

Madani: Jurnal Ilmiah Multidisiplin

Volume 1, Nomor 4, Mei 2023

Licensed by CC BY-SA 4.0

E-ISSN: [2986-6340](https://doi.org/10.5281/zenodo.10004293)

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10004293>

Evaluasi Performa Solar Photovoltaik Studi Kasus Solar PV Pada *Flood Early Warning System (FEWS)* PLTA Karebbe

Deni Nur Fauzi¹, Darma Arif Wicaksono²

^{1,2}Politeknik Negeri Madiun

Email: deninurfauzi@pnm.ac.id¹, darmaarifwicaksono@pnm.ac.id²

Abstract

Sistem *Photovoltaik (PV)* adalah teknologi yang semakin berkembang dalam menyediakan energi listrik dari sumber matahari. Studi ini bertujuan untuk mengevaluasi performa sistem PV dalam kondisi operasional sebenarnya. Penelitian ini dilakukan melalui pengumpulan data dari instalasi PV yang terletak di PLTA Karebbe. Data yang terkumpul mencakup parameter seperti iradiasi matahari, suhu lingkungan, produksi listrik, efisiensi konversi, dan pengukuran kinerja lainnya. Metode penelitian meliputi pemasangan perangkat pemantauan yang memungkinkan pengukuran dan pemantauan real-time dari sistem PV selama periode waktu tertentu. Analisis statistik dan komparatif digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem PV dalam berbagai kondisi lingkungan. Selain itu, simulasi menggunakan perangkat lunak khusus juga digunakan untuk memprediksi performa sistem PV dalam skenario berbeda. Hasil dari penelitian ini mengungkapkan berbagai aspek kinerja sistem PV, termasuk faktor-faktor yang mempengaruhi produksi listrik seperti intensitas cahaya matahari, temperatur, dan efisiensi konversi. Selain itu, studi ini juga membahas faktor-faktor pengoptimalan dan potensial untuk meningkatkan performa sistem PV. Kesimpulan dari penelitian ini Dapat diketahui detail mengenai komponen & spesifikasi eksisting dari sistem peringatan dini banjir/ *Flood Early Warning system* PLTA Karebbe, khususnya yang terpasang pada Km50 Remote Warning station dan Dapat diketahui faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja dari suatu sistem solar PV, terutama pengaruh cuaca atau musim penghujan terhadap *autonomy day* dan *sizing battery* beserta PV array-nya sebagai referensi untuk melakukan improvement atas FEWS Karebbe.

Kata Kunci: *Photovoltaik, Evaluasi Performa, Iradiasi Matahari, PLTA, Energi Terbarukan.*

Article Info

Received date: 15 September 2023

Revised date: 26 Sept. 2023

Accepted date: 13 Oktober 2023

INTRODUCTION

. PLTA Karebbe merupakan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) yang terletak di daerah Karebbe, Sulawesi Selatan, Indonesia. PLTA Karebbe dilengkapi dengan *Flood Planning Zone* dan *Flood Forecasting and Warning System (FFWS)* atau sistem prediksi dan peringatan dini banjir yang meliputi kegiatan prediksi besaran dan kapan akan terjadi banjir sekaligus pemberitahuan kepada masyarakat kemungkinan akan terjadinya banjir. Banyak teknologi FFWS yang sudah dikembangkan [1]. FFWS tersebar pada daerah-daerah yang tergolong remote area dimana infrastruktur jaringan distribusi listrik belum ada. Kehadiran teknologi PV sebagai sumber energi terbarukan telah menjadi salah satu solusi utama dalam mengatasi masalah ketergantungan instalasi sumber energi. [2]

Dari hasil pemantauan sejak sistem peringatan dini banjir PLTA Karebbe diaktifkan yaitu sekitar 2 (dua) tahun lalu, sudah dapat berfungsi dengan baik pada saat dilakukan simulasi pengujian secara berkala yaitu enam bulan sekali. Namun dari data laporan bagian operasi dan

pemeliharaan pernah beberapa kali ditemukan terjadinya gangguan pada sistem peringatan dini banjir PLTA Karebbe tersebut yang disebabkan oleh ketidaknormalan pada sumber daya sistem PV. Gangguan sering terjadi pada komponen komponen krusial seperti sumber energi [3]. Sistem solar PV ditemukan dalam kondisi *low voltage* sehingga mengganggu atau bahkan memutuskan jaringan komunikasi radio dengan stasiun pemancar dan stasiun peringatan yang lain, termasuk menonaktifkan perangkat akuisisi data di stasiun peringatan tersebut. Anomali tersebut setelah dievaluasi bisa diketahui bahwa terjadinya pada periode musim penghujan yang cukup panjang dimana faktanya pada periode tersebut di daerah stasiun pemancar curah hujannya sangat tinggi dan rata-rata hujan bisa terjadi sehari semalam penuh hingga beberapa hari. Efek curah hujan yang tinggi berkaitan dengan panel PV, yaitu menurunkan suhu panel PV, yang menyebabkan peningkatan beda potensial. [4]

Kondisi tersebut membuat perlunya ada perbaikan sistem peringatan dini banjir PLTA karebbe secara khusus pada sistem sumber energi di stasiun pemancar tersebut karena pada akhirnya performa solar PV tersebut akan menentukan kehandalan dari sistem stasiun peringatan secara khusus dan sistem peringatan dini banjir secara umum.

METHODOLOGY

Penelitian ini menggunakan Evaluasi performa sistem PV dengan proses untuk mengukur dan menganalisis kinerja dari instalasi PV [5]. Berikut adalah beberapa metode yang digunakan untuk mengevaluasi performa PV:

Pengukuran Lapangan

- a) Pengukuran I-V Kurva: I-V kurva mengukur hubungan antara arus (I) dan tegangan (V) dari panel PV pada berbagai kondisi operasional.
- b) Pengukuran Produksi Energi: Pengukuran energi yang dihasilkan oleh sistem PV selama periode waktu tertentu.

Analisis Data

- a) Analisis Regresi: Digunakan untuk memahami hubungan antara variabel-variabel seperti intensitas cahaya matahari dan produksi listrik.
- b) Analisis Regresi Multivariat: Memungkinkan untuk mempertimbangkan beberapa faktor yang mempengaruhi performa PV secara bersamaan.

Simulasi Komputer

- a) Model Matematis: Menggunakan persamaan matematis untuk memprediksi kinerja sistem PV berdasarkan parameter seperti intensitas cahaya matahari dan suhu lingkungan.
- b) Pemodelan dengan Perangkat Lunak Khusus: Menggunakan perangkat lunak seperti PVsyst atau SAM untuk melakukan simulasi dan analisis performa PV.

Analisis Efisiensi Energi

- a) Konversi Energi: Mengevaluasi sejauh mana sistem PV mengubah energi matahari menjadi energi listrik.
- b) Efisiensi Sistem: Membandingkan jumlah energi listrik yang dihasilkan dengan energi matahari yang diterima.

Evaluasi Kinerja Sel Surya

- a) Pengujian Efisiensi Sel: Mengukur efisiensi konversi dari sel surya di bawah berbagai kondisi operasional.

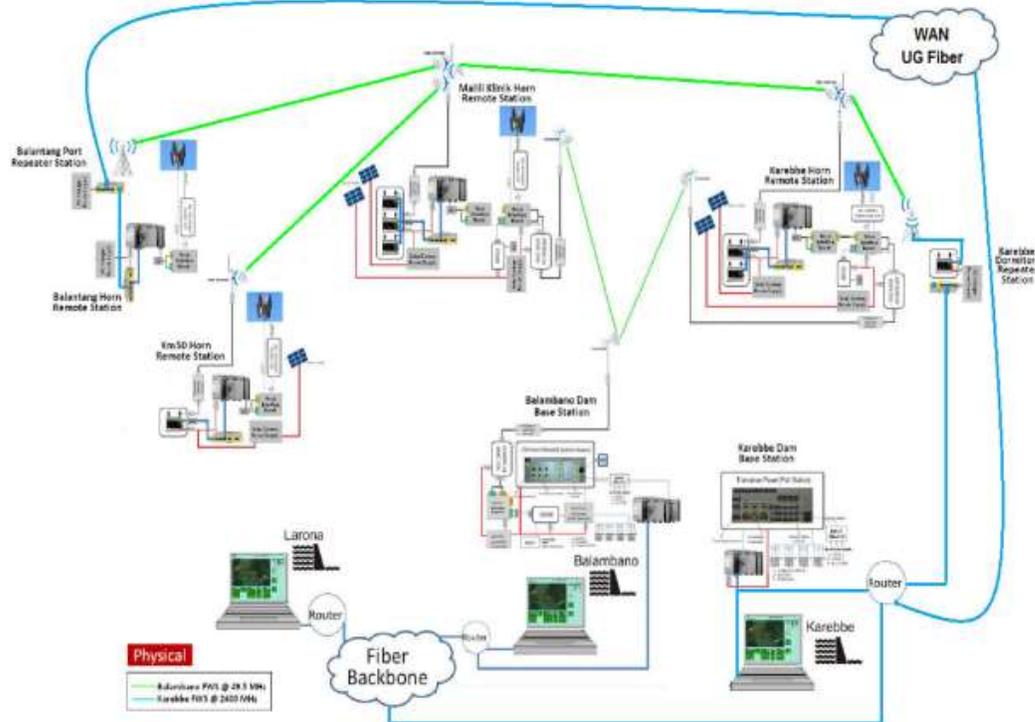
Analisis Kerugian Akibat Pencemaran atau Kotoran

- a) Memeriksa pengaruh kotoran, debu, atau pencemaran lainnya terhadap kinerja panel PV.

RESULT AND DISCUSSION

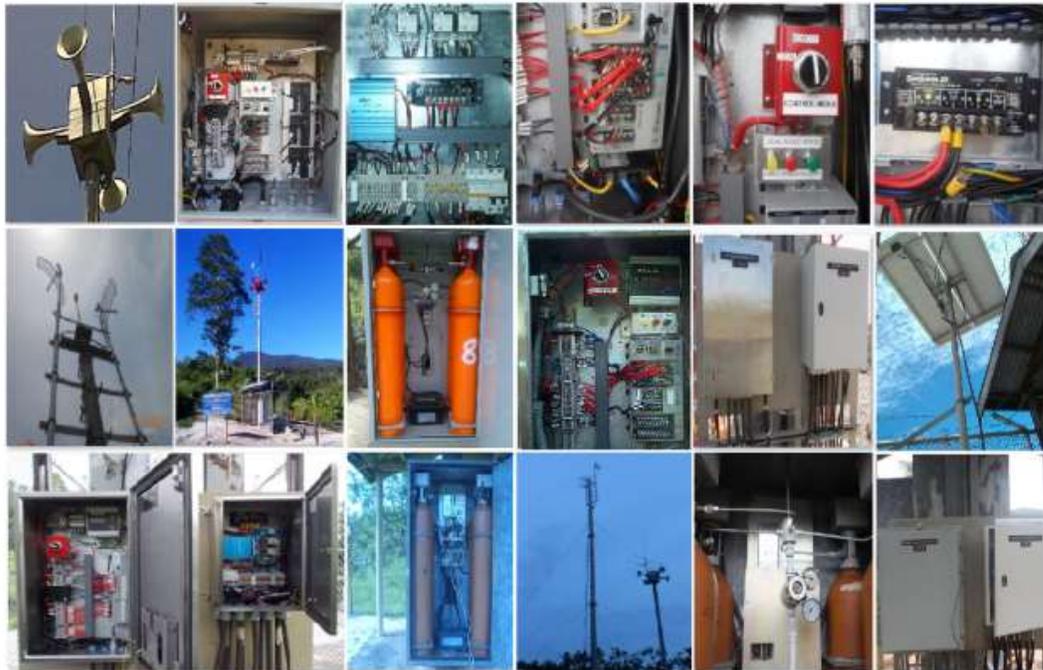
Komponen dan Site Data FEWS Remote Warning Stations

Berdasarkan gambar di bawah, dalam konfigurasi sistem peringatan dini banjir/ *Flood Early Warning System* PLTA Karebbe terdapat 3 (tiga) stations yang bertugas sebagai Remote Warning Station, yaitu Karebbe Remote Warning Station, Km50 Remote Warning Station, dan Malili Remote Warning Station. Ketiga Remote Warning stations tersebut terbangun pada daerah yang belum terjangkau jaringan listrik atau sudah terkoneksi jaringan listrik tetapi dipandang belum memadai baik dari sisi kualitas ataupun kontinuitasnya, sehingga digunakan perangkat sistem solar PV sebagai alternatif sumber tenaga listriknya.



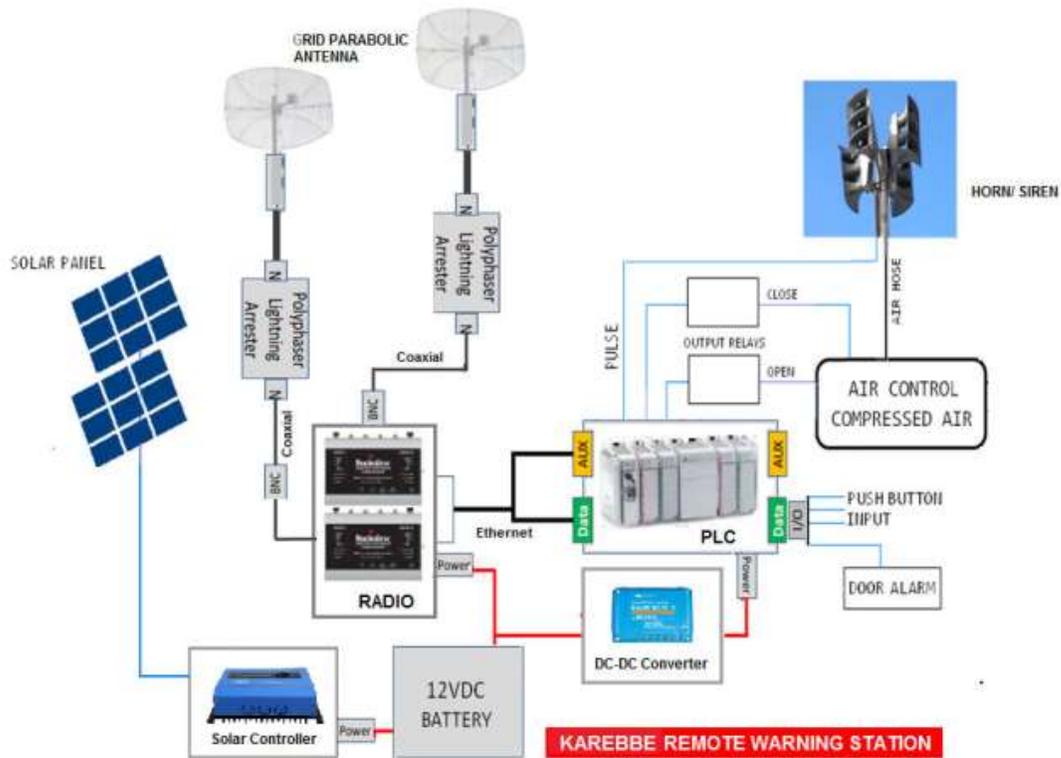
Gambar 1 Diagram Blok Konfigurasi *Flood Early Warning System*

Untuk kondisi eksisting, perangkat FEWS Remote Warning Station di tiga lokasi di atas terdiri atas komponen yang tipikal, yang membedakan hanyalah pada jumlah rangkaian *wireless radio link* dan antena yang digunakan, tergantung topologi desainnya seperti yang ditunjukkan pada gambar 1. Dimana Karebbe Remote Warning Station memiliki 2 (dua) buah radio link karena bertugas untuk menghubungkan antara Karebbe Dormitory Repeater station dengan Malili Remote Warning Station. Km50 Remote Warning Station hanya memiliki 1 (satu) buah radio link karena hanya tidak bertugas sebagai penghubung tetapi hanya berkomunikasi dengan Malili Remote Warning Station.



Gambar 2 Perangkat *Remote Warning System* (Karebbe, Km50 & Malili)

Dari Gambar 2 dapat diketahui berbagai komponen yang ada pada Perangkat *Remote Warning System*. Komponen tersebut kemudian dijelaskan lebih detail pada Gambar 3.3 berikut :



Gambar 3 Diagram Blok Perangkat Karebbe *Remote Warning System*

Faktor Utama Kinerja Sistem Solar PV

Jumlah energi yang dihasilkan oleh sistem solar PV tergantung pada berbagai faktor. Beberapa faktor penting yang dinilai pada area termasuk kondisi komponen sistem, intensitas radiasi matahari, orientasi dan kemiringan array PV, faktor bayangan dan kebersihan perangkat. Kesadaran dan pemahaman tentang faktor ini membantu dalam membuat prediksi akurat, keputusan cerdas, dan praktik yang mengarah ke kinerja optimal pada sistem solar PV.

Efek Beban yang sesuai

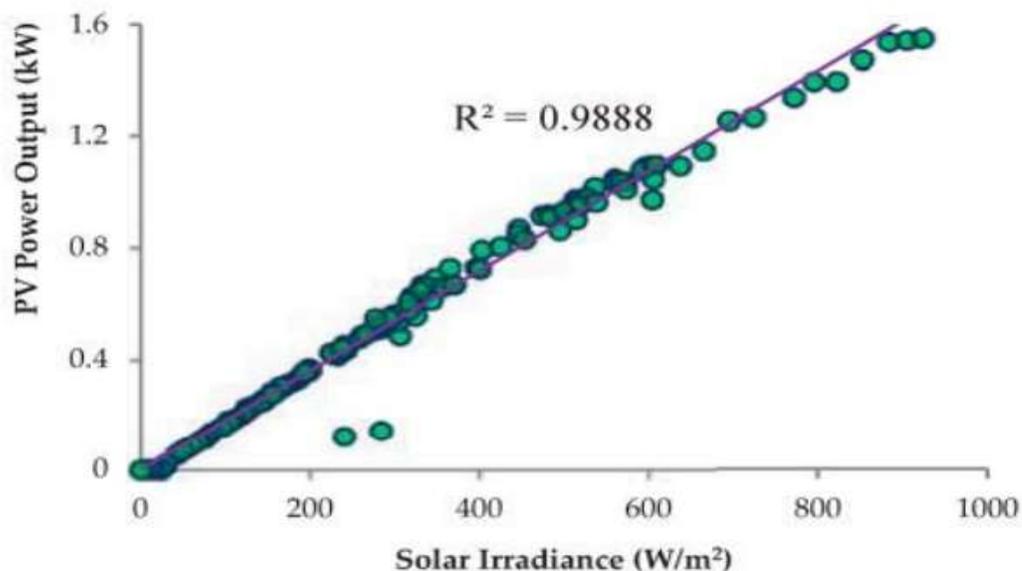
Kinerja sistem energi matahari selain modul power rating puncak, efisiensi inverter, ketebalan kabel, efek suhu, tergantung pada pencocokan beban dengan efisiensi konversi sistem PV. Biasanya modul fotovoltaik dicirikan oleh tegangan sirkuit terbuka dan arus. Ketika terhubung langsung ke beban eksternal tegangan menjadi jatuh, penurunan ini tergantung pada jenis beban.

Beberapa beban listrik dapat menunjukkan pencocokan yang relatif baik sementara yang lain agak jelek. Akibatnya, kualitas pencocokan beban dalam sistem fotovoltaik menentukan kualitas kinerja sistem PV.

Efek radiasi matahari

Radiasi matahari didefinisikan sebagai jumlah sinar matahari yang jatuh pada array PV, itu adalah faktor yang paling berpengaruh pada sistem keluaran. Selama waktu cuaca buruk nilai untuk insiden penyinaran matahari menurun tajam menghasilkan output yang rendah baik di pagi atau sore hari karena posisi rendah matahari. Jumlah listrik yang dihasilkan diamati maksimum ketika matahari berada tepat di atas dengan sinar matahari jatuh tegak lurus dengan panel-panelnya. Umumnya, kesulitan dalam memanfaatkan efisien muncul karena perubahan posisi matahari terhadap waktu dengan posisi panel dan orientasi.

Selain kondisi tak terkendali, konversi optimal radiasi matahari ke listrik akan dihasilkan dari memiringkan dan mengarahkan array PV pada sudut yang memenuhi persyaratan dimana sudut yang hampir tegak lurus antara sinar matahari dan permukaan panel.

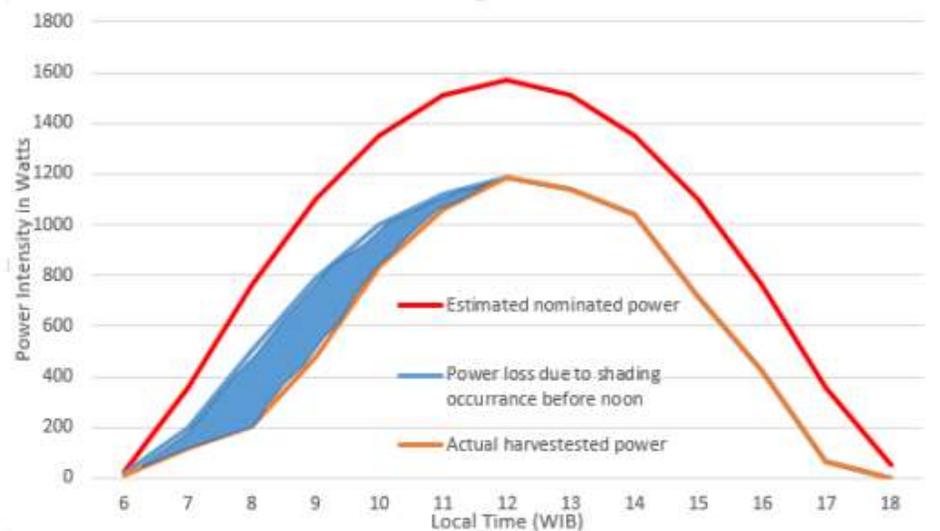


Gambar 4 Efek Radiasi Surya pada Output PV

Data Gambar 4 tentang radiasi matahari yang tersedia dapat diperoleh dari stasiun cuaca atau oleh pengukuran tetapi radiasi pada panel yang dimiringkan dapat diperkirakan secara analitis. Orientasi dan kemiringan PV array ditemukan menguntungkan ketika sinar matahari tegak lurus ke panel. Radiasi tergantung pada posisi matahari dan bayangan terdekat. Orientasi susunan PV di stasiun menghadap ke utara ke khatulistiwa dan kemiringannya memenuhi kondisi optimal.

Efek bayangan

Jumlah output sistem PV yang hilang karena bayangan sangat luar biasa. Bayangan dari sebuah sel PV tunggal dapat menyebabkan persentase kehilangan energi yang tinggi. Karena itu, pertimbangan efek bayangan sangat penting selama penilaian area surya. Bayangan langsung berasal dari benda-benda yang menghalangi radiasi matahari dari mencapai panel array maka benda-benda di sekitarnya menyajikan kekhawatiran yang mempengaruhi instalasi PV array. Ada juga kemungkinan untuk penerima array surya untuk menaungi diri mereka sendiri karena posisi. Satu hal yang perlu diperhatikan adalah bayangan bervariasi secara musiman. Sudut matahari berubah sepanjang tahun, pepohonan dan rintangan lain mungkin menjadi masalah bayangan atau tidak tergantung pada musim yang berbeda tetapi lebih banyak lagi semua ini tergantung pada ukuran, tinggi, dan kedekatan hambatan di sekitarnya.

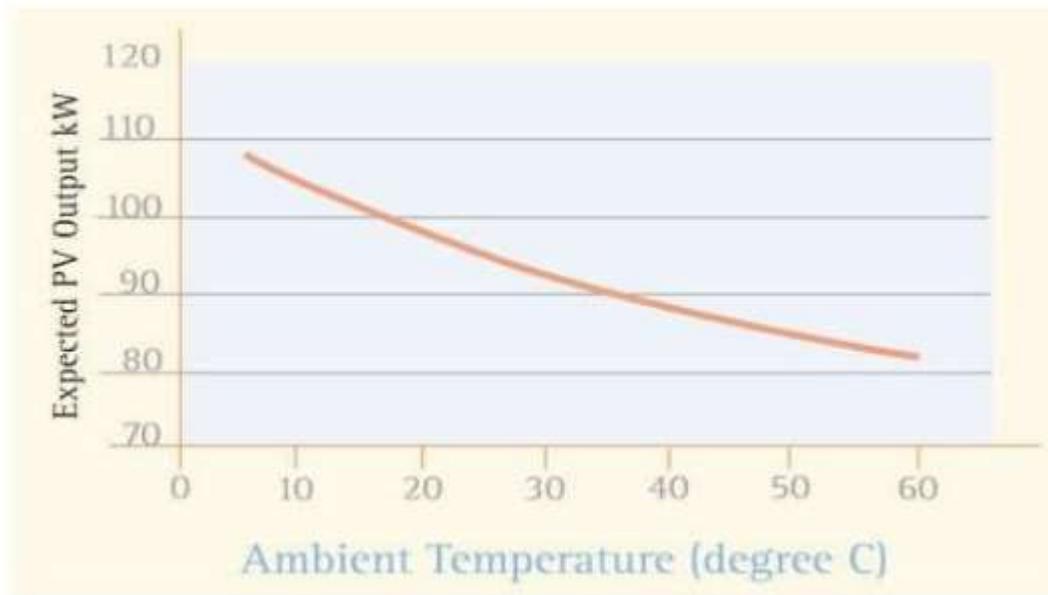


Gambar 5 Ilustrasi efek bayangan

Efek suhu

Salah satu faktor kunci yang mempengaruhi jumlah listrik yang dihasilkan panel surya adalah suhu di mana mereka beroperasi. Semakin hangat sel surya, semakin tidak efisien mereka. Semakin panas bahan sel, semakin banyak resistensi dan semakin lambat elektron dapat bergerak melaluinya. Hasil ini membuat produksi menurun karena tidak banyak elektron melewati sirkuit dalam jumlah waktu yang sama. Efek dari suhu terkait dengan properti modul surya.

Panel berkualitas tinggi dirancang untuk menjaga tingkat kinerja dalam suhu yang ekstrim sedangkan pada kondisi yang sama kualitas panel yang lebih rendah kehilangan efisiensi dan menghasilkan lebih sedikit energi. Modul surya diuji daya pada 250C dan efek suhu mereka disediakan oleh koefisien temperature diamati pada lembar data pabrik dari produsennya. Suhu sekitar di stasiun itu terlihat beresilasi sekitar 300C. Efeknya dapat diamati pada Gambar 3.6.

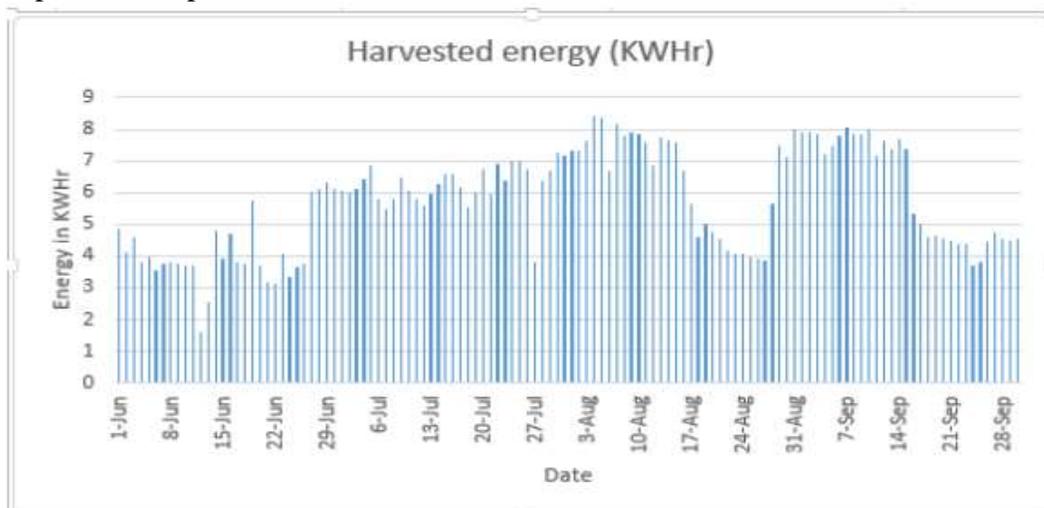


Gambar 6 Efek Suhu Ambient pada Output PV

Rasio Kinerja Solar PV Flood Early Warning System PLTA Karebbe

Salah satu variabel terpenting untuk mengevaluasi efisiensi solar PV adalah rasio kinerja. Rasio kinerja adalah rasio antara output energi aktual dan teoritis yang mungkin dari sistem. Hal ini sangat bergantung pada orientasi instalasi PV dan insiden penyinaran matahari dan memperhitungkan faktor lingkungan lainnya. Di dalam penilaian rasio kinerja sistem dihitung selama empat bulan dari bulan Juni sampai September.

Semakin dekat rasio kinerja mendekati seratus persen, semakin tinggi efisien operasional PV nya. Untuk tujuan ini, rasio kinerja dilakukan dengan mengambil perbandingan antara output energi dari sistem atau data yang dikumpulkan dan perkiraan aktual atau teoritis output selama empat bulan. Data yang diperlukan untuk pengumpulan memperhitungkan pemungutan data energi untuk Juni, Juli, Agustus dan September. Gambar 3.7 mewakili data energi harian yang dikumpulkan dari pencatat data.

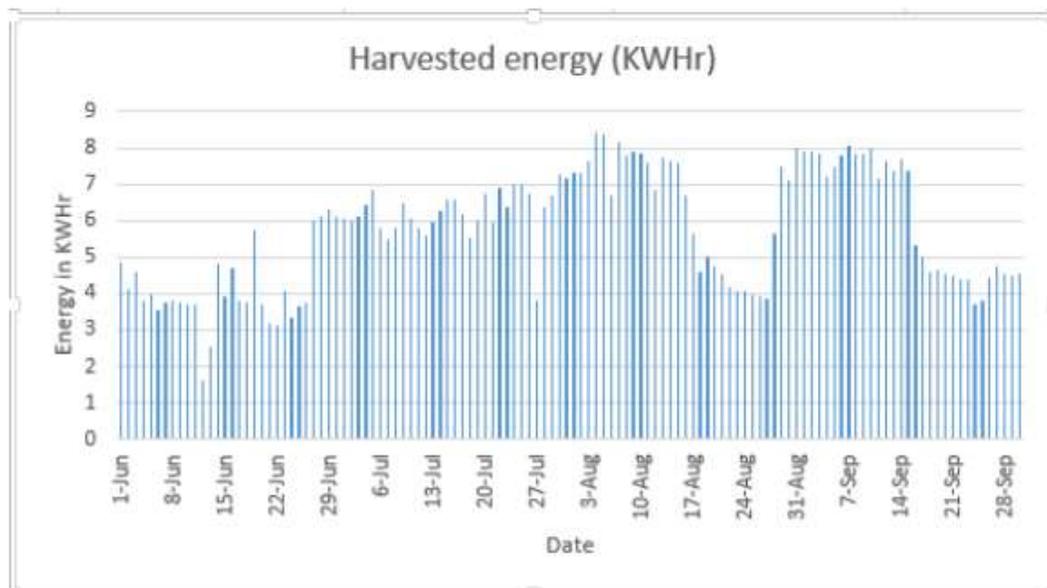


Gambar 8 Energi yang dikumpulkan dari Juni hingga September.

Langkah berikutnya setelah akuisisi data ini mewakili keluaran pabrik yang sebenarnya, langkah selanjutnya adalah menghitung variabel kedua yang mewakili keluaran pabrik nominal. Output pabrik nominal dihitung dengan mengalikan insiden iradiasi matahari di permukaan PV array dengan efisiensi relatif dari modul pabrik PV.

Mengenai data radiasi matahari, sayangnya kami tidak dapat menggunakan data bulanan yang tersedia karena mereka adalah untuk permukaan horizontal. Sekali lagi kami tidak dapat menggunakan rata-rata dari yang sebelumnya perkiraan radiasi matahari setiap jam pada array PV kami yang miring untuk tujuan ini. Hal ini karena kinerja proses pembangkit energi selama periode ini umumnya tidak linier sebagai konsekuensi rata-rata bulanan dari data ini dapat menyebabkan kesalahan serius.

Untuk mendapatkan lebih banyak data yang masuk akal dan untuk mengurangi non linearitas, model matematika digunakan untuk memperkirakan setiap data radiasi matahari setiap bulan.



Gambar 9 Estimasi Radiasi Matahari setiap bulan.

Perhitungan bulanan telah dilakukan dimulai dengan Angstrom dan halaman model. Terrestrial horizontal (\bar{H}_h) dihitung dari horizontal radiasi ekstraterrestrial per hari selama sebulan ($\bar{H}_{0,h}$)

$$\bar{H}_h = \bar{H}_{0,h} \left(a + b \frac{PS}{100} \right) \quad 1$$

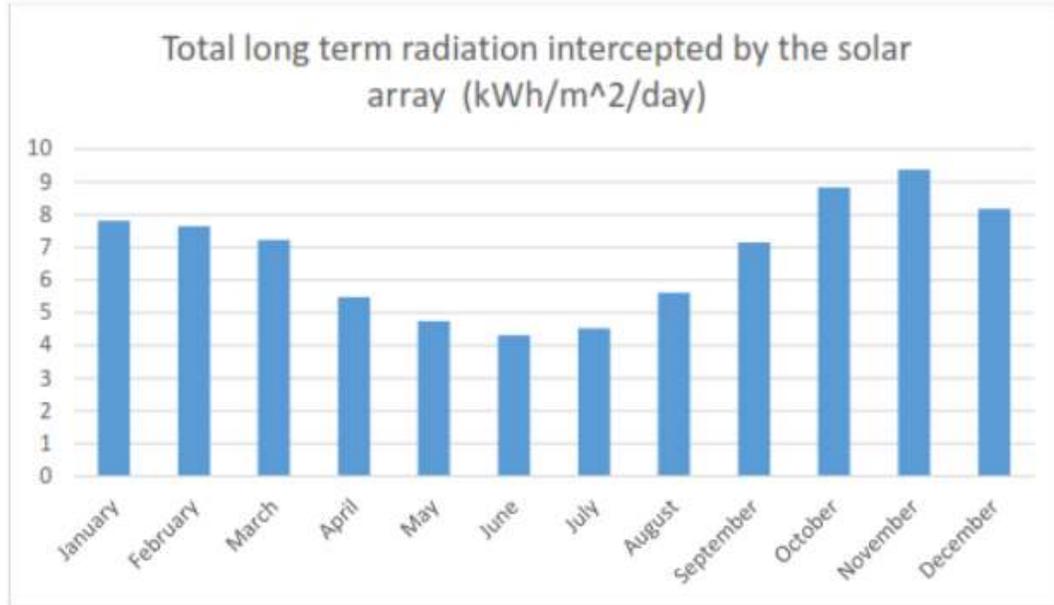
Dimana (\bar{H}_h) dan ($\bar{H}_{0,h}$) adalah ekstraterrestrial terrestrial horizontal dan radiasi horizontal per hari rata-rata selama satu bulan sementara a dan b adalah konstanta empiris. Nilai ($\bar{H}_{0,h}$) dalam rumus di atas dihitung oleh:

$$\bar{H}_{0,h} = \frac{24I}{\pi} (\cos \sigma \cos \delta \sin H_s + H_s \sin \sigma \cos \delta) \quad 2$$

Total radiasi jangka panjang dicegat oleh permukaan array surya (\bar{H}_c) adalah jumlah komponen balok, difus, dan pantulan:

$$(\bar{H}_c) = \bar{R}_b \bar{B}_h + \bar{R}_d \bar{D}_h + \bar{R}_r (D_d \bar{B}_h) \quad 3$$

Dimana \bar{R}_b adalah faktor kemiringan rata-rata bulanan, H_s adalah sudut, \bar{R}_r adalah Faktor kemiringan yang dihasilkan dari sinar radiasi, \bar{R}_d adalah faktor pandangan radiasi. Gambar 3.10 adalah total radiasi jangka panjang pada 15 hari setiap bulan. Nilai diperoleh setelah melakukan perhitungan di atas menggunakan spreadsheet excel. Jelas radiasi yang diserap di tengah tahun rendah dibandingkan dengan waktu yang lain.



Gambar 10 Total Radiasi Jangka Panjang intercepted by the Solar Array

Radiasi matahari pada permukaan array total dihitung dengan memperhitungkan ukuran setiap sel yang diperoleh dari datasheet panel sama dengan 125 x 125 mm. Mengingat bahwa array terbuat dari 10 panel masing-masing dengan jumlah total 72 sel. Permukaan PV total dihitung menjadi 11,25 m².

Radiasi total bulanan array PV diperoleh dengan mengalikan jangka panjang rata-rata bulanan radiasi dengan jumlah hari di setiap hari bersama dengan total permukaan. Kemudian, daya output nominal (P_n) dihitung dengan mengambil produk total permukaan (A) dari array PV surya dan radiasi jangka panjang rata-rata seperti yang diberikan dalam formula di bawah ini.

$$P_n = N \times \bar{H}_c \times A \times \varepsilon \quad 3$$

Dengan N mewakili jumlah hari dalam sebulan, \bar{H}_c mewakili rata-rata radiasi jangka panjang dan ε mengacu pada efisiensi sistem. Untuk masalah kejelasan, perhitungan berikut dibuat untuk bulan Agustus. Radiasi jangka panjang harian rata-rata pada bulan Agustus, $\bar{H}_c = 5,612 \text{ kWh} / \text{m}^2/\text{hari}$. Nilai-nilai iradiasi di lokasi untuk bulan Agustus diambil sama dengan rata-rata iradiasi matahari untuk seluruh bulan Agustus, \bar{H}_c total.

$$\bar{H}_c \text{ total} = 5,612 \text{ kWh} / \text{m}^2/\text{hari} \times 30 \text{ day} / \text{month} \quad 4$$

$$\bar{H}_c \text{ total} = 173,979 \text{ kWh} / \text{m}^2/\text{month}$$

Dengan Area generator pembangkit PV: $0,1222 \times 72 \times 10 \text{ m}^2 = 11,25 \text{ m}^2$ dan Faktor efisiensi modul PV: 15%. Oleh karena itu daya keluaran pabrik nominal dihitung menjadi:

$$P_n = 173,979 \text{ kWh} / \text{m}^2/\text{month} \times 11,25 \text{ m}^2 \times 15 \% \quad 5$$

$$P_n = 293.59 \text{ kWh} / \text{m}^2/\text{month}$$

Energi listrik sebenarnya yang dipanen pada bulan Agustus dari pengumpulan data sama dengan

$$P_n = 198.39 \text{ kWh} / \text{m}^2/\text{month} \quad 6$$

Karena itu ratio kinerja adalah:

$$PR = \frac{P_h}{P_n} \quad 7$$

$$PR = 0.675$$

Tabel berikut menyajikan nilai untuk seluruh waktu yang dipertimbangkan selama empat bulan

Tabel 1 Nilai Rasio Kinerja dari Juni hingga September.

Month	\bar{H}_c kWh/m ² /day	Monthly Days	PV Array Area	Efficiency	Nominal Power (PN)	Harvested Power (PH)	Perf. Ratio (PR)
June	4.31	30	11.25	15%	218.37	123.93	0.57
July	4.53	31	11.25	15%	236.83	193.93	0.87
August	5.61	31	11.25	15%	293.59	198.39	0.67
September	7.15	30	11.25	15%	361.88	182.67	0.55

Nilai yang diperoleh untuk rasio kinerja sesuai dengan persentase total radiasi diubah menjadi energi yang dapat digunakan. Nilai rasio kinerja menunjukkan bahwa hasil perhitungan untuk bulan Juli lebih tinggi dibandingkan dengan periode lainnya. Hasil ini terlihat sangat terkait dengan fakta bahwa perkiraan radiasi matahari untuk bulan Juli rendah dibandingkan dengan yang lain. Mempertimbangkan hal itu perkiraan nilai untuk Juni juga rendah, kesimpulannya adalah pada bulan Juli sistem dilakukan dengan sangat baik. Persentase tersisa untuk nilai kinerja menjadi seratus persen adalah hasil dari semua faktor yang berpengaruh dan kerugian sistem.

Performansi Solar PV on Warning Station *Flood Early Warning System* PLTA Karebbe

Pada studi kasus ini, dibahas mengenai performansi solar PV pada EFWS *Remote Warning Station* Km50. Karena berdasarkan historical laporan dari operator di *Control Room* Karebbe dan juga dari bagian maintenance hydro bahwa telah terjadi alarm communication failure sebagaimana juga yang ditunjukkan dalam screen HMI FEWS Karebbe pada gambar di bawah.



Gambar 11 Km50 Remote Warning station Communication Alarm

Setelah dilakukan pengecekan oleh regu maintenance hydro didapatkan bahwa pada *Remote Warning Station* Km50 mengalami kondisi *shutdown*, dimana pada solar controller ditemukan indikasi load disconnect, dan setelah dipastikan dengan pengukuran tegangan didapatkan tegangan battery sudah sangat drop. Sehingga diambil keputusan untuk segera mengganti dengan baterai cadangan yang sudah dalam kondisi *fully charged* agar sistem FEWS Km50 *Remote Warning Station* dapat segera *recovered* dan *standby* normal kembali. Setelah diganti baterai -nya tersebut, alarm load *disconnect* seketika hilang bersamaan dengan hilangnya alarm communication failure di screen HMI FEWS Karebbe.

Kemudian setelah dilakukan pemeriksaan lebih jauh oleh regu engineering diketahui bahwa perlu dilakukan perhitungan ulang pada desain solar PV untuk Km50 *Remote Warning Station* ini, karena pada masa atau periode musim penghujan dan rata-rata hujan tersebut berlangsung seharian full dengan rata-rata dua sampai tiga hari maka akan memicu terjadinya drop voltage, yaitu kondisi dimana tidak terjadi lagi proses charging pada battery oleh sistem solar PV karena hujan yang terjadi sepanjang hari tadi dan selama 2- 3 hari tanpa henti. Dan pada akhirnya ketika mencapai setpoint-nya, load disconnect terjadi pada solar controller dan seketika memutuskan koneksi ke jalur beban untuk mengamankan battery dari kondisi discharge yang berlebihan yang dapat menimbulkan kerusakan.

Akan tetapi kondisi ini tidak diinginkan karena membuat sistem peringatan dini banjir menjadi pincang karena gangguan yang terjadi pada salah satu Remote warning Station-nya.

Sehingga oleh tim engineering Utilities diputuskan untuk melakukan kajian ulang terhadap desain solar PV untuk Km50 *Remote Warning station* tersebut. Adapun langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut: Berdasarkan data koordinat lokasi Km50 *Remote Warning station*:

	Karebbe Station	Km50 Station	Malili Station	Balintang Station
Latitude	2°40'27.740" S	2°39'06.533" S	2°37'52.950" S	2°38'27.569" S
Longitude	121°09'13.965" E	121°08'00.181" E	121°05'58.611" E	121°04'42.506" E

Dan data beban / *load calculation*:

Peralatan	Qty	Arus (mA)	Tegangan (V)	Total Daya (W)
Power Supply/ DC-DC Converter	1	750	12	9
Microwave Radiolink	1	750	12	9
PLC Rack & I/O	1	650	24	15.6
Hub Switch	1	175	12	2.1
				35.7

Dengan menggunakan *tools Solar OFF GRID Calculator DC-Coupled*, didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut:

INPUT PARAMETERS

LOAD POWER & ENERGY		Scaled Load	
1	Max Load Power	36	W
2	Daily Consumption	857	Wh/day
3	Safety Factor (System losses)	10.0	%
4	Daily Consumption with safety Factor	942	Wh/day
SOLAR ENERGY			
1	Sun availability	4.96	hours
2	Performance Ratio	0.70	
SYSTEM PARAMETERS			
1	DC (Battery) Voltage	24	VDC
2	AC Output Wave	No	
3	AC output Phase	No	
4	PV Array to Load Ratio	100	%
5	Autonomy days	3	days
OK			

SPECIFICATION & CONFIGURATION

PHOTOVOLTAIC MODULE		POLY 100Wp
Pmax	100.0	Wp
Vmp	17.8	V
Imp	5.7	A
Voc	21.4	V
Isc	6.0	A
Cells	36.0	Cells

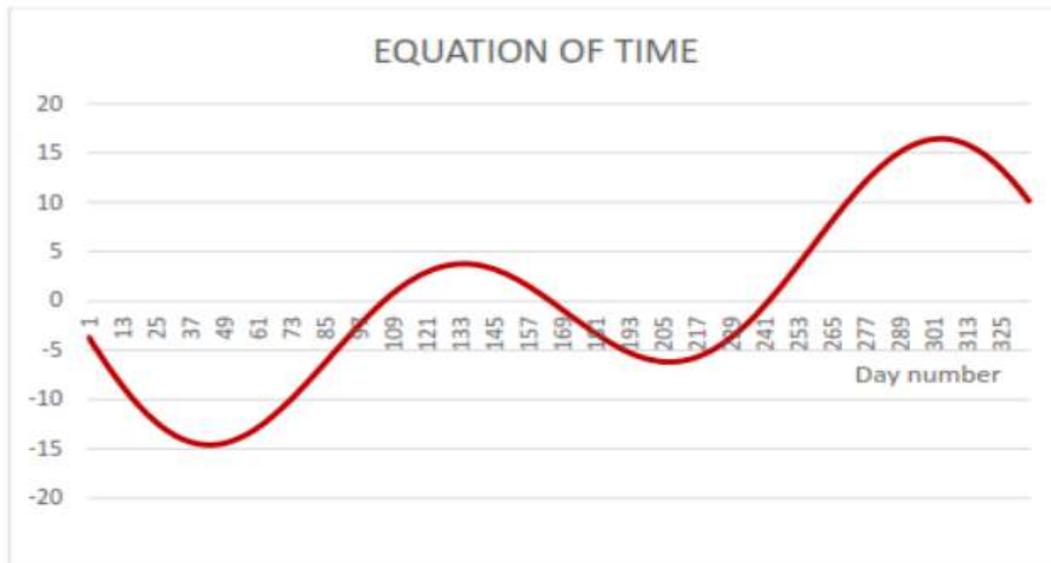
PV Serial (min 2 pcs, max 2 pcs)	2	modules
PV Paralel	2	string
PV Module Qty	4	pcs
Total PV Power (Based on Calculation)	280	Wp
Total PV Power (Actual)	400	Wp
PV Excess	120	Wp
OK		

SOLAR CHARGE CONTROLLER		PWM-2024
V Batt nominal	24.0	Vdc
V input (min)	25.0	Vdc
V input (max)	50.0	Vdc
Max current	20.0	A

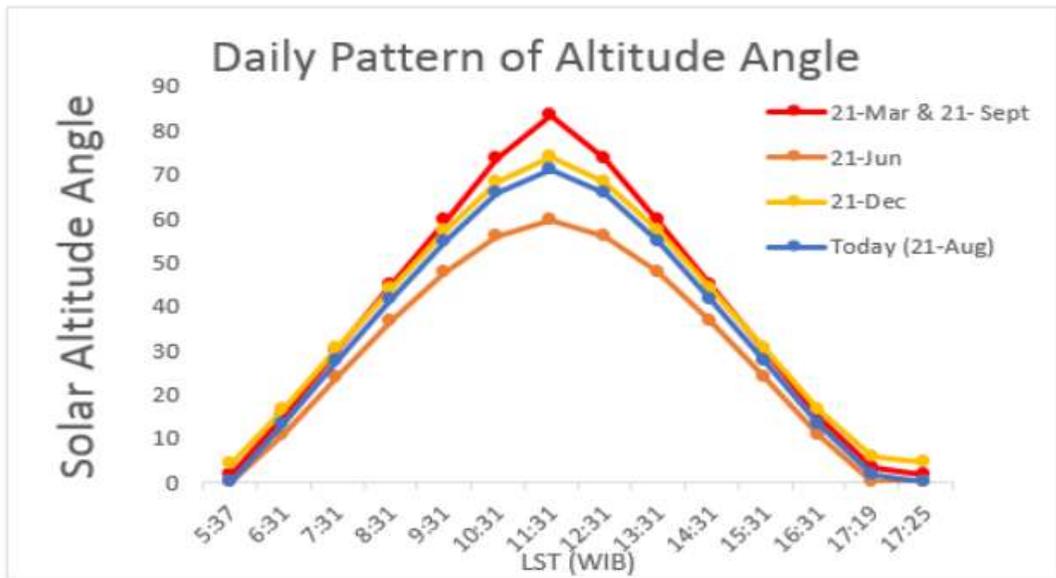
PV Max output voltage	42.72	Vdc
Max Array current (Isc)	12.09	Amps
Total Vmp	35.60	Vdc
SCC Qty	1.00	pcs
Max PV String Input (each SCC)	4.00	String/SCC
Max Group Array current (Isc)	24.18	Amps/SCC
OK		

BATTERY		GEL-100Ah	
Battery Volt/cell	12	Vpc	
Battery Capacity	100	Ah	
DOD	70	%	
Cycle Life @ DOD 70%	500	Cycle	

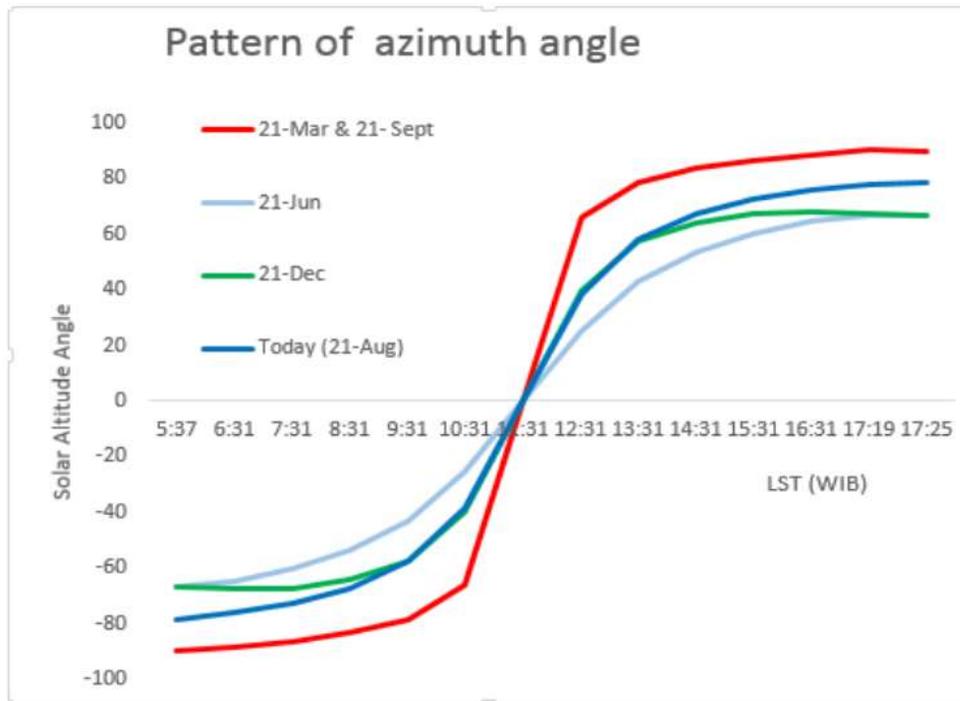
Battery Serial	2	pcs
Battery Parallel	2	string
Battery Qty	4	pcs
Battery kWh (Calculation)	4.04	kWh
Battery kWh (Actual)	4.80	kWh
Max Battery Charging Current (from PV)	16.67	Amps
DOD (actual)	19.64	%
Expected Battery Lifetime	3 Thn 8 Eln	
OK		



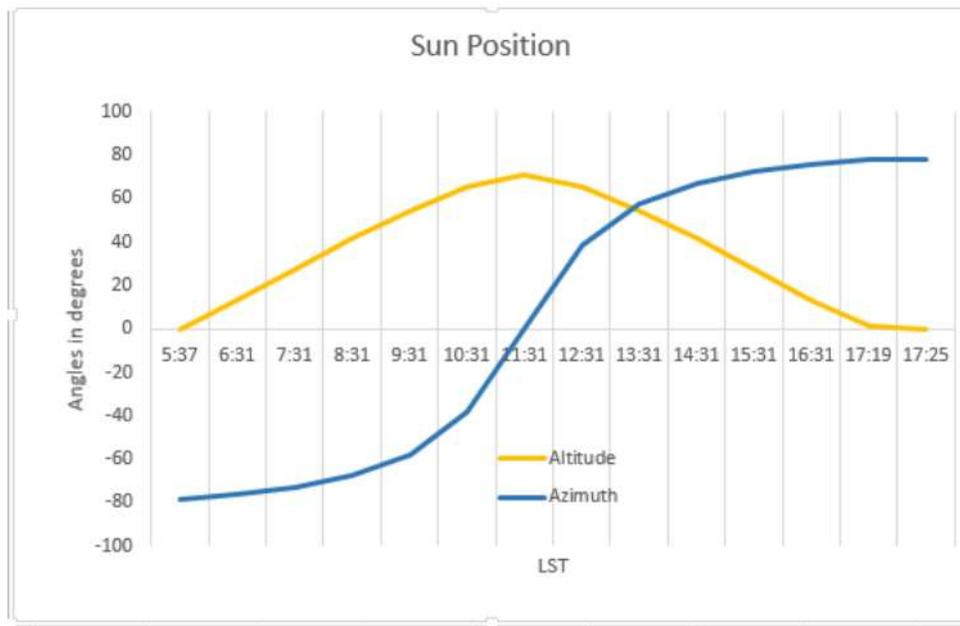
Gambar 12 Equation of Time



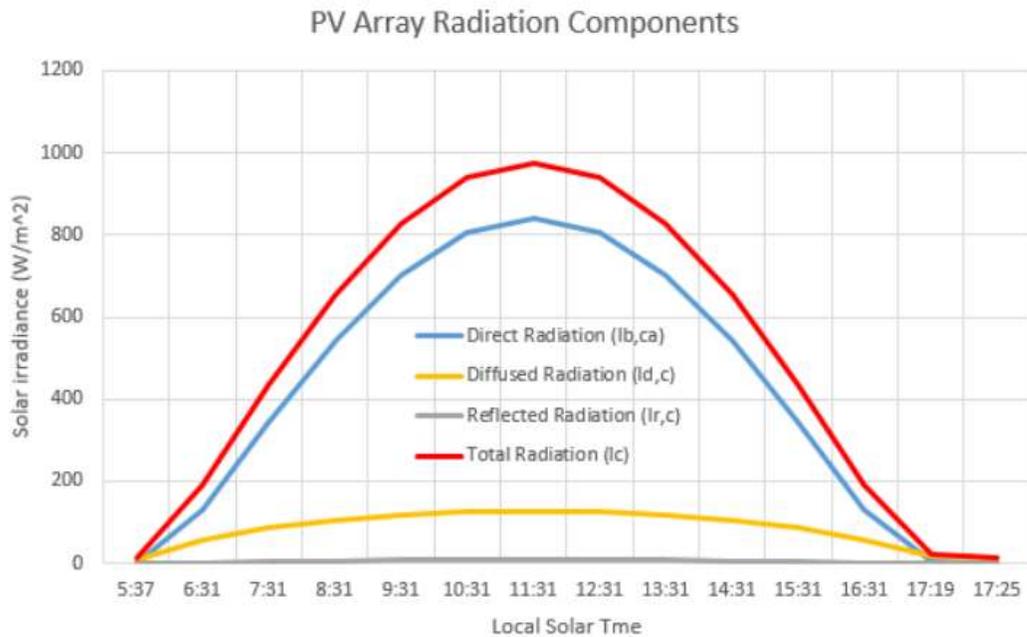
Gambar 13 Daily Pattern of Altitude Angel



Gambar 14 *Pattern of Azimuth Angel*



Gambar 15 *Posisi Matahari*



Gambar 16 PV Array Radiation Components

Tabel berikut menyajikan nilai untuk hasil konfigurasi

Tabel 2 Konfigurasi Peralatan.

KONFIGURASI PERALATAN YANG DIUSULKAN			
PV Module	100Wp Polycrystalline	4.0	pcs
	Total Capacity	0.4	kWp
SCC	PWM 24V 20A	1.0	pcs
Battery	GEL-100Ah 12V	4.0	pcs
	Total Capacity	4.8	kWh

CONCLUSION

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari kerja praktek dan proyek energi terbarukan mengenai kajian evaluasi performa Solar PV dengan studi kasus Solar PV pada *Flood Early Warning System* (FEWS) PLTA Karebbe adalah:

- 1) Dapat diketahui detail mengenai komponen & spesifikasi eksisting dari sistem peringatan dini banjir/ *Flood Early Warning system* PLTA Karebbe, khususnya yang terpasang pada Km50 Remote Warning station
- 2) Dapat diketahui faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja dari suatu sistem solar PV, terutama pengaruh cuaca atau musim penghujan terhadap autonomy day dan sizing battery beserta PV *array*-nya sebagai referensi untuk melakukan improvement atas FEWS Karebbe

References

E. Romano, M. Callegari and G. D. R, "A review on the role of remote sensing for decision

- 1] support in flood management," *Journal of Hydrology*, vol. 5, no. 3, p. 36, 2016.
A. Reinders and P. Verlinden, *Photovoltaic Solar Energy: From Fundamentals to Applications*, 2017.
- 2] A. M. T. Rahman, H. E. K. Sharma and P. Salamon, "Performance Evaluation of Flood
3] Early Warning Systems (FEWS) in Data Scarce Catchments: A Case Study from Bangladesh," *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 191, p. 382, 2019.
- 4] E. Romano, M. Callegari and G. D. R, "Environmental Impacts on the Performance of
Solar Photovoltaic Systems," *Sustainability*, vol. 12, no. 608, 2020.
- 5] F. A. Al-Sulaiman, A. K. Al-Nassar and A. H. Al-Ot, "Performance analysis of
photovoltaic systems in tropical climates," *Energy Conversion and Management*, vol. 105, pp. 1013-1024, 2015.