

SISTEM PENDINGINAN AIR UNTUK PANEL SURYA DENGAN METODE FUZZY LOGIC

Maruto Swatara Loegimin¹ Bamabang Sumantri² Mochamad Ari Bagus Nugroho³ Hasnira⁴

Novie Ayub Windarko⁴

Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

Jl. Raya ITS, Keputih Sukolilo, Surabaya, 60111

E-mail: marutoswatara04@gmail.com, bambang@pens.ac.id, aribagusnugroho@gmail.com,
rhara@polibatam.ac.id, ayub@pens.ac.id

Abstrak

Cahaya matahari merupakan salah satu bentuk energi dari sumber daya alam. Sumber daya alam matahari ini sudah banyak digunakan untuk memasok daya listrik di satelit komunikasi melalui sel surya. Sel surya ini dapat menghasilkan energi listrik dalam jumlah yang tidak terbatas langsung diambil dari matahari. Panel surya sendiri memiliki suhu maksimum badan yang mana mempengaruhi hasil panel surya. Panel sel surya mengalami penurunan kemampuan dalam menghasilkan listrik bila terlalu panas atau melawati batas efektifitas. Oleh sebab itu, maka dikembangkan sistem cooling tower dengan metode fuzzy Logic melalui penelitian ini dengan tujuan untuk memaksimalkan efisiensi panel solar cell dalam menghasilkan listrik dan menganalisis sistem Panel Surya (Photovoltaic). Data yang dianalisis adalah: 1) Metode pendinginan panel surya menggunakan sistem cooling tower dengan metode fuzzy logic, 2) Efisiensi Panel Sel Surya dalam menghasilkan listrik, 3) Daya listrik yang dihasilkan oleh Panel sel surya.

Hasil dari penelitian ini menjelaskan bahwa penggunaan fuzzy logic dapat mengatur kecepatan air untuk pendinginan pada panel sehingga dapat dikatakan bahwa sistem pendingin untuk panel surya cocok digunakan di daerah tropis, karena sinar matahari sangat berlimpah dan terlebih lagi di area jalur khatulistiwa.

Kata Kunci: Panel Surya (Photovoltaic), Sistem Cooling Tower, Fuzzy Logic.

Abstract

Sun light is one form of energy from natural resources. These solar natural resources have been widely used to supply electrical power in communication satellites through solar cells. This solar cell can produce unlimited amounts of electrical energy directly taken from the sun. The solar panel itself has the maximum body temperature which influences the output of the solar panel. Solar cell panels have a decreased ability to generate electricity if it overheats or goes through the limits of effectiveness. Therefore, a cooling tower system is developed using the Fuzzy Logic method through this study with the aim of maximizing the efficiency of solar cell panels in generating electricity and analyzing Solar Panel systems (Photovoltaic). The data analyzed are: 1) The method of cooling solar panels using the cooling tower system with fuzzy logic methods, 2) Efficiency of Solar Cell Panels in generating electricity, 3) Electric power produced by solar cell panels.

The results of this study explain that the use of fuzzy logic can regulate the speed of water for cooling on panels so that it can be said that the cooling system for solar panels is suitable for use in the tropics, because sunlight is very abundant and is in the equatorial area.

Keyword: Photovoltaic, Cooling Tower system, Fuzzy Logic.

PENDAHULUAN

Sebuah panel surya terbuat dari banyak sel surya. Sel tersambung secara elektrik untuk memberikan arus dan tegangan tertentu. Namun, Panel surya sendiri memiliki suhu maksimum body yang mana berpengaruh pada keluaran panel surya. Panel sel surya mengalami penurunan kemampuan dalam menghasilkan listrik bila terlalu panas atau melawati batas efektifitas. Oleh sebab itu, diperlukan system pendingin untuk mendinginkan

atau menurunkan suhu pada panel sel surya, agar dapat menghasilkan aliran listrik secara efektif dan efisien.

Jika melihat pada proses pendinginan solar cell yang dilakukan dengan tujuan untuk menjaga suplai listrik dari panel solar cell tetap baik dan stabil pada suhu 25°C - 35°C karena pada suhu tersebut panel solar dapat menghasilkan daya terbaik. Pada penelitian ini digunakan system

cooling tower untuk menjaga suhu dan daya agar tetap konstan.

Microcontroller diperlukan untuk dapat mengontrol sistem secara otomatis dengan menggunakan fuzzy logic. Digunakan fuzzy logic karena dapat mengontrol alat dan dapat menentukan dan menjaga daya maupun suhu pada panel agar tetap stabil. Dengan metode ini secara langsung dapat mempertahankan panel surya agar dapat menghasilkan listrik.

Berdasarkan penelitian Adhi Warsito[1] Saat penelitian ini akan dibuat pendingin panel surya dengan menggunakan heatsink fan. Didapatkan suhu rata-rata pada badan panel surya di kampus teknik elektro, tembalang pada pukul 9 pagi hingga 3 sore adalah 50.14°C dan keluaran rata-rata dari panel tersebut adalah 18.80 Volt. Sedangkan pada suhu rata-rata panel surya dengan menggunakan heatsink adalah 36°C dan keluaran rata-rata panel tersebut adalah 19.11 Volt. Daya sendiri di pengaruhi oleh tegangan dan arus. Penurunan rata-rata suhu panel surya dengan pendingin adalah 28,20% dan peningkatan efisiensi panel surya berubah dari 12,1% menjadi 13,74% karena menggunakan pendingin.

Amit Sahay[2] sistem pendingin panel di uji dengan menggunakan teknik "Smoke Flow Visualization" dari penelitian di temukan adanya peningkatan efisiensi konversi karena pendinginan panel PV. System pendingin di pasang dan jika terintegrasi dengan desain panel solar PV maka pendinginan yang lebih efektif di harapkan dan karenanya efisiensi konversi akan lebih baik. Hasil pengamatan bahwa F- rasio pada kolom 38.85 lebih dari table F-rasio meningkat 5% secara signifikan. Oleh karena itu efek pendinginandi temukan signifikan. Selanjutnya bahwa F-rasio pada baris 39.92 lebih dari table F-rasio pada tingkat signifikan 5% oleh karena itu pengaruh suhu panel pada efisiensi juga signifikan.

Chow T[3] Dalam kolektor PV / T, sel-sel fotovoltaik adalah bagian integral dari permukaan penyerap. Kolektor ini dikenal sebagai hybrid kolektor karena kemampuan bawaan mereka untuk menghasilkan listrik dan panas secara bersamaan. Prinsip kerja kolektor ini mirip dengan kolektor surya plat datar, kecuali bagian dari Insiden radiasi matahari diubah menjadi listrik. Jika panas cairan transfer (udara) mengalir melalui bagian aliran yang terpasang dengan permukaan penyerap, kolektor dikategorikan sebagai fotovoltaik-termal kolektor udara atau pemanas udara PV / T

Gabriel Colt[4] dalam tulisan ini, efek pendinginan panel PV dengan menambahkan penukar panas air dan dianalisis dengan simulasi numerik dan juga secara ekperimental. Dengan pendinginan air aktif, suhu turun secara signifikan kira-kira 32% (dari 50°C hingga 34°C) yang mengarah ke peningkatan efisiensi panel PV sebesar 57% dari (7W menjadi 11W). Dengan mempelajari

hasil pengukuran dan penelitian yang di tunjukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut, laju aliran air tergantung pada suhunya dapat di control secara otomatis dengan menggunakan PLC.

Cui yong[5] Pendinginan matahari adalah alternatif yang menjanjikan dan bersih yang memiliki keunggulan berada dalam fase dengan permintaan pendinginan bangunan.

Gur Mittelman[7] merancang pendinginan dengan sistem berkonsentrasi photovoltaic/thermal (CPVT). Mereka mempersentasikan pendekatan panas dan daya gabungan yang menggunakan teknologi CPVT kinerja tinggi untuk menghasilkan listrik dan energi termal pada suhu rendah atau medium.

Haitham M. Bahaidarah[8] menggunakan V-trough sistem PV terintegrasi untuk menyelidiki efek pendinginan aktif pada kinerja optik, termal dan listrik. Perbandingan dibuat antara panel PV datar dan sistem V-trough PV. Ditemukan bahwa dengan menerapkan pendinginan daya panel PV sederhana meningkat sebesar 22,8% dan untuk palung V sebesar 31,5%. Beberapa peneliti lain.

I.K. Karathanassis[9] secara eksperimental mempelajari parabola melalui sistem CPV / T dengan tiga konfigurasi penerima, menggabungkan sel PV yang berbeda dan desain bagian pendingin. Hasil mereka menunjukkan bahwa sel PV lebar mencapai efisiensi listrik yang lebih tinggi, dan heat sink dengan microchannels dengan lebar bervariasi secara bertahap menjanjikan karena daya pompa yang jauh lebih rendah kebutuhan.

J. P. Holman[10] Perpindahan panas maksimum per tetes yang terjadi pada permukaan panas (q_{max}) diamati sebagai fungsi dari sifat fluida dan komponen normal ud kecepatan dampak untuk superheat sekitar 165°C untuk air, aseton, alkohol, dan beberapa freon. Sebanyak 50% dari massa tetesan ditemukan menguap selama interval waktu singkat yang terkait dengan dampak dan memantul.

Khwe, K. H.[12] Suhu lingkungan juga berkontribusi terhadap perubahan suhu dalam panel surya. Karena kenaikan suhu, daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya berkurang.

Kuswandi, S[13] Pada tahap Desain, kontroler logika fuzzy dirancang dan diterapkan pada sistem. Secara umum, kontroler logika fuzzy yang digunakan terdiri dari fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi. Pengontrol logika fuzzy memiliki dua input: error dan delta error (derror), dan satu output: sinyal kontrol.

Matias[14] Dalam pendinginan panel fotovoltaik dengan aplikasi air pada permukaan depan, perpindahan panas dari permukaan panel ke air akan terjadi. Air akan menyerap panas dari panel fotovoltaik dengan konduksi panas, menyebabkan peningkatan level daya dan tegangan, dan meningkatkan efisiensi panel.

Mingke Hu[15] Berdasarkan hukum kedua termodinamika, fenomena pendinginan sub-

ambient dan / atau energi pendingin bernilai ditemukan. Dengan demikian, dua solusi untuk pendinginan radiatif sub-ambien diterapkan untuk mengurangi kehilangan daya pendinginan intrinsik. Pertama, radiator dienkapsulasi dengan media khusus (seperti udara dan vakum) dengan konduktivitas termal yang rendah dan dikelilingi oleh kerangka isolasi.

Mulyono[16] alat pengganti suhu panas dengan menggunakan air dan udara sebagai kerja fluida adalah menara pendingin.

P G Nikhil[17] Jadi sistem PV surya bisa menjadi alternatif yang sangat logis untuk memanfaatkan energi matahari dengan memanfaatkan badan air yang dapat diperoleh dan membantu meningkatkan kelayakan ekonomi proyek surya. Energi dari fotovoltaik meskipun terbarukan sumber, mempertahankan efisiensi rendah kurang dari 15% umur panjang dalam penggunaannya.

Putra. R. S.[18] Dengan memperbaiki suhu air menggunakan menara pendingin dengan melepaskan suhu panas merupakan cara paling cara terbaik.

[19]

Roepandi, O[20] Menara pendingin mampu menurunkan suhu air dengan membuang panas. penggunaan teknologi dalam pengolahan air pendingin dapat disesuaikan dengan kebutuhan industri.

Syafaruddin[22] Pemanfaatan energi termal dengan cara sistem photovoltaicthermal telah diselidiki untuk meningkatkan kinerja efisiensi sistem fotovoltaik. Efisiensi listrik dinyatakan sangat rendah; namun, efisiensi keseluruhan dapat ditingkatkan dengan secara simultan memperoleh energi termal untuk sistem pemanas.

Yong Cui[24] menganalisis kinerja panel pemanas dan pendingin matahari dalam posisi vertikal. Dalam studi lebih lanjut, mereka menilai efek radiasi dan konveksi pada panel pendingin pada sudut kemiringan yang berbeda.

Sistem Pendingin

Sistem pendingin adalah suatu sistem yang bekerja menjaga atau menurunkan suhu pada kondisi ideal dengan cara memindahkan panas dari suatu bidang ke air atau udara. Perpindahan panas dasarnya merupakan perpindahan energi dari suatu tempat ke tempat yang lain dan ada perbedaan suhu di antara dua bagian benda. Panas akan pindah dari suhu tinggi ke suhu rendah [6].

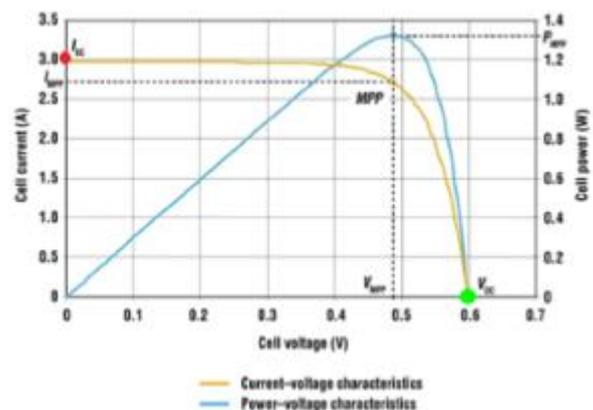
Ada berbagai bentuk sistem pendingin mulai dari hembusan udara, media perpindahan (*heatsink*), aliran air, dan pendinginan dengan gabuang dari semua sistem tersebut.

Karakteristik Photovoltaik

Photovoltaic atau sel surya yang merupakan penggabungan antara bahan semikonduktor bertipe p dan n (p-n junction semiconductor) apabila terkena cahaya akan menghasilkan elektron. Elektron inilah yang merupakan arus listrik [4].

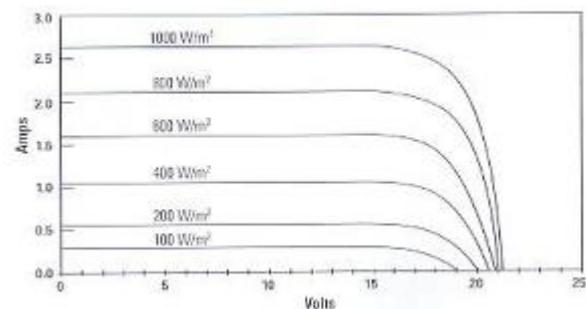
Berikut ini merupakan karakteristik sebuah panel surya:

- Karakteristik daya, merupakan hasil perkalian antara kurva tegangan dan arus (V-I). karakteristik daya menunjukkan seberapa besar daya yang dapat dihasilkan oleh panel surya, dalam perpotongan antara kurva arus dan tegangan akan menemukan sebuah titik yang disebut titik Maximum Power Point (MPP), gambar 1.



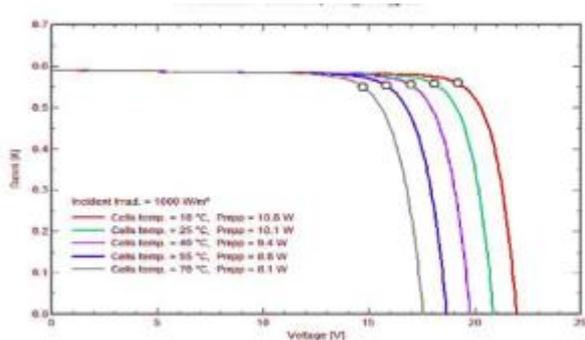
Gambar 1. Kurva MPP pada I-V.

- Karakteristik I-V-Irradiasi, adalah kurva yang menunjukkan hubungan antara arus dan tegangan pada irradiasi yang terjadi pada panel surya, gambar 2.



Gambar 2. Kurva I-V terhadap irradiasi.

- Karakteristik I-V-Temperatur, adalah kurva yang menunjukkan hubungan antara arus dan tegangan di temperatur pada panel surya, gambar 3.

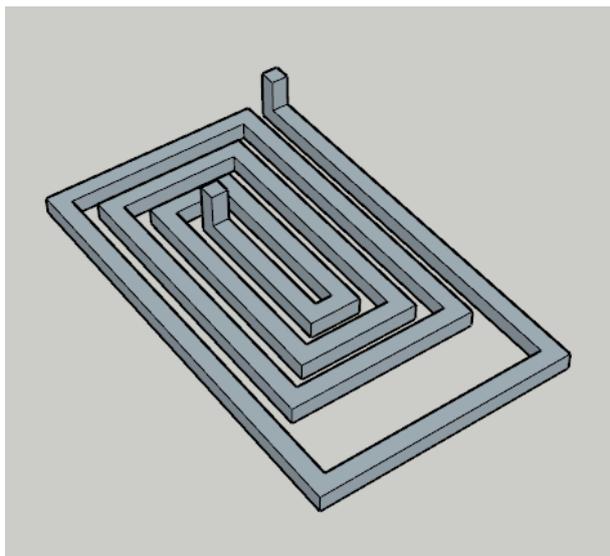


Gambar 3. Kurva I-V terhadap temperature.

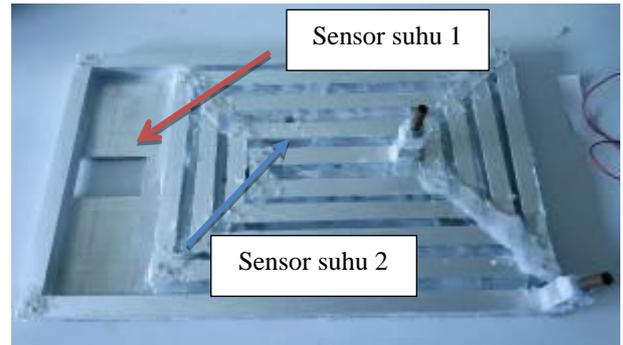
Peningkatan peforma panel surya dengan menambakan reflector, dimana reflector ini berfungsi memantulkan cahaya matahari dan memfokuskannya pada panel surya.

Dengan menggunakan cara ini peningkatan untuk menghasilkan elektron lebih cepat dan temperatur panel surya naik dengan cepat juga menurunkan performa panel surya untuk menghasikan elektron. Untuk menjaga performa maka panel surya harus di inginkan dengan menjaga suhu panel surya pada kisaran 25° sampai 35° Celsius

Gabungan pendingin adalah sebuah gabungan antara pendinginan dengan hebusan udara, pemindah suhu (*heatsink*) dan pendinginan dengan aliran air, dapat di lihat pada gambar 4. Sistem pendingin ini menggunakan pipa aluminium berbentuk kotak untuk mengalirkan air dan ditambahkan plat aluminium di atasnya untuk membuat pendinginannya merata gamabar 5. air yang keluar dari pipa akan di dinginkan dengan hembusan angin pada tower pendingin gambar 6.



Gambar 4. Model pendingin air dengan pipa kotak berbahan aluminium.



Gambar 5. Pipa dan plat aluminium yang digabungkan menjadi heatsink.



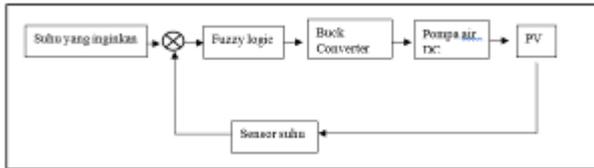
Gambar 6. Tanki penampung air cooling tower.

METODE PENDINGINAN DAN KONTROL

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kualitatif. Metode kualitatif merupakan prosedur penelitian yang menghasilkan data deskriptif berupa kata-kata tertulis atau lisan dari data perilaku yang dapat diamati.

Konsep Perancangan Sistem Kendali dengan Microcontroller

Sistem menggunakan stm32 merupakan sebuah sistem yang open source baik secara hardware maupun software. Perkembangan sistem software disesuaikan dengan perkembangan hardware-nya.

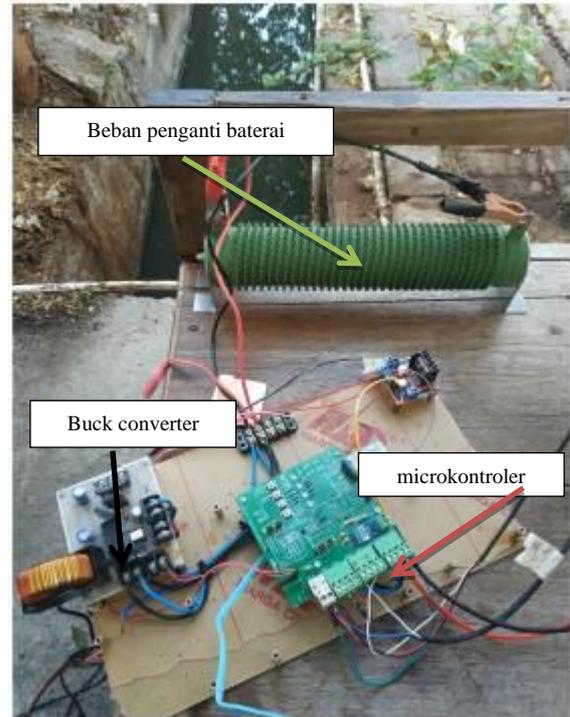


Gambar 7. Diagram alur sistem pendingin.

Dengan menggunakan sensor suhu DS18B20 yang di tempat di belakang panel surya, sensor ditempatkan pada dua tempat berbeda. Dimana setiap sensor mewakili posisi penempatan, ada yang langsung yang langsung pada panel surya untuk mengetahui suhu panel dan satunya lagi ditempatkan pada bagian pendingin panel surya yang akan menentukan kerja motor yang akan



Gambar 8. Penempatan sensor temperature.

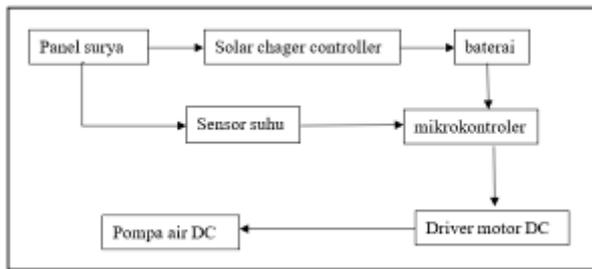


Gambar 9. Microkontroler, buck converter dan beban sebagai pengganti baterai.



Gambar 10. Contoh pompa dc yang digunakan.

mengalirkan air yang akan mendinginkan sebuah panel pendingin yang dibuat seperti pada gambar 4 dan gambar 5.



Gambar 11. Diagram blok sistem.

Dari gambar 8 menunjukkan bagaimana pemrosesan untuk mendinginkan panel. Kecepatan air yang dialirkan akan meningkat apabila suhu panel menunjukkan peningkatan. Dengan suhu tertinggi 35° Celsius, kecepatan motor di kontrol dengan menggunakan kontrol fuzzy sebagai pusat pengendali.

Perancangan sistem Fuzzy Logic Control

Fuzzy logic control mempunyai empat bagian untuk membuat struktur dasar dalam kendali fuzzy yaitu: fuzzifikasi, knowledge base, inferensi dan defuzzifikasi.

Fuzzifikasi

Untuk sistem pengendalian aliran air sebagai pendingin pada panel surya menggunakan satu inputan yang akan di fuzzyfikasikan ke dalam himpunan dan fungsi keanggotaan fuzzy. Dengan inputan yang ada dari sensor suhu yang terdapat pada panel surya. Dimasukan nilai linguistic sebanyak lima buah untuk sensor suhu panel surya yaitu Dingin (D), Sejuk (S), Normal (N), Hangat (H) dan Panas (P). nilai karakter linguistic bisa lihat pada table 1

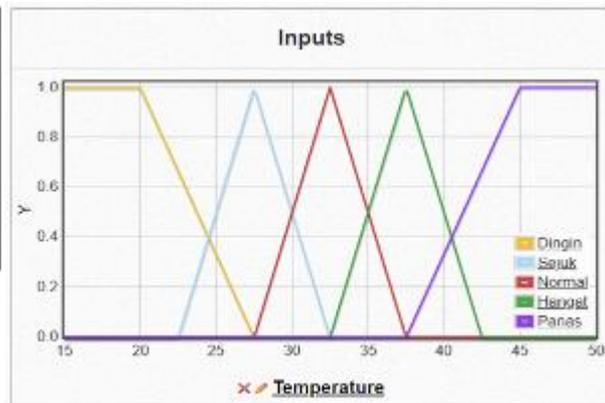
Tabel 1. nilai input pada fuzzy logic

Tipe Suhu	Nilai suhu yang ditentukan (°C)
Dingin	15-27.5
Sejuk	22.5-32.5
Normal	27.5-37.5
Hangat	32.5-42.5
Panas	37.5-50

Penentuan Dasar

Untuk mengontrol pompa air sebagai bagian dari pendingin panel surya, dapat digunakan beberapa rule yang akan menjadi pengendali suhu pada panel surya. Dimana pemilihan rule merupakan penentuan nilai untuk mengontrol pompa air sebagai pendingin. Semakin banyak rule yang di buat, akan semakin kecil kesalahan yang terjadi pada alat.

Rule merupakan pengelompokan matrik yang dikenal dengan Fuzzy Associative Memory atau disingkat dengan FAM.



Gambar 12. Input fuzzy logic untuk pendinginan panel surya.

Inferensi

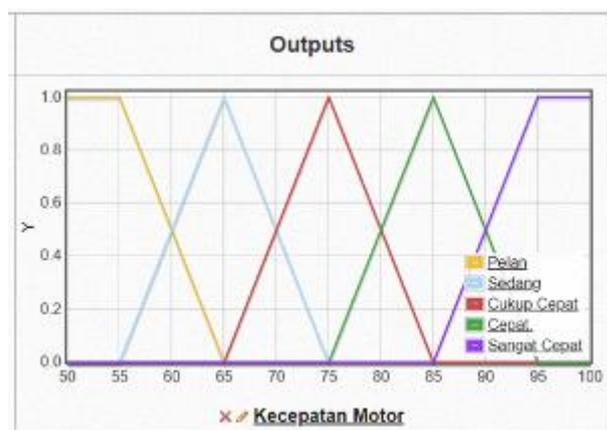
Merupakan proses matrik FAM dalam menentukan nilai maksimal atau nilai minimal pada pengeluaran yang diinginkan. Pemrosesan di inferensi menggunakan penilaian maksimal – minimal.

Defuzzifikasi

Dimana proses penentuan rules atau grafik keanggotaan dalam penentuan pengeluaran fuzzy yang diinginkan.

Table 3. Table Rules keanggotaan fuzzy logic.

Rules
X/1. If Temperature is Dingin then Kecepatan Motor is Pelan
X/2. If Temperature is Sejuk then Kecepatan Motor is Sedang
X/3. If Temperature is Normal then Kecepatan Motor is Cukup Cepat
X/4. If Temperature is Hangat then Kecepatan Motor is Cepat
X/5. If Temperature is Panas then Kecepatan Motor is Sangat Cepat



Gambar 13. Gambar grafik kecepatan motor.

Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

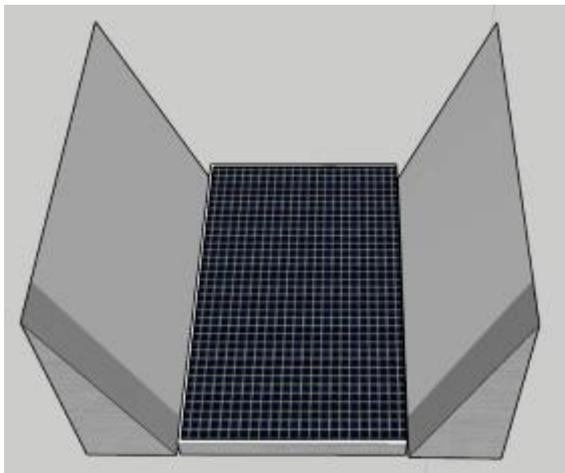
Metode eksperimen dengan pengumpulan data primer dengan cara mengamati secara langsung tentang kegiatan yang berkaitan dengan tujuan penelitian untuk membandingkan dengan model

pendingin yang serupa.

Teknik analisa data dengan membandingkan hasil dari tanpa menggunakan pendingin, menggunakan pendingin heatsink dan dan menggunakan system pendingin menggunakan air untuk menjaga atau menurunkan suhu panel surya supaya bisa bertahan lebih lama dalam penggunaan pada daerah tropis.

Tabel 2. data sheet panel yang digunakan.

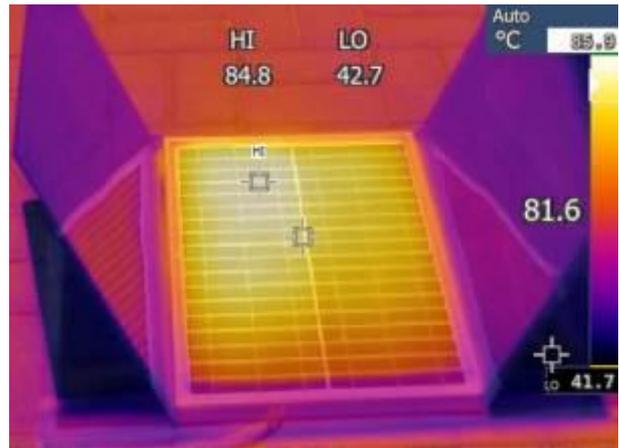
DATA SHEET	
Rated maximum power (Pmax)	20 W
Voltage at Pmax (Vmp)	17.40 V
Current Pmax (Imp)	1.15 A
Open – circuit voltage (Voc)	22.40 V
Short – circuit current (Isc)	1.23 A
Maximum system voltage	700 VDC
Cell technology	Poly-Si
Weight	1.8 Kg



Gambar 14. Perancangan Panel surya dengan kaca di kiri dan kanan.



Gambar 15. Panel Surya dengan kaca di kiri dan kanan.



Gambar 16. Gambar yang di ambil dari thermal vision.

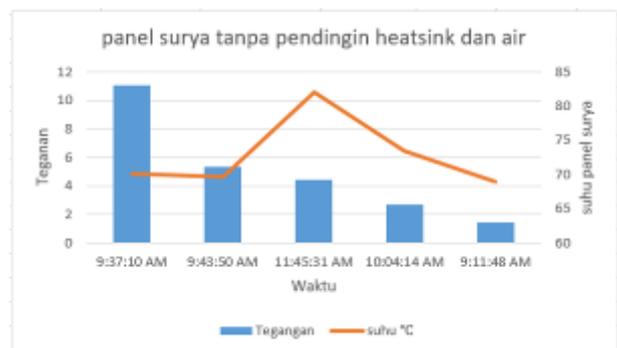
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam menjaga suhu panel surya agar tetap kostan dan menghasilkan listrik yang baik dengan menggunakan air sebagai pendingin, memerlukan sebuah control untuk mengatur jalannya pendingin agar dapat bekerja dengan baik. Adapun hasil percobaan dapat digunakan sebagai pembandingan dengan semua data yang diambil selama 5 (lima) hari berturut-turut.

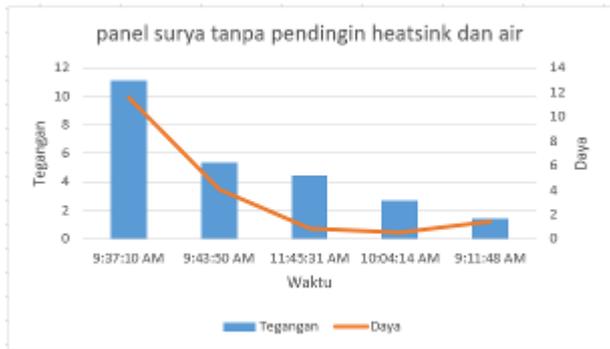
Pembahasan dimulai dari percobaan panel surya dengan tidak menggunakan pendingin atau penurunan suhu untuk panel surya.

Tabel 3. Tanpa pendingin

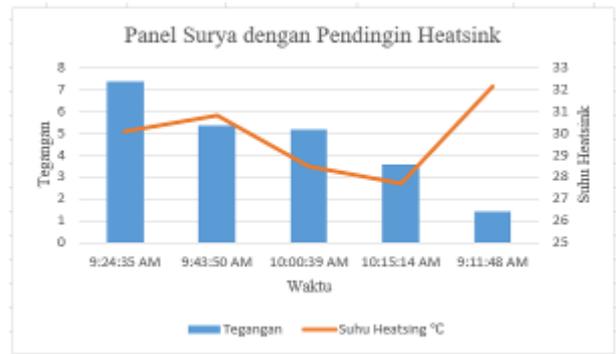
Hari	Time	Tegangan	Arus	Daya	Suhu Panel °C
1	9:37:10 AM	11,0951147	1,09938	11,586212	70,1
2	9:43:50 AM	5,347223	0,476116	4,033628	69,7
3	11:45:31 AM	4,463223	0,187244	0,85988	82
4	10:04:14 AM	2,682341	0,179967	0,50158	73,5
5	9:11:48 AM	1,422426	1,012202	1,44382	69



Gambar 17. Grafik Sensor Suhu dan Tegangan dari hasil panel tanpa pendingin.

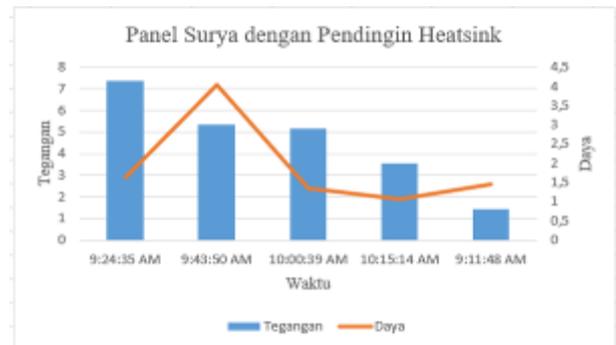


Gambar 18. Grafik Tegangan dan Daya dari hasil panel surya tanpa pendingin.



Gambar 20. Grafik Tegangan, Suhu Heatsink dan Waktu saat menggunakan pendingin heatsink.

Gambar 17 dan gambar 18 merupakan grafik pada panel surya yang belum menggunakan pendingin. Gambar 13 menunjukkan penurunan penyerapan panel surya tepatnya pada pukul 11.45 am panel memiliki tegangan 4V dengan suhu 82°C. Gambar 18 menunjukkan penurunan daya yang dihasilkan pada hari penelitian dilakukan dimana pada pukul 11.45am terjadi penurunan daya terhadap tegangan dari 11V menjadi 1V dan dapat dikatakan hal ini disebabkan oleh peningkatan suhu dalam lima hari yang juga di pengaruhi oleh keadaan alam sekitar.

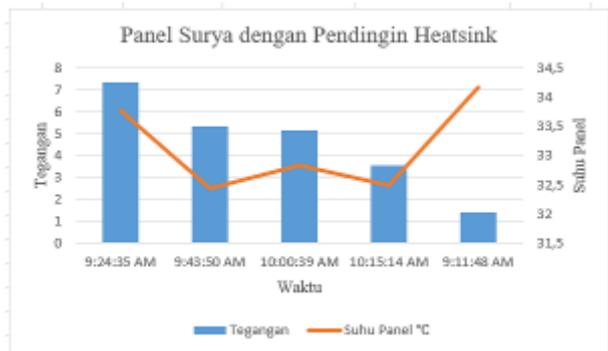


Gambar 21. Tegangan, Daya dan Waktu pada panel surya menggunakan pendingin Heatsink.

Tabel 4. Panel surya dengan heatsink

Hari	Time	Tegangan	Arus	Daya	Suhu Panel °C	Suhu Heatsing °C
1	9:24:35 AM	7,36887	0,212023	1,631667	33,78664	30,064936
2	9:43:50 AM	5,347223	0,746116	4,033628	32,43969	30,81393
3	10:00:39 AM	5,173444	0,231327	1,348314	32,83046	28,48739
4	10:15:14 AM	3,561771	0,278707	1,055709	32,48919	27,688263
5	9:11:48 AM	1,422426	1,012202	1,44382	34,16754	32,1376361

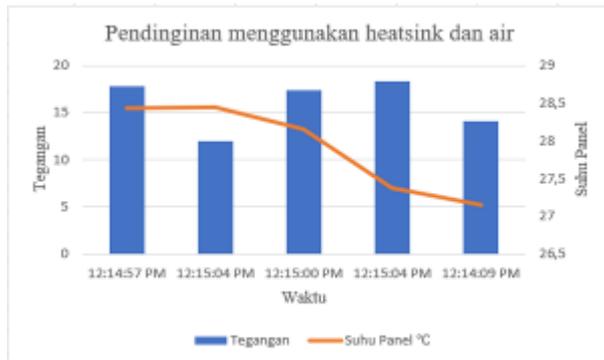
Gambar 19, merupakan hasil dari panel surya dengan tegangan 7.3 V dan 33.75°C suhu panel surya pada pukul 9.24 am. Pada gambar 20 suhu 30°C pada waktu yang sama dengan tegangan 7.3V dan gambar 21 menunjukkan nilai rata – rata dan merupakan hasil dari penambahan heatsing pada panel surya. Dimana tegangan 5.5V dan daya 4.1W menunjukkan nilai yang mengalami perubahan secara signifikan, walaupun sudah ada proses pendinginan yang dibantu dengan heatsing. Penurunan penyerapan ini masih terjadi dikarenakan oleh pengaruh alam sekitar.



Gambar 19. Grafik Tegangan, Suhu Panel dan Waktu saat menggunakan pendingin heatsink.

Tabel 5. Panel surya dengan pendingin heatsink dan air.

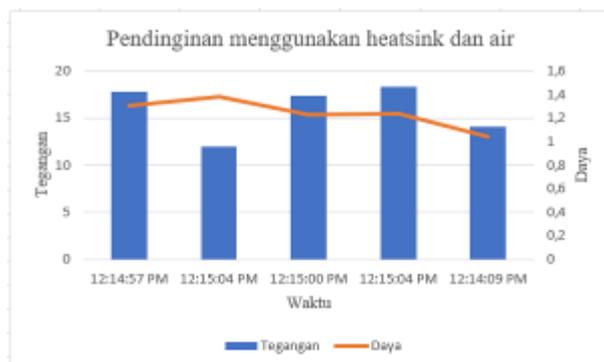
Hari	Time	Tegangan	Daya	Suhu Panel °C	Suhu Heatsink °C
1	12:14:57 PM	17,76202	1,30749	28,43575	29,07337
2	12:15:04 PM	11,98494	1,379206	28,44607	29,35908
3	12:15:00 PM	17,34624	1,231523	28,15087	29,18496
4	12:15:04 PM	18,31056	1,240604	27,37292	28,61085
5	12:14:09 PM	14,13519	1,04279	27,15428	28,69579



Gambar 22. Grafik pendinginan menggunakan heatsink dan air dengan nilai tegangan dan suhu pada panel surya.



Gambar 23. Grafik pendinginan menggunakan heatsink dan air dengan nilai tegangan dan suhu pada heatsink dan air.



Gambar 24. Grafik pendinginan menggunakan heatsink dan air dengan nilai tegangan dan daya.

Gambar 22, merupakan hasil dari panel surya dengan tegangan 17V pada 28°C suhu panel surya di pukul 12.14 pm. Gambar 23 menunjukkan pada waktu yang sama, suhu 27°C dengan tegangan 14V. Selanjutnya Gambar 24 menunjukkan nilai rata-rata dengan tegangan 16V terhadap daya 8W pada pukul 12.40pm. Angka dari grafik pada setiap gambar menunjukkan tingkat suhu dari panel, heatsink yang dialirkan air dan daya. Dalam hal ini dapat dikatakan bahwa dengan menjaga suhu pada panel surya dapat meningkatkan penyerapan daya.

KESIMPULAN

- Sistem pendingin untuk panel surya cocok di daerah tropis, karena sinar matahari sangat berlimpah dan terlebih lagi di area jalur khatulistiwa.
- Penggunaan fuzzy logic control dapat mengatur kecepatan air untuk pendinginan pada panel.
- Dengan menggunakan air, akan memperlambat kerusakan pada panel surya yang ada pada suhu yang tinggi.
- Air untuk pendinginan panel surya dapat di ambil dari air laut dan dapat dikembalikan ke laut lagi.
- PLTS dapat di terapkan pada kepulauan dengan kategori dari kecil ke sedang untuk membantu PLTD.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Politeknik Elektro Negeri Surabaya, Laboratorium Energi terbaharukan dan semua pihak yang telah membantu dan memberikan kontribusi demi kelancaran penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adhi Warsito, E. A. M. Y. N. O. a. B. W., 2013. Dipo PV Cooling, Penggunaan Sistem Pendingin Temperatur Heatsink Fan Pada Panel Sel Surya (Photovoltaic) Sebagai Peningkatan Kerja Energi Listrik Baru Terbarukan. *Transient*, 2(3), pp. 501-503.
- [2] Amit Sahay, V. S. A. T. M. P., 2015. A Review Of Solar Photovoltaic Panel Cooling System With Special Reference to Ground Coupled Central Panel Cooling System (GC-CPCS). *Elsevier*, Volume 42, pp. 306-312.
- [3] Chow, T., 2010. A Review on Photovoltaic/Thermal Hybrid Solar Technology. *Elsevier*, 87(Applied Energy), pp. 365-379.
- [4] Colt, G., 2016. Performance Evaluation of a PV Panel By Rear Surface Water Active Cooling. *International Conference on Applied and Theoretical Electricity (ICATE)*, pp. 1-5.

- [5] Cui Yong, W. Y. Z. L., 2015. Performance Analysis no A Building-Integrated Solar Heating and Cooling Panel. 74(Renewable Energy), pp. 627-632.
- [6] Gumilar, A., 2011. *Sistem air pendingin*. Jakarta: STE.
- [7] Gur Mittelman, A. K. A. D., 2017. Solar Cooling With Concentrating Photovoltaic/Thermal (CPVT) System. *Elsevier*, Volume 48, pp. 2481-2490.
- [8] Haitham M. Bahaidarah, B. T. P. G. a. S. R., 2015. A Combined Optical, Thermal and Electrical Performance Study of a V-Trough PV System—Experimental and Analytical Investigations. *Energies*.
- [9] I.K. Karathanassis, E. P. V. B. G. B., 2017. Desain and Experimental Evaluation of a Parabolic-Trough Concentrating Photovoltaic/Thermal (CPVT) System With High-Efficiency Cooling. *Elsevier*, Volume 101, pp. 467-483.
- [10] J.P. Holman, E. J., 1994. *Perpindahan Kalor*. Mahasiswa ed. Jakarta: Erlangga.
- [11] kadir, A., 1995. *Energi Sumber Daya, Inovasi, Tenaga Listrik Dan Potensi Ekonomi*. II ed. Jakarta: Universitas Indonesia.
- [12] Khwe, K. H., 2013. Pengaruh Temperatur Terhadap Kapasitas Daya Panel Surya. *ELKHA*, 5(2), pp. 23-26.
- [13] Kuswandi, S., 2007. *Kendali Cerdas: teori dan aplikasi praktisnya*. Surabaya: Andi.
- [14] Matias, C. A., Santos, L. M., Alves, A. j. & Calixto, W. P., 2016. Electrical Performance Evaluation of PV Panel Though Water cooling Technique. *2016 IEEE 16th International Conference on Environment and Electrical Engineering (EEEIC)*, pp. 1-5.
- [15] Mingke Hu, B. Z. J. L. Y. W. G. P., 2017. Preliminary Thermal analysis of a comboned photovoltaic-photothermic-nocturnal radiative cooling system. *Elsevier*, XXX(Energy), pp. 1-12.
- [16] Mulyono, 2010. *Analisa Beban Kalor Menara Pendingin Basah Induced-Draft Aliran Lawan Arah*. Semarang: Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang.
- [17] P G Nikhil, M. P., 2012. Performance Enhancement Of Solar Module by Cooling: An Experimental Investigation. *Energy and Environment*, 3(1), pp. 73-82.
- [18] Putra, R. S., 2015. Analisa perhitungan beban cooling tower pada fluida di mesin injeksi plastik. *Jurnal Teknik Mesin Mercu Buana*, Volume 4, pp. 56-62.
- [19] Rachman, T., 2011. *PLN Manado Kembangkan Listrik Tenaga Surya di 14 Pulau*. [Online] Available at: <http://www.republika.co.id/berita/regional/nusantara/11/04/16/ljqpl6-pln-manado-kembangkan-listrik-tenaga-surya-di-14-pulau> [Accessed 16 July 2017].
- [20] Roepandi, O., 2008. *Pengoperasian Sistem Air Pendingin*. Surabaya: PT. Indonesia Power.
- [21] Subandi, S. H., 2014. *Korelasi Suhu dan Intensitas Cahaya Terhadap Daya Pada Solar Panel*. Yogyakarta, Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi (SNAST).
- [22] Syafaruddin, S. M. S. F. M. R. A. S. L., 2017. *Aplication Of Photovoltaic Power For Cooling System*. Istanbul, Internasioanal Conference On Energy and Therml Enginerring.
- [23] Terano, T. K. A. d. M. S., 1987. *Fuzzy Systems Theory and Its Applications*. San Diego: CA: Academic Press, Inc.
- [24] Yong Cui, Y. W. Q. H. S. W., 2016. Effect of Radiation and Convection Heat Transfer on Cooling Performance of Radiative Panel. *Renewable Energy*, Volume 99, pp. 10-17.