

**KAJIAN ASPEK TEKNIS DAN ASPEK BIAYA INVESTASI PROYEK
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA
PADA ATAP BETON GEDUNG
(Studi Kasus RS Mitra Keluarga Kenjeran Surabaya)**

Subekti Yuliananda

Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
email: sipil@untag-sby.ac.id

Abstrak

RS Mitra Keluarga Kenjeran merupakan salah satu rumah sakit yang terletak di kota Surabaya bagian Timur. Rumah Sakit ini mendapatkan suplai dari PLN dengan kebutuhan beban serempak sebesar 655,305 kW. Tingginya pemakaian beban dan potensinya sinar matahari pada siang hari dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik dengan memanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Namun adanya keterbatasan lahan dalam penempatan panel surya sebagai salah satu komponen dari PLTS menjadikan kendala tersendiri, sehingga dicoba melakukan kajian dengan memanfaatkan atap beton gedung RS Mitra Keluarga Kenjeran Surabaya sebagai tempat panel surya. PLTS yang akan dikembangkan ini direncanakan untuk dapat mensuplai 30% dari kebutuhan beban listrik dengan sistem sebagai tenaga listrik tambahan. Besar energi yang dibangkitkan PLTS direncanakan sebesar 53,3 kWp, yang dihasilkan dari panel surya sebanyak 180 buah dengan kapasitas panel surya 300 Wp. Biaya energi PLTS dengan panel surya 300 Wp adalah Rp. 13.100/kWh. Analisis kelayakan investasi dilakukan dengan menggunakan NPV, PI dan *Discounted Payback Period* (DPP) untuk menentukan hasil bahwa investasi PLTS layak untuk dilaksanakan. Hasil analisa NPV menunjukkan nilai positif Rp. 4.631.532,-, sedangkan hasil analisa PI menunjukkan nilai positif 1,0025 dan *Discounted Payback Period* (DPP) masih dibawah umur proyek 25 tahun yaitu 24 tahun 8 bulan. Simpulan dari kajian ini adalah investasi proyek PLTS pada RS Mitra Keluarga Kenjeran Surabaya berdasarkan aspek teknis dan aspek biaya layak dilaksanakan, namun demikian perlu ada kajian aspek sosial lingkungannya.

Kata kunci : PLTS, LCC, NPV, RS

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

RS. Mitra Keluarga Kenjeran Surabaya merupakan suatu rumah sakit yang baru diresmikan bulan desember 2013 dengan fasilitas yang cukup lengkap, berlokasi di daerah timur Kota Surabaya. Untuk aktivitasnya diperlukan energi listrik yang disuplai dari PLN sebesar 865 KVA dengan trafo terpasang 1.000 KVA sedang pemakaian daya serempak sebesar 770,948 KVA atau setara 655,305 kWatt. Pada siang hari sumber energi matahari sangat potensi jika dimanfaatkan sebagai sumber pembangkit listrik dengan mengaplikasikan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Namun demikian keterbatasan lahan tanah sebagai penempatan panel surya sebagai salah satu komponen PLTS merupakan salah satu kendala tersendiri. Lantai atap

gedung RS Mitra Keluarga Kenjeran Surabaya saat ini belum dimanfaatkan untuk itu dapat dipakai sebagai alternatif penempatan panel surya hanya perlu kajian lebih dahulu.

Apabila pemakaian energi listrik dikaitkan dengan potensi insolasi sinar matahari disekitar RS. Mitra Keluarga Kenjeran Surabaya, maka hal itu memperlihatkan bahwa RS. Mitra Keluarga Kenjeran Surabaya layak untuk memanfaatkan sumber listrik yang bersumber dari energi terbarukan.

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan suatu sumber energi listrik terbarukan (*renewable*) yang dicanangkan pemerintah dengan Peraturan Presiden No. 5 tahun 2006 dengan memanfaatkan insolasi sinar matahari. Di Surabaya pada siang hari sinar matahari sangat melimpah dengan intensitas cukup

tinggi belum banyak dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik terutama untuk gedung, dengan asumsi 30% dari pemakaian daya listrik serempak pada gedung dapatkah digantikan dengan listrik tenaga surya.

1.2. Rumusan Masalah

Penelitian ini dititik beratkan pada permasalahan pada bagaimana kelayakan investasi proyek pembangkit listrik tenaga surya pada atap beton gedung dilihat dari aspek teknis dan aspek biaya.

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian adalah mengetahui kelayakan investasi proyek pembangkit listrik tenaga surya pada atap beton yang dikaji menggunakan aspek teknis dan aspek biaya.

II. LANDASAN TEORI

2.1. Fungsi Jalan

Analisa baik kualitatif maupun kuantitatif yang bersifat menyeluruh dan mendalami segala aspek kelayakan proyek dikenal dengan istilah kajian. Kajian harus dapat menyuguhkan hasil analisis secara kuantitatif tentang manfaat yang akan diperoleh dibandingkan dengan sumber dana yang diperlukan.

Aspek-aspek kajian yang perlu ditinjau antara lain aspek teknis, aspek manajemen operasional, aspek ekonomi dan finansial dan lain sebagainya. Aspek Finansial merupakan aspek utama tentang perbandingan antara pengeluaran dengan pemasukan uang (*return*) dalam suatu proyek. Dalam pengkajian aspek finansial digunakan aliran kas (*Cash Flow*) sebagai model, selanjutnya adalah menganalisis aliran kas tersebut dengan memakai metode dan kriteria yang dipakai secara luas untuk memilah-milah mana yang dapat diterima dan mana yang akan ditolak.

Maksud dan tujuan kajian adalah agar proyek yang layak yang dapat dilanjutkan

karena terbatasnya sumber-sumber yang tersedia dan dapat dipertanggung jawabkan secara finansial.

2.1.1 Aspek Finansial

Menurut Adler (1982) tujuan dari analisis finansial adalah apakah suatu proyek secara finansial mampu untuk hidup, apakah mampu untuk memenuhi kewajiban kewajiban finansialnya dan bisa menghasilkan imbalan yang layak atau modal yang diinvestasikan dapat kembali.

Didalam analisis finansial selalu digunakan harga pasar untuk mencari nilai sebenarnya dari barang dan jasa dimana dalam analisis ditekankan adalah *Privat and Return* dari beberapa komponen seperti biaya, pendapatan dan tingkat suku bunga.

2.1.2 Kriteria Penilaian Investasi

Dalam analisis finansial ada beberapa kriteria yang digunakan dalam menentukan diterima atau tidaknya suatu usulan investasi. Dalam semua kriteria itu, baik manfaat (*benefit*), maupun biaya (*cost*) dinyatakan dalam nilai sekarang (*Present Net Value*), dan masing masing kriteria mempunyai keunggulan dan kelemahan (Giatman, 2006). Terdapat beberapa metode dalam mengevaluasi kelayakan investasi yang umum dipakai antara lain : Metode *Net Present Value* (NPV), Metode *Annual Equivalent* (AE), Metode *Internal Rate of Return* (IRR), Metode *Benefit Cost Ratio* (BCR) dan Metode *Payback Period* (PBP).

Metode *Payback Period* pada dasarnya bertujuan untuk mengetahui seberapa lama investasi akan dapat dikembalikan sat terjadinya kondisi pokok pulang (*break event point*). Metode *Annual Equivalent* konsepnya kebalikan dari NPV (seluruh aliran cash ditarik dalam bentuk present), dimana aliran cash akan didistribusikan secara merata pada periode sepanjang umur investasi. Hasil distribusi yang merata menghasilkan pendapatan per tahun atau *Annual Equivalent* (AE).

2.2 Aspek Teknis

Kajian dilakukan untuk mendapatkan spesifikasi teknis dari proyek tersebut sehingga proyek yang dilaksanakan sesuai perencanaan. Dalam penelitian ini aspek teknis yang diperlukan untuk mendapatkan perencanaan teknis ditinjau dari teknik sipil dan teknik elektro, dimana dalam teknik sipil yang dibahas mengenai fungsi dan manfaat atap datar beton terutama luasan dan pembebanannya, sedangkan bidang teknik elektro mengenai kebutuhan luasan panel dan daya yang dihasilkan.

2.2.1 Pembebanan Atap

Atap merupakan bagian dari struktur bangunan gedung yang letaknya berada dibagian paling atas, dan berfungsi sebagai penutup/pelindung bangunan dari panas terik matahari, debu, hujan, angin dan binatang buas serta keamanan sehingga memberikan kenyamanan bagi penggunaan bangunan. Struktur atap pada umumnya terdiri dari tiga bagian utama yaitu : struktur penutup atap, gording dan rangka kuda-kuda. Struktur atap pada umumnya juga dibuat dengan mengikuti atau menyesuaikan dengan denah atau bentuk keseluruhan bangunan. Oleh karena itu, sebuah atap harus benar-benar kokoh/kuat dan kekuatannya tergantung pada struktur pendukung atap. Mengacu pada kondisi iklim perancangan atap yang baik ditentukan 3 faktor, yakni jenis material, bentuk/ukuran, dan teknik pengerjaan. Atap yang kuat harus mampu menahan besarnya beban yang bekerja pada elemen struktur atap. Ada 3 jenis beban yang bekerja pada atap yaitu: 1). beban berat sendiri (bahan rangka, penopang rangka, dan penutup atap); 2). beban angin tekan dan angin hisap, dan; 3). beban bergerak lain (berat manusia saat pemasangan dan pemeliharaan).

2.2.1.1 Bentuk Atap Berdasarkan Kemiringan

1. Atap Datar (Kemiringan 0° - 4°)
2. Atap Miring, (tinggi atap sama dengan /lebih dari setengah lebar bangunan)

2.2.1.2 Atap Datar Beton

Atap ini terbuat dari kombinasi besi dan beton, penerapannya biasanya pada rumah-rumah modern minimalis dan kontemporer gedung bertingkat baik gedung perkantoran maupun gedung super mall. Karena konstruksinya kuat, atap ini dapat digunakan sebagai tempat beraktivitas, selain mempunyai fungsi utama sebagai pelindung dan kenyamanan penghuninya juga difungsikan sebagai helikopter pad, penempatan tower, taman.

2.2.2 Luasan Panel Surya

Panel Surya merupakan komponen yang berfungsi untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Panel ini tersusun beberapa sel surya yang dihubungkan secara seri maupun paralel. Sebuah panel surya umumnya terdiri dari 32-40 sel surya, tergantung ukuran (Quaschning, 2005) sehingga gabungan dari panel-panel akan membentuk suatu array yang mempunyai luasan tertentu, tergantung dari ukuran panelnya.

2.3 Kapasitas PLTS

Kapasitas PLTS merupakan aspek teknis dibidang elektro yang mencakup perhitungan jumlah panel surya, daya yang dibangkitkan PLTS dan inverter.

2.3.1 Jumlah Panel

Untuk menghitung jumlah panel surya sebagai salah satu komponen PLTS, (Nafek, 2009) menyatakan bahwa daya (*Watt peak*) dari PLTS dapat dihitung berdasarkan persamaan-persamaan berikut ini.

1. Area Array (*PV Area*)

Area Array merupakan luasan dari jumlah sel surya yang akan dibangkitkan.

Pada panel surya bahwa setiap kenaikan temperatur 1°C akan mengakibatkan daya yang dihasilkan oleh panel surya berkurang sekitar 0,5% (Foster dkk, 2010).

2. Daya Bangkitan PLTS

Energi listrik yang dibangkitkan dinamakan daya bangkitan (P Watt peak).

Dari daya bangkitan PLTS dapat dihitung jumlah panel.

2.3.2 Inverter

Inverter merupakan komponen PLTS yang mengubah tegangan dc (*direct current*) menjadi tegangan ac (*alternating current*), karena fungsinya hanya mengubah sehingga daya yang disalurkan mendekati daya dari PLTS, hal ini dimaksudkan agar mendapatkan efisien yang maksimal dari inverter.

2.4 Biaya Proyek PLTS

2.4.1 Biaya Siklus Hidup (*Life Cycle Cost*)

Biaya siklus hidup suatu sistem adalah semua biaya yang dikeluarkan oleh suatu sistem selama kehidupannya. Pada sistem PLTS Biaya siklus hidup (LCC) ditentukan oleh nilai sekarang dari biaya total sistem PLTS yang terdiri dari biaya investasi awal, biaya jangka panjang untuk pemeliharaan dan operasional serta biaya penggantian baterai (Kolhe dkk, 202; Foster dkk, 2010).

Nilai sekarang biaya tahunan yang akan dikeluarkan beberapa waktu mendatang (selama umur proyek) dengan jumlah pengeluaran yang tetap.

2.4.2 Faktor Diskonto (*Discount Factor*)

Perbandingan yang valid antara penerimaan-penerimaan di masa mendatang dengan pengeluaran dana sekarang adalah hal yang sulit dilakukan karena ada perbedaan nilai waktu uang. Masalah ini dapat diatasi dengan menggunakan konsep waktu uang (*Time Value of Money*). Berdasarkan konsep tersebut maka penerimaan-penerimaan di masa mendatang didiskontokan ke nilai sekarang sehingga dapat dibandingkan dengan pengeluaran saat ini.

Faktor diskonto (*Discount Factor*) adalah faktor yang digunakan untuk menilaisekarangkan penerimaan-

penerimaan di masa mendatang sehingga dapat dibandingkan dengan pengeluaran pada masa sekarang (Halim, 2009). Sedangkan tingkat diskonto yang digunakan untuk menilaisekarangkan penerimaan-penerimaan tersebut dapat berupa tingkat suku bung pasar (tingkat suku bunga bank).

2.5 Biaya Energi (*Cost of Energy*)

Biaya energi merupakan perbandingan antara biaya total per tahun dari sistem energi yang dihasilkannya selama periode yang sama (Wengqiang dkk., 2004). Dilihat dari sisi ekonomi, biaya energi PLTS berbeda dari biaya energi untuk pembangkitan konvensional (Nafeh, 2009). Hal ini karena biaya energi PLTS, dipengaruhi oleh biaya-biaya seperti :

- a) Biaya investasi awal yang tinggi.
- b) Tidak ada biaya bahan bakar.
- c) Biaya operasional dan pemeliharaan.
- d) biaya penggantian rendah.

2.6 Analisis Sensitivitas

Analisis ini berguna untuk mengetahui sejauh mana dampak parameter investasi yang telah ditetapkan boleh berubah karena adanya faktor situasi dan kondisi selama umur investasi, sehingga perubahan tersebut hasilnya akan berpengaruh secara signifikan pada keputusan yang telah diambil. Dalam kenyataannya terdapat perubahan-perubahan dan fluktuasi harga dapat diabaikan dan tidak akan mengubah keputusan evaluasi yang diambil sebelumnya. Batasan nilai perubahan tersebut yang akan mampu merubah kembali keputusan sebelumnya disebut dengan dengan tingkat sensitivitas dari parameter yang diuji.

Analisis sensitivitas dapat ditinjau atas dua perspektif yaitu : sensitivitas terhadap dirinya sendiri dan alternatif lain.

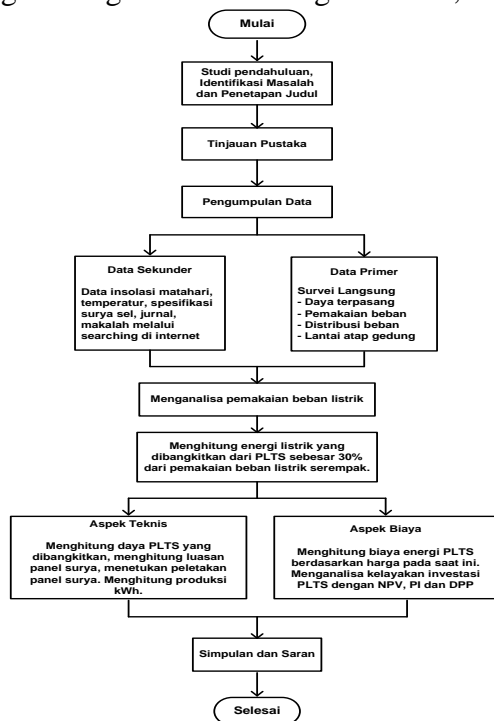
III. METODE PENELITIAN

3.1 Prosedur Penelitian

Dalam penelitian ini yang pertama dilakukan adalah identifikasi masalah dan tujuan penelitian yang ada distudi dan didukung dengan literatur-literatur yang ada kaitannya dengan permasalahan. Setelah itu dilakukan pengumpulan data dan informasi, baik yang didapat langsung dari lapangan maupun segala bentuk informasi yang didapat dari pengurus Rumah Sakit Mitra Keluarga Kenjeran Surabaya. Pengumpulan data primer terdiri dari data pemakaian energi listrik pada RS Mitra Keluarga Kenjeran Surabaya dan luas atap dari gedung.

3.2 Kerangka Analisis Pemecahan Masalah

Kerangka pembahasan penelitian ini secara garis besar dapat digambarkan dalam bagan alir gambar 3.1 sebagai berikut;



Gambar 3.1 Diagram Alir Prosedur Penelitian

3.3 Rancangan Penelitian

Perkiraan terhadap penyediaan atau kebutuhan lahan penempatan panel surya harus didasarkan kepada data atau informasi yang dapat dipertanggung jawabkan. Tahap awal yang penting seperti juga fasilitas lainnya adalah penetapan definisi dan tujuan survei yang juga masuk

dalam analisis pemakaian energi listrik PLTS. Dalam melaksanakan survei, beberapa informasi yang dibutuhkan adalah :

- Kapasitas lokasi panel dan karakteristik fasilitasnya (atap gedung).
- Pemanfaatan fasilitas yang sudah ada serta karakteristiknya.
- Keberadaan panel-panel listrik yang sudah ada.

3.4 Perolehan Data

Perolehan data dilaksanakan di suatu lokasi yang ditetapkan untuk memperoleh gambaran secara jelas mengenai perkiraan nilai-nilai datanya. Terdapat 2 (dua) survei yang dilakukan untuk memperoleh data : Survei Pengamatan Langsung di Lapangan yaitu *Cordon Counts* dan Survei Inventarisasi Energi Listrik.

3.4.1 Survei Kordon (*cordon count*)

Survei pengamatan langsung di lapangan menggunakan survei *cordoncount*. Pada metoda ini daerah studi dibatasi cordon area. Energi Listrik yang dipakai pada Rumah Sakit secara umum, kemudian yang dikelompokkan pada sub panel pada ruangan-ruangan. Pelaksanaan survei dilakukan dengan cara manual maupun cara otomatis, pemilihannya mempertimbangkan sumber daya dan dana. Secara rinci data yang bisa diperoleh adalah :

- Jumlah daya energi listrik.
- Tingkat pemakaian energi listrik masing-masing panel.

Salah satu cara yang termudah diterapkan untuk mengetahui energi listrik dengan menghitung besar pengaman dan pemakaian energi listrik perhari-harinya, sehingga didapat data pemakaian energi listrik rata-ratanya.

3.4.2 Survei Inventarisasi Daya Terpasang

Bentuk inventarisasi ini yang diharapkan adalah dengan mengumpulkan data daya terpasang selengkap mungkin di daerah studi. Agar mengenali keadaannya

diperlukan denah dan dalam denah tersebut dituangkan informasi selengkap mungkin, mencatat berbagai fasilitas yang ada pada saat ini, termasuk juga kemungkinan pengembangannya. Lokasi yang mungkin dijadikan tempat akan masuk di dalam pembahasan.

3.5 Pengumpulan Data

Penentuan sumber data dapat bersifat primer dan sekunder. Kedua data tersebut dilakukan pada saat kondisi sekarang atau data terbaru. Ketelitian dan kesahihan data perlu diteliti jikalau adanya kemungkinan kesalahan karena baik karena adanya perubahan fungsi lahan dan *data base* yang telah dikumpulkan.

3.6 Lokasi dan Waktu Survei

Dalam metode survei, lokasi survei di Rumah Sakit Mitra Keluarga Kenjeran Surabaya dengan pencatatan data direncanakan menggunakan kertas formulir survei, alat tulis, watt meter. Waktu survei adalah selama waktu operasional rumah sakit dimulai pukul 08.00-22.00 WIB.

3.7 Analisis Data

Analisis data yang dilakukan dengan mengolah data berdasarkan aspek teknis dan aspek biaya sebagai berikut :

1. Menghitung energi listrik yang akan disuplai dari PLTS, energi PLTS yang dikembangkan direncanakan sebesar 30% dari pemakaian beban listrik PLN.
2. Menghitung daya yang dibangkitkan PLTS meliputi :
 - a. Menghitung Area Array
 - b. Menghitung daya yang dibangkitkan
3. Menghitung kapasitas komponen
 - a. Menghitung jumlah panel surya
 - b. Menghitung kapasitas inverter
4. Menentukan Pemasangan panel surya
5. Menghitung kWh produksi PLTS
6. Menghitung biaya energi PLTS berdasarkan harga saat ini, kemudian menghitung kelayakan biaya investasi PLTS menggunakan metoda NPV, PI dan DPP.

Menghitung biaya energi PLTS meliputi :

- a. Biaya Siklus Hidup (LCC)
- b. Faktor Pemulihan Modal
- c. Biaya energi PLTS

Menganalisa kelayakan investasi PLTS dengan cara :

- a. Mengitung NPV
- b. Menghitung PI
- c. Menghitung DPP

7. Membuat simpulan dan saran.

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum RS Mitra Keluarga Kenjeran.

RS Mitra Keluarga Kenjeran merupakan Rumah Sakit yang ke 11 dari RSMK Group yang diresmikan bulan Desember 2013, dengan menempati lahan 4 ha didaerah kenjeran, fasilitas yang ada 1. Diagnostik Canggih (Angiografi, Laparaskopi, Endoskopi : gastroskopi dan kolonoskopi anak dan dewasa, Treadmill, EEG (rekam otak), MRI 1,5 Tesla HDxt, CT Scan 64 Slices, USG 4D); 2. Farmasi/Apotek 24 jam; 3. Hemodialisa; 4. Kamar Bersalin; 5. Kamar Operasi; 6. Kamar Bayi; 7. Laboratorium; 8. Ruang Perawatan Khusus; 9. Klinik pesialis; 10. Radiologi; 11. UGD dan ambulance; 12. Ruang Perawatan (SVIP, VIP, Kelas I Utama, Kelas I Umum/ Kebidanan/ anak, Kelas IIA Umum / kebidanan/ anak, Kelas II Umum /kebidanan/anak, Kelas IIIA Umum/kebidanan/anak, Kelas III Umum/kebidanan/anak)

4.1.1 Sistem Kelistrikan

RS. Mitra Keluarga Kenjeran mendapatkan suplai energi listrik dari PLN dengan kapasitas trafo terpasang sebesar 1000 KVA, penyambungan daya listrik sebesar 865 KVA, selain itu masih dipergunakan Generator sebagai energi listrik cadangan apabila terjadi pemadaman listrik dari PLN sebesar 2 x 500 KVA.

Pengoperasian antara suplai dari PLN atau Genset dilakukan secara manual dengan menggunakan *Change Over Swith* (COS).

Kebutuhan beban listrik sebesar 770,948 KVA atau setara 655,305 KWatt dengan asumsi power faktor yang diijinkan PLN sebesar 0,85.

Pembagian beban berdasarkan lokasi terdiri dari Ruang Utility, Lantai 1, Lantai 2, Lantai 3, Lantai 4, Lantai 5, Lantai 6, Lantai 7 dan Lantai Atap.

Tabel 4.1 Sistem Beban Listrik RS Mitra Keluarga Kenjeran

NO	LOKASI	KLASIFIKASI BEBAN	BEBAN TERSAMBUNG (VA)	FAKTOR BEBAN	KEBUTUHAN BEBAN (VA)
1	R. Utility	P. Utility	3.500	0,9	3.150
		P. Lp. Taman	5.000	0,9	4.500
		P. STP	15.000	0,8	12.000
		P. Fire Pump	75.000	1,0	75.000
		P. Pompa	15.000	1,0	15.000
		P. Lift	300.000	1,0	300.000
2	Lantai 1	PP. Lt. 1	12.000	0,8	9.600
		P. AC. 1	3.195	0,8	2.556
		P. R. Gas	13.000	0,8	10.400
3	Lantai 2	P. AC. 2	92.360	0,8	73.888
		PP. Lt. 2	32.784	0,8	26.227
		P. Flourscopy	75.000	0,8	60.000
		P. CT-Scan	100.000	0,8	80.000
		P. MRI	125.000	0,8	100.000
4	Lantai 3	PP. Lt. 3	33.450	0,8	26.760
		P. Angiography	125.000	0,7	87.500
5	Lantai 4	P. AC. 4	260.125	0,8	208.100
		P. Lt. 4	20.890	0,8	16.712
6	Lantai 5	PP. Lt. 5	20.890	0,8	16.712
7	Lantai 6	PP. Lt. 6	19.770	0,8	15.816
8	Lantai 7	P. AC. 7	169.580	0,8	135.664
		PP. Lt. 7	2.000	0,8	1.600
9	Lantai Atap	PP. Press Fan	5.000	1,0	5.000
Jumlah Beban			1.110.044		963.685

Sumber : Tabel Skedul beban Listrik RS. Mitra Keluarga Kenjeran

4.1.2 Lantai Atap RS Mitra Keluarga Kenjeran

Gedung RS Mitra Keluarga Kenjeran terdiri dari 7 lantai dengan 1 lantai atap, dimana lantai 1 sampai lantai 7 dipergunakan sesuai fungsinya, Pada lantai atap seperti gambar 4.1 belum sepenuhnya dipergunakan sehingga masih berupa lantai atap beton cor lapangan, luas keseluruhan dapat dihitung sebagai berikut : dari luas atas seperti gambar 4.1 dibagi menjadi tiga bagian yaitu luas atap sisi selatan luas atap sisi utara dan luas atap tengah dimana luas atap tengah ini dikosongkan. Luas atap sisi utara adalah : $30 \text{ m} \times 18,5 \text{ m} = 555 \text{ m}^2$; luas atap sisi selatan adalah : $52,5 \text{ m} \times 16,5 \text{ m} =$

$866,25 \text{ m}^2$; luas atap sisi tengah adalah : $15 \text{ m} \times 24 \text{ m} = 360 \text{ m}^2$ sehingga total luas atap ini $1.781,25 \text{ m}^2$.

4.1.3 Pembebanan Atap

Pembebanan didasarkan atas Pedoman Pembebanan tahun 1983 dimana untuk atap cor pembebanannya minimal harus $>100 \text{ kg/m}^2$, sehingga untuk luas atap sisi utara dapat dibebani sebesar $555 \times 100 = 55.500 \text{ kg}$, lantai atap sisi selatan mampu dibebani sebesar $866,25 \times 100 = 86.625 \text{ kg}$, sedangkan lantai atap tengah dikosongkan. Berdasarkan spesifikasi pabrik bahwa berat panel surya 300 Wp sebesar 25 kg, sehingga lantai atap sisi selatan yang terdiri dari 120 panel beratnya adalah $120 \times 25 \text{ kg} = 3.000 \text{ kg}$ dengan rak penyangga 50% dari berat *array* panel sebesar $50\% \times 3.000 \text{ kg} = 1.500 \text{ kg}$, total berat pembebanan pada lantai atap sisi selatan adalah $3.000 + 1.500 \text{ kg} = 4.500 \text{ kg}$ masih lebih kecil dibandingkan kemampuan menahan bebannya sebesar 86.625 kg. Untuk lantai sisi utara dengan jumlah panel 60 panel beratnya $60 \times 25 \text{ Kg} = 1.500 \text{ kg}$ dengan berat penyangga 50% dari berat *array* panel sebesar $50\% \times 1.500 \text{ kg} = 750 \text{ kg}$, total berat pembebanan pada lantai sisi utara adalah $1.500 + 750 = 2.250 \text{ kg}$ masih lebih kecil dibanding kemampuan atap beton menahan bebannya sebesar 55.500 kg. Dengan demikian menunjukkan bahwa atap beton gedung RS Mitra Keluarga Kenjeran Surabaya layak untuk penempatan panel surya sebagai investasi proyek PLTS.

4.2 Perencanaan PLTS

4.2.1 Menghitung Energi Listrik yang akan disuplai dari PLTS

Direncanakan energi listrik dari PLTS untuk mensuplai RS Mitra Keluarga Kenjeran sebesar 30 % dari kebutuhan energi listrik serempak sebesar 655,31 kWh per hari. Besar pemakaian energi listrik (E_L) yang akan disuplai oleh PLTS adalah 196,59 kWh.

4.2.2 Daya yang dibangkitkan PLTS (*Watt peak*)

4.2.2.1 Menghitung Area Array (PV Area)

Luas area array dihitung dengan mempergunakan rumus sebagai berikut

$$PV = \frac{E_L}{Gav \times \eta_{pv} \times \eta_{out} \times TCF}$$

Besar pemakaian energi listrik (E_L) rumah sakit yang akan disuplai oleh PLTS adalah sebesar 196,59 kWh. Nilai insolasi harian matahari (Gav) di Surabaya sebesar 4,29 kWh/m² dengan nilai rendah diharapkan agar PLTS pada kondisi minimal sinar matahari masih dapat memenuhi besar kapasitas energi listrik yang dibangkitkan. Efisiensi panel surya (η_{pv}) berdasarkan acuan panel surya 300 Wp sebesar 12 %.

Temperatur paling maksimum pada wilayah Surabaya khususnya di daerah Kenjeran adalah 34 °C, dengan demikian memperlihatkan ada peningkatan suhu dari temperatur standarnya 25 °C sebesar 9 °C pada panel surya.

Besarnya energi listrik di sekitar panel surya dengan kenaikan suhu sebesar 9 °C dari temperatur standarnya dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_{\text{saat } t \text{ } 34 \text{ } ^\circ\text{C}} &= 0,5\% / ^\circ\text{C} \times P_{\text{MPP}} \times \text{naiknya} \\ &\quad \text{temperatur } (^\circ\text{C}) \\ &= 0,5\% / ^\circ\text{C} \times 300 \text{ W} \times 9 \text{ } ^\circ\text{C} \\ &= 13,5 \text{ W} \end{aligned}$$

Energi Listrik keluaran maksimum panel surya pada saat temperatur naik 34 °C, dapat dihitung dengan rumus besarnya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_{\text{MPP saat naik } t^\circ\text{C}} &= P_{\text{MPP}} - P_{\text{saat } t \text{ naik } ^\circ\text{C}} \\ P_{\text{MPP saat } 34^\circ\text{C}} &= 300 \text{ W} - 13,5 \text{ W} \\ &= 286,5 \text{ W} \end{aligned}$$

Nilai TCF berdasarkan hasil perhitungan daya keluaran maksimum panel surya pada saat temperatur naik menjadi 34°C adalah 0,955. PLTS yang dikembangkan di RS Mitra Keluarga Kenjeran dilengkapi dengan inverter maka nilai untuk η_{out} ditentukan berdasarkan efisiensi inverter yaitu sebesar 0,9.

Dengan sudah diketahuinya E_L , Gav , η_{pv} , TCF dan η_{out} maka PV area dapat dihitung 444,27 m²

4.2.2.2 Menghitung Daya yang dibangkitkan PLTS (Watt peak)

Besar daya yang dibangkitkan PLTS dalam Watt peak dapat dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$P_{\text{Watt peak}} = \text{area array} \times \text{PSI} \times \eta_{pv}$$

Dimana *Peak Sun Insolation* (PSI) diambil dari spesifikasi panel surya adalah 1000 W/m² dan η_{pv} merupakan efisiensi panel surya sebesar 12% dengan area array sebesar 444,27 m² maka :

$$\begin{aligned} P_{\text{Watt peak}} &= 444,27 \text{ m}^2 \times 1000 \text{ W/m}^2 \times 0,12 \\ &= 53.312,5 \text{ Watt peak} \end{aligned}$$

4.2.3 Menghitung Kapasitas Komponen PLTS

4.2.3.1 Menghitung Jumlah Panel Surya

Panel surya merupakan komponen dasar yang dipergunakan sebagai pengubah nilai insolasi matahari menjadi listrik. Panel surya yang dipakai sebagai penelitian mempunyai spesifikasi PMPP sebesar 300 Wp per panel. Sehingga jumlah panel surya yang diperlukan PLTS dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Panel Surya} &= P_{\text{Watt peak}} / \text{PMPP} \\ &= 53.312,5 / 300 \\ &= 177,71 \\ &= 178 \text{ panel surya} \end{aligned}$$

Kebutuhan energi listrik RS Mitra Keluarga Kenjeran saat ini disuplai oleh PLN dengan kapasitas daya sebesar 865 KVA dengan didapat dari trafo 3 fasa dengan daya 1000 KVA, karena menggunakan jaringan 3 fasa maka harus dijaga keseimbangan instalasi dan pemakaian beban di setiap fasanya. Untuk itu PLTS sebagai sumber tambahan energi listrik juga harus menyesuaikan agar keseimbangan masing-masing fasa terjaga dengan cara membagi 3 sistem satu fasa dengan jumlah panel pada masing-masing fasa sebanyak 59 panel. Penyusunan panel surya secara array dengan jumlah 59 buah panel surya sulit dilakukan, maka jumlah panel surya untuk menyusun array satu fasa dijadikan 60 panel, sehingga total panel surya yang diperlukan untuk 3 fasa sebanyak 180 panel. $P_{\text{watt peak}}$ PLTS

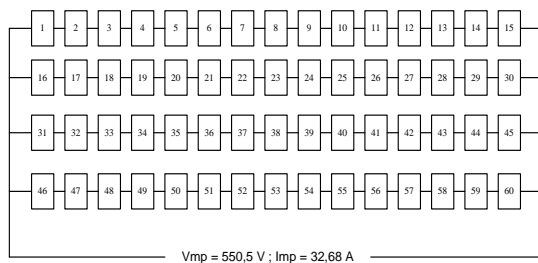
dengan jumlah panel surya sebanyak 180 panel adalah sebesar :

$$\begin{aligned} P_{\text{watt peak}} &= \text{PMPP} \times \text{Jumlah panel surya} \\ &= 300 \text{ W} \times 180 \\ &= 54.000 \text{ Watt peak} \end{aligned}$$

$P_{\text{watt peak}}$ sebesar 54.000 W maka luas area array dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Area PLTS} &= \frac{P_{\text{Watt peak}}}{\text{PSI} \times \eta_{\text{pv}}} \\ &= \frac{54000 \text{ W}}{1000 \text{ W/m}^2 \times 0,12} \\ &= 450 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Dengan jumlah panel surya sebanyak 180 buah maka setiap fasa terdiri dari 60 buah panel surya. Rangkaian panel surya membentuk array untuk 1 fasa terdiri 4 rangkaian yang terhubung paralel dengan 1 rangkaian terdiri dari 15 panel yang terhubung secara seri.



Sumber : Hasil Pengolahan Penelitian
Gambar 4.2 Rangkaian Array PLTS

Panel surya 300 Wp dipergunakan sebagai penelitian mempunyai spesifikasi $V_{mp} = 36,7 \text{ V}$; $I_{mp} = 8,17 \text{ A}$ dan $P_{max} = 300 \text{ W}$, maka secara array dapat dihitung $V_{mp} \text{ array} = 36,7 \text{ V} \times 15 = 550,5 \text{ V}$; $I_{mp} \text{ array} = 8,17 \text{ A} \times 4 = 32,68 \text{ A}$ dan $P_{max} \text{ array} = 550,5 \text{ V} \times 32,68 \text{ A} = 17.990,34 \text{ W}$ (~ 17.900 W)

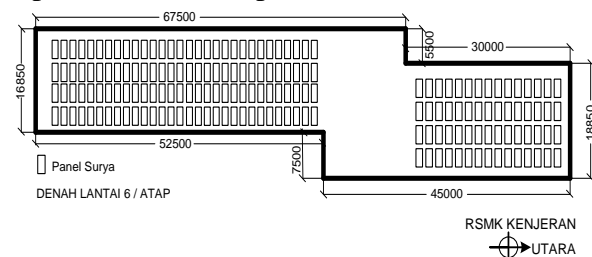
4.2.3.2 Menghitung Kapasitas Inverter

Inverter merupakan komponen yang mengubah tegangan dc menjadi tegangan ac sesuai tegangan PLN, pemilihan inverter kapasitasnya harus sesuai dengan kapasitas daya yang dilayani agar mendapat efisiensi kerja inverter maksimal. Dengan daya yang dihasilkan sebesar 17.900 W pada setiap phasanya perlu inverter yang dapat mengubah sesuai tegangan PLN.

No	Komponen	Qty	Satuan	Harga (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
A Biaya Komponen					
1	Panel surya 300 wp	180 buah		7.000.000	1.260.000.000
2	Inverter SMC 20000 TL	3 buah		125.000.000	375.000.000
3	Biaya Pengiriman				36.000.000
4	Biaya Instalasi (Pemasangan panel surya, instalasi setting perangkat)				75.000.000
				Total	1.746.000.000
B Biaya Rak Panel Surya					
6	Besi UNP 80,40	60 batang		400.000	24.000.000
7	Besi siku 50.50.5	80 batang		200.000	16.000.000
8	Plat Besi dengan baut ϕ 12 mm	80 buah		70.000	5.600.000
9	Baut 5/8	1000 biji		5.000	5.000.000
10	Baut 7/16	1000 biji		2.500	2.500.000
11	Cat Dasar	50 kg		80.000	4.000.000
12	Cat finish	50 kg		80.000	4.000.000
13	Biaya Pengerjaan Rak				4.500.000
14	Biaya Pengiriman				3.500.000
15	Biaya Pembuatan Pondasi				6.000.000
				Total	75.100.000
				Total Kesehuruhan	1.821.100.000

4.2.4 Pemasangan Panel Surya

Untuk mendapatkan energi yang maksimum maka orientasi pemasangan rangkaian panel surya (array) ke arah matahari dengan menghadap ke timur dengan sudut kemiringan dibawah 10 derajat. Sedang lokasi pemasangan panel surya di lantai atap dengan menggunakan rak penyangga sebagai letak panel surya. Adapun posisi dan tata letaknya seperti pada gambar 4.3. Dimana bagian atap 1 dipasang berjejer sebanyak 2 x 30 panel surya setiap fasa (kelompok) sehingga diperlukan 3 kelompok.



Sumber : Hasil Pengolahan Penelitian
Gambar 4.3 Tata Letak Panel Surya Pada Lantai Atap

4.3 Analisa Biaya PLTS

4.3.1 Biaya Energi Listrik

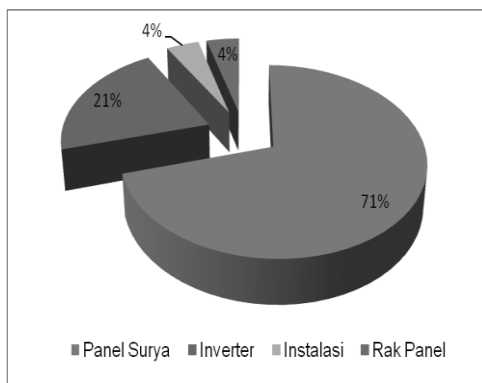
Biaya energi PLTS berbeda dengan biaya energi untuk pembangkitan konvensional karena biaya energi PLTS dipengaruhi oleh biaya investasi awal yang tinggi dengan biaya pemeliharaan dan operasional yang rendah.

1) Biaya Investasi

Biaya Investasi awal untuk PLTS mencakup biaya komponen PLTS, biaya rak penyangga panel surya serta biaya instalasi PLTS, Biaya komponen PLTS terdiri dari biaya beli panel surya dan inverter, tabel 4.2 yang menunjukkan besarnya biaya investasi PLTS RS Mitra Keluarga Kenjeran.

Tabel 4.2 Biaya Investasi
Sumber : Hasil Pengolahan Penelitian

Persentase biaya diatas dapat dibuat grafik seperti gambar berikut :



Sumber : Hasil Pengolahan Penelitian
Gambar 4.4 Grafik Persentase Biaya Investasi

Grafik diatas menunjukkan bahwa biaya pembelian panel surya menduduki peringkat paling besar dengan persentase sebesar 71% dari biaya seluruhnya, sedangkan pembelian inverter dengan persentase sebesar 21% peringkat kedua, selanjutnya instalasi dan rak penyangga merupakan peringkat ketiga dimana masing-masing persentasenya sama yaitu 4% dari nilai investasi. Besarnya biaya panel surya pada investasi ini menunjukkan bahwa biaya ini sangat mempengaruhi besar kecilnya investasi awal PLTS.

2) Biaya Pemeliharaan dan Operasional

Dalam penelitian ini diambil nilai 1% dengan alasan bahwa upah tenaga kerja di surabaya sudah lebih murah dibanding dengan negara maju, dan musim di Surabaya hanya ada dua musim yaitu musim penghujan dan musim kemarau sehingga biaya

pembersihan dan pemeliharaan panel suryanya tidak sebesar di negara yang mempunyai empat musim.

Adapun besar biaya pemeliharaan dan operasional (M) per tahun untuk PLTS adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M &= 1\% \times \text{Total Biaya Investasi} \\ &= 1\% \times \text{Rp. } 1.821.100.000,- \\ &= \text{Rp. } 18.211.000,- \end{aligned}$$

3) Biaya Siklus Hidup (*Life Cycle Cost*)

Biaya siklus hidup (LCC) PLTS pada RS Mitra Keluarga Kenjeran ditentukan nilai sekarang dari total sistem PLTS yang terdiri dari biaya investasi awal (C) dan biaya jangka panjang pemeliharaan dan operasional (M). Oleh karena itu biaya siklus hidup (LCC) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$LCC = C + M$$

Asumsi PLTS direncanakan beroperasi selama 25 tahun sesuai dengan spesifikasi panel surya 300 wp dan mengacu pada garansi dari produsen panel surya.

Besarnya diskonto (i) dipergunakan untuk menghitung nilai sekarang pada penelitian ini sebesar 11%, penentuan ini berdasarkan tingkat suku bunga kredit bank per oktober 2013 yang diambil dari Suku Bunga Dasar Kredit (SBDK) yang dikeluarkan Bank Indonesia.

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

$$\begin{aligned} M (A_{11\%,25}) &= \text{Rp. } 18.211.000,- \times \left[\frac{(1+0,11)^{25} - 1}{0,11(1+0,11)^{25}} \right] \\ &= \text{Rp. } 18.211.000,- \times \left[\frac{12,5855}{1,4944} \right] \\ &= \text{Rp. } 18.211.000,- \times 8,4217 \\ &= \text{Rp } 153.367.578,- \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas maka biaya siklus hidup (LCC) PLTS selama umur proyek 25 tahun besarnya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} LCC &= C + M \\ &= \text{Rp. } 1.821.100.000,- + \text{Rp } 153.367.578,- \\ &= \text{Rp } 1.974.467.578,- \end{aligned}$$

4) Biaya Energi PLTS (*Cost of Energy*)

Perhitungan biaya energi (*cost of energy*) suatu PLTS ditentukan oleh biaya siklus hidup (LCC), faktor pemulihan modal (CRF) dan kWh produksi tahunan dihitung berdasarkan rumus 2.13 sebagai berikut :

$$COE = \frac{LCC \times CRF}{A \text{ kWh}}$$

Faktor pemulihan modal untuk mengkonversikan semua arus kas biaya siklus hidup (LCC) menjadi serangkaian biaya tahunan, diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut

$$CRF = \frac{\left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] \left[\frac{0,11(1+0,11)^{25}}{(1+0,11)^{25} - 1} \right]}{= \frac{1,4944}{12,5855}} = 0,1187$$

Produksi kWh tahunan PLTS dapat dicari dari kWh produksi harian sebesar 30% dari energi listrik PLTS yaitu 49,15 kWh dan kWh tahunan dihitung sebagai berikut :

$$A \text{ kWh} = \text{kWh produksi harian} \times 365 \\ = 49,15 \times 365 \\ = 17.938,84 \text{ kWh}$$

Setelah mendapatkan hasil hitungan LCC, CRF dan kWh produksi tahunan maka besar biaya energi (COE) untuk PLTS dari RS Mitra Keluarga Kenjeran adalah sebagai berikut.

$$COE = \frac{LCC \times CRF}{A \text{ kWh}} \\ COE = \frac{1.974.467.578 \times 0,1187}{17.938,84} \\ COE = \frac{234.369.301,51}{17.938,84} \\ = \text{Rp. } 13.064,91/\text{kWh} \text{ dibulatkan} \\ \text{Rp. } 13.100,00/\text{kWh}$$

4.3.2 Analisa Kelayakan Investasi PLTS

Kelayakan investasi PLTS yang akan dikembangkan pada rumah sakit ditentukan berdasarkan hasil perhitungan *Net Present Value* (NPV), *Profitability Index* (PI) dan *Discounted Payback Period* (DPP). Perhitungan NPV, PI dan DPP ditentukan besar arus kas bersih (*Net Cash Flow*), faktor diskonto (*discount factor*) dan nilai sekarang arus kas bersih (*Present Value Net*

Cash Flow). Arus kas bersih (NCF) dihasilkan dengan mengurangi arus kas masuk dengan arus kas keluar. Sedangkan untuk nilai sekarang arus kas bersih (PVNCF) dihasilkan dengan mengalikan arus kas bersih, faktor diskonto dengan tingkat diskonto (i) sebesar 11% dan nilai sekarang arus kas bersih.

Arus kas masuk tahunan PLTS dihasilkan dengan mengalikan kWh produksi tahunan PLTS dengan biaya energi. Dengan kWh produksi tahunan PLTS sebesar 17.938,84 kWh dan biaya energi sebesar Rp. 13.100,-/kWh maka besar arus kas masuk tahunan adalah Rp. 234.998.804,-. Arus kas keluar tahunan PLTS sebesar Rp 18.211.000,- berasal dari biaya pemeliharaan dan operasional tahunan PLTS. Sedangkan faktor diskonto dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$DF = \frac{1}{(1+i)^n}$$

Jika diskonto 11% maka pada tahun ke 1 besar faktor diskontonya adalah sebesar :

$$DF = \frac{1}{(1+0,11)^1} \\ = 0,9009$$

Tabel 4.3 Perhitungan NCF, DF dan PVNCF

No	Biaya	Arus Kas Masuk	Arus Kas Keluar	Arus Kas Bersih Net Cash Flow	DF Discount Factor	Present Value NCF	Kumulatif PVNCF
0	1.821.100.000	-	-	-	1.0000		
1		234.998.804	18.211.000	216.787.804	0.9009	195.304.328	195.304.328
2		234.998.804	18.211.000	216.787.804	0.8116	175.949.845	371.254.173
3		234.998.804	18.211.000	216.787.804	0.7312	158.513.374	529.767.547
4		234.998.804	18.211.000	216.787.804	0.6587	142.804.841	672.572.388
5		234.998.804	18.211.000	216.787.804	0.5935	128.653.010	801.225.398
6		234.998.804	18.211.000	216.787.804	0.5346	115.903.613	917.129.011
7		234.998.804	18.211.000	216.787.804	0.4817	104.417.669	1.021.546.680
8		234.998.804	18.211.000	216.787.804	0.4339	94.069.972	1.115.616.652
9		234.998.804	18.211.000	216.787.804	0.3909	84.747.723	1.200.364.375
10		234.998.804	18.211.000	216.787.804	0.3522	76.349.300	1.276.713.675
11		234.998.804	18.211.000	216.787.804	0.3173	68.783.153	1.345.496.828
12		234.998.804	18.211.000	216.787.804	0.2858	61.966.804	1.407.463.632
13		234.998.804	18.211.000	216.787.804	0.2575	55.825.950	1.463.289.582
14		234.998.804	18.211.000	216.787.804	0.2320	50.293.649	1.513.583.231
15		234.998.804	18.211.000	216.787.804	0.2090	45.309.593	1.558.892.824
16		234.998.804	18.211.000	216.787.804	0.1883	40.819.453	1.599.712.278
17		234.998.804	18.211.000	216.787.804	0.1696	36.774.282	1.636.486.560
18		234.998.804	18.211.000	216.787.804	0.1528	33.129.984	1.669.616.544
19		234.998.804	18.211.000	216.787.804	0.1377	29.846.833	1.699.463.377
20		234.998.804	18.211.000	216.787.804	0.1240	26.889.038	1.726.352.415
21		234.998.804	18.211.000	216.787.804	0.1117	24.224.359	1.750.576.774
22		234.998.804	18.211.000	216.787.804	0.1007	21.823.747	1.772.400.521
23		234.998.804	18.211.000	216.787.804	0.0907	19.661.033	1.792.061.554
24		234.998.804	18.211.000	216.787.804	0.0817	17.712.642	1.809.774.196
25		234.998.804	18.211.000	216.787.804	0.0736	15.957.336	1.825.731.532
						1.825.731.532	

Sumber : Hasil Pengolahan Penelitian

a) *Net Present Value* (NPV)

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa total nilai sekarang arus kas bersih yang merupakan hasil perkalian antara arus bersih dengan faktor dikonto $\left(\sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1+i)^t}\right)$ adalah sebesar Rp. 1.825.731.532,- bila investasi awal (*initial investment*) sebesar Rp. 1.821.100.000,- maka besar nilai NPV adalah:

$$\begin{aligned} NPV &= \text{Rp. } 1.825.731.532,- - \text{Rp. } \\ &\quad 1.821.100.000,- \\ &= \text{Rp. } 4.631.532,- \end{aligned}$$

Hasil perhitungan NPV yang bernilai positif sebesar Rp. 4.631.532,- (> 0). Menunjukkan bahwa investasi PLTS yang akan dikembangkan di RS Mitra Keluarga Kenjeran layak untuk dilaksanakan.

b) *Profitability Index* (PI)

Teknik Profitability Index diperhitungan dengan rumus 2.3 sebagai berikut :

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t(1+i)^{-t}}{\Pi}$$

Dengan total nilai sekarang arus kas bersih sebesar Rp. 1.825.731.532,- dan biaya investasi awal sebesar Rp. 1.821.100.000,- maka nilai PI adalah :

$$\begin{aligned} PI &= \frac{1.825.731.532}{1.821.100.000} \\ &= 1.0025 \end{aligned}$$

Hasil Perhitungan PI yang bernilai 1,0025 (>1) menunjukkan bahwa investasi PLTS yang akan dikembangkan pada RS Mitra Keluarga Kenjeran layak untuk dilaksanakan.

c) *Discounted Payback Period* (DPP)

Discount Payback Period (DPP) diperoleh dengan menghitung berapa tahun nilai sekarang arus kas bersih kumulatif akan sama dengan nilai investasi awal.

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa pada tahun ke 24, nilai sekarang arus kas bersih kumulatif mendekati nilai investasi awal dengan kekurangan

sebesar Rp. 1.821.100.000,- - Rp 1,809,774.196,- = Rp. 11.325.804,-. Sedangkan pada tahun ke 25 nilai arus kas bersih sebesar Rp. 15.957.366,-. Untuk menutupi kekurangan investasi awal sebesar Rp. 11.325.804, diperlukan waktu (Rp. 11.325.804,- / Rp. 15.957.336,- = 0,71 dari 12 bulan atau 8 bulan).

Dihasilkan DPP sekitar 24 tahun 8 bulan, menunjukkan bahwa investasi PLTS yang akan dikembangkan RS Mitra Keluarga Kenjeran layak dilaksanakan, karena DPP hasilnya memiliki nilai lebih kecil dari pada umur proyek yang direncanakan selama 25 tahun.

Hasil kajian ketiga teknik analisis menunjukan bahwa investasi PLTS sebagai catu daya tambahan di RS Mitra Keluarga Kenjeran termasuk layak dilaksanakan.

4.4 Analisa Sensitivitas Biaya PLTS Pada Perubahan Kurs

Analisa sensitivitas diambil pada perubahan nilai tukar rupiah terhadap dollar dimana saat menganalisa investasi PLS diatas nilai tukar untuk 1 USD = Rp. 9.500,-. Untuk melihat apakah ada pengaruhnya jika nilai tukar rupiah menjadi 1 USD = Rp. 12.000,-. Maka dapat dilakukan analisa sebagai berikut :

4.4.1 Biaya Energi Listrik

1) Biaya Investasi

Biaya Investasi awal dari PLTS menjadi seperti tabel 4.4 berikut ini :

Tabel 4.4 Biaya Investasi

No	Komponen	Qty	Satuan	Harga (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
A Biaya Komponen					
1	Panel surya 300 wp	180	buah	8,440,000	1,519,200,000
2	Inverter SMC 20000 TL	3	buah	157,896,000	473,688,000
3	Biaya Pengiriman				45,468,000
4	Biaya Instalasi (Pensangan panel surya, instalasi setting perangkat)				75,000,000
				Total	2,113,356,000
B Biaya Rak Panel Surya					
6	Besi UNP 80,40	60	batang	440,000	26,400,000
7	Besi siku 50,50,5	80	batang	220,000	17,600,000
8	Plat Besi dengan baut ϕ 12 mm	80	buah	77,000	6,160,000
9	Baut 5/8	1000	biji	5,500	5,500,000
10	Baut 7/16	1000	biji	2,500	2,500,000
11	Cat Dasar	50	kg	88,000	4,400,000
12	Cat finish	50	kg	88,000	4,400,000
13	Biaya Pengerjaan Rak				4,500,000
14	Biaya Pengiriman				3,500,000
15	Biaya Pembuatan Pondasi				6,000,000
				Total	80,960,000
				Total Keseluruhan	2,194,316,000

Sumber : Hasil Pengolahan Penelitian

Besarnya biaya panel surya pada investasi ini menunjukkan bahwa biaya ini sangat mempengaruhi besar kecilnya investasi awal PLTS

2) Biaya Pemeliharaan dan Operasional

Adapun besar biaya pemeliharaan dan operasional (M) per tahun untuk PLTS adalah sebagai berikut :

$$M = 1\% \times \text{Total Biaya Investasi}$$

$$= 1\% \times \text{Rp. } 2.194.316.000,-$$

$$= \text{Rp. } 21.943.160,-$$

3) Biaya Siklus Hidup (*Life Cycle Cost*)

Asumsi PLTS direncanakan beroperasi selama 25 tahun sesuai dengan spesifikasi panel surya 300 Wp dan mengacu pada garansi dari produsen panel surya.

Besarnya diskonto (i) dipergunakan untuk menghitung nilai sekarang pada penelitian ini sebesar 11%, penentuan ini berdasarkan tingkat suku bunga kredit bank per Oktober 2013 yang diambil dari Suku Bunga Dasar Kredit (SBDK) yang dikeluarkan Bank Indonesia.

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

$$M (A_{11\%,25}) = \text{Rp. } 21.943.160,- \times \left[\frac{(1+0,11)^{25} - 1}{0,11(1+0,11)^{25}} \right]$$

$$= \text{Rp. } 21.943.160,- \times 8,4217$$

$$= \text{Rp. } 184.798.710,-$$

Dari perhitungan diatas maka biaya siklus hidup (LCC) PLTS selama umur proyek 25 tahun besarnya sebagai berikut :

$$LCC = C + M$$

$$= \text{Rp. } 2.194.316.000,- + \text{Rp. } 184.798.710,-$$

$$= \text{Rp. } 2.379.114.710,-$$

4) Biaya Energi PLTS (*Cost of Energy*)

Perhitungan biaya energi (*cost of energy*) suatu PLTS ditentukan oleh biaya siklus hidup (LCC), faktor pemulihan modal (CRF) dan kWh produksi tahunan dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$COE = \frac{LCC \times CRF}{A \text{ kWh}}$$

Faktor pemulihan modal untuk mengkonversikan semua arus kas biaya siklus hidup (LCC) menjadi serangkaian biaya tahunan, diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut

$$CRF = \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] \left[\frac{0,11(1+0,11)^{25}}{(1+0,11)^{25} - 1} \right]$$

$$= \left[\frac{1,4944}{12,5855} \right]$$

$$= 0,1187$$

Produksi kWh tahunan PLTS dapat dicari dari kWh produksi harian sebesar 30% dari energi listrik PLTS yaitu 49,15 kWh dan kWh tahunan dihitung sebagai berikut :

$$A \text{ kWh} = \text{kWh produksi harian} \times 365$$

$$= 49,15 \times 365$$

$$= 17.938,84 \text{ kWh}$$

Setelah mendapatkan hasil hitungan LCC, CRF dan kWh produksi tahunan maka besar biaya energi (COE) untuk PLTS dari RS Mitra Keluarga Kenjeran adalah sebagai berikut.

$$COE = \frac{LCC \times CRF}{A \text{ kWh}}$$

$$COE = \frac{1.974.467.578 \times 0,1187}{17.938,84}$$

$$COE = \frac{234.369.301,51}{17.938,84}$$

$$= \text{Rp. } 13.064,91/\text{kWh} \text{ dibulatkan Rp. } 13.100,00/\text{kWh}$$

4.4.2 Analisa Kelayakan Investasi PLTS Perubahan Kurs

Kelayakan investasi PLTS yang akan dikembangkan pada rumah sakit ditentukan berdasarkan hasil perhitungan *Net Present Value* (NPV), *Profitability Index* (PI) dan

Discounted Payback Period (DPP). Perhitungan NPV, PI dan DPP ditentukan besar arus kas bersih (*Net Cash Flow*), faktor diskonto (*discount factor*) dan nilai sekarang arus kas bersih (*Present Value Net Cash Flow*). Arus kas bersih (NCF) dihasilkan dengan mengurangi arus kas masuk dengan arus kas keluar. Sedangkan untuk nilai sekarang arus kas bersih (PVNCF) dihasilkan dengan mengalikan arus kas bersih, faktor diskonto dengan tingkat diskonto (*i*) sebesar 11% dan nilai sekarang arus kas bersih.

Arus kas masuk tahunan PLTS dihasilkan dengan mengalikan kWh produksi tahunan PLTS dengan biaya energi. Dengan kWh produksi tahunan PLTS sebesar 17.938,84 kWh dan biaya energi sebesar Rp. 13.100,-/kWh maka besar arus kas masuk tahunan adalah Rp. 234.998.804,-. Arus kas keluar tahunan PLTS sebesar Rp. 21.943.160,- berasal dari biaya pemeliharaan dan operasional tahunan PLTS. Sedangkan faktor diskonto dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut : Jika diskonto 11% maka pada tahun ke 1 besar faktor diskontonya adalah sebesar :

$$DF = \frac{1}{(1+0,11)^1} = 0,9009$$

Tabel 4.5 Perhitungan NCF, DF dan PVNCF

No	Biaya	Arus Kas Masuk	Arus Kas Keluar	Arus Kas Bersih Net Cash Flow	DF Discount Factor	Present Value NCF	Kumulatif PVNCF
0	2.194.316.000	-	-	-	1.0000	-	-
1		234.998.804	21.943.160	213.055.644	0.9009	191.942.022	191.942.022
2		234.998.804	21.943.160	213.055.644	0.8116	172.920.740	364.862.762
3		234.998.804	21.943.160	213.055.644	0.7312	155.784.451	520.647.212
4		234.998.804	21.943.160	213.055.644	0.6587	140.346.352	660.993.564
5		234.998.804	21.943.160	213.055.644	0.5935	126.438.155	787.431.719
6		234.998.804	21.943.160	213.055.644	0.5346	113.908.248	901.339.967
7		234.998.804	21.943.160	213.055.644	0.4817	102.620.043	1.003.960.010
8		234.998.804	21.943.160	213.055.644	0.4339	92.450.489	1.096.410.499
9		234.998.804	21.943.160	213.055.644	0.3909	83.288.729	1.179.699.228
10		234.998.804	21.943.160	213.055.644	0.3522	75.034.891	1.254.734.119
11		234.998.804	21.943.160	213.055.644	0.3173	67.599.001	1.322.333.120
12		234.998.804	21.943.160	213.055.644	0.2858	60.900.001	1.383.233.120
13		234.998.804	21.943.160	213.055.644	0.2575	54.864.866	1.438.097.986
14		234.998.804	21.943.160	213.055.644	0.2320	49.427.807	1.487.525.793
15		234.998.804	21.943.160	213.055.644	0.2090	44.529.556	1.532.055.348
16		234.998.804	21.943.160	213.055.644	0.1883	40.116.717	1.572.172.065
17		234.998.804	21.943.160	213.055.644	0.1696	36.141.186	1.608.313.252
18		234.998.804	21.943.160	213.055.644	0.1528	32.559.627	1.640.872.879
19		234.998.804	21.943.160	213.055.644	0.1377	29.332.998	1.670.205.876
20		234.998.804	21.943.160	213.055.644	0.1240	26.426.124	1.696.632.000
21		234.998.804	21.943.160	213.055.644	0.1117	23.807.319	1.720.439.319
22		234.998.804	21.943.160	213.055.644	0.1007	21.448.035	1.741.887.354
23		234.998.804	21.943.160	213.055.644	0.0907	19.322.554	1.761.209.908
24		234.998.804	21.943.160	213.055.644	0.0817	17.407.706	1.778.617.615
25		234.998.804	21.943.160	213.055.644	0.0736	15.682.618	1.794.300.233
1.794.300.233							

Sumber : Hasil Pengolahan Penelitian

a) *Net Present Value* (NPV)

Tabel 4.5 menunjukkan bahwa total nilai sekarang arus kas bersih yang merupakan hasil perkalian antara arus bersih dengan faktor diskonto ($\sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1+i)^t}$) adalah sebesar Rp. Rp. 1.794.300.233,- bila investasi awal (*initial investment*) sebesar Rp. 2.194.316.000,- maka besar nilai NPV adalah:

$$NPV = \text{Rp. } 1.794.300.233,- - \text{Rp. } 2.194.316.000,- = (\text{Rp. } 400.015.767,-)$$

Hasil perhitungan NPV yang bernilai negatif sebesar (Rp. 400.015.767,-) (< 0). Menunjukkan bahwa investasi PLTS yang akan dikembangkan di RS Mitra Keluarga Kenjeran tidak layak untuk dilaksanakan.

b) *Profitability Index* (PI)

Teknik Profitability Index diperhitungkan dengan rumus 2.14 sebagai berikut :

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^n NCF_t x (1+i)^{-t}}{\Pi}$$

Dengan total nilai sekarang arus kas bersih sebesar Rp. 1.794.300.233,- dan biaya investasi awal sebesar Rp. 2.194.316.000,- maka nilai PI adalah 0,8177

Hasil Perhitungan PI yang bernilai 0,8177 (< 1) menunjukkan bahwa investasi PLTS yang akan dikembangkan pada RS Mitra Keluarga Kenjeran tidak layak untuk dilaksanakan.

c) *Discounted Payback Period* (DPP)

Discount Payback Period (DPP) diperoleh dengan menghitung berapa tahun nilai sekarang arus kas bersih kumulatif akan sama dengan nilai investasi awal.

Tabel 4.5 menunjukkan bahwa pada tahun ke 25, nilai sekarang arus kas bersih kumulatif mendekati nilai investasi awal baru mencapai Rp. 1.794.300.233,- sehingga untuk mencapai nilai investasi awal Rp.

2.194.316.000,- dibutuhkan waktu lebih dari 25 tahun.

Dihasilkan DPP bahwa nilai DPP lebih besar 25 tahun, menunjukkan bahwa investasi PLTS yang akan dikembangkan RS Mitra Keluarga Kenjeran tidak layak dilaksanakan, karena DPP hasilnya memiliki nilai lebih besar dari pada umur proyek yang direncanakan selama 25 tahun.

Dari analisa sensitivitas perubahan harga komponen PLTS dari kurs Dollar terhadap nilai rupiah menunjukkan sensitivitas yang peka ditunjukkan jika kurs 1USD = Rp. 9.500,- didapat NPV = Rp. Rp. 4.631.532,-, PI = 1,0025 dan DPP = 24 tahun, 8 bulan. Sedangkan untuk kurs 1 USD = Rp. 12.000,- didapat NPV = (Rp. 400.015.767,-); PI = 0,8177 dan DPP lebih besar 25 tahun.

Jadi untuk kurs 1 USD = Rp. 9.500,- investasi proyek layak dilaksanakan, sedang untuk kurs 1 USD = Rp. 12.000,- investasi proyek PLTS tidak layak untuk dilaksanakan.

4.4.3 Analisa Sensitivitas Terhadap Perubahan Suku Bunga

Untuk memperkuat kajian proyek PLTS RS Mitra Keluarga Kenjeran dilakukan uji coba terhadap perubahan suku bunga dari 8%, 8.5%, 9%, 9.5%, 10%, 10.5%, 11%, 11.5% dan 12% dengan nilai investasi Rp. 1.821100000,- dimana arus kas masuk Rp. 234.998.804,- dan arus kas keluar Rp. 18.211.000,- dan asumsi umur proyek 25 tahun (300 bulan) didapat perhitungan Net Cash Flow (NCF), Discount Factor (DF) dan Present Value Net Cash Flow (PVNCF).

Tabel 4.6 Perubahan suku bunga terhadap NPV, PI dan DPP

Bunga	NPV (Rp)	PI	DPP (Bulan)
8,0%	493.061.288	1,3	174
8,5%	397.547.745	1,2	184
9,0%	308.315.462	1,2	197
9,5%	224.851.746	1,1	212
10,0%	146.691.572	1,1	231
10,5%	73.412.738	1,0	259
11,0%	4.631.532	1,0	297
11,5%	22.255.555	1,0	362
12,0%	- 120.803.095	0,9	426

Sumber : Hasil Pengolahan Penelitian

Dari tabel 4.6 bunga 8.0% sampai dengan 11.0% dapat dikatakan bahwa investasi proyek PLTS pada atap beton gedung RS Mitra Keluarga Kenjeran Surabaya layak untuk dilaksanakan, sedangkan untuk bunga 11.5% dan 12% tidak layak untuk dilaksanakan.

Dari data olahan menunjukkan bahwa untuk perubahan suku bunga dari 8% sampai dengan 11.5% masih bernilai positif (NPV > 0) sehingga investasi PLS layak untuk dilaksanakan, tetapi pada suku bunga 12% nilai NPV negatif (NPV < 0) berarti pada suku bunga ini investasi tidak layak untuk dilaksanakan.

Dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa untuk perubahan suku bunga dari 8% sampai dengan 11.5% PI masih bernilai positif (PI > 0) sehingga investasi PLS layak untuk dilaksanakan, tetapi pada suku bunga 12% nilai PI negatif (NPV < 0) berarti pada suku bunga ini investasi tidak layak untuk dilaksanakan.

Dari hasil olahan selanjutnya didapat bahwa untuk perubahan suku bunga dari 8% sampai dengan 11% DPP masih bernilai dibawah umur proyek 300 bulan (25 tahun) sehingga investasi PLS layak untuk dilaksanakan, tetapi pada suku bunga 11.5% dan 12% nilai DPP bernilai diatas 300 bulan (25 tahun) berarti pada suku bunga ini investasi tidak layak untuk dilaksanakan.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan kajian aspek teknik dengan memperhitungkan luasan jumlah

panel surya terhadap atap lantai, pembebanan pada atap lantai terhadap berat jumlah panel, daya yang dibangkitkan PLTS serta kajian aspek biaya dengan menggunakan metode *Net Present Value* (NPV), *Profitability Index* (PI) dan *Discounted Payback Period* (DPP) kemudian dilakukan pengujian sensitivitas terhadap perubahan kurs dollar Amerika dan perubahan suku bunga menunjukkan bahwa investasi proyek Pembangkit Tenaga Listrik Surya (PLTS) Pada Atap Beton Gedung RS. Mitra Kenjeran Surabaya layak untuk dilaksanakan dengan ketentuan suku bunga dibawah 11% dan nilai tukar 1 USD = Rp. 9.500,- serta umur proyek 25 tahun.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan kajian untuk bangunan dengan atap miring sebagai letak dari panel surya terutama pada gedung-gedung yang bangunannya memanjang.
2. Perlu dilakukan kajian lebih lanjut agar waktu pengembalian modal lebih cepat, sehingga menarik bagi siapa saja yang mengembangkan PLTS sebagai energi listrik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Ghani, B.A.A, 2008, *Techno-Economic Evaluation of Electrification of Small Villages in Palestine by Centralized and Decentralized PV System*, Tesis, An-Najah National University, Palestine.
- Anonim, 2013, *Biaya Panel Surya dan Inverter*, Jakarta : PT. Azet Surya Lestari.
- Arde Nugroho Kristianto, *Studi Kelayakan Investasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Pulau Biaro Dengan Menggunakan Metode Real Option*, Jurnal FE UI, 2010
- Dewa Ayu Sri Santiari, *Studi Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Catu daya Tambahan Pada Industri Perhotelan Di Nusa Lembongan Bali*, Tesis, Denpasar, 2011.
- Foster, R., Ghassemi, M., Cota. *Solar energy Renewable Energy and The Environment*, Boca Raton, FL, CRC Press, 2010
- Halim, A., *Analisis Kelayakan Investasi Bisnis*, Yogyakarta, Graha Ilmu, 2009.
- Kolhe, M., Kolhe, S., Joshi, J.C. 2002, *Economic Viability of Stand-Alone Solar Photovoltaic System in Comparison with Diesel-Powered System for India*, Energy Economics Journal 24 : 155 – 165.
- Lazou, A.A., Papatsoris, A.D. 2000, *The Economics of Photovoltaic Stand-Alone Residential Households : A Case Study for various European and Mediterranean Locations*, Solar Energy Material & Solar Cell Journal 62 : 411-427
- Muhammad Idwenda Dachyar, *Analisis Kelayakan Investasi Dan Resiko Proyek Pembangunan PLTU Indramayu PT. PLN (Persero)*, Tesis, Magister Manajemen, Universitas Indonesia, Jakarta, 2012.
- Nafeh, A.E.A, 2009, *Design and Economic Analysis of a Stand-Alone PV System to Electrify a Remote Area Household in Egypt*, The Open Renewable energy Journal 2 : 33-37.
- Rosyid, O.A, 2010, *Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hibrida Untuk Listrik Pedesaan di Indonesia*, Jurnal Material dan Energi Indonesia Vol. 1 No. 1 : 31-38.
- Wenqiang, L., Shuhua, G., Daxiong. Q, 2004, *Techno-Economic Assesment For Off-Grid Hybrid Generation System and Application Prospects in China*, London : World Energy Council.