

ANALISA PENGGUNAAN SOLAR CELL PADA PJU DI PULAU LAUT TENGAH KABUPATEN KOTABARU KALIMANTAN SELATAN

¹Saiful Karim, ²Alimuddin

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Islam Kalimantan MAB
Jl. Adhyaksa No.2 Kayutangi Banjarmasin
Email : *ifulsuperindo@gmail.com*

ABSTRAK

Secara geografis kabupaten Kotabaru terletak antara 2° 18' 44,57" – 5° 0' 35,24" Lintang Selatan dan 115° 29' 38,36" - 117° 31' 29,17" Bujur Timur, Dengan **Luas Wilayah** 9.422,46 Km² (lebih dari ¼ Kalsel) dan terdiri dari 1 pulau besar dan 110 kecil serta Panjang pantai 825 Km dan jumlah penduduk yang ada di kabupaten kotabaru adalah sebesar 308.730 jiwa yang terdiri 160.720 laki-laki dan 148.010 perempuan, dengan 18 etnis yang tersebar di 21 Kecamatan, 198 Desa dan 4 Kelurahan. Untuk meningkatkan pembangunan transportasi, baik darat, laut maupun udara, Kabupaten Kotabaru dapat ditempuh dengan melalui jalan darat yang meliputi panjang sekitar 1.000 (seribu) Kilometer, terdiri dari sepanjang 148 (seratus Empat puluh delapan) Kilometer jalan Negara, 134 (seratus tiga puluh empat) Kilometer jalan Propinsi, dan 792 (tujuh ratus sembilan puluh dua) Kilometer jalan Kabupaten

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada dasarnya adalah pencatu daya (alat yang menyediakan daya), dan dapat dirancang untuk mencatu kebutuhan listrik yang kecil sampai dengan besar, baik secara mandiri, maupun dengan hybrid (dikombinasikan dengan sumber energi lain) baik dengan metode Desentralisasi (satu rumah satu pembangkit) maupun dengan metode Sentralisasi (listrik didistribusikan dengan jaringan kabel)

Besarnya biaya yang harus dikeluarkan oleh Pemda Kotabaru setiap bulanya untuk membayar tagihan listrik dalam penggunaan PJU Listrik PLN di Pulau Laut Tengah adalah Rp 1.675.989. Namun kenyataannya penggunaan PJU listrik PLN tersebut sudah tidak berfungsi atau tidak menyala, tagihan yang ada ini merupakan tagihan minimum yang harus dibayar oleh Pemerintah Daerah. Adapun besarnya investasi untuk pemasangan jaringan baru PJU listrik PLN dengan daya yang tersambung 3500 VA dengan jumlah lampu 33 titik adalah 54.550.000/33 unit = 16.530.300 per unit.

Jadi besarnya biaya tagihan per titik PJU listrik PLN dalam 1 bulan adalah = Rp 21.902, dalam 1 tahun adalah Rp 21.902 x 12 bulan = Rp 262.824 untuk 1 unit PJU listrik PLN menggunakan lampu LHE 45 Watt.

Keyword : *Penerangan Jalan Umum (PJU), Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).*

PENDAHULUAN

Secara geografis kabupaten Kotabaru terletak antara 2° 18' 44,57" – 5° 0' 35,24" Lintang Selatan dan 115° 29' 38,36" - 117° 31' 29,17" Bujur Timur, Dengan **Luas Wilayah** 9.422,46 Km² (lebih dari ¼ Kalsel) dan terdiri dari 1 pulau besar dan 110 kecil serta Panjang

pantai 825 Km dan jumlah penduduk yang ada di kabupaten kotabaru adalah sebesar 308.730 jiwa yang terdiri 160.720 laki-laki dan 148.010 perempuan, dengan 18 etnis yang tersebar di 21 Kecamatan, 198 Desa dan 4 Kelurahan.

Kecamatan Pulau Laut Tengah merupakan salah satu kecamatan yang ada di

kabupaten kotabaru dengan luas wilayah 337,64 Km² dengan jumlah penduduk 9.957 jiwa yang terdiri dari 5.153 laki-laki dan 4.804 perempuan, secara geografis terletak pada 116° 05" – 116° 16" Bujur Timur dan 3° 25' – 3° 41' Lintang Selatan. Pulau Laut Tengah beribukota Salino dan memiliki 7 desa, yaitu semisir, sungai pasir, salino, mekarpura, selaru, sungup kanan, dan pantai baru dengan luas wilayah masing-masing 1.64 Km², 116.01 Km², 76.63 Km², 33.98 Km², 33.15Km², 47.58 Km², 28.65 Km². (Sumber : Kotabaru Dalam Angka 2013) Adapun batas wilayah Kecamatan Pulau Laut Tengah adalah sebagai berikut, di sebelah timur berbatasan dengan Kecamatan Pulau Laut Timur, sebelah selatan berbatasan dengan Kecamatan Pulau Laut Barat, sebelah utara berbatasan dengan Kecamatan Pulau Laut Utara, sebelah barat berbatasan dengan Selat Laut.

Energi surya merupakan energi yang potensial dikembangkan di Indonesia, mengingat Indonesia merupakan negara yang terletak di daerah khatulistiwa. Energi surya yang dapat dibangkitkan untuk seluruh daratan Indonesia yang mempunyai luas 2 juta km² adalah sebesar 5,10 MW atau 4,8 kWh/m²/hari atau setara dengan 112.000 GWp yang didistribusikan.

Energi (daya) merupakan syarat utama untuk melakukan pekerjaan atau kegiatan meliputi listrik, energi mekanik, energi elektromagnetik, energi kimia, energi nuklir dan panas. Sumber energi ada beberapa macam antara lain: minyak, gas bumi, dan batu bara. Energi listrik merupakan salah bentuk energi pokok yang dibutuhkan dan dapat dikonversikan menjadi bentuk energi lain seperti energi mekanik, energi panas, dan lain-lain.

Berdasarkan data hasil pengukuran intensitas radiasi tenaga surya diseluruh indonesia yang dilakukan oleh BPPT dan sisanya BMG dari tahun 1965 hingga 1995, Indonesia mempunyai intensitas radiasi yang berpotensi untuk

membangkitkan energi listrik, dengan rata-rata daya matahari yang dihasilkan sebesar 1000 watt.

Dengan adanya sistem ini, penggunaan beban listrik PLN dapat berkurang, serta otomatis akan berkurangnya biaya tagihan dari PLN.

METODE PENELITIAN

Jenis dan Rancangan Penelitian

a. Variabel

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengaruh efektifitas PJU Solar Cell dan PJU Listrik PLN terhadap nilai ekonomis.

b. Rancangan Penelitian

Dalam penelitian ini rancangan penelitian yang digunakan adalah jenis rancangan kuantitatif, dimana data yang akan dikumpulkan berupa data tagihan pembayaran PJU, data investasi PJU solar cell dan listrik PLN, data masing-masing jumlah unit PJU solar cell dan listrik PLN, dan data spesifikasi teknis PJU solar cel dan listrik PLN.

c. Teknik / Metode Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, cara menggali atau mengumpulkan data yaitu :

Observasi

Observasi adalah penelitian secara langsung pada obyek penelitian dimana data yang diperoleh berdasarkan hasil identifikasi dilapangan/pengukuran yang selanjutnya dirumuskan pada beberapa masalah pokok yang relevan dengan tujuan penelitian ini.

Jenis dan Sumber Data Penelitian

a. Data Primer

Data primer adalah data yang langsung dikumpulkan sendiri dari lapangan atau obyek penelitian yaitu data jumlah masing-masing unit PJU solar cell dan listrik PLN.

Pengumpulan data primer yang digunakan dalam penelitian ini dilakukan dengan cara survey langsung kelapangan.

b. Data Skunder

Data skunder adalah yang dikumpulkan melalui perantara orang lain atau sumber lain. Misalnya, Jurnal, atau publikasi lainnya. Data seperti ini biasanya disebut data non-metrik.

Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Jurnal, Pembangkit Listrik Negara (PLN) dan Dina Tata Kota Pemukiman dan Perumahan (Cipta Karya).

Subyek Penelitian

Subjek penelitian ini adalah PJU Solar Cell dan PJU Listrik PLN di Kecamatan Pulau Laut Tengah Kotabaru Kabupaten Kotabaru Provinsi Kalimantan Selatan.

Variabel Penelitian

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah lampu PJU Solar Cell dengan lampu LED dan PJU Listrik PLN dengan lampu LHE, sedangkan variabel terikatnya adalah efektifitas dan nilai ekonomi dalam penggunaan PJU.

HASIL DAN PEMBAHASAN PJU-TS Di Pulau Laut Tengah

a. Spesifikasi Umum

PJU di kecamatan Pulau Laut Tengah berasal dari proyek pemda Dinas Cipta Karya Pemukiman dan Perumahan Pekerjaannya meliputi pengadaan material berikut pemasangannya sampai lokasi yang ditunjuk sehingga sistim penerangan jalan umum tenaga surya tersebut dapat bekerja dengan baik dan sempurna baik secara mekanis maupun elektrik.

Material utama yang digunakan adalah Tiang Oktogonal, Armatur Lampu Jalan Led, Modul Surya, Controller (BCR), dan Baterai VRLA-GEL. Lampu jenis LED (*Light Emiting Diode*), yang mempunyai umur operasi lebih dari 50.000 jam penyalaan sehingga cocok untuk ditempatkan di daerah-daerah sulit. Baterai yang digunakan adalah jenis VRLA-GEL

maintenance free. Baterai ini umurnya panjang, kapasitas tampung energi besar dan bebas perawatan. Secara keseluruhan sistim ini dirancang untuk penyediaan cahaya penerangan jalan umum dengan berbasis pada sumber energi terbarukan yaitu tenaga surya. Agar tidak terjadi kekurangan energi maka lampu yang terpasang harus dengan sistem dimming. Sistem dimming adalah sistem yang mengatur pencahayaan lampu PJU Solar Cell, dimana dalam sistem ini 6 jam menyala penuh 100% yaitu dari jam 6 sore sampai jam 12 malam karena pada jam itu masyarakat masih banyak yang beraktifitas dan 6 jam selanjutnya hanya menyala 70% yaitu dari jam 12 malam sampai jam 6 pagi mengingat pada jam itu masyarakat sudah tidak banyak beraktifitas lagi namun tetap disediakan penerangan jalan.

b. Spesifikasi Khusus

1. Tiang Lampu

Tiang yang digunakan adalah tiang oktagon tipe *base plat* dengan tinggi 9 meter dan memiliki stang ornamen 2 - 2,5 meter terbuat dari plat baja, serta *coasting hot dipped galvanized*.

2. Armatur LED 40 w^s/d 60 w

Jenis lampu yang digunakan adalah lampu LED dengan tipe armatur IP 65 yang terbuat dari bahan housing *die cast aluminium / anodized aluminium*, dan *finishing housing powder coating*, memiliki sistim pendingin disipitas panas, bekerja pada tegangan 12 Vdc / 24 Vdc dan memiliki suhu operasi - 30°C sampai 50°C, lampu LED ini mampu bekerja minimal 50.000 jam dan memiliki minimal 80 lumen per watt serta memiliki luminous flux minimal 4.800 lumen dengan daya nominal maksimal 40 watt dan daya sistim maksimal 47 watt, serta memiliki kurva distribusi cahaya polar sumbu C90-270 lebar minimal 120 derajat, sumbu C0-C180 lebar minimal 45 derajat.

3. PV Solar Modul 100 WP S_d 200 WP

Modul surya yang digunakan adalah tipe monocristalline atau polcristalline silicone yang mampu menyimpan daya total 200 WP dan memiliki connector junction box yang tersedia dimodul lengkap dengan dioda bypass, juga memiliki frame anodized aluminium alloy ekstrusi dengan efisiensi modul $\geq 14\%$ dan memiliki pelindung depan yang terbuat dari tempered glass low iron serta mounting support dari plat besi difinishing wet painting/hot dipped giv, standar produk SNI 04-3850.2-1995 dengan garansi kinerja output minimal 20 tahun, dengan degradasi output $\leq 10\%$ dalam 10 tahun.

4. Controller

Controller sering disebut BCR (*Battery Control Regulator*). Berfungsi sebagai pengatur sekaligus pengaman baterai, beban dan PV solar modul. Dipersyaratkan dalam pekerjaan ini yang mampu bekerja secara otomatis dengan tegangan kerja 12 V/24V yang memiliki *max charge current* 10 A dan *max load current* 10 A serta *float charge* 13.5/27.5 V (25^0) + 5% dan juga *main charge* 14.5/28.5 V (25^0) + 5%, *max PV voltage* 30 V (12V system) 50 V (24 system), *max sel consumption* 4-9 mA (12V system) 5-10 mA (24 system), memiliki *progremming accessory infrared remote control, dimming value* 0 – 100 % *output power, ambient temperature* - 40°C - +60°C, *type of protection* IP 68, dengan garansi minimal 1 tahun. Memiliki proteksi *low voltage disconnet fuction, LVD or SOC are available, over voltage disconnet fuction, disconnects loads when battery voltage gets to 15.5 V in 12 sytem and to 31 V in 24 V sytem, under voltage disconnect function, disconnect loads when baterry voltage goes below 10.5 V in 12 V system and to 21 V in 24 system and short circuit disconnect function, when the load current is >*

3005% nominal current, controller will disconnec loads immediately.

5. Battery

Battery yang digunakan adalah *battery* dengan type VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*) GEL dengan jenis *deep cycle maintenance free* dengan kapasitas minimal 100 AH, umur teknis *battery* > 5 tahun dengan garansi minimal 2 tahun, *cycle life* minimal 1000 cycle pada DOD 80%.

6. Battery Box

Battery box berfungsi sebagai tempat penyimpanan *battery* dan *controller* dengan dimensi dan bentuk menyesuaikan ukuran *battery*, terbuat dari material *steel plate* dengan tebal minimal 1,5 mm, *finishing powder coating atau oven wel painting*, memiliki sistim pendinginan sirkulasi udara dengan lubang angin, *mounting bracket* tersedia untuk pemasangan ke tiang lampu, asesories kunci pengaman dan kabel gland.

Kabel

Kabel yang digunakan adalah kabel dengan tipe NYYHY dengan ukuran 2 x 2,5 mm² yang memiliki standar mutu SNI atau S-PLN.

PJU Listrik PLN Di Pulau Laut Tengah

PJU listrik PLN di pulau laut tengah berasal dari proyek Pemda Dinas Cipta Karya Pemukiman dan Perumahan Pekerjaannya meliputi pengadaan material berikut pemasangannya sampai lokasi yang ditunjuk sehingga sistim penerangan jalan umum listrik PLN tersebut dapat bekerja dengan baik dan sempurna baik secara mekanis maupun elektris.

Material yang digunakan dalam proyek pemasangan jaringan baru PJU Listrik PLN adalah lampu HE 45 watt yang setara dengan lampu philips, box panel 20x40x60 cm 1 phase yang digunakan untuk meletakkan KWH meter, kontaktor magnetik, konektor 60A, cup ornamen aluminium/kaca/fiting E27, stang PJU dengan panjang 2 meter dengan diameter 1,5 inc dan 1,5 meter dengan diameter 0,5

inc, pipa paralon dengan diameter 1 inc dan 2 inc, MCB 50A 1 phase, klem stang tiang beton, klem stang tiang besi, kabel twisted 2x10mm, kabel twisted 2x16mm, kabel NYM 2x2,5x3mm, klem box panel, ajus tabel dead (aluminium), isolasi dan isolator.

Kondisi Existing Unit PJU Listrik PLN dan PJU-TS Di Pulau Laut Tengah

Dari survey awal yang dilakukan, penerangan jalan sudah ada disemua tempat penting di Pulau Laut Tengah. Energi listrik untuk penerangan jalan umum tersebut disuplai dari PLN. Jumlah

PJU dengan sumber daya dari PLN sebanyak 96 unit. Namun mengingat banyak PJU Listrik PLN yang sudah rusak karena usia penggunaan dan perlu perbaikan, maka tidak dilakukan perbaikan namun dilakukan pemasangan PJU yang baru yang energi listriknya dari energi terbarukan yaitu solar sell atau panel surya. Penerangan jalan umum (PJU) di Pulau Laut Tengah untuk daerah-daerah pelosok yang belum terdapat Unit Penerangan Jalan Umum, sejak tahun 2014 telah dipasang 93 unit Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJU-TS).

Tabel 2 Jumlah Unit PJU dan PJU-TS di Pulau Laut Tengah

No	Wilayah (Desa)	PJU - PLN	PJU -TS
1	Pantai Baru	15	26
2	Sungup	15	20
3	Selaru	31	18
4	Mekarpura	15	10
5	Salino	20	19
6	Samisir	-	-
TOTAL		96	93

Saat ini hanya terdapat dua unit PJU-TS saja yang tidak berfungsi secara normal. Pencahayaan dari unit PJU-TS sangat membantu para pengendara motor/mobil, para pedagang yang berangkat kepasar saat subuh, serta para pejalan kaki. Jam operasionalnya sudah mencukupi kebutuhan menyala rata-rata dari jam 6 sore hingga jam 6 pagi, dan cahayanya juga sudah cukup terang.

Sistem PJU-TS

PJU-TS yang dikembangkan di Pulau Laut Tengah merupakan sistem PJU-TS yang berdiri sendiri (*Stand Alone*). Sistem PLTS pada PJU-TS tersebut digunakan untuk mensuplai energi listrik dalam rentang waktu pukul 06.00 sore sampai dengan pukul 06.00 pagi.

Kebutuhan Energi

Dari hasil rata-rata waktu nyala PJU-TS di Pulau Laut Tengah yaitu dalam rentang waktu pukul 18.00 sampai dengan pukul 06.00 (12 Jam). Beban (lampu) yang dipakai pada unit PJU-TS ini adalah lampu LED 40 watt (DC) yang setara

dengan lampu 200 watt (AC) pada lampu merkuri biasa.

Besarnya kebutuhan energi listrik 1 unit lampu PJU-TS di Pulau Laut Tengah dalam rentang waktu pukul 06.00 sore - 06.00 pagi adalah sebagai berikut :

Waktu operasi = 12 Jam setiap hari
 Beban = 40 Watt DC
 $E = P \text{ (watt) } \times t \text{ (jam)}$
 $E = 40 \text{ (watt) } \times 12 \text{ (jam)} = 480 \text{ Wh}$
 Jadi kebutuhan daya per hari adalah 0,48 kWh, dan pertahun 172,8 kWh

Perhitungan Keseimbangan Energi

a. Beban lampu PJU Tenaga Surya

Daya = 40 Watt
 Qty = 1 Pce
 Waktu menyala penuh 100% = 6 Jam
 Energi beban/perhari
 $= \text{Daya} \times 100\% \times \text{Qty} \times$
 Waktu menyala
 $= 40 \text{ Watt} \times 1 \times 1 \text{ Pce} \times 6 \text{ Jam}$
 $= 240 \text{ Watt Jam}$
 $= 0,24 \text{ kWh}$
 Daya = 40 Watt
 Qty = 1 Pce
 Waktu menyala dimming 70 % = 6 Jam

Energi beban/perhari
 = Daya x 70% x Qty x Waktu menyala
 = 40 Watt x 0,7 x 1 Pce x 6 Jam
 = 168 Watt Jam
 = 0,168 kWh
 Jadi jumlah beban lampu selama 12 jam = 408 Watt Jam = 0,408 kWh

b. Produksi Energi Panel Surya

Daya = 200 WP
 Qty = 1 Pce
 Tingkat iridiasi = 4
 Efisiensi = 80%
 Energi yang diproduksi
 = Daya x Qty x Tingkat iridiasi x Efisiensi
 = 200 x 1 x 4 x 0,8
 = 640 Watt Jam = 0,64 kWh
 Jadi Energi yang diproduksi ≥ Energi beban/hari maka dari itu energi cukup untuk lampu.

c. Energi Yang Disimpan Battery

Kapasitas = 100 Ah
 Tegangan = 12 V
 Qty = 1 Pce
 DOD = 80 %
 Energi yang bisa dipakai
 = Kapasitas x Tegangan x Qty x DOD
 = 100 Ah x 12 V x 1 Pce x 80 %
 = 960 Watt Jam = 0,96 kWh
 Jadi bila battery penuh tersedia energi sebesar 960 Watt Jam, Bila digunakan dengan beban sebesar 408 Watt Jam, maka battery mampu melayani beban selama 960 / 408 = 2,35 hari (waktu nyala 12 jam/hari).

Kapasitas Komponen PJU-TS

Bila dilihat jam operasional sistem PJU-TS di Pulau Laut Tengah yaitu beroperasi selama 12 jam per hari. Maka, kapasitas baterai untuk melayani beban lampu PJU-

TS yaitu : Baterai dengan kapasitas 100 Ah, 12 Volt DC.

Mengacu pada tingkat kedalaman pengosongan (*Depth of Discharge/DOD*) baterai yaitu sebesar 80%, maka kapasitas baterai untuk melayani beban menjadi: 80 Ah

Kebutuhan Daya PJU-TS sebesar 40 watt DC 12V (beban lampu) yaitu :

= (40 Watt x jam operasional)/tegangan beban
 = (40 Watt x 12 jam)/12V = 40 Ah

Jadi dalam satu kali jam operasional, PJU-TS akan menghabiskan kapasitas sebesar 40 Ah. Hal ini berarti, penurunan kapasitas baterai selama 12 jam pada hari pertama adalah sebesar 40 Ah. Kapasitas baterai turun menjadi 40 Ah.

Kemudian apabila dihari kedua pada siang harinya cerah maka besarnya kapasitas pengisian baterai dapat kita hitung dengan pendekatan nilai rata-rata arus yang dibangkitkan dikalikan dengan selang waktu.

\bar{I} = rata-rata dari nilai output arus pembangkitan saat cuaca cerah adalah 2,42 A (untuk PV Solar Modul 200 WP).

Kapasitas pengisian = \bar{I} x waktu pengisian
 = 2,42 A x 8 jam = 19,36 Ah

Jadi penambahan kapasitas saat matahari bersinar cerah sebesar 19,36Ah.

Perhitungan Ekonomis

a. Analisis Biaya PJU Listrik PLN

Besarnya biaya yang harus dibayar oleh pemda untuk penerangan jalan umum yang ada di pulau laut tengah yang menggunakan lampu penerangan jalan listrik PLN dengan jumlah 96 titik lampu adalah sebagai berikut :

Tabel 3 Tagihan Pembayaran Listrik PJU Listrik PLN

N0	NAMA	ALAMAT	TRP	DAYA	KWH	PLN	TAGIHAN
1	Pju Mekarapura	Mekarapura	P3	2200	88	101223	303.757
2	Pju Pantai Baru	Jl.Pantai Baru	P3	5500	220	256453	256453
3	Pju Sungup	Jl.Sungup Kanan	P3	3500	140	201221	201221
4	Pju Salino	Salino	P1	3500	140	120512	120512
5	Pju Selaru	Selaru	P3	8500	340	391489	391489
6	Pju Gardu Mkp 04	Mekarapura	P3	900	36	51398	51398
7	Pju Gardu Mkp 04	Jl.Tj.Serdang Mekarapura	P3	1300	52	59513	59513
8	Tugu Bundaran Tj.	Mekarapura	P1	3500	140	120512	120512

	Serdang						
9	Pju Plb 05 C4	Jl.Tj.Serdang	P3	1300	52	59805	59805
10	Pju Plb 05 A2	Jl.Tj.Serdang	P3	1300	52	59805	59805
11	Pju Mekarapura	Jl.SALINO RT. RW. No.	P3	900	36	51524	51524
Jumlah							1.675.989

Jadi besarnya biaya yang harus dikeluarkan oleh Pemda Kotabaru setiap bulanya untuk membayar tagihan listrik dalam penggunaan PJU Listrik PLN di Pulau Laut Tengah adalah Rp 1.675.989. Namun kenyataannya penggunaan PJU listrik PLN tersebut sudah tidak berfungsi atau tidak menyala, tagihan yang ada ini

merupakan tagihan minimum yang harus dibayar oleh pelanggan.

Adapun besarnya investasi untuk pemasangan jaringan baru PJU listrik PLN dengan daya yang tersambung 3500 VA dengan jumlah lampu 33 titik adalah sebagai berikut :

Tabel 4 Rincian Biaya Investasi PJU Listrik PLN

No	Uraian Pekerjaan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
I. Pekerjaan persiapan				
1.	Papan nama proyek	1 bh	344.221	344.221
2.	Transportasi material	1 ls	1.262.000	1.262.000
II. Pekerjaan pemasangan				
1.	Pengadaan dan pemasangan PJU kap stainless pada tiang besi	33 set	584.910	19.302.030
2.	Kabel twisted 2x16mm	1815 mtr	12.000	21.780.000
3.	Kabel NYM 2x2,5 mm	99 mtr	9.500	940.500
4.	Ajustable dead assy (AL)	66 bh	35.200	2.323.860
5.	Box panel (KWH) kaca 20x40x60 cm	1 bh	1.568.860	1.568.860
6.	Isolasi	15 bh	5.000	75.000
III. Jasa/upah				
1.	Biaya pasang baru daya 3500 VA	1 ls	5.250.000	5.250.000
2.	Biaya sertifikat laik operasi	1 ls	200.000	200.000
Jumlah				54.545.811
Dibulatkan				54.550.000

Jadi besarnya biaya investasi untuk satu titik PJU listrik PLN adalah 54.550.000/33 unit = 16.530.300 per unit. Kemudian besarnya biaya tagihan per titik PJU Listrik PLN bisa didapat dengan menggunakan rumus berikut :

Daya per bulan = daya lampu (watt) x lama menyala

Daya per bulan = 45 (watt) x 12 (jam) x 30 (hari)

= 16.200 Wh

= 16,2 kWh

Biaya tagihan per bulan

= daya per bulan x harga 1 kWh

= 16,2 kWh x Rp 1,35

= Rp 21.902

Jadi besarnya biaya tagihan per titik PJU listrik PLN dalam 1 bulan adalah = Rp 21.902, dalam 1 tahun adalah Rp 21.902 x 12 bulan = Rp 262.824 untuk 1 unit PJU listrik PLN menggunakan lampu LHE 45 Watt.

Biaya Operasional dan Pemeliharaan PJU Listrik PLN

Biaya Operasional dan Pemeliharaan atau *Operational and Maintenance Cost (O&M Cost)* PJU Listrik PLN di Pulau Laut Utara berdasarkan Data Pemeliharaan Rutin Jaringan Listrik Perkotaan dan Pedesaan dari Dinas Cipta Karya Perumahan dan Pemukiman Kabupaten Kotabaru untuk tahun

anggaran 2014 adalah sebesar Rp. 300.000.000,-, sedang untuk tahun 2015 adalah sebesar 350.000.000,-. Dana ini digunakan untuk perawatan semua PJU Listrik PLN yang ada di wilayah Kabupaten Kotabaru.

Maka cara mencari data O&M per titik PJU Listrik PLN adalah dengan cara berikut.

$$O \& M \text{ Cost per PJU} = \frac{(Pemeliharaan 2014 + Pemeliharaan 2015) / 2}{\text{Jumlah PJU di Kab. Kotabaru} *}$$

$$O \& M \text{ Cost per PJU} = \frac{300.000.000 + 350.000.000}{5497} = 86.410 \text{ per tahun}$$

Analisis Biaya PJU-TS

Tabel 5 Biaya Investasi 1 Unit PJU-TS

No.	Nama Komponen	Jml	Harga (Rp)	Total (Rp)
1	Armaturn LED 40-60 Watt (IP 66) Min 5000 lumen	1set	6.600.000	6.600.000
2	Battery Min 100Ah 12 Volt, Type VRLA	2bh	2.700.000	5.400.000
3	Solar panel mono/poly crystaline min 100 Wp 12V/24V	2bh	2.250.000	5.500.000
4	BCR Controler 10 A, Automatis remot setting	1bh	1.145.000	1.145.000
5	Box Battery	1bh	2.025.000	2.025.000
6	Bracket panel solar	1bh	350.000	350.000
7	Lengan panel solar	1bh	450.000	450.000
8	Tiang galvanis oktagon 9 m cabl	1bh	6.075.000	6.075.000
9	Pengkabelan	1set	1.500.000	1.500.000
10	Pondasi tiang PJU beton	1unit	1.350.000	1.350.000
11	Pemasangan armature LED + Tiang Cab 1	1 titik	1.740.000	1.740.000
	Jumlah			32.135.000

Besarnya biaya untuk 1 Unit PJU-TS yaitu Rp 32.135.000. Untuk 93 Unit PJU-TS yaitu sebesar Rp. 2.988.555.000.

2. Biaya Operational and Maintenance (O&M)

Biaya pemeliharaan dan operasional per tahun untuk PLTS umumnya diperhitungkan sebesar 1-2% dari total biaya investasi awal. Berdasarkan acuan tersebut maka pada penelitian ini, besar persentase untuk biaya pemeliharaan dan operasional per tahun PJU-TS yang mencakup biaya untuk pekerjaan pembersihan panel surya, biaya pemeliharaan dan pemeriksaan peralatan dan instalasi akan ditetapkan sebesar 1% dari total biaya investasi awal. Penentuan persentase 1% didasarkan bahwa negara Indonesia hanya mengalami dua musim,

Biaya energi PJU-TS berbeda dengan biaya energi untuk pembangkit konvensional. Hal ini karena biaya energi PJU-TS / PLTS dipengaruhi oleh biaya investasi awal yang tinggi dengan biaya pemeliharaan dan operasional yang rendah.

1. Biaya Investasi

Biaya investasi awal untuk PJU-TS yang dikembangkan di Pulau Laut Tengah mencakup biaya-biaya seperti : biaya untuk komponen PJU-TS serta biaya instalasi PLTS. Biaya untuk komponen PJU-TS ini terdiri dari biaya untuk pembelian Panel Surya, *Charger Controller*, baterai, Tiang PJU, dll.

yaitu musim penghujan dan musim kemarau sehingga biaya pembersihan dan pemeliharaan suryanya tidak sebesar pada negara yang mengalami empat musim dalam satu tahun. Adapun besar biaya pemeliharaan dan operasional (O & M) per tahun untuk 93 unit PJU-TS yang dikembangkan adalah sebagai berikut, O & M Cost = 1% x Total biaya investasi = 0,01 x Rp 2.988.555.000 = Rp. 29.885.550/tahun. Untuk 93 unit Maka biaya O&M Cost per unit PJU-TS adalah Rp. 29.885.550 dibagi 93 unit yang ada, sehingga biaya yang dibutuhkan adalah sebesar Rp. 321.350,-/tahun

3. Biaya Penggantian Baterai

Biaya penggantian baterai umumnya dilakukan dengan melihat usia rata-rata

baterai (*accu*) yang dipakai. Pada penelitian ini usia baterai yang dipakai kita asumsikan 5 tahun. Jadi penggantian baterai dilakukan setiap 5 tahun sekali. Dalam masa proyek selama 20 tahun akan dilakukan penggantian baterai sebanyak 4 kali ($20/5 = 4$). Nantinya biaya tersebut akan dirata-ratakan kemudian ditambahkan pada biaya pemeliharaan dan operasional unit PJU-TS setiap tahunnya. Mengenai rincian perhitungannya yaitu :

$$= \frac{\text{harga 1 unit baterai} \times \text{jumlah baterai yang diperlukan}}{20}$$

$$= \frac{1.350.000 \times (93 \times 4)}{20}$$

$$= \frac{1.350.000 \times 372}{20}$$

$$= \text{Rp. 25.110.000 Per tahun untuk 93 Unit}$$

Maka Cost per unit baterai dalam satu tahun Rp 25.110.000 dibagi jumlah unit yang ada yaitu 93, sehingga hasilnya sebagai berikut Rp. 270.000

Maka Total O&M Cost (1% Investasi + Battery Cost) untuk setiap unit PJU-TS per tahun adalah :

$$= (1\% \text{ Investasi} + \text{Battery Cost})$$

$$= 321.350 + 270.000$$

$$= 591.350$$

Jadi, Total O&M Cost PJU-TS per tahun adalah sebesar Rp. 591.350

Perbandingan Biaya antara PJU Listrik PLN dan PJU-TS

Berdasarkan biaya investasi, operasional dan pemeliharaan (serta tagihan PLN untuk PJU Listrik PLN), maka perbandingan cost selama 20 tahun yang mengikuti garansi dari panel surya adalah:

Tabel 6 Perbandingan Ekonomis Untuk 1 Unit PJU

Biaya	PJU TS		PJU Listrik PLN	
	1 Tahun	20 Tahun	1 Tahun	20 Tahun
Investasi	32.135.000	32.135.000	16.530.300	16,530,300
O & M Cost	591.350	11.827.000	86.410	1.728.200
Tagihan PLN	-	-	262.824	5.256.480
Total	32.726.350	43.962.000	16.879.534	23.514.980

Hasil Analisa PJU-TS di Pulau Laut Utara

a. Secara Efektifitas

Untuk efektifitas PJU-TS di Pulau Laut Tengah bisa dilihat dari tempat pemasangan unit-unit PJU-TS. Dimana dari hasil observasi, tempat pemasangan unit PJU-TS yang ada di Pulau Laut Tengah berada di tempat-tempat strategis seperti di daerah yang tidak ada jaringan distribusinya, ditikungan-tikungan tajam dan tanjakan dimana di daerah itu merupakan daerah rawan kecelakaan.

Pengunaan PJU-TS dari segi pencahayaan juga efektif karena pencahayaanya tepat di tengah-tengah jalan, karena pemasangan tiang PJU-TS tidak jauh dari pinggir jalan, sehingga jika ditambahkan stang ornamen maka lampu PJU berada di atas tengah jalan, sehingga

pencahayaanya merata beda dengan PJU Listrik PLN yang mana pemasangannya ditiang – tiang jaringan distribusi di daerah tersebut, tiang jaringan distribusi di daerah pedesaan atau daerah yang jauh dari kota biasanya diletakkan jauh dari pinggir jalan, sehingga jika dipasang stang ornamen untuk PJU Listrik PLN hanya berada di pinggir jalan yang dekat dengan tiang distribusi, mengakibatkan pencahayaanya tidak merata atau terang sebelah jalan.

Pemasangan PJU di daerah yang ada jaringan listriknya dalam artian tersedia energi atau daya yang cukup atau tidak krisis energi dan ada jaringan distribusinya lebih efektif menggunakan PJU Listrik PLN tetapi menggunakan lampu LED. Sedangkan pemasangan PJU di daerah yang tidak ada jaringan listriknya atau tidak

tersedianya jaringan distribusi, lebih efektif menggunakan PJU Solar Cell, karena lebih mudah, lebih cepat, lebih hemat dari segi ekonomis dan mudah diatur penempatannya sesuai yang kita inginkan.

PJU Solar Cell juga hemat dalam penggunaan energi karena menggunakan sistem dimming, dimana dalam sistem ini 6 jam menyala penuh 100% yaitu dari jam 6 sore sampai jam 12 malam karena pada jam itu masyarakat masih banyak yang beraktifitas dan 6 jam selanjutnya hanya menyala 70% yaitu dari jam 12 malam sampai jam 6 pagi mengingat pada jam itu masyarakat sudah tidak banyak beraktifitas lagi namun tetap disediakan penerangan jalan.

b. Segi Nilai Ekonomis

Secara perbandingan ekonomis PJU Solar Sell Lebih ekonomis dibandingkan PJU Listrik PLN. Walaupun kenyataannya kita liat perhitungan ditabel 4.5 PJU Solar Cell lebih mahal dalam investasi dan operasionalnya untuk 1 unit PJU dalam jangka waktu 20 tahun yaitu sebesar Rp 43.962.000 sedangkan PJU Listrik PLN yaitu sebesar Rp.23.514.980, karena dalam perhitungan itu tidak dihitung biaya pembangunan jaringan transmisi dan distribusi dan energi yang dihasilkan PJU Solar Cell tidak dihitung atau tidak dijual, dalam artian tidak dirupiahkan sehingga biaya PJU Solar Cell lebih mahal.

PJU Solar Cell tidak ada tagihan perbulannya sedangkan PJU Listrik PLN selalu ada tagihannya dan bahkan lampu PJUnya pun tidak menyala atau tidak ada penggunaan energi tetap ada tagihannya karena ada biaya minimum atau biaya beban, kenapa ada biaya beban ? karena dalam PJU Listrik PLN menggunakan KWH Meter Analog atau KWH Meter Pasca Bayar.

KESIMPULAN

Dalam penelitian ini penulis dapat menyimpulkan bahwa penggunaan PJU Solar Cell di Pulau Laut Tengah secara efektifitas dapat dikatakan efektif karena penggunaan PJU Solar Sell dapat ditempatkan di daerah-daerah yang strategis, seperti di daerah yang tidak ada jaringan distribusinya, ditikungan tikungan tajam dan tanjakan.

Selain itu PJU Solar Cell pencahayaannya tepat di atas tengah jalan, karna tiangnya dipasang tidak jauh dari pinggir jalan, beda dengan PJU Listrik PLN yang mengikuti tiang jaringan transmisi yang biasanya jauh dari pinggir jalan.

Pemasangan PJU di daerah yang ada jaringan listriknya lebih efektif menggunakan PJU Listrik PLN tetapi menggunakan lampu LED, sedangkan pemasangan PJU di daerah yang tidak ada jaringan listriknya atau tidak tersedianya jaringan distribusi, lebih efektif menggunakan PJU Solar Cell, karena lebih mudah, lebih cepat, lebih hemat dari segi ekonomis dan mudah diatur penempatannya sesuai yang kita inginkan. PJU Solar Cell juga hemat dalam penggunaan energi karena menggunakan sistem dimming.

Secara perbandingan ekonomis PJU Solar Sell Lebih ekonomis dibandingkan PJU Listrik PLN, karena dalam penelitian ini tidak dihitung biaya pembangunan jaringan transmisi dan distribusi dan energi yang dihasilkan PJU Solar Cell tidak dihitung atau tidak dijual, dalam artian tidak dirupiahkan sehingga biaya PJU Solar Cell lebih mahal.

PJU Solar Cell juga tidak ada tagihan perbulannya sedangkan PJU Listrik PLN selalu ada tagihannya setiap bulan dan bahkan lampu PJUnya pun tidak menyala atau tidak ada penggunaan energi tetap ada tagihannya karena dalam PJU Listrik PLN menggunakan KWH Meter Analog atau KWH Meter Pasca Bayar.

Saran

Dari hasil pengamatan PJU Listrik PLN yang ada di Pulau Laut Tengah dengan jumlah titik 96 itu tidak menyala seperti biasanya, namun karena menggunakan KWH meter Pasca Bayar maka ada biaya tagihan minimum yang harus dibayar Pemda Kab. Kotabaru yang percuma, maka dari itu jika jaringan PJU Listrik PLN ini tidak diperbaiki alangkah baiknya KWH meter yang ada ini energi atau dayanya dijual ke masyarakat.

Jika mau melakukan pemasangan jaringan PJU yang baru di daerah yang jauh dari jaringan listrik PLN alangkah baiknya menggunakan PJU Solar Cell.

Dalam penelitian ini PJU Solar Cell dalam pengaturan pencahayaannya atau dalam mengemat energi menggunakan sistem dimming, dalam laporan ini tidak dijelaskan secara detail tentang sitem diming, alangkah baiknya jika nanti ada penelitian yang lebih lanjut mengenai sistem dimming.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Volker Quaschnig, *Understanding Renewable Energy Systems*, London Sterling, VA, 2005.
- [2] Campillo, Javier, and Stephen Foster, *Global Solar Photovoltaic Industry Analysis with Focus*, The Department of Public Technology, Malardalen University, 2010.
- [3] Florida Solar Energy Center, *Types of PV systems*, 2011.
- [4] Dinas Cipta Karya Pemukiman dan Perumahan.
- [5] PT. PLN Persero Area Kotabaru Kalimantan selatan.
- [6] PT. Jasa Marga (Persero). Pedoman Teknis No. Pt-02-2002-B Tata Cara Perencanaan Geometrik Persimpangan.
- [7] Direktorat Jenderal Bina Marga; Spesifikasi Lampu Penerangan Jalan Perkotaan, No. 12/S/BNKT/1991
- [8] [http://Solar Cell Sumber Energi masa depan yang ramah lingkungan _Chem-Is-Try.Org _ Situs Kimia Indonesia _.htm](http://SolarCellSumberEnergiMasaDepanYangRamahLingkungan_Chem-Is-Try.Org_SitusKimiaIndonesia_.htm)
- [9] <http://bagaimana-cara-kerja-solar-cell.html>.
- [10] <http://penerangan-jalan-umum.php.htm>