

M8-011 KAJIAN TEKNIS DAN EKONOMIS

PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DI BALI

Made Suarda, I Ketut Gede Wirawan

Jurusan Teknik Mesin , Fakultas Teknik - Universitas Udayana
Kampus Bukit Jimbaran Denpasar 80316, Bali
Telp./Fax.: 0361-703321, E-mail : made.suarda@me.unud.ac.id

ABSTRAK

Potensi sumber energi terbarukan yang mungkin dikembangkan di Bali antara lain Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro, Pembangkit Listrik Tenaga Surya, Pembangkit Listrik Tenaga Angin, Pembangkit Listrik Tenaga Samudera dan Biomasa. Di Bali, SHS (Solar Home Systems) sudah terpasang di beberapa tempat terutama di pedesaan yang belum terdapat listrik PLN, antara lain di Desa Sanapahaan, Kecamatan Kediri, Kabupaten Tabanan. Tapi karena harga per kWh listrik PLN yang relatif lebih murah dan Pemerintah masih bisa memberikan subsidi maka di beberapa tempat SHS (Solar Home Systems) tidak dipergunakan lagi sedangkan di beberapa desa lain yang tidak ada listriknya SHS masih dipakai dan masih dipelihara dengan baik. Dilihat dari hal tersebut maka perlu dilakukan evaluasi efektivitas PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) untuk masa mendatang karena Pemerintah tidak akan bisa memberikan subsidi terus menerus. Adapun tujuan penelitian yang dilakukan adalah untuk mengetahui potensi tenaga surya yang sampai dipermukaan bumi di lokasi kajian, dan mengkaji performansi PLTS yang telah terpasang, serta untuk mengetahui layak tidaknya PLTS tersebut dikembangkan dari segi ekonomis.

Didalam melakukan Analisa Teknis dan Ekonomis dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya, satu unit solar cell merk Mitsubishi Daya Puncak : 55 wattpeak - Jenis kristal: monokristal/singlekristal - Tegangan MPP: 17,3 – 17,5 VDC dan perlengkapan lainnya seperti sistem kendali dan accu. Dari hasil penelitian kajian teknis dan ekonomis pembangkit listrik tenaga surya di Desa Senapahaan Kecamatan Kediri Kabupaten Tabanan selama 3 hari dengan penyinaran rata-rata selama 10 jam maka dapat diambil suatu kesimpulan bahwa Daya intensitas radiasi matahari rata-rata yang sampai ditempat kajian sebesar 474 watt/m², Daya yang dibangkitkan panel solar cell rata-rata sebesar 54 watt/jam, dengan efisiensi rata-rata panel sebesar 11,8%, dan daya yang keluar dari unit Kontrol solar cell rata-rata sebesar 48 watt/jam, dan efisiensinya sebesar 88%, dan daya bangkitan PLTS ditempat kajian sebesar 617 watt/hari maka lampu TL yang dapat dinyalakan selama 11 jam perhari adalah sebanyak 5 lampu (@ 10 watt) dari 15 lampu yang terpasang. Sedangkan dari segi ekonomis dibandingkan dengan harga listrik PLN, pembangkit listrik tenaga surya kurang ekonomis dengan hasil nilai sekarang (NPV) nilainya negatif yang berarti tidak layak secara ekonomis.

Kata kunci : PLTS, kajian ekonomis, performansi PLTS

1. PENDAHULUAN

Untuk menjamin keamanan pasokan energi dalam negeri dan untuk mendukung pembangunan yang berkelanjutan, pemerintah menetapkan Kebijakan Energi Nasional sebagai pedoman dalam Pengelolaan Energi Nasional (Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006). Tujuan dan sasaran kebijakan energi nasional tersebut, salah satunya adalah terwujudnya energi (primer) mix yang optimal pada tahun 2025.

Di Bali kebutuhan energi khususnya energi dalam bentuk energi listrik, pasokan daya listrik untuk sistem kelistrikan Bali memiliki total daya terpasang sebesar 657 MW dengan total Daya Mampu 562 MW yang disuplai dari empat sumber yaitu interkoneksi Jawa-Bali 220 MW, PLTGU Gilimanuk 145 MW, PLTG/PLTD Pesanggaran 196 MW dan PLTG Pemaron 96 MW. Sedangkan beban puncak pada tahun 2006 adalah sebesar 426,20 MW (75% dari total Daya Mampu). Pada tahun 2007 prediksi beban puncak adalah 446 MW (80% dari total Daya Mampu), sehingga tenaga listrik cadangan yang tersedia hanya 116 MW (20%) yang berarti kurang dari 30% atau masuk kategori kritis. Kondisi ini terbilang kritis, karena bila pembangkit terbesar di Bali, PLTG Gilimanuk, yang memiliki daya 130 MW keluar dari sistem (misalnya terjadi kerusakan atau ada pemeliharaan/overhaul), maka cadangan daya minus 14 MW. Jika hal ini terjadi maka Bali akan mengalami pemandaman bergilir. Untuk itu penambahan pembangkit atau pasokan energi listrik baru mutlak dibutuhkan.

Untuk menuju diversifikasi energi pembangunan pusat pembangkit listrik diarahkan kepada pemanfaatan pembangkit listrik Non BBM antara lain sesuai potensi tenaga listrik yang ada di Bali yaitu PLTA dan PLTP. Berdasarkan data potensi alam di Bali terdapat beberapa alternatif pembangkit listrik seperti pengembangan PLT Angin di nusa Penida, PLT Surya di Kusamba, PLT Air di sungai Ayung dan sungai Unda, PLT Biomasa, PLTP di Bedugul, serta PLTU Batu bara di Celukan Bawang atau Kubu Karangasem yang sumber energi primernya didatangkan dari luar Bali.

Penyediaan tenaga listrik perlu senantiasa memperhatikan kelestarian fungsi lingkungan hidup, konservasi energi dan diversifikasi energi sebagaimana digariskan dalam kebijakan energi nasional, keselamatan umum, tata ruang wilayah, dan pemanfaatan sebesar-besarnya barang dan jasa produksi dalam negeri yang kompetitif dan menghasilkan nilai tambah agar dapat menghasilkan pengembangan industri ketenagalistrikan nasional. Guna menjamin ketersediaan energi primer untuk pembangkitan tenaga listrik, diprioritaskan penggunaan sumber energi setempat dengan kewajiban mengutamakan pemanfaatan sumber energi terbarukan. Salah satu sumber energi terbarukan yang tersedia di Bali adalah energi surya/matahari. Teknologinya juga sudah tersedia, namun kenapa hingga saat ini PLTS belum banyak digunakan. Untuk itu perlu dikaji baik sisi teknis dan ekonomis PLTS yang telah terpasang di Bali.

2. Tinjauan Pustaka

Jika intensitas radiasi matahari sampai di permukaan bumi di lokasi kajian telah diketahui maka besarnya energi listrik yang diterima panel solar cell dapat dihitung.

$$P_m = I_s \times A_p \quad (1)$$

$$(2.8)$$

Dimana:

P_m = Energi listrik yang diterima panel solar cell (watt)

I_s = Intensitas Radiasi matahari di tempat kajian (watt/m²)

A_p = Luas permukaan panel solar cell (m²)

Untuk mengetahui daya yang dihasilkan panel solar cell dapat dihitung :

$$P_p = V_p \times I_p \quad (2)$$

Dimana:

P_p = Daya listrik output panel solar cell (Watt)

V_p = tegangan yang dihasilkan panel solar cell (volt)

I_p = Arus yang dihasilkan panel solar cell (amp)

Dari persamaan diatas dapat dihitung efisiensi panel solar cell

$$\eta_s = \frac{P_p}{P_m} \% \quad (3)$$

$$(2.10)$$

Dari banyaknya panel solar cell yang terpasang secara paralel serta lamanya penyinaran matahari rata-rata per hari maka daya yang dihasilkan panel solar cell adalah:

$$P_{p\ total} = \frac{P_m \times a}{T_s} \quad (4)$$

$$(2.11)$$

Dimana :

P_m = Energi listrik yang dihasilkan (watt)

T_s = Lamanya penyinaran rata-rata per hari (jam)

a = Jumlah panel yang terpasang

Energi listrik yang keluar dari panel solar cell akan menuju ke unit kontrol sehingga untuk mengetahui daya yang keluar dari unit kontrol dapat dihitung:

$$P_c = I_c \times V_c \quad (5)$$

$$(2.12)$$

Dari rumus diatas diperoleh efisiensi dari unit kontrol solar cell

$$\eta_s = \frac{P_c}{P_p} \% \quad (6)$$

$$(2.13)$$

Dimana :

P_c = daya yang keluar dari sistem kontrol (watt)

I_c = Arus yang keluar dari kontrol (Amp)

V_c = Tegangan yang keluar dari kontrol (volt)

Untuk menyimpan energi listrik tersebut maka dibutuhkan battery yang bertegangan nominal 12volt dengan kapasitas :

$$I_{ACCU} = \frac{P_c}{V_{accu}} \text{ Ah} \quad (7)$$

(2.14)

Dari daya efektif yang dibangkitkan PLTS ini kemudian bisa ditentukan berapa lama mampu mensupply daya listrik ke beban yang diberikan pada sistem PLTS.

$$t_{nyala} = P_{c \text{ total}} / (H \times P_{\text{lampu}}) \quad (8)$$

Dimana :

t_{nyala} = Lamanya sistem dapat dibebankan (jam)

$P_{c \text{ total}}$ = Daya yang keluar dari sistem kontrol(watt)

P_{lampu} = Daya lampu yang dipakai (Watt)

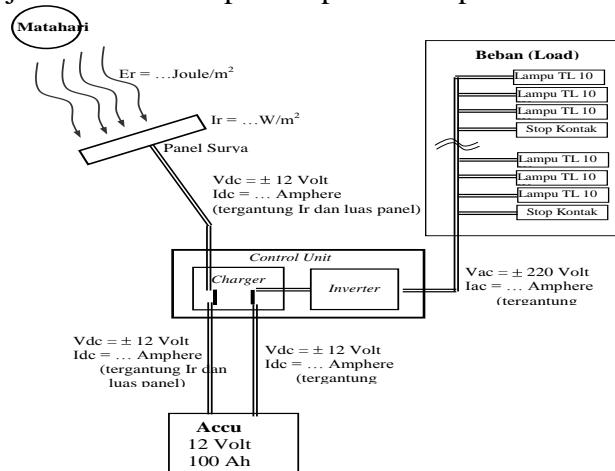
H = Banyaknya lampu

3. Metode

Didalam melakukan Analisa Teknis dan Ekonomis dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya, satu unit solar cell merk Mitsubishi dan perlengkapan lainnya dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Daya Puncak : 55 wattpeak
- Jenis kristal: monokristal/singlekristal
- Tegangan MPP: 17,3 – 17,5 VDC
- Tegangan tanpa beban: 21,6 – 21,8 VDC
- Arus MPP: 3,14 – 3,16 amp
- Arus Hubungan singkat: 3,4 – 3,5 amp

Adapun langkah pengujian dilakukan seperti dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian alat ukur pada alat solar cell

Dimana pada gambar 1 :

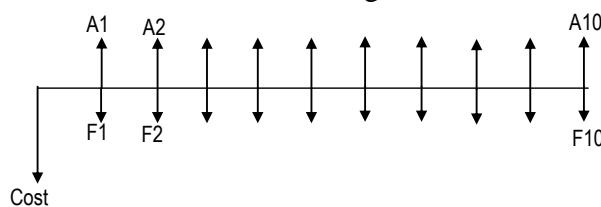
Is: Adalah besarnya intensitas cahaya matahari yang diterima solar cell

V_p dan I_p : Adalah besarnya tegangan dan arus yang keluar dari panel solar cell

V_c dan I_c : Adalah besarnya tegangan dan arus yang keluar dari system control solar cell

I_{accu}: Besarnya Arus yang tersimpan dalam battery

Pada umumnya Net Present Value (NPV) digunakan sebagai analisa finansial untuk mengevaluasi suatu sistem layak untuk dikembangkan atau tidak. NPV investasi suatu proyek adalah nilai sekarang dari seluruh pemasukan di masa yang akan datang dikurangi nilai sekarang investasi dan seluruh pengeluaran di masa yang akan datang seperti biaya operasional. Jika nilai NPV positif berarti proyek tersebut menarik untuk dikembangkan.

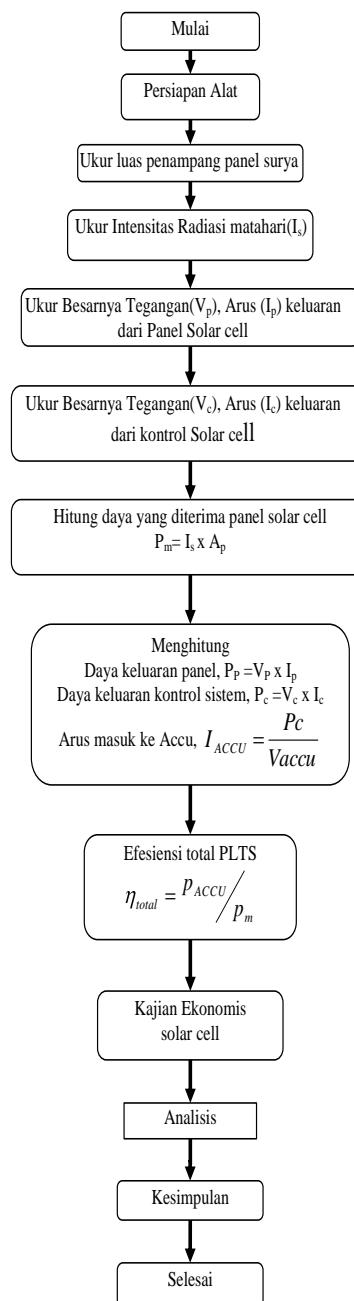


Gambar 2. Pemasukan dan pengeluaran

$$NPV = \frac{A[(1+i)^n - 1]}{i.(1+i)^n} - \frac{F}{(1+i)^n} - Cost \quad (9)$$

SEMINAR NASIONAL TAHUNAN TEKNIK MESIN (SNTTM) - VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-14 Agustus 2009



Gambar 3. Prosedur penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Di Bali terdapat daerah-daerah pemukiman terpencil yang sulit dihubungkan dengan jaringan listrik PLN, sehingga pada daerah-daerah tersebut diperlukan pembangkit listrik dari alternatif lain terutama yang bersumber dari energi yang terbarukan seperti Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Pembangkit Listrik Tenaga Surya (*Solar Home System*) diperkirakan dapat menjadi solusi alternatif sebagai penyedia listrik di desa-desa yang terpencil. Sebagai daerah tropis Bali mempunyai potensi energi surya yang tinggi. Hal ini terlihat dari radiasi harian yaitu sebesar $4,8 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$. Berarti prospek penggunaan fotovoltaik di masa mendatang cukup cerah.

Persoalan yang ada sekarang adalah harganya yang masih mahal dibandingkan dengan listrik yang dibangkitkan dengan sumber energi lain, sehingga penggunaannya sekarang terbatas hanya dalam skala kecil pada daerah-daerah yang masih sulit dijangkau oleh jaringan listrik. Usaha untuk menurunkan harga panel sel surya dapat dilakukan dengan menaikkan efisiensi (konversi) dari sel tersebut. Jika saja cell surya dapat diproduksi di Indonesia sehingga harganya bisa murah, maka pemanfaatan energi surya untuk pembangkit listrik di Bali sangat memungkinkan. Tapi sel surya (*photovoltaic cell*) masih sangat mahal dan efisiensi terbaik yang ada saat ini baru hanya 17% belum termasuk efisiensi komponen pendukung lainnya.

Intensitas dan lama penyinaran listrik di Bali, sebagai contoh diambil suatu contoh data BMG di stasiun 511014 (Tampaksiring-Gianyar) seperti Tabel 1.

Tabel 1 Intensitas dan lama penyinaran di Tampaksiring-Gianyar (BMG Stasiun 511014)

BULAN	INTENSITAS	SUNSHINE
		DURATION
	($\text{kWh/m}^2/\text{hari}$)	(%)
JAN	2.04	30.30
FEB	1.85	47.04
MAR	1.82	30.38
APR	2.04	37.42
MEI	2.08	47.28
JUN	1.95	36.72
JUL	1.94	48.62
AGU	2.20	47.00

SEMINAR NASIONAL TAHUNAN TEKNIK MESIN (SNTTM) - VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-14 Agustus 2009

SEP	2.34	48.48
OKT	2.73	44.58
NOP	1.78	35.90
DES	1.74	34.80
Rata-Rata	2.04	40.71
Minimum	1.74	30.30
Maksimum	2.73	48.62

Radiasi matahari rata-rata harian adalah

$$Is = 2,04 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$$

Lama penyinaran matahari rata-rata per hari,

$$Ts = 40,71\% \times 24 \text{ jam} = 9,77 \text{ jam/hari}$$

Efisiensi Modul Surya,

$$\eta = 11,9\% \text{ (sesuai spesifikasi yang telah terpasang di Bali)}$$

Maka daya yang dibangkitkan PLTS adalah:

$$\begin{aligned} Pm &= (2,04 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}) / (9,77 \text{ jam/hari}) \times (11,9\%) \\ &= 25 \text{ Watt/m}^2 \text{ panel_surya} \end{aligned}$$

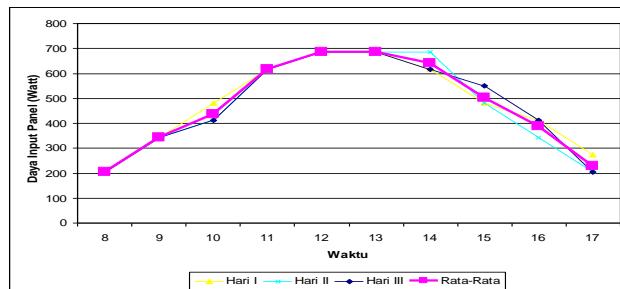
Maka untuk menghasilkan 1 MW tenaga listrik akan dibutuhkan panel surya seluas:

$$= (1.000.000 \text{ Watt}) / (25 \text{ Watt/m}^2)$$

$$= 40.000 \text{ m}^2 \text{ panel_surya}$$

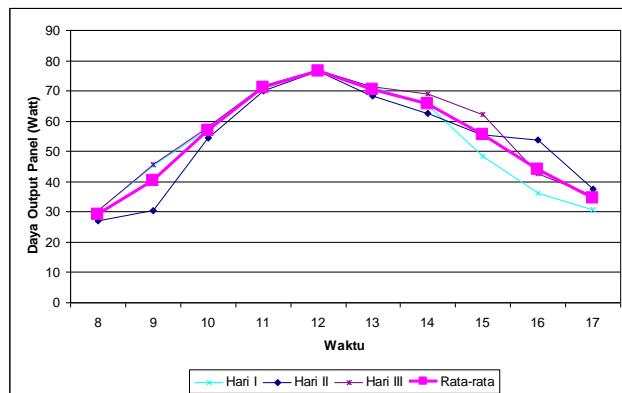
Jadi dibutuhkan panel surya yang sangat luas untuk membangkitkan tenaga listrik, hal ini disebabkan karena efisiensi panel surya masih sangat rendah dan saat ini masih terus diteliti dan dikembangkan untuk mendapatkan efisiensi yang lebih tinggi. Disamping itu harga panel surya tersebut masih cukup mahal.

Sedangkan dari hasil pengolahan data, hasil pengujian di Desa Sanapahan Kecamatan Kediri Kabupaten Tabanan, Bali, performansi PLTS tersebut adalah seperti pada Gambar 4 sampai dengan Gambar 9.



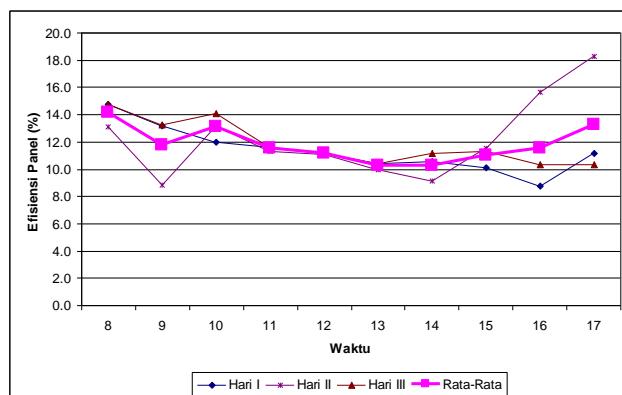
Gambar 4. Grafik Daya diterima panel solar cell (Pm) fungsi waktu (jam)

Dari grafik pada Gambar 4 dapat dilihat daya yang diterima panel solar cell dari pengujian selama 3 kali selama 10 jam penyinaran dengan luas panel 1.05 m^2 daya rata-rata sinar matahari yang diterima panel adalah 474 Watt/jam.



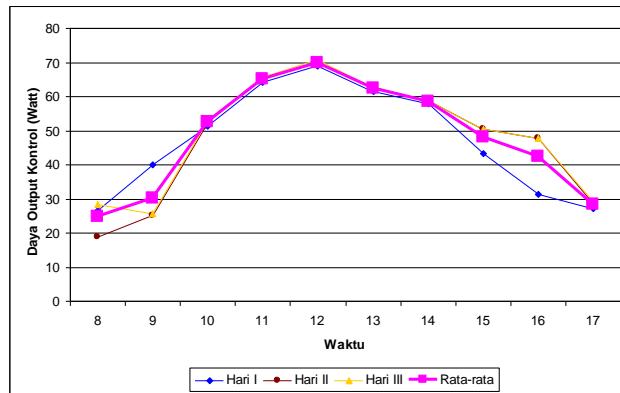
Gambar 5 Grafik Daya *out put* panel solar cell (P_p) fungsi waktu (jam)

Dari grafik pada Gambar 5 dapat dilihat daya maksimum yang dihasilkan oleh panel solar cell sekitar pukul 11.00 sampai dengan 13.00, sedangkan intensitas radiasi matahari pada pagi dan sore hari sangat rendah sehingga daya yang dihasilkan panel solar cell juga rendah. Dari pengolahan data hasil penelitian selama 3 hari didapatkan Daya rata-rata yang dihasilkan panel solar cell tersebut adalah 54 watt dan daya rata-rata maksimum yang dihasilkan adalah 77 watt berarti daya *output* panel solar cell sebesar 28% dari spesifikasi sistem solar cell yang dipasang bahwa daya puncak sebesar 275 Wattpeak.



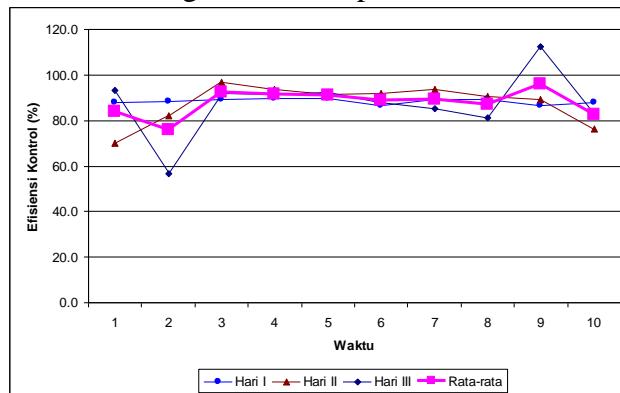
Gambar 6 Grafik Efisiensi panel (η_p) fungsi waktu (jam)

Dari pengujian yang dilakukan selama 3 hari pada Grafik 6 dapat dilihat *efesiensi panel* (\square_p) maksimum sebesar 14,2 % dan efesiensi minimum 10,2 % dengan efesiensi rata-rata 11,8%. Ini berarti efesiensi panel solar cell sesuai dengan spesifikasi pada panel yang sebesar 12,7%. (spesifikasi Mitsubishi).



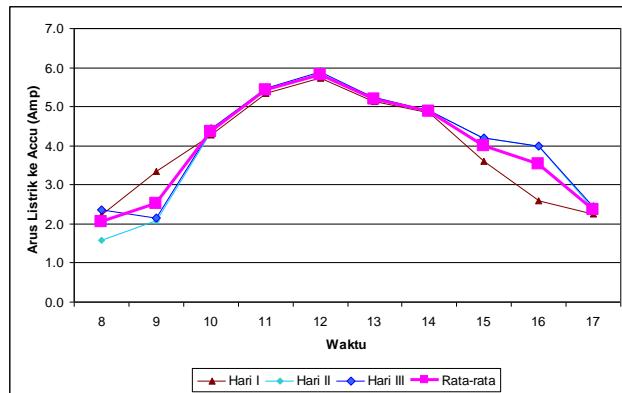
Gambar 7 Grafik Daya *out put* kontrol sistem (P_C) fungsi waktu (jam)

Dari grafik pada Gambar 7 dapat dilihat daya maksimum yang dihasilkan oleh sistem kontrol sekitar pukul 11.00 sampai dengan 13.00. Dari pengolahan data hasil penelitian selama 3 hari didapatkan daya maksimum yang dihasilkan sistem kontrol tersebut adalah 70 watt dan daya minimum yang dihasilkan adalah 25 watt, dan daya rata-ratanya adalah 48 watt, ini berarti sistem kontrol solar cell sesuai dengan spesifikasi sistem solar cell yang dipasang bahwa daya yang dihasilkan panel solar cell dikalikan dengan efesiensi panel sebesar 11%.



Gambar 8 *Efesiensi kontrol* (η_C) fungsi waktu (jam)

Dari grafik pada Gambar 8 dapat dilihat *efesiensi kontrol* (\square_c) maksimum sebesar 96,1 % dan efesiensi minimum 75,7 %, dan efesiensi rata-ratanya adalah 87,8%, berarti efesiensi sistem kontrol dianggap layak karena mendekati dengan spesifikasi pada sistem kontrol yang sebesar 90% .



Gambar 9 Grafik Arus yang masuk ke battrey (I_{Accu}) fungsi waktu (jam)

Dari grafik pada Gambar 9 dapat diketahui arus yang masuk ke battrey maksimum sebesar 5,8 Amphere dan arus minimum yang masuk kebattrey sebesar 2,1 Amphere, dan rata-ratanya adalah 4,0 Amphere.

Dari tabel data 3 kali pengujian diketahui daya total per hari, dapat dicari kapasitas battery dan banyaknya lampu TL (10 Watt) yang bisa dibebankan ke sistem . Daya output rata-rata sistem PLTS adalah:

$$P_c \text{ total} = 482 \text{ watt/hari}$$

Maka untuk kapasitas minimum battery dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Kapasitas battery} = \frac{P_c \text{ total}}{12 \text{ volt}}$$

$$\text{Kapasitas battery} = \frac{482}{12 \text{ volt}}$$

$$= 40 \text{ Ah}$$

Dari battery yang terpasang dengan kapasitas 100Ah ini berarti kapasitas battery tersebut sangat mencukupi. Untuk banyaknya lampu yang bisa dinyalakan TL 10 Watt selama 11 jam maka dapat dihitung sebagai berikut:

$$t_{nyala} = P_c \text{ rata-rata} / (H \times P_{lampa})$$

$$11 \text{ jam} = 482 \text{ watt} / (H \times 10 \text{ watt})$$

$$H = 4,8 \text{ lampu} \approx 5 \text{ Lampu}$$

Hal ini sesuai dengan informasi masyarakat setempat bahwa hanya dengan menghidupkan tiga buah lampu saja menjelang pagi hari nyala lampu tersebut sudah redup.

Dari hasil pengujian diatas maka dapat dicari ekonomis dari sistem solar cell dengan menggunakan metode deret seragam, dari spesifikasi diketahui data bahwa investasi awal sebesar Rp 27.000.000,- dengan garansi pabrik selama 25 tahun, untuk bunga yang digunakan sebesar 15 % per tahun.:

Jika lamanya penyinaran matahari rata- rata di tempat kajian di Desa Sanapahaan Kecamatan Kediri Kabupaten Tabanan diasumsikan sama dengan dikawasan Tampaksiring sebesar 41,1% per hari atau setara dengan 10 jam perhari sesuai dengan data dari BMG.. Maka dalam 1 bulan dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}P_{\text{bulan}} &= 0,482 \text{ kWh} \times 30 \text{ hari} \\&= 14,46 \text{ kWh/bulan}\end{aligned}$$

Jika dibandingkan dengan harga listrik PLN dengan sistem PB natural yaitu pelanggan tidak dikenakan biaya beban karena semua instalasi yang dipasang dibebankan kepada konsumen sebesar Rp 850,-/kWh maka *Annual* dari PLTS sebagai berikut:

$$A = 14,46 \text{ KWh/bulan} \times \text{Rp } 850/\text{kWh}$$

$$= \text{Rp } 12.291/\text{bulan}$$

$$P_0 = \text{Rp } 27.000.000,-$$

$$N = 25 \text{ Tahun} = 300 \text{ bulan}$$

$$i = 15\% \text{ p.a} = 1,25\% / \text{bulan}$$

Perawatan setiap 24 bulan untuk pengantian battery (accu) sebesar Rp 800.000,- untuk kenaikan harga Accu di bulan ke X dianggap meningkat sebesar $i\%$ sehingga harga Accu di bulan ke X sama dengan

$$F(i) = P (1+i)^X$$

Untuk banyaknya pengantian battery selama $N= 25$ Tahun (*live time*) dari PLTS adalah 12 kali, sehingga harga accu disetiap bulan ke X pengantian dapat dihitung sebagai berikut:

$$F_1 = \text{Rp } 800.000 (1+0,0125)^{24} = \text{Rp } 1.077.880,84$$

$$F_2 = \text{Rp } 800.000 (1+0,0125)^{48} = \text{Rp } 1.452.283,88$$

$$F_3 = \text{Rp } 800.000 (1+0,0125)^{72} = \text{Rp } 1.956.736,21$$

$$F_4 = \text{Rp } 800.000 (1+0,0125)^{96} = \text{Rp } 2.636.410,59$$

$$F_5 = \text{Rp } 800.000 (1+0,0125)^{120} = \text{Rp } 3.552.170,58$$

$$F_6 = \text{Rp } 800.000 (1+0,0125)^{144} = \text{Rp } 4.786.020,76$$

$$F_7 = \text{Rp } 800.000 (1+0,0125)^{168} = \text{Rp } 6.448.450,10$$

$$F_8 = \text{Rp } 800.000 (1+0,0125)^{192} = \text{Rp } 8.688.326,02$$

$$F_9 = \text{Rp } 800.000 (1+0,0125)^{216} = \text{Rp } 11.706.225,20$$

$$F_{10} = \text{Rp } 800.000 (1+0,0125)^{240} = \text{Rp } 15.772.394,81$$

$$F_{11} = \text{Rp } 800.000 (1+0,0125)^{264} = \text{Rp } 21.250.952,72$$

$$F_{12} = \text{Rp} 800.000 (1+0,0125)^{288} = \text{Rp} 28.632.493,47$$

Untuk memperjelas dari data diatas, berdasarkan diagram pada Gambar 2, maka kajian ekonomis dari sistem solar cell dengan menggunakan deret seragam dapat diturunkan sebagai berikut :

$$P(i) = A(i) \frac{\left(1+i\right)^N - 1}{i\left(1+i\right)^N} - [F_1 + F_2 + \dots + F_{12}]$$

$$P(i) = 12.291 \times \frac{\left(1+0,0125\right)^{300} - 1}{0,0125\left(1+0,0125\right)^{300}} - [0,077.880,84 + 1452283,88 + \dots + 28.632.493,47]$$

$$P(i) = (12.291 \times 78,074) - 107.960,345$$

$$P(i) = 959.608 - 107.960,345$$

$$P(i) = -\text{Rp} 107.000,737$$

Dengan P_0 atau investasi awal sebesar Rp 27.000.000,- maka nilai sekarang (NPV) dari PLTS yang terpasang di Desa Sanapahaan Kecamatan Kediri Kabupaten Tabanan sebesar:

$$(-\text{Rp} 107.000,737) + (-\text{Rp} 27.000.000)$$

$$= -\text{Rp} 134.000,737$$

Dari hasil perhitungan di atas yang menggunakan metode deret seragam diketahui bahwa pembangkit listrik tenaga surya yang terpasang ditempat kajian, di Desa Sanapahaan Kecamatan Kediri, Kabupaten Tabanan jauh dari ekonomis dibandingkan dengan investasi awal yang sebesar Rp 27.000.000,- atau disebut dengan *independent alternative*, dibandingkan dengan Listrik PLN. Namun untuk kedepan dengan penelitian yang terus menerus dilakukan untuk meningkatkan efisiensi modul panel diharapkan dapat meningkatkan nilai ekonomis PLTS.

5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian kajian teknis dan ekonomis pembangkit listrik tenaga surya di Desa Sanapahaan Kecamatan Kediri Kabupaten Tabanan selama 3 hari dengan penyinaran rata-rata selama 10 jam maka dapat diambil suatu kesimpulan sebagai berikut :

1. Daya intensitas radiasi matahari rata-rata yang sampai ditempat kajian sebesar 474 watt/m^2
2. Daya yang dibangkitkan panel solar cell rata-rata sebesar 54 watt/jam, dengan efisiensi rata-rata sebesar 11,8% dan daya yang keluar dari unit Kontrol solar cell rata-rata sebesar 94,94 watt/jam, dan efisiensinya sebesar 87%, dan daya bangkitan PLTS ditempat kajian sebesar 48 watt/hari maka lampu TL yang dapat dinyalakan selama 11 jam perhari adalah sebanyak 5 lampu (@ 10 watt) dari 15 lampu yang terpasang.

SEMINAR NASIONAL TAHUNAN TEKNIK MESIN (SNTTM) - VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-14 Agustus 2009

3. Dari segi ekonomis dibandingkan dengan harga listrik PLN, pembangkit listrik tenaga surya kurang ekonomis dengan hasil nilai sekarang (NPV) sebesar -Rp 134.000.737 dengan investasi yang dilakukan sebesar Rp 27.000.000,- untuk satu unit PLTS.
4. Karena PLTS saat ini masih sangat tidak ekonomis, maka PLTS hanya cocok untuk daerah-daerah yang jauh dari jangkauan PLN, dan sulit mendapatkan sumber energi alternatif lainnya.

Acknowledgements

Artikel ini disajikan sebagai tanggung jawab penulis atas Penelitian DIPA Udayana Tahun 2009 yang telah diberikan. Melalui kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada Jurusan Teknik Mesin FT-UNUD atas biaya perjalanan yang diberikan. Terakhir salam sejahtera buat rekan-rekan di BKSTM.

Daftar Pustaka

- [1] Arismunandar, Wiranto, 1995, *Teknologi Rekayasa Surya*, PT. Pradnya Paramita. Jakarta.
- [2] Blank, Leland and Anthony Tarquin, 1985. *Engineering Economy*, 2ed, MC Graw-Hill Book Co., Singapore
- [3] Cooper, P,I, 1969, *The Absorption of Radiation in Solar Stills*, Solar Energy
- [4] Duffie, J,A dan William A, Becman, 1974, *Solar Engineering of Thermal Process*, New York
- [5] Donal, Rapp, 1981, *Solar Energy*, Prentice – Hall Inc, Englewood Cliffs, New Jersey.
- [6] Erbs, D.G. S,A Klein, dan J,A Duffie, 1982, *Estimation of The Diffuse Radiation Fraction for Hourly, Daily, and Monthly Average Global Radiation*, Solar Energy
- [7] Hay, J,E, 1979, *An Analysis of Solar Radiation for British Columbia*, Rab Bulletin, 14 British Columbia , Ministry of Environment
- [8] Sub – Dinas Pertambangan, 2005, *Profil Energi Bali*, Dinas Pekerjaan Umum, Propinsi Bali
- [9] Streeter V.L. and Wylie E.B., 1975, *Fluid Mechanics*, 6th edition, McGraw-Hill Book Company, New York.