

Analisis Keefektifitasan Sistem Panel Surya Dalam Kelistrikan Menggunakan Metode Fmea pada Mesin Pembakar Sampah Tanpa Asap

Reza Tri Afriadi¹ Viktor Naubnome² Kardiman³

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang,
Kabupaten Karawang, Provinsi Jawa Barat, Indonesia^{1,2,3}

Email: rezaafriadi02@gmail.com¹

Abstrak

Penelitian ini telah dilaksanakan tentang analisis keefektifitasan system panel surya dalam kelistrikan menggunakan metode FMEA pada mesin pembakar sampah tanpa asap. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui masalah dan sebab yang terjadi dalam kegagalan kelistrikan panel surya pada mesin pembakar sampah tanpa asap, penelitian ini juga bertujuan untuk mengimplementasikan dan mengetahui seberapa efektif metode Failure Mode And Effect Analys (FMEA) dalam mengurangi risiko kegagalan daya listrik dalam sistem panel surya pada mesin pembakar sampah tanpa asap.. Pada penelitian ini juga menganalisa pengaruh kerusakan dan pengolahan data menggunakan metode FMEA Untuk mengetahui intensitas radiasi matahari dalam pengukuran menggunakan luxmeter. Dilakukan pengukuran suhu pada panel surya dengan menggunakan termogun, untuk pengukuran tegangan dan arus menggunakan multimeter digital, sedangkan untuk pengukuran intensitas cahaya matahari menggunakan luxmeter. Hasil pengujian suhu pada cuaca cerah yaitu 39,3^oC pada jam 9:07, 42,4^oC pada jam 12:07, 34,9^oC pada jam 15:07 sedangkan pada cuaca berawan yaitu 38,5^oC pada jam 09:07, 40,3^oC pada jam 12:07, 36,9^oC pada jam 15:07. Daya listrik sangat berbeda pada pengambilan data di kondisi cerah dan dikondisi berawan oleh karena itu pada penelitian ini akan diuji perbedaan setelah dan sebelum dikipas agar dapat memudahkan untuk mengetahui keefektifitasan hasil daya listrik yang dihasilkan. Kenaikan suhu pada permukaan panel surya sangat berpengaruh pada tegangan dan arus keluaran dari panel surya yang berdampak pada daya keluaran dari panel surya tersebut. temperatur mulai dari jam 09:07 sampai jam 15:07 dapat mengakibatkan penurunan daya yang dihasilkan panel surya, namun pada saat yang sama permukaan panel surya di dinginkan dengan menggunakan kipas angin selama 5 menit maka secara langsung daya yang dihasilkan panel surya mengalami peningkatan tertinggi pada jam 11:00 dengan peningkatan daya sebesar 3.53 watt. Sesuai dengan alur diagram pembuatan FMEA untuk sistem, maka dilakukan pengumpulan beberapa jenis kerusakan atau kegagalan yang sering terjadi pada sistem panel surya berdasarkan dari beberapa penelitian. Informasi mengenai tingkat keparahan (severity), banyaknya kejadian (occurance) dan bagaimana suatu metode dapat mendeteksi kesalahan (detection) pada sistem pembangkit listrik tenaga surya didapatkan dari beberapa literatur penelitian sebelumnya dan diskusi dengan praktisi PLTS. Nilai S, D, O kemudian dikalikan untuk mendapatkan hasil Risk Priority Number (RPN) yang menunjukkan kegagalan apa yang mempunyai RPN besar. Dari pemetaan tersebut kita dapat mengambil tindakan selanjutnya untuk mengatasi kegagalan pada sistem panel surya. Dari hasil analisis pengujian FMEA sangat berguna dalam mengetahui kekurangan atau penyebab terjadinya kegagalan dalam hasil listrik yang dihasilkan, pada alat ini terjadi kerusakan penggunaan ataupun kerusakan alat atau faktor ruangan yang dapat mengganggu proses terjadinya ketidak efektifitasnya panel surya yang menghasilkan listrik pada alat pembakar sampah tanpa asap ini.

Kata Kunci: Daya Listrik, FMEA, Mesin Pembakar Sampah Tanpa Asap, Panel Surya

Abstract

This research has been carried out on the analysis of the effectiveness of solar panel systems in electricity using the FMEA method on smokeless waste burning machines. This research aims to determine the problems and causes that occur in the electrical failure of solar panels in smokeless waste burning machines. This research also aims to implement and find out how effective the Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) method is in reducing the risk of electrical power failure in the panel system. solar energy on smokeless waste burning machines. This research also analyzes the effect of damage and data

processing using the FMEA method to determine the intensity of solar radiation in measurements using a luxmeter. Temperature measurements were carried out on the solar panels using a thermogun, for voltage and current measurements using a digital multimeter, while for measuring the intensity of sunlight using a luxmeter. The temperature test results in sunny weather were 39.3oC at 9:07, 42.4oC at 12:07, 34.9oC at 15:07 while in cloudy weather it was 38.5oC at 09:07, 40.3oC at 12:07, 36.9oC at 15:07. Electrical power is very different when collecting data in sunny conditions and cloudy conditions, therefore in this study the differences will be tested after and before fanning so that it can be easier to determine the effectiveness of the electrical power produced. The increase in temperature on the surface of the solar panel greatly influences the output voltage and current of the solar panel which has an impact on the output power of the solar panel. Temperatures from 09:07 to 15:07 can result in a decrease in the power produced by the solar panel, but at the same time, the surface of the solar panel is cooled using a fan for 5 minutes, then the power produced by the solar panel directly experiences the highest increase at 11:00 with an increase in power of 3.53 watts. In accordance with the flow diagram for making FMEA for the system, several types of damage or failure that often occur in solar panel systems are collected based on several studies. Information regarding the severity level, number of occurrences and how a method can detect errors in solar power generation systems was obtained from several previous research literature and discussions with PLTS practitioners. The S, D, O values are then multiplied to get the Risk Priority Number (RPN) results which indicate which failures have a large RPN. From this mapping we can take further action to overcome failures in the solar panel system. From the results of the FMEA test analysis, it is very useful in finding out deficiencies or causes of failure in the electricity produced, in this tool there is damage to use or damage to the tool or room factors which can interfere with the process of ineffectiveness of the solar panels that produce electricity in smokeless waste burners. This.

Keywords: Electric Power, FMEA, Smokeless Waste Burning Machine, Solar Panels



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

PENDAHULUAN

Permasalahan utama dari penggunaan panel surya adalah daya keluaran yang dihasilkan oleh panel surya bergantung pada intensitas cahaya yang mampu ditangkap oleh panel surya. Besar intensitas cahaya yang ditangkap oleh panel surya berbanding lurus dengan daya keluaran yang dihasilkan. Dengan kata lain semakin besar intensitas radiasi yang ditangkap oleh panel surya maka semakin besar daya keluaran yang mampu dihasilkan oleh panel surya. Pemasangan panel surya yang tidak tepat akan mengakibatkan kurangnya intensitas radiasi yang ditangkap sehingga panel surya menghasilkan daya keluaran yang tidak maksimal (Hari, dkk: 2018)

Problem utama pemanfaatan energi surya adalah pada waktu siang dan malam terjadi secara bergantian, sehingga perolehan energi surya tidak maksimal. Meskipun demikian memanfaatkan energi surya secara langsung maupun tak langsung dengan bantuan alat yang dapat mengkonversi energi surya menjadi energi listrik. Matahari memancarkan energi dalam bentuk radiasi elektromagnetik, diperkirakan 50 % yang dapat diserap oleh bumi. Dengan demikian, pengembangan pembangkit listrik tenaga surya terus dikembangkan sebagai sumber tenaga listrik yang murah, bebas polusi (Ari, dkk: 2014).

Pada ukuran nilai arus, tegangan, dan daya listrik pada saat pengisian daya listrik oleh panel surya tidak terdeteksi secara terperinci. Suhu dan daya listrik yang dihasilkan pun tidak terdeteksi hasilnya sehingga terjadi ketidakefektifitasan daya listrik yang dihasilkan untuk pengisian daya listrik yang akan disimpan oleh AKI. Selain itu, faktor faktor seperti panel surya dan aki dapat terjadi fungsi yang tidak baik dan sesuai, oleh karena itu diperlukan alat pengukur suhu sinar matahari, alat pengukur daya listrik, dan solar charger controller untuk memaksimalkan hasil daya listrik yang sesuai untuk menghidupkan bagian - bagian yang

membutuhkan kelistrikan pada mesin pembakar sampah tanpa asap (kusumaning dan Mahendra: 2020).

Metode FMEA dapat mengakibatkan masalah baru dalam penggunaannya karena dapat menimbulkan masalah-masalah yang tidak perlu diteliti pada alat maupun mesin pembakar sampah tanpa asap ini seperti kesalahan data, kekeliruan penggunaan alat, maupun kesalahan dalam pengecekan cuaca. Metode ini juga dapat mengakibatkan ketidakefektifitasnya proses penelitian yang akan mengakibatkan kekeliruan dalam proses penelitiannya. Pada penelitian ini diperlukan kehati-hatian dalam proses penelitiannya. Untuk memudahkan penelitian ini, membutuhkan metode FMEA dalam penyelesaiannya agar data dan masalah yang ditimbulkan dapat mudah diselesaikan.

METODE PENELITIAN

Penelitian pada Analisis Keefektifitasan Sistem Panel Surya Dalam di TPS 3R Bambu Raya. Mengevaluasi implementasi metode FMEA dan daya keluaran listrik dalam keefektifitas sistem panel surya Kelistrikan Menggunakan Penggunaan dan perawatan panel surya pada mesin pembakar sampah tanpa asap, termasuk identifikasi mekanisme kerusakan dan mode kegagalan yang mungkin terjadi pada peralatan tersebut. Dengan demikian, objek penelitian dapat dipecah menjadi beberapa bagian, seperti peralatan panel surya pada mesin pembakar sampah tanpa asap, metode FMEA, mekanisme kerusakan, dan mode kegagalan.

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut: Alat tulis, Software Microsoft Office Word 2013, APIS IQ-Software, Software Microsoft office Excel 2013, Luxmeter, Termogun, Multimeter Digital dan Mesin Pembakar Sampah Tanpa Asap.



Gambar 1. Luxmeter



Gambar 2. Thermogun



Gambar 3. Multimeter Digital



Gambar 4. Mesin Pembakar Sampah Tanpa Asap

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran suhu pada panel surya dengan menggunakan termogun, untuk pengukuran tegangan dan arus menggunakan multimeter digital, sedangkan untuk pengukuran intensitas cahaya matahari menggunakan luxmeter. Pada penelitian ini juga menganalisa pengaruh kerusakan dan pengolahan data menggunakan metode FMEA. Untuk mengetahui intensitas radiasi matahari dalam pengukuran menggunakan luxmeter.

Analisis Daya Keluaran Listrik Pada Panel Surya

Bahwa suhu pada permukaan panel surya sangat berpengaruh pada tegangan dan arus keluaran dari panel surya yang berdampak pada daya keluaran dari panel surya tersebut. Untuk menghitung besarnya daya keluaran pada panel surya maka terlebih dahulu dihitung daya input pada panel surya, untuk menghitung daya input pada panel surya dapat di hitung dengan menggunakan perhitungan berikut:

1. Daya input panel surya Jam 9:00

Diketahui: $I_r = 9.2193 \text{ W/m}^2$

$$A = (3 \times 102) \times (2 \times 102) = 0,06 \text{ m}^2$$

Ditanyakan: $P_{in} = \dots?$

$$\text{Solusi: } P_{in} = I_r \times A = 9.2193 \text{ W/m}^2 \times 0,06 \text{ m}^2 = 55.31 \text{ W}$$

Dari hasil perhitungan di atas, daya input pada panel surya berbeda – beda di setiap waktu dikarenakan daya input sangat berpengaruh pada intensitas cahaya matahari dan luas permukaan panel surya. Untuk menghitung besarnya daya keluaran dari panel surya sebelum dan setelah di kipas dapat di hitung dengan menggunakan perhitungan berikut:

2. Daya output sebelum di kipas Suhu 53,60C

Diketahui: $V_{oc} = 17.87 \text{ V}$

$$I_{sc} = 0.49 \text{ A} \quad P_{FF} = 0,65 \text{ W}$$

Ditanyakan: Pout.....?

Solusi: $Pout = Voc \times Isc \times FF = 17.97 \times 0.49 \times 0.65 = 5.70 \text{ W}$

3. Daya output setelah di kipas Suhu 39,7oC

Diketahui: $Voc = 18.89 \text{ V}$

$Isc = 0.57 \text{ A}$ $FF = 0.80 \text{ W}$

Ditanyakan: Pout.....?

Solusi: $Pout = Voc \times Isc \times FF = 18.89 \times 0.57 \times 0.80 = 8.62 \text{ W}$

Daya output yang dihasilkan panel surya pada saat kondisi sebelum dan setelah di kipas sangat jauh berbeda dikarenakan perubahan suhu pada permukaan panel surya. Untuk menghitung efisiensi dari panel surya dapat dihitung dengan menggunakan perhitungan berikut:

4. Efisiensi panel surya sebelum di kipas Suhu 53,6oC

Diketahui: $Pin = 55.31$

$W Pout = 5.70 \text{ W}$

Ditanyakan: η?

Solusi: $\eta = Pout / Pin \times 100\% = 5.70 / 55.31 \times 100\% = 10.31\%$

5. Efisiensi panel surya setelah di kipas Suhu 39,7oC

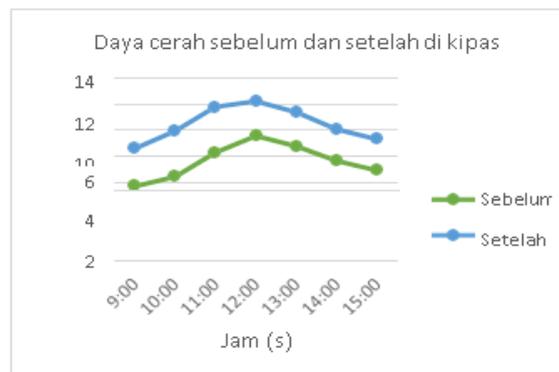
Diketahui: $Pin = 55,31 \text{ W}$

$W Pout = 8.62 \text{ W}$

Ditanyakan: η?

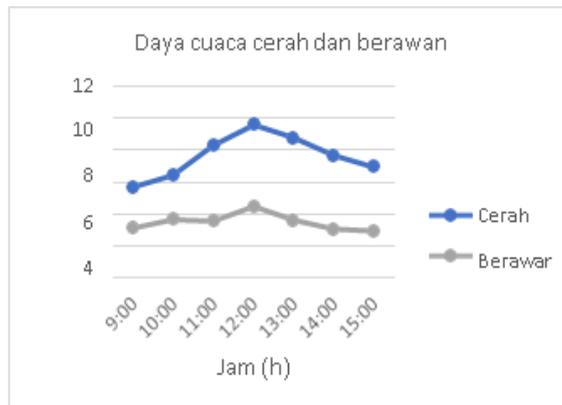
Solusi: $\eta = Pout / Pin \times 100\% = 8.62 / 55,31 \times 100\% = 15.59\%$

Dapat di lihat alur perbedaan kenaikan dan penurunan daya sebelum di kipas dan setelah di kipas.

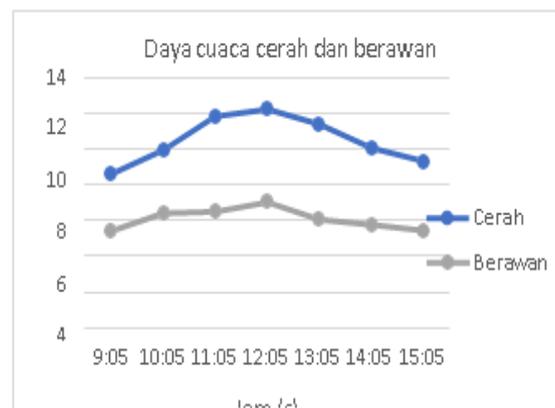


Gambar 5. Grafik Perbandingan Daya Sebelum Dan Setelah di Kipas pada Kondisi Cuaca Cerah

Dari gambar 5 dapat disimpulkan bahwa kenaikan temperatur mulai dari jam 09:00 sampai jam 15:00 dapat mengakibatkan penurunan daya yang dihasilkan panel surya, namun pada saat yang sama permukaan panel surya di dinginkan dengan menggunakan kipas angin selama 5 menit maka secara langsung daya yang dihasilkan panel surya mengalami peningkatan tertinggi pada jam 11:00 dengan peningkatan daya sebesar 3.53 watt. Dari hasil perhitungan yang diperoleh dari dua keadaan yakni sebelum di kipas dan setelah di kipas maka dapat kita simpulkan bahwa besarnya nilai efisiensi pada panel surya dipengaruhi oleh besarnya daya input dan output, yang mana besarnya daya output yang di hasilkan tergantung pada temperatur permukaan panel surya. Perbandingan hasil keluaran daya dalam kondisi cuaca cerah dan cuaca berawan sebelum di kipas dan setelah di kipas.



Gambar 6. Grafik Perbandingan Daya Sebelum dan Setelah di Kipas Pada Kondisi Cuaca Cerah dan Berawan



Gambar 7. Grafik Perbandingan Daya Sebelum dan Setelah di Kipas pada Kondisi Cuaca Cerah dan Berawan

Dapat disimpulkan bahwa kenaikan suhu pada permukaan panel surya dalam kondisi cuaca yang berbeda yakni dalam kondisi cerah dan berawan dapat mengakibatkan penurunan daya yang dihasilkan panel surya, setelah di dinginkan dengan kipas angin maka daya yang dihasilkan panel surya dalam kondisi cerah dan berawan mengalami peningkatan daya setiap jam.

Analisis kegagalan sistem atau alat pada panel surya

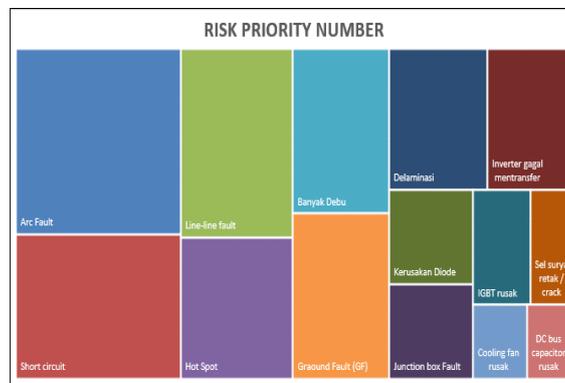
Sesuai dengan alur diagram pembuatan FMEA untuk sistem, maka dilakukan pengumpulan beberapa jenis kerusakan atau kegagalan yang sering terjadi pada sistem panel surya berdasarkan dari beberapa penelitian. Hasil pengumpulan data-data kerusakan pada panel surya. Dari hasil penelitian beberapa peneliti kerusakan.

Tabel 1. Data kerusakan Panel Surya

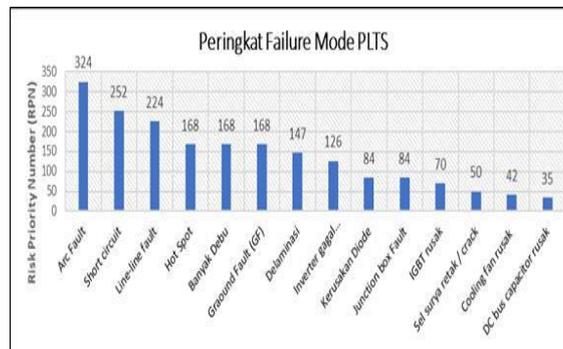
Failur mode	Dampak	(S)	(O)	(D)	(RPN)
Hot Spot	Kerusakan PV sel surya, Terjadi short circuit	8	7	3	168
Sel surya retak/crack	Performance turun	5	5	2	50
Banyak Debu	Performance turun, Efisiensi <u>turun</u>	8	7	1	56
Delaminasi	Power loss	7	7	3	147
Kerusakan Diode	Dioda rusak	8	6	2	96
Junction box atau combainer box rusak	Potensi kebakaran Mengurangi efisiensi dan <u>reability</u>	6	7	2	84
Short circuit	Resiko <u>kebakaran</u>	7	9	4	252
Graound Fault (GF)	Resiko terbakar	7	8	3	168

Arc Fault	Resiko terbakar	9	6	6	324
Line-line fault	Produksi listrik terganggu	7	4	8	224
Inverter gagal mentransfer	Tidak ada output energi	5	7	1	35
IGBT rusak	Inverter rusak, Produksi listrik terganggu	7	5	2	70
DC bus capacitor rusak	Inverter rusak, Produksi listrik terganggu	7	5	1	35
Cooling fan rusak	Inverter rusak, Produksi listrik terganggu	7	6	1	42

Informasi mengenai tingkat keparahan (severity), banyaknya kejadian (occurrence) dan bagaimana suatu metode dapat mendeteksi kesalahan (detection) pada sistem pembangkit listrik tenaga surya didapatkan dari beberapa literatur penelitian sebelumnya dan diskusi dengan praktisi PLTS. Nilai S, D, O kemudian dikalikan untuk mendapatkan hasil Risk Priority Number (RPN) yang menunjukkan kegagalan apa yang mempunyai RPN besar. Dari pemetaan tersebut kita dapat mengambil tindakan selanjutnya untuk mengatasi kegagalan pada sistem panel surya.



Gambar 8. Risk Priority Number



Gambar 9. Peringkat RPN Failure Mode Panel Surya

Menunjukkan peringkat jenis kerusakan pada panel surya berdasarkan RPN. Dimana kerusakan karena Arc Fault menduduki peringkat teratas sedangkan DC bus capacitor rusak menduduki peringkat paling rendah resikonya. Hasil pemetaan kegagalan sistem panel surya dari hasil penghitungan RPN, kemudian di susun rekomendasi terhadap setiap permasalahan. Rekomendasi tersebut sebagai dasar tim engineering atau pemeliharaan maupun operator untuk melaksanakan rekomendasi tersebut yang bertujuan untuk menjaga keandalan sistem pembangkit tenaga surya.

Tabel 2. Rekomendasi Mengatasi Kegagalan

Failure Mode	RPN	Rekomendasi	Referensi
Arc Fault	324	Dilengkapi dengan Arc Fault Circuit Interrupter (AFCI)	[23]
		Pemasangan sensor amper dan rutin memeriksa sensor dengan metode Pendekatan diagnosis kesalahan sensor didasarkan pada teori deteksi dan identifikasi kesalahan sensor berbasis Sliding Mode Observer (SMO), yang mampu akurat memperkirakan kesalahan dalam pengukuran sensor	[12]
Short circuit	252		
Line-line fault	224	Dilengkapi dengan Over Current Protection Device (OCPD)	[23]
Hot spot	168	Menggunakan Thermal Camera untuk monitoring hot spot dan dilakukan secara periodik atau online monitoring	[32]
Banyak Debu	168	Rutin dilakukan weekly cleaning. Metode cleaning bisa secara manual, otomatis, preventive.	[25]
Ground fault (GF)	168	Dilengkapi dengan Fuse Ground Fault Detection and Interruption (GFDI)	[23]
Delaminasi	147	Sistem dilengkapi dengan Thermal imaging dan melakukan Aging test	[28]
Inverter gagal mentransfer	126	Periodik melakukan pemeriksaan kondisi inverter	-
Kerusakan diode	84	Rutin pemeriksaan I-V Characteristic test, rutin pemeriksaan suhu diode	[22]
Junction box fault	84	Periodik pemeriksaan kondisi junction box	
Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT) inverter rusak	70	Rutin melakukan pemeriksaan IGBT dengan metode pendekatan Principle Component Analysis dan Support Vektor Machine (PCA - SVM)	[33]
Sel surya retak	50	Periodik melakukan pemeriksaan kondisi sel surya	-
Cooling fan inverter rusak	42	Periodik pemeriksaan cooling fan inverter	-
DC bus capacitor inverter rusak	35	Periodik pemeriksaan kondisi inverter, melakukan penggantian jika DC bus capacitor rusak	-

KESIMPULAN

FMEA sangat berguna dalam mengetahui kekurangan atau penyebab terjadinya kegagalan dalam hasil listrik yang dihasilkan, pada alat ini terjadi kerusakan penggunaan ataupun kerusakan alat atau faktor ruangan yang dapat mengganggu proses terjadinya ketidak efektifitasnya panel surya yang menghasilkan listrik pada alat pembakar sampah tanpa asap ini. FMEA dalam penggunaannya dapat menganalisis dan mencari solusi bagi peneliti untuk dapat mencegah dan memperbaiki kesalahan yang terjadi. Kekurangan dan kegagalan sangat dapat teratasi jika menggunakan metode ini sehingga metode FMEA ini mampu mempermudah peneliti dalam penelitiannya. Kenaikan suhu pada permukaan panel surya, dapat menurunkan daya yang dihasilkan panel surya sehingga tidak dapat bekerja dengan maksimal. Pada saat terjadi kenaikan suhu pada permukaan panel surya, kemudian di dinginkan dengan menggunakan kipas angin maka daya yang dihasilkan panel surya meningkat 2 - 3 watt dari pada saat kondisi sebelum di kipas seiring menurunnya suhu pada permukaan panel surya. Kenaikan suhu pada permukaan panel surya pada saat kondisi cuaca cerah dan berawan dimulai pada jam 9:00 sampai jam 15:00 dimana suhu tertinggi pada permukaan panel surya berada di jam 12:00 yaitu mencapai 60,3°C kondisi cuaca cerah dan peningkatan daya tertinggi yang dihasilkan panel surya berada di jam 11:00 dalam kondisi sebelum di kipas suhu pada permukaan panel surya mencapai 59,2°C dan menghasilkan daya sebesar 8.31 watt namun

pada saat permukaan panel surya di dinginkan dengan menggunakan kipas angin selama 5 menit maka suhu pada permukaan panel surya menjadi 41,2°C dan daya yang dihasilkan panel surya meningkat menjadi 11.84 watt yang menghasilkan selisih peningkatan daya hingga 3.53 watt. Penyusunan Failure Mode Effect Analysis merupakan cara yang efektif untuk mengetahui peringkat resiko timbulnya kegagalan pada suatu sistem. Berdasarkan histori kerusakan suatu peralatan yang mengalami kerusakan didasarkan pada tingkat keparahan, frekuensi kerusakan itu dan mudah tidaknya kerusakan tersebut di deteksi, kemudian dimasukkan dalam FMEA dengan menghitung Risk Priority Number (RPN) masing-masing kegagalan maka akan dapat diketahui peralatan apa saja yang mempunyai resiko tinggi sehingga mengganggu proses produksi. Dengan konsistem mengumpulkan histori kerusakan dan selalu melakukan pembaharuan metode pendeteksi kerusakan maka peralatan pada suatu sistem akan terjaga keandalannya sehingga biaya produksi listrik dan harga jual listrik ke masyarakat menjadi murah.

Saran: Pengembangan lebih lanjut mengenai penelitian ini, adapun beberapa saran yaitu sebagai berikut: Pada pengembangan penelitian berikutnya diharapkan menggunakan alat penangkap arah sinar matahari agar hasil daya listrik yang dihasilkan efektif. Dapat merencanakan sebuah alat khusus yang dapat menstabilkan suhu permukaan panel surya agar pemanfaatan panel surya dapat digunakan secara maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Daryanto 1999. Pengetahuan Teknik Listrik Jakarta: PT Bumi Aksara
- Efendi Achmad, Yusran Muh 2018. Sistem Kendali Otomatis Penyiram Tanaman Berbasis Solar Cell. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Hasibuan Alaudin Riyadisyah 2019. Efisiensi Output Panel Surya Terhadap Perubahan Temperatur Menggunakan Simulasi Cahaya Lampu Sebagai Sumber Cahaya Pengganti Matahari. Skripsi. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera utara Medan.
- Prasetyo Imam, Saputro Iwan 2018. Perbaikan Dan Perawatan Aki Basah (Jurnal). Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Muhammadiyah Pekalongan.
- Purwoto Bambang Hari, Jatmiko, F, Muhamad Aminul, Huda Ilham Fahmi 2018. Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif (Jurnal). Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Rahayuningtyas Ari, Seri Intan Kuala, Apriyanto Ign Fajar 2014. Studi Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Skala Rumah Sederhana Di Daerah Pedesaan Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif Untuk Mendukung Program Ramah Lingkungan Dan Energi Terbarukan (Jurnal). Pusat Pengembangan Teknologi Tepat Guna, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Sukmajati Sigit, Hafidz Mohammad 2015. Perancangan Dan Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 10 MW On Grid Di Yogyakarta (Jurnal). Jurusan Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknik PLN.
- Tiyas Puteri Kusumaning, Widyartono Mahendra 2020. Pengaruh Efek Suhu Terhadap Kinerja Panel Surya (Jurnal). Teknik Elektro, Universitas Negeri Surabaya.
- Wulandari Tias Damaring 2009. Energi Jakarta: Erlangga