

PERHITUNGAN ESTIMASI POTENSI TENAGA SURYA PADA FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BENGKULU

Pinggigornia^{1*}, Novalio Daratha, S.T, M.Sc, Ph.D², M. Khairul Amri Rosa, S.T., M.T³

¹ Teknik Elektro Universitas Bengkulu, *E-mail: pinggigornia04@gmail.com

ABSTRAK

Solar panels are growing rapidly globally, raising the question of how to integrate them efficiently into the national power grid. The output power that is very dependent on time and complex weather variables makes it difficult for solar power plants to estimate the potential of the electrical energy they produce. MERRA (The Modern Era Retrospective Analysis For Research And Applications) is a data sheet that provides weather information recorded by NASA satellites, using this datasheet can be calculated for estimating the energy to be produced from solar panels at a location. In this study, the Julia programming language was used to calculate the estimated energy produced by solar panels with a capacity of 400 watts at the location of the Faculty of Engineering, University of Bengkulu. The calculation results show that the average electrical energy obtained for a year is 1.271,556 Kwh every year.

<https://github.com/pinggigornia/perhitungan-daya-panel-surya.git>

Keywords : MERRA, Solar Panels, NASA

1. Pendahuluan

Permintaan energi yang terus bertambah akibat bertambahnya populasi manusia dan kemajuan teknologi yang menyebabkan pentingnya untuk mencari sumber energi terbarukan yang andal, hemat biaya serta mempunyai sumber yang tak terbatas. Energi surya, di antara sumber energi terbarukan lainnya merupakan sumber energi yang menjanjikan, ketersediaan energi matahari yang berlimpah menyebabkan pengembangan PLTS sangat baik dilakukan untuk menyediakan energi di masa krisis energi saat ini. Industri PLTS berkembang dengan mantap di seluruh dunia karena permintaan energi yang tinggi sementara sumber energi utama yaitu bakar fosil terbatas ketersediaannya[1].

Keuntungan yang ditawarkan oleh PLTS memang bisa menjadi solusi bagi krisis energi yang dialami saat ini, akan tetapi masih terdapat kekurangan dalam penggunaan PLTS yang menimbulkan munculnya pertanyaan, yaitu bagaimana menerapkan PLTS dalam jaringan listrik nasional secara efisien. Hal ini menjadi masalah dikarenakan energi yang dihasilkan oleh PLTS

sangat dipengaruhi waktu serta variabel cuaca yang cukup kompleks[2]. Jumlah energi yang mampu dihasilkan PLTS hendaknya dapat diperkirakan sehingga PLTS dapat diintegrasikan ke dalam jaringan listrik nasional[3].

The Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications (MERRA) merupakan kumpulan data meteorologi yang direkam oleh satelit NASA. Dalam kumpulan data ini terdapat informasi jumlah radiasi matahari yang masuk ke dalam bumi (*irradiation flux*)[4]. Menggunakan informasi satelit ini dapat dilakukan perhitungan estimasi energi keluaran dari PLTS pada lokasi tertentu. Selain informasi radiasi matahari, juga terdapat informasi suhu udara di kumpulan data MERRA. Informasi suhu udara akan digunakan dalam perhitungan estimasi energi PLTS dikarenakan suhu akan mempengaruhi efisiensi dari panel surya[5].

Penggunaan panel surya dalam jangka panjang akan menimbulkan menurunnya efisiensi daya yang dihasilkan pada panel tersebut, hal ini disebabkan modul panel surya yang terus terpapar sinar matahari, efek pemudaran ini akan mempengaruhi efisiensi panel surya dalam mengkonversi energi matahari menjadi listrik. selain efek pemudaran, suhu disekitar modul juga akan mempengaruhi efisiensi dari panel surya. Semua permasalahan ini harus diperhitungkan dalam menghitung estimasi energi keluaran dari PLTS. Modul panel surya sendiri memiliki karakteristik yang berbeda beda tergantung dari bahan penyusun dari lapisan film pada modul panel. Crystalline silicon (C-Si) merupakan salah satu jenis dari modul panel surya[5].

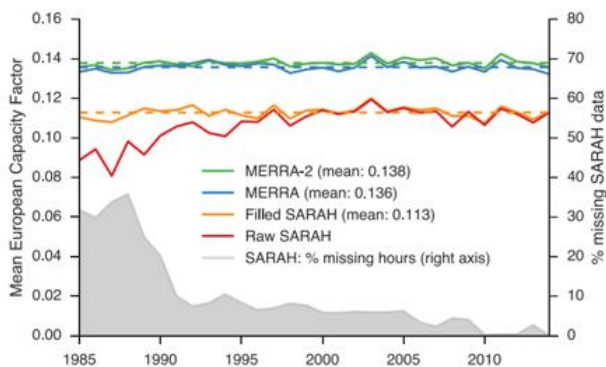
2. Kerangka Teoritis

A. Data Radiasi Matahari

Sel surya adalah teknologi yang mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik, dan dapat digunakan di Indonesia yang beriklim tropis, tetapi masalah utama dari sistem ini adalah tidak stabilnya nilai daya yang dihasilkannya. Daya yang dihasilkan tergantung dari intensitas sinar matahari yang diterima melalui panel surya. Intensitas radiasi matahari yang diterima panel surya dapat dimaksimalkan dengan cara pemasangan panel surya, yang memiliki kemiringan dan sudut azimuth yang sesuai. Sinar matahari yang diterima

oleh panel surya dapat lebih maksimal Ditempatkan pada azimuth 180° menghadap utara. Sudut kemiringan panel yang benar di musim hujan adalah 1° Dan Musim kemarau adalah 24°. Sudut kemiringan panel surya tipe larik tetap di Semarang adalah 9°, Ada radiasi Nilai rata-rata panel surya yang dapat diterima pada sudut kemiringan ini adalah 13.8958 MJ/m² hari [6].

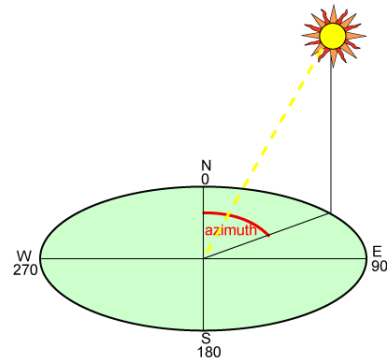
Analisis ulang MERRA dan sekarang menjadi MERRA-2, merupakan salah satu pengamatan berbasis ruang angkasa. Hal ini menunjukkan bahwa hal itu dapat memiliki akurasi yang lebih baik dalam tujuan pemodelan tenaga surya. MERRA memiliki beberapa keunggulan dibandingkan analisis ulang lainnya: MERRA memberikan pengamatan pada interval 1 jam, bukan 3 atau 6 jam, dan memiliki resolusi 1/2 lintang dan 2/3 bujur yaitu sekitar 50 x 50 km [8]. Dan tersedia resolusi yang jauh lebih tinggi yaitu 0,05 x 0,05, terdapat juga interval waktu yang lebih akurat yaitu per jam [9]. Jumlah data yang hilang dan perbedaan antara MERRA dan data SARAH yang dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Faktor kapasitas rata-rata tahunan yang tidak dikoreksi (rata-rata Eropa)[20]

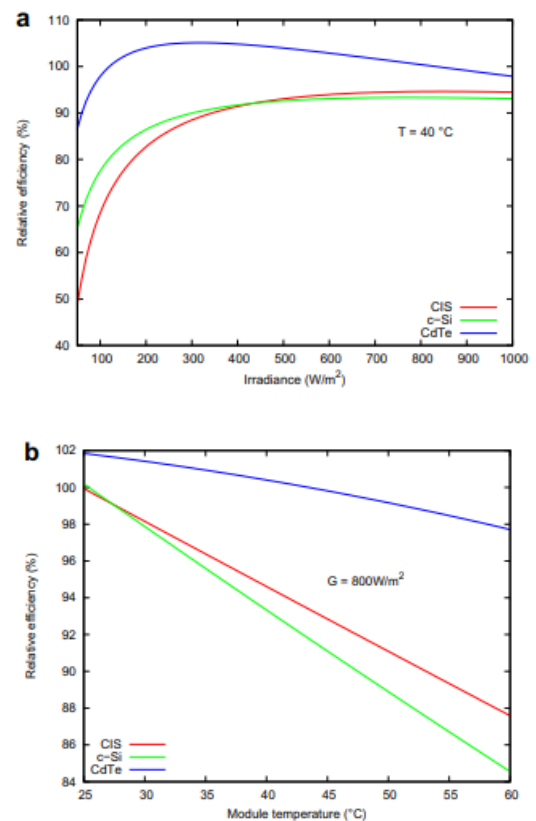
B. Pemodelan Panel Surya

Sudut pemasangan panel surya berpengaruh terhadap radiasi matahari yang dapat diterima panel adalah sudut kemiringan (slope) dan sudut azimuth modul fotovoltaik. Sudut azimuth panel surya merupakan sudut peletakan panel surya searah dengan arah jarum jam dengan acuan arah utara, besar sudut azimuth mulai dari 0° – 360°. Pengaruh sudut azimuth yang digunakan untuk melihat pengaruh sudut azimuth terhadap radiasi matahari yang dapat diterima oleh panel surya adalah mulai dari sudut 90° hingga 270° dengan kenaikan setiap sudutnya sebesar 30°[11].



Gambar 2 Sudut Azimuth[11]

Pada penelitian ini digunakan panel surya tipe c-Si. Karena kinerja dari silikon kristal ini sangat berpengaruh pada efisiensi yang dihasilkan. Grafik perbandingan kinerja c-Si terhadap CIS dan CdTe dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Efisiensi relatif dari tiga tipe PV[9]

Berdasarkan perhitungan pada jurnal [9] koefisien suhu pada panel surya tipe c-Si adalah $cT = 0.035^{\circ}\text{CW}^{-1}\text{m}^2$, nilai ini berlaku untuk tipe rak modul yang berdiri bebas. Kemudian rak dimodifikasi dengan menghadap ke arah selatan dengan sudut kemiringan 40°, koefisien akan berbeda jika rak di pasang di atas gedung, hal ini dikarenakan suhu tinggi dan nilai iradiasi pada modul yang meningkat lebih cepat sehingga koefisien

pada gedung menjadi $cT=0.05^{\circ}CW^{-1}m^2$, koefisien ini di dapatkan berdasarkan jurnal [9].

Dalam kasus sudut azimuth tetap (arah kompas menghadap panel) maka terdapat pula sudut azimyth matahari, ketinggian matahari dan kemiringan panel yang dapat i hitung menggunakan persamaan 1 dan 2

$$\alpha = \cos^{-1} (\sin (h) \times \cos (t) + \cos (h) \times \sin (t) + \cos (\alpha_p - \alpha_s)) \quad (1)$$

keterangan :

- h : ketinggian matahari
- t : kemiringan panel
- α_p : sudut azimuth
- α_s : sudut azimuth matahari

Iradiasi bidang langsung dan difus ($I_{dir,p}$ dan $I_{dif,p}$) kemudian dapat dihitung pada persamaan (2) dan (3).

$$G_{dir,p} = \frac{G_{dir,h} \times \cos(\alpha)}{\cos\left(\frac{\pi}{2} - \alpha_s\right)} \quad (2)$$

$$G_{dir,p} = G_{dif,h} \times \frac{1 + \cos(t)}{2} + \alpha \times (G_{dir,p} + G_{dif,h}) \times \frac{1 - \cos(t)}{2} \quad (3)$$

Keterangan :

- G_{dir} : Iradiasi langsung
- G_{dif} : iradiasi tak langsung

Model yang digunakan berikut ini adalah model yang output dayanya hanya bergantung pada suhu modul T_{mod} dan radiasi dalam bidang G :

$$P(G, T_{mod}) = P_{STC} \frac{G}{G_{STC}} \eta_{rel}(G', T') \quad (4)$$

Keterangan :

- P = Daya
- T_{mod} = $T_{amb} + C_t \cdot G$
- G = iradiasi total
- P_{stc} = daya standar 1000 W/m^2
- G_{stc} = iradiasi standar 1000 W/m^2
- η_{rel} = efisiensi relatif
- G' = G/G_{stc}
- T' = $T_{mod} - T_{stc}$

Dimana P_{STC} adalah daya pada *standard test conditions* (STC) $G_{STC} = 1000 \text{ W/m}^2$ dan $T_{mod STC} = 25^{\circ}C$. efisiensi relative sesaat.

$$\eta_{rel}(G', T') = 1 + k_1 \ln G' + k_2 [\ln G']^2 + T'(k_3 + k_4 \ln G' + k_5 [\ln G']^2) + k_6 T'^2 \quad (5)$$

Keterangan :

$k_1 - k_6$ = nilai koefisien panel surya tipe c-Si

Dan (G', T') parameter yang dinormalisasikan ke STC .

$$G' = \frac{G}{G_{STC}} \text{ dan } T' = T_{mod} - T_{mod STC} \quad (6)$$

Koefisien $k_1 - k_6$ harus ditemukan dengan menyesuaikan model ke data eksperimen yang di ukur di satu atau lebih pengujian. Efisiensi relatif sesaat bergantung pada radiasi sesaat dan modul suhu T_{mod} . Kondisi T_{mod} dapat diperkirakan dari suhu lingkungan dan iradiasi dengan cara pada persaman (7).

$$T_{mod} = T_{amb} + cT G \quad (7)$$

Koefisien CT menjelaskan seberapa besar modul PV dipanaskan oleh radiasi matahari, itu tergantung pada cara modul PV di pasang dan juga pada tipe modul yang digunakan. Dan juga T_{mod} dipengaruhi oleh rezim operasi. Selanjutnya untuk melakukan perhitungan energi terdapat pada persamaan (8).

$$E = P \times \Delta t \quad (8)$$

C. Pengaruh Efek Penting Jenis Modul

Pada kenyataannya, kinerja modul PV, dan juga sistem PV, dipengaruhi oleh sejumlah efek penting lainnya:

1. Suhu modul PV tergantung pada suhu lingkungan (udara), radiasi matahari, jenis pemasangan, dan pendinginan oleh angin. Efisiensi konversi energi modul PV pada umumnya merupakan fungsi non-linier dari tingkat radiasi dan suhu modul, biasanya menurun untuk iradiasi rendah dan suhu tinggi.
2. Fraksi sinar matahari yang dipantulkan ke permukaan modul tergantung pada jenis modul dan sudut datang cahaya relatif terhadap permukaan. Ini disebut efek angle-of-incidence (AOI) dan telah menjadi subjek sejumlah investigasi [12]. Efek ini menurunkan radiasi yang memasuki lapisan pembangkit dalam sel surya modul dan karenanya mempengaruhi suhu dan keluaran daya.
3. Jenis modul bervariasi dalam sensitivitas spektralnya. Spektrum matahari sesaat pada gilirannya bergantung pada kondisi meteorologi dengan cara yang tidak dipahami dengan baik, terutama untuk kondisi mendung [13][14].
4. Untuk beberapa jenis modul, efisiensi konversi tergantung pada sejarah modul tersebut. Perubahan efisiensi dengan paparan cahaya (negatif untuk beberapa jenis modul, seperti silikon amorf (a-Si), positif untuk jenis lain, seperti Tembaga – Indium – Diselenide (CIS) dan Kadmium Telluride (CdTe).

Efek seperti itu sering diistilahkan “perendaman ringan”. Paparan suhu tinggi juga dapat mempengaruhi efisiensi konversi, khususnya dalam efek anil dalam modul a-Si yang bertindak untuk melawan perendaman cahaya [16].

D. Ketersediaan Data

Data yang tersedia yaitu data waktu, suhu, waktu lokasi, iradiasi langsung, iradiasi tidak langsung. Periode waktu untuk data ini adalah periode 1 tahun 2019. Data suhu waktu yang dimiliki memiliki interval waktu 1 jam dari 00:01 WIB hingga 23:59 WIB namun, data hanya diperlukan dari jam 6:00 WIB hingga 18:00 WIB. Data radiasi tersedia dalam bentuk rata-rata per jam, berdasarkan citra satelit dengan resolusi 5-10 km bergantung lokasi (ke arah utara) [12]. Rumus perhitungan daya dan energi dapat dilihat pada jurnal [9].

3. Metodologi

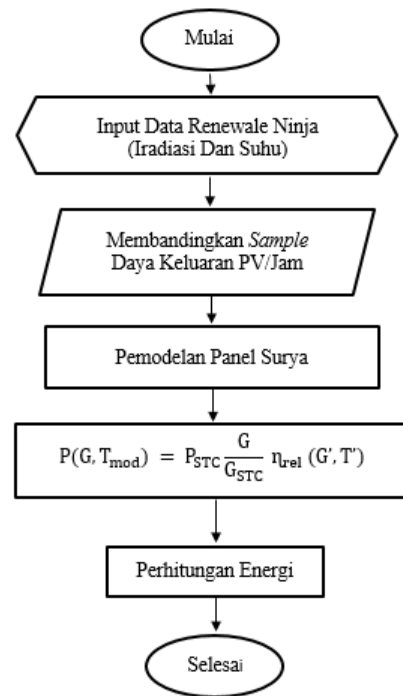
Penelitian dilakukan untuk membahas tentang perancangan perangkat lunak untuk mengetahui keluaran dari PV Pada data MERRA. Waktu dan tempat penelitian, metode pengumpulan data, analisa dan pelaksanaan penelitian akan diuraikan seperti berikut.

A. Pengembangan Perangkat Lunak

Berdasarkan diagram alir penelitian, terdapat proses pengembangan perangkat lunak. Pengembangan perangkat lunak ini memiliki beberapa tahap pengolahan lagi, yang dapat dilihat pada Gambar 4.

Penelitian ini dilakukan melalui tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. Data di download di link renewlabel.ninja kemudian akan didapat data Iradiasi langsung, iradiasi tidak langsung, suhu berdasarkan waktu tanggal dan jam.
2. Kemudian data di upload dalam bentuk csv ke program Julia.
3. Metode perhitungan dalam model ini hanya menggunakan nilai suhu lokal dan nilai G_{STC} dengan menggunakan persamaan (4)
4. Kemudian iradiasi dihitung menggunakan persamaan (5).
5. Langkah selanjutnya yaitu mencari nilai (Nrel) menggunakan persamaan (6) dengan menggunakan koefisiensi tipe panel C-Si.
6. Setelah iradiasi dan nilai Nrel dihitung menggunakan persamaan (5) dan persamaan (4) maka dilanjutkan perhitungan daya menggunakan persamaan (3).
7. Setelah semua nilai telah dihitung , kemudian dilakukan perhitungan energi menggunakan persamaan (8).



Gambar 4 Diagram Pengembangan Perangkat Lunak

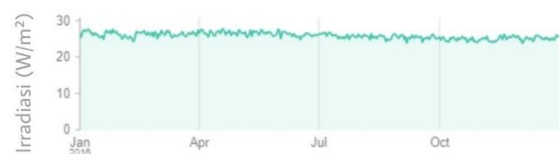
4. Hasil dan Pembahasan

Simulasi pada Gedung fakultas Teknik universitas Bengkulu menggunakan data MERRA. Parameter yang digunakan dalam perhitungan pada penelitian ini adalah irradiansi, temperature, ketinggian matahari, sudut azimuth matahari.

A. Pengimputan Data Renewlableninja Ke Program Julia

Terdapat 8753 - 8777 sampel data iradiasi dan temperatur per jam pada setiap tahunnya. Tahun yang digunakan pada analisis hanya pada tahun 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 dengan titik koordinat di Fakultas Teknik Universitas Bengkulu. Data iradiasi dan temperature dapat diakses dari link renewlableninja.com.

Jika ditampilkan dalam bentuk grafik maka grafik Perubahan iradiasi terhadap waktu pada tahun 2016 dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Grafik Perubahan Irradiansi Terhadap Waktu Tahun 2016

Berdasarkan grafik pada Gambar 5 terjadi penurunan iradiasi yang terjadi selama kurun waktu tertentu, hal ini disebabkan karena indonesia yang memiliki 2 musim, yaitu kemarau dan hujan.

Setelah diketahui parameter apa saja yang dibutuhkan dalam melakukan perhitungan energi, kemudian langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan untuk mencari nilai efisiensi daya dan energi dengan menggunakan persamaan yang terdapat pada jurnal [9].

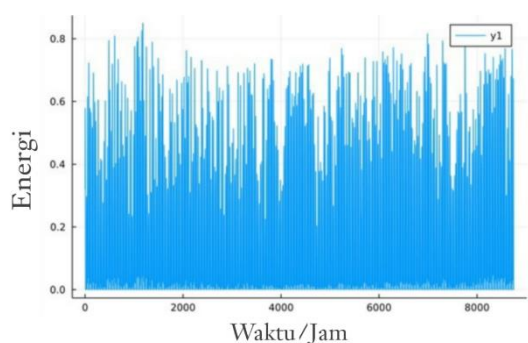
B. Perbandingan Perhitungan Efisiensi, Daya Dan Energi Terhadap Perhitungan Menggunakan Program Julia

Saat dilakukan perhitungan efisiensi, daya dan energi, dengan *sample* data yang digunakan yaitu *sample* pada tanggal 1 januari 2016 pukul 12:00 waktu lokal. Berdasarkan data dari renewable ninja, maka data hasil perhitungan dapat dibandingkan untuk melihat nilai error yang terjadi, perbandingan nilai perhitungan dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Perhitungan Efisiensi, Daya Dan Energi Terhadap Perhitungan Menggunakan program Julia

	Efisiensi	Daya Watt/Jam	Energi Watt/Jam
Manual	0,8997	199,522	199,522
Julia	0.899	199.539	199.539

Dari perhitungan η_{rel} dan daya yang telah dilakukan maka didapatkan data nilai energi. Berdasarkan nilai energi yang telah dihitung, maka perubahan energi terhadap waktu pada tahun 2016 dapat dilihat pada grafik yang terdapat pada Gambar 6



Gambar 6 Grafik Perubahan Energi Terhadap Waktu Tahun 2016

Berdasarkan Grafik perubahan energi terhadap waktu 2016 yang terdapat pada Gambar 6 dapat dilihat jika nilai energi terendah terjadi pada kisaran jam ke 4000

– 6000 an pada bulan juni dengan nilai energi yang didapatkan yaitu 0,2 Kwh dan energi tertinggi terjadi pada kisaran jam ke 1000 – 2000 an pada bulan februari dengan nilai energi yang didapatkan yaitu 0.8 Kwh.

Berdasarkan grafik pada gambar 6 terjadi penurunan dan kenaikan nilai iradiasi yang terjadi selama kurun waktu tertentu, hal ini disebabkan karena indonesia yang memiliki 2 musim yaitu kemarau dan hujan.

C. Perbandingan Hasil Perhitungan Energi Pada Pemrograman Julia Terhadap Renewable Ninja

Dengan digunakannya 1 panel panel surya dengan type C-si dan kapasitas daya 400 WP, maka dilakukan perhitungan daya pada program Julia. Data perbandingan hasil perhitungan energi per tahun programan Julia terhadap renewable ninja, perbandingan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Perbandingan Hasil Perhitungan Energi Pada Julia Terhadap Renewable Ninja

Tahun	Energi pertahun julia (Kwh)	Energi per tahun renewable ninja (Kwh)
2016	1.378,8	925,9
2017	1.490,5	996,7
2018	1.478,7	994,5
2019	1.667,4	1.117,8
2020	1.533,0	1.030,1

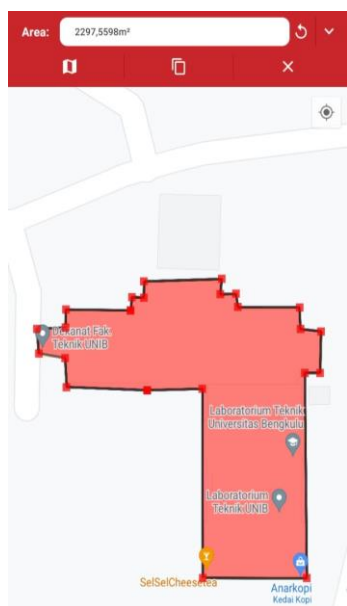
Berdasarkan tabel yang terlihat pada Tabel 2 menunjukkan perbandingan nilai energi per tahun berdasarkan perhitungan program Julia terhadap nilai yang terdapat pada data renewable ninja. Berdasarkan data yang diperoleh dapat dilihat jika perbedaan nilai antara perhitungan julia terhadap nilai renewable ninja memiliki selisih, hal ini disebabkan karena faktor kapasitas *photovoltaic* yang sangat kecil yaitu kisaran 16-28%. Faktor kapasitas kecil disebabkan oleh faktor cuaca, sudut azimuth matahari, kemiringan panel dan faktor bayangan. Perbandingan faktor kapasitas dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Perbandingan Nilai Daya Sebenarnya Terhadap Nilai Daya Jika Selalu Konstan

Tahun	Nilai daya sebenarnya (Kwh)	Nilai daya jika selalu konstan (Kwh)
2016	1.378,8	42.048
2017	1.490,5	
2018	1.478,7	
2019	1.667,4	
2020	1.533,0	

D. Perbandingan Hasil Perhitungan Energi Per tahun pada program Julia di Fakultas Teknik Universitas Bengkulu

Berdasarkan panel dengan tipe C-Si yang memiliki kapasitas 400 Wp maka dipasang 1 panel surya di setiap permukaan Fakultas Teknik Universitas Bengkulu. Untuk mengukur luas Fakultas Teknik Universitas Bengkulu maka digunakanlah aplikasi *area measurement* yang dapat mengukur dan menghitung langsung luas Fakultas Teknik melalui gambar yang diambil dari satelit. Untuk area yang akan dipasang panel surya yaitu atap gedung dekanat Fakultas Teknik dan atap gedung Laboratorium Fakultas Teknik. Berikut gambar area Fakultas Teknik yang akan dipasang panel surya dapat di lihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Area Pemasangan Panel Surya di Fakultas Teknik Universitas Bengkulu

Berdasarkan Gambar 7 dapat diketahui area di daerah Fakultas Teknik yang akan dipasang panel surya, berdasarkan titik sudut yang telah diarsir pada area fakultas teknik maka luas daerah fakultas teknik telah diukur dan dihitung menggunakan aplikasi *area measurement*, berdasarkan Gambar 7 pada bagian atas gambar telah menunjukan luas area Fakultas Teknik yang telah diarsir. Setelah diketahui luas area Fakultas Teknik yang telah diarsir memiliki luas 2297,5598 m^2 . Dengan menggunakan tipe panel surya C-Si dengan kapasitas 400 wp, maka setelah dihitung daya yang diperoleh sekitar 919.023,92 watt. Sehingga setelah dilakukan perhitungan, data hasil perhitungan energi tahunan program Julia di Fakultas Teknik Universitas Bengkulu dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Data Perbandingan Hasil Perhitungan Energi Tahunan Julia di Fakultas Teknik Universitas Bengkulu

Tahun	Energi per tahun (Kwh)
2016	1.271,556
2017	1.369,845
2018	1.358.999
2019	1.532.383
2020	1.408.876

Berdasarkan data yang terlihat pada Tabel 4 diketahui bahwa terdapat nilai energi dari perhitungan menggunakan julia. Dapat dilihat pada tabel 4.3, pendapatan nilai energi tertinggi terjadi pada tahun 2019 dengan energi 1.369,845 Kwh, dan nilai energi terendah terjadi pada tahun 2016 dengan energi yang di dapatkan yaitu 1.271,556 Kwh. Jika diambil rata-ratanya pendapatan nilai energi per tahun kurang lebih 1.388,331 Kwh per tahun. Data pada Tabel 4.3 menunjukkan bahwa terjadinya perbedaan pendapatan energi per tahun, hal tersebut disebabkan oleh faktor indonesia yang memiliki iklim tropis. selain itu hal ini disebabkan karena faktor kapasitas *photovoltaic* yang sangat kecil yaitu kisaran 16-28%. Curah hujan yang tinggi dan awan yang mendung, sudut azimuth matahari, kemiringan panel dan faktor bayangan, menyebabkan penyerapan energi tidak efisien terhadap panel surya.

E. Perancangan Pemasangan Panel Surya Pada Gedung Fakultas Teknik Universitas Bengkulu

Berdasarkan gedung Fakultas Teknik dengan luas 2297,5598 m^2 , maka dianggap semua atap gedung di pasang panel surya dengan ukuran 1x1 m^2 , dengan panel surya tipe C-Si yang berkapasitas 400 Wp, inverter dengan daya 20 Kw dan rangkaian disusun secara paralel. Untuk perancangan lebih lanjut dapat dilihat pada jurnal [21].

4. Penutup

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan diprogram julia, dengan menggunakan tipe panel C-Si yang memiliki kapasitas 400 watt/ m^2 maka didapatkan nilai daya dan energi per tahun yaitu pada tahun 2016 – 2020 yang berdasarkan MERRA. Setelah di rata-ratakan nilai energi yang diperoleh yaitu 1.271,556 Kwh per tahun. Dari Hasil penelitian pada program julia dapat diketahui bahwa program

julia mengimplementasikan perhitungan energi dengan baik.

B. Saran

1. Untuk mengetahui lebih banyak bervariasi nilai energi yang didapatkan, maka disarankan untuk melakukan peramalan energi dari tahun 1990 an hingga tahun 2020.
2. Hendaknya dilakukan perbandingan variasi tipe panel selain C-si, ctde, CIS dan tipe panel lainnya lagi.
3. Hendaknya dapat ditambahkan perhitungan sudut matahari sehingga hasil yang di dapatkan akan lebih akurat.
4. Untuk mendapatkan nilai irradiansi yang lebih baik, sebaiknya menggunakan tipe panel surya yang dapat mengikuti pergerakan cahaya matahari, sehingga nilai irradiansi yang didapatkan lebih maksimal.

5. Referensi

- [1] IRENA. Installed renewable energy power capacity.2016
- [2] Roscoe A, Ault G. supporting high penetratuions of renewable generation via implementation of real-time electricity pricing and demand response. IET Renew Power Gener 2010;4(4):3624-48.
- [3] Janker KA. Aufbau und bewertung einer fur die energimodellierung verwendbaren datenbasis an zeitreihen erneuerbarer erzeugung und sonstiger daten. PhD thesis. Munchen:Technische Universitat munchen;2015.
- [4] Rienecker MM, Suarez MJ, Gelaro R, Todling R, Bacmeister J, Liu E, et al. MERRA: NASA's modern-era retrospective analysis for research and applications. J Clim 2011;24(14):3624e48.
- [5] Dee DP, Uppala SM, Simmons AJ, Berrisford P, Poli P, Kobayashi S, et al. The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. Q J R Meteorol Soc 2011;137(656):553e97.
- [6] S. Radiation, "remote sensing," pp. 8067–8101, 2015
- [7] Müller R, Pfeifroth U, Trager-Chatterjee C, Trentmann J, Cremer R. "Digging the METEOSAT treasured 3 decades of solar surface radiation". Remote Sens 2015.
- [8] D. L. Pangestuningtyas, "Analisis Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya Terhadap Radiasi Matahari Yang Diterima Oleh Panel Surya Tipe Larik Tetap Metode," pp. 0–7.
- [9] Thomas H, Ralph G, Hans G, Marko T "Mapping the performance of PV modules, effects of module type and data averaging" *Sol. Energy*, vol. 84, no. 2, pp. 324–338, 2010, doi: 10.1016/j.solener.2009.12.002.
- [10] Müller R, Pfeifroth U, Trager-Chatterjee C, Cremer R, Trentmann J, Hollmann R. "Surface solar radiation data set - heliosat (SARAH)". first ed. 2015
- [11] Setyo B, Iwan "Detektor Sudut Azimuth Arah Kedatangan Sinyal Berbasis Kompas Digital" PP 33. 2020
- [12] Martin, N., Ruiz, J.M., 2001. Calculation of the PV modules angular losses under field conditions by means of an analytical model. *Solar Energy Materials & Solar Cells* 70, 25–38.
- [13] Gottschalg, R., Betts, T.R., Infield, D.G., Kearney, M.J., 2004. On the Importance of considering the incident spectrum when measuring the outdoor performance of amorphous silicon photovoltaic devices. *Measurement Science and Technology* 15 (2), 460–466.
- [14] Gottschalg, R., Betts, T.R., Infield, D.G., Kearney, M.J., 2005. The effect of spectral variations on the performance parameters of single and double junction amorphous silicon solar cells. *Solar Energy Materials and Solar Cells* 85, 415–428.
- [15] Gottschalg, R., Betts, T.R., Williams, S.R., Sauter, D., Infield, D.G., Kearney, M.J., 2004. A critical appraisal of the factors affecting energy production from amorphous silicon photovoltaic arrays in a maritime climate. *Solar Energy* 77, 909–916.
- [16] del Cueto, J., von Roedern, B., 1999. Temperature-induced changes in the performance of amorphous silicon multi-junction modules in controlled slight-soaking. *Progress in Photovoltaics* 7, 101–112.
- [17] Hammer, A. Heinemann, D., Westerhellweg, 1998. Derivation of daylight and solar irradiance data from satellite observations. In: *Proceedings of the 9th Conference on Satellite Meteorology and Oceanography*, Paris, France.
- [18] Suri, M., Hofierka, J., 2004. A new GIS-based solar radiation model and its application to photovoltaic assessments. *Transactions in GIS* 8, 175–190.
- [19] Suri, M., Huld, T.A., Dunlop, E.D., 2005. PV-GIS: a web based solar radiation database for the calculation of PV potential in Europe. *International Journal of Sustainable Energy* 24 (2), 55–67.
- [20] Stefan Pfenninger, Iain Staffell, "Long-term patterns of European PV output using 30 years of validated hourly reanalysis and satellite data" 2016.

- [21] S.G. Ramadhan, Ch. Rangkuti, “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Atap Gedung Harry Hartanto Universitas Trisakti”2016.