

# Perencanaan Teknis dan Ekonomis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem On-Grid

Jufrizel, MT<sup>1</sup>, Muhammad Irfan, ST<sup>2</sup>

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim, Riau  
Jl. H.R Soebrantas No.155 KM 15 Simpang Baru Panam Pekanbaru 28293 PO.Box. 1004  
e-mail: juwe\_habib@yahoo.com

## Abstrak

Energi listrik mengambil peran yang sangat penting bagi penunjang kehidupan manusia. Sel surya merupakan salah satu solusi energi baru terbarukan yang memiliki potensial besar untuk digunakan sebagai sumber energi listrik di Indonesia khususnya di kota Dumai. Rata-rata radiasi matahari bulanan pada permukaan horizontal di Kota Dumai dalam setahun adalah sebesar 4.81 kWh/m<sup>2</sup>/hari. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui analisis teknis PLTS menggunakan data beban penerangan di Gedung Terpadu PT. Pertamina RU II Dumai sebesar 496 kWh untuk menentukan kapasitas sistem PLTS mencakup modul PV, dan inverter sentral, perhitungan biaya, simulasi menggunakan software PVsyst dan analisis ekonomi. Analisis ekonomi digunakan untuk mengevaluasi keberlangsungan pengoperasian PLTS menggunakan beberapa metode, yaitu NPW (Net Present Worth), CF (Cash Flow analysis), B-CR (Benefit-Cost Ratio analysis), dan PP (Payback Period). Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan untuk memenuhi beban harian sebesar 496 kWh dapat disuplai dari sistem PLTS dengan kapasitas photovoltaic array sebesar 517 kWp, dan inverter sebesar 100 kW. Nilai CFB sebesar Rp.108.943.024.578, CFC sebesar Rp.23.263.500.042, NPV sebesar Rp.85.679.524.536, BCR sebesar 30,9 dan PP selama 17,5 tahun.

**Kata Kunci :** Dumai, Energi, PLTS, PP, PVsyst

## Abstract

Electric energy take a very important role to support human life. The solar cell is one of the renewable energy solution that has great potential to be used as a source of electrical energy in Indonesia, especially in Dumai City. The average monthly solar radiation on a horizontal surface in Dumai City in a year amounted to 4.81 kWh/m<sup>2</sup>/ day. This study purposes to determine the technical analysis uses lighting data on Integrated Building load at PT. Pertamina RU II Dumai amounted to 496 kWh to determine the capacity of solar power system includes PV modules, and a central inverter, cost calculations, simulations using software PVSYST and economic analysis. The economic analysis was used to evaluate the continuity of the operation of the solar power using several methods, the NPW (Net Present Worth), CF (Cash Flow analysis), B-CR (Benefit-Cost Ratio analysis), and PP (Payback Period). Based on the research results show to meet the daily load of 496 kWh can be supplied from solar systems with a capacity of 517 kWp photovoltaic arrays and inverters of 100 kW. CFB value of Rp.108.943.024.578, CFC for Rp.23.263.500.042, NPV Rp, 85,679,524,536, BCR of 30.9 and PP for 17.5 years.

**Keywords:** Dumai, Energi, PLTS, PP, PVsyst

## 1. Pendahuluan

PT. Pertamina (Persero) merupakan perusahaan yang bergerak dalam produksi minyak dan gas. PT. Pertamina (Persero) merupakan perusahaan yang melakukan pengolahan yang dilaksanakan di enam *Refinery Unit* (RU) diseluruh Indonesia, salah satunya wilayah Dumai – Sungai Pakning yaitu *Refinery Unit* (RU) II. Bertempat di kota Dumai yang berada di tepi pantai timur Sumatera, berjarak 180 km dari Pekanbaru, Ibukota Propinsi Riau. *Refinery Unit* II Dumai merupakan bagian dari unit operasi Direktorat Pengolahan PT.

Berdasarkan website Pertamina mengolah *crude oil* (minyak mentah) Minas dan Duri menjadi produk BBM seperti premium, solar, avtur, pertamax plus, pertamax, pertadex, pertalite dan *lube base oil*. Untuk menunjang operasional kilang, RU. II Dumai memerlukan beberapa sumber energi yaitu air dan listrik. Air diubah menjadi *steam* di unit boiler kemudian digunakan untuk menggerakkan turbin generator, turbin pompa, dan sebagai *heater*. Listrik yang dihasilkan generator digunakan untuk menyuplai motor listrik, penerangan sistem kontrol dan unit – unit lain yang membutuhkan suplai energi listrik.

Dalam memenuhi kebutuhan energi listrik, PT. Pertamina (Persero) RU. II Dumai menggunakan sumber tenaga listrik sendiri, yakni generator sinkron 3 phasa sebanyak 5 x 14 MW. Generator sebagai sumber listrik digunakan untuk menyuplai listrik unit produksi kilang, unit penunjang

kilang, operasional kerja, infrastruktur kilang, gedung perkantoran, perumahan pegawai serta unit-unit pendukung.

Besarnya kebutuhan energi listrik di PT. Pertamina RU II Dumai, menuntut adanya sumber daya yang jauh lebih besar. PLTU sebagai pembangkit konvensional menyuplai daya listrik PT. Pertamina RU II Dumai membutuhkan bahan bakar minyak bumi. Dimana sumberdaya tersebut tidak dapat diperbaharui dan dapat habis jika digunakan terus menerus serta berdampak negatif terhadap udara yang menyebabkan emisi karbondioksida dari hasil pengolahannya.

Selain itu dengan memperhitungkan perkembangan PT. Pertamina RU II Dumai akan operasional kerja, operasional kilang, gedung perkantoran, perumahan pegawai, infrastruktur dan unit unit pendukung yang memerlukan energi listrik, membuat kebutuhan akan suplai listrik semakin meningkat. Untuk saat ini saja total daya pemakaian energi listrik melalui suplai PLTU adalah 33,41 MW (Mega Watt) rata-rata per hari, atau setara dengan energi listrik 801,84 MWH (Mega Watt Hour). Dengan demikian, perlu adanya energi alternatif untuk mengurangi pemakaian energi listrik pada PLTU PT. Pertamina RU II Dumai sebagai suplai listrik. Berkembangnya teknologi-teknologi berbasis energi listrik dengan memanfaatkan energi alternatif yang merupakan energi terbarukan dan bersifat berkelanjutan. Energi alternatif tersebut seperti angin, air dan sinar surya.

Peralihan dari energi fosil ke EBT mengalami banyak kendala dalam berbagai hal antara lain karena harga yang jauh lebih tinggi dalam hal investasi, perlunya tenaga ahli dalam pengembangan energi terbarukan dalam hal teknis, dan juga kurangnya campuran tangan pemerintah dalam hal pengembangan EBT. Sebagai konsekuensi menyusutnya pasokan minyak bumi dan tingginya harga energi dari sumber EBT masyarakat akan menghadapi kesulitan menjalankan aktifitas ekonomi atau berinvestasi dalam hal pengembangan energi terbarukan ini. Energi alternatif tersebut seperti angin, air dan sinar surya [9].

Secara umum Indonesia masuk kategori negara tanpa angin, mengingat bahwa kecepatan angin minimum rata – rata yang secara ekonomis dapat dikembangkan sebagai penyedia jasa energi adalah 4m/s serta kecepatan angin rata-rata mulai dari 3 m/s memadai untuk turbin angin propeler ukuran kecil, di atas 5 m/s untuk turbin angin menengah dan di atas 6 m/s untuk turbin angin besar.. Kendati demikian ada beberapa wilayah dimana sumber energi angin kemungkinan besar layak dikembangkan. Wilayah tersebut antara lain Nusa Tenggara Timur (NTT), Nusa Tenggara Barat (NTB), Sulawesi Selatan dan Tenggara, Pantai Utara dan Selatan Jawa dan Karimun Jawa [3]. Jika dilihat untuk kota Dumai memiliki potensi energi yang bersumber dari angin sebesar 1,26 m/s yang dinilai tidak layak untuk potensi energi angin [1].

Namun Indonesia memiliki potensi besar untuk pengembangan PLTA sebagai salah satu pemanfaatan energi terbarukan, sekitar 3.105,76 MW berada di pulau Jawa, dikarenakan kondisi topografi Indonesia bergunung dan berbukit serta dialiri oleh banyak sungai dan daerah – daerah tertentu mempunyai danau atau waduk yang cukup potensial sebagai sumber energi air. Pembangunan setiap jenis pembangkit listrik didasarkan pada kelayakan teknis dan ekonomis dari pusat listrik serta hasil studi analisis mengenai dampak lingkungan. Sebagai pertimbangan adalah tersedianya sumber energi tertentu, adanya kebutuhan permintaan energi listrik, biaya pembangkitan rendah serta karakteristik spesifik dari setiap jenis pembangkit untuk pendukung beban dasar atau beban puncak [3]. Dumai yang memiliki 16 sungai kurang berpotensi untuk dibangunnya PLTA dikarenakan sungai di Dumai memiliki debit air yang relatif kecil yakni 25,26 m<sup>3</sup>/s dengan kedalaman 3,2m pada kondisi air surut dan berkedalaman 4,2m saat air sungai pasang pada bagian hilir atau muarasungai Dumai. Kemudian pada sungai Dumai kerap terjadinya pasang surut yang dikhawatirkan akan mempengaruhi kinerja PLTA jika dijadikan sebagai sumber energi listrik .

Kemudian untuk energi terbarukan sinar matahari, berdasarkan data penyinaran yang dihimpun dari 18 lokasi di Indonesia menunjukkan bahwa radiasi surya di Indonesia dapat diklarifikasikan berurut untuk kawasan barat dan timur Indonesia dengan distribusi penyinaran Kawasan Barat Indonesia (KBI) sekitar 4,5 kWh/m<sup>2</sup>/hari dengan variasi bulanan sekitar 10%, Kawasan Timur Indonesia (KTI) sekitar 5,1 kWh/m<sup>2</sup>/hari dengan variasi bulanan sekitar 9% dan rata – rata Indonesia sekitar 4,8 kWh/m<sup>2</sup>/hari dengan variasi bulanan sekitar 9%, hal ini mengisyaratkan bahwa radiasi surya tersedia hampir merata sepanjang tahun (BPPT, 2005). Untuk khususnya di kota Dumai energi matahari memiliki potensi 4,43 kWh/m<sup>2</sup>/hari [1].

Didukung dengan adanya data sumber energi baru dan terbarukan di Indonesia melalui (Director General of NRE&EC, 2013) energi surya memiliki potensi sebesar 4,80 kWh/m<sup>2</sup>/hari

dengan kapasitas terpasang 42,78 MW dibandingkan dengan energi angin yang berpotensi 3-6 m/s dengan kapasitas terpasang hanya 1,33 MW. Maka dengan angka potensi tersebut energi surya lebih tepat untuk dimanfaatkan sebagai energi alternatif untuk dibangunnya sistem pembangkit listrik tenaga surya. Pemanfaatan energi matahari dapat mengurangi lebih dari 1kg CO<sup>2</sup> untuk setiap kWh energi listrik yang dibangkitkan [2].

Kemudian dengan adanya upaya PT. Pertamina RU II Dumai melalui kebijakan *Energy Conservation & Loss Control (ECLC)*, salah satunya menggunakan energi alternatif (energi matahari) sebagai cadangan suplai energi listrik guna mengurangi pemakaian suplai energi listrik dari PLTU dengan serta merta mengurangi penggunaan sumber daya minyak bumi yang semakin menipis dan mengurangi biaya operasional kilang dengan memanfaatkan sumber daya alam yang berkelanjutan.

Pemanfaatan energi matahari tersebut direalisasikan dalam bentuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan pengembangan listrik tenaga surya yang berbasis kepada efek *photovoltaic* dari piranti sel surya yang bebas polusi dan sel surya (*photovoltaic*) untuk mengkonversikan radiasi sinar foton matahari yang kemudian menghasilkan energi listrik [4]. Pada kondisi cuaca cerah (intensitas cahaya +/- 1000 Watt/m<sup>2</sup>), jika intensitas cahaya turun (misal karena sinar matahari tertutup awan) menjadi 500 Watt/m<sup>2</sup>, maka panel hanya akan menghasilkan daya setengah dari daya maksimumnya (25 watt) pada saat awan di selimuti awan tebal, intensitas cahaya mungkin hanya berkisar 300W/m<sup>2</sup>, dan pada saat cuaca sangat jelek (awan gelap) intensitas cahaya mungkin hanya berkisar 100W/m<sup>2</sup>, dengan demikian solar panel hanya mampu menghasilkan daya tidak lebih dari 5 watt/jam [6]. Kondisi iklim di Indonesia yang sangat mendukung karena intensitas radiasi matahari di Indonesia relatif tinggi serta stabil, sehingga sel surya mendapat daya yang optimal sepanjang tahun.

Dalam kemampuan menghasilkan energi listrik, perlu didukung konfigurasi sistem PLTS. Sistem PLTS terbagi menjadi dua, yaitu *on-grid* dan *off-grid*. Sesuai dengan kebutuhan beban yang ada di Pertamina, yaitu dalam skala besar, maka sistem yang digunakan dalam perancangan PLTS ini adalah sistem *on-grid*.

Sistem pembangkit listrik tenaga surya *on grid* yang dinamis dapat menjaga stabilitas sistem tenaga listrik. Masuknya pembangkit listrik tenaga surya ke jaringan listrik utama dapat mengoptimalkan pemanfaatan energi dari sel surya (*photovoltaic*) untuk menghasilkan energi listrik semaksimal mungkin dan dapat mengurangi kapasitas atau operasi pembangkit konvensional sehingga dapat mengurangi penggunaan bahan bakar serta mengurangi emisi dalam pemasangan sistem pembangkit listrik tenaga surya *on grid* [7].

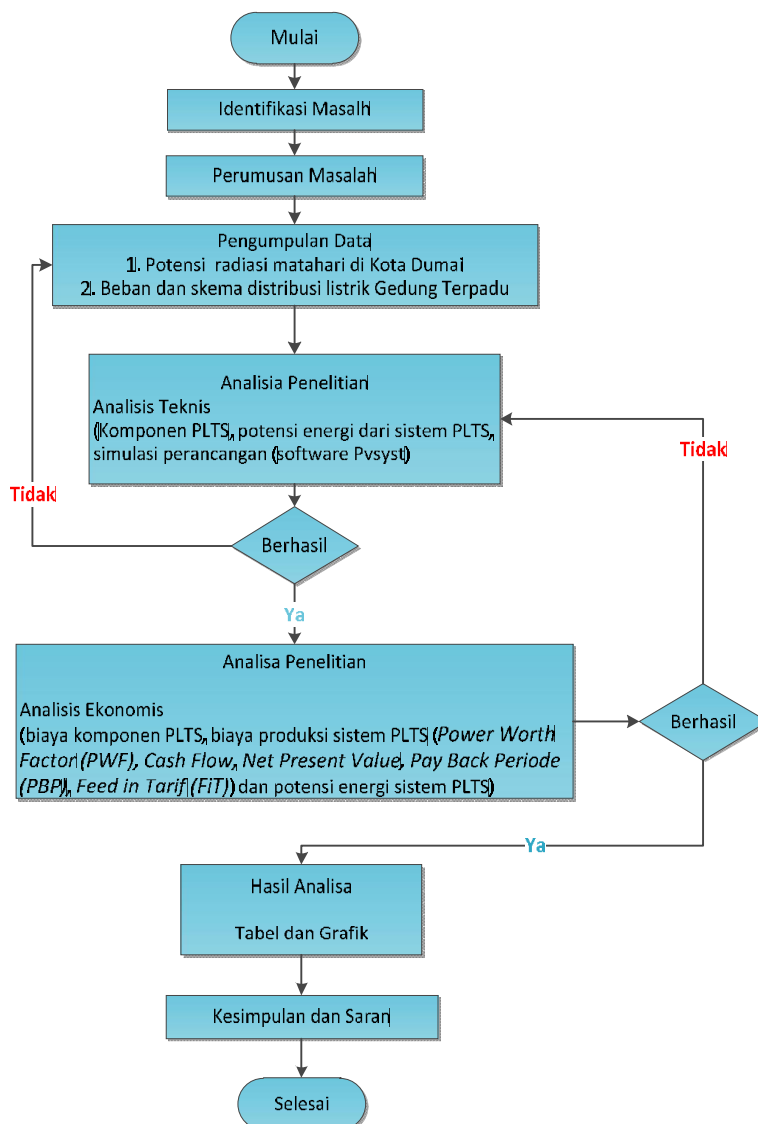
Untuk keberlangsungan pemasangan pembangkit listrik tenaga surya diperlukan teknis perancangan pemasangan sel surya (*photovoltaic*) dan komponen pendukung serta luas lahan yang sesuai dengan kebutuhan energi yang akan dihasilkan lewat sel surya (*photovoltaic*) dengan melakukan simulasi pembangunan pembangkit listrik tenaga surya menggunakan *software Pvsyst*.

Simulasi *software* dapat menampilkan karakteristik modul, berbagai parameter seperti data intensitas matahari dari *Meteonum*, tegangan listrik, arus listrik dan energi. Melalui simulasi juga dapat diketahui jenis dan jumlah komponen pendukung perencanaan pemasangan pembangkit listrik tenaga surya sesuai dari suplai energi listrik dari setiap beban yang memerlukan energi listrik, karena semakin tinggi kualitas dan jumlah komponen yang digunakan akan mengeluarkan biaya yang besar.

Perlu dilakukannya studi apakah secara ekonomis pemasangan pembangkit listrik tenaga surya layak diterapkan dari segi ekonomi. Mulai dari biaya investasi (modal) awal pembelian komponen – komponen, biaya instalasi, pengoperasian dan pemeliharaan komponen – komponen hingga biaya investasi (modal) awal kembali dengan total energi yang dihasilkan dari pemasangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya [8].

## 2. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian merupakan sekumpulan tahap analisis teoritis mengenai suatu permasalahan yang diselesaikan sesuai urutan atau tahapan yang telah ditentukan agar penyelesaian masalah selesai dengan hasil dan tujuan yang diharapkan. Tahapan blog diagram metodologi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Blok Diagram Perencanaan

### 3. Hasil dan Analisa

Analisa yang akan dilakukan adalah perencanaan rancangan sistem PLTS terhubung dengan sistem utama (*On-Grid*) yang dapat melayani kebutuhan beban Gedung Terpadu RU II Dumai. Analisa yang dilakukan berupa perencanaan dalam segi teknis dan ekonomi. Pada segi teknis, perencanaan yang dilakukan mengenai desain sebuah sistem yang dapat melayani kebutuhan listrik sesuai beban dan standar yang ada pada gedung terpadu RU II Dumai. Hal yang menjadi acuan Analisa yaitu:

1. Informasi dasar sistem (suku cadang, nilai daya, dll).
2. Informasi perancang sistem.
3. Informasi *installer* sistem.
4. Desain rangkaian, antara lain:
  - a. Jenis dan jumlah Modul.
  - b. Konfigurasi String.
  - c. Spesifikasi kabel.
  - d. Sistem proteksi.
  - e. *Junction box*.
5. Spesifikasi data modul.
6. Spesifikasi data inverter.

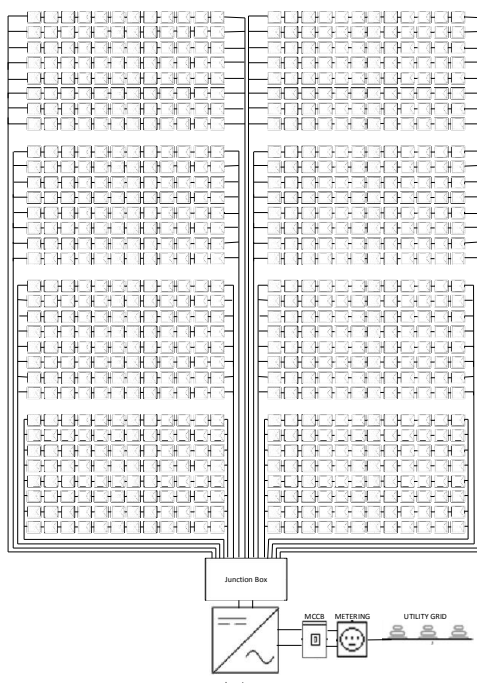
7. System pemasangan PV.
8. Periode garansi.

### 3.1. Analisa Teknis

Analisa yang digunakan berdasarkan rekomendasi yang diberikan pada perencanaan rancangan sistem PLTS Gedung Terpadu menggunakan standar dari *Global Sustainable Energy Solution* didapat hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Analisa perencanaan system PLTS Gedung Terpadu

No	Keterangan	Kebutuhan
1.	Total beban harian	496 kWh
2.	Daya yang dibutuhkan	516,67kWp
3.	Efisiensi inverter	96% (0,96)
4.	Radiasi matahari (PSH)	5,23 Wh
5.	Energi yang di hasilkan PSH	1378,58
6.	Kapasitas PV	315Wp
7.	Output daya bersih PV	263,59Wp
8.	Jumlah Array	375Array



Gambar 1. Rancangan sistem PLTS Gedung Terpadu

### 3.2. Analisa Ekonomis

Setelah mengetahui perancangan secara teknis pemasangan sistem PLTS *on-grid*, langkah berikutnya adalah menghitung berapa banyak biaya yang dibutuhkan untuk membangun sistem tersebut. Pada analisa ekonomi teknik metode yang dipakai sering dikenal dengan metode analisis ekonomi teknik. Pada analisa ekonomi ini, penulis mengambil analisis biaya dan waktu sebagai acuan dan metode analisis nilai rasio manfaat dan biaya sebagai pokok bahasan yang menghasilkan analisa sebagai berikut :

Tabel 2. Analisa biaya dan waktu pemcaanaan system PLTS Gedung Terpadu

Tahun	Cash Flow Cost (Rp)	Cash Flow Benefit (Rp)	NPV (Rp)
0	7.530.574.000		-7.530.574.000
1	1483572037	2.468.841.238	985.269.201
2	1.373.677.812	2.666.348.537	1.292.670.725
3	1.271.923.900	2.879.656.420	1.607.732.520
4	1.177.707.315	3.110.028.933	1.932.321.618
5	1.091.647.145	3.358.831.248	2.267.184.103
6	1.009.694.200	3.627.537.748	2.617.843.548
7	934.902.037	3.917.740.768	2.982.838.731
8	865.650.034	4.231.160.029	3.365.509.995
9	801.527.809	4.539.652.831	3.738.125.021
10	742.155.379	4.935.225.058	4.193.069.679
11	687.180.906	5.330.043.062	4.642.86.2155
12	636.278.617	5.750.446.507	5.114.167.890
13	589.146.867	6.216.962.228	5.627.815.360
14	545.506.359	6.714.319.206	6.168.812.847
15	505.643.848	7.251.464.743	6.745.820.894
16	467.683.778	7.831.581.922	7.363.898.144
17	433.040.535	8.458.108.476	8.025.067.940
18	400.963.458	9.134.757.154	8.733.793.695
19	371.262.461	9.865.537.726	9.494.275.264
20	343.761.538	10.654.780.744	10.311.019.205
<b>Total</b>			85.679.524.536

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan dari rumusan yang diambil, maka dapat diambil kesimpulan dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Dalam perancangan sistem PLTS untuk daerah Dumai ini digunakan data radiasi matahari berdasarkan data meteorologi Meteororm sesuai rekomendasi dari PVsyst. Analisis teknik pembangkit listrik tenaga surya gedung terpadu PT. Pertamina RU II Dumai dengan beban harian rata-rata sebesar 496 kWh membutuhkan 375 modul surya yang dipasang 12 seri dan 32 paralel. Kapasitas masing-masing modul sebesar 315 Wp menggunakan inverter sebesar 50 kW.
2. Simulasi *software* PVsyst dari perancangan pembangkit listrik tenaga surya yang dapat diaplikasikan untuk memenuhi kebutuhan listrik Gedung Terpadu PT. Pertamina RU II Dumai yaitu dengan memasukkan variabel yang dibutuhkan berdasarkan rancangan yang telah dilakukan menghasilkan banyak data output yang di hasilkan, antara lain tampilan grafik potensi energi surya, tampilan grafik radiasi matahari dan lain sebagainya yang tidak dimasukkan secara keseluruhan.
3. Desain perancangan sistem PLTS untuk memenuhi spesifikasi yang diinginkan di gedung terpadu PT. Pertamina RU II Dumai yang optimal hasil perhitungan secara teoritis

berdasarkan standar dari *Global Sustainable Energy Solutions* yang menjadi acuan pemilihan komponen.

4. Analisis ekonomi perancangan pembangkit listrik tenaga surya untuk memenuhi kebutuhan listrik Gedung Terpadu PT. Pertamina RU II Dumai relatif mahal. Dengan pemakaian sistem PLTS sebesar 20 tahun dengan biaya total investasi sebanyak Rp. Rp. 6.263.989.000 dan dengan analisis finansial yang didapatkan adalah *Pay Back Period* (PBP) bernilai 18 tahun.. Dari keseluruhan aspek ekonomi yang diteliti bahwa kondisi PLTS Gedung Terpadu pada ini layak untuk dikembangkan usahanya.

Berdasarkan analisis penelitian diatas, sistem PLTS *on-grid* gedung terpadu tidak layak untuk di kembangkan. Hal tersebut dikarenakan selain tingginya investasi juga rendahnya keuntungan yang di dapat. Dengan adanya nilai kelayakan dalam hal ekonomis, perancangan PLTS ini memiliki nilai positif dari segi lain antara lain:

1. PLTS juga akan sangat membantu mengurangi pasokan distribusi daya listrik yang bersumber dari energi fosil dimana dapat meminimalisir hal-hal yang tidak menguntungkan dari proses pengolahan fosil ini.
2. Berdasarkan perancangan ini, memiliki nilai untuk melindungi kendaraan dari panasnya radiasi matahari yang dapat merusak cat dan melindungi menguntungkan pegawai Pertamina dan seluruh bagian yang menggunakan lahan parkir kendaraan.

#### Daftar Pustaka

- [1] Bappeko Dumai. Berkas File Bappeko. 2007
- [2] Dahono, Pekik Argo. *Pembangkit Listrik Energi Terbarukan*. Artikel. Bandung. 2008
- [3] David, *Pemodelan dan Simulasi fotovoltaic Sistem dengan menggunakan PSIM*. Skripsi. Jakarta Fakultas teknik. Universitas Kristen Petra. 2008
- [4] Fatimah, Uun. *Analisa Teknik Dan Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Tersambung Dengan Jaringan Pln Pada Perumahan Kelas Menengah Di Kota Pekanbaru*. Skripsi. Pekanbaru. Fakultas Sains dan Teknologi. UIN SUSKA RIAU. 2016
- [5] Putra, Tjok Gede Visnu Semara. *Analisa Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya 15KW di Dusun Asah Teben Desa Datah Karangasem*. Skripsi. Bali. Fakultas Teknik. Universitas Udayana. 2015
- [6] Siswanto, *PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)*. 2011.
- [7] [Nafis, Subhan, Mohamad Aman, Adjar Hadiyono](#). *Analisis Keekonomian Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada Sistem Ketenagalistrikan Nias*. Vol. 14 No. 2 Desember 2015 : 83 – 94 ISSN 1978-2365. 2015
- [8] <http://panelsurya.com>. 2011, Sistem panel surya (Diakses : 22 Oktober 2016, 16:02:29)
- [9] [http://www.pertamina.com/our-business/hilir/pengolahan/unit-pengolahan/unit-pengolahan-ii/\(Diakses](http://www.pertamina.com/our-business/hilir/pengolahan/unit-pengolahan/unit-pengolahan-ii/(Diakses)