

Kajian PLTS *on-grid* pada gedung X Politeknik Negeri Malang untuk melayani beban perkantoran menggunakan perangkat HOMER PRO

P.S. Harijanto¹, M. Junus²

e-mail: privasurvapoweritb14@gmail.com , mochammad.junus@polinema.ac.id

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diterima 1 September 2021

Direvisi 6 Oktober 2021

Diterbitkan 29 Oktober 2021

Kata kunci:

On Grid
HOMER PRO
Net Present Cost
Renewable Fraction

ABSTRAK (10 PT)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dapat diaplikasikan mulai skala kecil sampai skala besar, itu merupakan keunggulan teknologi ini. Dalam skala kecil, pemanfaatan energi surya dapat diaplikasikan di setiap atap rumah untuk memenuhi kebutuhan listrik tiap konsumen *residential* / rumah tangga. Untuk kebutuhan ini, sistem PLTS dilakukan secara *on – grid* yaitu terhubung dengan jaringan yang sudah tersedia yaitu jaringan penyedia layanan listrik seperti PLN. Pada penelitian ini, objek penelitian adalah Gedung X pada Politeknik Negeri Malang, dimana kebutuhan bebannya sebesar 12,5 kW dan kebutuhan energi harian 64 kWh. Menggunakan aplikasi HOMER PRO didapatkan untuk sistem dengan skema PV, Baterai, Grid PLN, dan konverter, maka Skematik yang diusulkan pada sistem PLTS adalah menggunakan solar panel dengan total daya terpasang sebesar 11 kWp, dan ditambah dengan baterai sebesar 1500 Ah, konverter daya sebesar 6 kW , dan grid PLN tetap sebagai suplai utama. Untuk bisa mengurangi tagihan listrik, dilakukanlah *Renewable Fraction* (RF) sebesar 58,5 % , sehingga didapatkan produksi harian untuk solar panel sebesar 45,6 kWh, yaitu sebesar 68 % kebutuhan harian dengan *capacity factor* sebesar 17,3 %. Solar panel yang digunakan merk ICASOLAR dengan kapasitas 250 Wp membutuhkan sebanyak 44 panel dengan total luasan yang diperlukan sebesar 57 m² pada atap gedung. Secara ekonomis didapatkan bahwa Net Present Cost pada sistem ini adalah sebesar Rp. 183.000.000,- dan nilai Cost of Energy sebesar Rp. 484,58,- / kWh

ABSTRACT (10 PT)

PLTS can be applied from small to large scale, that is the advantage of this technology. On a small scale, the use of solar energy can be applied on every roof of the house to meet the electricity needs of each residential / household consumer. For this need, the PLTS system is carried out on an on-grid basis, which is connected to an already available network, namely a network of electricity service providers such as PLN. In this study, the object of research is Building X at the State Polytechnic of Malang, where the load requirement is 12.5 kW and the daily energy requirement is 64 kWh. Using the HOMER PRO application obtained for systems with PV schemes, Batteries, PLN Grids, and converters, the proposed Schematic for the PLTS system is to use solar panels with a total installed power of 11 kWp, and coupled with a 1500 Ah battery, a power converter of 6 kW , and the PLN grid remains as the main supply. To be able to reduce electricity bills, Renewable Fraction (RF) is carried out by 58.5%, so that the daily production for solar panels is 45.6 kWh, which is 68% of daily needs with a capacity factor of 17.3%. The solar panels used by the ICASOLAR brand with a capacity of 250 Wp require 44 panels with a total required area of 57 m² on the roof of the building. Economically, it is found that the Net Present Cost in this system is Rp. 183,000,000,- and Cost of Energy amount Rp. 484,58,- / kWh

Keywords:

On Grid
HOMER PRO
Net Present Cost
Renewable Fraction

Penulis Korespondensi:

Priya Surya Harijanto,
Jurusan Teknik Elektro,
Politeknik Negeri Malang,
Jl. Soekarno hatta No. 9, Malang, Jawa Timur, Indonesia.
Email: priya.surya@polinema.ac.id

1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dapat diaplikasikan mulai skala kecil sampai skala besar, itu merupakan keunggulan teknologi ini. Dalam skala kecil, pemanfaatan energi surya dapat diaplikasikan di setiap atap rumah untuk memenuhi kebutuhan listrik tiap konsumen *residential* / rumah tangga. Untuk kebutuhan ini, sistem PLTS dilakukan secara *on – grid* yaitu terhubung dengan jaringan yang sudah tersedia yaitu jaringan penyedia layanan listrik seperti PLN. Sehingga untuk pemakaian rumah tangga, penggunaan PLTS hanya sebagai *back – up* energi dari suplai kelistrikan utama yang melayani kebutuhan listrik di siang hari selama periode penyinaran matahari. Saat malam hari, dimana intensitas cahaya matahari berkurang, suplai kelistrikan akan beralih ke jaringan penyedia listrik utama. Biasanya, untuk memaksimalkan penggunaan PLTS, dilakukan pemasangan baterai, sehingga energi listrik yang diproduksi saat siang hari oleh PLTS dapat disimpan di baterai dan dapat digunakan di malam hari dan membantu suplai kelistrikan utama. Hanya saja dengan teknologi ini, penggunaan baterai memiliki modal investasi yang cukup besar dan memiliki biaya pemeliharaan yang cukup besar pula. Untuk pemakaian skala yang lebih besar, peran teknologi PLTS diharapkan dapat mengganti peran PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel) atau yang dikenal Didiesalisasi. Seperti yang diketahui bahwa PLTD masih menggunakan bahan bakar fosil, yaitu minyak solar yang menjadi salah satu penyebab meningkatnya polusi udara. Penggunaan pembangkit diesel yang signifikan terpasang di kepulauan 3T di Indonesia (terdepan, terluar, dan tertinggal).

Ibnu Kahfi Bachtiar (2016) melakukan perencanaan pemasangan PLTS di kepulauan Batam menggunakan bantuan software HOMER PRO, perancangan dilakukan pada pelanggan rumah tangga 450 VA dan 900 VA yang dipasang dengan variasi On Grid dan Off Grid, didapatkan hasil dengan nilai NPC terendah adalah system 450 VA dengan 450 VA on grid merekomendasikan sistem yang terdiri dari PV 1 kWp, battery 2 unit, dan inverter 3 kW dengan total biaya NPC sebesar US\$1.634.

Joni Welman Simatupang (2019) melakukan feasibility study pemasangan solar PV yang di *hybrid* dengan diesel di kepulauan Karimun Jawa, dengan studi menggunakan software Homer Pro, didapatkan kenaikan pasokan daya yang dapat dipenetrasikan ke sebesar 5400 kW. Penurunan biaya bahan bakar yang bisa mencapai 50 % dengan IRR sebesar 20,9 % dan *Return Rate* sebesar 4,25 % selama 3 tahun.

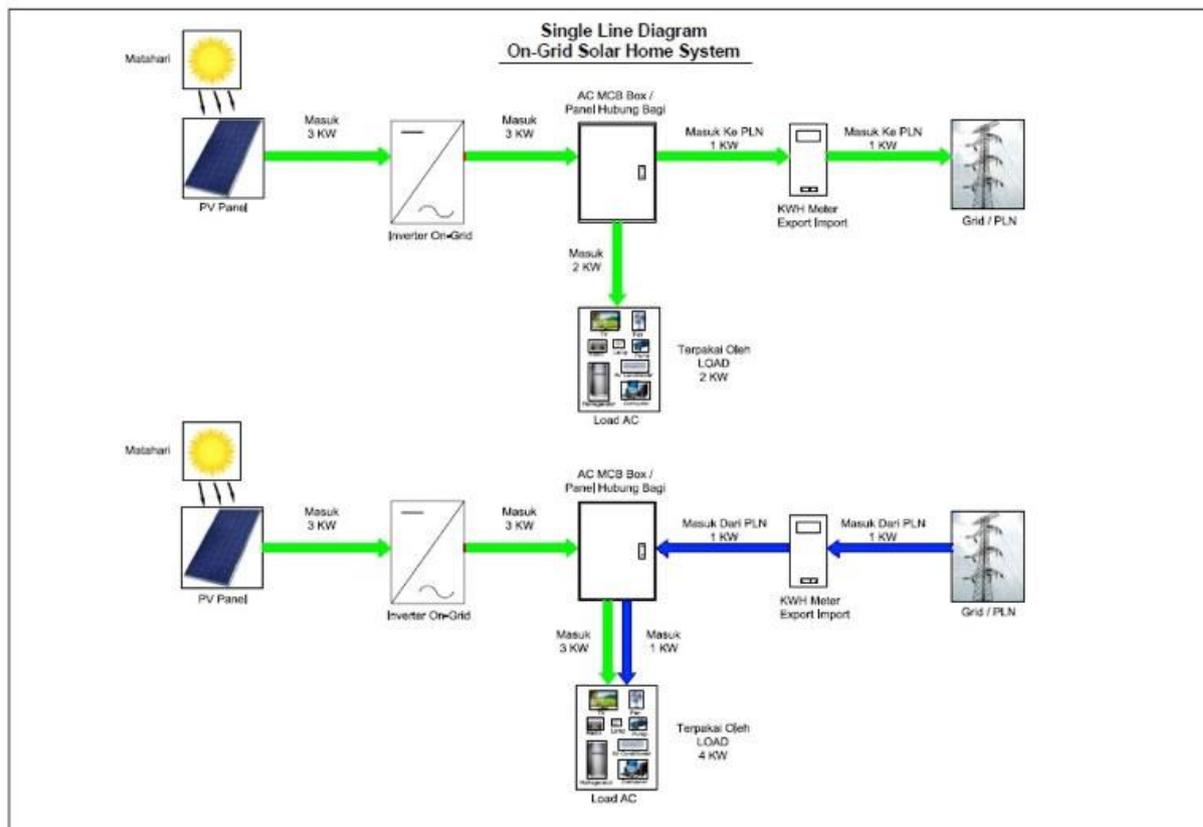
Rialdo Stefan Josua (2020) menghitung kebutuhan pemakaian beban daya penerangan pada lobi dasar, ruang laboratorium, dan ruang kelas gedung E Universitas Trisakti. Dengan total beban sebesar 163068.85Wh, sistem menggunakan 144unit panel surya 250 Wp, 48 unit baterai 12V 200Ah, dan 6 unit inverter 6 kW. Dengan potensi matahari sebesar 4.76 kWh/m²/hari. Sistem akan mensuplai 77.8% dari total energi yang dibutuhkan, dengan energilistrik berlebih yang mendekati nilai 0%. Berdasarkan perhitungan, total NetPresent Cost sebesar Rp 941 juta, Cost of Energy sebesar Rp 960.03 /kWh, dan Return On Investment setelah 19 tahun 2 bulan.

Pada makalah ini, akan di spesifikasikan pembahasan tentang penggunaan PLTS skala kecil yang diaplikasikan di beban perkantoran, dimana suplai kebutuhan listrik digunakan untuk mensuplai peralatan kerja di kantor selama jam kerja berlangsung. Karena profil kebutuhan listrik di perkantoran ini berbeda dengan profil beban rumah tangga, dan industri. Beban perkantoran akan meningkat saat di gunakan dijam kerja saja, tetapi ketika selesai jam kerja di malam hari, akan menurun kebutuhannya listiknya. Perancangan sistem PLTS memerlukan beberapa tahapan antara lain : 1. Penentuan kebutuhan total energi ; 2. Perancangan spesifikasi PLTS; 3. Studi kelayakan pembangunan PLTS; dan 4. Analisis dampak lingkungan. *Software HOMER PRO* digunakan sebagai perangkat analisa pada makalah ini. HOMER PRO dapat mensimulasikan sistem yang akan dipasang sehingga akan didapatkan perhitungan yang tepat kapasitas solar panel yang dibutuhkan , kapasitas daya inverter, dan kapasitas baterai yang dibutuhkan. Pengoptimalisasian menggunakan perangkat *HOMER PRO* bertujuan agar tercipta sistem yang ekonomis dan ideal.

Pembangkit yang memanfaatkan energi matahari dikenal dengan Pembangkit Tenaga Listrik Surya (PLTS). Karena pada umumnya diletakkan pada atap bangunan, maka dikenal sebagai PLTS Atap. Aplikasi pemakaian PLTS Atap ini digunakan di gedung – gedung perkantoran, sampai bangunan rumah tangga. Dengan pengaplikasian PLTS Atap bertujuan untuk menekan biaya tagihan listrik dan sebagai bentuk upaya menjaga kelestarian lingkungan. Komponen yang digunakan dalam sistem ini adalah panel surya, charge

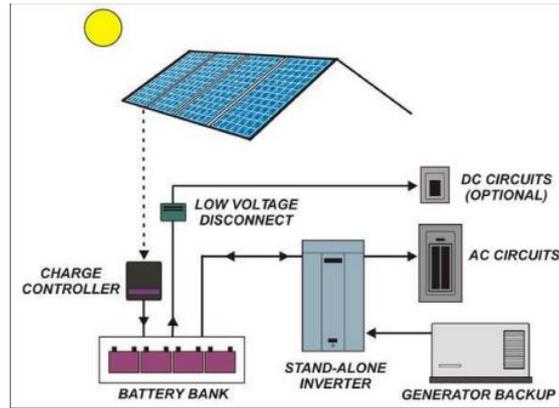
controller, baterai, inverter, dan beban listrik yang akan di layani. Menurut pemakaiannya, aplikasi PLTS Atap terbagi menjadi 3 jenis yaitu : 1. *On – Grid System* ; 2. *Stand Alone System* ; dan 3. *Hybrid System*.

On Grid System, merupakan sistem PLTS Atap yang terhubung dengan jaringan penyedia listrik utama. Sehingga tenaga matahari yang di sekitar PLTS dipasang energinya akan dimanfaatkan langsung untuk melayani kebutuhan operasional kelistrikan pada gedung tersebut. Bahkan, apabila ada kelebihan produksi energi, maka sebagian bisa disalurkan menuju *grid*. Sistem ini paling banyak digunakan di gedung perkantoran, sekolah, dan pabrik sebagai upaya untuk menekan tagihan listrik yang memang kebutuannya sangat besar di saat produktivitas di siang hari. Sedangkan apabila ada kondisi dimana penyinaran sinar matahari intensitasnya tidak terlalu banyak, maka akan terjadi penurunan suplai energi listrik ke beban sehingga aliran daya dari grid jaringan listrik yang melayani beban. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 berikut.



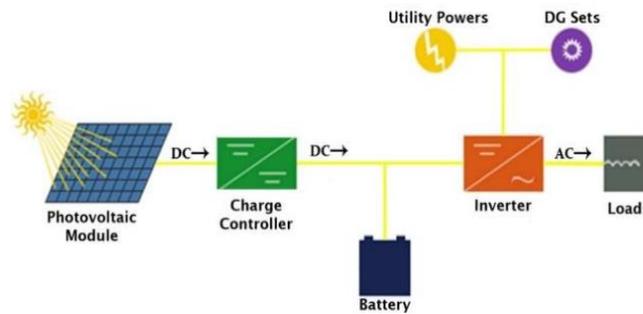
Gambar 1. *On Grid System* PLTS Atap [9]

Stand Alone System diaplikasikan pada tempat yang tidak tersedia jaringan kelistrikan (*Off Grid*). Pada tempat dimana pemakaian listrik sangat mahal harganya, biasanya karena menggunakan bahan bakar minyak / diesel. Mahalnya harga bahan bakar ini dapat dikurangi dengan pemakaian PLTS Atap, sehingga PLTS atap hanya sendiri memikul beban listrik. Tentunya, kehandalan sistem ini dirasa kurang apabila dibandingkan dengan sistem *on grid* karena fluktuasi penyinaran matahari akan mempengaruhi intensitas keluaran energinya pula. Tanpa bantuan grid untuk mensuplai energi listrik untuk kebutuhan beban, maka kapasitas panel pada PLTS harus berlebih dan akan menghabiskan biaya investasi yang cukup mahal. Biasanya, untuk meningkatkan kehandalan sistem perlu ditambahkan baterai untuk melakukan *back – up* energi saat terjadi penurunan intensitas penyinaran matahari. Selain itu, *back – up* dari generator diesel harus tetap diperlukan untuk menjaga kestabilan frekuensi jaringan listrik terutama saat malam hari. Dapat dikatakan sistem ini memiliki keunggulan dapat diaplikasikan di daerah terpencil, terluar, dan tertinggal di kepulauan di Indonesia yang tidak terdapat jaringan listrik didalamnya. Tetapi, kelemahan pada sistem ini kondisi alam yang tidak terprediksi akan menghasilkan keluaran listrik stabil untuk mensuplai beban. Konsekuensi dari hal tersebut, maka frekuensi sistem dan tegangan sistem akan fluktuatif pula. Kesiapan teknologi untuk merespon hal tersebut terutama pada sisi generator yang cepat merespon perubahan frekuensi perlu dipersiapkan dengan baik agar tidak terjadi kerusakan pada sistem yang menyebabkan kerusakan total pada peralatan *stand alone* sistem. Pada Gambar 2 ditunjukkan diagram sistem *stand alone*.



Gambar 2. Stand Alone System [12]

Hybrid System adalah kombinasi dari kelebihan kedua sistem sebelumnya. Sistem ini disebut sebagai *on – grid system* yang dilengkapi dengan ekstra penyimpanan energi / baterai sehingga kehandalannya lebih tinggi. Sistem ini cocok diaplikasikan pada konsumen pengguna listrik yang membutuhkan pasokan listrik yang handal karena memiliki lebih dari 1 sumber dan juga memiliki cadangan penyimpanan energi listrik yang dapat digunakan sewaktu – waktu saat masa transisi energi listrik penyedia listrik mati menuju sumber energi lain sehingga tidak akan ada kedip listrik. Selain itu, sistem ini sangat opsional karena pengguna dapat menentukan sendiri proporsi sumber energi listrik yang akan mensuplai beban listrik yang akan dilayani.



Gambar 3. PV Hybrid System [13]

Pada Gambar 3 ini ditunjukkan bahwa perangkat inverter memainkan peranan penting sebagai jalur transportasi energi dari suplai PV dan baterai, utilitas (*grid*) dan Distribution Generation Sets (DG Sets) yang dalam hal ini diperankan oleh *back – up Generator*. Inverter sebagai jembatan antar dua rel *bus AC* dan *DC* sistem.

2. METODE PENELITIAN

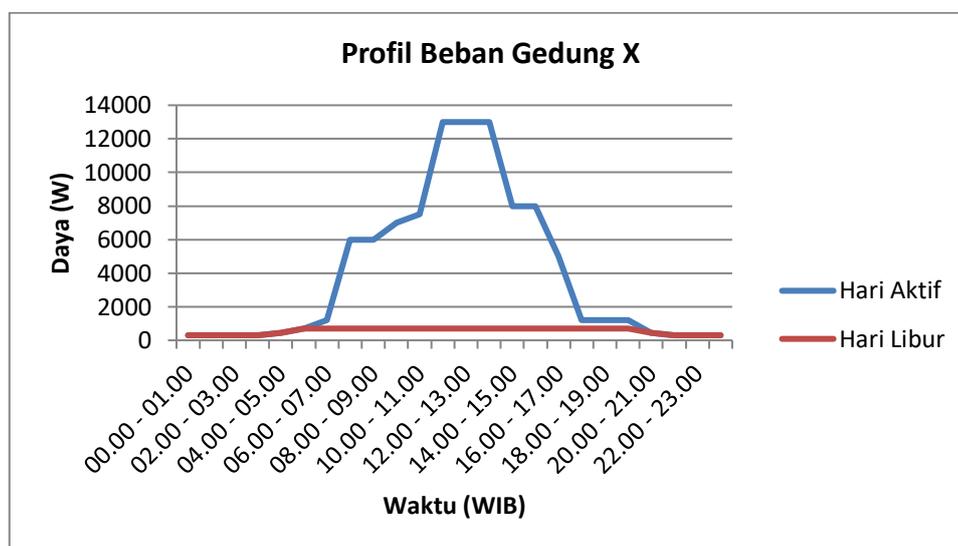
Pada makalah ini, digunakan aplikasi HOMER PRO untuk menyelesaikan persoalan optimasi penggunaan energi PLTS yang dipasang secara *on grid* dengan jaringan PLN. Objek penelitian ini adalah gedung perkantoran yang terletak di kawasan kampus Politeknik Negeri Malang. Pada gedung tersebut terdapat ruang perkantoran dan ruang kuliah. Perencanaan pemasangan PLTS atap ini akan dilakukan untuk mensuplai beban – beban peralatan listrik di kedua fungsi ruang tersebut. Pada aplikasi HOMER PRO, membutuhkan parameter yang akan dimasukkan sebagai variabel penting dalam proses simulasinya. Data – data yang diperlukan antara lain

2.1 Data beban

Langkah awal dalam perancangan adalah menentukan profil beban harian. Data ini diperoleh dari jumlah daya yang digunakan oleh masing – masing peralatan listrik yang ada di dalam gedung X kampus Polinema. Pada Tabel 1 ditampilkan data jenis peralatan listrik beserta daya yang dibutuhkan untuk mengoperasikan masing – masing peralatan listrik tersebut. Pada tabel dilihat bahwa total pemakaian energi listrik dalam 1 hari mencapai 64 kWh. Profil beban pada Gedung X dapat dilihat pada Gambar 4, dimana kondisi pembebanan pada saat hari aktif kerja / kuliah berlangsung berbeda dengan ketika hari libur. Pada saat hari aktif, beban puncak terjadi pada jam 10.00 – 14.00 yaitu 12 kW. Sedangkan saat hari libur hanya 0,7 kW. Pada perencanaan sistem PLTS, beban puncak ini akan disuplai dengan 2 jenis sumber yaitu PLN sebagai sumber utama dan PLTS sebagai sumber bantuan.

Tabel 1. Konsumsi Daya dan Energi Gedung X di Polinema

No	Jenis Peralatan	Power (Watt)	Jumlah (n)	Total Hour	Total Energy (Wh)
1	Personal Computer	350	5	10	17500
2	Printer	20	5	2	200
3	LCD Projector	55	10	6	3300
4	Air Conditioning	670	10	5	33500
5	Lampu	8	50	8	3200
6	Router	66	3	10	1980
7	Telephone / Fax	120	1	10	1200
8	Dispenser	250	1	10	2500
9	Pompa Air	75	1	3	225
10	LED TV	40	1	8	320
11	Sound Mixer	40	1	2	80
Total pemakaian energi dalam 1 hari (Wh)					64005



Gambar 4. Profil beban pada Gedung X

2.2 Sumber energi

Sumber energi yang digunakan adalah PLTS Atap dan listrik dari PLN. Data penyinaran sinar matahari diambil dari data sekunder dari *NASA Surfacar Meteorology and Solar Energy* yang direkam selama 22 tahun selama periode Juli 1983 – Juni 2005). Data ditampilkan dalam bentuk Tabel 3 hasil database HOMER PRO. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa dalam periode 1 tahun, intensitas produksi energi yang didapatkan di tulis dalam *Daily Radiation (kWh / m² / day)* nilai terendah didapatkan pada bulan Januari yaitu 4,77 kWh / m² / day dan tertinggi pada bulan September yaitu 6,05 kWh / m² / day. Sedangkan nilai rata – rata tahunan sekitar 5,17 kWh / m² / day. Sebagai angka pembandingan untuk data terbaru didapatkan pada tahun 2017 dan data diambil dari kota terdekat dari objek penelitian berada yaitu Surabaya yaitu 4,3 kWh / m² / day.

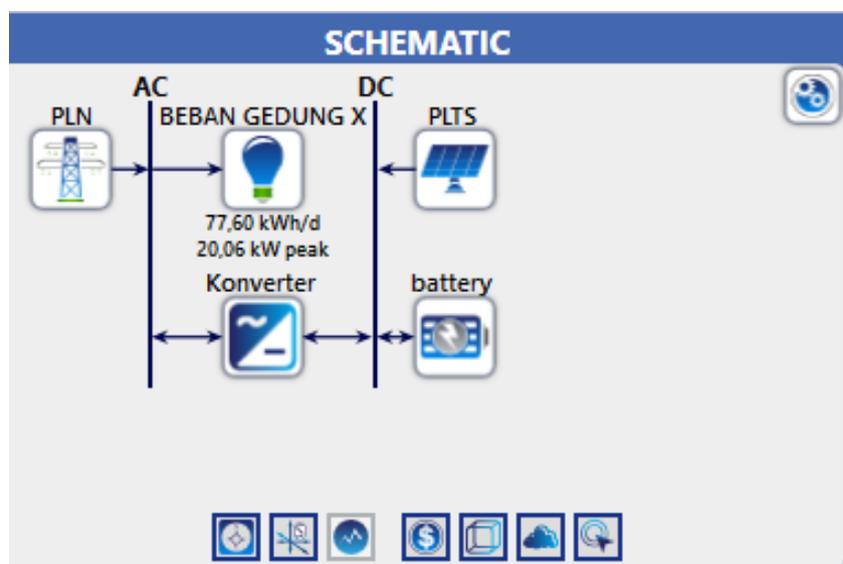
Tabel 3. Data intensitas produksi energi matahari pada objek penelitian

Bulan	Clearness Index	Daily Radiation (kWh / m ² / day)
Januari	0,441	4,770
Februari	0,445	4,820
Maret	0,470	4,940
April	0,511	4,980
Mei	0,555	4,920
Juni	0,565	4,730
Juli	0,587	5,030
Agustus	0,595	5,540
September	0,596	6,050
Oktober	0,558	5,940
November	0,492	5,300
Desember	0,464	4,990

2.3 Topologi jaringan kelistrikan

Pada Gedung X, suplai kelistrikan eksisting di peroleh dari jaringan PLN / grid AC 220 V. Kemudian, sumber energi EBT yaitu solar PV akan masuk melalui jaringan DC / grid DC 48 V. Sistem 48V dianggap lebih aman karena dapat menawarkan kebutuhan daya tinggi yang sama pada transmisi arus yang lebih rendah dibandingkan tegangan system dibawahnya.

Terdapat 2 jaringan yang akan terpasang dan kedua jaringan tersebut harus bisa saling interkoneksi, untuk dapat melakukan interkoneksi aliran daya dari dua jaringan tersebut maka diperlukan sebuah konverter daya yang dapat mengalirkan daya dari grid AC ke DC berfungsi sebagai rectifier dan sebaliknya dari grid DC ke AC yaitu inverter. Selain itu, peralatan penyimpan energi listrik (storage) baterai juga akan terhubung ke grid DC. Dengan sistem seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5, akan membuat suplai kelistrikan untuk gedung X ini mendapatkan 2 sumber suplai yaitu dari grid AC yang didapat dari jaringan PLN, dan suplai dari PLTS yang tersambung di grid DC. Saat siang hari intensitas cahaya matahari tinggi, maka produksi listrik dari PLTS dapat digunakan untuk mensuplai beban dan juga mengisi baterai. Tetapi saat intensitas penyinaran mulai berkurang, akan dilanjut suplai PLN yang mensuplai. Saat malam hari, suplai PLN dan baterai akan saling bekerja sama untuk memikul beban. Pada schematic di HOMER PRO, komponen genset tidak disertakan, karena genset hanya beroperasi ketika seluruh system kelistrikan padam / emergency, sehingga apabila di masukkan ke parameter penggunaan sumber di HOMER PRO, maka perhitungan akan tidak tepat karena akan menghitung biaya bahan bakar genset pula untuk kebutuhan operasi.



Gambar 5. Topologi sistem kelistrikan pada Gedung X

3. PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan dijelaskan spesifikasi dari masing – masing peralatan yang akan terpasang pada sistem. Informasi ini akan digunakan sebagai bahan simulasi menggunakan software HOMER PRO, dan dilakukan optimasi pemasangan peralatan EBT yang memiliki nilai investasi paling menguntungkan. Selain itu, pada software ini akan dihitung pula kapasitas ukuran yang direkomendasikan akan terpasang pada sistem. Berikut ini adalah masing – masing peralatan dan informasi tentang spesifikasi peralatannya.

3.1 Solar panel

Berdasarkan hasil observasi di pasaran, maka pada penelitian kali ini akan dipilih solar panel bertipe Polycrystalline merk ICASOLAR dengan kapasitas 250 Wp dengan harga tiap panel sebesar Rp. 4.000.000,- pada skema ini sistem PLTS akan dimaksimalkan sebesar 100 % *Renewable Fraction* (RF). Jumlah solar panel dan kapasitas yang dibutuhkan akan dilakukan optimasi menggunakan software HOMER PRO dengan fungsi objektif adalah biaya investasi dan operasi yang paling menguntungkan selama masa pakai yaitu 25 tahun.

3.2 Grid PLN

Jaringan ini akan mensuplai kekurangan pasokan energi ketika PLTS mengalami penurunan produksi energi akibat turunnya intensitas cahaya matahari. Selain itu, untuk kestabilan sistem perlu dijaga frekuensinya oleh grid PLN yang memang lebih stabil terhadap perubahan beban dan suplai daya sumber. Selain itu di malam hari dimana sistem PLTS tidak bisa beroperasi, maka 100 % sistem kelistrikan akan disuplai oleh

jaringan ini. Untuk bisa mengoptimalkan biaya investasi dan operasi sistem kelistrikan, maka parameter yang perlu di masukkan adalah harga jual listrik : Rp. 1300,- dan harga beli listrik : Rp. 800,-.

3.3 Battery

Baterai akan digunakan 60 – 90 % dari RF dan DOD sebesar 70 %. Artinya, nilai ini disetting untuk menjaga periode pengisian dan pengosongan baterai agar lebih awet. Baterai yang digunakan berkapasitas 1500 Ah dengan harga Rp. 15.000.000,-. Baterai digunakan untuk keadaan *emergency* saat peralihan sistem dari pln menuju ke genset, terutama untuk menjaga suplai daya peralatan server pada gedung agar selalu hidup.

3.4 Konverter

Pemilihan konverter digunakan berdasarkan pengaturan permintaan suplai daya pada sistem. Kapasitas dari konverter seharusnya diatas dari nilai peak load. Tetapi pernyataan itu berlaku hanya pada sistem yang terisolasi. Untuk sistem ini, kapasitas konverter hanya digunakan 30 % dari beban puncak karena pada sistem ini sistem PLTS hanya berfungsi untuk membantu suplai kelistrikan gedung. Inverter yang digunakan berkapasitas 4 kW dengan harga Rp. 15.000.000,- dengan biaya maintenace Rp.250.000,- pertahun.

3.5 Generator

Generator digunakan sebagai *back – up* power saat sistem PLTS dan PLN mengalami pemadaman. Generator tidak digunakan dalam keadaan operasi normal karena biaya produksi listrik yang cukup tinggi untuk pemakaian bahan bakar diesel. Sehingga generator bukan termasuk peralatan utama sistem dan tidak ditampilkan pada gambar topologi jaringan kelistrikan pada gedung.

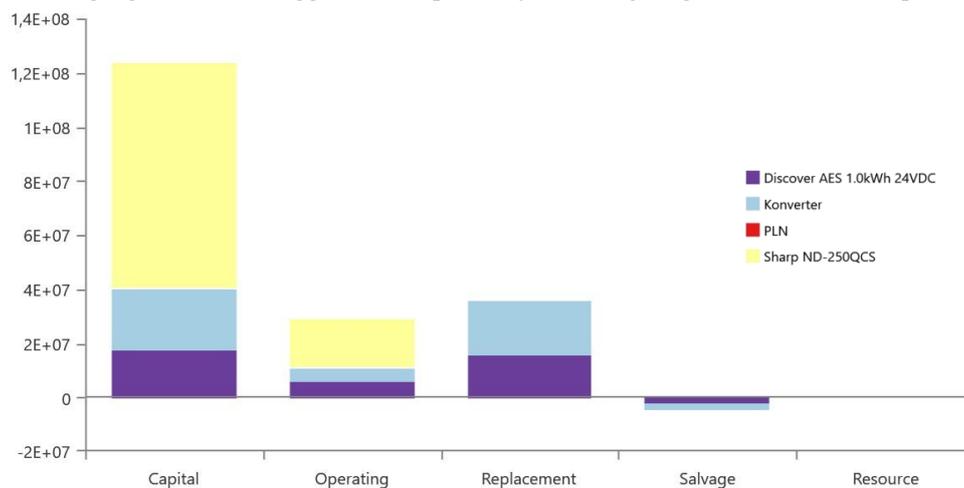
3.6 Analisa optimasi biaya (HOMER PRO)

Pada perhitungan dan analisa homer terdapat 2 skema yang diperhitungkan yaitu skematik PV, Grid PLN, dan Baterai dibandingkan tanpa baterai. Setelah dilakukan optimasi, maka kapasitas rating tiap peralatan yang telah ditentukan dibagian sebelumnya akan berubah menyesuaikan dengan nilai optimal yang dihitung oleh perangkat HOMER PRO. Sehingga didapatkan Tabel 4. perbandingan antara skema 1 (tanpa baterai dan skema 2 (dengan baterai)

Tabel 4. Perbandingan analisa ekonomi antar 2 skema

Jenis Skema	PLTS (kW)	Baterai	PLN (kW)	Converter (kW)	COE (Rp)	NPC (Rp)	Operating Cost (Rp /tahun)	Initial Capital (Rp)
PV, Grid , Konverter	10,9	-	999	6,08	382,78	145 jt	3,1 jt	105 jt
PV,Grid, Konverter, Baterai	11	2	999	6,06	484,58	183 jt	4,66 jt	123 jt

Penggunaan unit baterai menyebabkan harga initial capital / modal awal menjadi lebih besar sekitar 18 juta, karena harus melakukan pembelian baterai. Harga operational tahunan juga lebih besar karena ada tambahan biaya operasi dan pemeliharaan pada unit baterai selain unit PLTS. Baterai yang digunakan juga memiliki level tegangan 24 V, sehingga untuk dapat menyesuaikan jaringan 48 V DC, maka perlu 2 String.



Gambar 6. Ringkasan Analisa Ekonomis Sistem Pada Gedung X

Karena pengoperasian gedung menuntut untuk bisa 100 % kehandalannya pada beberapa peralatan tertentu, maka aplikasi baterai tetap harus dilakukan untuk menjaga kestabilan sistem saat terjadi kondisi *emergency*. Pada Gambar 6 dibandingkan beberapa variabel per satuan harga komponen masing – masing yang

diwakili tiap warna yang dapat dilihat pada legenda gambar. Secara keseluruhan sistem biaya investasi / capital paling besar ada pada solar PV yang mencapai Rp. 82.000.000,- kemudian harga konverter yaitu Rp. 22.700.000,- dan harga baterai Rp.18.000.000,- dengan total nilai investasi sekarang (NPC) untuk sistem yaitu sebesar Rp. 183.000.000,-. Biaya pemakaian energi listrik tiap kWh juga mengalami penurunan dengan adanya penetrasi solar panel pada system yang awalnya harga normal (COE) Rp. 1400,- / kWh, menjadi Rp. 484,58,- / kWh. Dengan menurunnya nilai COE dari harga normal pemakaian energi, menandakan bahwa pemakaian solar PV dapat membantu menurunkan tagihan listrik pada Gedung X.

3.7 Analisa teknis sistem

Solar PV yang digunakan total yang dibangkitkan adalah 11 kWp, karena satu panel berkapasitas 250 Wp, maka akan terpasang 44 panel yang akan diletakkan pada atap gedung. Dimana dimensi dari setiap solar panel dengan kapasitas 250 Wp adalah 1,3 m x 0,992 m x 0,035 m, maka perlu luasan sebesar 57 m² untuk dapat memfasilitasi peletakan pada atap. Selain itu, tingkat penetrasi energi surya pada PLTS sebesar 58,8 % diperoleh dari simulasi homer sehingga didapatkan dalam 1 tahun, sistem PLTS akan beroperasi selama 4.282 jam / tahun dengan total produksi sebesar 16.657 kWh / tahun pada *capacity factor* sebesar 17,3 %. Setiap harinya produksi yang didapatkan sistem PLTS adalah sebesar 45,6 kWh / hari.

Dengan besar kapasitas sebesar 11 kW maka, arus yang mengalir ke penghantar sebesar $I = 11000 \text{ W} / 48 \text{ V} = 230 \text{ A}$. nilai arus DC yang cukup besar ini memerlukan luas penampang kabel minimal sebesar 480 mm², penampang tersebut dinilai cukup besar dan perlu perhatian ekstra agar bisa menata dalam system instalasi Gedung yang baik. Maka dari itu perlu adanya analisa lebih lanjut dan strategi khusus agar luas penampang bisa dibuat lebih kecil.

Tabel 5. Ringkasan Analisa Teknis Sistem PLTS

Quantity	Value	Units
Minimum Output	0	kWp
Maximum Output	9,54	kWp
PV Penetration	58,8	%
Hours of Operation	4.282	hrs/yr
Levelized Cost	466	Rp/kWh
Rated Capacity	11	kWp
Mean Power Output	1,9	kW
Mean Energy Output	45,6	kWh / day
Capacity Factor	17,3	%
Total Production	16.657	kWh / yr

4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini, dilakukan analisa secara ekonomis dan teknis pemasangan sistem PLTS pada Gedung X Politeknik Negeri Malang. Hasil observasi didapatkan bahwa setiap hari kebutuhan sistem kelistrikan sebesar 67 kWh, dengan beban puncak sebesar 12,5 kW. Skematik yang diusulkan pada sistem PLTS adalah menggunakan PLTS dengan total daya terpasang sebesar 11 kWp, dan ditambah dengan baterai sebesar 1500 Ah, konverter daya sebesar 6 kW, dan grid PLN tetap sebagai suplai utama. Untuk bisa mengurangi tagihan listrik, dilakukanlah *Renewable Fraction* (RF) sebesar 58,5 %, sehingga didapatkan produksi harian untuk solar panel sebesar 45,6 kWh, yaitu sebesar 68 % kebutuhan harian dengan *capacity factor* sebesar 17,3 %. Solar panel yang digunakan merk ICASOLAR dengan kapasitas 250 Wp membutuhkan sebanyak 44 panel dengan total luasan yang diperlukan sebesar 57 m² pada atap gedung. Secara ekonomis didapatkan bahwa Net Present Cost pada sistem ini adalah sebesar Rp. 183.000.000,-

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. H. Abram Wawi Putra, Egia Kamandika, Sahilaushafnur, Agus Purwadi, "Study and Design of Hybrid Off-Grid PV-Generator Power System for Administration Load and Communal Load at Three Regions in Indonesia," 3rd IEEE Conf. Power Eng. Renew. Energy ICEPERE 2016, vol. 29B1-5, pp. 1-6, 2016.
- [2] A. Purwadi, Y. Haroen, and N. Heryana, "Study of Hybrid PV-Diesel Power Generation System at Sebira Island-Kepulauan Seribu," no. July, pp. 1-7, 2012.
- [3] ESDM, Statistika Ketenagalistikan 2016. 2017.
- [4] H. Pro, "NASA Surface Meteorology and Solar Energy Database," homer Pro. 2018.
- [5] B. INDONESIA, "Data BI Rate," Bank Sentral Republik Indonesia, 2018. [Online]. Available: <https://www.bi.go.id>.

-
- [6] National Energy Council, "Indonesia Energy Outlook 2016," Jakarta, 2016.
- [7] E. A. M. G. S. A. A. E. Y. M. G. Magdy, "Microgrid dynamic security considering high penetration of renewable energy," *Protection and Control of Modern Power Systems*, vol. 23, no. 3, 2018.
- [8] S. R. S. S. S. A. K. S. A. Sumon Rashid, "Optimized design of a hybrid PV-wind-diesel energy system for sustainable development at coastal areas in Bangladesh," *Environmental Progress & Sustainable Energy*, vol. 36, no. 1, pp. 297-304, 2017.
- [9] S. F. Hutapea and Agus Purwadi, "Design of hybrid PV-generator-battery system for two kind of loads at Aha village, Morotai Island, Maluku," 2017 International Conference on Control, Electronics, Renewable Energy and Communication (ICCREC) pp. 127-131, December 2017.
- [10] D. M. Yuliawan, A. Purwadi, A. Rizqiawan, T. Akmal, and M. G. FAqdomani, "Study and design of hybrid PV-generator-wind system for communal and administrative load in North Maluku, Indonesia," 2018 IEEE Conference on Power Engineering and Renewable Energy (ICPERE), June 2019.
- [11] D. Schumacher, O. Belk, and A. Emadi, "Standalone integrated power electronics system, application for off grid rural location," *IEEE Electrification Magazine*, vol. 6, issue 4, pp. 73-82, December 2018.
- [12] Noor Hussain Al Dulaimi, "Design of an Off – Grid Solar PV System for a Rural Shelter" School of Natural Resources Engineering and Management, Amman, Jordania, 2017
- [13] Arina Makarova, "Study Design and Performance Analysis of a Grid – Connected Photovoltaic System", Helsinki Metropolia University of Applied Science, 2017
- [14] Anonymous, "Link Budget Design for RF Line – of – sight via Theoretical Propagation Prediction", 2019
- [15] L. Hakim, B.E.Prasetya, M.Fahmi, C.Wiharya, "ANALISIS PHOTOVOLTAIC DISTRIBUTED GENERATION (PVDG) PADA SISTEM DISTRIBUSI 20 KV GI SENGKALING PENYULANG PUJON UNTUK PERBAIKAN PROFIL TEGANGAN" 2020 Seminar Nasional Teknologi Elektro Terapan (SNTET) pp. 92-98, Agustus 2020.