

# Rancangan Sistem Penerangan Gedung Bertingkat Menggunakan PLTS

*The design of lighting system for multi-storey building using the solar sel power plant*

Wind Yoseph Hasibuan dan Abd. Multi  
Program Studi Teknik Energi Listrik, Fakultas Teknologi Industri,  
Institut Sains Dan Teknologi Nasional, Jakarta

**Abstrak---***Makalah ini menjelaskan suatu rancangan sistem penerangan gedung bertingkat menggunakan pembangkit listrik tenaga cahaya matahari (PLTS). Pada rancangan penerangan listrik menggunakan PLTS ini, banyak komponen-komponen dasar yang diperlukan, termasuk 'solar module' yang menjadi komponen kunci yang mengubah panas cahaya matahari menjadi tegangan listrik DC. Disamping itu dia berfungsi juga sebagai 'controller' mengendalikan penyediaan tegangan listrik untuk beban dan battery. Komponen lainnya adalah inverter, yang berfungsi mengubah tegangan listrik DC menjadi tegangan listriki AC, dan battery yang berfungsi menyimpan energi listrik. Rancangan dapat dilakukan, pertama-tama menghitung jumlah beban penerangan yang diperlukan, kemudian menghitung jumlah module yang akan digunakan dan komponen yang mendukung seperti inverter dan battery. Untuk Gedung 4 lantai dengan 18 ruangan dengan berbagai keperluan, dibutuhkan beban sebesar 210.192 kWh, sehingga memerlukan 292 module solar sel, inverters with a power of 50.04 kW and 176 batteries with a capacity of 12Vdc, 100 Ah are used when sunlight is not maximal.*

**Kata Kunci:** *solar modules, inverters, PLTS*

**Abstract---***This paper describes the design of lighting system for multi-storey building using the solar sel power plant (PLTS). Many diagnostic PLTS comprises major components having different functions, including solar module which is a key component that converts heat / sunlight into electrical voltage (DC), which serves as a controller to control incoming voltage to the load and the battery, inverter components change the direction of the voltage from direct current into alternating current (AC) and batteries that store the electrical energy. The design of lighting system for four-storey building using PLTS can be done by first calculating the number of loads that exist, then proceed to count the number of modules that will be used and supporting components such as inverters and battery energy storage to be used when sunlight is not maximal. With the lighting load to the system of 210.192 kWh, it is obtained the number of modules that will be used as many as 278 modules, inverters with a power of 50.04 kW and 158 batteries with a capacity of 12Vdc, 100 Ah are used when sunlight is not maximal.*

**Keywords:** *solar modules, inverters, PLTS*

## 1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi di negara Indonesia semakin lama semakin meningkat sebagaimana laju pertumbuhan pembangunan. Begitu juga dengan kebutuhan energi listriknya, hampir di setiap bidang pembangunan membutuhkan energi listrik bagi proses kegiatannya, hal ini dapat dimengerti karena pertumbuhan pembangunan ditandai dengan laju pertumbuhan industri, baik industri menengah maupun industri besar sekalipun dan semua itu membutuhkan energi listrik untuk penerangan maupun untuk menggerakkan mesin-mesin. Selain itu sistem pembangkit PLN saat ini menggunakan BBM mencapai 50% di luar Jawa dan hampir 25% pada sistem Jawa-Bali. Bila harga BBM tak bisa lagi disubsidi maka harga bahan bakar diesel akan mencapai lebih dari Rp 4.500,- per liter dan membuat harga listrik naik dua kali lipat. BBM Indonesia bila

tidak ditemukan lagi cadangan baru dan produksi tetap dipertahankan 500 juta barrel per tahun, maka bisa habis hanya dalam waktu 18 tahun lagi. Padahal, tahun 2025 pemerintah menargetkan 95% dari seluruh rumah Indonesia sudah terlistriki. Padahal pada tahun 2005 saja sudah membutuhkan BBM dalam jumlah yang sangat besar untuk operasional pembangkit listrik.

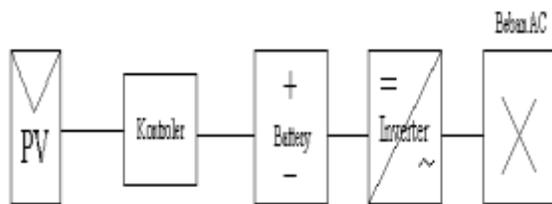
Selain untuk keperluan industri juga masih banyak sektor-sektor lain yang sangat memerlukan energi listrik, salah satunya yaitu untuk keperluan di gedung bertingkat, hal ini dikarenakan pada gedung-gedung bertingkat sistem pencahayaan yang ada kurang memadai dan selalu memanfaatkan lampu sebagai sumber pencahayaan buatan. Dengan demikian jelaslah bahwa penggunaan energi listrik semakin lama semakin meningkat, namun peningkatan kebutuhan energi listrik ini perlu diimbangi dengan upaya pencarian sumber energi baru. Salah satu upaya kearah

itu yaitu dengan memanfaatkan energi surya menjadi energi listrik.

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) memanfaatkan cahaya matahari untuk menghasilkan listrik *Direct Current (DC)* yang dapat juga di ubah menjadi listrik *Alternating Current (AC)* apabila diperlukan. Oleh karena itu meskipun cuaca mendung, selama masih terdapat cahaya, maka PLTS tetap dapat menghasilkan listrik. PLTS pada dasarnya adalah pencatu daya listrik, dan dapat dirancang untuk mencatu kebutuhan listrik yang kecil sampai dengan besar, baik secara mandiri, maupun dengan hybrid, baik dengan metoda desentralisasi (satu rumah satu pembangkit) maupun dengan metoda sentralisasi (listrik didistribusikan dengan jaringan kabel), begitu juga untuk industri maupun penerangan. Pada makalah ini dibahas kebutuhan daya listrik dari PLTS untuk sistem penerangan pada gedung bertingkat.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

PLTS terdiri dari modul2 surya. Pada siang hari modul surya menerima cahaya matahari yang kemudian di ubah menjadi listrik melalui proses fotovoltaik. Listrik yang dihasilkan oleh modul dapat langsung disalurkan ke beban ataupun disimpan dalam baterai sebelum digunakan ke beban: lampu, radio, mesin2 listrik industri dll. Pada malam hari, dimana modul surya tidak menghasilkan listrik, beban sepenuhnya dicatu oleh baterai. Demikian pula apabila hari mendung, dimana modul surya menghasilkan listrik lebih rendah dibandingkan pada saat matahari benderang. Modul surya dengan kapasitas tertentu dapat menghasilkan jumlah listrik yang berbeda-beda apabila ditempatkan pada daerah yang berlainan. Secara skematis sistem PLTS dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 1. Skema sistem PLTS

PLTS ini bekerja secara langsung dan menyalurkan energi pada beban-beban penerangan. Sistem ini juga dirancang untuk dapat digunakan pada saat sinar matahari tidak maksimal (mendung) dan pada saat malam hari. Ketika sinar matahari maksimal, modul-modul surya akan melakukan pengisian pada baterai-baterai penyimpan energi, dan pada saat sinar

matahari tidak maksimal, maka energi yang tersimpan pada baterai dimanfaatkan untuk mensuplai beban-beban penerangan.

### 2.1 Modul Surya

Modul surya berfungsi merubah cahaya matahari menjadi listrik arus searah (*Direct Current, DC*), tenaga listrik yang dihasilkan tersebut harus mempunyai besar tegangan tertentu yang sesuai dengan tegangan yang diperlukan *inverter* kemudian *inverter* dapat dengan mudah merubahnya menjadi listrik arus bolak balik (*Alternating Current, AC*) apabila diperlukan. Bentuk modular dari modul surya memberikankemudahan pemenuhan kebutuhan listrik untuk berbagai skala kebutuhan. Kebutuhankecil dapat dicukupi dengan satu modul atau dua modul, dan kebutuhan besar dapatdicatu oleh bahkan ribuan modul surya yang dirangkai menjadi satu.

### 2.2 Alat Pengatur dan *Inverter*

Alat pengatur merupakan perangkat elektronik yang mengatur aliran listrik dari modul surya ke baterai dan aliran listrik dari baterai ke peralatan listrik seperti lampu, TV atau radio/tape. Charge-Discharge pengontrol melindungi baterai dari pengisian berlebihan dan melindungi dari korsleting atau pengiriman muatan arus berlebih ke input terminal. Alat ini juga mempunyai beberapa indikator yang akan memberikan kemudahan kepada pengguna PLTS dengan memberikan *inverter* mengenai kondisi baterai sehingga pengguna PLTS dapat mengendalikan konsumsi energi menurut ketersediaan listrik yang terdapat didalam baterai. Selain itu terdapat 3 indikator lainnya yang menginformasikan status pengisian, adanya muatan berlebih dan pengisian otomatis pada saat baterai kosong.

*Inverter* adalah suatu *konverter* energi listrik yang mengubah tegangan dc menjadi tegangan ac. Tegangan keluaran suatu *inverter* biasanya tidak sinusoid, sehingga dalam banyak pemakaian kandungan harmonisa akan sangat mempengaruhi kinerja sistem secara keseluruhan. Untuk pemakaian dengan daya rendah, *inverter* dengan tegangan keluaran berbentuk gelombang kotak masih diperkenankan, namun untuk pemakaian beban yang berdaya besar diperlukan suatu *inverter* dengan tegangan keluaran berbentuk sinusoid, sehingga kandungan harmonisanya harus direduksi.

### 2.3 Baterai / Accu

Baterai berfungsi menyimpan arus listrik yang dihasilkan oleh modul suryasebelum dimanfaatkan untuk menggerakkan beban. Beban dapat berupa lampupenerangan atau peralatan elektronik dan peralatan lainnya yang membutuhkan listrik. Ukuran baterai yang dipakai sangat tergantung pada ukuran genset, ukuran solar panel, dan load pattern. Ukuran

baterai yang terlalu besar baik untuk efisiensi operasi tetapimengakibatkan kebutuhan investasi yang terlalu besar, sebaliknya ukuran bateraiterlalu kecil dapat mengakibatkan tidak tertampungnya daya berlebih.

Untuk mendapatkan kapasitas baterai yang diperlukan, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan-persamaan berikut ini :

$$Tot. Charge = energi / sist. Voltage \quad (1)$$

Setelah nilai arus yang diperlukan diperoleh, kemudian dilakukan perhitungan arus pengisian yang akan digunakan pada sistem dengan menggunakan persamaan:

$$System charging current = \frac{Total charge (amp - hours)}{solar insolation value} \quad (2)$$

Dan pada tahap akhir, dengan menggunakan persamaan (3.9) berikut ini dapat ditentukan kapasitas baterai yang akan digunakan.

$$Batt.Cap. = syst. charging current \times \frac{reserve days}{\max imum DoD} \quad (3)$$

## 2.4 Sistem Pencahayaan Buatan

Pada gedung-gedung bertingkat, sumber cahaya buatan sangatlah di perlukan sebagai penunjang aktivitas sehari-hari. Pada dasarnya Sistem pencahayaan buatan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- (1) Tingkat pencahayaan minimalnya sesuai yang direkomendasikan.

Tingkat pencahayaan pada bangunan yang direkomendasikan tidak boleh kurang dari tingkat pencahayaan dalam tabel berikut ini.

Tabel 1. Tingkat Pencahayaan

Macam Pekerjaan	Lux	Contoh penggunaan
1.Pencahayaan untuk daerah yang tidak terus menerus diperlukan	20	Iluminasi minimum agar bisa membedakan barang-barang
	50	Parkir dan daerah sirkulasi di dalam ruangan
2.Pencahayaan untuk bekerja di dalam ruangan	100	Kamar tidur hotel, memeriksa dan menghitung stok barang secara kasar, merakit barang besar.
	200	Membaca dan menulis yang tidak terus menerus
3.Pencahayaan setempat untuk pekerjaan yang teliti	350	Pencahayaan untuk perkantoran, pertokoan, membaca, gudang, menulis
	400	Ruang Gambar
	750	Pembacaan untuk koreksi tulisan, merakit barang-barang kecil
	1000	Gambar yang sangat teliti
	2000	Pekerjaan secara rinci dan presisi.

Tabel 2. Tingkat Pencahayaan minimum yang direkomendasikan dan renderasi warna

Fungsi ruangan	Tingkat Pencahayaan (lux)	Kelompok renderasi warna
Rumah Tinggal :		
Teras	60	1 atau 2
Ruang tamu	120~250	1 atau 2
Ruang makan	120~250	1 atau 2
Ruang kerja	120~250	1
Kamar tidur	120~250	1 atau 2
Kamar mandi	250	1 atau 2
Dapur	250	1 atau 2
Garasi	60	3 atau 4
Perkantoran :		
Ruang Direktur	350	1 atau 2
Ruang Kerja	350	1 atau 2
Ruang Komputer	350	1 atau 2
Ruang rapat	300	1 atau 2
Ruang Gambar	750	1 atau 2
Gudang arsip	150	3 atau 4
Ruang arsip aktif	300	1 atau 2
Lembaga Pendidikan :		
Ruang kelas	250	1 atau 2
Perpustakaan	300	1 atau 2
Laboratorium	500	1
Ruang Gambar	750	1
Kantin	200	1

- (2) Daya listrik untuk pencahayaan sesuai maksimum yang diijinkan.

Pada Tabel 3. terdapat penggunaan daya listrik maksimum yang diijinkan untuk masing-masing ruangan atau tempat.

Tabel 3. Daya listrik maksimum untuk pencahayaan yang diijinkan

Jenis ruangan bangunan	Daya pencahayaan maksimum W/m <sup>2</sup> (termasuk rugi – rugi balast)
Ruang kantor	15
Auditorium	25
Pasar swalayan	20
Hotel :	
Kamar tamu	17
Daerah umum	20
Rumah sakit :	
Ruang pasien	15
Gudang	5
kafetaria	10
Garasi	2
Restoran	25
Lobby,koridor	10
Tangga	10
Ruang parkir	5
Ruang perkumpulan	20
Industri	20

- (3) Memenuhi tingkat kenyamanan visual.

Kenyamanan visual tidak hanya ditentukan oleh tingkat pencahayaan minimum, tetapi juga kualitas pencahayaan. Kualitas pencahayaan yang dimaksud adalah kualitas warna cahaya dan tingkat penyilauan

## 2.5 Pemilihan Lampu

Berdasarkan prinsip kerjanya, lampu listrik terdiri atas dua bagian besar. Pertama, Lampu Pijar (*Incandescent Lamp*) dan Lampu Tabung (*Discharge Lamp*). Lampu GLS (*General Lighting Service*), lampu reflektor dan lampu halogen adalah termasuk dalam kelompok lampu pijar oleh karena prinsip kerjanya. Lampu-lampu ini menghasilkan cahaya akibat memijarnya filamen. Lampu tabung mengeluarkan cahaya tidak atas prinsip memijarnya filamen tetapi berdasarkan prinsip pelepasan elektron yang terjadi dalam tabung lampu.

Lampu Fluoresen dan lampu pelepasan gas lainnya yang mempunyai efikasi lebih tinggi, harus lebih banyak digunakan. Lampu pijar mempunyai efikasi yang rendah maka penggunaannya harus dibatasi.

Lampu Fluoresen atau biasa disebut lampu TL (*Tubular Lamp*) sangat dianjurkan penggunaannya di dalam bangunan gedung, karena hemat energi dan tahan lama. Umur hidupnya mencapai 8000 jam, serta mempunyai temperatur warna dan renderasi yang bermacam-macam. Lampu TL menurut jenis temperatur warnanya serta cara pemakaiannya sebagai berikut:

- Warm White (warna putih kekuning-kuningan) temperatur warna 3300 K.
- Cool White (warna putih netral) temperatur warna 3300 K – 5300 K.
- Daylight (warna putih) temperatur warna 5300 K.

## 2.6 Pemilihan armatur

Armatur adalah rumah lampu yang dirancang untuk mengarahkan cahaya, untuk tempat dan melindungi lampu serta untuk menempatkan komponen-komponen listrik, disebut juga luminer. Armatur harus mempunyai karakteristik distribusi yang sesuai dengan penggunaannya, mempunyai efisiensi yang tinggi dan tidak mengakibatkan silau atau refleksi yang mengganggu. Panas yang dipancarkan armature sebagian besar harus dapat dialirkan keluar ruangan.

## 3. METODA

### 3.1 Prosedur Perancangan

Langkah-langkah perancangan pada penelitian ini meliputi :

Menghitung jumlah beban yang akan disuplai yaitu kebutuhan penerangan gedung bertingkat

Menghitung jumlah panel surya. Jumlah panel surya yang akan digunakan dapat dihitung berdasarkan pada jumlah beban. Setelah jumlah beban diketahui, maka jumlah dari panel surya dapat ditentukan.

Menghitung besarnya *Inverter* dan dapat ditentukan dengan mengetahui jumlah beban terlebih dahulu. *Inverter* di disain dengan kemampuan untuk memikul beban maksimal.

Menghitung kapasitas dan jumlah baterai yang diperlukan sangatlah penting, mengingat intensitas cahaya yang dihasilkan matahari tidaklah selalu tetap.

### 3.2 Perancangan

Perancangan menyangkut prosedur perhitungan tata pencahayaan berkait kepada pemakaian daya / energi listrik baik untuk sistem pencahayaan buatan maupun untuk pemanfaatan sistem pencahayaan alami. Sistem tata cahaya harus dirancang sedemikian rupa sehingga didapatkan lingkungan visual yang nyaman, efektif dan fleksibel serta penggunaan daya listrik yang optimal. Tingkat pencahayaan rata-rata diukur pada bidang kerja dalam hal ini pada bidang kerja biasanya dilakukan terhadap bidang pada ketinggian 75 cm diatas lantai.

### 3.3 Perhitungan Tingkat Pencahayaan

- a. Tingkat pencahayaan buatan (E) dapat didefinisikan dalam rumus sebagai berikut:

$$E = \frac{F}{A} \quad (4)$$

Keterangan :

E = Tingkat pencahayaan (lumen/m<sup>2</sup> = lux).

F = Fluks luminus yang diterima pada bidang kerja (lumen).

A = Luas bidang kerja (m<sup>2</sup>).

- b. Jika fluks luminasi total dari seluruh lampu dalam ruangan adalah F lumen, maka tingkat pencahayaan rata-rata dalam bidang kerja tidaklah sama dengan F/A lux, tetapi lebih kecil. Hal ini disebabkan karena tidak semua cahaya sampai pada bidang kerja, sebagian dipantulkan dan diserap oleh permukaan-permukaan dinding, lantai dan peralatan ruang.
- c. Perbandingan antara banyaknya fluks luminus yang sampai pada bidang kerja terhadap fluks luminus yang dipancarkan oleh sumber daya disebut koefisien penggunaan (Kp)

$$K = \frac{p \times l}{tb(p + l)} \quad (5)$$

$$K_p = K_{p_1} + \frac{K - K_1}{K_2 - K_1} (K_{p_2} - K_{p_1}) \quad (6)$$

Tabel 4. Indeks Ruangan

Indeks Ruangan (K)	Kp Dalam Keadaan dipakai
1,0	0,21
1,5	0,27
2,0	0,32
2,5	0,36
3,0	0,40
4,0	0,43
5,0	0,46

- d. Fluks luminus yang dipengaruhi oleh kebersihan armatur lampu dan permukaan di ruangan disebut koefisien depresi (Kd), termasuk pula dalam factor ini adalah berkurangnya cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya karena pengaruh umur dan penurunan tegangan listrik.
- e. Fluks luminus yang diterima pada bidang kerja dirumuskan sebagai berikut:
 
$$F_1 = F_x K_p \times K_d \quad (7)$$
- f. Tingkat pencahayaan buatan dirumuskan sebagai berikut :
 
$$E = \frac{F_a \times K_p \times K_d}{A} \quad (8)$$
- g. Koefisien penggunaan (Kp), tergantung pada :
  1. Sistem distribusi cahaya dari armatur.
  2. Ukuran ruangan.
  3. Faktor refleksi cahaya dari permukaan permukaan di dalam ruangan.
- h. Pada sistem “langsung” 90 ~ 100 % cahaya dari sumber cahaya diharapkan secara langsung sampai pada permukaan yang perlu diterangi. Sistem ini paling efektif dalam penyediaan pencahayaan, namun juga mengakibatkan adanya bayangan-bayangan yang mengganggu, serta memungkinkan kesilauan baik karena penyinaran langsung maupun kepada pemantulan sinar.
- i. Pada sistem “ semi langsung”, 60% ~ 90% cahaya langsung diarahkan ke permukaan yang perlu diterangi, sedang selebihnya menerangi langit-langit dan dinding. Masalah kesilauan dan bayangan diatas dapat dikurangi.
- j. Sistem distribusi disebut “difus” jika hanya setengah cahaya (40% ~ 60%) diarahkan ke permukaan yang perlu diterangi, sedang selebihnya menerangi langit-langit dan dinding. Masalah kesilauan dan bayangan masih terdapat dalam sistem ini.
- k. Pada sistem distribusi “semi langsung tidak langsung”, 60% ~ 90% cahaya diarahkan ke langit-langit dan dinding bagian atas dan sisanya ke bawah. Oleh sebab itu langit-langit perlu diberi warna dan pemeliharaan yang baik. Dengan

menggunakan sistem ini tidak ada masalah bayangan dan kesilauan dapat dikurangi.

- l. Pada sistem “tidak langsung”, 90% ~ 100% dari cahaya diarahkan ke langit-langit dan dinding bagian atas, untu dipantulkan secara difus ke seluruh ruangan. Dengan demikian langit-langit menjadi sumber cahaya.
- m. Perhitungan jumlah lampu dihitung dengan :

$$N_l = \frac{ExPx_l}{F_l \times K_p \times K_d} \quad (9)$$

dimana: N<sub>l</sub> = Jumlah Lampu, F<sub>l</sub> = Fluks Lampu, K<sub>p</sub> = Koefisien penggunaan, dan K<sub>d</sub> = Koefisien depresiasi

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, gedung perkantoran yang akan menjadi objek adalah gedung yang mempunyai empat lantai dengan luas 10 m x 58.5 m untuk setiap lantainya. Berdasarkan tingkat pencahayaan pada Table 1., jumlah titik lampu pada area gudang lantai satu, parkir lantai satu, toilet lantai satu, ruang kerja lantai dua, toilet lantai dua, ruang kerja lantai tiga, ruang direktur utama, ruang direksi 1, 2 dan 3, ruang tamu 1, 2 dan 3, ruang makan, ruang rapat utama, pantry, toilet lantai tiga, ruang kerja lantai empat dan toilet lantai empat, dan keadaan gedung tersebut seperti Tabel 5.

##### 4.1 Menghitung Beban

###### (1) Gudang Lantai Satu

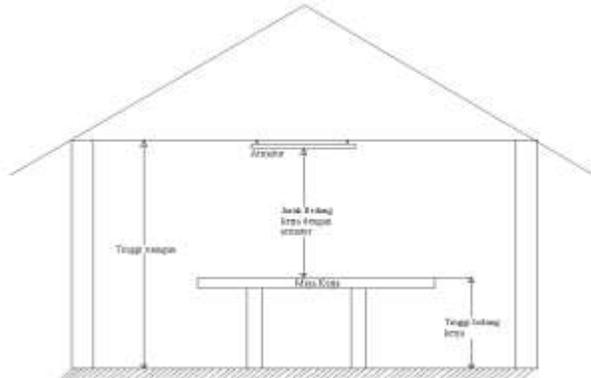
Tingkat pencahayaan minimum, E = 150 Lux

Tabel 6. Data armatur

Tipe Armatur & Lampu	Lampu Fluoresen 2 x 58	
Daya Armatur( W )	Pa	<b>116</b>
Fluks Lampu (Lumen)	Fl	<b>4300</b>
Fluks Armatur (Lumen)	Fa	<b>8600</b>

Pada Tabel 5. tertera data ruangan gudang lantai satu yang memiliki dimensi panjang 14 meter dan lebar 6 meter dengan tinggi ruangan 3.08 meter, tinggi bidang kerja 3.08 meter dan jarak armatur ke bidang kerja 3 meter. Gambar 4.2 akan menjelaskan tinggi ruangan, tinggi bidang kerja dan jarak armature ke bidang kerja.

Table 6. merupakan informasi mengenai armatur yang akan digunakan, yaitu armatur lampu fluorescence yang menggunakan 2 buah lampu TL dengan daya 58 Watt. Dengan luminus lampu TL 58 Watt adalah 4300 lumen, maka luminus armatur adalah 2 x 4300 lumen.



Gambar 2. Jarak Bidang Armaturnya terhadap bidang kerja

Berdasarkan data pada Tabel 5., maka indeks ruang (K) dapat dihitung :

$$\begin{aligned} \text{Indeks Ruang (K)} &= \frac{P \times L}{Tb \times (P + L)} \\ &= \frac{14 \times 6}{3 \times (14 + 6)} \\ &= 1.4 \end{aligned}$$

dengan diperolehnya indeks ruang (K) diatas, maka dapat dihitung nilai Kp.

$$\begin{aligned} Kp &= Kp_1 + \frac{K - K_1}{K_2 - K_1} (Kp_2 - Kp_1) \\ &= 0,21 + \frac{1,4 - 1}{1,5 - 1} (0,27 - 0,21) \\ &= 0,25 \end{aligned}$$

Tabel 7. Koefisien depresiasi

Kd	Ruang Bersih	Pembersihan setelah 1 th.	0,80 - 0,85
	Ruang Sedang	Pembersihan setelah 2 th.	0,70
	Ruang Kotor	Pembersihan setelah 3 th.	0,60

Karena gedung tersebut bukanlah gedung baru dan telah berdiri sejak lama, maka digunakan koefisien depresiasi (kd) 0.7 berdasarkan pembersihan yang dilakukan kurang lebih setelah 2 tahun. Jumlah armatur yang harus dipasang dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} N_t &= \frac{ExPxL}{F_a \times K_p \times K_d} \\ N_t &= \frac{150 \times 14 \times 6}{8600 \times 0,25 \times 0,7} = 9 \text{ Armatur} \end{aligned}$$

Setiap armatur terdiri dari 2 buah lampu TL, maka jumlah lampu yang harus dipasang adalah N = 2 x 9 = **18 lampu**.

Untuk itu diperolehlah **Kuat Pencahayaan**:

$$\begin{aligned} E &= \frac{N_t \times F_a \times K_p \times K_d}{P \times L} \\ E &= \frac{9 \times 8600 \times 0,25 \times 0,7}{14 \times 6} \\ E &= 161,25 \text{ Lux} \end{aligned}$$

Dengan tegangan jal-jala yang digunakan = 220 Volt, jumlah armatur 9 dengan daya 58 W, maka dapat dihitung jumlah daya yang terpasang sebagai berikut :

$$\text{Daya (W)} = N_T \times P_a = (9 \times 2) \times 58 = 1044 \text{ Watt}$$

**Daya Terpasang per satuan luas =**

$$= \frac{W}{P \times L} = \frac{1044}{14 \times 6} = 12.42 \text{ Watt/m}^2$$

**(2) Parkir Lantai Satu**

Tingkat pencahayaan minimum, E = **60 lux**

$$\begin{aligned} \text{Indeks Ruang} &= \frac{P \times L}{Tb \times (P + L)} \\ &= \frac{45 \times 6}{3 \times (45 + 6)} = 1.7 \end{aligned}$$

Dapat dihitung nilai Kp dengan cara sbb: (lihat tabel indeks ruangan)

$$\begin{aligned} \text{Indeks Ruang } Kp &= Kp_1 + \frac{K - K_1}{K_2 - K_1} (Kp_2 - Kp_1) \\ &= 0,27 + \frac{1,7 - 1,5}{2 - 1,5} (0,32 - 0,27) \\ &= 0,29 \end{aligned}$$

**Jumlah armatur yang harus dipasang,**

$$\begin{aligned} N_t &= \frac{ExPxL}{F_a \times K_p \times K_d} \\ &= \frac{60 \times 45 \times 6}{8600 \times 0,29 \times 0,7} \\ &= \mathbf{9 \text{ armatur}} \end{aligned}$$

Setiap armatur terdiri dari 2 buah lampu TL, maka jumlah lampu yang harus dipasang adalah N = 2 x 9 = **18 lampu**

**Kuat Pencahayaan** yang didapat:

$$E = \frac{N_t \times F_a \times K_p \times K_d}{P \times L}$$

$$= \frac{9 \times 8600 \times 0,29 \times 0,7}{45 \times 6}$$

$$= \mathbf{58.19 \text{ lux}}$$

Dengan tegangan jala-jala yang digunakan = 220 Volt, jumlah armatur 9 dengan daya 58 W, maka dapat dihitung jumlah daya yang terpasang sebagai berikut :

$$\mathbf{Daya(W)} = N_T \times P_a = (9 \times 2) \times 58 = 1044 \text{ Watt}$$

**Daya Terpasang per satuan luas,**

$$= \frac{W}{P \times L} = \frac{1044}{14 \times 6} = 12.42 \text{ Watt/m}^2$$

Dengan cara perhitungan yang sama seperti di atas, diperoleh jumlah daya yang terpasang dan jumlah energi total yang di butuhkan, seperti pada Tabel 8..

**Dari hasil perhitungan maka besarnya tenaga listrik surya yang diperlukan sebesar 210,192 kWh dengan daya 28,352 kW**

#### 4.2 Menghitung Jumlah Modul Surya

Jumlah modul surya yang akan digunakan dapat dihitung dengan cara membagi jumlah energi yang yang dibutuhkan setiap hari dengan waktu insolasi matahari. Seperti berikut ini :

$$\begin{aligned} \text{Daya Modul Surya} \\ &= \text{Jumlah Energi : Waktu Insolasi Matahari} \\ &= 210,192 \text{ kWh} : 4 \text{ jam} \\ &= 52,548 \text{ kW} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan modul surya yang memiliki daya maksimum 180 Wp, maka diperoleh jumlah modul surya :

$$\begin{aligned} \mathbf{Jumlah Modul surya} &= \mathbf{Daya modul surya : 180 Wp} \\ &= \mathbf{52548 : 180 = 292 \text{ modul.}} \end{aligned}$$

#### 4.3 Menentukan inverter

Sistem pembangkit yang dirancang merupakan sistem pembangkit dengan daya yang dibutuhkan sebesar 52548 watt atau sama dengan 52,548 kW. Untuk itu *inverter* yang digunakan adalah *inverter* dengan kapasitas yang sama dengan **50040 Watt**.

Dari perhitungan data-data di atas, maka dapat dianalisa bahwa jumlah modul surya yang di butuhkan sebanyak 278 modul, *inverter* dengan kapasitas 50040

Watt dan sistem ini hanya mampu mensuplai 95,23 % dari beban yang ada.

#### 4.4 Menentukan Kapasitas Baterai

Untuk menentukan kapasitas baterai yang akan digunakan, harus ditentukan terlebih dahulu besarnya arus yang diperlukan.

$$\mathbf{Total Charge (Amp-hours)} = \mathbf{energi / sistem voltage}$$

$$= 210192 \text{ Wh} / 24 \text{ volt}$$

$$= 8758 \text{ Ah per hari.}$$

$$\mathbf{System charging current} = \frac{\mathbf{Total charge (amp - hours)}}{\mathbf{solar insolation value}}$$

$$\mathbf{System charging current} = \frac{8758 \text{ Ah}}{4} = 2189,5 \text{ A}$$

$$\mathbf{Batt.Cap.} = \mathbf{syst. charging current} \times \frac{\mathbf{reserve days}}{\mathbf{max imum DoD}}$$

$$= 2189,5 \text{ A} \times \frac{2 \text{ days}}{50\%}$$

$$= 8758 \text{ A}$$

Dengan kapasitas baterai 8758 Ah dan menggunakan baterai 12 V berkapasitas 100 Ah, maka diperoleh jumlah baterai sebagai berikut :

$$\mathbf{Jumlah baterai} = 8758/100=87,58 \text{ baterai dibulatkan menjadi } 88 \text{ baterai.}$$

Dikarenakan baterai yang umum dipasaran memiliki tegangan terminal 12 V maka untuk memperoleh tegangan terminal 24 V, baterai tersebut akan dihubungkan secara seri. Dengan demikian jumlah total baterai yang akan di gunakan adalah :

$$\begin{aligned} \mathbf{Total baterai yang digunakan} &= \mathbf{jumlah baterai} \times \mathbf{2} \\ &= \mathbf{88 \times 2 = 176.} \end{aligned}$$

#### 5. SIMPULAN

Gedung Perkantoran yang diteliti, mempunyai jumlah daya yang terpasang pada sistem pencahayaan 28,352 kW dan jumlah energi ( beban ) sebesar 210,192 kWh.

Melalui hasil perhitungan, untuk beban mensuplai beban sebesar 210,192 kWh dibutuhkan 292 modul surya dengan daya puncak sebesar 180 wp, *inverter* dengan daya 50,04 kW serta 176 baterai 12 Vdc, dengan kapasitas 100 Ah sebagai penyimpan energi.

Dari hasil observasi berdasarkan data-data dan literature, Negara Indonesia sangat berpotensi bagi penerapan dan penggunaan pembangkit listrik tenaga surya sebagai sumber energi alternatif.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Damastuti, Anya P.1997. *Pembangkit Listrik Tenaga Surya*. Jakarta : Wacana.
- Hankins, Mark. 2010. *Stand Alone Solar Electric System*. Washington, DC : ebooksclub.org. SNI 03-6197-2000
- Strong, Steven J and William G. Scheller. 1993. *The Solar Electric House*. Chelsea Green ISBN 0-9637383-2-1

Tabel 5. Data Ruang Gedung 4 Lantai

Lantai	Nama Ruang	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi ruangan (m)	Tinggi bidang kerja (m)	Jarak armature ke bidang kerja (m)
1	Area Parkir	14	6	3.08	0.8	3
	Gudang	45	6	3.08	0.8	3
2	Ruang Kerja	58	10	3.08	0.8	3
	Toilet	7.5	2	3.08	0.8	3
3	Ruang Kerja	37.5	6	3.08	0.8	3
	Ruang DIRUT	6	5	3.08	0.8	3
	Ruang Direksi 1	4	3	3.08	0.8	3
	Ruang Direksi 2	3.5	3	3.08	0.8	3
	Ruang Direksi 3	3.5	3	3.08	0.8	3
	R.Rapat Utama	7.5	4	3.08	0.8	3
	Ruang Tamu 1	2	2	3.08	0.8	3
	Ruang Tamu 2	2	2	3.08	0.8	3
	Ruang Tamu 3	2	2	3.08	0.8	3
	Ruang Makan	7.5	2	3.08	0.8	3
	Pantry	1.5	2	3.08	0.8	3
	Toilet	7.5	2	3.08	0.8	3
4	Ruang Kerja	58	10	3.08	0.8	3
	Toilet	7.5	2	3.08	0.8	3

Tabel 8. Jumlah Beban

No.	Lokasi Lampu	Jumlah (Buah)	Daya (W)	Tegangan (V)	Daya Terpasang (W)	Penggunaan (jam)	Konsumsi Energi (Wh)
	Area Parkir	18	58	220	1044	3	3132
	Gudang	18	58	220	1044	3	3132
	Ruang Kerja	160	58	220	9280	8	74240
	Toilet	2	58	220	116	8	928
	Ruang Kerja	84	58	220	4872	8	38976
	Ruang DIRUT	8	58	220	464	8	3712
	Ruang Direksi 1	4	58	220	232	8	1856
	Ruang Direksi 2	4	58	220	232	8	1856
	Ruang Direksi 3	4	58	220	232	8	1856
	R. Rapat Utama	12	58	220	696	4	2784
	Ruang Tamu 1	2	58	220	116	2	232
	Ruang Tamu 2	2	58	220	116	2	232
	Ruang Tamu 3	2	58	220	116	2	232
	Ruang Makan	4	58	220	232	2	464
	Pantry	1	58	220	58	8	464
	Toilet	2	58	220	116	8	928
	Ruang Kerja	160	58	220	9280	8	74240
	Toilet	2	58	220	116	8	928
	<b>Total</b>				<b>28352</b>		<b>210192</b>