

p-ISSN : 2087-1627

e-ISSN : 2685-9858



INFOTEKMESIN

MEDIA KOMUNIKASI UNTUK PENGEMBANGAN
PENELITIAN ILMIAH TEHNIK

INFORMATIKA ELEKTRONIKA MESIN

Volume 12, Nomor 2 Edisi Juli 2021

Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (P3M)

POLITEKNIK NEGERI CILACAP

<https://ejournal.pnc.ac.id/index.php/infotekmesin>

DEWAN REDAKSI

Editor-in-Chief

Dr. Eng. Agus Santoso, S.T., M.T., Politeknik Negeri Cilacap

Managing Editor

Oman Somantri, M.Kom., Politeknik Negeri Cilacap

Editorial Board

Muchamad Zainul Rohman, S.ST., M.T., Politeknik Negeri Samarinda
Ratih HafSarah Maharrani, S.Kom., M.Kom., Politeknik Negeri Cilacap
Dr. Muhammad Akhlis Rizza, S.T., M.T., Politeknik Negeri Malang
Galih Mustiko Aji, S.T., M.T., Politeknik Negeri Cilacap
Sarono Widodo, ST, M.Kom., Politeknik Negeri Semarang
Ganjar Ndaru Ikhtiangung, S.E., M.M., Politeknik Negeri Cilacap
Dody Herdiana, S.T., M.Kom STMIK Sumedang
Muchamad Sobri Sungkar, M.Kom., Politeknik Harapan Bersama
Abdul Azis Abdillah, S.Pd., M.Si., Politeknik Negeri Jakarta
Annisa Romadloni, S.Hum., M.A., Politeknik Negeri Cilacap

Support Editor

Rosalia Dian Susanti, S.H., M.H., Politeknik Negeri Cilacap

Reviewer

Ida Afriliana, S.T., M.Kom, Politeknik Harapan Bersama
Riyani Prima Dewi, S.T., M.T., Politeknik Negeri Cilacap
Dwi Yuniarto, S.Sos., M.Kom, STMIK Sumedang
Didi Supriyadi, S.T., M.Kom, ITT Telkom Purwokerto
Mohammad Nurhilal, S.T., M.Pd., M.T., Politeknik Negeri Cilacap
Mohammad Al'Amin, M.Kom, Institut Teknologi dan Sains Nahdlatul Ulama Pekalongan
Dr. Moechammad Sarosa, Dipl.Ing. M.T., Politeknik Negeri Malang
Dr. Ir. Aris Tjahyanto, M.Kom., Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
Dr. Eng. Retno Supriyanti, ST, MT, Universitas Jenderal Soedirman
Erna Alimudin, M.Eng., Politeknik Negeri Cilacap
Very Kurnia Bakti, M.Kom. Politeknik Harapan Bersama
Achmad Aminudin, S.Pd., M.T, Politeknik Negeri Madiun
Muhammad Nur Faiz, M.Kom., Politeknik Negeri Cilacap
Afrizal Abdi Musyafiq, S.Si., M.Eng, Politeknik Negeri Cilacap
Syarifudin, S.T., M.T, Politeknik Harapan Bersama
La Ode Mohamad Zulfiqar, S.T., M.Kom, Institut Teknologi Telkom Purwokerto
Dedy Hidayat Kusuma, S.T., M.Cs., Politeknik Negeri Banyuwangi
Arif Wirawan Muhammad, S.Kom., M.Kom., Institut Teknologi Telkom Purwokerto
Ardhita Fajar Pratiwi, S.T., M.Eng., Politeknik Negeri Cilacap
Agus Sifa, ST., MT., M.Sc., Politeknik Negeri Indramayu
Apri Junaidi, S.Kom., M.Kom., MCS., Institut Teknologi Telkom Purwokerto
Imam Wahyudi, M.Pd. Politeknik Negeri Jakarta
Aulia El Hakim S.ST., M.T., Politeknik Negeri Madiun
Nuraini Lusi S.Pd., M.T., Politeknik Negeri Banyuwangi



Alamat Redaksi

Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (P3M)

Politeknik Negeri Cilacap

Jln. Dr. Soetomo No.1 Sidakaya Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah 53212

Telp. (0282) 533329

Email: infotekmesin.ejournal@pnc.ac.id - <https://ejournal.pnc.ac.id/index.php/infotekmesin>

Indexed:



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur ke hadirat Allah SWT, atas berkat rahmat -Nya, Jurnal Infotekmesin edisi volume 12 nomor 02 Juli 2021 ini dapat terbit. Jurnal Infotekmesin saat ini diterbitkan secara cetak dan secara online sebanyak 2 kali dalam satu tahun yaitu pada bulan Januari dan Juli.

Jurnal Infotekmesin pada edisi ini memuat 11 (sebelas) artikel ilmiah yang berasal dari 28 penulis berasal dari berbagai lembaga penelitian dan perguruan tinggi di seluruh Indonesia. Ruang lingkup jurnal memaparkan berbagai macam hasil penelitian pada bidang Informatika, Teknik Elektro dan Listrik serta Teknik Mesin.

Saat ini jurnal Infotekmesin sudah terindeks DOAJ dengan peringkat akreditasi berstatus jurnal nasional terakreditasi SINTA 3 berdasarkan Surat Keputusan Direktur Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi 200/M/KPT/2020. Saran dan masukan yang membangun kami upayakan sebagai wadah peningkatan agar dapat terus memperbaiki kualitas serta dapat meningkatkan peringkat akreditasi jurnal menjadi lebih baik lagi.

Kami haturkan terimakasih dan apresiasi yang besar kepada seluruh penulis yang telah berkontribusi, *reviewer* yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan saran-saran dan komentar terkait dengan isi artikel yang dikirim oleh penulis dan kepada seluruh editor yang telah membantu sehingga terbitnya jurnal ini untuk edisi volume 12 nomor 02 Juli 2021. Kami berharap artikel yang disajikan pada jurnal ini dapat memberikan manfaat dan menambah pengetahuan keilmuan bagi para pembaca khususnya dalam pengembangan pendidikan, riset, dan penerapan ilmu tersebut dalam sebuah pengabdian masyarakat.

Cilacap, Agustus 2021
Hormat Kami,

Tim Redaksi,

DAFTAR ISI

Pengaruh Panjang Tabung dan Radius Fillet Terhadap Faktor Keamanan Tabung Motor Roket Dextrose Menggunakan Ansys Workbench <i>Lasinta Ari Nendra Wibawa, Unggul Satrio Yudhotomo, Yudi Haryanto, Rahadyan Lingga Laksita</i>	110-114
Penerapan Metode Simple Additive Weighting (SAW) dan Tabel Keputusan pada Sistem Pendukung Keputusan Menentukan Tingkat Punishment Siswa Bermasalah <i>Riyadi Purwanto, Dwi Novia Prasetyanti, Ratih HafSarah Maharrani, Lutfi Syafirullah</i>	115-121
Pengembangan Sistem Modul Komisi Dinamis pada Modul Penjualan ERP - Odoo12 <i>Danang Wahyu Utomo, Defri Kurniawan, Egia Rosi Subhiyakto</i>	122-130
Sistem Perpustakaan Digital dan Administrasi Perpustakaan Dalam Meningkatkan Pelayanan Perpustakaan <i>Cahya Vikasari</i>	131-138
Analisa Unjuk Kerja Software Defined Radio (SDR) dengan Teknik Quadrature Amplitude Modulation (QAM) <i>Jenny Putri Hapsari, Munaf Ismail</i>	139-143
Pemetaan Kelas Kesesuaian Lahan Untuk Budidaya Tambak Dengan Metode Skoring <i>Radhi Ariawan, Arfita Rahmawati</i>	144-149
Implementasi Algoritma Ant Tree Miner Untuk Klasifikasi Jenis Fauna <i>Yunita Ardilla, Wilda Imama Sabilla, Nurissaidah Ulinnuha</i>	150-154
An Enhanced Dynamic Signature Verification using the X and Y Histogram Features <i>Aris Tjahyanto, Ano Rangga Rahardika, Ary Mazharuddin Shiddiqi</i>	155-159
Rancang Bangun Mesin Pengerolan Pipa 1,5 Inchi Menggunakan Motor Listrik Sebagai Penggerak dan Dongkrak 2 Ton Sebagai Penekan Pipa <i>Sirama Sirama, Simon Parekke</i>	160-166
Optimasi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat Wilayah Pulau Terluar <i>Tarsisius Kristyadi, Teguh Arfianto</i>	167-174
Perancangan dan Pembangunan Sistem Distribusi Air Bersih <i>Cecep Deni Mulyadi, Muhammad Ubay Caraka</i>	175-182

Optimasi Perencanaan PLTS Terpusat Di Wilayah Pulau Terluar

Tarsisius Kristyadi^{1*}, Teguh Arfianto²

¹ Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional Bandung

² Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional Bandung

^{1,2}Jln. PHH. Mustofa No.23 Bandung, Indonesia

E-mail: kristyadi@itenas.ac.id¹, teguh.arfianto@gmail.com²

Info Naskah:

Naskah masuk: 13 Mei 2021

Direvisi: 16 Agustus 2021

Diterima: 20 Agustus 2021

Abstrak

Desa Air Glubi merupakan salah satu desa di Kecamatan Bintan Pesisir Kabupaten Bintan Provinsi Kepulauan Riau merupakan salah satu desa yang termasuk pulau terluar Indonesia yang masih belum teraliri listrik dan sulit dijangkau oleh PLN. Desa ini tidak tersedia sumber energi air untuk PLTMH sehingga alternatif penyediaan energi listrik di Desa Air Glubi adalah dengan PLTS terpusat. Makalah ini dibahas perencanaan PLTS terpusat di Desa Air Glubi Kecamatan Bintan Pesisir Kabupaten Bintan Provinsi Kepulauan Riau. Karena luas lahan yang tersedia dan kemampuan ekonomi penduduk terbatas maka diperlukan optimasi. Optimasi ini digunakan untuk mendapatkan keluaran energi listrik yang optimum dengan berbagai keterbatasan tersebut. Dari data primer kebutuhan listrik di desa Air Glubi adalah 62492 Wh per hari. Dari optimasi dihasilkan desain PLTS terpusat dengan kapasitas 37 kWp. Komponen utama adalah modul surya terbuat dari *monocrystalin* dengan kapasitas masing-masing 200 Wp berjumlah 186 modul. Baterai menggunakan VRLA masing-masing 200 Ah berjumlah 250 baterai. Perubahan listrik DC menjadi AC dilakukan dengan memanfaatkan inverter dengan kapasitas 10 kW berjumlah 4 buah. Untuk membangun PLTS terpusat di Desa Air Glubi membutuhkan biaya Rp 2,983,902,171.

Keywords:

electrical energy;

solar module;

monocrystalin.

Abstract

Air Glubi Village which is one of the villages in the Bintan Pesisir sub-district, Bintan Regency, Riau Islands province, is one of the villages that is one of the outer islands of Indonesia which still has no electricity, and is difficult to reach by PLN. In this village, there is no water source available for PLTMH, so the alternative for electricity supply in Air Glubi Village is a centralized PLTS. This paper discusses the planning of centralized PLTS in Air Glubi Village, Bintan Pesisir sub-district, Riau Islands province. Because the availability of land, the economic capacity of the population is limited, optimization is needed. This optimization is used to get the optimum electrical energy output with these various limitations. From primary data, electricity demand in the village is 62492 Wh per day. The optimization resulted in a centralized PLTS design with an off grid type with a capacity of 37 kWp. The main component is a solar module made of monocrystalin with a capacity of 200 Wp each, totaling 186 modules. The battery uses VRLA 200 Ah each, totaling 250 batteries. The change of Dc electricity to AC is carried out by utilizing an inverter with a capacity of 10 kW totaling 4 pieces. To build a centralized PLTS in Air Glubi Village need costs Rp 2,983,902,171.

*Penulis korespondensi:

Tarsisius Kristyadi

E-mail: kristyadi@itenas.ac.id

1. Pendahuluan

Kebutuhan listrik nasional setiap tahunnya menunjukkan peningkatan seiring dengan laju pembangunan ekonomi dan bertambahnya jumlah penduduk. Dalam sepuluh tahun terakhir (2010- 2020), konsumsi energy final di Indonesia mengalami peningkatan dari 134 juta TOE menjadi 258 juta TOE atau tumbuh rata-rata sebesar 8,5% per tahun. Sejalan dengan meningkatnya konsumsi energi tersebut, maka penyediaan energi primer juga mengalami kenaikan [1]. Karena ketersediaan sumber energi primer yang berasal dari fosil semakin menipis maka diperlukan diversifikasi energi yaitu dengan jalan meningkatkan pemanfaatan energi baru terbarukan seperti tenaga surya, biomassa, angin, energi air skala kecil (mikrohidro) dan panas bumi.

Saat ini masih ada sekitar 7.000 desa yang belum mempunyai akses terhadap energi listrik [1]. Selain itu, karena kondisi geografis Indonesia yang terdiri atas pulau-pulau yang kecil dan banyak yang terpencil, diperkirakan sekitar 6.200 desa tidak mungkin atau sangat sulit untuk mendapatkan akses terhadap energi listrik dengan cara perluasan jaringan sistem PLN [1]. Satu-satunya alternatif untuk melistriki desa semacam ini adalah dengan memanfaatkan potensi energi setempat yang ada, khususnya pemanfaatan tenaga surya fotovoltaik dan tenaga air (PLTS dan PLTMH) [2].

Pemanfaatan tenaga surya untuk pembangkit listrik sudah dijelaskan di beberapa literatur. Perencanaan PLTS terpusat di daerah Jawa Tengah telah dibahas oleh Ramadoni dan Indah [3]. Dalam dalam perencanaan tersebut PLTS disambungkan ke jaringan listrik PLN. Sedangkan di luar negeri seperti di Kenya dan Palestina perencanaan PLTS juga sudah dilakukan oleh beberapa penulis [4],[5]. Di Vietnam pemanfaatan PLTS untuk daerah terpencil juga sudah banyak dilakukan, namun pada daerah tersebut belum optimal [6]. Secara umum pemanfaatan tenaga surya untuk pembangkit listrik bagi negara berkembang sudah dibahas oleh Kamen dan Kirubi [7],[8]. Dari literatur tersebut perencanaan PLTS masih dilakukan secara manual, sehingga hasil energi listrik masih belum optimal.

Desa Air Glubi, merupakan salah satu desa di Kecamatan Bintang Pesisir Kabupaten Bintang Provinsi Kepulauan Riau merupakan salah satu desa yang termasuk pulau terluar Indonesia yang masih belum teraliri listrik, dan sulit dijangkau oleh PLN. Untuk menjangkau daerah ini diperlukan transportasi air dari Pulau Bintang dengan perjalanan kurang lebih 30 menit. Desa ini dihuni oleh 380 jiwa yang pada umumnya bermata pencaharian sebagai nelayan. Di desa ini tidak tersedia sumber energi air untuk PLTMH, sehingga alternative penyediaan energi listrik di Desa Air Glubi adalah dengan PLTS terpusat [9].

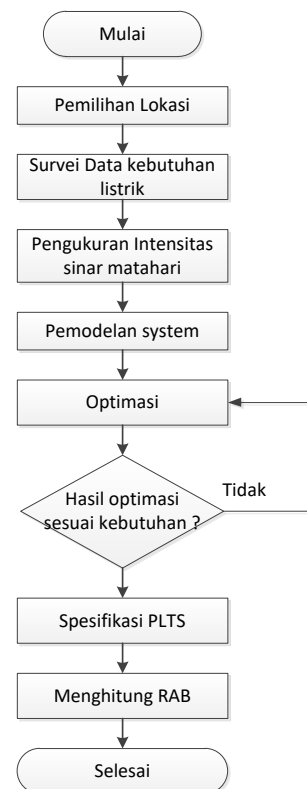
Diperlukan suatu perencanaan yang baik dari sisi kelayakan lokasi, seperti luasan dan topografi lahan yang tersedia maupun desainnya termasuk berapa kapasitas yang dibutuhkan, agar PLTS dapat memenuhi kebutuhan listrik warga Desa Air Glubi. Perencanaan PLTS terpusat dengan cara optimasi telah dilakukan oleh banyak penulis [10],[11],[12],[13]. Namun dari literatur tersebut pengaruh kondisi lingkungan terutama pengaruh bayangan (*shading*)

belum diperhitungkan. Optimasi dilakukan hanya pada penentuan sudut kemiringan panel surya. Pada makalah ini dibahas perencanaan PLTS terpusat di Desa Air Glubi kecamatan Bintang Pesisir provinsi Kepulauan Riau. Karena luas lahan yang tersedia, kemampuan ekonomi penduduk terbatas maka diperlukan optimasi. Optimasi ini digunakan untuk mendapatkan keluaran energi listrik yang optimum dengan berbagai keterbatasan tersebut [13].

Pengaruh *shading* diperhitungkan dalam menentukan besarnya energi yang dihasilkan PLTS sepanjang hari. Optimasi ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak PVsyst [14]. Perencanaan PLTS dengan PVsyst telah dilakukan salah satunya oleh Snidvongs Suravut di Thailand dan menghasilkan rancangan yang teliti [15].

2. Metode

Perencanaan PLTS terpusat Desa Air Glubi Kecamatan Bintang Pesisir ini dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu pemilihan lokasi dan penentuan kebutuhan listrik dilakukan dengan survei data primer, pengukuran intensitas sinar matahari di lokasi, pemodelan system dan optimasi PLTS, penentuan spesifikasi teknis komponen PLTS dan perencanaan struktur PLTS serta perhitungan biaya. Diagram alir tahapan penelitian digambarkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Pemilihan lokasi rencana pembangunan PLTS di Desa Air Glubi berdasarkan beberapa kriteria yaitu topografi lahan, kepemilikan lahan, fungsi lahan saat ini dan jarak calon lokasi dengan penduduk. Topografi lahan berkaitan dengan aspek biaya untuk meratakan lahan, sehingga lahan datar cenderung dipilih. Lahan diutamakan milik kas desa atau

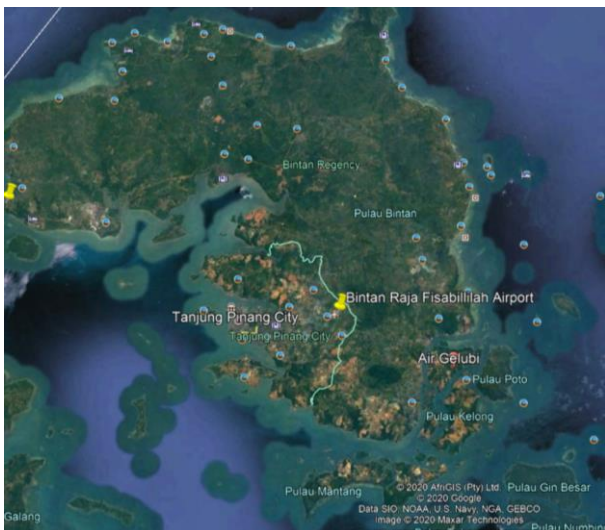
warga yang kepemilikannya jelas dan peruntukan bukan merupakan lahan produktif sehingga pembebasan lahan tidak terkendala. Selain itu jarak calon lokasi dengan penduduk diutamakan yang sedekat mungkin sehingga jaringan distribusi listrik ke masyarakat tidak terlalu jauh [16].

Penentuan kebutuhan listrik dilakukan dengan survei data primer yaitu dengan dilakukan perhitungan langsung terhadap penduduk di Desa Air Glubi. Pengukuran intensitas sinar matahari di lokasi dilakukan selama 2 hari dan setiap hari pengukuran dilakukan mulai pukul 09.00 sampai 17.00. Waktu pengukuran ini belum dapat mewakili intensitas matahari di lokasi. Data-data hasil pengukuran hanya untuk mengkonfirmasi data-data sekunder yang diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) terdekat. Perhitungan menggunakan data-data sekunder yang diperoleh dari data BMKG Bandara Raja Fisabilillah Bintan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Lokasi

Berdasarkan kriteria tersebut di atas maka lokasi PLTS desa Air Glubi berada di koordinat $X = 461135.31$, $Y = 96817.36$. Lokasi tersebut berada di tepi laut, dengan kontur datar, merupakan lahan milik desa yang saat ini kondisinya merupakan lahan semak belukar. Jarak dari rumah penduduk terdekat 50 m dan terjauh 600 m. Sehingga berdasarkan kriteria yang ditetapkan, lokasi tersebut cocok untuk lokasi PLTS terpusat. Lokasi rencana PLTS di Desa Air Glubi Kecamatan Bintan Pesisir, Kabupaten Bintan, Provinsi Kepulauan Riau ditunjukkan pada Gambar 2. Sedangkan lokasi detail ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 2. Peta lokasi Desa Air Glubi



Gambar 3. Lokasi Rencana PLTS Desa Air Glubi

Tabel 1. Rata-Rata Data Hasil Pengukuran Intensitas Matahari, Kecepatan Angin dan Temperatur

No	Jam	Intensitas Radiasi W/m^2	Kecepatan Angin (m/s)	Temp ($^{\circ}C$)
1	9.00	709.0	2.5	26
2	10.00	876.0	2.4	28
3	11.00	972.0	2.1	29
4	12.00	990.0	1.5	32
5	13.00	929.0	1.4	32
6	14.00	792.0	1.1	32
7	15.00	591.0	1.4	32
8	16.00	345.0	1.6	29
9	17.00	97.0	1.6	29

3.2 Perhitungan Kebutuhan Energi Listrik

Penentuan kebutuhan listrik dilakukan dengan survei data primer. Berdasarkan survei yang dilakukan pada bulan Oktober 2019, jumlah penduduk Desa Air Glubi adalah 380 jiwa yang menempati 100 rumah tinggal dan 3 buah fasum dan fasos yaitu kantor desa, ruang pertemuan desa dan rumah ibadah. Selain itu kebutuhan listrik juga digunakan untuk penerangan jalan umum (PJU) berjumlah 37 buah penerangan jalan umum.

Perhitungan kebutuhan energi listrik untuk rumah tangga dihitung berdasarkan kriteria bahwa setiap rumah membutuhkan 300 Watt-hour per hari (Wh/hari) yang digunakan untuk untuk penerangan, elektronik dan kebutuhan lain. Untuk fasum dan fasos membutuhkan energi 600 Watt hour per hari (Wh/hari) untuk penerangan dan elektronik. Sedangkan untuk PJU, setiap PJU membutuhkan energi listrik sebesar 50 Watt hour per hari (Wh/hari) [16]. Sehingga kebutuhan energi listrik adalah 30000 Wh/hari untuk rumah, 1800 Wh/hari untuk fasum dan 1850 Wh/hari untuk PJU. Rata-rata intensitas sinar matahari, kecepatan angin dan temperature udara selama 2 hari tanggal 5 dan 6 Oktober 2019. Hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 1.

3.3 Perhitungan Kapasitas

a) Perhitungan Energi yang diperlukan

Untuk perhitungan kapasitas, hal yang paling utama yang paling berpengaruh adalah kebutuhan listrik untuk rumah tangga dan fasilitas umum. Perhitungan kapasitas dilakukan dengan prosedur mengikuti standar yang ditetapkan oleh kementerian ESDM, sebagai berikut [16]:

- 1) Penentuan efisiensi Inverter (A1), dimana berdasarkan kondisi di pasaran efisiensi inverter yang wajar adalah (A1) = 0,95
- 2) Tegangan sistem baterai (A2), dipilih dengan system (A2) = 48 volt
- 3) Tegangan keluaran inverter (A3), sesuai dengan standar PLN ditentukan sebesar (A3) = 230 Volt

Berdasarkan data beban di lapangan yang diperoleh saat survei, jumlah rumah adaah 100 buah, fasum 3 buah dan PJU 37 buah. Kemudian dilakukan perhitungan jenis beban dan energi yang dibutuhkan seperti Tabel 2. Berikut.

Tabel 2. Perhitungan Kebutuhan Energi Listrik

Jenis Beban	Jumlah	Kuota energi (Wh/hari) (A4)	Total kebutuhan energi (Wh/hari) (A5)	Jumlah kebutuhan energi (AH/hari) (A6)=(A5/A)
Rumah	100	300	30000	
Fasum	3	600	1800	
PJU	37	50	1850	
SUB TOTAL 1			33650	
Cadangan Energi (30%)			10,095	
SUB Total 2			43745	
Rugi-rugi sistem (30%)			18747	
Total			62492	1302

b) Perhitungan Kapasitas Baterai

Untuk mengitung kapasitas baterai maka dilakukan prosedur sebagai berikut:

- 1) Asumsi jumlah hari tanpa sinar matahari (B1) yaitu sebesar (B1) = 3 hari
- 2) Depth of Discharge (DOD) batas pengambilan energi baterai (B2) = 0.8
- 3) Kapasitas Baterai (B3) dihitung (B3) = (A6) x (B1)/(B2) = 4878.75 Ah
- 4) Pemilihan energi baterai (B4), sesuai yang ada dipasaran ditentukan (B4) = 200 Ah
- 5) Perhitungan jumlah parallel baterai (B5) yaitu (B5) = (B3)/(B4) = 25 parallel (pembulatan)
- 6) Perhitungan jumlah baterai diseri (B6) yaitu (B6) = (A3)/(A2) = 10 seri (pembulatan)
- 7) Perhitungan jumlah total baterai (B7) yaitu (B7) = (B5) x (B6) = 250 baterai
- 8) Perhitungan total kapasitas ampere jam (B8) dihitung berdasarkan (B8) = (B5) x (B4) = 5000 Ah.

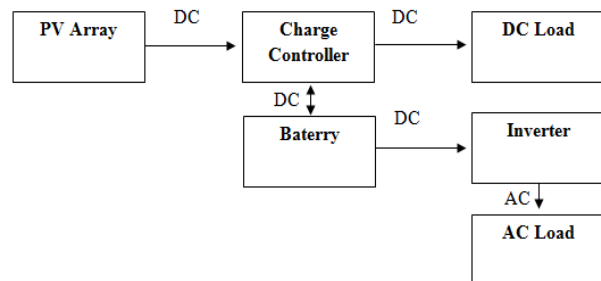
- 9) Perhitungan total energi baterai (B9) yaitu (B9) = (B8) x (A2) / 1000 = 240 kWh.

3.4 Optimasi Perhitungan Kapasitas Modul Surya

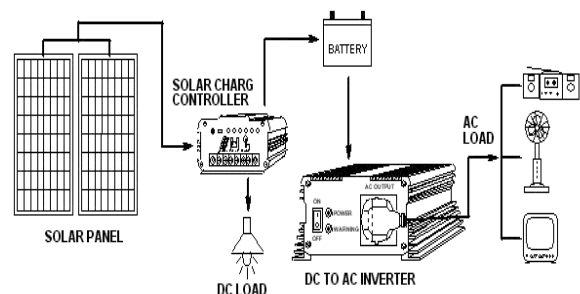
Untuk perancangan system pembangkit listrik tenaga surya terpusat dilakukan optimasi berdasarkan parameter lahan yang tersedia, kebutuhan listrik, ketersediaan material yang dapat dibawa ke daerah pulau terluar, kemudahan mendapatkan suku cadang dan pemeliharaan. Untuk optimasi berdasarkan lahan yang tersedia dan kebutuhan listrik, maka perencanaan dan optimasi dilakukan dengan perangkat lunak PVsyst. Sedangkan faktor material dan sukucadang serta aspek pemeliharaan dilakukan dengan pemilihan material yang popular saat ini yang sudah banyak digunakan sekitar lokasi.

a) Pemodelan Sistem PLTS

Di lokasi-lokasi terpencil di Kepulauan Riau terutama di Desa Air Glubi belum ada aliran listrik PLN. Oleh karena itu dipilih adalah PLTS terpusat dengan sistem *off grid* atau *stand alone*. *Off Grid System* merupakan sistem pembangkit listrik alternatif untuk daerah-daerah terpencil/pedesaan yang tidak terjangkau oleh jaringan PLN. *Off Grid System* disebut juga *Stand-Alone PV system* yaitu sistem pembangkit listrik yang hanya mengandalkan energi matahari sebagai satu-satunya sumber energi utama dengan menggunakan rangkaian photovoltaic untuk menghasilkan energi listrik sesuai dengan kebutuhan. Gambar rangkaian atau komponen-komponen utama untuk PLTS terpusat *off grid* ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Skema sistem *off grid* [16]

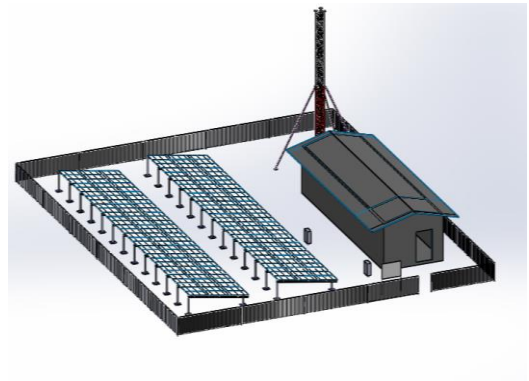


Gambar 5. Skema peralatan PLTS *off grid* [16]

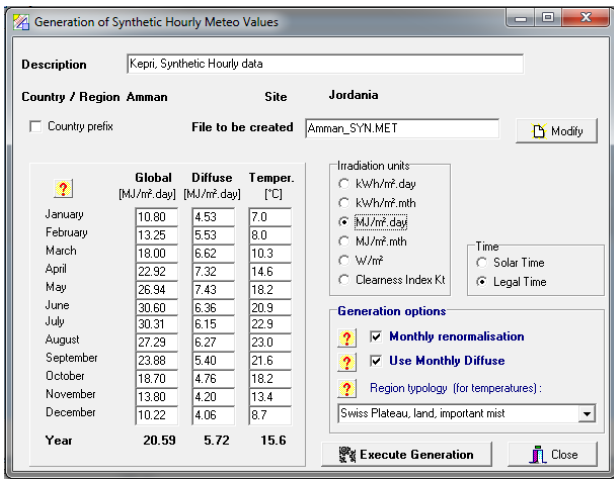
b) Optimasi Desain Menggunakan Software

Software yang digunakan untuk optimasi adalah Pvsys versi 5.20. Software ini biasa digunakan untuk menganalisa dan optimalisasi desain suatu PLTS. Tahapan pertama dalam optimasi adalah penentuan layout dimana diketahui bahwa luas lahan yang tersedia terbatas. Dari layout yang sudah ditetapkan kemudian dihitung dan dianalisis hasil atau output daya dan energi yang dihasilkan PLTS. Salah satu faktor dalam optimasi ini faktor bayangan (shading) yang mempengaruhi jumlah energi yang dikeluarkan PLTS. Iterasi dilakukan terhadap Layout dan faktor bayangan sampai dihasilkan energi sesuai kebutuhan.

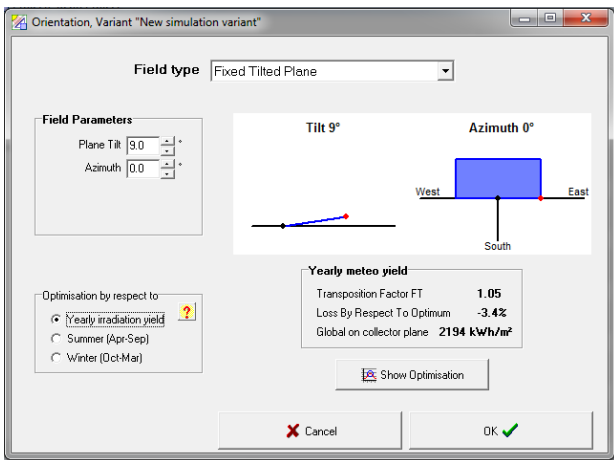
Tahapan optimasi desain ditunjukkan pada Gambar 6 dan Gambar 7. Pada Gambar 6, ditunjukkan input data parameter desain yang terdiri dari data-data klimatologi. Gambar 7 menjelaskan optimasi desain kemiringan modul surya untuk menghasilkan energi yang optimal. Pada Gambar 8, menunjukkan layout PLTS sebagai input awal untuk optimasi. Dari layout tersebut kemudian dilakukan analisa bayangan (shading).



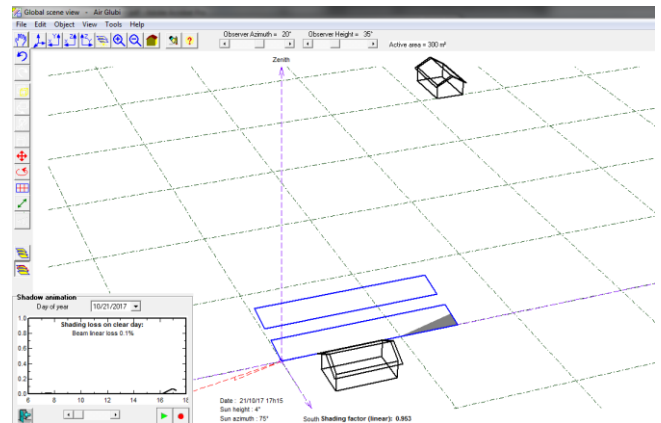
Gambar 8. Optimasi layout PLTS



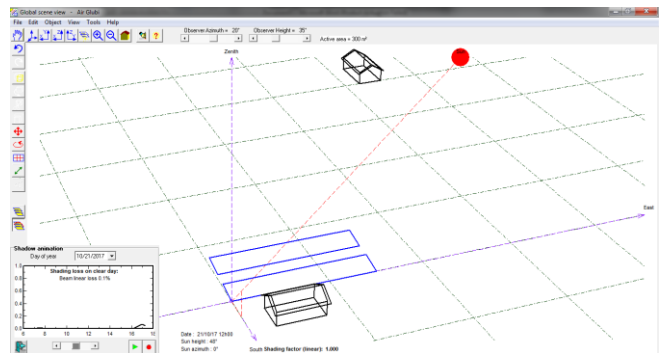
Gambar 6. Input parameter optimasi



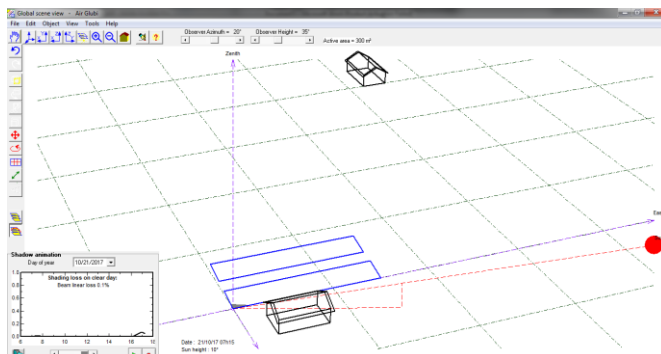
Gambar 7. Optimasi kemiringan modul surya



Gambar 9. Hasil simulasi shading PLTS Air Glubi pada jam 17.00



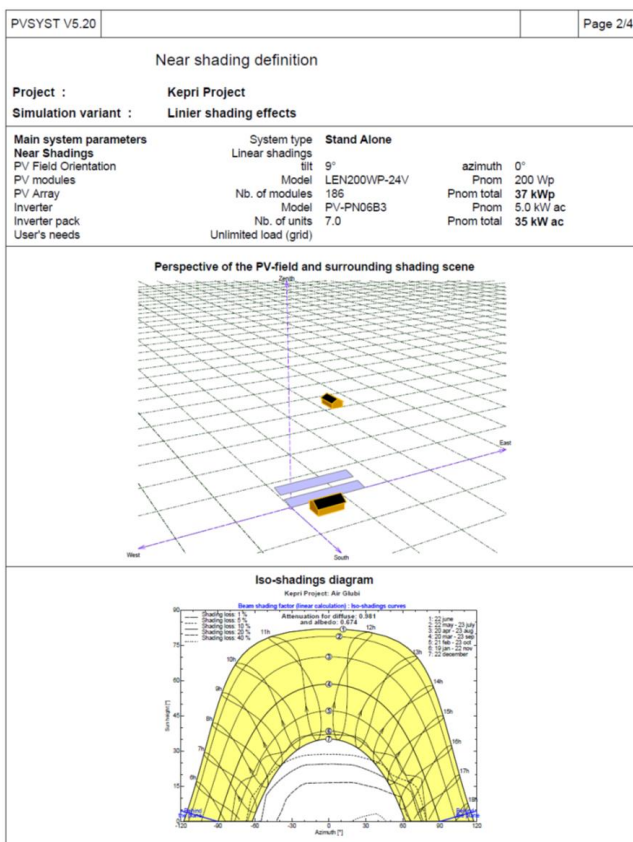
Gambar 10. Hasil simulasi shading PLTS Air Glubi pada jam 12.00



Gambar 11. Hasil simulasi shading PLTS Air Glubi pada jam 7.00

c) Analisa Bayangan (*shading*)

Pemanfaatan sinar matahari tidak terlepas dari pengaruh bayangan bangunan disekitarnya terhadap modul surya yang akan dipasang. Pada kajian ini pengaruh shading pada bangunan yang ada disekitar lokasi PLTS akan dihitung atau diperhitungkan dalam menganalisa energi yang dihasilkan oleh PLTS menggunakan Pvsys. Adakalanya shading tidak dapat dihindari karena lokasi PLTS sudah ditentukan berdasarkan musyawarah dengan pihak Desa atau atas ketersediaan lahan yang ada. Berikut ini adalah gambaran penyinaran sinar matahari pada modul surya yang rencananya terpasang pada lokasi PLTS. Analisa ini dilakukan dengan pendekatan tidak bisa secara detail karena keterbatasan input pada software Pvsys. Hasil dari simulasi shading dapat dilihat pada Gambar 9, Gambar 10 dan Gambar 11.



Gambar 12. Hasil Optimasi Energi Keluaran

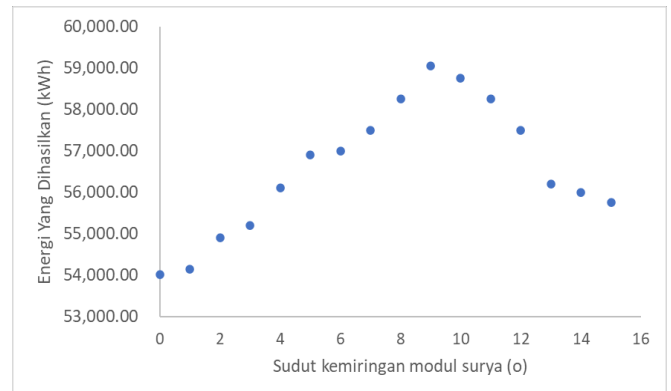
d) Hasil Optimasi Menggunakan software

Setelah input parameter dimasukkan dalam software dilakukan optimasi *layout* dan *shading*, maka dihasilkan keluaran dari software berupa kapasitas modul surya, jumlah modul surya, inverter, baterai dan parameter lain. Hasil optimasi ditunjukkan pada Gambar 12.

Optimasi dilakukan dengan variasi sudut kemiringan modul surya dan layout. Dua parameter tersebut mempengaruhi besarnya energi yang dihasilkan modul surya sepanjang hari. Sudut kemiringan yang datar menyebabkan keterserapan sinar matahari sepanjang hari tidak optimal walaupun tidak ada shading antar modul, sedangkan

kemiringan yang besar keterserapan sinar matahari semakin baik tetapi ada waktu-waktu tertentu terdapat shading sehingga secara keseluruhan tingkat keterserapan sinar juga berkurang. Secara detail hasil optimasi energi yang dihasilkan oleh PLTS terhadap sudut kemiringan modul surya dapat dilihat pada Gambar 13. Pada gambar tersebut terlihat bahwa dengan kemiringan 9° diperoleh energi yang dihasilkan PLTS tertinggi.

Dari hasil simulasi dan optimasi maka spesifikasi teknis dari system PLTS dan komponennya yang ditunjukkan pada Tabel 3.

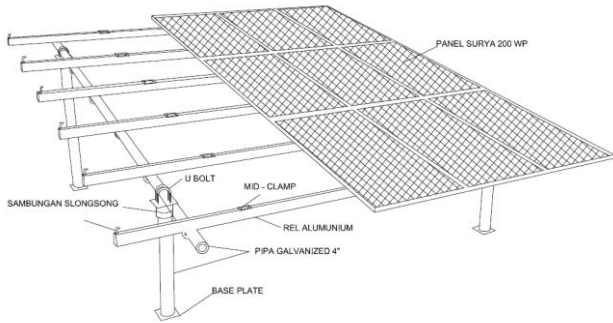


Gambar 13. Energi Yang Dihasilkan Terhadap Sudut Kemiringan Modul Surya

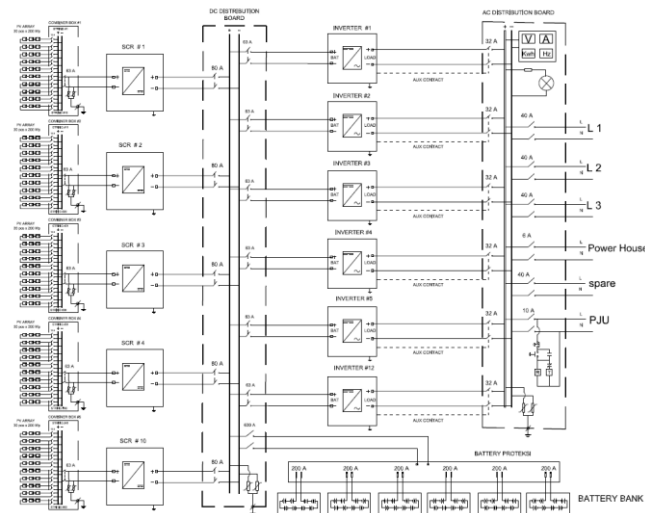
Tabel 3. Spesifikasi Sistem PLTS

Komponen Sistem	Spesifikasi
Sistem	Off Grid dengan baterai dan inverter
Tegangan output (AC)	230 V
Kapasitas PLTS	37 kWp
Modul Surya	
Type	Monocrystalline
Kapasitas per unit	200 Wp
Jumlah modul	186 modul
Luas area per modul	1.44 m ²
Luas total area untuk modul	450 m ²
Baterai	
Type	VRLA
Tegangan per baterai	4.8 V
Inverter	
Tegangan input	48 V DC
Tegangan output	220-230 V AC
Kapasitas	10 kW
Jumlah	4

Perencanaan struktur penyangga modul surya diawali dengan pemodelan menggunakan software Solidwork (diluar lingkup paper ini). Hasil pemodelan kemudian diwujudkan dalam gambar desain seperti Gambar 14. Diagram kelistrikan dengan memperhatikan panduan dari pabrikan dan kebutuhan dilapangan disesuaikan dengan denah atau layout pemakai energi listrik di Desa Air Glubi ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 14. Struktur penyangga modul surya hasil perancangan



Gambar 15. Wiring diagram sistem PLTS hasil perancangan

Untuk pembangunan PLTS Terpusat di Desa Air Glubi ini diperlukan biaya investasi yang meliputi biaya panel surya, inverter, charger control, biaya pengiriman, biaya konstruksi (instalasi) dan biaya pendukung. Biaya-biaya tersebut dapat dilihat pada Tabel 4. Perhitungan biaya dilakukan berdasarkan informasi dari vendor untuk bahan-bahan yang sifatnya pembelian, sedangkan untuk biaya bangunan sipil dan struktur dihitung berdasarkan analisa harga satuan setempat.

4. Kesimpulan

Optimasi desain PLTS terpusat di Desa Air Glubi kecamatan Bintang Pesisir, Kabupaten Bintang Provinsi Kepulauan Riau telah dihasilkan. Dari data primer kebutuhan listrik di desa tersebut adalah 62492 Wh per hari. Dengan kebutuhan tersebut dan dengan memperhatikan lahan yang ada maka dilakukan optimasi layout dan kemiringan modul surya untuk menghasilkan energi listrik yang optimal. Dua faktor tersebut berpengaruh terhadap adanya shading yang pada akhirnya mempengaruhi jumlah energi matahari yang dikonversi menjadi energi listrik sepanjang hari sepanjang tahun. Dari optimasi dihasilkan bahwa kemiringan 9o merupakan kemiringan yang optimal karena dihasilkan energi listrik sepanjang tahun paling tinggi.

Dari optimasi dihasilkan desain PLTS terpusat dengan type off grid dengan kapasitas 37 kWp. Komponen utama adalah modul surya terbuat dari monocrystalin dengan kapasitas masing-masing 200 Wp berjumlah 186 modul. Baterai menggunakan VRLA masing-masing 200 Ah berjumlah 250 baterai. Perubahan listrik Dc menjadi AC dilakukan dengan memanfaatkan inverter dengan kapasitas 10 kW berjumlah 4 buah. Untuk membangun PLTS terpusat di Desa Air Glubi membutuhkan biaya Rp 2,983,902,171.

Tabel 4. Rencana Anggaran Biaya

No	Deskripsi	Total Harga (Rp)
A. Peralatan		
1	Photovoltaic System, by pass	835,902,818
2	Diode & wiring	183,557,000
3	Batery	1,359,750,000
4	Penangkal Petir	19,500,000
5	Panel Distribusi dan Power Cabel	49,250,000
6	Tiang dan PJU	237,154,132
7	Bangunan Power House, pagar dan papan nama	168,325,493
TOTAL A		2,853,439,443
B. Jasa		
1	Land Clearing	5,000,000
2	Pengepakan, pengiriman & asuransi	55,792,587
3	Instalasi PLTS, Uji Terima dan Training:	69,670,140
Total B		130,462,727
Total (A + B)		2,983,902,171

Daftar Pustaka

- [1] PLN, 2019, Rencana Umum Penyediaan Tenaga Listrik 2019-2028.
- [2] Sinaga L., Hermawan, & Nugroho A., "Optimasi Sistem Pembangkit Listrik Hibrida Tenaga Surya, Angin, Biomassa, Dan Diesel Di Pulau Nyamuk Karimunjawa Jawa Tengah Dengan Menggunakan Perangkat Lunak Homer", *Transient*, Vol.4, No. 4, Desember 2015
- [3] Ramadoni S., Indah S., "Planning of Hybrid Micro-Hydro and Solar Photovoltaic Systems for Rural Areas of Central Java, Indonesia", *Journal of Electrical and Computer Engineering*, 2020
- [4] Roche, B., "Design of a solar energy centre for providing lighting and income-generating activities for off-grid rural communities in Kenya", *Renewable Energy*, Vol. 118, pp.685-694, 2018
- [5] Imad Ibriki., "Micro-Grid Solar Photovoltaic Systems for Rural Development and Sustainable Agriculture in Palestine", *Agronomy*, vol 10, 2020
- [6] Aung Ze Ya Aye Aye Mu., "Design and Analysis of Solar Power System for Sinywa Village in Mandalay Region", *The Fourth National Conference on Science and Engineering*, June 2011
- [7] D. Kammen & C. Kirubi, "Poverty, Energy, and Resource Use in Developing Countries", *Annals of the New York Academy of Sciences*, Vol. 1136, pp. 348-357, 2008.

- [8] Gevorkian, Peter., "Solar Power System Physics And Technologies", *Alternative Energy Systems in Building Design*, The McGraw Hill Companies, 2010.
- [9] BPS, 2019., Kecamatan Bintang Pesisir Dalam Angka 2019, Biro Pusat Statistik Kabupaten Bintang 2019.
- [10] Hakim, A.R., "Perancangan Sistem *Photovoltaic* Untuk Mesin Pembuat Es di Pelabuhan Perikanan Sadeng". *JNTETI*, Vol. 5, No. 2, pp.228-235, 2018
- [11] Nurhadi., "Model Energi Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Pulau Giliyang Madura. REM (Rekayasa Energi Manufaktur)", *Jurnal*, Vol. 2, No. 2 : 81-85, 2017
- [12] Subandi., "Pembangkit Listrik Energi Matahari Sebagai Penggerak Pompa Air Dengan Menggunakan Solar Cell". *Jurnal Teknologi Tecnoscentia*, Vol. 7, No. 2, pp.157-163, 2015
- [13] Hasan., "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Pulau Saugi". *Jurnal Riset Teknologi dan Kelautan (JRTK)*, Vol.10, No.2 :169-180, 2012
- [14] Ridho M.A., Winardi B., Nugroho A., 2018., Analisis Potensi Dan Unjuk Kerja Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Di Departemen Teknik Elektro Universitas Diponegoro Menggunakan Software Pvsyst 6.43 Transient, Vol. 7, No. 4, Desember 2018
- [15] Snidvongs suravut., "Large Photovoltaic Power Plant Design", *The 7th International Conference on Sustainable Energy and Green Architecture*, Bangkok, May 21-22, 2018
- [16] USAID., *Panduan Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat*. 2018

Optimasi Perencanaan PLTS Terpusat Di Wilayah Pulau Terluar

By tarsisius kristyadi

Optimasi Perencanaan PLTS Terpusat Di Wilayah Pulau Terluar

3 **Tarsisius Kristyadi^{1*}, Teguh Arfianto²**

¹Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional Bandung

²Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional Bandung

^{1,2}Jln. PHH. Mustofa No.23 Bandung, Indonesia

E-mail: kristyadi@itenas.ac.id¹, teguh.arfianto@gmail.com²

1

Info Naskah:

Naskah masuk: 13 Mei 2021

Direvisi: 16 Agustus 2021

Diterima: 20 Agustus 2021

Abstrak

Desa Air Glubi merupakan salah satu desa di Kecamatan Bintang Pesisir Kabupaten Bintang Provinsi Kepulauan Riau merupakan salah satu desa yang termasuk pulau terluar Indonesia yang masih belum teraliri listrik dan sulit dijangkau oleh PLN. Desa ini tidak tersedia sumber energi air untuk PLTMH sehingga alternatif penyediaan energi listrik di Desa Air Glubi adalah dengan PLTS terpusat. Makalah ini dibahas perencanaan PLTS terpusat di Desa Air Glubi Kecamatan Bintang Pesisir Kabupaten Bintang Provinsi Kepulauan Riau. Karena luas lahan yang tersedia dan kemampuan ekonomi penduduk terbatas maka diperlukan optimasi. Optimasi ini digunakan untuk mendapatkan keluaran energi listrik yang optimum dengan berbagai keterbatasan tersebut. Dari data primer kebutuhan listrik di desa Air Glubi adalah 62492 Wh per hari. Dari optimasi dihasilkan desain PLTS terpusat dengan kapasitas 37 kWp. Komponen utama adalah modul surya terbuat dari *monocrystalin* dengan kapasitas masing-masing 200 Wp berjumlah 186 modul. Baterai menggunakan VRLA masing-masing 200 Ah berjumlah 250 baterai. Perubahan listrik DC menjadi AC dilakukan dengan memanfaatkan inverter dengan kapasitas 10 kW berjumlah 4 buah. Untuk membangun PLTS terpusat di Desa Air Glubi membutuhkan biaya Rp 2.983.902.171.

Abstract

Air Glubi Village which is one of the villages in the Bintang Pesisir sub-district, Bintang Regency, Riau Islands province, is one of the villages that is one of the outer islands of Indonesia which still has no electricity, and is difficult to reach by PLN. In this village, there is no water source available for PLTMH, so the alternative for electricity supply in Air Glubi Village is a centralized PLTS. This paper discusses the planning of centralized PLTS in Air Glubi Village, Bintang Pesisir sub-district, Riau Islands province. Because the availability of land, the economic capacity of the population is limited, optimization is needed. This optimization is used to get the optimum electrical energy output with these various limitations. From primary data, electricity demand in the village is 62492 Wh per day. The optimization resulted in a centralized PLTS design with an off grid type with a capacity of 37 kWp. The main component is a solar module made of *monocrystalin* with a capacity of 200 Wp each, totaling 186 modules. The battery uses VRLA 200 Ah each, totaling 250 batteries. The change of Dc electricity to AC is carried out by utilizing an inverter with a capacity of 10 kW totaling 4 pieces. To build a centralized PLTS in Air Glubi Village need costs Rp 2.983.902.171.

Keywords:

electrical energy;
solar module;
monocrystalin.

*Penulis korespondensi:

Tarsisius Kristyadi

E-mail: kristyadi@itenas.ac.id

1. Pendahuluan

Kebutuhan listrik nasional setiap tahunnya menunjukkan peningkatan seiring dengan laju pembangunan ekonomi dan bertambahnya jumlah penduduk. Dalam sepuluh tahun terakhir (2010- 2020), konsumsi energy final di Indonesia mengalami peningkatan dari 134 juta TOE menjadi 258 juta TOE atau tumbuh rata-rata sebesar 8,5% per tahun. Sejalan dengan meningkatnya konsumsi energi tersebut, maka penyediaan energi primer juga mengalami kenaikan [1]. Karena ketersediaan sumber energi primer yang berasal dari fosil semakin menipis maka diperlukan diversifikasi energi yaitu dengan jalan meningkatkan pemanfaatan energi baru terbarukan seperti tenaga surya, biomassa, angin, energi air skala kecil (mikrohidro) dan panas bumi.

Saat ini masih ada sekitar 7.000 desa yang belum mempunyai akses terhadap energi listrik [1]. Selain itu, karena kondisi geografis Indonesia yang terdiri atas pulau-pulau yang kecil dan banyak yang terpencil, diperkirakan sekitar 6.200 desa tidak mungkin atau sangat sulit untuk mendapatkan akses terhadap energi listrik dengan cara perluasan jaringan sistem PLN [1]. Satu-satunya alternatif untuk melistriki desa semacam ini adalah dengan memanfaatkan potensi energi setempat yang ada, khususnya pemanfaatan tenaga surya fotovoltaik dan tenaga air (PLTS dan PLTMH) [2].

Pemanfaatan tenaga surya untuk pembangkit listrik sudah dijelaskan di beberapa literatur. Perencanaan PLTS terpusat di daerah Jawa Tengah telah dibahas oleh Ramadoni dan Indah [3]. Dalam dalam perencanaan tersebut PLTS disambungkan ke jaringan listrik PLN. Sedangkan di luar negeri seperti di Kenya dan Palestina perencanaan PLTS juga sudah dilakukan oleh beberapa penulis [4],[5]. Di Vietnam pemanfaatan PLTS untuk daerah terpencil juga sudah banyak dilakukan, namun pada daerah tersebut belum optimal [6]. Secara umum pemanfaatan tenaga surya untuk pembangkit listrik bagi negara berkembang sudah dibahas oleh Kamen dan Kirubi [7],[8]. Dari literatur tersebut perencanaan PLTS masih dilakukan secara manual, sehingga hasil energi listrik masih belum optimal.

Desa Air Glubi, merupakan salah satu desa di Kecamatan Bintang Pesisir Kabupaten Bintang Provinsi Kepulauan Riau merupakan salah satu desa yang termasuk pulau terluar Indonesia yang masih belum teraliri listrik, dan sulit dijangkau oleh PLN. Untuk menjangkau daerah ini diperlukan transportasi air dari Pulau Bintang dengan perjalanan kurang lebih 30 menit. Desa ini dihuni oleh 380 jiwa yang pada umumnya bermata pencaharian sebagai nelayan. Di desa ini tidak tersedia sumber energi air untuk PLTMH, sehingga alternative penyediaan energi listrik di Desa Air Glubi adalah dengan PLTS terpusat [9].

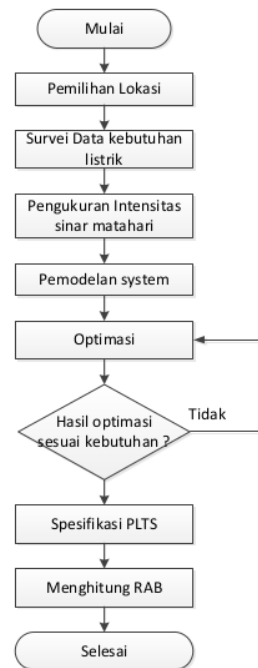
Diperlukan suatu perencanaan yang baik dari sisi kelayakan lokasi, seperti luasan dan topografi lahan yang tersedia maupun desainnya termasuk berapa kapasitas yang dibutuhkan, agar PLTS dapat memenuhi kebutuhan listrik warga Desa Air Glubi. Perencanaan PLTS terpusat dengan cara optimasi telah dilakukan oleh banyak penulis [10],[11],[12],[13]. Namun dari literatur tersebut pengaruh kondisi lingkungan terutama pengaruh bayangan (*shading*)

belum diperhitungkan. Optimasi dilakukan hanya pada penentuan sudut kemiringan panel surya. Pada makalah ini dibahas perencanaan PLTS terpusat di Desa Air Glubi kecamatan Bintang Pesisir provinsi Kepulauan Riau. Karena luas lahan yang tersedia, kemampuan ekonomi penduduk terbatas maka diperlukan optimasi. Optimasi ini digunakan untuk mendapatkan keluaran energi listrik yang optimum dengan berbagai keterbatasan tersebut [13].

Pengaruh *shading* diperhitungkan dalam menentukan besarnya energi yang dihasilkan PLTS sepanjang hari. Optimasi ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak PVsyst [14]. Perencanaan PLTS dengan PVsyst telah dilakukan salah satunya oleh Snidvongs Suravut di Thailand dan menghasilkan rancangan yang teliti [15].

2. Metode

Perencanaan PLTS terpusat Desa Air Glubi Kecamatan Bintang Pesisir ini dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu pemilihan lokasi dan penentuan kebutuhan listrik dilakukan dengan survei data primer, pengukuran intensitas sinar matahari di lokasi, pemodelan system dan optimasi PLTS, penentuan spesifikasi teknis komponen PLTS dan perencanaan struktur PLTS serta perhitungan biaya. Diagram alir tahapan penelitian digambarkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Pemilihan lokasi rencana pembangunan PLTS di Desa Air Glubi berdasarkan beberapa kriteria yaitu topografi lahan, kepemilikan lahan, fungsi lahan saat ini dan jarak calon lokasi dengan penduduk. Topografi lahan berkaitan dengan aspek biaya untuk meratakan lahan, sehingga lahan datar cenderung dipilih. Lahan diutamakan milik kas desa atau

warga yang kepemilikannya jelas dan peruntukan bukan merupakan lahan produktif sehingga pembebasan lahan tidak terkendala. Selain itu jarak calon lokasi dengan penduduk diutamakan yang sedekat mungkin sehingga jaringan distribusi listrik ke masyarakat tidak terlalu jauh [16].

Penentuan kebutuhan listrik dilakukan dengan survei data primer yaitu dengan dilakukan perhitungan langsung terhadap penduduk di Desa Air Glubi. Pengukuran intensitas sinar matahari di lokasi dilakukan selama 2 hari dan setiap hari pengukuran dilakukan mulai pukul 09.00 sampai 17.00. Waktu pengukuran ini belum dapat mewakili intensitas matahari di lokasi. Data-data hasil pengukuran hanya untuk mengkonfirmasi data-data sekunder yang diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) terdekat. Perhitungan menggunakan data-data sekunder yang diperoleh dari data BMKG Bandara Raja Fisabilillah Bintang.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Lokasi

Berdasarkan kriteria tersebut di atas maka lokasi PLTS desa Air Glubi berada di koordinat X = 461135.31, Y = 96817.36. Lokasi tersebut berada di tepi laut, dengan kontur datar, merupakan lahan milik desa yang saat ini kondisinya merupakan lahan semak belukar. Jarak dari rumah penduduk terdekat 50 m dan terjauh 600 m. Sehingga berdasarkan kriteria yang ditetapkan, lokasi tersebut cocok untuk lokasi PLTS terpusat. Lokasi rencana PLTS di Desa Air Glubi Kecamatan Bintang Pesisir, Kabupaten Bintang, Provinsi Kepulauan Riau ditunjukkan pada Gambar 2. Sedangkan lokasi detail ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 2. Peta lokasi Desa Air Glubi



Gambar 3. Lokasi Rencana PLTS Desa Air Glubi

Tabel 1. Rata-Rata Data Hasil Pengukuran Intensitas Matahari, Kecepatan Angin dan Temperatur

No	Jam	Intensitas	Kecepatan Angin (m/s)	Temp (°C)
		Radiasi W/m ²		
1	9.00	709.0	2.5	26
2	10.00	876.0	2.4	28
3	11.00	972.0	2.1	29
4	12.00	990.0	1.5	32
5	13.00	929.0	1.4	32
6	14.00	792.0	1.1	32
7	15.00	591.0	1.4	32
8	16.00	345.0	1.6	29
9	17.00	97.0	1.6	29

3.2 Perhitungan Kebutuhan Energi Listrik

Penentuan kebutuhan listrik dilakukan dengan survei data primer. Berdasarkan survei yang dilakukan pada bulan Oktober 2019, jumlah penduduk Desa Air Glubi adalah 380 jiwa yang menempati 100 rumah tinggal dan 3 buah fasum dan fasos yaitu kantor desa, ruang pertemuan desa dan rumah ibadah. Selain itu kebutuhan listrik juga digunakan untuk penerangan jalan umum (PJU) berjumlah 37 buah penerangan jalan umum.

Perhitungan kebutuhan energi listrik untuk rumah tangga dihitung berdasarkan kriteria bahwa setiap rumah membutuhkan 300 Watt-hour per hari (Wh/hari) yang digunakan untuk untuk penerangan, elektronik dan kebutuhan lain. Untuk fasum dan fasos membutuhkan energi 600 Watt hour per hari (Wh/hari) untuk penerangan dan elektronik. Sedangkan untuk PJU, setiap PJU membutuhkan energi listrik sebesar 50 Watt hour per hari (Wh/hari) [16]. Sehingga kebutuhan energi listrik adalah 30000 Wh/hari untuk rumah, 1800 Wh/hari untuk fasum dan 1850 Wh/hari untuk PJU. Rata-rata intensitas sinar matahari, kecepatan angin dan temperature udara selama 2 hari tanggal 5 dan 6 Oktober 2019. Hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 1.

3.3 Perhitungan Kapasitas

a) Perhitungan Energi yang diperlukan

Untuk perhitungan kapasitas, hal yang paling utama yang paling berpengaruh adalah kebutuhan listrik untuk rumah tangga dan fasilitas umum. Pehitungan kapasitas dilakukan dengan prosedur mengikuti standar yang ditetapkan oleh kementrian ESDM, sebagai berikut [16]:

- 1) Penentuan efisiensi Inverter (A1), dimana berdasarkan kondisi di pasaran efisiensi inverter yang wajar adalah (A1) = 0,95
- 2) Tegangan sistem baterai (A2), dipilih dengan system (A2) = 48 volt
- 3) Tegangan keluaran inverter (A3), sesuai dengan standar PLN ditentukan sebesar (A3) =230 Volt

Berdasarkan data beban di lapangan yang diperoleh saat survei, jumlah rumah adaah 100 buah, fasum 3 buah dan PJU 37 buah. Kemudian dilakukan perhitungan jenis beban dan energi yang dibutuhkan seperti Tabel 2. Berikut.

Tabel 2. Perhitungan Kebutuhan Energi Listrik

Jenis Beban	Jumlah	Kuota energi (Wh/hari) (A4)	Total kebutuhan energi (Wh/hari) (A5)	Jumlah kebutuhan energi (AH/hari) (A6)=(A5/A)
Rumah	100	300	30000	
Fasum	3	600	1800	
PJU	37	50	1850	
SUB TOTAL 1			33650	
Cadangan Energi (30%)			10,095	
SUB Total 2			43745	
Rugi-rugi sistem (30%)			18747	
Total			62492	1302

b) Perhitungan Kapasitas Baterai

Untuk mengitung kapasitas baterai maka dilakukan prosedur sebagai berikut:

- 1) Asumsi jumlah hari tanpa sinar matahari (B1) yaitu sebesar (B1) = 3 hari
- 2) Depth of Discharge (DOD) batas pengambilan energi baterai (B2) = 0.8
- 3) Kapasitas Baterai (B3) dihitung $(B3) = (A6) \times (B1)/(B2) = 4878.75 \text{ Ah}$
- 4) Pemilihan energi baterai (B4), sesuai yang ada dipasaran ditentukan (B4) = 200 Ah
- 5) Perhitungan jumlah parallel baterai (B5) yaitu $(B5) = (B3)/(B4) = 25 \text{ parallel (pembulatan)}$
- 6) Perhitungan jumlah baterai diseri (B6) yaitu $(B6)=(A3)/(A2) = 10 \text{ seri (pembulatan)}$
- 7) Perhitungan jumlah total baterai (B7) yaitu $(B7) = (B5) \times (B6) = 250 \text{ baterai}$
- 8) Perhitungan total kapasitas ampere jam (B8) dihitung berdasarkan $(B8) = (B5) \times (B4) = 5000 \text{ Ah}$.

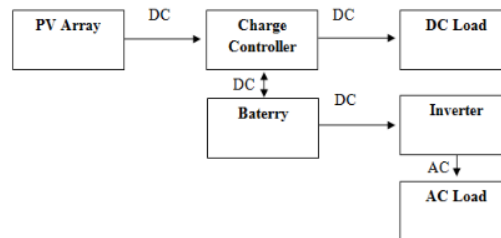
- 9) Perhitungan total energi baterai (B9) yaitu $(B9) = (B8) \times (A2) / 1000 = 240 \text{ kWh}$.

3.4 Optimasi Perhitungan Kapasitas Modul Surya

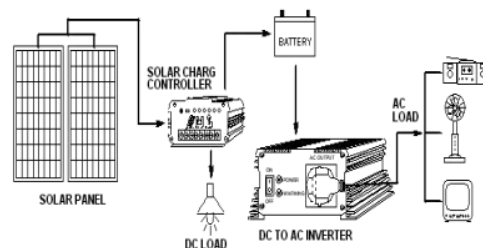
Untuk perancangan system pembangkit listrik tenaga surya terpusat dilakukan optimasi berdasarkan parameter lahan yang tersedia, kebutuhan listrik, ketersediaan material yang dapat dibawa ke daerah pulau terluar, kemudahan mendapatkan suku cadang dan pemeliharaan. Untuk optimasi berdasarkan lahan yang tersedia dan kebutuhan listrik, maka perencanaan dan optimasi dilakukan dengan perangkat lunak PVsyst. Sedangkan faktor material dan sukucadang serta aspek pemeliharaan dilakukan dengan pemilihan material yang populer saat ini yang sudah banyak digunakan sekitar lokasi.

a) Pemodelan Sistem PLTS

Di lokasi-lokasi terpencil di Kepulauan Riau terutama di Desa Air Glubi belum ada aliran listrik PLN. Oleh karena itu dipilih adalah PLTS terpusat dengan sistem *off grid* atau *stand alone*. *Off Grid System* merupakan sistem pembangkit listrik alternatif untuk daerah-daerah terpencil/pedesaan yang tidak terjangkau oleh jaringan PLN. *Off Grid System* disebut juga *Stand-Alone PV system* yaitu sistem pembangkit listrik yang hanya mengandalkan energi matahari sebagai satu-satunya sumber energi utama dengan menggunakan rangkaian photovoltaic untuk menghasilkan energi listrik sesuai dengan kebutuhan. Gambar rangkaian atau komponen-komponen utama untuk PLTS terpusat *off grid* ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Skema sistem *off grid* [16]

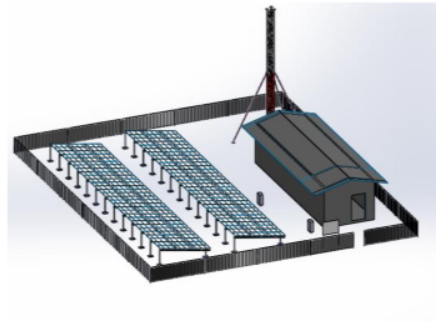


Gambar 5. Skema peralatan PLTS *off grid* [16]

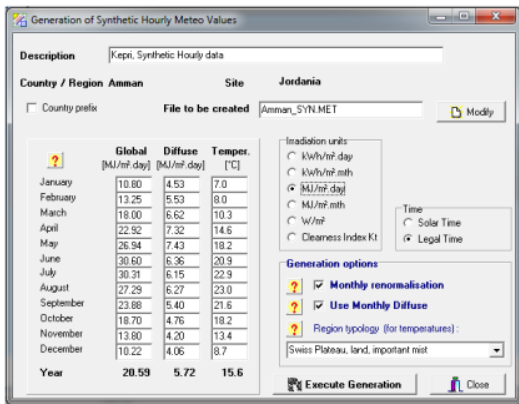
b) Optimasi Desain Menggunakan Software

Software yang digunakan untuk optimasi adalah Pvsys versi 5.20. Software ini biasa digunakan untuk menganalisa dan optimalisasi desain suatu PLTS. Tahapan pertama dalam optimasi adalah penentuan layout dimana diketahui bahwa luas lahan yang tersedia terbatas. Dari layout yang sudah ditetapkan kemudian dihitung dan dianalisis hasil atau output daya dan energi yang dihasilkan PLTS. Salah satu faktor dalam optimasi ini faktor bayangan (shading) yang mempengaruhi jumlah energi yang dikeluarkan PLTS. Iterasi dilakukan terhadap Layout dan faktor bayangan sampai dihasilkan energi sesuai kebutuhan.

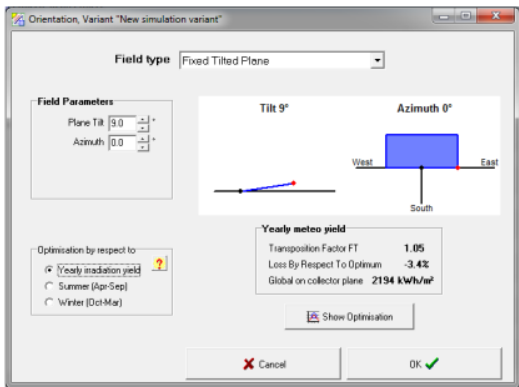
Tahapan optimasi desain ditunjukkan pada Gambar 6 dan Gambar 7. Pada Gambar 6. ditunjukkan input data parameter desain yang terdiri dari data-data klimatologi . Gambar 7 menjelaskan optimasi desain kemiringan modul surya untuk menghasilkan energi yang optimal. Pada Gambar 8. menunjukkan layout PLTS sebagai input awal untuk optimasi. Dari layout tersebut kemudian dilakukan analisa bayangan (shading).



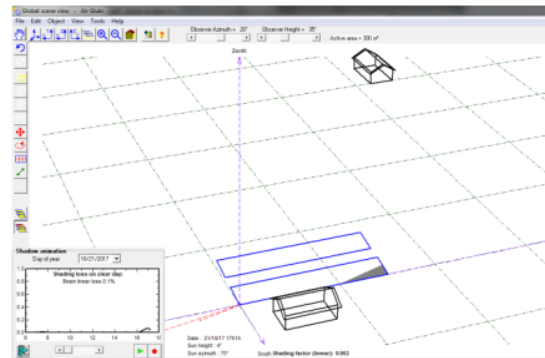
Gambar 8. Optimasi layout PLTS



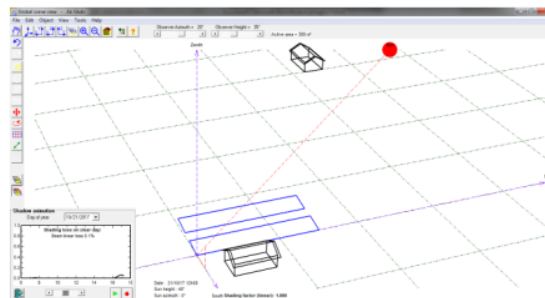
Gambar 6. Input parameter optimasi



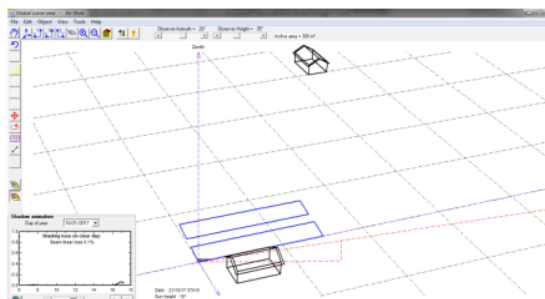
Gambar 7. Optimasi kemiringan modul surya



Gambar 9. Hasil simulasi shading PLTS Air Glubi pada jam 17.00



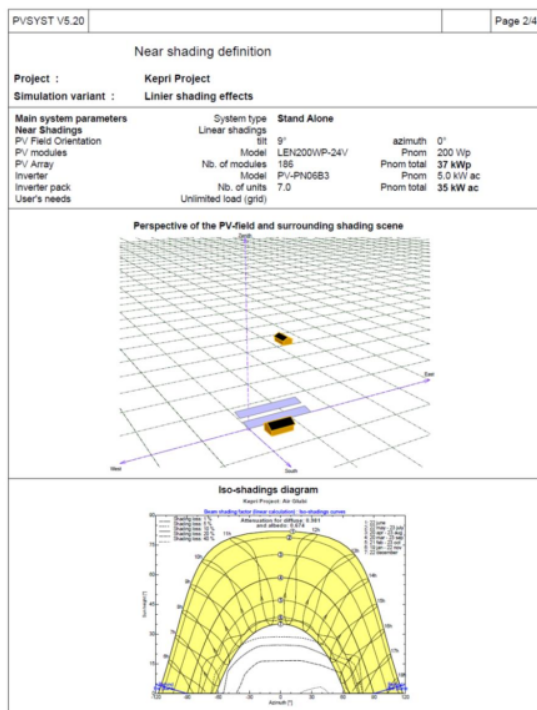
Gambar 10. Hasil simulasi shading PLTS Air Glubi pada jam 12.00



Gambar 11. Hasil simulasi shading PLTS Air Glubi pada jam 7.00

c) Analisa Bayangan (shading)

Pemanfaatan sinar matahari tidak terlepas dari pengaruh bayangan bangunan disekitarnya terhadap modul surya yang akan dipasang. Pada kajian ini pengaruh shading pada bangunan yang ada disekitar lokasi PLTS akan dihitung atau diperhitungkan dalam menganalisa energi yang dihasilkan oleh PLTS menggunakan Pvsys. Adakalanya shading tidak dapat dihindari karena lokasi PLTS sudah ditentukan berdasarkan musyawarah dengan pihak Desa atau atas ketersediaan lahan yang ada. Berikut ini adalah gambaran penyinaran sinar matahari pada modul surya yang rencananya terpasang pada lokasi PLTS. Analisa ini dilakukan dengan pendekatan tidak bisa secara detail karena keterbatasan input pada software PVsyst. Hasil dari simulasi shading dapat dilihat pada Gambar 9, Gambar 10 dan Gambar 11.



Gambar 12. Hasil Optimasi Energi Keluaran

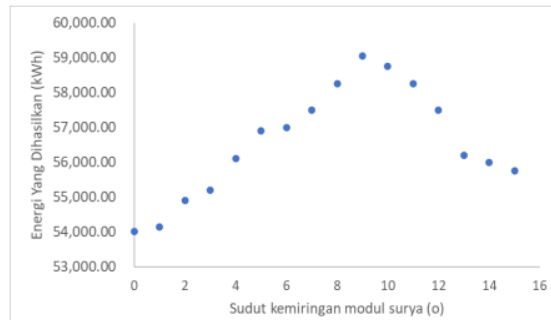
d) Hasil Optimasi Menggunakan software

Setelah input parameter dimasukkan dalam software dilakukan optimasi *layout* dan *shading*, maka dihasilkan keluaran dari software berupa kapasitas modul surya, jumlah modul surya, inverter, baterai dan parameter lain. Hasil optimasi ditunjukkan pada Gambar 12.

Optimasi dilakukan dengan variasi sudut kemiringan modul surya dan layout. Dua parameter tersebut mempengaruhi besarnya energi yang dihasilkan modul surya sepanjang hari. Sudut kemiringan yang datar menyebabkan ketersediaan sinar matahari sepanjang hari tidak optimal walaupun tidak ada shading antar modul, sedangkan

kemiringan yang besar ketersediaan sinar matahari semakin baik tetapi ada waktu-waktu tertentu terdapat shading sehingga secara keseluruhan tingkat ketersediaan sinar juga berkurang. Secara detail hasil optimasi energi yang dihasilkan oleh PLTS terhadap sudut kemiringan modul surya dapat dilihat pada Gambar 13. Pada gambar tersebut terlihat bahwa dengan kemiringan 9° diperoleh energi yang dihasilkan PLTS tertinggi.

Dari hasil simulasi dan optimasi maka spesifikasi teknis dari system PLTS dan komponennya, yang ditunjukkan pada Tabel 3.

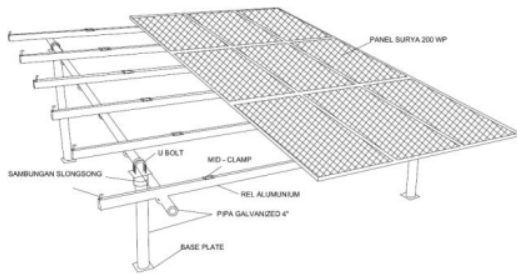


Gambar 13. Energi Yang Dihasilkan Terhadap Sudut Kemiringan Modul Surya

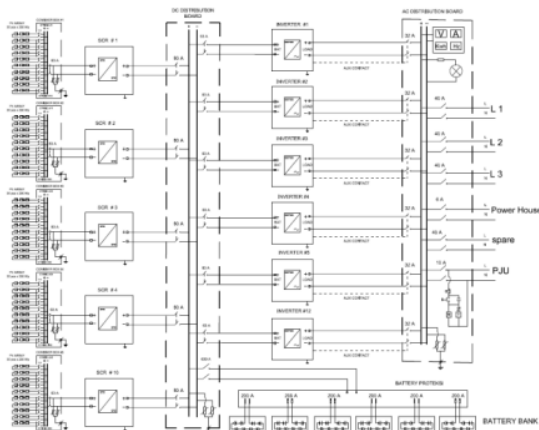
Tabel 3. Spesifikasi Sistem PLTS

Komponen Sistem	Spesifikasi
Sistem	Off Grid dengan baterai dan inverter
Tegangan output (AC)	230 V
Kapasitas PLTS	37 kWp
Modul Surya	
Type	Monocrystalline
Kapasitas per unit	200 Wp
Jumlah modul	186 modul
Luas area per modul	1.44 m ²
Luas total area untuk modul	450 m ²
Baterai	
Type	VRLA
Tegangan per baterai	4.8 V
Inverter	
Tegangan input	48 V DC
Tegangan output	220-230 V AC
Kapasitas	10 kW
Jumlah	4

Perencanaan struktur penyangga modul surya diawali dengan pemodelan menggunakan software Solidwork (diluar lingkup paper ini). Hasil pemodelan kemudian diwujudkan dalam gambar desain seperti Gambar 14. Diagram kelistrikan dengan memperhatikan panduan dari pabrikan dan kebutuhan dilapangan disesuaikan dengan denah atau layout pemakai energi listrik di Desa Air Glubi ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 14. Struktur penyangga modul surya hasil perancangan



Gambar 15. Wiring diagram sistem PLTS hasil perancangan

Tabel 4. Rencana Anggaran Biaya

No	Deskripsi	Total Harga (Rp)
A. Peralatan		
1	Photovoltaic System, by pass Diode & wiring	835,902,818
2	Controller	183,557,000
3	Batery	1,359,750,000
4	Penangkal Petir	19,500,000
5	Panel Distribusi dan Power Cabel	49,250,000
6	Tiang dan PJU	237,154,132
7	Bangunan Power House, pagar dan papan nama	168,325,493
TOTAL A		2,853,439,443
B. Jasa		
1	Land Clearing	5,000,000
2	Pengepakan, pengiriman & asuransi	55,792,587
3	Instalasi PLTS, Uji Terima dan Training:	69,670,140
Total B		130,462,727
Total (A + B)		2,983,902,171

Untuk pembangunan PLTS Terpusat di Desa Air Glubi ini diperlukan biaya investasi yang meliputi biaya panel surya, inverter, charger control, biaya pengiriman, biaya konstruksi (instalasi) dan biaya pendukung. Biaya-biaya tersebut dapat dilihat pada Tabel 4. Perhitungan biaya dilakukan berdasarkan informasi dari vendor untuk bahan-bahan yang sifatnya pembelian, sedangkan untuk biaya bangunan sipil dan struktur dihitung berdasarkan analisa harga satuan setempat.

4. Kesimpulan

Optimasi desain PLTS terpusat di Desa Air Glubi kecamatan Bintang Pesisir, Kabupaten Bintang Provinsi Kepulauan Riau telah dihasilkan. Dari data primer kebutuhan listrik di desa tersebut adalah 62492 Wh per hari. Dengan kebutuhan tersebut dan dengan memperhatikan lahan yang ada maka dilakukan optimasi layout dan kemiringan modul surya untuk menghasilkan energi listrik yang optimal. Dua faktor tersebut berpengaruh terhadap adanya shading yang pada akhirnya mempengaruhi jumlah energi matahari yang dikonversi menjadi energi listrik sepanjang hari sepanjang tahun. Dari optimasi dihasilkan bahwa kemiringan 9o merupakan kemiringan yang optimal karena dihasilkan energi listrik sepanjang tahun paling tinggi.

Dari optimasi dihasilkan desain PLTS terpusat dengan type off grid dengan kapasitas 37 kWp. Komponen utama adalah modul surya terbuat dari monocrystalin dengan kapasitas masing-masing 200 Wp berjumlah 186 modul. Baterai menggunakan VRLA masing-masing 200 Ah berjumlah 250 baterai. Perubahan listrik Dc menjadi AC dilakukan dengan memanfaatkan inverter dengan kapasitas 10 kW berjumlah 4 buah. Untuk membangun PLTS terpusat di Desa Air Glubi membutuhkan biaya Rp 2,983,902,171.

Daftar Pustaka

- [1] PLN, 2019, Rencana Umum Penyediaan Tenaga Listrik 2019-2028.
- [2] Sinaga L., Hermawan, & Nugroho A., "Optimasi Sistem Pembangkit Listrik Hibrida Tenaga Surya, Angin, Biomassa, Dan Diesel Di Pulau Nyamuk Karimunjawa Jawa Tengah Dengan Menggunakan Perangkat Lunak Homer", *Transient*, Vol.4, No. 4, Desember 2015
- [3] Ramadoni S., Indah S., "Planning of Hybrid Micro-Hydro and Solar Photovoltaic Systems for Rural Areas of Central Java, Indonesia", *Journal of Electrical and Computer Engineering*, 2020
- [4] Roche, B., "Design of a solar energy centre for providing lighting and income-generating activities for off-grid rural communities in Kenya", *Renewable Energy*, Vol. 118, pp.685-694, 2018
- [5] Imad Ibriki, "Micro-Grid Solar Photovoltaic Systems for Rural Development and Sustainable Agriculture in Palestine", *Agronomy*, vol 10, 2020
- [6] Aung Ze Ya Aye Aye Mu., "Design and Analysis of Solar Power System for Sinywa Village in Mandalay Region", *The Fourth National Conference on Science and Engineering*, June 2011
- [7] D. Kammen & C. Kirubi, "Poverty, Energy, and Resource Use in Developing Countries", *Annals of the New York Academy of Sciences*, Vol. 1136, pp. 348-357, 2008.

- [8] Gevorkian, Peter., "Solar Power System Physics And Technologies", *Alternative Energy Systems in Building Design*, The McGraw Hill Companies, 2010.
- [9] BPS, 2019., Kecamatan Bintan Pesisir Dalam Angka 2019, Biro Pusat Statistik Kabupaten Bintan 2019.
- [10] Hakim, A.R., "Perancangan Sistem *Photovoltaic* Untuk Mesin Pembuat Es di Pelabuhan Perikanan Sadeng". *JNTETI*, Vol. 5, No. 2, pp.228-235, 2018
- [11] Nurhadi., "Model Energi Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Pulau Giliyang Madura. REM (Rekayasa Energi Manufaktur)", *Jurnal*, Vol. 2, No. 2 : 81-85, 2017
- [12] Subandi., "Pembangkit Listrik Energi Matahari Sebagai Penggerak Pompa Air Dengan Menggunakan Solar Cell". *Jurnal Teknologi Tecnoscentia*, Vol. 7, No. 2, pp.157-163, 2015
- [13] Hasan., "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Pulau Saugi". *Jurnal Riset Teknologi dan Kelautan (JRTK)*, Vol.10, No.2 :169-180, 2012
- [14] Ridho M.A., Winardi B., Nugroho A., 2018., Analisis Potensi Dan Unjuk Kerja Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Di Departemen Teknik Elektro Universitas Diponegoro Menggunakan Software Pvsyst 6.43 Transient, Vol. 7, No. 4, Desember 2018
- [15] Snidvongs suravut., "Large Photovoltaic Power Plant Design", *The 7th International Conference on Sustainable Energy and Green Architecture*, Bangkok, May 21-22, 2018
- [16] USAID., *Panduan Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat*. 2018

Optimasi Perencanaan PLTS Terpusat Di Wilayah Pulau Terluar

ORIGINALITY REPORT

3%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

1	www.researchgate.net Internet	33 words — 1%
2	journal.unilak.ac.id Internet	16 words — < 1%
3	eproceeding.itenas.ac.id Internet	14 words — < 1%
4	ojs.umrah.ac.id Internet	12 words — < 1%
5	"Diesel fuel spray penetration, heating, evaporation and ignition: modelling vs. experimentation", International Journal of Engineering Systems Modelling and Simulation, 2008 Crossref	11 words — < 1%

EXCLUDE QUOTES ON

EXCLUDE BIBLIOGRAPHY ON

EXCLUDE SOURCES

EXCLUDE MATCHES

< 10 WORDS

OFF