

Analisis Kinerja Sistem PV dalam Mendukung Proses Pengeringan pada Solar Dryer

1st Rico Arkannida
Program Studi Teknik Fisika, Fakultas
Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
ricoarkannida@student.telkomuniversit
y.ac.id

2nd M. Xavier Ikhwanov
Program Studi Teknik Fisika, Fakultas
Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
xavieriknv@student.telkomuniversit
y.ac.id

3rd Ryan Yosafat Limbong
Program Studi Teknik Fisika, Fakultas
Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
ryanyosafat@student.telkomuniversit
y.ac.id

Abstrak — Pengeringan merupakan tahap krusial dalam pengolahan biji kopi karena mempengaruhi mutu fisik, rasa, dan aroma akhir. Di Indonesia, metode tradisional dengan penjemuran sinar matahari masih dominan digunakan, namun sering terkendala cuaca, khususnya pada musim hujan, sehingga memperlambat proses dan menurunkan kualitas hasil panen. Untuk mengatasi kendala tersebut, penelitian ini mengembangkan prototipe mesin pengering biji kopi bertenaga surya dengan ruang pengering tertutup yang dirancang untuk menangkap panas matahari secara maksimal. Panel surya digunakan untuk menggerakkan kipas sirkulasi udara, sehingga distribusi panas lebih merata di seluruh ruang pengering. Sistem ini memungkinkan proses pengeringan berjalan lebih cepat dan stabil, bahkan saat kondisi cuaca kurang mendukung. Hasil uji coba menunjukkan waktu pengeringan lebih singkat dibandingkan metode tradisional, dan efisiensi pengeringan konsisten lebih tinggi yaitu berada di angka yang tertinggi 89,99% dan terendah 41,06% dibanding dengan metode tradisional yang tertinggi 60,64% dan yang terendah 39,11%. Desain tertutup juga meminimalkan kehilangan panas, mengoptimalkan efisiensi energi, dan mengurangi biaya operasional karena memanfaatkan energi terbarukan. Prototipe ini berpotensi dikembangkan menjadi unit berskala lebih besar atau portabel, sehingga menjadi solusi efisien, ekonomis, dan ramah lingkungan bagi petani kopi di daerah tropis.

Kata kunci— PV System, Panel Surya, Solar Dryer, Biji Kopi

I. PENDAHULUAN

Semakin hari kian banyak bisnis kedai kopi/*coffee shop* yang hadir pada era kini. Untuk itu dibutuhkan biji kopi yang berkualitas tinggi. Maka dari itu pengering biji kopi diperlukan untuk meningkatkan kualitas dari biji kopi tersebut, pengering merupakan salah satu faktor penting dari pengolahan biji kopi. Dalam hal aspek pengeringan kopi, sangat berpengaruh terhadap kualitas dan mutu biji kopi. Proses pengeringan biji kopi tidak hanya berpengaruh terhadap bentuk fisik biji kopi tersebut, namun juga harus melihat dari tingkat kadar air untuk menciptakan kualitas cita rasa dan aroma dari biji kopi yang telah dikeringkan. (Dwi Santoso, Saat Egra. *Pengaruh Metode Pengeringan Terhadap Karakteristik dan Sifat Organoleptik Biji Kopi*

Arabika (Coffea arabica) dan Biji Kopi Robusta (Coffea canephora, 2020).

Dalam proses pengeringan biji kopi dengan cara yang dilakukan oleh para petani secara tradisional, seperti menjemur menggunakan alas secara langsung di bawah sinar matahari. Hal tersebut akan berdampak pada biji kopi menjadi menurun kualitas yang dihasilkan, serta dapat menimbulkan serangan jamur yang bernama *Aspergillus ocracheus*. Munculnya jamur selain dapat menyebabkan toksisitas pada biji kopi, namun akan menyebabkan penurunan tingkat cita rasa yang dihasilkan dari biji kopi.

Teknik pengeringan yang digunakan pada kasus ini dengan menggunakan metode *Solar dryer*. Dalam metode ini, proses pengeringan dibantu dengan panas matahari dan menggunakan panel surya yang dapat menyimpan listrik dari energi matahari. Energi tersebut kemudian disimpan pada sebuah *accumulator* atau aki sebagai sumber daya untuk menggerakkan kipas atau *exhaust* yang membantu proses pengeringan biji kopi. Tujuan utama dari metode ini adalah untuk meningkatkan efisiensi pengeringan dan menghitung kadar air biji kopi yang telah dikeringkan. Kadar air biji kopi yang ideal harus dicapai untuk memastikan kualitas aroma dan cita rasa biji kopi, serta mengurangi risiko kontaminasi jamur dikarenakan adanya ruang pengering yang tertutup (Agustina, 2023). “Karakteristik Pengeringan Biji Kopi dengan Pengering Tipe Bak dengan Sumber Panas Tungku Sekam Kopi dan Kolektor Surya”.

II. KAJIAN TEORI

Panel surya/*Solar PV* merupakan teknologi yang terbuat dari bahan semikonduktor, bahan yang di maksud seperti silikon. Teknologi panel surya dapat dimanfaatkan untuk mengubah energi matahari (foton) menjadi energi listrik melalui efek fotovoltaik. Dengan prinsip kerja panel surya “foton” yang merupakan sebuah partikel matahari mengenai permukaan atom semikonduktor sel surya akan menimbulkan energi yang besar untuk memisahkan elektronnya. Pada umumnya proses tersebut menciptakan aliran listrik arus searah (*Direct Current*) atau dapat diubah menjadi aliran listrik arus bolak balik (*Alternating Current*) untuk keperluan bagian kelistrikan yang ada di rumah-rumah. Energi listrik

yang dihasilkan oleh panel surya secara konsisten selama ada paparan sinar matahari.

Pengintegrasian sistem PV (*Photovoltaic*) pada alat mesin pengering bertujuan untuk memasok daya PV dengan kebutuhan energi dalam proses pengeringan serta menghidupkan beberapa komponen pendukung pada alat mesin pengering *solar dryer* seperti baterai (*accumulator*), *Solar Charge Controller/SCC*, kipas, dan sensor suhu (DHT22). Energi listrik yang diperoleh akan dimanfaatkan untuk mendukung proses keberlangsungan pengeringan pada biji kopi pada alat mesin *solar dryer*. Energi panas yang berasal dari matahari kemudian masuk ke dalam ruang pengering membuat suhu terperangkap dan dibantu oleh kipas yang berperan sebagai sirkulasi udara sekaligus untuk proses penguapan kadar air yang ada pada biji kopi.

Penggunaan panel surya juga berkaitan dengan adanya insolasi matahari, di mana jumlah energi radiasi matahari yang diterima oleh suatu permukaan bumi selama periode waktu tertentu. Insolasi matahari memiliki nilai Watt/m^2 yang kemudian dikonversi untuk menyatakan jumlah total energi yang diterima dalam selang waktu tertentu dalam proses pengukuran, maka nilai tersebut dinyatakan dalam *Watt-hour* (Wh) atau tergantung besaran *kilowatt-hour* (kWh) per satuan luas (kWh/m^2). Dengan demikian, matahari memasok permukaan bumi dengan jumlah sebesar energi /rata-rata insolasi harian sebesar ($\sim 6 \text{ kWh/m}^2 = 21,6 \text{ MJ/m}^2$) (Antonio, 2022).

Pada sistem PV juga meliputi beberapa parameter seperti kapasitas panel surya, kapasitas baterai untuk kebutuhan energi, efisiensi panel surya, dan penggunaan *controller* untuk mengatur laju aliran masuk/keluar untuk mencegah kerusakan pada baterai maupun panel surya. Berikut bagian-bagian dari komponen sistem PV/ Pembangkit Listrik Tenaga Surya:

A. Panel Surya

Panel surya adalah komponen/alat utama yang berperan sebagai penghasil energi dan daya listrik yang dihasilkan oleh energi cahaya melalui efek *photovoltaic* dan mengubahnya menjadi aliran listrik DC. Sel surya memiliki beberapa jenis seperti *polycrystalline*, *monocrystalline*, dan lain-lain. Perbedaan dari kedua jenis tersebut yang sering dijumpai di sekitar kita terdapat di struktur silikonnya yang mempengaruhi nilai efisiensi, warna, dan biaya. Dengan nilai besarnya energi listrik bergantung pada jumlah banyaknya intensitas cahaya/radiasi matahari yang mengenai permukaan panel tersebut.

Umumnya jika digunakan pada keperluan kelistrikan di rumah-rumah memerlukan sebuah komponen tambahan berupa *inverter* sebagai pengubah aliran listrik DC menjadi AC untuk keperluan barang-barang elektronik seperti lampu, televisi, dan lain-lain.

B. Wattmeter

Wattmeter merupakan alat ukur digital yang digunakan untuk mengukur daya listrik yang dapat diukur dalam satuan watt (W) serta untuk mengetahui seberapa banyak daya yang dikonsumsi oleh suatu rangkaian listrik/beban. Secara tampilan yang ada pada wattmeter terdiri dari: tegangan (V), arus, daya (W), dan energi konsumsi (*Watt-hour*) secara *real-time*. Dalam sistem PV pada mesin pengering *solar dryer* menggunakan dua buah wattmeter

C. Solar Charge Controller

Solar Charge Controller adalah perangkat penting dalam sistem panel surya/*PV system* yang berfungsi untuk mengontrol muatan listrik yang dihasilkan oleh PV guna mengatur aliran listrik dari panel surya ke baterai maupun dari baterai ke beban (*load*) guna mencegah pengisian daya berlebih (*over-charging*) dan pengosongan daya berlebih (*over-discharge*) yang dapat membuat baterai menjadi rusak. Prinsip kerja dari *Solar Charge Controller* yaitu jika suatu panel menghasilkan listrik, maka arus listrik yang dihasilkan melalui *Solar Charge Controller* itu sendiri untuk dilakukan pengaturan arus dan diarahkan ke baterai.

Dengan beberapa jenis *Solar Charge Controller* yang dimiliki seperti PWM (*Pulse Width Modulation*) SCC, MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) SCC, dan *Hybrid SCC*. Untuk penggunaan *Solar Charge Controller* pada sebuah alat mesin pengering yaitu dengan menggunakan jenis PWM SCC.

D. Baterai (*Accumulator*)

Baterai merupakan komponen dari bagian *system PV* yang berfungsi untuk menyimpan energi listrik dari panel surya guna menghidupkan beban yang ada pada sistem. Penggunaan kapasitas baterai (*accumulator*) yang tepat dapat membantu keberlangsungan proses pengeringan pada sistem *solar dryer* dan dapat membuat kipas bekerja pada saat cuaca mendung dan nilai *irradiance* yang minim.

E. Kipas

Kipas merupakan bagian komponen yang penting dalam proses pengeringan ketika alat sedang berjalan yang berfungsi sebagai sirkulasi udara yang ada pada ruang pengering dan membantu dalam proses pengurangan kadar air pada biji kopi. Kipas yang terdapat dalam sistem *solar dryer* menggunakan dua buah kipas yang ditempatkan di sisi kanan maupun sisi kiri ruang pengeringan (*drying chamber*) dengan spesifikasi kipas yaitu 12V 0.25A.

III. METODE

Rancangan pada sistem PV dalam mesin pengering *solar dryer* menggunakan metode penelitian dan studi literatur, Penelitian yang dimaksud yaitu melakukan proses pengambilan data pada sistem PV selama 10 hari dengan rentang waktu pengambilan dimulai pukul 10.00 hingga 16.00 WIB. Pada alat mesin pengering *solar dryer* terdapat dua bagian, yaitu material dan kelistrikan (*electrical*). Sistem PV termasuk ke dalam bagian *electrical*, dengan peran yang penting dalam mendukung proses pengeringan selama waktu operasional 12 Jam. Untuk mencukupi kebutuhan operasional alat mesin pengering tersebut perlu membuat perancangan sebuah sistem PV untuk memenuhi pasokan daya agar dapat berjalannya proses sistem pada alat pengering *solar dryer*. Dengan gambaran rancangan wiring sistem *electrical* dan fungsi setiap komponennya sebagai berikut:



GAMBAR 1
(A)

Sistem *solar dryer* dapat bekerja secara maksimal dengan waktu penyinaran matahari ke bumi dengan ukuran intensitas radiasi matahari yang setara dengan 1000W/m². Menurut data dari GHI waktu penyinaran maksimal/*Peak Sun Hours* (PSH) yang ada di wilayah Bojongsoang selama kurun waktu 5 jam. Sistem PV juga berperan untuk membuat keseluruhan perangkat dapat bekerja secara bersamaan untuk menghasilkan dan menyalurkan energi listrik ke semua komponen beban agar sistem utama dapat berjalan dengan optimal. Berikut komponen beban yang ada pada sistem *solar dryer*:

TABEL 1
(A)

Komponen	Jumlah	Daya (W)	Durasi (jam)	Konsumsi energi (Wh)
Kipas	2	6 W	12 jam	72 Wh
ESP32	1	~0.75 W	12 jam	9 Wh
Sensor DHT22	2	~0.25 W	12 jam	3 Wh
Total				84 Wh

Komponen beban pada sistem *solar dryer* memerlukan total konsumsi energi selama 12 jam waktu operasional sebanyak 84 Wh. Sehingga daya (*P*) dalam penggunaan panel surya yang tepat untuk sistem *solar dryer* menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P_{\text{Panel}} = \frac{\text{Energi Harian}}{\text{Peak Sun Hours}} \quad (1)$$

Pemasangan panel surya yang dipakai pada sistem *solar dryer* agar dapat menyerap energi matahari secara optimal perlu dilakukan sudut kemiringan (*tilt angle*) pada panel surya. Menurut Jacobs (2018) persamaan untuk menentukan kemiringan panel surya sebagai berikut:

$$\beta = a + \varphi(b + \varphi(c + \varphi \times d)) \quad (2)$$

Selanjutnya, untuk menentukan kapasitas baterai (*accumulator*) agar dapat berjalan sesuai dengan waktu operasional *solar dryer* menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Kapasitas Baterai} = \frac{AD \times \text{Energi Konsumsi}}{\text{Depth of Discharge (DoD)}} \quad (3)$$

Dengan *Astronomical Day* (AD) merupakan jumlah hari sistem pada tenaga surya atau sistem listrik cadangan yang dapat beroperasi sendiri (*independen*) tanpa pasokan energi eksternal dengan nilai 1 menandakan bahwa sistem dirancang dengan satu hari otonom, artinya baterai harus menyimpan cukup energi untuk mengoperasikan beban selama sehari penuh. *Depth of Discharge* (DoD) juga berpengaruh dalam pemeliharaan kapasitas baterai, untuk baterai yang dipakai memiliki *Depth of Discharge* sebesar 80% untuk tipe baterai kering/*Absorbent Glass Mat* (AGM).

Untuk menentukan sebuah kinerja sistem PV dapat dilihat melalui seberapa besar nilai efisiensi yang dihasilkan oleh panel surya dalam menyerap foton dan mengubahnya menjadi energi listrik dan dibandingkan dengan nilai efisiensi sesuai dengan spesifikasi fabrikasi yang telah dibuat, persamaan untuk menentukan nilai efisiensi pada sebuah panel surya dapat dilihat di bawah ini.

$$\text{Efisiensi Panel} = \frac{E_{\text{output}}}{E_{\text{input}}} \times 100\% \quad (4)$$

Untuk (*E output*) merupakan energi yang dihasilkan oleh panel surya (Wh), sedangkan untuk (*E input*) energi matahari yang diterima oleh panel dari hasil perkalian antara nilai insolasi harian (W/m²) dengan luas permukaan panel tersebut.

Memberikan gambaran rancangan penelitian yang meliputi prosedur atau langkah-langkah penelitian, waktu penelitian, sumber data, cara perolehan data dan menjelaskan metode yang akan digunakan dalam penelitian [10 pts].

A. Singkatan dan Akronim

Definisikan singkatan dan akronim saat pertama kali digunakan dalam teks, bahkan setelah didefinisikan dalam abstrak. Jangan menggunakan singkatan dalam judul kecuali jika tidak dapat dihindari.

B. Persamaan

Penomoran untuk persamaan disusun berurutan. Nomor persamaan di dalam tanda kurung, harus memosisikan rata ke kanan dengan menggunakan penghentian tab kanan.

$$N = \frac{\text{Loss}_{\text{actual}} - \text{Loss}_{\text{acceptable}}}{G_{\text{EDFA}}} \quad (1)$$

Perhatikan bahwa persamaan dipusatkan menggunakan penghentian tab tengah. Pastikan bahwa simbol dalam persamaan Anda telah ditentukan sebelum atau segera setelah persamaan. Gunakan "(1)", bukan "Persamaan. (1)" atau "persamaan (1)", kecuali di awal kalimat: "Persamaan (1) adalah ..."

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

PV System pada sebuah mesin pengering digunakan untuk menghasilkan energi listrik dari konversi energi sinar matahari menjadi listrik yang kemudian digunakan memenuhi (*supply*) segala kebutuhan sistem mulai dari pengisian daya pada baterai (*accumulator*) sampai memenuhi (*supply*) daya untuk kebutuhan beban seperti mikrokontroler dan kipas. Persamaan (1) menunjukkan pengimplementasian pada panel surya untuk menghasilkan sebuah energi listrik agar dapat membuat komponen pendukung dapat bekerja secara independen, dengan hasil perhitungan untuk penggunaan panel surya sebagai berikut:

$$P_{\text{Panel}} = \frac{85 \text{ Wh}}{5 \text{ hours}} \approx 17 \text{ Watt}$$

Karena nilai untuk penggunaan panel surya yang digunakan pada alat mesin pengering *solar dryer* sebesar 17 Wp tidak ada di pasaran, sehingga kami memakai yang nilainya mendekati dari daya panel tersebut yaitu 20 Wp yang memiliki dimensi 535 × 345 × 25 mm atau luas sebesar

0,1846 m². *Peak Sun Hour* merupakan periode waktu ketika matahari menyinari bumi dengan intensitas maksimum, untuk *Peak Sun Hour* (PSH) di daerah Bojongsoang sebesar 5 jam dengan nilai yang didapatkan dari sumber *Global Horizontal Irradiance* (GHI) dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{PSH Bojongsoang} = \frac{\text{GHI} \left(\frac{\text{Kwh}}{\text{m}^2}\right)/\text{hari}}{1 \frac{\text{KWh}}{\text{jam}}}$$

$$\text{PSH Bojongsoang} = \frac{5.091 \left(\frac{\text{Kwh}}{\text{m}^2}\right)/\text{hari}}{1 \frac{\text{KWh}}{\text{jam}}}$$

$$\text{PSH Bojongsoang} = 5.091 \approx 5 \text{ jam/hari}$$

Dengan lama waktu penyinaran matahari ke bumi untuk daerah Bojongsoang dimulai dari jam 10.00 WIB hingga jam 16.00 WIB berguna untuk mendukung proses alat *solar dryer* serta membantu dalam proses sistem PV agar bekerja secara optimal.

Agar panel surya dapat bekerja secara optimal dan mendapatkan nilai efisiensi, maka kemiringan sudut (*tilt angle*) pada permukaan panel surya juga mempengaruhinya. Persamaan (2) merupakan sudut kemiringan pada panel surya bertujuan untuk mendapatkan nilai insolasi yang optimal agar radiasi/intensitas matahari yang masuk pada permukaan panel surya dapat merata pada permukaan panel tersebut. Secara rinci, $a = -0.41657$, $b = 1.4216$, $c = 0.024051$, dan $d = 0.00021828$ merupakan konstanta hasil studi optimasi sudut kemiringan panel surya oleh Jacobson (2018) dan juga dijelaskan dalam literatur teknis seperti *Duffie & Beckman* (2013). Nilai ϕ (phi) = -7° merupakan *latitude* lokasi penelitian yang diambil berdasarkan koordinat geografis (lintang) tempat pengujian sistem *solar dryer*. Tanda negatif menunjukkan lokasi berada di selatan garis khatulistiwa. Perhitungan ini merupakan penerapan persamaan empiris Jacobson dengan mengganti nilai ϕ sesuai koordinat lokasi, dan menggunakan nilai konstanta a, b, c, d dari hasil penelitian tersebut.

Dengan hasil nilai untuk menentukan sudut kemiringan panel tersebut sebesar $\beta \approx -9.26^\circ$. Posisi panel surya yang dipakai pada sistem *solar dryer* berdasarkan perhitungan rumus yang dihasilkan, penulis melakukan pembulatan pada kemiringan panel surya untuk drainase air hujan agar dapat turun. Maka *optimal title angle* untuk sistem *solar dryer* sebesar $\pm 10^\circ$ menghadap ke utara.

Persamaan (3) merupakan total baterai yang dibutuhkan untuk dapat menyimpan energi dan menyalurkan listrik ke komponen pendukung lainnya, hasil perhitungan untuk menentukan kapasitas baterai yang digunakan dapat dilihat di bawah ini.

$$\text{Kapasitas Baterai} = \frac{1 \times 84 \text{ Wh}}{0,8} = 105 \text{ Wh}$$

Nlai kapasitas baterai menghasilkan nilai sebesar 105 Wh guna mendukung keberlangsungan sistem secara menyeluruh. Untuk tipe baterai yang ada di pasaran di 12V 7Ah. Kapasitas baterai yang dipilih oleh penulis berdasarkan kebutuhan energi harian dari beban seperti kipas, sensor, dll. Hal tersebut penulis juga mempertimbangkan dari operasional sistem *solar dryer* selama 12 jam. Hasil dari pemilihan kapasitas baterai sebesar 7 Ah, namun nilai yang dihasilkan dengan kapasitas tersebut dinilai belum bisa mencukupi untuk mendukung operasional sistem secara keseluruhan, akan tetapi baterai memiliki sebuah ketahanan yang hanya boleh digunakan 70-80%.

Jika menggunakan kapasitas baterai yang memiliki arus sebesar 7 Ah tidak dapat menyuplai selama 12 jam waktu operasional, maka dari itu penulis memilih tipe baterai yang memiliki 12V 18Ah karena dapat menyuplai selama 12 jam waktu operasional.

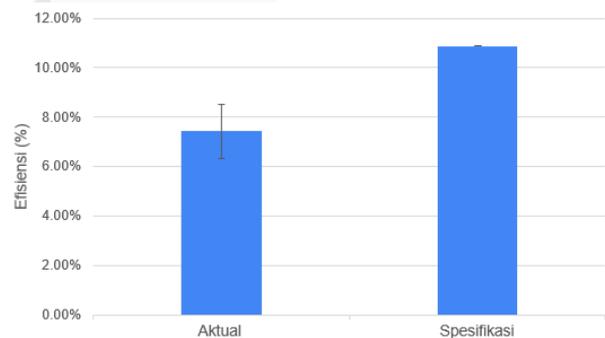
Energi yang dihasilkan oleh baterai (Wh) yang dipilih oleh penulis memiliki energi harian sebesar 216 Wh dengan kondisi panel surya tidak dapat menghasilkan daya lagi karena kondisi yang minim intensitas cahaya seperti pada saat sore hingga malam hari.

Selanjutnya masuk ke dalam tahap akhir, yaitu menentukan nilai efisiensi pada panel surya yang digunakan selama waktu pengambilan data dilakukan selama 10 hari, untuk detail data diperoleh sebagai berikut:

TABEL 2
(B)

Experiment	Inso tilted (Wh/m2)	Sol_en tilted (Wh)	Energy_prod (wh)	Efficiency Actual
26 Juli	1588.5	293.2	18.82	6.42%
27 Juli	1708.5	315.35	28.9	9.16%
15 Juli	1813.5	334.73	25.9	7.74%
14 Juli	2144	395.73	32.7	8.26%
21 Juli	2268.5	418.71	25.1	5.99%
25 Juli	2291	422.86	23.5	5.55%
13 Juli	2368.5	437.17	30.6	7.00%
22 Juli	3222.5	594.79	46.5	7.82%
16 Juli	3443.5	635.58	51.3	8.07%
12 Juli	3466.5	639.83	53.1	8.30%

Berdasarkan tabel di atas merupakan hasil pengambilan data pada panel surya yang dilakukan selama 10 hari, dari data yang diperoleh rata-rata nilai efisiensi pada panel surya sebesar 7.43%. Selanjutnya untuk mengetahui seberapa besar nilai efisiensi yang dapat digunakan pada panel surya dengan membandingkannya pada spesifikasi fabrikasi.



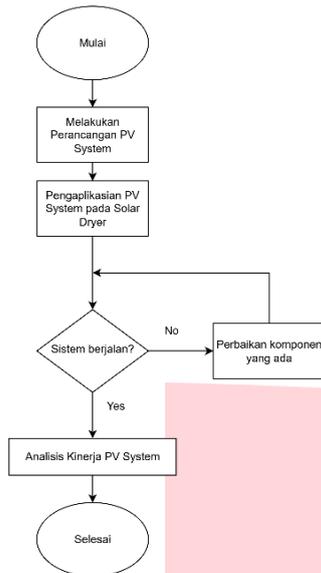
GAMBAR 2
(B)

Untuk nilai efisiensi pada spesifikasi dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi} = \frac{20 \text{ W}}{1000 \text{ W/m}^2 \times 0.184 \text{ m}^2} \times 100\% \approx 10.87\%$$

Sebuah nilai efisiensi pada spesifikasi berada di 10.87% yang berarti kami dapat memanfaatkan efisiensi panel sebesar 7.43% dengan standar deviasinya di 1.091%.

Dengan alur pengambilan untuk menganalisis kinerja *PV System*, dibuat menggunakan diagram alir/flowchart berikut:



GAMBAR 3
(C)

V. KESIMPULAN

Kesimpulan pada analisis *PV System* yang ada di alat mesin pengering *solar dryer* dapat berjalan dengan sendiri (independen) yang membuat proses pengeringan pada biji kopi bekerja secara optimal yang didukung oleh beberapa komponen tambahan seperti kipas dan juga sensor suhu untuk mengetahui seberapa besar suhu yang ada di ruang pengeringan tersebut. Sistem dibuat bertujuan utama yaitu untuk mempercepat laju proses pengeringan pada *solar dryer* dan dibandingkan dengan tradisional, perbandingan tersebut

mengetahui seberapa besar nilai efisiensi yang diberikan pada alat mesin *solar dryer* yang kami bikin. Nilai efisiensi pada panel juga menjadi salah satu faktor penting dalam proses pengeringan biji kopi pada sistem *solar dryer*.

REFERENSI

- [1] T. A. Ajiwiguna and A. Qurthobi, "Techno-economic analysis of stand-alone PV system: a case study of public street lighting for remote area in Indonesia," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 700, p. 012013, 2021.
- [2] Dahliyah, Samsurizal, N. Pasra, "Efisiensi Panel Surya Kapasitas 100 Wp Akibat Pengaruh Suhu Dan Kecepatan Angin," **Jurnal Ilmiah SUTET**, vol. 11, no. 2, pp. 73-77, Des. 2021. [Juli. 10, 2025].
- [3] M. Z. Jacobson and A. Jadhav, "World estimates of PV optimal tilt angles and ratios of sunlight incident upon tilted and tracked PV panels relative to horizontal," *Solar Energy*, vol. 169, pp. 55–66, Aug. 2018
- [4] J. E. Siswanto and E. Rahayu, "Analisa Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Daya Keluar Dan Efisiensi Pada Panel Surya," *Jurnal Inovator*, Available: <http://www.ojs.politeknikjambi.ac.id/index/inovator>. [Agt. 17, 2025].
- [5] A. R. Zanatta, "The Shockley–Queisser limit and the conversion efficiency of silicon-based solar cells," *Results in Optics*, vol. 9, p. 100320, 2022. Available: <https://www.sciencedirect.com/journal/results-in-optics>. [Agt. 15, 2025].