %
	Kelembaban min.	55,8 %
	Daya total tata udara	286,2 kW
	Berdasarkan rujukan standar ASHRAE 55/1981 maka :	
	✓ Temperature ruangan sudah memenuhi standar (23 s.d 25 ° C)	
	✓ Nilai kelembaban ruangan sudah memenuhi standar (50 s.d 70 %)	

2) Analisis potensi penghematan energi

Berdasarkan hasil pengamatan dan interview dengan pengelola gedung Graha PGAS, sistem pengoperasian absorption chiller telah dijadwal sebagai berikut:

- Pukul 5.30 split duct dioperasikan sampai dengan pukul 17.30;
- Pukul 18.00 s.d 20.00 Semua sistem mulai dimatikan.

Proses jadwal pengoperasian masih manual (dimatikan oleh operator dari panel sdp).

Sistem tata udara di gedung Graha PGAS menggunakan AC sentral jenis absorption chiller yang menggunakan lithium bromide sebagai refrigerant dan

menggunakan air sebagai media refrigerant sekunder yang disalurkan ke unit AHU di masing-masing lantai.

Potensi penghematan energi pada sistem tata udara adalah :

- Pemasangan kapasitor bank pada unit AHU di masing-masing lantai karena dari hasil pengukuran diperoleh $\cos \phi$ berkisar 0,5;
- Penambahan VSD (*variable speed drive*) pada motor pompa sistem chiller dan motor AHU sehingga kinerja AC berdasarkan seting atau sesuai kebutuhan, menggunakan thermostat sebagai sensor dan perangkat mikrokontroler yang mengatur blower fan AHU.

1.2.2.1.3.4 Gedung C

1.2.2.1.3.4.1 Penggantian refrigerant eksisting menjadi hidrokarbon

1) Data dan fakta sistem tata udara gedung C

	Deskripsi sistem tata udara.										
Gambaran kondisi sistem tata udara di gedung C	⇒ Kondisi eksisting:										
	✓ Menggunakan AC sentral jenis split duct										
	✓ Menggunakan <i>refrigerant</i> jenis R-22										
	✓ Pola operasi 10 jam										
	⇒ Hasil inspeksi kualitas termal di ruang kerja :										
	<table><tr><td>Temperatur mak.</td><td>24,9° C</td></tr><tr><td>Temperatur min.</td><td>22,9° C</td></tr><tr><td>Kelembaban mak.</td><td>71,4 %</td></tr><tr><td>Kelembaban min.</td><td>63,8 %</td></tr><tr><td>Daya total tata udara</td><td>105.3 kW</td></tr></table>	Temperatur mak.	24,9° C	Temperatur min.	22,9° C	Kelembaban mak.	71,4 %	Kelembaban min.	63,8 %	Daya total tata udara	105.3 kW
	Temperatur mak.	24,9° C									
Temperatur min.	22,9° C										
Kelembaban mak.	71,4 %										
Kelembaban min.	63,8 %										
Daya total tata udara	105.3 kW										
Berdasarkan rujukan standar ASHRAE 55/1981 maka :											
✓ Temperature ruangan sudah memenuhi standar (23 s.d 25 ° C)											
✓ Nilai kelembaban ruangan sudah memenuhi standar (50 s.d 70 %)											

2) Analisis potensi penghematan energi

Berdasarkan hasil pengamatan dan interview dengan pengelola gedung C, sistem pengoperasian split duct telah dijadwal sebagai berikut:

- Pukul 7.00 split duct dioperasikan sampai dengan pukul 17.00.
- Pukul 18.00 s.d 19.00 Semua sistem mulai dimatikan.

Proses jadwal pengoperasian masih manual (dimatikan oleh operator dari panel sdp).

Sistem tata udara di gedung C menggunakan AC sentral jenis split duct yang menggunakan refrigerant R-22. Refrigerant jenis R-22 bersifat tidak ramah lingkungan karena dapat merusak lapisan ozon sehingga masih dapat dilakukan beberapa peluang konservasi energi dan penghematan

Potensi penghematan energi pada sistem tata udara adalah :

- Penggantian refrigerant eksisting, yaitu R-22 diganti dengan refrigerant jenis hidrokarbon..
- Upgrading peralatan dengan nilai COP yang lebih tinggi

3) *Perhitungan potensi penghematan energi dan biaya*

Penggunaan refrigerant jenis hidrokarbon lebih efisien dibandingkan dengan refrigerant jenis R-22 karena secara fisik lebih ringan dibandingkan dengan jenis R-22 sehingga kinerja motor kompresor menjadi lebih ringan. Potensi penghematan penggantian refrigerant eksisting ke jenis hidrokarbon sebesar 18% dari konsumsi daya. Sehingga didapatkan penghematan daya sebesar :

Tabel 1.36 Potensi penghematan energi dan biaya penggantian refrigerant.

Power Input	kW	105.3
Kapasitas (power input x COP)	kW termal	301
Setara (kW termal/3,5)	TR	86
Setara (kW termal/2,62)	PK	115
COP		2,86
Operasional	Jam/hari	10
Konsumsi Energi	kWh/Tahun	252.720
Energi Saving (power input x 18%)	kW	18.95
Energi Saving (18,95 x 10 x 22 hari x 12 bulan)	kWh/Tahun	50.028
Harga perKWh	Rp	800
*Energi Cost Saving	Rp/kWh/Tahun	40.022.400

*Energi cost saving didapat dari energi saving dikalikan dengan harga perKWh

Penghematan yang diperoleh melalui implementasi ini sebesar Rp 40.022.400

Investasi: Biaya retrofit hidrokarbon dihitung per PK sebesar Rp 280.000

Kapasitas AC Split Duct di gedung C Kantor Pusat PGN adalah 115 PK

Biaya investasi untuk retrofit sebesar 115 x Rp 280.000 = Rp 32.200.000

Pay Back Periode (PBP) = 32.200.000 / 40.022.400 = 0,8 tahun

1.2.2.1.3.4.2 Upgrading teknologi dengan nilai COP yang lebih tinggi

Penggunaan peralatan tata udara dengan nilai COP yang lebih tinggi akan lebih efisien karena konsumsi daya menjadi lebih kecil dibandingkan dengan peralatan tata udara yang memiliki kapasitas yang sama tetapi mengkonsumsi

daya yang lebih besar. Dari hasil audit didapatkan kapasitas pendinginan gedung C sebesar 86 TR.

Berikut adalah contoh spesifikasi Split duct dengan kapasitas 15 TR:

Tabel 1.37 Contoh spesifikasi split duct.

System Power	kW	15,8
Kapasitas	TR	15
EER		11
COP		3,22

Potensi penghematan energi dengan penggantian teknologi split duct yang memiliki nilai COP lebih tinggi :

$$\begin{aligned}
 \text{Konsumsi daya} &= \frac{\text{COP eksisting}}{\text{COP Upgrading}} \times \text{Konsumsi daya eksisting} \\
 &= \frac{2,86}{3,22} \times 105,3 \text{ kW} \\
 &= 93,5 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Tabel 1.38 Potensi penghematan energi dan biaya.

Power Input (upgrading)	kW	93,5
Kapasitas (power input x COP)	kW termal	301
Setara (kW termal/3,5)	TR	86
COP		3,22
Operasional	Jam/hari	10
Konsumsi Energi	kWh/Tahun	169.884
Energi Saving (105,3-93,5)	kW	11,8
Energi Saving (11,8 x 10 x 22 hari x 12 bulan)	kWh/Tahun	31.152
Harga per kWh	Rp	800
*Energi Cost Saving	Rp/kWh/Tahun	24.921.000

*Energi cost saving didapat dari energi saving dikalikan dengan harga kWh listrik Rp 800

Penghematan yang diperoleh melalui implementasi ini sebesar Rp 24.921.000

Investasi: Biaya penggantian teknologi Split duct per TR sebesar Rp 3.500.000

Kapasitas AC Split Duct di gedung C Kantor Pusat PGN adalah 86 TR

Biaya investasi untuk retrofit sebesar 86 x Rp 3.500.000 = Rp 301.000.000

Pay Back Periode (PBP) = 301.000.000 / 24.921.000 = 12,07 tahun

1.2.2.1.4 Sistem Kelistrikan

1.2.2.1.4.1 Gedung A

1.2.2.1.4.1.1 Pemasangan kapasitor bank pada peralatan dengan $\cos \phi < 0,85$

1) Data dan fakta parameter kelistrikan peralatan (hasil pengukuran)

Tabel 1.39 Data dan fakta parameter kelistrikan peralatan gedung A.

Peralatan	Nilai						
	V	I	kW	kVA	Cos phi	THD I	THD V
Split Duct Lantai 1	408	24,9	11,3	17,6	0,63	3,2	0,9
(Unit 1 & Unit 2)	407	34,7	10,6	14,3	0,74	2,6	1,1
Split Duct Lantai 2	401	39,7	20,6	27,5	0,75	3,3	1,1
(Unit 1 & Unit 2)	401	36,5	10,24	14,6	0,7	3,3	1,1
Split Duct Lantai 3	403	37,7	19,2	26,3	0,7	2,5	1,3
(Unit 1 & Unit 2)	404	37,5	18,5	26,3	0,7	1,9	1,1
Split Duct Lantai 4	403	57,9	28,3	40,4	0,7	2,5	1,2
(Unit 1 & Unit 2)	404	36,7	17,5	25,7	0,68	2,6	1

2) Analisis potensi penghematan energi

Kapasitor bank diperlukan jika kualitas kelistrikan pada peralatan dalam kondisi kurang baik atau nilai $\cos \phi$ rendah. Karena nilai $\cos \phi$ rendah dapat mengakibatkan kualitas sistem kelistrikan tidak stabil, arus yang mengalir pada jaringan menjadi besar sehingga dapat menyebabkan rugi-rugi termal.

Berikut adalah nilai kapasitor bank dan parameter kelistrikan :

Tabel 1.40 Nilai kapasitor bank dan parameter kelistrikan gedung A.

Peralatan	Nilai								Cap. Bank
	Sebelum				Sesudah				
	kW	KVA	KVAR	Cos phi	kW	KVA	KVAR	Cos phi	
Split Duct Lantai 1	11,3	17,6	13.49	0,63	11,3	11.53	2.29	0,98	11.2
(Unit 1 & Unit 2)	10,6	14,3	9.6	0,74	10,6	10.82	2.15	0,98	7.45
Split Duct Lantai 2	20,6	27,5	18.22	0,75	20,6	21.02	4.18	0,98	14.03
(Unit 1 & Unit 2)	10,24	14,6	10.41	0,7	10,24	10.45	2.08	0,98	8.33
Split Duct Lantai 3	19,2	26,3	17.97	0,7	19,2	19.59	3.9	0,98	14.07
(Unit 1 & Unit 2)	18,5	26,3	18.69	0,7	18,5	18.88	3.76	0,98	14.94
Split Duct Lantai 4	28,3	40,4	28.83	0,7	28,3	28.88	5.75	0,98	23.09
(Unit 1 & Unit 2)	17,5	25,7	18.82	0,68	17,5	17.86	3.55	0,98	15.27

Biaya investasi untuk pemasangan kapasitor bank per KVAR sebesar Rp 2.000.000

Total kapasitor bank yang digunakan adalah 108,37 KVAR

Total investasi adalah $108,37 \times \text{Rp } 2.000.000 = \text{Rp } 216.740.000$

1.2.2.1.4.2 Gedung B

1.2.2.1.4.2.1 Pemasangan kapasitor bank pada peralatan dengan cos phi < 0,85

1) Data dan fakta parameter kelistrikan peralatan (hasil pengukuran)

Tabel 1.41 Data dan fakta parameter kelistrikan peralatan gedung B.

Peralatan	Nilai				
	V	I	kW	kVA	Cos phi
Split Duct Lantai 1 (outdoor unit)	398	31	17,43	21,37	0,82
Split Duct Lantai 3 (outdoor unit)	396	33,9	19,3	23,3	0,83
Split Duct Lantai 4 (outdoor unit)	400	13,2	7,22	9,17	0,79
Split Duct Lantai 8 (outdoor unit)	398	25,31	12,55	17,5	0,72
Split Duct Lantai 10 (outdoor unit)	398	30,25	16,94	20,9	0,81

2) Analisis potensi penghematan energi

Kapasitor bank diperlukan jika kualitas kelistrikan pada peralatan dalam kondisi kurang baik atau nilai cos phi rendah. Karena nilai cos phi rendah dapat mengakibatkan kualitas sistem kelistrikan tidak stabil, arus yang mengalir pada jaringan menjadi besar sehingga dapat menyebabkan rugi-rugi termal.

Berikut adalah nilai kapasitor bank dan parameter kelistrikan :

Tabel 1.42 Kapasitor bank dan parameter kelistrikan.

Peralatan	Nilai								
	Sebelum				Sesudah				Cap. Bank
	kW	KVA	KVAR	Cos phi	kW	KVA	KVAR	Cos phi	
Split Duct Lantai 1 (outdoor unit)	17.43	21.37	12.36	0.82	17.43	17.79	3.54	0.98	8.82
Split Duct Lantai 3 (outdoor unit)	19.3	23.3	13.05	0.83	19.3	19.69	3.92	0.98	9.13
Split Duct Lantai 4 (outdoor unit)	7.22	9.17	5.65	0.79	7.22	7.37	1.47	0.98	4.19
Split Duct Lantai 8 (outdoor unit)	12.55	17.5	12.2	0.72	12.55	12.81	2.55	0.98	9.65
Split Duct Lantai 10 (outdoor unit)	16.94	20.9	12.24	0.81	16.94	17.29	3.44	0.98	8.8

Biaya investasi untuk pemasangan kapasitor bank per KVAR sebesar Rp 2.000.000

Total kapasitor bank yang digunakan adalah 40,58 KVAR

Total investasi adalah $40,58 \times \text{Rp } 2.000.000 = \text{Rp } 81.160.000$

1.2.2.1.4.3 Gedung Graha PGAS

1.2.2.1.4.3.1 Pemasangan kapasitor bank pada peralatan dengan $\cos \phi < 0,85$

1) Data dan fakta parameter kelistrikan peralatan (hasil pengukuran)

Tabel 1.43 Data dan fakta parameter kelistrikan peralatan gedung Graha PGAS.

Peralatan	Nilai				
	V	I	kW	kVA	Cos phi
AHU Lantai Dasar dan Mezzanine	396	24,35	6,65	16,18	0,4
AHU Lantai 2	400	17,2	6,06	11,96	0,51
AHU Lantai 3	400	15,65	4,42	10,86	0,41
AHU Lantai 4	399	15,09	4,27	10,46	0,41
AHU Lantai 5	399	15,77	4,93	10,92	0,45
AHU Lantai 6	397	16,27	5,72	11,21	0,51
AHU Lantai 7	397	16,5	5,62	11,37	0,49
AHU Lantai 8	397	16,47	5,77	11,34	0,51
AHU Lantai 9	395	21,67	10,63	14,81	0,72
AHU Lantai 10	398	16,84	6,02	11,63	0,52
AHU Lantai 11	398	16,71	6,1	11,54	0,53
Pompa CHWP 1	402	59,7	34,2	41,6	0,82
Pompa CHWP 2	403	60,3	34	42,1	0,81
Pompa CWP 1	402	45,7	24,8	31,8	0,78
Pompa CWP 2	402	46,6	25,6	32,4	0,79
Cooling Fan 2	403	59,7	34,3	41,6	0,82
Cooling Fan 3	402	59,7	34,3	41,6	0,82

2) Analisis potensi penghematan energi

Kapasitor bank diperlukan jika kualitas kelistrikan pada peralatan dalam kondisi kurang baik atau nilai $\cos \phi$ rendah. Karena nilai $\cos \phi$ rendah dapat mengakibatkan kualitas sistem kelistrikan tidak stabil, arus yang mengalir pada jaringan menjadi besar sehingga dapat menyebabkan rugi-rugi termal.

Berikut adalah nilai kapasitor bank dan parameter kelistrikan :

Tabel 1.44 Nilai kapasitor bank dan parameter kelistrikan gedung Graha PGAS Peralatan.

	Nilai								Cap. Bank
	Sebelum				Sesudah				
	kW	KVA	KVAR	Cos phi	kW	KVA	KVAR	Cos phi	
AHU Lantai Dasar dan Mezzanine	6.65	16.18	14.75	0.4	6.65	6.79	1.35	0.98	13.4
AHU Lantai 2	6.06	11.96	10.31	0.51	6.06	6.18	1.23	0.98	9.08
AHU Lantai 3	4.42	10.86	9.92	0.41	4.42	4.51	0.9	0.98	9.02
AHU Lantai 4	4.27	10.46	9.55	0.41	4.27	4.36	0.87	0.98	8.68
AHU Lantai 5	4.93	10.92	9.74	0.45	4.93	5.03	1	0.98	8.74
AHU Lantai 6	5.72	11.21	9.64	0.51	5.72	5.84	1.16	0.98	8.48
AHU Lantai 7	5.62	11.37	9.88	0.49	5.62	5.73	1.14	0.98	8.74
AHU Lantai 8	5.77	11.34	9.76	0.51	5.77	5.89	1.17	0.98	8.59
AHU Lantai 9	10.63	14.81	10.31	0.72	10.63	10.85	2.16	0.98	8.15
AHU Lantai 10	6.02	11.63	9.95	0.52	6.02	6.14	1.22	0.98	8.73
AHU Lantai 11	6.1	11.54	9.8	0.53	6.1	6.22	1.24	0.98	8.56
Pompa CHWP 1	34.2	41.6	23.68	0.82	34.2	34.9	6.94	0.98	16.74
Pompa CHWP 2	34	42.1	24.83	0.81	34	34.69	6.9	0.98	17.92
Pompa CWP 1	24.8	31.8	19.9	0.78	24.8	25.31	5.04	0.98	14.87
Pompa CWP 2	25.6	32.4	19.86	0.79	25.6	26.12	5.2	0.98	14.66
Cooling Fan 2	34.3	41.6	23.54	0.82	34.3	35	6.96	0.98	16.57
Cooling Fan 3	34.3	41.6	23.54	0.82	34.3	35	6.96	0.98	16.57

Biaya investasi untuk pemasangan kapasitor bank per KVAR sebesar Rp 2.000.000

Total kapasitor bank yang digunakan adalah 197,2 KVAR

Total investasi adalah $197,2 \times \text{Rp } 2.000.000 = \text{Rp } 395.040.000$

1.2.2.1.4.4 Gedung C

1.2.2.1.4.4.1 Pemasangan kapasitor bank pada peralatan dengan $\cos \phi < 0,85$

1) Data dan fakta parameter kelistrikan peralatan (hasil pengukuran)

Tabel 1.45 Data dan fakta parameter kelistrikan peralatan gedung C.

Peralatan	Nilai				
	V	I	kW	kVA	Cos phi
Split Duct Lantai 1 (outdoor unit) kiri	376	25,8	14,1	16,8	0,84
Split Duct Lantai 2 (outdoor unit) kanan	380	19,9	10,5	13,1	0,8
Split Duct Lantai 2 (outdoor unit) kiri	378	24,6	13,3	16,1	0,82
Split Duct Lantai 4 (outdoor unit)	380	28,2	14,8	18,6	0,79

2) Analisis potensi penghematan energi

Kapasitor bank diperlukan jika kualitas kelistrikan pada peralatan dalam kondisi kurang baik atau nilai $\cos \phi$ rendah. Karena nilai $\cos \phi$ rendah dapat mengakibatkan kualitas sistem kelistrikan tidak stabil, arus yang mengalir pada jaringan menjadi besar sehingga dapat menyebabkan rugi-rugi termal.

Berikut adalah nilai kapasitor bank dan parameter kelistrikan:

Tabel 1.46 Nilai Kapasitor bank dan parameter kelistrikan gedung C.

Peralatan	Nilai								Cap. Bank
	Sebelum				Sesudah				
	kW	KVA	KVAR	Cos phi	kW	KVA	KVAR	Cos phi	
Split Duct Lantai 1 (outdoor unit) kiri	14.1	16.8	9.13	0.84	14.1	14.39	2.86	0.98	6.27
Split Duct Lantai 2 (outdoor unit) kanan	10.5	13.1	7.83	0.8	10.5	10.71	2.13	0.98	5.7
Split Duct Lantai 2 (outdoor unit) kiri	13.3	16.1	9.07	0.82	13.3	13.57	2.7	0.98	6.37
Split Duct Lantai 4 (outdoor unit)	14.8	18.6	11.27	0.79	14.8	15.1	3.01	0.98	8.26

Biaya investasi untuk pemasangan kapasitor bank per KVAR sebesar Rp 2.000.000

Total kapasitor bank yang digunakan adalah 26,6 KVAR

Total investasi adalah $26,6 \times \text{Rp } 2.000.000 = \text{Rp } 53.200.000$

1.2.2.1.4.4.2 Rekonstruksi Sistem Panel Utama dan Distribusi

Kualitas sistem kelistrikan yang baik tidak terlepas dari sistem kualitas jaringan. Perhitungan serta pemilihan material yang digunakan harus sesuai dengan kebutuhan. Buruknya sistem jaringan listrik dapat mengakibatkan turunnya kualitas kelistrikan seperti drop voltage dan rugi-rugi panas. Lama pemakaian juga mempengaruhi kualitas, karena jaringan yang sudah tua terutama penghantar (kabel) mempunyai nilai kuat hantar arus yang nilainya akan semakin menurun jika dibebani terlalu besar dan dapat menyebabkan rugi-rugi termal.

Data dan Fakta sistem jaringan distribusi listrik Gedung C.



Main Distribution Panel :

- Metering analog
- Masih menggunakan sistem pengaman (fuse) bukan MCB
- Kondisi fuse ada yang terbakar



Sub Distribution Panel :

- Ada panel tambahan yang diambil dari panel lain
- Lampu dan AC diambil dari sumber SDP Lift

Rekonstruksi jaringan dianjurkan untuk mendapatkan kualitas sistem kelistrikan yang baik. Dengan desain dan perhitungan (load balancing) maka bisa didapatkan sistem kelistrikan yang lebih stabil. Sehingga masalah yang sering terjadi pada sistem jaringan seperti drop voltage, unbalance tegangan dan unbalance arus dapat diperkecil.

Untuk pemilihan jenis penghantar, disesuaikan dengan standar (PUIL 2000 atau SPLN). Berikut tabel luas penampang dan kuat hantar arus (SNI 04-0225-2000).

Tabel 1.47 Jenis dan Kuat Hantar Arus Penghantar.

Jenis kabel	Luas penampang	KHA terus menerus	KHA pengenal gawai proteksi
	mm ²	A	A
1	2	3	4
NYIF NYIFY NYPLYw NYM/NYM-0 NYRAMZ NYRUZY NYRUZYr NHYRUZY NHYRUZYr NYBUY NYLRZY, dan Kabel fleksibel berisolasi PVC	1,5	18	10
	2,5	26	20
	4	34	25
	6	44	35
	10	61	50
	16	82	63
	25	108	80
	35	135	100
	50	168	125
	70	207	160
	95	250	200
	120	292	250
	150	335	250
	185	382	315
	240	453	400
	300	504	400
	400	-	-
	500	-	-

Berdasarkan hasil pengukuran, didapatkan nilai arus maksimum yang mengalir sebesar antara 400 s.d 415 A. sehingga diperlukan kabel dengan luas penampang 240 mm² terutama dari sisi incoming (main panel) dan pemakaian ukuran kabel lebih kecil jika pada sub distribution panel (SDP).

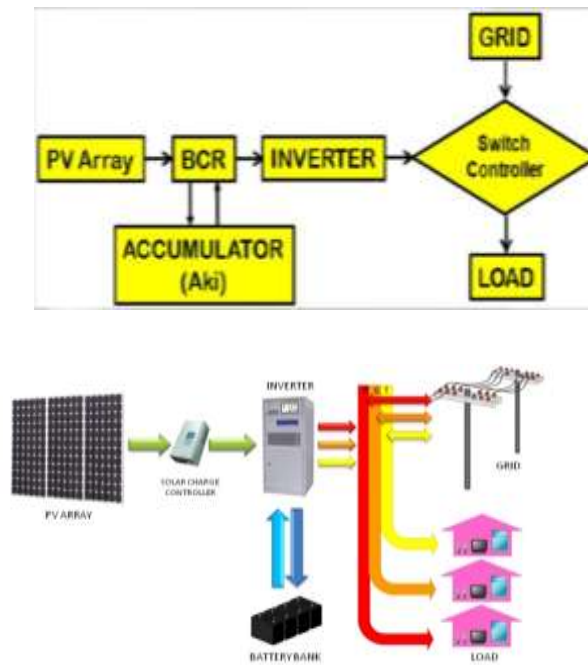
1.2.2.1.4.5 Pemasangan PLTS 5 KWP untuk Sistem Penerangan Outdoor Gedung Kantor Pusat PGN

Penggunaan PLTS merupakan salah satu langkah diversifikasi energi dengan memanfaatkan intensitas energi matahari yang dikonversi menjadi energi listrik. PLTS merupakan bagian dari sumber energi baru terbarukan dan juga ramah lingkungan.

Dalam implementasi PLTS di gedung kantor pusat PGN, PLTS digunakan untuk sistem penerangan outdoor sehingga bisa meningkatkan efisiensi pemakaian energi serta dapat mengurangi beban puncak.

PLTS menggunakan sistem grid dengan PLN yang dilengkapi baterai yang bisa bertahan selama 24 jam pengoperasian.

Gambar 1.23 Skema PLTS sistem grid.



Berikut adalah perhitungan kebutuhan PLTS 5 kWp :

Perhitungan PLTS :

Daya	: 5 kW
Operasional	: 24 Jam
Konsumsi daya (ES)	: 120 kWh
Insolasi Matahari	: 4 jam

Perhitungan Desain :

Kapasitas Solar Cell (WP)

$$\text{Capacity} = \frac{\text{ES}}{\text{Insolasi}} \times \text{AF}$$

$$= \frac{120 \text{ kWh}}{4 \text{ h}} \times 1,1$$

$$= 33 \text{ kWp}$$

Jumlah Panel

$$= \frac{\text{Kapasitas}}{\text{WP Spec}}$$

$$= \frac{33.000 \text{ WP}}{220 \text{ WP}}$$

≈ 150 Panel

Pemilihan dan perhitungan baterai

Menggunakan jenis accu : dry accu 12V 100Ah

Input inverter : 8 series connected (12Vx8) = 96 Vdc

Kapasitas Accu

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Accu (Ah)} &= \frac{ES}{V_{dc}} \\ &= \frac{120 \text{ kWh}}{96 \text{ V}} \\ &= \frac{120.000 \text{ Wh}}{96 \text{ V}} \\ &= 1.250 \text{ Ah} \end{aligned}$$

Jika menggunakan DOD batere 60% sehingga umur pemakaian baterai jadi awet maka diperlukan kapasitas accu sebesar :

$$\begin{aligned} &= \frac{1.250 \text{ Ah}}{0,6} \\ &= 2.085 \text{ Ah} \end{aligned}$$

Jumlah Baterai

$$\begin{aligned} &= \frac{2.085 \text{ Ah}}{100 \text{ Ah}} \\ &\approx 21 \text{ paralel} \end{aligned}$$

Sehingga diperlukan baterai sejumlah $8 \times 21 = \mathbf{168 \text{ unit}}$

1.2.2.1.4.5.1 Perancangan PTLS

Pemilihan Battery Charge Controller (BCR) dan Inverter

- BCR

Battery charge controller berfungsi sebagai :

- Sebagai titik pusat sambungan ke beban, modul surya dan baterai
- Sebagai pengatur sistem kelistrikan agar aman dan efektif

Pemilihan BCR tergantung dari jumlah photovoltaic (PV):

PV array = 5 seri x 7 Paralel

$$= I_{pm} \times 7$$

$$= 7,54 \text{ A} \times 7$$

$$= 52,8 \text{ A}$$

BCR yang digunakan, mampu mengalir arus $52,8 + 10\%$ ($\approx 60 \text{ A}$) dengan tegangan input 120 Vdc.

- Inverter

Inverter digunakan untuk mengubah tegangan DC menjadi AC.

Inverter yang digunakan input 96 Vdc dan output 220 Vac.

