

RANCANG BANGUN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA ON-GRID/ BACKUP KOMUNAL

Andrew Joewono^{1*}, Rasional Sitepu², Peter RA³

^{1,2}*Profesi Insinyur, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya*

³*Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya*

*Email: *andrew_sby@ukwms.ac.id*

ABSTRAK

Matahari (sinar matahari) adalah salah satu energi terbarukan, dapat dimanfaatkan untuk membangkitkan energi listrik. Cukup tersedianya sinar matahari yang ada di Indonesia merupakan suatu peluang yang dapat dikembangkan untuk menghasilkan energi listrik.

Sistem pembangkit listrik perlu dirancang untuk dapat memenuhi energi listrik yang diperlukan dalam kehidupan, sistem pembangkitan listrik ini juga perlu memperhatikan tersedianya energi listrik secara kontinyu, untuk pemenuhan dalam jumlah yang besar diperlukan nilai investasi yang besar pula, sehingga perlu dibuat dengan sistem komunal, artinya pemenuhan energi listrik terbagi menjadi distrik-distrik sesuai dengan jumlah energi yang diperlukan untuk tiap-tiap daerah, misal di daerah dengan distrik(des) yang jumlah penduduknya sedikit, dibuatlah sistem pembangkit 3000 watt yang terdistribusi langsung ke pemakai dan didaerah berikutnya dibuat 5000 watt lebih besar yang terdistribusi langsung ke pemakainya, karena jumlah penduduknya lebih banyak, namun untuk mengefisienkan pemakaian peralatan perlu di buat interkoneksi antar pembangkit tersebut dengan prinsip pengendalian beban, sehingga setiap pembangkit akan dapat saling mendukung daerah tetangganya apabila terjadi permintaan dan surplus daya dengan langkah interkoneksi dan pengendalian beban ini akan sangat mengefisienkan pemakaian peralatan pembangkit listrik tersebut.

Pembangkit listrik tenaga surya yang dirancang menggunakan sistem on-grid, energi langsung tersalurkan kepada pemakai dan ditambahkan sistem backup baterai, (energi yang dihasilkan disiang hari terpakai langsung dan tersimpan didalam baterai), untuk dapat digunakan di waktu matahari sudah tidak mempunyai energinya, sebesar daya maksimum 3000 watt, menggunakan modul surya 450wp, inverter dengan mode on atau off grid sistem 48 volt, dan baterai backup sebanyak 8 buah 200 Ah.

Hasil perhitungan profile beban resistif 3790 watt dalam operasi 30 jam/hari, beban induktif 6300 watt dalam operasi 27 jam/hari.

Oleh karena itu, sistem pembangkit listrik tenaga surya on-grid/backup komunal dengan pengendalian beban ini, akan sangat membantu pemenuhan kebutuhan energi listrik didaerah-daerah yang tidak terjangkau listrik negara, dengan efisien peralatan yang tinggi karena terjadi interkoneksi pemakaian beban secara bersama antar sistem pembangkit komunal tersebut. Aplikasi yang tampak akan digunakan untuk pemenuhan energi listrik di siang hari (on-grid) dan energi yang tersimpan (terbackup) untuk digunakan sewaktu matahari sudah tidak berenergi, pada distrik (daerah) dengan jumlah penduduk terbatas, dan terkoneksi dengan sistem pembangkit di distrik tetangganya.

Kata kunci: Pembangkit Listrik Komunal, On-grid/Backup

ABSTRACT

The sun (sunlight) is one of the renewable energy, it can be used to generate electrical energy. The sufficient availability of sunlight in Indonesia is an opportunity that can be developed to produce electrical energy.

The power generation system needs to be designed to be able to meet the electrical energy needed in life, This power generation system also needs to pay attention to the continuous availability of electrical energy, For fulfillment in large quantities, a large investment value is needed, so it needs to be made with a communal system, means that the fulfillment of electrical energy is divided into districts according to the amount of energy required for each region, For example, in an area with a district (village) with a small population, A 3000 watt generator system is made which is distributed directly to the user and in the next area is made a larger 5000 watt which is distributed directly to the user, because the population is more, However, in order to make efficient use of equipment, it is necessary to make interconnections between these plants with the principle of load control, so that each power plant will be able to support each other in the event of a demand and power surplus. This interconnection and load control measure will greatly make the use of the power plant equipment more efficient.

A solar power plant designed using an on-grid system, energy is directly channeled to the user and a battery backup system is added, (energy generated during the day is used directly and stored in the battery), to be used when the sun has no energy, with a maximum power of 3000 watts, using 450wp solar module, inverter with on or off grid system 48 volt mode, and a backup battery of 8 pieces 200 Ah.

The results of the calculation of the resistive load profile 3790 watts in operation 30 hours / day, inductive load 6300 watts in operation 27 hours/day.

Therefore, this on-grid/communal backup solar power generation system with load control, will greatly help meet the needs of electrical energy in areas that are not covered by state electricity, with high equipment efficiency due to the interconnection of shared load usage between the communal generating systems. Applications that appear to be used for meeting electrical energy during the day (on-grid) and stored energy (backed up) for use when the sun is no longer energized, in a district (area) with a limited population, and connected to generating systems in neighboring districts.

Keywords: Communal Power Station, On-grid/backup

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik merupakan kebutuhan yang utama di dalam kehidupan (untuk penerangan kehidupan, peralatan rumah tangga sehari-hari, bahkan sampai peralatan untuk keperluan masyarakat), namun pemenuhannya kurang merata, yang dikarenakan perlunya pembuatan jaringan dan penggunaan energi tidak terbarukan yang semakin banyak, misalnya, minyak, batu bara dan gas bumi. Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral menyatakan bahwa konsumsi energi nasional pada tahun 2009 sebesar 948,112 ribu setara barel minyak (SBM), naik sebesar 21,87% dibandingkan konsumsi energi nasional pada tahun 2000 yang berjumlah 777,925 ribu SBM (LEMIGAS, 2013). Pemanfaatan bahan-bahan sumber energi tidak terbarukan perlu

diperhatikan ketersediaannya, dikarenakan keterbatasan cadangan yang masih tersisa, sehingga perlu dilakukan efisiensi pemanfaatannya. Disamping itu pemerataan distribusi energi listrik juga perlu dipikirkan untuk dapat dilaksanakan, sehingga semua daerah dapat merasakan pemanfaatan energi listrik untuk keperluan kehidupannya. Salah satu cara yang pernah dilakukan dengan membuat sistem pembangkitan listrik tenaga surya on-grid hybrid (sistem pembangkit listrik tenaga surya) (Andrew, Rasional, & Peter, 2015). Pemenuhan energi listrik untuk daerah-daerah yang belum terjangkau listrik negara, perlu menjadi pemikiran dalam berinovasi untuk membuat sistem pembangkit listrik tenaga surya ini dengan pola komunal (tersentralisasi) dari pemakaian di distrik, dengan sistem pembangkit on-grid (terpakai langsung disaat matahari berenergi) dan terbackup dalam baterai (terpakai disaat matahari tidak berenergi), sewaktu pemakaian energi listrik di distrik mengalami kelebihan atau kekurangan perlu ditangglangi dengan membuat sistem interkoneksi yang saling memenuhi kebutuhan energi listrik dengan prinsip pengendalian beban yang terpakai. Rancangan yang dikembangkan adalah membuat sistem pembangkit tenaga surya secara langsung terpakai (on-grid) dan tersimpan (backup) yang akan digunakan secara bersama-sama (komunal) dan terkoneksi antar sistem pembangkit dengan prinsip pengendalian beban terpakai.

Pemanfaatan energi terbarukan, baik itu panas bumi, mikro hidro, angin, matahari, biofuel maupun sampah organik. Sumber-sumber energi terbarukan itu saat ini tersebar diberbagai daerah. 'Selain lebih ramah lingkungan, pemanfaatan energi terbarukan agar PLN tidak semakin terbebani kenaikan harga minyak,' papar Ali Herman Ibrahim. Saat ini, sebagian pembangkit listrik PLN masih memanfaatkan bahan bakar fosil. Bahkan, pada berbagai unit pelayanan di daerah sebagian besar masih mengoperasikan PLTD. Menurut Ali Herman Ibrahim, jumlah PLTD yang dioperasikan oleh PLN diseluruh Indonesia saat ini mencapai sekitar 4700 unit. "Dengan pemanfaatan energi terbarukan ini, kami berusaha agar tidak menambah lagi PLTD baru", ujar Ali Herman Ibrahim, dan sebagai gantinya PLN akan mendorong terus pembangkit listrik energi terbarukan, dimana sumber energi ini tergolong sesuai dengan kondisi sistem kelistrikan yang ada di Indonesia, baik yang ada di Jawa maupun luar Jawa. (DESDM, 2007)

Persediaan minyak dan gas bumi semakin menipis di abad 21, sementara permintaan energi meningkat, terutama di negara-negara industri cenderung meningkat sebesar 70% antara tahun 2000 hingga 2030. Pada 2015, kebutuhan energi listrik akan mencapai 19,5-20 triliun kWh. Namun sumber energi primer (migas) hanya mampu menyediakan 12,4 triliun kWh, yang mencemaskan

adalah minyak dan gas bumi yang diandalkan suatu saat akan habis, di Indonesia diperkirakan akan habis dalam waktu 18 tahun. Keadaan cadangan minyak dunia diperkirakan akan habis dalam 23 tahun ke depan, sedangkan batu bara 146 tahun ke depan. Ketersediaan energi listrik di daerah-daerah juga tidak merata yang dikarenakan kurangnya jaringan distribusi listrik, mengingat pembangunan untuk distribusi memerlukan pendanaan yang cukup besar. Pembangunan listrik yang selama ini menggunakan jaringan PLN memerlukan efisiensi sistem untuk keberlanjutannya, **Pemanfaatan Energi Surya** (Hasnawiya & Hasan, 2012)

Energi surya berupa radiasi elektromagnetik yang dipancarkan ke bumi berupa cahaya matahari yang terdiri atas foton atau partikel energi surya yang dikonversikan menjadi energi listrik. Energi surya yang sampai pada permukaan bumi disebut sebagai radiasi surya global yang diukur dengan kepadatan daya pada permukaan daerah penerima. Rata-rata nilai dari radiasi surya atmosfer bumi adalah 1.353 W/m^2 yang dinyatakan sebagai konstanta surya. Intensitas radiasi matahari dipengaruhi oleh lamanya periode rotasi bumi, kondisi cuaca, termasuk kualitas dan kuantitas awan, perubahan musim dan garis lintang. Intensitas radiasi matahari di Indonesia diasumsikan maksimal berlangsung selama 45 jam sehari. Produksi surya di suatu daerah dapat dihitung, sebagai berikut

$$E = I \times A \quad (1)$$

dimana,

E = Energi (daya) surya yang dihasilkan (W)

I = Isolasi/Intensitas radiasi surya rata-rata yang diterima selama satu jam (W/m^2)

A = Luas area (m^2)

Energi matahari akan diubah menjadi energi listrik dan disebut juga dengan energi fotovoltaiik. Awalnya, teknologi ini digunakan sebagai pembangkit listrik di daerah pedesaan terpencil. kemudian dikembangkan dalam penerangan jalan surya, menyediakan listrik di tempat-tempat umum seperti tempat ibadah, pelayanan kesehatan, kantor pemerintahan. Meski awalnya cukup untuk kebutuhan penerangan tapi PLTS cukup membantu menyediakan energi listrik di tempat yang dibutuhkan. Selain itu, pompa air tenaga surya juga digunakan untuk mengairi irigasi atau air bersih (air minum).



Gambar 1. Pembangkit listrik tenaga surya. (Andrew, Rasional, & Peter, 2015)

Prinsip Kerja Teknologi *Photovoltaic* (PV)

Sinar matahari diubah menjadi energi listrik oleh modul surya yang terbuat dari bahan semikonduktor. Bahan semikonduktor adalah bahan semi logam yang mengandung partikel yang disebut proton, elektron, dan elektron, partikel ini akan digerakkan oleh energi dari luar (cahaya matahari), yang akan melakukan bantuan elektronik, menciptakan arus listrik dari pasangan elektron-lubang. Modul surya memiliki kemampuan untuk menyerap cahaya sinar matahari yang berisi gelombang elektromagnetik atau energi foton. Energi foton dari sinar matahari ini menciptakan kemampuan untuk melepaskan elektron elektron ke strip konduksi, sehingga menimbulkan arus listrik. Energi kinetik akan semakin besar seiring dengan meningkatnya intensitas cahaya matahari. Intensitas cahaya matahari yang diserap bumi paling tinggi pada siang hari, sekitar 120.000 watt terra. Jenis bahan semikonduktor yang digunakan juga akan menentukan kinerja sel surya.

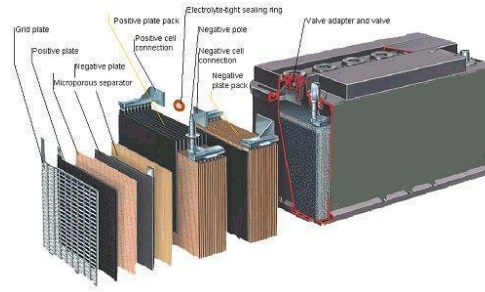
Adapun komponen yang terdapat dalam pembangkit tenaga surya, dijelaskan berikut ini.

a. Modul Surya

Komponen utama PV yang menghasilkan energi listrik DC disebut panel surya atau modul surya. Panel surya terbuat dari bahan semikonduktor (biasanya silikon) yang bila terkena sinar matahari dapat menghasilkan arus listrik.



Gambar 2. Panel atau modul sel surya yang terbuat dari bahan semikonduktor. (Andrew, Rasional, & Peter, 2015)



Gambar 3. Baterai/aki sebagai penyimpan energi listrik. (Andrew, Rasional, & Peter, 2015)

b. Baterai/Aki

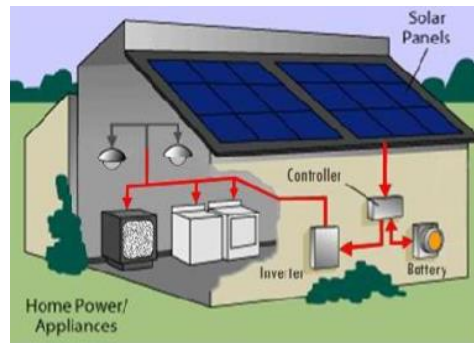
Baterai atau aki adalah penyimpan energi listrik yang dihasilkan dari modul surya pada saat PV tersinari matahari. Jenis baterai yang cocok untuk PV adalah baterai *deep cycle Valve Regulated Lead Acid* yang dapat menampung kapasitas 100 Ah, 12 V, dengan efisiensi sekitar 80%. Waktu pengisian antara 12 hingga 16 jam. Gambar 3.

c. Regulator Baterai

Regulator baterai adalah perangkat yang mengatur arus dari modul surya ke baterai dan sebaliknya. Ketika sisa daya baterai adalah 20% hingga 30%, regulator akan memutuskan koneksi dengan beban. Regulator baterai juga mengatur kelebihan tegangan dari modul surya. Keuntungan dari alat ini untuk menghindari pengosongan total dan pengisian daya yang berlebihan serta memantau suhu baterai. Lonjakan daya dan pengisian daya dapat mengurangi masa pakai baterai. Pengatur baterai dilengkapi dengan pelindung dioda yang mencegah arus DC yang masuk ke baterai tidak kembali masuk ke panel surya. Bentuk alat seperti pada gambar 4.

d. Inverter

Inverter adalah alat yang mengubah arus searah menjadi arus bolak-balik tergantung dari kebutuhan peralatan listrik yang digunakan. Alat ini mengubah arus baterai DC menjadi arus bolak-balik. Tampak seperti pada gambar 5.

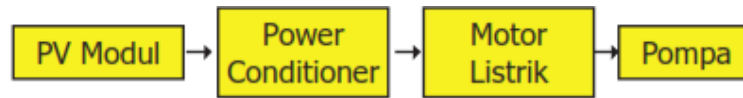


Gambar 7. *Solar Home Sistem* dan komponen-komponennya.

Solar home system (SHS) umumnya diterapkan pada rumah tinggal, tempat ibadah, pusat kesehatan dan instansi pemerintah di daerah terpencil seperti pedesaan. Komponen utama yang digunakan adalah modul surya, baterai, regulator baterai, inverter dan kabel. Skema SHS terlihat pada gambar 7.

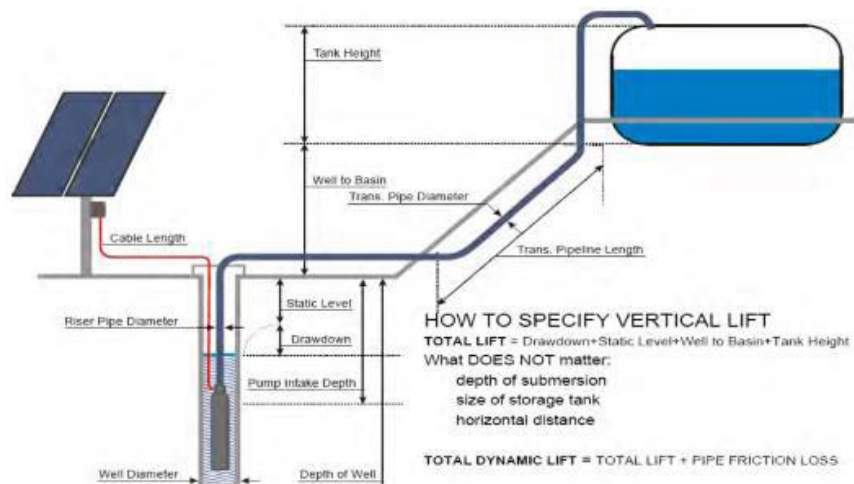
Lampu penerangan jalan tenaga surya berguna dalam konteks penghematan energi listrik PLN yang membutuhkan bahan bakar. Komponen utama tersebut antara lain modul surya 50 Wp-100 Wp, baterai, lampu jalan DC. Lampu jalan dan perangkat kontrol yang mengontrol penggunaan waktu dan intensitas cahaya. . Tiang lampu jenis ini sangat cocok untuk daerah terpencil dimana listrik PLN terpasang.

Sistem ini sangat mudah dipasang dan dibongkar tanpa harus memikirkan kabel atau generator.



Gambar 8. Skema rancangan pompa air tenaga surya. (Andrew, Rasional, & Peter, 2015)

Power Conditioner merupakan komponen yang mengatur penggunaan energi listrik dari PV modul ke pompa air yang digunakan. PV Modul akan memberikan daya DC ke pompa, (penggunaan inverter akan efektif) jika pompa yang digunakan adalah pompa AC. Energi listrik motor listrik akan diubah menjadi energi kinetik untuk membuat pompa bekerja ke dalam air. Air hasil sedotan akan disimpan di tangki penyimpanan sementara.



Gambar 9. Aplikasi Panel Surya pada pompa air tenaga surya.

(Andrew, Rasional, & Peter, 2015)

Perancangan Teknologi Panel Surya

Langkah-langkah perancangan teknologi Panel Surya adalah sebagai berikut:

1. Menentukan Beban total pemakaian per hari, sesuai persamaan berikut:

$$\text{Beban pemakaian } (Wh) = \text{Daya} \times \text{Lama pemakaian} \quad (2)$$

2. Menentukan Kapasitas modul surya yang sesuai dengan beban pemakaian, mengikuti persamaan berikut ini :

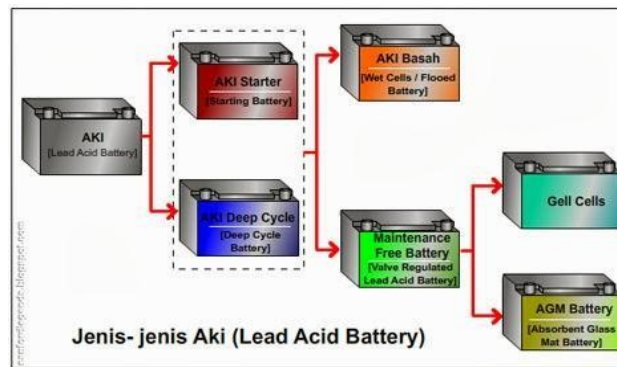
$$\text{Kapasitas modul surya} = \frac{\text{Total beban pemakaian harian}}{\text{Insolasi surya harian}} \quad (3)$$

3. Menentukan kapasitas baterai, sesuai persamaan berikut :

$$\text{Kapasitas baterai (Ah)} = \frac{\text{Total kebutuhan energi harian}}{\text{Tegangan sistem}} \quad (4)$$

Baterai

Sistem baterai terdiri dari baterai, sistem pengisian dan Sistem Manajemen Baterai. Baterai yang digunakan adalah akumulator karena merupakan salah satu tipe baterai dengan sel sekunder yang mampu mengembalikan fungsi baterai dengan cara pengisian kembali muatan listrik.



Gambar 10. Jenis-jenis baterai akumulator (Andrew, Rasional, & Peter, 2015)

Secara umum ada dua jenis akumulator, yaitu *Starting Baterai* dan *Deep Cycle Baterai*. Akumulator adalah jenis *Deep Cycle Baterai* yang dirancang untuk menghasilkan energi (arus listrik) yang stabil untuk waktu yang lama.

METODE PENELITIAN

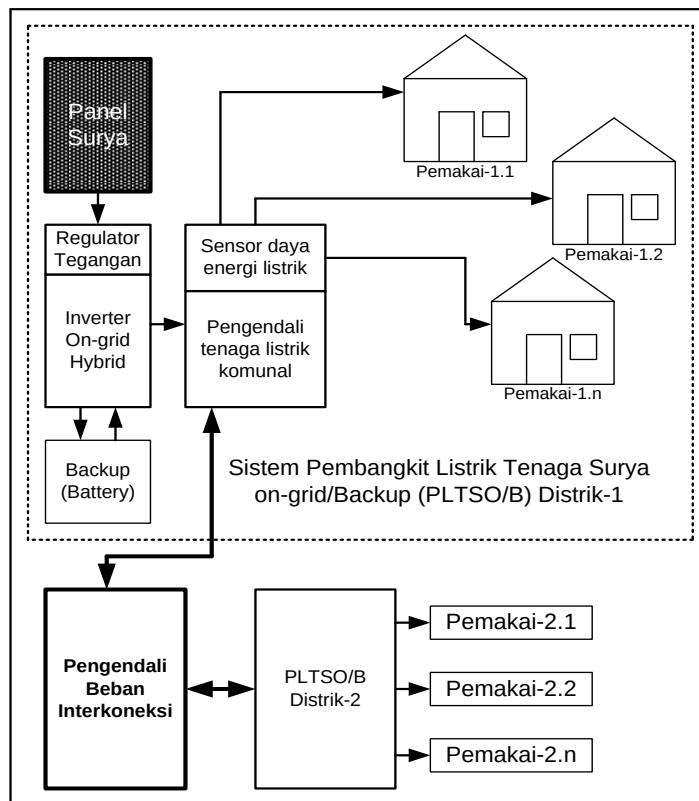
Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya On-Grid/Backup Komunal dengan Pengendali Beban ini dikerjakan dalam beberapa tahap. Pada tahap perancangan selalu dilakukan pengujian. Pengujian yang dimaksud adalah pengujian fungsional komponen/bagian yang dirancang. Diagram blok perancangan alat seperti pada gambar 11.

Langkah-langkah yang dilakukan meliputi:

1. Perencanaan dan pemasangan sistem elektrik regulator dan inverter on-grid/backup solar panel
Pada tahapan ini dilakukan perencanaan rangkaian modul panel surya 450wp, sebanyak 8 buah dan regulator yang menstabilkan tegangan yang dihasilkan rangkaian panel surya tegangan yang dihasilkan akan diatur untuk disalurkan ke pengisian baterai (backup) dan konverter perubah

tegangan dc yang dihasilkan rangkaian panel surya menjadi tegangan AC yang siap untuk disalurkan kepada pemakai (on-grid), dengan dikendalikan daya listrik yang digunakan oleh pemakai.

Pengujian yang dilakukan di tahapan ini, dengan melakukan pengukuran tegangan dan arus, yang dihasilkan panel surya dan regulator tegangan, sehingga siap untuk digunakan melakukan penyimpanan energi di baterai (backup), dan energi listrik yang tersalurkan langsung ke pemakai.



Gambar 11. Diagram Blok Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya On-Grid/Backup Komunal Dengan Pengendali Beban

2. Perancangan sistem pengendali beban komunal dan sensor daya energi listrik

Pada tahapan ini dilakukan perancangan rangkaian sensor daya listrik yang dihasilkan rangkaian panel surya yang sudah dikonversikan menjadi energi listrik AC, untuk dapat disalurkan ke pemakaian dengan pembatasan-pembatasan daya listrik yang sudah ditentukan. rangkaian sensor daya listrik ini juga dapat mendeteksi kelebihan energi listrik yang dihasilkan dari sistem PLTS ini untuk siap memberikan energi listrik secara interkoneksi ke sistem PLTS komunal berikutnya

Pengujian yang dilakukan di tahapan ini, dengan melakukan pengukuran pada rangkaian sensor daya listrik yang didapat dari rangkaian panel surya dan yang energi listrik yang digunakan oleh pemakai.

Pendekatan dalam perancangan sistem PLTS ini, dimulai dari:

1. Profile beban yang akan disuplai, yaitu menggunakan beban resistif maksimal 3790 watt dengan lama pemakaian maksimal 30 jam/hari, ditambahkan beban induktif 6300 watt dengan lama pemakaian 27 jam/hari, dengan total daya 10.090 watt
2. Modul surya yang digunakan jenis monokristalin 450wp, $V_{mp} = 41.5V$, $I_{mp} = 10.85A$, untuk memenuhi kebutuhan energi konversi inverter butuh maksimum 8 keping ($8 \times 450 \text{ wp} = 3600 \text{ wp}$, tegangan maksimum input inverter (single string) ($8 \text{ bh} \times 41.5 \text{ V} = 332 \text{ V}$), untuk 1 string dengan $I_{mp} = 10.85 \text{ A}$,
3. Inverter yang digunakan (data sheet),

PV INPUT

Max. input power	: 3990W
Max. input voltage	: 600Vdc
Start-up voltage	: 120Vdc
MPPT voltage range	: 90Vdc - 580Vdc
Max. input current	: 12A
PV short circuit current	: 15A
Number of MPPT	: 1

BATTERIES

Baterai type	: Lead Acid baterai
Rated voltage	: 48Vdc
Voltage range	: 42Vdc - 58Vdc
Baterai type	: VRLA AGM maintenance - free baterai
Baterai capacity	: 200 Ah optimized
Max. charge current	: 65 A
Charging curve	: 3-Stage
Rated discharge power	: 3000W
Max. discharge current	: 70A

Max. discharge efficiency : 50%

AC OUTPUT

Rated output power : 3000W
Rated output voltage : 220, 230, 240 Vac
Max output current : 13.7A
Output AC voltage range : 180 - 276Vac
Rated output frequency : 44-55 Hz
Power factor : 1 default (0.8 leading - 0.8 lagging)
THD : < 3%

3. Baterai

Untuk memenuhi daya yang dibutuhkan, sebesar 10.090 watt, maka dibutuhkan :

Perhitungan prediksi

Beban : $10.090 \text{ watt} \times 1.5 \text{ (faktor pengali beban)} = 15.135 \text{ watt}$

Baterai : $12 \text{ V} \times 200\text{Ah} = 2.400 \text{ Wh}$ (pemakaian 80%) = 1.920 Wh

Jumlah baterai yang dibutuhkan: $15.135 / 1.920 = 7.88$, pembulatan menjadi 8 buah

Pendekatan rancangan menggunakan simulasi software HelioScope, mendapatkan nilai irradiance dan nilai energi, didapatkan nilai annual production: irradiance = 1.590,8 kWh/m², dengan energi total = 4.838,1 kWh.

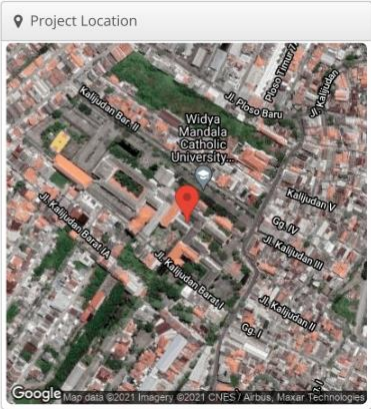
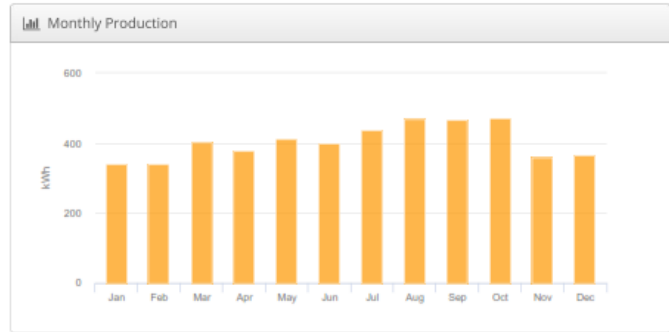
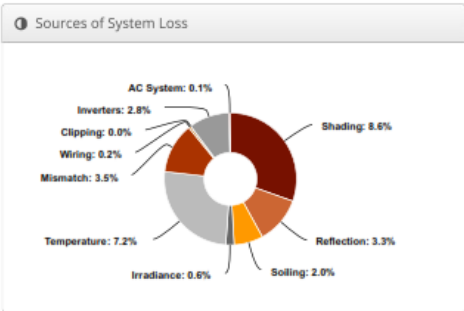
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pendekatan rancangan menggunakan software HelioScope, mendapatkan nilai irradiance dan nilai energi, didapatkan nilai annual production: irradiance = 1.590,8 kwh/m², dengan energi total = 4.838,1 kwh, dengan tampilan berikut:

Design 3 PLTS O/B, Kalijudan no.37

Report	
Project Name	PLTS O/B
Project Address	Kalijudan no.37
Prepared By	andrew joewono andrew_sby@yahoo.com

System Metrics	
Design	Design 3
Module DC Nameplate	3.52 kW
Inverter AC Nameplate	3.00 kW Load Ratio: 1.17
Annual Production	4,838 MWh
Performance Ratio	74.8%
kWh/kWp	1,374.5
Weather Dataset	TMY, 10km Grid, meteonorm (meteonorm)
Simulator Version	016efb5df8-5f67d95a01-5f08eb4f69-7db4ebbf7



⚡ Annual Production			
	Description	Output	% Delta
Irradiance (kWh/m²)	Annual Global Horizontal Irradiance	1,790.3	
	POA Irradiance	1,838.7	2.7%
	Shaded Irradiance	1,680.9	-8.6%
	Irradiance after Reflection	1,626.2	-3.3%
	Irradiance after Soiling	1,593.7	-2.0%
	Total Collector Irradiance	1,590.8	-0.2%
Energy (kWh)	Nameplate	5,605.1	
	Output at Irradiance Levels	5,572.9	-0.6%
	Output at Cell Temperature Derate	5,170.4	-7.2%
	Output After Mismatch	4,990.0	-3.5%
	Optimal DC Output	4,981.8	-0.2%
	Constrained DC Output	4,981.8	0.0%
	Inverter Output	4,842.3	-2.8%
	Energy to Grid	4,838.1	-0.1%
Temperature Metrics			
Avg. Operating Ambient Temp		29.4 °C	
Avg. Operating Cell Temp		37.8 °C	
Simulation Metrics			
Operating Hours		4732	
Solved Hours		4732	

☁ Condition Set												
Description	Condition Set 2											
Weather Dataset	TMY, 10km Grid, meteonorm (meteonorm)											
Solar Angle Location	Meteo Lat/Lng											
Transposition Model	Perez Model											
Temperature Model	Diffusion Model											
Temperature Model Parameters	Rack Type						U _{const}			U _{wind}		
	Fixed Tilt						29			0		
	Flush Mount						15			0		
	East-West						29			0		
	Carport						29			0		
Soiling (%)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Irradiation Variance	5%											
Cell Temperature Spread	4° C											
Module Binning Range	-2.5% to 2.5%											
AC System Derate	0.50%											
Module Characterizations	Module	Uploaded By					Characterization					
	LR4-72HPH-440M (Longi)	Folsom Labs					Spec Sheet Characterization, PAN					
Component Characterizations	Device	Uploaded By					Characterization					
	HYD 3000-ES (Sofar)	Folsom Labs					Spec Sheet					

🗄 Components		
Component	Name	Count
Inverters	HYD 3000-ES (Sofar)	1 (3.00 kW)
Transformer	Primary Side: 380Y/220V , Secondary: 380Y/220V	0
AC Home Runs	1/0 AWG (Aluminum)	1 (1,112.3 ft)
Combiners	1 input Combiner	1
Strings	10 AWG (Copper)	1 (8.4 ft)
Module	Longi, LR4-72HPH-440M (440W)	8 (3.52 kW)

👤 Wiring Zones			
Description	Combiner Poles	String Size	Stringing Strategy
Wiring Zone	12	8-8	Along Racking

🔌 Field Segments									
Description	Racking	Orientation	Tilt	Azimuth	Intrarow Spacing	Frame Size	Frames	Modules	Power
Field Segment 1	Fixed Tilt	Landscape (Horizontal)	15°	0°	0.0 ft	1x1	8	8	3.52 kW



Profile beban yang didapatkan dalam pelaksanaan, sebagai berikut:

Tabel 1. Profile Beban PLTS O/B

Modul Surya	3600 wp	Energi Harian (Modul Surya x Energi Surya Maksimum/jam)			
Energi Surya Maksimum/hari	4 jam	14400 Wh			
Inverter	3000 watt				
Nama Beban	Jumlah	Daya	Jumlah daya	Jam/hari	Energi Harian
Beban Resistif					
Lampu	8	15	120	12	1440
TV	1	100	100	8	800
Ricecooker	1	175	175	2	350

Laptop	2	80	160	6	960
Setrika	1	120	120	2	240
Jumlah		490	675	30	3790
Beban Induktif					
Kulkas	1	200	200	24	4800
Pompa Air	1	500	500	3	1500
Jumlah		700	700	27	6300
Beban Resistif + Beban Induktif (Daya x 3)					
		2590	2775		10090

Dari data yang didapatkan jumlah energi harian (10.090 Wh) yang digunakan, mempunyai nilai lebih rendah dari energi yang didapat dari konversi modul surya (14.400Wh), sehingga sistem masih dapat mendukung pemenuhan kebutuhan energi pengguna

KESIMPULAN

Dari hasil perancangan didapat nilai pendekatan dalam realisasi beban sebesar 10.900 Wh, dengan energi yang didapatkan dari modul surya sebesar 14.400Wh, dari konversi modul surya 450 wp sebanyak 8 bh dengan koneksi single string yang dikonversikan menjadi energi listrik AC dengan inverter hybrid 3000 watt sistem 48 Volt, sehingga dibutuhkan baterai storage sebanyak 8 buah, masing-masing 12 Volt 200Ah, dengan asumsi pemakaian baterai 80%, maka didapatkan energi sebanyak 19.200 Wh, artinya beban masih dapat dipenuhi kebutuhan energinya oleh sistem ini

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada,

- Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, Dan Teknologi Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi atas pendanaan Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT) tahun ke-1.
- Universitas Katolik Widya Mandala surabaya, atas dukungannya hingga penelitian ini dapat dilaksanakan

DAFTAR PUSTAKA

- Andrew, J., Rasional, S., & Peter, R. (2015). Perancangan Sistem Elektrik tenaga hybrid untuk pemfilteran air tanah. *Seminar Nasional Energi Telekomunikasi dan Otomasi SNETO 2015*. Bandung: Institut Teknologi Nasional (ITENAS) Bandung.
- Angelina, E. T., & Andrew, J. (2011). Sumber Energi Listrik dengan Sistem Hybrid (Solar Panel dan Jaringan Listrik PLN). *Jurnal Widya Teknik* .
- DESDM. (2007). *PLN Targetkan Pemakaian Energi Listrik Terbarukan 10 %*. Retrieved Januari 13, 2019, from Departemen Energi dan Sumber Daya Manusia: <http://www.esdm.go.id/berita/listrik/39-listrik/129-pln-targetkan-pemakaian-energi-listrik-terbarukan-10.html>
- Filman. (2014, April 15). *Water Treatment*. Retrieved Januari 13, 2019, from filter-penjernih-air: <http://filter-penjernih-air.7pilar.net>
- Hasnawiya, & Hasan. (2012). PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DI PULAU SAUGI. *Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan (JR TK)* .
- LEMIGAS. (2013, April 9). *prdkpenelitian-264-.html*. Retrieved Januari 13, 2019, from lemigas.esdm: <http://www.lemigas.esdm.go.id/id/prdkpenelitian-264-.html>
- Menlh/media. (2014, April 13). *ringkasan-berita-media-massa-ii-699*. Retrieved Januari 13, 2019, from www.menlh.go.id: <http://www.menlh.go.id/ringkasan-berita-media-massa-ii-699>