

Jurnal Ilmiah

ENERGI & KELISTRIKAN



SEKOLAH TINGGI TEKNIK - PLN

INTERFERENSI JARINGAN SENSOR NIKABEL DENGAN JARINGAN WIFI
Hendrianto Husada

PENGARUH POLA OPERASI LOAD LIMIT DAN FREE GOVERNOR TERHADAP KINERJA TURBIN GAS PLTGU MUARAKARANG
Erlina; Oki Aditya

PERANCANGAN DAN SIMULASI SISTEM OFFGRID PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) UNTUK TOWER BTS 1500 WATT.
Kukuh Aris Santoso

PROSES LISTRIK DALAM TUBUH MANUSIA
Isworo Pujotomo

OPTIMASI PRODUKSI ENERGI SURYA DARI DESAIN PEMBANGKIT TENAGA SURYA DI ATAP STT-PLN
Retno Aita Diantari

MENGATASI RUGI-RUGI EKSTERNAL DALAM PERENCANAAN TRANSMISI KABEL BAWAH LAUT
Tri Joko Pramono

ANALISA DCS (DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM) PADA PROSES POLIMERISASI
Syarif Hidayat; Irsyadi Akbar Jay

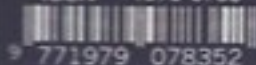
GANGGUAN PADA GARDU DISTRIBUSI TIPE PORTAL
Novi Gusti Pahiyanti; Nurmiati Pasra

RANCANGAN SISTEM KEAMANAN LOKER PADA ALAT PENGISI BATERAI GADGET UNTUK FASILITAS UMUM: E-LOCKER
Tasdik Darmana; Jumiaty; Titi Ratnasari

KAJIAN KELAYAKAN RELE DIFERENSIAL TRANSFORMATOR MICOM P645 MENGGUNAKAN RTDS
Christine Widyastuti

KINERJA RELAY JARAK DI TRANSMISI BERDASARKAN PENGARUH STATCOM
Sigit Sukmajati

ISSN 1979-0783



771979 078352

SEKOLAH TINGGI TEKNIK - PLN (STT-PLN)

ENERGI & KELISTRIKAN

VOL. 8

NO. 1

HAL. 1 - 65

JANUARI - MEI 2016

ISSN 1979-0783

OPTIMASI PRODUKSI ENERGI SURYA DARI DESAIN PEMBANGKIT TENAGA SURYA DI ATAP STT-PLN

Retno Aita Diantari
Retn0_aita@yahoo.co.id
Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknik PLN

ABSTRACT

In the future, the greater of the consumption energy, the use of diverse energy sources can not be avoided. Therefore, assessment of the various sources of energy technologies continue to be developed. Photovoltaic technologies that convert solar energy directly into electrical energy using semiconductor devices called solar cells. Solar energy apart easily obtained from natural, environmentally friendly too which does not produce CO₂ emissions to become a mainstay in the world of technology. The problem is how to use solar panels to get optimal production of electrical energy as solar panels are generally placed at a certain position without change.

The design of this solar cells, built at roof over an area of 50 m² has a power output of 6 kWp with the installation of solar panels with a slope of 6 degrees which can produce electrical energy about 10,006.7 kWh per year. It is connected to the grid (grid connected) without battery. For the manufacture of solar investment of Rp. 445.453.328, - where the investment already include the cost of maintenance and life cycle costs over 25 years.

Keywords: renewable energy, solar power plant design, electric energy optimization

ABSTRAK

Di masa depan, yang lebih besar dari konsumsi energi, penggunaan sumber energi yang beragam tidak dapat dihindari. Oleh karena itu, penilaian dari berbagai sumber teknologi energi terus dikembangkan. Teknologi fotovoltaik yang mengkonversi energi matahari langsung menjadi energi listrik menggunakan perangkat semikonduktor yang disebut sel surya. Energi surya selain mudah didapat dari alam, ramah lingkungan juga yang tidak menghasilkan emisi CO₂ menjadi andalan di dunia teknologi. Masalahnya adalah bagaimana menggunakan panel surya untuk mendapatkan produksi yang optimal energi listrik panel surya umumnya ditempatkan pada posisi tertentu tanpa perubahan.

Desain sel surya ini, dibangun di atap di atas lahan seluas 50 m² memiliki output daya 6 kWp dengan pemasangan panel surya dengan kemiringan 6 derajat yang dapat menghasilkan energi listrik sekitar 10,006.7 kWh per tahun. Hal ini terhubung ke jaringan (jaringan terhubung) tanpa baterai. Untuk pembuatan investasi surya dari Rp. 445.453.328, - dimana investasi sudah termasuk biaya pemeliharaan dan siklus hidup biaya lebih dari 25 tahun.

Kata kunci: energi terbarukan, desain pembangkit listrik tenaga surya, energi listrik optimasi

I. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki kondisi yang sangat baik untuk pengembangan sistem tenaga surya fotovoltaik terutama karena radiasi harian yang tinggi rata-rata dan tingginya jumlah hari-hari cerah di sebagian besar negara. Untuk alasan ini, pemerintah dan perusahaan yang bekerja di sektor ini sedang mengembangkan kebijakan dan investasi dalam sistem tenaga surya fotovoltaik. Salah satu fitur terbaik dari atap sistem PV surya adalah bahwa mereka dapat diizinkan dan diinstal lebih cepat daripada jenis lain dari pembangkit listrik terbarukan. Mereka bersih, tenang, dan secara visual tidak mengganggu. Pengguna bahkan tidak akan tahu bahwa tanaman di atap yang bekerja di sana. Tetap melihat kekurangan yang akan datang di sumber pembangkit listrik konvensional dan meningkatnya permintaan energi, penting untuk pergi untuk sumber-sumber non konvensional.

Masalahnya adalah bagaimana menggunakan panel surya untuk mendapatkan *output* daya yang optimal. Panel surya umumnya ditempatkan pada posisi tertentu dengan tidak ada perubahan (Pruit, 2001), misalnya, panel surya yang dihadapi ke atas. Dengan posisi panel menghadap ke atas dan jika panel dianggap bahwa objek memiliki permukaan datar, panel akan menerima radiasi matahari maksimum ketika matahari tegak lurus ke area panel kedua. Pada saat matahari tidak tegak lurus terhadap pesawat membuat panel q sudut atau panel akan menerima kurang radiasi dengan faktor $q \cos$. Dengan mengurangi radiasi yang diterima oleh panel jelas akan mengurangi energi listrik yang dikeluarkan oleh panel. Bahkan, energi ini dapat dikurangi dengan setengah jika $q = 600$. Oleh karena itu, kebutuhan untuk menetapkan arah panel sel surya yang selalu tegak lurus terhadap arah matahari. Mengatur arah panel sel surya kurang efektif jika dilakukan secara manual oleh manusia.

II. KOMPONEN-KOMPONEN DARI SISTEM PHOTOVOLTAIK

Sistem PV surya mencakup komponen yang berbeda tergantung pada jenis sistem yang dipakai, lokasi dan aplikasi. Komponen utama untuk sistem PV surya *charge controller* surya, inverter, bank baterai, sumber energi tambahan dan beban (peralatan).

Komponen utama dari PV System.

1. PV Modul.
2. Solar Charge Controller.
3. Inverter.
4. Baterai .
5. Beban.

2.1. Modul Photovoltaik

Ini adalah perakitan sel photovoltaic (PV), juga dikenal sebagai sel surya. Untuk mencapai tegangan dan arus yang dibutuhkan, sekelompok modul PV (juga disebut panel PV) adalah kabel ke dalam array besar yang disebut PV array. Sebuah modul PV adalah komponen penting dari setiap sistem PV yang mengubah sinar matahari langsung menjadi arus searah (DC) listrik. Modul PV dapat kabel bersama-sama di seri dan / atau paralel untuk memberikan tegangan dan arus dalam sistem tertentu membutuhkan.

2.2. Solar Charge Controller

Ini adalah *charge controller* yang digunakan dalam aplikasi surya dan juga disebut pengisi daya baterai surya. Fungsinya adalah untuk mengatur tegangan dan arus dari array surya ke baterai untuk mencegah pengisian yang berlebihan dan juga atas pemakaian. Ada banyak teknologi telah dimasukkan ke dalam desain *charge controller* surya. Misalnya, biaya MPPT kontroler termasuk algoritma pelacakan *power point* maksimum untuk mengoptimalkan produksi PV sel atau modul. Surya *charge controller* - mengatur tegangan dan arus yang datang dari panel PV akan baterai dan mencegah pengisian yang berlebihan baterai dan memperpanjang masa pakai baterai.

2.3. Inverter

Inverter mengkonversi DC *output* panel PV atau turbin angin menjadi arus AC bersih untuk AC peralatan atau makan kembali ke *grid line*. Inverter adalah komponen penting yang digunakan dalam sistem PV mana *Alternatif Current* (AC) output daya yang dibutuhkan. Mengkonversi *Direct Current* (DC) output daya dari array surya atau turbin angin menjadi listrik AC yang bersih untuk AC peralatan. Inverter dapat digunakan dalam berbagai aplikasi. Di PV atau aplikasi surya, inverter juga dapat disebut inverter surya. Untuk meningkatkan kualitas *output* daya inverter, banyak topologi digabungkan dalam desain seperti modulasi *Pulse-width* digunakan dalam PWM inverter.

2.4. Battere

Dalam sistem fotovoltaik berdiri sendiri (*stand-alone*), energi listrik yang dihasilkan oleh *array* PV tidak selalu dapat digunakan ketika diproduksi karena permintaan energi tidak selalu bertepatan dengan produksi. Baterai penyimpanan listrik yang

umum digunakan dalam sistem PV. Fungsi utama dari baterai penyimpanan dalam sistem PV adalah:

1. Penyimpanan Energi Kapasitas dan Otonomi: untuk menyimpan energi listrik ketika diproduksi oleh array PV dan untuk memasok energi untuk beban listrik yang diperlukan atau sesuai permintaan.
2. Kestabilan arus dan tegangan: untuk memasok listrik ke beban listrik pada tegangan yang stabil dan arus, dengan menekan atau merapikan transien yang mungkin terjadi dalam sistem PV. Pasokan Surge Arus: untuk memasok daya atau puncak tinggi operasi arus untuk beban listrik atau peralatan.

2.5. DC-DC Konverter

DC-DC konverter adalah rangkaian elektronika daya yang mengkonversi tegangan DC ke tingkat tegangan DC yang berbeda, sering memberikan output diatur. Bahan utama dari *hardware* MPPT adalah *switch-mode DC-DC converter*. Hal ini banyak digunakan dalam pasokan listrik DC dan motor DC drive untuk tujuan mengubah tidak diatur DC masukan ke output DC yang dikendalikan pada tingkat tegangan yang diinginkan. MPPT menggunakan konverter yang sama untuk tujuan yang berbeda, mengatur tegangan input di PV MPP dan menyediakan pencocokan beban untuk *transfer* daya maksimum. Ada sejumlah topologi yang berbeda untuk DCDC konverter.

2.6. Beban

Yang dimaksud dengan beban adalah peralatan-peralatan listrik yang dihubungkan ke sistem photovoltaic seperti lampu penerangan, radio, TV, lemari es, dsb.

III. PERHITUNGAN DARI DESAIN PEMBANGKIT TENAGA MATAHARI

3.1. Desain dari Pembangkit Tenaga Surya

Berdasarkan lokasi secara geografis, STTPLN berada di 6°11 LS 104°49 BT sudut intensitas radiasi matahari rendah (21 Desember 2014) adalah 60,3° (sumber www.satellite-calculations.com).

3.1.1. Perhitungan dari Pembangkit tenaga

Atap bangunan dari STT-PLN diasumsikan 50 m² yang akan digunakan untuk panel surya untuk memasok listrik, kemudian dihitung daya surya yang dihasilkan (Watt Peak), dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$P_{\text{Watt Peak}} = \text{Area array} \times \text{PSI} \times \eta_{\text{PV}} \quad \dots(3.1)$$

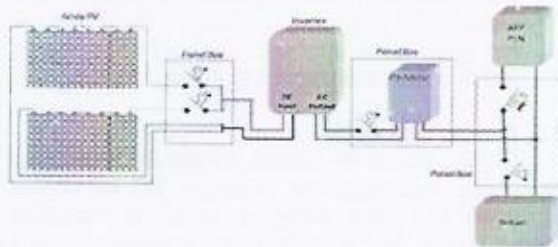
Dengan luas array 50 m², *Puncak Sun insolation* (PSI) adalah 1000 W / m² dan solar panel efisiensi adalah 17% untuk menggunakan panel surya *type monocrystal* memiliki efisiensi 15% - 17% pada suhu 25°C maka:

$$P_{\text{Watt Peak}} = 50 \text{ m}^2 \times 1000 \text{ W/m}^2 \times 0.17 = 8.750 \text{ Wp}$$

3.1.2. Menentukan Sistem Tenaga Surya

Pembangkit Tenaga Surya yang akan dibangun di atap gedung STT-PLN direncanakan untuk

memasok energi listrik bangunan STT-PLN dalam kurun waktu 07:00 sampai 04:00 Dengan kondisi tersebut, dalam penelitian ini sistem surya yang akan dibangun adalah tata surya yang terhubung ke unit, *merger* dilakukan pada sisi konsumen (setelah kWh meter). Gambar 3.1 menunjukkan diagram pengkabelan sistem pembangkit tenaga surya akan dibangun di atap gedung STT-PLN. Sistem terhubung ke jaringan listrik, yang terdiri dari array komponen panel surya dan inverter.



Gambar 3.1 Wiring diagram Solar PV Power Plant System

3.1.3. Total Perhitungan Panel Surya

Spesifikasi dari Panel Surya yang digunakan adalah

Tabel 3.1. Spesifikasi Panel Surya

Model	SFM 130
Power	130 W
Peak Voltage	34,56 V
Peak Current	3,77 A
Open Circuit Voltage	42 V
Short Circuit Current	3,92 A
Compaint Size	1076 X 806 X 35 mm
Weight	8 kg
Solar Cell Efficiency	17%
Solar Cells	125*83.3
Number of Cells	72 pcs

Panel surya yang digunakan adalah jenis panel surya *monocrystal*. Panel surya memiliki daya output maksimum (P_m) dari 130 Wp per panel. Jadi berdasarkan spesifikasi ini, jumlah panel surya yang diperlukan untuk surya yang akan dibangun dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Number of Solar Panels} = \frac{P_{\text{watt peak}}}{P_m} \dots(3.2)$$

$$= \frac{8.750 \text{ W}}{130 \text{ W}}$$

$$= 67.30$$

= 68 panel surya

Namun, karena persiapan array dengan jumlah panel surya oleh 68 panel yang sulit untuk dilakukan, maka jumlah panel surya untuk membangun *array* akan diubah menjadi 64 panel. Sehingga output puncak pembangkit listrik tenaga surya akan dibangun dengan jumlah panel surya 64 panel adalah sama dengan:

$$P_{\text{watt peak}} = P_{\text{max}} \times \text{Number of solar panels} \dots(3.3)$$

$$= 130 \text{ W} \times 64$$

$$= 8.320 \text{ Watt peak}$$

And the value of $P_{\text{watt peak}}$ are 8.320 Watts, require extensive array area:

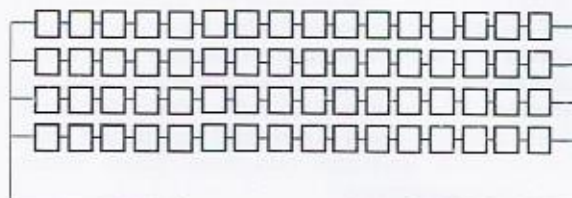
$$\text{Area Solar PV Power Plant} = \frac{P_{\text{watt peak}}}{PSI \times \eta_{PV}} \dots(3.4)$$

$$= \frac{8.320 \text{ watt}}{1000 \text{ W/m}^2 \times 0.17}$$

$$= 48.94 \text{ m}^2$$

Dari 64 panel yang membentuk rangkaian panel 4 seri (*string*) yang terhubung secara paralel dengan seri pertama terdiri dari 16 panel yang terhubung dalam seri.

Solar panel digunakan sebagai referensi adalah panel surya dengan spesifikasi $V_m = 34,56 \text{ V}$, $I_m = 3,77$ dan $P_m = 130 \text{ W}$ per panel (spesifikasi dapat dilihat pada Tabel 3.1). Dengan spesifikasi tersebut, V_m besar, I_m , dan P_m dalam array dapat dihitung sebagai berikut: V_m array $34,56 \times 16 = 552,96 \text{ V}$, I_m berbagai $3,77 \text{ A} \times 4 = 15,08 \text{ A}$ dan P_m array $522,96 \text{ V} \times 15,08 = 8.338,53 \text{ Watt}$.



$$V_m = 552.96 \text{ V} ; I_m = 15.08 \text{ A}$$

Gambar 3.2 Desain panel surya di bangunan STT-PLN

3.1.4. Perhitungan dari Kapasitas Inverter

Dalam pemilihan inverter, dikejar kapasitasnya mendekati kapasitas dilayani listrik / beban. Hal ini agar efisiensi inverter menjadi maksimal. Array surya yang akan dibangun di atap gedung STT-PLN memiliki P_m di 8,320 panel surya Watt. Dalam sistem ini menggunakan tiga fase konfigurasi inverter terpusat (*central inverter*).

Tabel 3.2. Data Tehnikal Inverter SMC 8000TL

Input Values	
P_{dc} max	8250 W
V_{dc} max	700 V
V_{dc} Mpp	333-500 V
I_{dc} max	25 A
Output Values	
V_{ac} nom	230 V
f_{ac} nom	50/60 Hz
P_{ac} nom	8000 W
I_{ac} max	35 A

Source : SMA,2011

Dengan mempertimbangkan rugi-rugi sistem di mana rugi-rugi tersebut terjadi di panel surya, inverter dan instalasi panel surya; yang mempunyai rugi-rugi akibat tingkat radiasi dari 2,5%, rugi-rugi akibat suhu panel 16,3%, rugi-rugi akibat kualitas panel 1,6%, rugi-rugi karena *mismatch* dari 2%, rugi-rugi kabel 1,2%, daya keluaran inverter yang dapat dihasilkan sistem adalah:

$$\text{Losses} = \text{Output Power panel} \times 27.1\%$$

$$= 8320 \text{ Watt} \times 27.1\%$$

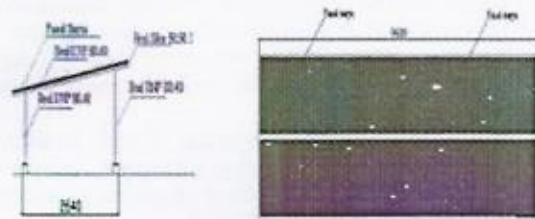
$$= 2254.72 \text{ Watt}$$

Sehingga daya keluaran dari system :
 $P_{Out} = \text{Total Power panels installed} - (\text{Losses})$
 $= 8320 \text{ Watt} - 2254.72 \text{ Watt}$
 $= 6065.28 \text{ Watt peak}$

3.2. Instalasi Panel Surya

3.2.1. Rak Penyangga

Surya Panel yang akan dibangun di atap gedung STT-PLN direncanakan terdiri dari 4 array. Di mana instalasi satu array terdiri dari 16 panel yang akan dibagi menjadi dua bagian rak penyangga, dengan satu penyangga rak akan terdiri dari 8 panel seperti yang ditunjukkan di bawah ini. Rak penyangga terbuat dari baja UNP ukuran dari 80,40, ukuran besi sudut 50.50.5, dan besi ukuran piring 150 x 150 dengan ketebalan 10 mm.



Gambar 3.3. Rak Penyangga

3.2.2. Penyiapan Panel

Menyiapkan panel surya diatas rak penyangga sangatlah penting untuk menghindari shading dengan membangun panel surya horizontal (*landscape*). Sejumlah besar baris dalam penyusunan 2-5 baris panel surya pertimbangan faktor angin dan bayangan. Jadi panjang dan lebar rak penyangga dengan 2 baris panel surya adalah sebagai berikut:

$$P_{array} = (N \times P_{panel}) + (N-1) \times C \quad \dots(3.5)$$

$$L_{array} = (R \times L_{panel}) + (R-1) \times C \quad \dots(3.6)$$

Jika rumus di atas diubah menjadi data yang diperoleh di atas maka:

$$P_{array} = (8 \times 1.076\text{m}) + (8-1) \times 0.02 \text{ m}$$

$$= 8.748 \text{ m}$$

$$L_{array} = (2 \times 0.806\text{m}) + (2 - 1) \times 0.02\text{m}$$

$$= 1.632 \text{ m}$$

3.2.3. Instalasi dari Jarak Antara Array Panel Surya

Untuk menghindari efek bayangan yang disebabkan oleh panel, maka instalasi *array* harus diberi jarak spasi. Jarak antara array dapat dihitung dengan:

$$d = W \times \left[\frac{\sin \beta}{\tan \alpha} + \cos \beta \right]$$

$$\dots(3.7)$$

$$= 1.632 \times \left[\frac{\sin 6}{\tan 60.3} + \cos 6 \right]$$

$$= 1.72 \text{ m}$$

Panel surya dipasang di atap gedung STT-PLN menghadap ke utara karena lokasi geografis bangunan STT-PLN adalah di belahan bumi selatan dengan kemiringan panel 60 (Foster et al, 2010) bahwa *output* daya dapat dimaksimalkan sepanjang tahun. Jumlah *array* yang akan dibangun di atap gedung STT-PLN oleh 4 array dengan jumlah panel

per *array* yang 16 dan jarak minimum 1,72 m setiap array

3.3. Analisis dari Biaya Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Biaya energi matahari berbeda dari biaya energi untuk pembangkit konvensional. Hal ini karena biaya energi matahari dipengaruhi oleh tingginya biaya investasi awal dengan biaya pemeliharaan dan operasional yang rendah.

3.3.1. Biaya Investasi

Biaya investasi awal untuk surya yang akan dibangun di atap gedung STT-PLN meliputi biaya-biaya seperti biaya untuk komponen solar, biaya panel surya dan rak penyangga biaya instalasi surya. Yang benar-benar biaya untuk ini komponen PV Solar Power Plant terdiri dari biaya untuk pembelian panel surya dan inverter: Rp.410.845.000,-

3.3.2. Biaya Pemeliharaan dan Operasional

Pemeliharaan dan biaya operasional per tahun untuk umum menyumbang 1-2% dari total biaya investasi. (Lazou and Papatsoiris, 2000; Abdel-Ghani, 2008). Adapun biaya pemeliharaan dan operasi (M) per tahun untuk pembangkit surya yang akan dibangun sebagai berikut:

$$M = 1\% \times \text{investment cost} \quad \dots(3.8)$$

$$= 0.01 \times \text{Rp. } 410.845.000,-$$

$$= \text{Rp. } 4.108.450,- / \text{ year}$$

3.3.3. Biaya Siklus Operasional

Biaya Siklus Operasional yang akan dibangun di atas gedung STT-PLN, ditentukan oleh nilai sekarang dari arus total biaya sistem surya yang terdiri dari biaya investasi awal (C) dan biaya jangka panjang untuk pemeliharaan dan operasional (M_{pw}). Sehingga biaya siklus hidup dalam penelitian ini dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$L_{CC} = C + M_{PW} \quad \dots(3.9)$$

Dalam penelitian ini Pembangkit Tenaga Surya, diasumsikan untuk beroperasi selama 25 tahun. Jumlah tingkat diskonto (i) yang digunakan untuk menghitung nilai sekarang dalam penelitian ini adalah 11%. Penentuan tingkat diskonto mengacu pada suku bunga kredit perbankan per Juni 2014, yaitu rata-rata 10,77% . Nilai arus yang besar (nilai sekarang) untuk pemeliharaan dan biaya operasional (PU) PLTS selama umur proyek 25 tahun dengan tingkat diskon dari 11% dihitung dengan rumus berikut:

$$P = M \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

$$\dots(3.10)$$

$$M_{PW} (A_{11\%, 20}) = \text{Rp. } 4.108.450,- \left[\frac{(1+0.11)^{25} - 1}{0.11(1+0.11)^{25}} \right]$$

$$= \text{Rp. } 4.108.450,- \left[\frac{12,585}{1,494} \right]$$

$$= \text{Rp. } 34.608.328,-$$

Berdasarkan biaya awal investasi (C) dan perhitungan PU biaya siklus hidup untuk surya akan dibangun selama hidup proyek dari 25 tahun adalah:

$$\begin{aligned}
 L_{cc} &= C + M_{PW} \\
 &= \text{Rp. } 410.845.000,- + \text{Rp } 34.608.328,- \\
 &= \text{Rp. } 445.453.328,-
 \end{aligned}$$

3.4. Perhitungan Energi Produksi Surya

Berdasar pada data radiasi untuk area Jakarta, besarnya energi tahunan yang dapat diproduksi oleh pembangkit surya adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{Energy} &= \text{maximum output power system} \times \text{daily radiation} \times 365 \\
 &= 6.078,86 \text{ Wp} \times 4.51 \text{ kWh/m}^2/\text{day} \times 365 \\
 &= 10006715,39 \text{ Wh/year} \\
 &= 10006,71539 \text{ kWh/year} \\
 &= 10006,76 \text{ kWh/year}
 \end{aligned}$$

Hasil penjualan listrik

$$\begin{aligned}
 &= 10006,76 \text{ kWh/year} \times 25 \text{ year} \times \text{Rp. } 3.000,-/\text{kWh} \\
 &= \text{Rp. } 750.507.000,-^{**}
 \end{aligned}$$

**asumsi biaya listrik surya \$ 0.25 / kWh dengan kurs 1 dolar US = Rp 12.000,-

IV. KESIMPULAN

1. Optimal desain pembangkit listrik tenaga surya dapat dikerjakan di atas atap bangunan STT-PLN
2. sel surya yang digunakan di pabrik fotovoltaik mengkonversi sinar matahari langsung menjadi energi listrik. Perencanaan fasilitas besar adalah proses yang sangat kompleks. Oleh karena itu insinyur perencanaan harus membuat kompromi teknis dan ekonomi bagi sejumlah besar parameter, dan masih memenuhi persyaratan pelanggan mengenai aspek *output* minimum atau batas biaya

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. A.uzzi, K. Lovegrove, E. Filippi, H. Fricker and M. Chandapillai, 1997 "A 10 MWe Base-Load Solar Power Plant" Siemens Power Generation, 207 Jalan Tun Razak, 50400 Kuala Lumpur (Malaysia),
- [2]. Hemakshi Bhoje, Gaurang Sharma, 2014 "An Analysis of One MW Photovoltaic Solar Power Plant Design", International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering Vol. 3, Issue 1, January
- [3]. Hua Lan, Zhi-min Liao, Tian-gang Yuan, Feng Zhu, 2012. "Calculation of PV Power Station Access", ELSEVIER.,
- [4]. Imran Hamid, M dan Anwari Makbul, 2010, Single Phase Photovoltaic Inverter Operation Characteristic in Disributed Generation System.
- [5]. Konings, Peter. 2014 "Advanced Training for Trainers in Photovoltaics and Bioenergy". 4-8 maret.
- [6]. Mevin Chandel, G. D. Agrawal, Sanjay Mathur, Anuj Mathur, 2013 "Techno-Economic Analysis of Solar Photovoltaic power plant for garment zone of jaipur city." ELSEVIER.,
- [7]. P. J. van Duijsen, Simulation Research, The Netherlands. "Modeling Grid Connection For Solar and Wind Energy", Frank Chen, Pitotech, Taiwan.
- [8]. Souvik Ganguli¹, Sunanda Sinha², 2010. "Design of A 11 KWp Grid Connected Solar Photovoltaic Plant On 100", TUTA/IOE/PCU,
- [9]. Chetan Singh Solanki, 2012. "Solar Photovoltaics Fundamentals, Technologies and Application"
- [10]. Tiberiu Tudorache¹, Liviu Kreindler¹, 2010. "Design of A Solar Tracker System For PV Power Plants", Acta Polytechnica Hungarica.
- [11]. Yuan, Xiaoming and Zhang, Yinggi, 2012, Status and Opportunities of Photovoltaic Inverters in Grid-Tied and Micro-Grid Systems.