

BAB II

KAJIAN TEORITIS KERANGKA BERPIKIR DAN HIPOTESIS

2.1.Kajian Teoritis

2.1.1. Analisis

Dalam penelitian didapatkan data-data mentah yang ingin diteliti. Data-data mentah tersebut selanjutnya dianalisis sehingga lebih mudah dipahami. Maka itu analisis diperlukan guna mendukung suatu penelitian.

Menurut Siregar analisis adalah proses kemampuan dalam domain kognitif dengan menggunakan kemampuan akal untuk memecahkan suatu masalah pokok dan menentukan bagaimana bagian – bagian saling berhubungan satu sama lain pada keseluruhan struktur.”¹

Analisis menurut Komaruddin adalah kegiatan berpikir untuk menguraikan suatu keseluruhan menjadi komponen-komponen sehingga dapat mengenal tanda-tanda komponen, hubungannya satu sama lain dan fungsi masing-masing dalam suatu keseluruhan yang padu.²

Analisa atau analisis adalah proses kemampuan dalam domain kognitif dengan menggunakan kemampuan akal untuk memecahkan suatu masalah pokok dan menentukan bagaimana bagian – bagian saling berhubungan satu sama lain pada keseluruhan struktur.

Berdasarkan uraian di atas, maka dapat disimpulkan bahwa yang dimaksud dengan analisa atau analisis dalam penelitian adalah proses penyelidikan peristiwa pada Saving Energi Daya Listrik Lampu Penerangan pada office area di Sinarmasland Plaza untuk menelaah hasil dari konversi daya listrik lampu penerangan pada Office Area di Sinarmasland Plaza.

¹ Eveline Siregar, *Teori Belajar dan Pembelajaran*, (Jakarta: Ghalia Indonesia: 2010), h.8

² Komaruddin, *Ensiklopedia Manajemen* (Jakarta: Bumi Aksara, 1994), h.31.

2.1.2. Efisiensi energi

Efisiensi energi didefinisikan sebagai semua metode, teknik dan prinsip-prinsip yang memungkinkan untuk dapat menghasilkan penggunaan permintaan energi global. Contoh pada analisis ini yaitu dimana efisiensi energi adalah menggunakan lampu hemat energi seperti LED T8 dan bukan lagi lampu TL T8.

Efisiensi energi menjadi topik energi yang sangat populer karena kebutuhan dunia akan energi terus bertambah. Dengan meningkatkan efisiensi energi global, berarti diperlukan lebih sedikit energi untuk memenuhi permintaan energi global yang juga akan mengakibatkan turunnya harga energi.

Dengan penjelasan di atas seiring majunya perkembangan teknologi adanya lampu hemat energi maka pada analisis perbandingan efisiensi energi lampu pada Office area di Gedung Sinarmas Land Plaza kita dapat mengkonversi lampu penerangan yang lama sebelumnya digunakan yaitu lampu TL T8-18 watt dengan lampu yang jauh lebih hemat energi yaitu lampu LED Tube Neon T8-9 watt, karena pada ruang kantor yang ber AC dan banyak aktivitas maka lampu penerangan yang cocok untuk menggantikan lampu TL T8-18 watt adalah lampu LED Tube Neon T9-9 watt.

2.1.3. Pengertian Konversi

Konversi adalah suatu proses perubahan dari suatu sistem ke sistem lainnya yang lebih baik lagi.

Dalam penjelasan di atas maka dalam penelitian ini yang dimaksudkan dengan konversi daya listrik yang dilakukan di Gedung Sinarmasland Plaza adalah mengganti sistem lampu penerangan yang telah lama dipakai menjadi suatu sistem lampu penerangan yang baru

yang jauh lebih baik lagi seiring majunya perkembangan teknologi sekarang, yaitu dari lampu penerangan TL T8-18 watt di konversi ke LED T8-9 watt.

2.1.4. Daya

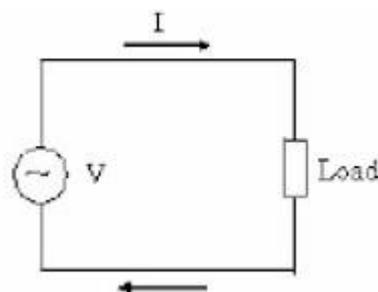
Daya adalah energi yang dikeluarkan untuk melakukan usaha. Dalam sistem tenaga listrik, daya merupakan jumlah energi yang digunakan untuk melakukan kerja atau usaha. Daya listrik biasanya dinyatakan dalam satuan *Watt* atau *Horsepower* (HP), *Horsepower* merupakan satuan daya listrik dimana 1 HP setara 746 *Watt* atau *lbft/second*.

Sedangkan *Watt* merupakan unit daya listrik dimana 1 *Watt* memiliki daya setara dengan daya yang dihasilkan oleh perkalian arus 1 *Ampere* dan tegangan 1 *Volt*. Daya dinyatakan dalam P, Tegangan dinyatakan dalam V dan Arus dinyatakan dalam I, sehingga besarnya daya dinyatakan :

$$P = V \times I$$

$$P = \text{Volt} \times \text{Ampere} \times \text{Cos } \phi$$

$$P = \text{Watt}$$



Gambar 2.1. Arah aliran arus listrik

- **Perhitungan Beban**

Setiap beban pasti memiliki daya, daya ini dihasilkan oleh beban pada saat terhubung dengan suplai, begitu pula dengan lampu. Lampu bisa menghasilkan cahaya karena dia mengkonsumsi daya dalam jumlah tertentu sesuai dengan standart dari masing – masing produsen lampu tersebut. Daya tersebut biasanya sudah dicantumkan pada setiap produk, tetapi daya ini juga bisa didapat dengan melalui pengukuran secara langsung pada masing – masing lampu. Daya sendiri ada 3 jenis, yaitu daya aktif, daya reaktif dan daya nyata.

1. Daya aktif

Daya aktif merupakan daya yang berupa daya kerja seperti daya mekanik, panas, cahaya, dan lainnya. Daya ini diperlukan supaya mesin dapat melakukan kerja *real* sesuai kapasitas dayanya. Daya aktif dinyatakan dalam satuan watt (W).

$$P = V \times I \times \cos \theta$$

2. Daya reaktif

Daya reaktif merupakan daya yang diperlukan oleh listrik yang bekerja dengan sistem elektromagnet. Daya ini dibutuhkan oleh mesin untuk mempertahankan medan magnetnya agar mesin dapat beroperasi dengan baik. Daya ini dinyatakan dalam satuan VAR.

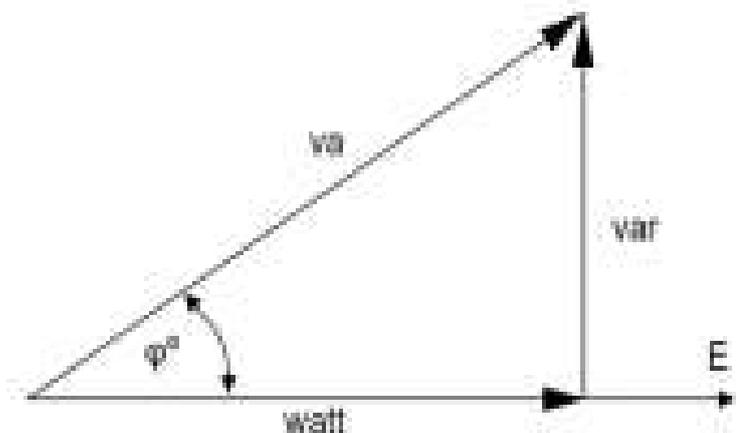
$$Q = V \times I \times \sin \theta$$

3. Daya semu

Daya semu merupakan penjumlahan vektor dari daya aktif dan daya reaktif. Daya ini dinyatakan dalam satuan VA.

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Dari rumus diatas, maka daya listrik dapat digambarkan sebagai segitiga siku – siku, yang secara vektor adalah penjumlahan daya aktif dan reaktif dan sebagai resultannya adalah daya semu.



Gambar 2.2. segitiga daya.

Dari uraian diatas dapat disimpulkan dalam penelitian ini bahwa penggunaan daya dalam suatu sistem konversi daya listrik ke dalam bentuk cahaya (lampu penerangan pada Office area di Gedung Sinarmasland Plaza) maka akan dapat terlihat perbedaan efisiensi daya dari konversi daya lampu penerangan TL T8-18 watt ke LED T8-9 watt yang telah dilakukan pada ruang Office area di Gedung Sinarmasland Plaza.

2.1.5. Pandangan Umum Tentang Listrik

A. Teori Dasar Listrik

1. Pengertian Tegangan Listrik

Tegangan listrik adalah suatu perbedaan potensial yaitu perbedaan jumlah elektron yang berada dalam suatu materi. Di satu sisi materi terdapat elektron yang bertumpuk

sedangkan di sisi yang lain terdapat jumlah elektron yang sedikit. Hal ini terjadi karena adanya gaya magnet yang mempengaruhi materi tersebut. Dengan kata lain, materi tersebut menjadi bertegangan listrik. Besarnya efek dari aliran listrik tersebut tergantung dari besarnya perbedaan elektron yang terkumpul di suatu materi (beda potensial).

2. Pengertian Arus Listrik

Arus listrik adalah banyaknya elektron (muatan listrik) yang mengalir melalui suatu titik dalam rangkaian listrik tiap satuan waktu. Arus listrik dapat diukur dalam satuan Coulomb/detik atau Ampere, diambil dari nama seorang ahli fisika Perancis Andre Marie Ampere (1775-1836). Arus listrik mengalir dari kutub positif menuju kutub negative, hal itu disebabkan karena kutub positif memiliki potensial lebih tinggi dibanding kutub negative.

Arus listrik dibedakan menjadi 2 macam yakni:

- a) **Arus Searah** yaitu arus listrik yang dihasilkan oleh elemen Galvanis, Akkumulator, Generator searah, *Batere*, dll. Simbol arus searah (=). Arus listrik searah biasanya disebut arus DC [*Direct Current*] atau arus lemah. Biasanya digunakan untuk rangkaian
- b) **Arus Bolak-Balik** yaitu arus listrik yang diperoleh dari generator bolak-balik atau transformator. Arus ini dapat dibangkitkan dalam jumlah yang besar. Simbol arus bolak-balik (~). Arus bolak-balik juga disebut arus AC [*Alternating Current*] atau arus kuat. Biasanya digunakan dalam instalasi bangunan, industri, dll

3. Sifat Beban Listrik

Dalam suatu rangkaian listrik selalu dijumpai suatu sumber dan beban. Bila sumber listrik DC, maka sifat beban hanya bersifat resistif murni, karena frekuensi sumber DC adalah nol.

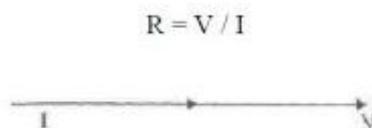
Reaktansi induktif (X_L) akan menjadi nol yang berarti bahwa induktor tersebut akan *short circuit*. Reaktansi kapasitif (X_C) akan menjadi tak berhingga yang berarti bahwa kapasitif tersebut akan *open circuit*. Jadi sumber DC akan mengakibatkan beban induktif dan beban kapasitif tidak akan berpengaruh pada rangkaian. Bila sumber listrik AC maka beban dibedakan menjadi 3 sebagai berikut :

1) Beban Resistif (R)

Beban resistif yang merupakan suatu resistor murni, contoh : lampu pijar, pemanas. Beban ini hanya menyerap daya aktif dan tidak menyerap daya reaktif sama sekali. Tegangan dan arus se-fasa.

Secara matematis dinyatakan :

$$\text{RUMUS : } R = V / I$$



Gambar 2.3. Arus dan tegangan pada beban resistif

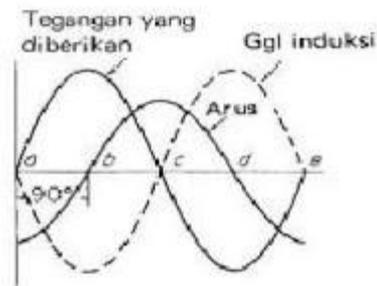
2) Beban Induktif (L)

Beban induktif adalah beban yang mengandung kumparan kawat yang dililitkan pada sebuah inti biasanya inti besi, contoh : motor – motor listrik, induktor dan transformator. Beban ini mempunyai faktor daya antara 0 – 1 “*lagging*”. Beban ini menyerap daya aktif

(kW) dan daya reaktif (kVAR). Tegangan mendahului arus sebesar φ° . Secara matematis dinyatakan :

RUMUS :

$$X_L = 2\pi f.L$$



Gambar 2.4. Arus, tegangan dan GGL induksi-diri pada beban induktif

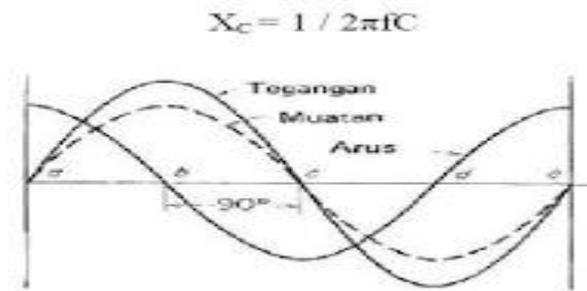
3) Beban Kapasitif (C)

Beban kapasitif adalah beban yang mengandung suatu rangkaian kapasitor. Beban ini mempunyai faktor daya antara 0 – 1 “*leading*”. Beban ini menyerap daya aktif (kW) dan mengeluarkan daya reaktif (kVAR). Arus mendahului tegangan sebesar φ° .

Secara matematis dinyatakan :

Rumus:

$$X_C = 1 / 2\pi fC$$



Gambar 2.5. Arus, tegangan dan GGL induksi-diri pada beban kapasitif

Dari ketiga kategori beban listrik diatas yang sering digunakan dalam dasar penghitungan listrik pada lampu penerangan adalah beban resistif dan beban induktif. Contoh – contoh beban resistif adalah beban – beban listrik yang tidak menggunakan arus induksi, atau yang tidak menggunakan belitan (kumparan). Contoh beban induktif adalah yang sering dijumpai pada motor – motor listrik.

2.1.6. Lampu Penerangan

Lampu Penerangan adalah suatu perangkat yang dapat menghasilkan cahaya saat dialiri arus listrik. Arus listrik yang dimaksud ini dapat berasal tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik terpusat (*Centrally Generated Electric Power*) seperti PLN dan Genset ataupun tenaga listrik yang dihasilkan oleh Baterai dan Aki.

Di zaman modern ini, Lampu Penerangan telah menjadi salah satu alat listrik yang paling penting bagi kehidupan manusia. Dengan adanya lampu penerangan, kita dapat melakukan berbagai kegiatan pada malam hari, memperindah Interior maupun Eksterior rumah, penerang ruangan yang gelap ataupun sebagai Indikator tanda-tanda bahaya. Sebelum ditemukan lampu penerangan, manusia pada saat itu menggunakan lilin, lampu minyak dan api unggun sebagai alat penerang pada malam hari.

1. Lampu TL Neon (*Flourescent Lamp*)

Lampu TL Neon (*Flourescent Lamp*) merupakan lampu penerangan yang paling banyak dipakai saat ini. Lampu TL Neon (*Flourescent Lamp*) sering digunakan sebagai alat penerangan di pabrik, gudang, shopping Mall, sekolah dan juga perkantoran. Tetapi seiring dengan semakin berkembangnya Teknologi Lampu LED sebagai lampu penerangan, tingkat adopsi lampu LED pun semakin bertambah dan lambat laun akan menggantikan lampu penerangan yang berteknologi *Flourescent* (Pendar).

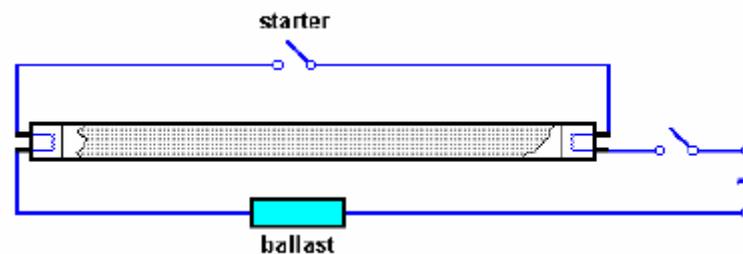
Istilah TL adalah kepanjangan dari “ *Tube Luminescent* “ atau juga ada yang menyebutkan “ *Tube Lamp* “ yaitu lampu penerangan berbentuk *Tube* atau Tabung. Dalam kehidupan sehari- hari, dapat kita temukan 2 jenis Teknologi pada lampu TL (*Tube Lamp*) yakni Teknologi *Flourescent* (Neon) dan Teknologi LED (*Light Emitting Diodes*). Lampu *neon*, 3 hingga 5 kali lebih efisien daripada lampu pijar standar dan dapat bertahan 10 hingga 20 kali lebih awet. Dengan melewati listrik melalui uap gas atau logam akan menyebabkan radiasi elektromagnetik pada panjang gelombang tertentu sesuai dengan komposisi kimia dan tekanan gasnya. Tabung neon memiliki uap merkuri bertekanan rendah, dan akan memancarkan sejumlah kecil radiasi biru/ hijau, namun kebanyakan akan berupa UV pada 253,7nm dan 185nm.

Bagian dalam dinding kaca memiliki pelapis tipis fosfor, hal ini dipilih untuk menyerap radiasi UV dan meneruskannya ke daerah nampak. Proses ini memiliki efisiensi sekitar 50%. Tabung neon merupakan lampu ‘katode panas’, sebab katode dipanaskan sebagai bagian dari proses awal. Katodenya berupa kawat pijar tungsten dengan sebuah lapisan barium karbonat. Jika dipanaskan, lapisan ini akan mengeluarkan elektron tambahan untuk membantu pelepasan.

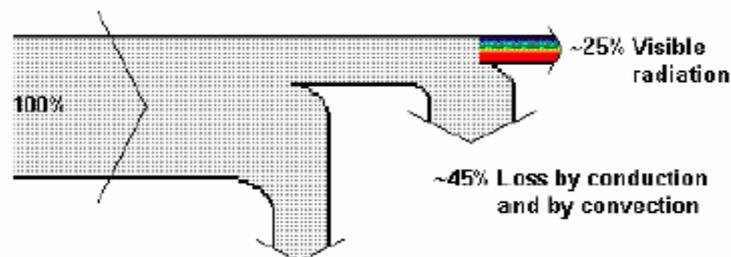
Lapisan ini tidak boleh diberi pemanasan berlebih sebab umur lampu akan berkurang. Lampu menggunakan kaca soda kapur yang merupakan pemancar UV yang buruk. Jumlah

merkurnya sangat kecil, biasanya 12 mg. Lampu yang terbaru menggunakan amalgam merkuri, yang kandungannya sekitar 5 mg. Hal ini memungkinkan tekanan merkuri optimum berada pada kisaran suhu yang lebih luas. Lampu ini sangat berguna bagi pencahayaan luar ruangan karena memiliki *fitting* yang kompak.

Pencahayaan



Gambar 2.6. Lampu TL (Neon)



2.7. Diagram alir energi lampu TL (neon)

➤ **Bagaimana lampu neon T12, T10, T8, dan T5 bisa berbeda?**

Keempat lampu tersebut memiliki diameter yang beragam (berbeda sekitar 1,5 inci, yaitu 12/8 inci untuk lampu T12 hingga 0,625 atau 5/8 inci untuk lampu T5). *Efficacy* merupakan lain yang membedakan satu lampu dari yang lainnya. *Efficacy* lampu T5 dan T8 lebih tinggi 5 persen dari lampu T12 yang 40-watt, dan telah menjadi pilihan paling populer untuk pemasangan lampu baru.

2. Lampu TL LED

Lampu TL LED adalah lampu penerangan yang berbentuk tabung (Tube) dengan menggunakan Teknologi LED (Light Emitting Diode) sebagai pemancar sinar cahaya. Pada umumnya Lampu TL LED terdiri dari puluhan hingga ratusan LED didalamnya. Lampu LED memiliki banyak keunggulan sehingga pemakaian lampu penerangan dengan Teknologi LED pun semakin meningkat.

Salah satu keunggulan lampu TL LED adalah dapat menghemat listrik sampai 60% dari pemakaian lampu TL Fluorescent karena tidak memerlukan Starter dan Ballast yang pada kenyataannya juga dapat mengkonsumsi listrik yang lebih banyak (terutama pada ballast jenis inductive).

Input pada lampu LED menggunakan arus listrik AC 220 V, sedangkan output adalah arus DC 144 V. Model lampu LED menggunakan chip TRR MB8F atau tipe Silicon Bridge Rectifier merubah langsung arus AC menjadi DC (dengan voltage tinggi) tanpa menggunakan trafo. Chip ini yang merubah arus PLN menjadi arus DC secara tetap.

➤ LED T8-9 watt

TL LED Osram adalah Lampu LED TUBE T8-9W White / Warm White dengan konsumsi daya listrik 9 Watt tetapi menghasilkan cahaya yang sangat terang di banding TL biasa, sangat cocok untuk menggantikan lampu TL konvensional 18 Watt. Sangat hemat energy dan sangat terang sehingga nantinya akan menjadi lampu pilihan masa depan dan mendukung program Go Green.

Table 2.1. Identifikasi Size, Watt dan Lumen untuk lampu TL LED OSRAM

Size	Size	Lampu TL LED	Lumen
Ft	mm	Watt	LM
2	600	8	750
2	600	9	750
2	600	10	850
4	1200	13	1050
4	1200	15	1400
4	1200	18	1500
4	1200	20	1700

Pada lampu TL LED T8-9 watt adalah lampu yang banyak digunakan dipasaran untuk menggantikan lampu TL T8-18 watt karna sangat cocok untuk ruang kantor yang ber AC dan banyak aktivitas an jauh lebih heat energi dan mudah didapatkan dipasaran.

Berikut adalah Rangkain Pemasangan / Instalasi Lampu LED (LED Tube) :



Gambar 2.8. Rangkaian Pemasangan / Instalasi Lampu TL LED



Gambar 2.9. Lamp LED T8-9 watt

Sumber: http://www.google.co.id/imgres?imgurl=http://w41.indonetwork.co.id/pdimage/36/3673936_osramtled9w.jpg&imgrefurl

Sebagai pengguna, kita tidak dapat mengubah kondisi dan teknologi yang ada pada lampu, karena memang sudah demikian adanya sejak awal diciptakan. Namun, kita dapat mengubah/mengatur teknik pencahayaan di sebuah ruangan untuk mengefisiensikan pemakaian daya dengan menggunakan beberapa lampu didalamnya. Seperti pada Office Area di Gedung Sinarmasland Plaza dimana dalam satu armatur terdapat 4 buah lampu TL.

a. Pertimbangan Dalam Memilih Lampu

Pertimbangan dalam memilih lampu yang sesuai ditentukan oleh hal-hal berikut :

1. Hemat *Energy*

Jika anda menggunakan lampu lebih dari 10 titik sebaiknya anda memakai minimal Lampu TL(neon) akan tetapi alangkah baiknya jika anda memakai lampu LED selain Hemat *Energy* pengurangan biaya yang di keluarkan setiap bulan dan meringankan Subsidi pemerintah untuk PLN.

2. Penggunaan Lampu

Kita sebaiknya memperhatikan lampu dipakai untuk tujuan penerangan yang seperti apa, apakah lampu general (penerangan umum ruangan), penerangan setempat (misalnya lampu meja kerja) atau lampu sorot (misalnya untuk menerangi Objek seni). Jenis lampu halogen mungkin lebih sesuai sebagai lampu sorot dibandingkan lampu TL yang lebih sesuai untuk penerangan umum.

3. *Fitting*

Fitting merupakan cara memasang lampu berkaitan dengan tempat dudukan lampu. Lampu neon jaman dulu dikenal bentuknya panjang (TL) yang hingga sekaang masih digunakan. Dewasa ini fitting lampu banyak disesuaikan dengan fitting ulir

yang biasa digunakan untuk lampu bohlam biasa. Termasuk lampu neon bisa dipasang selayaknya memasang bohlam karena memakai fitting ulir

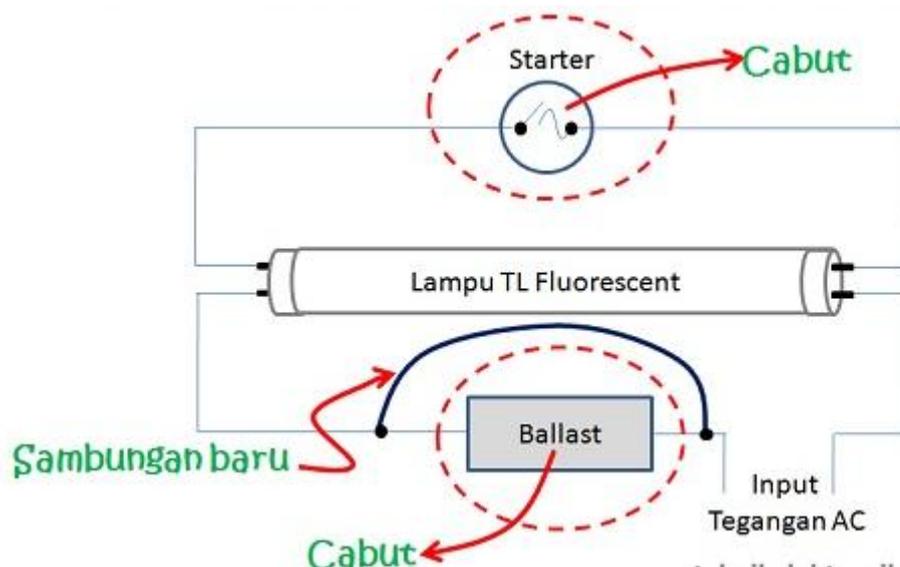
4. Warna Cahaya

Apakah lebih menyukai cahaya putih atau cahaya kuning? Dalam aspek efek cahaya, lampu putih terlihat lebih terang dari pada lampu kuning.

b. Cara Merubah atau Mengkonversi Rangkaian TL Fluorescent ke TL LED

Mengkonversi atau merubah Rangkaian TL Fluorescent ke TL LED bukanlah suatu pekerjaan yang sulit. Kita hanya perlu melepaskan Starter dan juga Ballast – nya kemudian buat sambungan baru antara terminal Lampu TL LED dengan arus listrik input seperti gambar dibawah ini.

Konversi Rangkaian Lampu TL Fluorescent ke TL LED



- 1) *Starter* : pemicu tegangan awal



Gambar 2.10. Starter S2 Lampu T8-18 watt

Sumber : <http://www.elightbulbs.com/Philips-00002-S-2-STARTER-Ballast>

- 2) *Ballast* : *Ballast* elektromagnetik konvensional (*chokes*) digunakan untuk memberikan tegangan yang lebih tinggi untuk menghidupkan cahaya tabung dan kemudian membatasi arus selama operasi normal. Ballast elektronik adalah *oscillators* yang merubah frekuensi yang dipasok ke sekitar 20.000 Hz hingga 30.000 Hz. Kehilangan dalam ballast elektronik untuk cahaya tabung hanya sekitar 1 Watt, sebagai pengganti 10 hingga 15 Watts dalam *choke* elektromagnetik standar.

Karena semakin mahalnya energi listrik, maka dimulailah beberapa cara untuk menghemat energi listrik, sehingga semakin banyak misalnya digunakan lampu – lampu jenis tabung *fluorescent* karena dianggap lebih efisien dalam mengubah energi listrik menjadi energi cahaya, tetapi kendala timbul setelah digunakan dalam jumlah yang banyak dan beban yang cukup besar mengakibatkan menurunnya faktor daya sumber yang berakibat tidak tercapainya jumlah beban dan jumlah daya tersedia dari sumber, akibatnya penggunaan lampu jenis ini akan menurunkan jumlah daya yang tersedia dari sumber, juga kesulitan lain berupa sulit menyala dengan normal pada saat terjadi beban puncak dan menurunnya tegangan sumber. Di karenakan lampu TL memerlukan *ballast*, dengan adanya *ballast* ini akan menimbulkan kerugian daya pada ballast sendiri, yang kerugian cukup besar, dan juga

rendahnya harga faktor kerja ($\cos \phi$) karena pada lampu jenis fluorescent yang konvensional digunakan ballast jenis induktor (kumparan). Untuk mengatasi hal ini maka penggunaan lampu jenis fluorescent dapat di konversikan ke lampu TL LED yang tidak lagi membutuhkan *starter* dan *ballast* sehingga tidak ada lagi rugi-rugi daya tegangan yang terjadi.

2.1.7. Gambaran Umum Pencahayaan

Sejak dimulainya peradaban hingga sekarang, manusia menciptakan cahaya dari api, walaupun lebih banyak sumber panas dari pada cahayanya. Diabad 21 ini kita masih menggunakan prinsip yang sama dalam menghasilkan panas dan cahaya melalui pijar. Namun dalam beberapa dekade terakhir produk produk penerangan jadi lebih canggih dan beraneka ragam. Perkiraan menunjukan bahwa pemaakaan energi penerangan untuk bangunan komersial sebesar 20% - 45% dan untuk 3% - 10% digunakan untuk pemakaian Plant Industri. Hampir kebanyakan pengguna energi komersial dan Industri peduli peghematan energi yang cukup berarti didapatkan dengan investasi yang minim dan masuk akal.

Sistem pencahayaan di ruangan, termasuk di tempat kerja dapat dibedakan menjadi 5 macam yaitu:

a) Sistem Pencahayaan Langsung (*direct lighting*)

Pada sistem ini 90-100% cahaya diarahkan secara langsung ke benda yang perlu diterangi. Sism ini dinilai paling efektif dalam mengatur pencahayaan, tetapi ada kelemahannya karena dapat menimbulkan bahaya serta kesilauan yang mengganggu, baik

karena penyinaran langsung maupun karena pantulan cahaya. Untuk efek yang optimal, disarankan langit-langit, dinding serta benda yang ada didalam ruangan perlu diberi warna cerah agar tampak menyegarkan

b) Pencahayaan Semi Langsung (*semi direct lighting*)

Pada sistem ini 60-90% cahaya diarahkan langsung pada benda yang perlu diterangi, sedangkan sisanya dipantulkan ke langit-langit dan dinding. Dengan sistem ini kelemahan sistem pencahayaan langsung dapat dikurangi. Diketahui bahwa langit-langit dan dinding yang dipelster putih memiliki efisiensi pemantulan 90%, sedangkan apabila dicat putih efisien pemantulan antara 5-90%

c) Sistem Pencahayaan Difus (*general diffus lighting*)

Pada sistem ini setengah cahaya 40-60% diarahkan pada benda yang perlu disinari, sedangkan sisanya dipantulkan ke langit-langit dan dinding. Dalam pencahayaan sistem ini termasuk sistem *direct-indirect* yakni memancarkan setengah cahaya ke bawah dan sisanya keatas. Pada sistem ini masalah bayangan dan kesilauan masih ditemui.

d) Sistem Pencahayaan Semi Tidak Langsung (*semi indirect lighting*)

Pada sistem ini 60-90% cahaya diarahkan ke langit-langit dan dinding bagian atas, sedangkan sisanya diarahkan ke bagian bawah. Untuk hasil yang optimal disarankan langit-langit perlu diberikan perhatian serta dirawat dengan baik. Pada sistem ini masalah bayangan praktis tidak ada serta kesilauan dapat dikurangi.

e) Sistem Pencahayaan Tidak Langsung (*indirect lighting*)

Pada sistem ini 90-100% cahaya diarahkan ke langit-langit dan dinding bagian atas kemudian dipantulkan untuk menerangi seluruh ruangan. Agar seluruh langit-langit dapat menjadi sumber cahaya, perlu diberikan perhatian dan pemeliharaan yang baik. Keuntungan sistem ini adalah tidak menimbulkan bayangan dan kesilauan sedangkan kerugiannya mengurangi efisien cahaya total yang jatuh pada permukaan kerja.

Banyak faktor risiko di lingkungan kerja yang mempengaruhi keselamatan dan kesehatan pekerja salah satunya adalah pencahayaan. Menurut Keputusan Menteri Kesehatan No.1405 tahun 2002, pencahayaan adalah jumlah penyinaran pada suatu bidang kerja yang diperlukan untuk melaksanakan kegiatan secara efektif. Pencahayaan minimal yang dibutuhkan menurut jenis kegiatannya seperti berikut:

Tabel 2.2. Tingkat Pencahayaan Lingkungan Kerja

JENIS KEGIATAN	TINGKAT PENCAHAYAAN MINIMAL (LUX)	KETERANGAN
Pekerjaan kasar dan tidak terus – menerus	100	Ruang penyimpanan & ruang peralatan/instalasi yang memerlukan pekerjaan yang kontinyu
Pekerjaan kasar dan terus – menerus	200	Pekerjaan dengan mesin dan perakitan kasar
Pekerjaan rutin	300	Ruang administrasi, ruang kontrol, pekerjaan mesin & perakitan/penyusun
Pekerjaan agak halus	500	Pembuatan gambar atau bekerja dengan mesin kantor, pekerjaan pemeriksaan atau pekerjaan dengan mesin
Pekerjaan halus	1000	Pemilihan warna, pemrosesan teksti, pekerjaan mesin halus & perakitan halus
Pekerjaan amat halus	1500	Mengukir dengan tangan, pemeriksaan pekerjaan mesin dan perakitan yang sangat halus
Pekerjaan terinci	3000	Pemeriksaan pekerjaan, perakitan sangat halus

Sumber: KEPMENKES RI. No. 1405/MENKES/SK/XI/02

United Nations Environment Programme (UNEP) dalam Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia mengklasifikasikan kebutuhan tingkat pencahayaan ruang tergantung area kegiatannya, seperti berikut:

Tabel 2.2. Kebutuhan Pencahayaan Menurut Area Kegiatan

Keperluan	Pencahayaan (LUX)	Contoh Area Kegiatan
Pencahayaan Umum untuk ruangan dan area yang jarang digunakan dan/atau tugas-tugas atau visual sederhana	20	Layanan penerangan yang minimum dalam area sirkulasi luar ruangan, pertokoan didaerah terbuka, halaman tempat penyimpanan
	50	Tempat pejalan kaki & panggung
	70	Ruang boiler
	100	Halaman Trafo, ruangan tungku, dll.
	150	Area sirkulasi di industri, pertokoan dan ruang penyimpan.
Pencahayaan umum untuk interior	200	Layanan penerangan yang minimum dalam tugas
	300	Meja & mesin kerja ukuran sedang, proses umum dalam industri kimia dan makanan, kegiatan membaca dan membuat arsip.
	4500	Gantungan baju, pemeriksaan, kantor untuk menggambar, perakitan mesin dan bagian yang halus, pekerjaan warna, tugas menggambar kritis.
	15000	Pekerjaan mesin dan diatas meja yang sangat halus, perakitan mesin presisi kecil dan instrumen; komponen elektronik, pengukuran & pemeriksaan bagian kecil yang rumit (sebagian mungkin diberikan oleh tugas pencahayaan setempat)
Pencahayaan tambahan setempat untuk tugas visual yang tepat	3000	Pekerjaan berpresisi dan rinci sekali, misal instrumen yang sangat kecil, pembuatan jam tangan, pengukiran

Sumber : www.energyefficiencyasia.org

2.1.8. Cahaya

Cahaya hanya merupakan satu bagian berbagai jenis gelombang *elektromagnetis* yang terbang ke angkasa. Gelombang tersebut memiliki panjang dan frekuensi tertentu, yang nilainya dapat dibedakan dari energi cahaya lainnya dalam *spektrum elektromagnetisnya*.

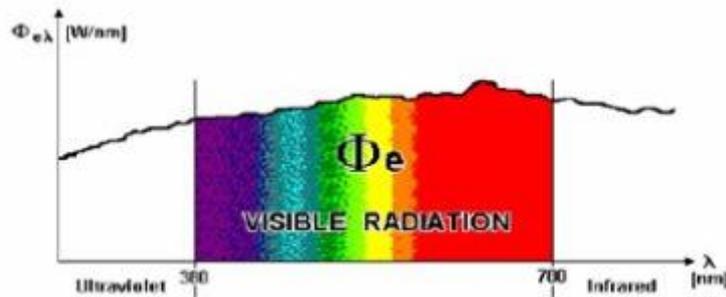
Cahaya dipancarkan dari suatu benda dengan fenomena sebagai berikut:

- **Pijar** padat dan cair memancarkan radiasi yang dapat dilihat bila dipanaskan sampai suhu 1000 K. Intensitas meningkat dan penampakan menjadi semakin putih jika suhu naik.
- **Muatan Listrik:** Jika arus listrik dilewatkan melalui gas maka atom dan molekul memancarkan radiasi dimana spektrumnya merupakan karakteristik dari elemen yang ada.
- ***Electro luminescence:*** Cahaya dihasilkan jika arus listrik dilewatkan melalui padatan tertentu seperti semikonduktor atau bahan yang mengandung fosfor.
- ***Photoluminescence:*** Radiasi pada salah satu panjang gelombang diserap, biasanya oleh suatu padatan, dan dipancarkan kembali pada berbagai panjang gelombang. Bila radiasi yang dipancarkan kembali tersebut merupakan fenomena yang dapat terlihat maka radiasi tersebut disebut *fluorescence* atau *phosphorescence*.

Jika arus listrik dilewatkan melalui gas maka atom dan molekul memancarkan radiasi dimana spektrumnya merupakan karakteristik dari elemen yang ada cahaya, seperti spektrum yang dapat dilihat pada spectrum elektromagnetik.

Gambar dibawah ini menyatakan gelombang yang sempit diantara cahaya *ultraviolet* (UV) dan energy inframerah (panas). Gelombang cahaya tersebut mampu

merangsang retina mata, yang menghasilkan sensasi penglihatan yang disebut pandangan. Oleh karena itu, penglihatan memerlukan mata yang berfungsi dan cahaya yang nampak.³



Gambar 2.11. Radiasi yang Tampak

a. Definisi yang umum digunakan dalam pencahayaan

- 1) Lumen : Satuan flux cahaya. Flux dipancarkan didalam satuan unit sudut padatan oleh suatu sumber dengan intensitas cahaya seragam. Satu lux adalah satu lumen permeter persegi. Lumen (lm) adalah kesetaraan fotometrik dari watt memadukan respon mata
- 2) Luminaire : Satuan cahaya lengkap, terdiri dari sebuah lampu atau beberapa lampu, termasuk rancangan pendistribusian cahaya, penempatan dan perlindungan lampu – lampu yang dihubungkan dengan pasokan
- 3) LUX : Merupakan satuan metrik ukuran cahaya pada suatu permukaan. Cahaya yang rata – rata dicapai adalah rata – rata tingkat LUX pada bagian titik di area yang sudah ditentukan.

Cahaya, dalam pemahaman saya, memiliki karakter mirip udara dan dapat diwujudkan keberadaannya pada permukaan sebuah benda padat. Berapa besar cahaya yang dapat diwujudkan pada permukaan sebuah benda, tergantung dari tinggi-rendahnya intensitas

³ <https://sifraljamil.wordpress.com/2013/03/03/teori-dasar-cahaya/>, diakses pada 3-9-2015, pukul 15.04

yang dapat dihasilkan oleh sumber cahaya. Semakin besar / banyak cahaya dapat dihasilkan sumbernya, semakin tinggi wujud cahaya pada permukaan benda yang bisa direalisasikan..

Pada lampu, cahaya merupakan hasil konversi dari energi listrik. Jumlah nilai satuan energi listrik yang dikonversikan oleh lampu ke dalam bentuk nilai satuan cahaya adalah tetap. Sehingga, untuk mengkonversi lebih banyak cahaya, dibutuhkan energi listrik yang lebih besar.

Memang benar, besar-kecilnya konsumsi daya akan menentukan jumlah (intensitas) cahaya yang dapat dihasilkan oleh sebuah lampu. Namun, suasana terang yang dihasilkan dari intensitas cahaya sebuah lampu, sangat dipengaruhi faktor jarak antara sumber cahaya dengan permukaan benda yang diteranginya. Intensitas cahaya sebuah lampu akan semakin berkurang mengikuti jarak yang semakin jauh antara posisi lampu dengan sebuah benda, begitu juga lampu penerangan yang di pakai pada Office Area di gedung Sinarmas Land Plaza .

2.1.9. Gedung Sinarmasland Plaza

Gedung Sinarmasland Plaza merupakan anggota Sinarmas Divisi *Real Estate*, bergerak dalam *real estate* dan pengembangan bisnis, serta investasi di rumah-rumah, rumah toko, pusat perbelanjaan, gedung perkantoran, apartemen dan hotel. Selain sebagai pengembang Sinarmas Land memiliki pengalaman sebagai manajemen properti dalam proyek-proyek sebagai berikut : gedung perkantoran, apartment, perumahan, komersial, hotel. Sinarmasland Plaza selesai dibangun pada tahun 1997. Kompleks Sinarmas Land Plaza terdiri dari 3 gedung yaitu Menara-1, Menara-2 dan Menara-3 yang disewakan kepada umum. Menara-1 dan Menara-3 masing-masing mempunyai 12 lantai. Sedangkan Menara-2 terdiri

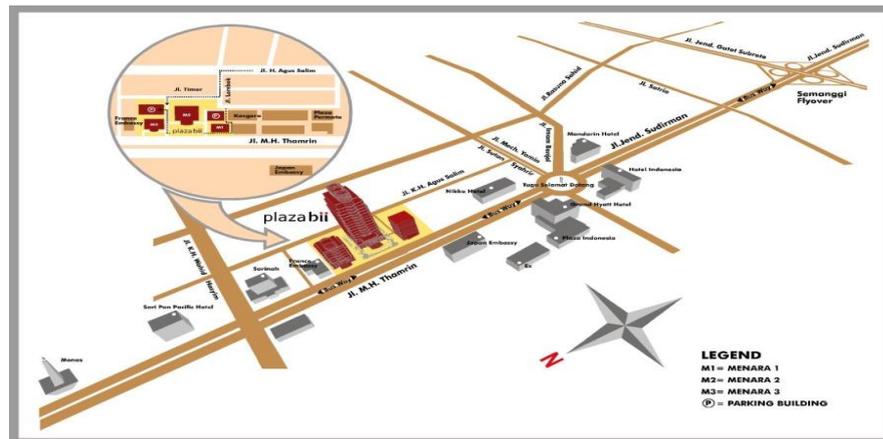
dari 39 tingkat di atas permukaan tanah (170 meter) dan 3 level lantai basement, dengan luas area 91,000 m² gross area, 75,000 m² area sewa. Dalam analisis di Gedung Sinarmasland Plaza ini saya melakukan penelitian di Menara 3 dimana pada Menara 3 banyak penyewaan untuk kantor-kantor seperti Mizhuo, Smart TBK, Filma.

Gambaran tentang pemakaian sumber daya energi listrik pada lampu penerangan Office Area di Gedung Sinarmasland Plaza Thamrin, dimana energi listrik merupakan bagian yang tidak terpisah dari kegiatan penggunaan gedung untuk aktivitas – aktivitas keseharian. Pengelola gedung perkantoran yang berperan sebagai penyedia jasa, termasuk didalamnya jasa penerangan yang tentunya selalu berupaya memberikan pelayanan yang terbaik.

Dalam analisis ini sebagai mahasiswa yang mengadakan penelitian di perusahaan ini melihat biaya operasional perusahaan kian bertambah akibat kenaikan tarif dasar listrik yang selalu naik, ditambah lagi jumlah karyawan tenant dan alat bantu untung penunjang kerja yang memakai energi listrik yang terus bertambah. Faktor tersebut sangat berimplikasi terhadap biaya operasional perusahaan. Sehingga para teknisi pada divisi ME khususnya Listrik berupaya untuk saving energi atau efisiensi energi dengan mengkonversi daya listrik lampu penerangan pada Office Area di Gedung Sinarmasland Plaza. Dimana yang sebelumnya masih menggunakan lampu penerangan TL T8-18 watt menjadi LED TL T8-9 watt.



Gambar 2.12. Gedung Sinarmasland Plaza



Gambar 2.13. *Map Sinarmasland Plaza Building*

2.2. Kerangka Berpikir

Seiring dengan pertumbuhan gedung – gedung Perkantoran, Apartemen, Mall, Sarana umum dan Infrastruktur lainnya, sehingga kebutuhan energi listrik semakin meningkat, bahkan kebutuhan masyarakat juga turut meningkat dikarenakan hampir semua peralatan rumah tangga menggunakan energi listrik, sehingga penyediaan energi listrik dari PLN kian menipis.

Melihat perkembangan di atas dan pihak PLN yang terus menaikkan tarif dasar listrik tentu sangat berdampak bagi perusahaan, maka upaya konversi daya dalam penggunaan energi listrik merupakan suatu pilihan yang tepat untuk dapat mengurangi atau menurunkan biaya operasional.

Menurut Siregar. analisis adalah proses kemampuan dalam domain kognitif dengan menggunakan kemampuan akal untuk memecahkan suatu masalah pokok dan menentukan bagaimana bagian – bagian saling berhubungan satu sama lain pada keseluruhan struktur.”

⁴Analisis dalam upaya penghematan energi listrik yang terus naik dalam tarif dasar listrik di perusahaan Sinarmasland Plaza yaitu mengkonversi lampu penerangan pada ruang office area agar terlihat hasil dalam analisis perbandingan efisiensi energi lampu TL dengan LED. Konversi adalah suatu proses perubahan dari suatu sistem ke sistem lainnya yang lebih baik lagi.

Kerangka berpikir ini dimaksudkan untuk memberikan pengetahuan mengenai analisis perbandingan efisiensi energy lampu TL dengan LED pada *Office Area* di gedung Sinarmasland Plaza. Sebagai upaya untuk efisiensi energi di mana tarif PLN yang kian melonjak. Maka perlu dilakukan analisis pada efisiensi daya listrik lampu penerangan, lumen dan biaya operation per-bulan melalui data – data yang ada di gedung Sinarmasland Palaza. Analisis dilakukan dengan membandingkan antara data - data sebelum dan sesudah konversi lampu penerangan dari lampu TL T8-18 watt dengan LED T8-9 watt yang telah dilakukan pada office area digedung Sinarmasland Plaza.

⁴ Eveline Siregar, *Teori Belajar dan Pembelajaran*, (Jakarta: Ghalia Indonesia: 2010), h.8