

RANCANG BANGUN ALAT SISTEM PENDINGIN PHOTOVOLTAIK MENGGUNAKAN METODE FUZZY LOGIC

Giyon Muktoarip¹, Gaguk Firasanto², Suminto³

^{1, 2, 3}Program Studi Teknik Elektro, Universitas Pamulang; Jl. Witana Harja No.18b, Pamulang Barat, Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15417

Keywords:

Photovoltaic, fuzzy logic, Colling system.

Correspondent Email:

giyonm2202@gmail.com

Abstrak. Photovoltaik atau sering disebut panel surya memiliki suhu maksimum beban yang mana mempengaruhi hasil panel surya. Panel sel surya mengalami kenaikan dan penurunan dalam menghasilkan listrik apabila terlalu panas atau melampaui batas efektifitas. Oleh sebab itu, maka dikembangkan sistem pendingin dengan metode fuzzy logic melalui penelitian ini dengan tujuan untuk memaksimalkan atau menstabilkan efisiensi panel solar cell dalam menghasilkan listrik. Data yang di analisis adalah: Metode pendingin panel surya menggunakan sistem cooling pipa aluminium dengan metode fuzzy logic dan beberapa hardware seperti: Arduino uno, sensor DS18B20, relay, peltier dan power supply. 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. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh persentase penurunan suhu photovoltaik yaitu sebesar 20%, sedangkan perbandingan rata-rata untuk suhu photovoltaik dengan alat sistem pendingin dan tanpa alat sistem pendingin yaitu 11,5°C dan 33,7°C dan rata-rata untuk output tegangan photovoltaik dengan alat sistem pendingin dengan nilai kestabilan yaitu 12,8V.



Copyright © [JITET](http://jitet.umsida.ac.id) (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan). This article is an open access article distributed under terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

Abstract. Photovoltaics commonly referred to as solar panels, have a maximum load temperature that affects the output of the solar panels. Solar cells experience increases and decreases in electricity generation if they become too hot or exceed their effective limits. Therefore, a cooling system using a fuzzy logic method has been developed in this study with the aim of maximizing or stabilizing the efficiency of solar cells in generating electricity. The data analyzed include: the solar panel cooling method using aluminium pipe cooling system with a fuzzy logic method and several hardware components such as: Arduino Uno, DS18B20 sensor, relay, peltier, and power supply. The results of this study explain that the use of fuzzy logic can regulate the speed of water for cooling on the panel so that it can be said that the cooling system for solar panels is suitable for use in tropical areas, because sunlight is very abundant and especially in the equatorial area. Based on the research that has been conducted, the percentage of photovoltaic temperature reduction is 20%, while the average comparison for photovoltaic temperature with and without a cooling system is 11.5°C and 33.7°C and the average comparison for photovoltaic voltage output with and without a cooling system is 12.8V.

1. PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah penduduk dapat menyebabkan peningkatan konsumsi energi. Namun, saat ini peningkatan kebutuhan energi ini tidak diimbangi dengan peningkatan penerapan energi baru terbarukan untuk mengantisipasi kekurangan energi. Meskipun energi listrik merupakan kebutuhan bagi masyarakat, kesediaan energi listrik masih terbatas. Salah satu solusi untuk mengantisipasi kekurangan tersebut yaitu memanfaatkan energi yang tersedia di alam salah satunya energi matahari. Menurut Hasan sinar matahari merupakan salah satu alternatif yang tepat untuk menghemat energi listrik dari jaringan listrik PLN karena jumlahnya tidak terbatas. Sinar surya dinyatakan sebagai sumber energi alternatif utama di Indonesia yang terletak di kawasan iklim tropis. Terbentang sepanjang garis katulistiwa, sinar surya rata-rata harian di Indonesia tercatat mencapai 4000-5000 Wj/m², sedangkan rata-rata jumlah penyinaran matahari antara 4 hingga 8 jam[1].

Pengaplikasian Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menggunakan panel surya saat ini sudah mulai berkembang baik yang bersifat *on grid* maupun *off grid*. Namun energi panas yang diterima masih kurang maksimal karena posisi panel surya bersifat statik atau sudut elevasinya tetap (*fixed elevating angles*). Untuk mendapat nilai efisiensi dari panel surya diperlukan nilai perhitungan *input* dan *output*. Berdasarkan nilai *input* dan *output* diperoleh parameter yang dimasukkan dalam perhitungan, seperti *I_{sc}* (arus hubungan singkat), *V_{oc}* (tegangan tanpa beban), *fill factor* (FF), *Voltage at V_{max}* (*V_{mp}*), *Current at V_{max}* (*I_{mp}*), intensitas cahaya, serta dimensi dari panel surya. Untuk meningkatkan efisiensi panel surya dalam menghasilkan energi listrik, desain sistem kendali panel surya yang bersifat dinamis terhadap perubahan sudut sinar matahari, sangat penting untuk dikembangkan. Di India yang merupakan negara subtropis, mulai banyak dilakukan penelitian untuk mendesain sistem pendeteksi sinar matahari pada panel surya tipe *dual axis*[2].

Photovoltaik atau sel surya yang merupakan penggabungan antara bahan semi konduktor bertipe p dan n (p-n junction

semiconductor) apabila terkena cahaya akan menghasilkan elektron. Elektron inilah yang merupakan arus listrik. Mikrokontroler diperlukan untuk dapat mengontrol sistem secara otomatis dengan sensor dan modul relay. Dengan metode ini secara langsung dapat mempertahankan panel surya agar dapat menghasilkan listrik secara optimal[3]. Sistem pendingin adalah suatu sistem yang berkerja 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 diantara dua bagian benda. Panas akan pindah dari suhu tinggi ke suhu rendah. Ada berbagai bentuk sistem pendingin mulai dari hembusan udara, media perpindahan (*heatsink*), aliran air, dan pendingin dengan gabungan dari semua sistem tersebut[4].

Penelitian-penelitian sejenis telah dikembangkan seperti yang dilakukan oleh mahasiswa-mahasiswa jurusan teknik pertanian Universitas Lampung, hasil penelitian berjudul “Sistem Otomatis Photovoltaik pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Berbasis Mikrokontroler Arduino skala Laboratorium” ini diharapkan dapat turut berkontribusi dalam menyelesaikan permasalahan rendahnya efisiensi pembangkit listrik tenaga surya Indonesia. Dengan mengkolaborasi beberapa ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK), hasil penelitian ini diharapkan dapat dikembangkan lebih lanjut sehingga menghasilkan energi yang optimal untuk menunjang kebutuhan sistem kelistrikan di Indonesia[5].

2. TINJAUAN PUSTAKA

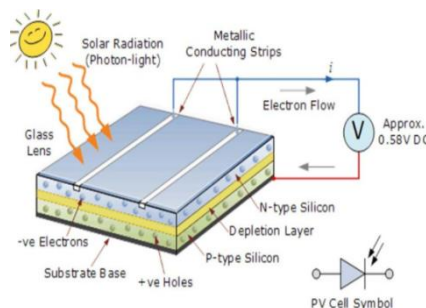
2.1. Sistem Pendingin

Sistem pendingin adalah suatu sistem yang berkerja 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 suatu suhu tinggi ke suhu rendah. Ada berbagai bentuk sistem pendingin mulai dari

hembusan udara, media perpindahan, aliran air, dan pendingin dengan gabungan dari semua sistem tersebut. Gabungan pendingin adalah sebuah gabungan antara pendinginan dengan hembusan udara, pemindah suhu dan pendingin dengan aliran air. Sistem pendingin ini menggunakan pipa aluminium berbentuk kotak untuk mengalirkan air dan ditambahkan plat aluminium di atasnya untuk membuat pendinginnya merata[6].

2.2. Karakteristik Photovoltaik

Photovoltaik atau sel surya yang merupakan penggabungan antara bahan semi konduktor bertipe p dan n (*p-n junction semiconductor*) apabila terkena cahaya akan menghasilkan elektron. Elektron inilah yang merupakan arus listrik. Sinar matahari yaitu radiasi matahari jatuh pada lensa kaca dan foton mengenai persimpangan p-n yang menghasilkan perbedaan tegangan di persimpangan p-n. Perangkat memungkinkan arus mengalir melalui sirkuit ketika dihubungkan dengan menggunakan elektroda logam seperti yang ditunjukkan pada gambar 1[7].



Gambar 1 Karakteristik Photovoltaik

2.3. Switching Power Supply

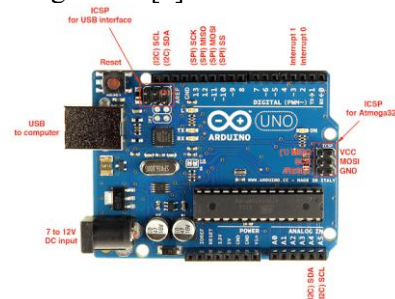
Pada *Switching Power Supply* (SMPS) dengan tegangan *Input* 220 V dan *Output* 12-5 V 10 A. Tegangan regulasi dihasilkan dengan men-*switching* transistor seri 'on' atau 'off'. Dengan demikian *duty cycle*-nya menentukan tegangan DC rata-rata. *Duty cycle* dapat diatur melalui *feedback* negatif. Feedback ini dihasilkan dari suatu komparator tegangan yang membandingkan tegangan DC rata-rata dengan tegangan referensi seperti pada gambar 2 [8].



Gambar 2 Power Supply (SMPS)

2.4. Arduino UNO

Arduino menganut sistem open *hardware*, menggunakan Atmel AVR processor dan memiliki I/O on board. Contoh sederhana apa yang dapat kita lakukan terhadap Arduino, kita dapat mengatur kedipan LED setiap 1 detik sekali atau melakukan pengendalian terhadap putaran rotasi motor servo dan lainnya. Arduino muncul dengan banyak sekali variannya, mulai dari Arduino UNO, Arduino MEGA, Arduino NANO, dan sebagainya. Semua varian Arduino tersebut dibangun dengan dasar yang sama yaitu menggunakan mikrokontroler Atmel AVR yang memiliki perbedaan dibanyaknya pin yang bisa digunakan[9].

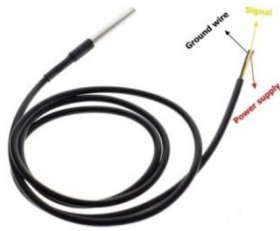


Gambar 3 Arduino Uno

2.5. Sensor Suhu DS18B20

Sensor Suhu DS18B20 adalah sebuah sensor suhu digital *one wire* atau hanya membutuhkan 1 pin jalur data komunikasi. Setiap sensor DS18B20 memiliki nomor seri 64-bit yang unik yang berarti kita dapat menggunakan banyak sensor pada bus daya yang sama (banyak sensor terhubung ke GPIO yang sama). Hal tersebut sangat berguna untuk logging data pada proyek pengontrolan suhu. DS18B20 adalah sensor yang bagus karena murah, akurat, dan sangat mudah digunakan[10]. DS18B20 menyediakan 9

hingga 12-bit hasil pembacaan. Jumlah bit tersebut dapat di konfigurasi. Hasil pembacaan dikirim ke atau dari DS18B20 melalui antar muka *one wire*. Power yang dibutuhkan untuk membaca, menulis, dan melakukan konversi suhu dapat diturunkan dari jalur data itu sendiri tanpa memerlukan sumber daya eksternal.



Gambar 4 Sensor Suhu DS18B20

2.6. Relay Modul

Relay adalah Saklar (*Switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen *Electromechanical* yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (Coil) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/*Switch*). Relay menggunakan Prinsip Elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi[11].



Gambar 5 Relay

2.7. (Liquid Crystal Display) LCD 16x2

LCD adalah suatu jenis media display (tampilan) yang menggunakan kristal cair (*Liquid Crystal*) untuk menghasilkan gambar yang terlihat. Ketika arus mengenai kristal tersebut, maka kristal menjadi buram dan menghalangi cahaya *Backlight* yang berada dibelakang layar. Akibatnya, daerah tertentu akan menjadi lebih gelap dibandingkan dengan daerah lain. Sehingga, karakter yang dibentuk

dapat terlihat. Jenis LCD 16x2 ini dapat menampilkan 32 karakter ASCII dalam 2 baris, setiap baris dapat memuat 16 karakter. Dan jika dilihat lebih teliti lagi, maka setiap kotak untuk menampilkan karakter tersebut terdapat susunan grid 5x8 piksel. LCD 16x2 memiliki beberapa pin, apabila sudah terdapat modul LCD pin-pin tersebut menjadi 4 pin yaitu pin VCC, pin GND, pin SDA dan pin SCL seperti pada gambar 6[12].



Gambar 6 LCD 16x2

2.8. Modul Peltier

Peltier adalah sebuah komponen berbentuk lempengan yang sering kali dimanfaatkan untuk menciptakan efek dingin maupun panas pada alat tertentu. Komponen elektronika yang bisa menghasilkan efek peltier adalah *Thermo Electric Cooler* atau biasa disingkat TEC. Cara kerja TEC adalah dengan mengalirkan listrik dari tipe semikonduktor positif, menuju tipe yang negatif melalui logam yang bersifat menghantarkan listrik. Proses pengaliran listrik ini mengakibatkan salah satu sisi yang berpotensi terkena tegangan negatif akan menjadi dingin. Sebaliknya, sisi lainnya yang potensial terkena tegangan positif akan menjadi tempat keluarnya panas. Pada sisi yang dingin, bias diatur dengan tegangan tertentu agar menghasilkan suhu dingin yang diinginkan[13].



Gambar 7 Peltier

2.9. Pompa Air DC 12 Volt

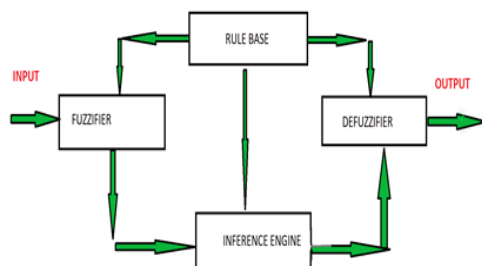
Pompa air DC 12 Volt adalah pompa bertekanan tinggi, dengan kapasitas tekanan hingga mencapai 100 PSI (6.2 Bar). Dengan besarnya tekanan yang dimiliki pompa air DC, pompa DC cocok digunakan untuk keperluan pompa cuci motor, erator pada aquarium, dan lain sebagainya. Pompa air DC berfungsi untuk mengambil air dengan hasil yang cepat dan mudah melebihi kapasitasnya dengan cara pengambilan tangan yang dilakukan oleh seseorang dengan cara mengangkatnya dengan timba yang diambil dari sumbernya yang dipegang dengan tangan[14].



Gambar 8 Pompa DC

2.10. Fuzzy Logic

Fuzzy Logic adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang *input* ke dalam ruang *output* dengan bentuk logika bernilai banyak di mana nilai kebenaran variable dapat berupa bilangan real antara 0 dan 1 ke duanya infusif. Ini digunakan untuk menangani konsep kebenaran parsial, di mana nilai kebenaran dapat dihasilkan antara benar sepenuhnya dan sepenuhnya salah. Sebaiknya, dalam logika Boolean, nilai kebenaran variable hanya boleh berupa nilai integer 0 atau 1. Sistem tradisional dibuat untuk mengontrol keluaran tunggal yang berasal dari beberapa masukan yang tidak saling berhubungan[15].



Gambar 9 Fuzzy Logic

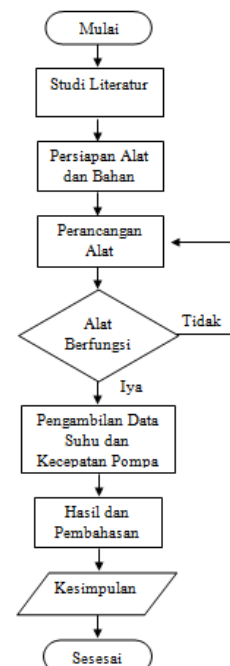
3. METODE PENELITIAN

3.1. Perancangan Skema Keseluruhan

Proses perancangan sistem pendingin photovoltaik ini terdapat beberapa bahan dan komponen yang menjadi penunjang dimana semua dapat dilihat sebagai berikut:

1. Photovoltaik berfungsi mengubah energi Cahaya matahari menjadi energi Listrik.
2. Sensor suhu berfungsi mendeteksi temperature suhu pada photovoltaik, kemudian hasil dikirim terhadap Arduino.
3. Arduino sebagai mikrokontroller yang digunakan untuk memprogram dan mengelolah data.
4. Relay berfungsi saklar on/off otomatis pada pompa DC.
5. Pompa DC sebagai output mengalirkan air pada selang pendingin photovoltaik.
6. Peltier berfungsi untuk mendinginkan air supaya pendinginan bisa maksimal.
7. Power Supply (Step Down) berfungsi memberikan tegangan terhadap beberapa modul komponen.
8. Laptop berfungsi untuk membuat program arduino.

Pada bagian ini akan menjelaskan bagaimana sistem alat yang dibuat, proses kerja sistem ini dijelaskan melalui flowchart penelitian yang terdapat pada gambar 10

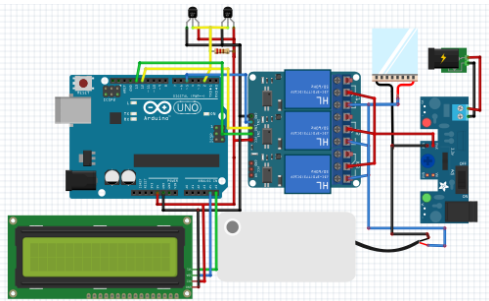


Gambar 10 Flowchart Penelitian

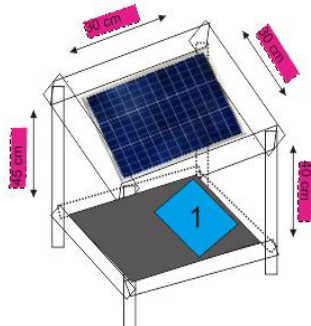
Gambar 10 yaitu alur sistem pendingin, dimana photovoltaik yang terkena cahaya matahari dan suhu yang diterima oleh photovoltaik melebihi di atas rata-rata nilai yang ditentukan, maka sensor suhu secara otomatis mendeteksi terhadap mikrokontroler sehingga mikrokontroler dapat mengelolah data yang didapat dari sensor suhu, dan secara otomatis akan mengendalikan motor DC, buck converter dan pompa air, sehingga air dapat mengalir dan mendinginkan photovoltaik sesuai data dan perhitungan *fuzzy logic* suhu yang diterima.

3.2. Perancangan Rangkaian Keseluruhan

Untuk perancangan perangkat keras pada sistem yang akan dibuat ini dilakukan perancangan pada beberapa komponen elektronik yang nantinya akan saling terhubung dan terintegrasi membentuk suatu sistem monitoring dan kendali dengan tujuan hasil rancangan sistem dapat berkerja dengan baik. Adapun rangkaian keseruruhan sistem yang dapat dilihat pada gambar 11. Sedangkan untuk desain pendinginnya dapat dilihat pada gambar 12



Gambar 11 Rangkaian Keseluruhan



Gambar 12 Desain Alat Pendingin

3.3. Perancangan Fuzzy Logic

Dalam perancangan *fuzzy* metode yang digunakan adalah mamdani yang akan dilakukan beberapa tahapan sesuai dengan

landasan teori, tahapan yang pertama Fuzzifikasi atau keanggotaan *fuzzy*, tahapan kedua Inferensi atau penalaran *fuzzy* dan tahapan ketiga yaitu Defuzzifikasi atau mengubah *fuzzy output* menjadi *crisp* berdasarkan fungsi keanggotaan. Berikut penjelasan mengenai Fusifikasi, Inferensi dan Defuzzifikasi:

3.3.1 Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan proses yang dilakukan dengan mengtransformasi *input* himpunan tegas (*crisp*) kedalam himpunan *fuzzy*. Hal ini dilakukan karena *input* yang digunakan awalnya adalah dalam bilangan tegas (*real*) dari suatu himpunan tegas (*crisp*). Himpunan *fuzzy* ini didasarkan pada tingkatan linguistiknya yang dikelompokkan dalam suatu variabel *fuzzy*. Untuk sistem pengendalian aliran air sebagai pendingin pada panel surya menggunakan satu *input*-an yang akan di *fuzzifikasi*-kan kedalam himpunan dan fungsi keanggotaan *fuzzy*. Dengan *input*-an yang ada dari sensor suhu yang terdapat pada panel surya. Dimasukan nilai *linguistic* sebanyak tiga buah untuk sensor suhu panel surya yaitu Dingin (D), Hangat (H) dan Panas (P). Nilai karakter *linguistic* bisa lihat pada table:

Tabel1 Nilai Fuzzifikasi

| No | Tipe Suhu | Nilai Suhu yang ditentukan (°C) |
|----|-----------|---------------------------------|
| 1 | Dingin | 10 - 25 |
| 2 | Hangat | 15 - 30 |
| 3 | Panas | 20 - 35 |

3.3.2 Infernsi

Merupakan proses matrik FAM dalam menentukan nilai maksimal atau nilai minimal pada pengeluaran yang diinginkan. Pemrosesan infrensi menggunakan penilaian maksimal dan minimal.

3.3.3 Defuzzifikasi

Dimana proses penentuan *rule* atau grafik keanggotaan dalam penentuan pengeluaran *fuzzy* yang diinginkan Tabel

Table 2 Rule Fuzzy

| |
|----------------------|
| Rule output Pompa DC |
| Temperature Dingin – |

| |
|---------------------------------------|
| KecepatanLambat |
| Temperature Hangat – Kecepatan Sedang |
| Tempereture Panas – KecepatanCepat |

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

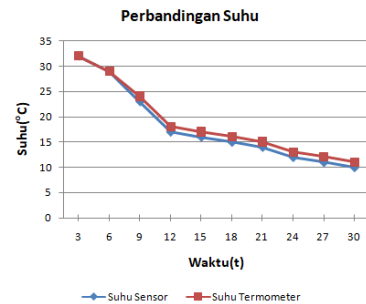
Pada bagian ini akan menampilkan beberapa pengujian tertentu dan data-data hasil dari pengujian photovoltaik menggunakan sistem pendingin dan photovoltaik tanpa sistem pendingin.

4.1. Pengujian Sensor Suhu DS18B20

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja sensor dan hasil suhu yang didapat dari sensor, pengujian sensor suhu bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi dari data dan hasil pengukuran sensor suhu, sehingga hasil dan pengujian sensor terhadap alat mampu mendapatkan data yang valid serta untuk mengetahui apakah alat sudah berkerja dengan yang diharapkan. Pengujian ini akan dibandingkan dengan sensor suhu yang lain, sensor suhu yang digunakan untuk membandingkan yaitu termometer digital. Perbandingan ini bertujuan agar terlihat lebih jelas perbandingan suhu asli dengan suhu dari alat pendingin photovoltaik menggunakan metode *fuzzy logic*, serta lebih jelas tingkat keakurasiannya dan eror terhadap sensor suhu masing-masing.

Tabel3 Nilai Pengujian Sensor

| No | Suhu Sensor DS18B20 (°C) | SuhuTermometer Digital (°C) | Efesiensi Selisih(°C) |
|-----------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| 1 | 32 | 32 | 0 |
| 2 | 29 | 29 | 0 |
| 3 | 23 | 24 | 1 |
| 4 | 17 | 18 | 1 |
| 5 | 16 | 17 | 1 |
| 6 | 15 | 16 | 1 |
| 7 | 14 | 15 | 1 |
| 8 | 12 | 14 | 1 |
| 9 | 11 | 12 | 1 |
| 10 | 10 | 11 | 1 |
| Rata-rata | 17,9 | 18,8 | 0,8 |



Gambar 13 Grafik Pengujian Sensor

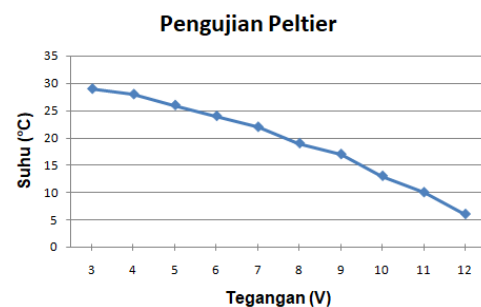
Pada gambar 13 dimana perbandingan suhu dari sensor DS18B20 dan termometer digital, grafik tersebut semakin menurun karena pengujian diletakan pada suhu rendah, namun ada perbedaan antara sensor DS18B20 dengan termometer digital yaitu pada saat penurunan suhu terlihat pada nilainya yaitu berselilih 0.8°C.

4.2. Pengujian Peltier

Pada pengujian ini, peltier mendapat *input* tegangan dan arus yang berbeda-beda sehingga bisa mendapatkan *output* suhu yang optimal supaya photovoltaik mendapatkan pendinginan yang maksimal. Hasil pengujian peltier dengan *input* tegangan yang berbeda dan arus sebesar 10A terlihat pada tabel dan grafik berikut:

Tabel4 Nilai Pengujian Peltier

| No | Tegangan (V) | Waktu (t) | Suhu (°C) |
|----|--------------|-----------|-----------|
| 1 | 3 | 30 | 29 |
| 2 | 4 | 30 | 28 |
| 3 | 5 | 30 | 26 |
| 4 | 6 | 30 | 24 |
| 5 | 7 | 30 | 22 |
| 6 | 8 | 30 | 19 |
| 7 | 9 | 30 | 17 |
| 8 | 10 | 30 | 13 |
| 9 | 11 | 30 | 10 |
| 10 | 12 | 30 | 6 |



Gambar 14 Grafik Pengujian Sensor

4.3. Pengujian dan perhitungan fuzzy logic

Dalam penelitian ini peneliti menggunakan variabel satu himpunan fuzzy, variabel *input* himpunannya yaitu nilai dari suhu, sedangkan variabel *output* himpunannya yaitu kecepatan pompa (kecepatan laju air). Proses pengujian fuzzy logic ini diterapkan pada serial ploter yang terdapat pada arduino IDE.

4.3.1 Pembentukan (fuzzyfikasi)

Pada fungsi keanggotaan himpunan fuzzy (fuzifikasi) terdapat dua variabel yaitu variabel *input* dan *output*, pembentukan variabel *input* dan *output* fuzzy logic dalam sistem FIS.

Table 5 Nilai Himpunan Suhu (variabel *input*)

| Himpunan | Suhu (°C) | | |
|----------|-----------|----|----|
| Dingin | 10 | 20 | 25 |
| Hangat | 20 | 25 | 30 |
| Panas | 25 | 30 | 40 |

Table 6 Nilai Himpunan Pompa DC (variabel *output*)

| Himpunan | Kecepatan (Rpm) | | |
|----------|-----------------|-----|-----|
| Lambat | 50 | 100 | 150 |
| Sedang | 100 | 150 | 200 |
| Cepat | 150 | 200 | 250 |

4.3.2 Pembentukan infensi (fuzzy rule)

Pembentukan aturan fuzzy, dari satu variabel *input* dan satu variabel *output* yang telah didefinisikan dengan melakukan analisa data terhadap batas dari tiap-tiap himpunan fuzzy pada masing-masing variabel menghasilkan 3 aturan fuzzy yang akan digunakan dalam penelitian ini.

4.3.3 Defuzzifikasi

Bedasarkan rule yang sudah diterapkan maka diperoleh rule view untuk mensimulasikan hasil yang ingin diperoleh melalui uji coba, hasil dari rule yang sudah ditetapkan masing-masing mempunyai *output* yang berbeda, seperti yang terlihat pada tabel dibawah:

Table 7 Nilai Defuzzifikasi

| No | Input/Suhu (°C) | Output/Kecepatan Pompa (Rpm) |
|----|-----------------|------------------------------|
| 1 | 15 | 50 |
| 2 | 20 | 80 |
| 3 | 25 | 100 |

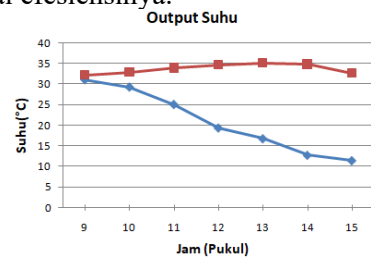
| | | |
|---|----|-----|
| 4 | 35 | 200 |
| 5 | 40 | 250 |

4.4 Pengujian Keseluruhan

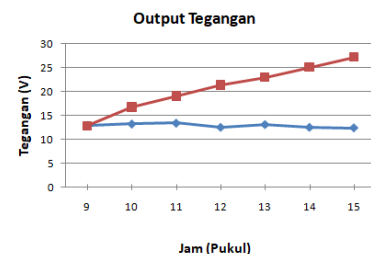
Pengujian photovoltaik ini bertujuan untuk membandikan nilai *output* tegangan dan nilai *output* suhu yang dihasilkan oleh photovoltaik tanpa alat pendingin photovoltaik dan nilai *output* tegangan dan nilai *output* suhu yang dihasilkan oleh photovoltaik dengan alat pendingin photovoltaik.

4.4.1 Pengujian dengan alat pendingin dan tanpa alat pendingin

Pengujian photovoltaik tanpa alat pendingin hanya ada photovoltaik yang berukuran 40x20 cm setara dengan 10 Wp serta multimeter dan thermometer digital untuk mengetahui nilai *output*-nya. Pengujian photovoltaik dengan alat pendingin hanya ada photovoltaik yang berukuran 40x20 cm setara dengan 10 Wp serta multimeter, thermometer digital untuk mengetahui nilai *output*-nya, photovoltaik yang diuji sudah terpasang dengan alat pendingin photovoltaik. Perbandingan nilai *output* dari photovoltaik tanpa alat pendingin dan photovoltaik dengan alat pendingin yang akan diambil yaitu nilai *output* tegangan, nilai suhu yang dihasilkan serta nilai efisiensinya.



Gambar 15 Grafik Pengujian Suhu



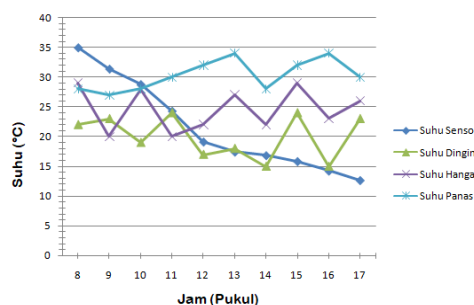
Gambar 16 Grafik Pengujian Tegangan

4.4.2 Hasil pengujian alat sistem pendingin photovoltaik

Hasil data dari alat pendingin photovoltaik yang aktif dan terukur dari pukul 09.00 sampai pukul 16.00, poin nilai yang diambil yaitu pada selisih 40 menit. Nilai dari suhu sensor dihasilkan dari alat pendingin photovoltaik yang aktif.

Table 8 Nilai Pengujian Keseluruhan

| No | Suhu Dingin (°C) | Suhu Hangat (°C) | Suhu Panas (°C) | Suhu Sensor (°C) |
|----|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| 1 | 22 | 29 | 28 | 35 |
| 2 | 23 | 20 | 27 | 31,4 |
| 3 | 19 | 28 | 28 | 28,8 |
| 4 | 24 | 20 | 30 | 24,3 |
| 5 | 17 | 22 | 32 | 19,1 |
| 6 | 18 | 27 | 34 | 17,4 |
| 7 | 15 | 22 | 28 | 16,8 |
| 8 | 24 | 29 | 32 | 15,8 |
| 9 | 15 | 23 | 34 | 14,2 |
| 10 | 23 | 26 | 30 | 12,6 |
| | 20 | 24,6 | 30,3 | 21,5 |



Gambar 17 Grafik Pengujian Keseluruhan

Alat sistem pendingin photovoltaik yang aktif, terukur selama 10 jam, pengujian mulai pukul 08.00 sampai pukul 17.00. Hasil pada grafik garis berwarna biru muda yaitu suhu panas yang nilainya yaitu 25,30,40, hasil grafik garis berwarna ungu yaitu suhu hangat yang nilainya yaitu 20,25,30, hasil pada grafik garis berwarna hijau yaitu suhu dingin nilainya yaitu 10,20,25, hasil grafik garis berwarna biru tua yaitu suhu sensor DS18B20 yang menempel pada bagian belakang photovoltaik nilainya dihasilkan dari sensor suhu itu sendiri yang ditampilkan pada monitor modul LCD, grafik garis sensor DS18B20 terlihat semakin menurun karena disebabkan adanya alat sistem pendingin photovoltaik yang aktif.

5. KESIMPULAN

Bedasarkan desain rangkaian sistem pendingin pada gambar 11 dan 12 terdapat komponen yang menjadi faktor penting berjalannya sistem, photovoltaik 10 WP sebagai sumber kelistrikan, Aduino UNO sebagai pengelolah data, Sensor DS18B20 sebagai penentu suhu, LCD I2C sebagai display nilai suhu dan kecepatan pompa, Relay sebagai saklar otomatis pada sistem, Peltier sebagai pendingin dan Pompa DC yang berfungsi mengairkan air melalui pipa aluminium pada bagian bawah photovoltaik. Pada tabel 10 dan gambar 17 adalah hasil pengujian dari alat sistem pendingin.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. S. Sunardi, A. H. Su'udy, A. Cundoko, and D. T. Istiantara, "Optimalisasi Pemanfaatan Shm (Solar Home System) Sebagai Pembangkit Energi Listrik Ramah Lingkungan," *Eksergi*, vol. 17, no. 2, p. 76, 2021, doi: 10.32497/eksergi.v17i2.2165.
- [2] Q. Hidayati, N. Yanti, and N. Jamal, "Sistem Pembangkit Panel Surya Dengan Solar Tracker Dual Axis Dual Axis Solar Tracking System for Power Generation," *Semin. Nas. Inov. Teknol. Terap.*, pp. 68–75, 2020.
- [3] P. Studi, T. Elektro, U. Pamulang, J. Witana, H. No, and P. Bar, "Implementasi mikrokontroler sistem proteksi pada amplifier," vol. 13, no. 3, pp. 1211–1222.
- [4] D. Hariyanto, K. Pertiwi, I. Ghazali Yasmint, and Y. Khairani Dalimunthe, "Studi Distribusi Elektron pada Semikonduktor Tipe N dan P sebagai Penyusun Transistor," *J. Sci. Technol. Virtual Cult.*, vol. 1, no. 1, pp. 23–28, 2021.
- [5] G. M. dwi Putra, H. I. Lailatun, R. Sabani, and D. A. Setiawati, "Sistem Otomasi Photovoltaic pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Berbasis Mikrokontroler Arduino skala lab," *J. Tek. Pertan. Lampung (Journal Agric. Eng.)*, vol. 8, no. 2, p. 130, 2019, doi: 10.23960/jtep-l.v8i2.130-138.
- [6] D. Almanda and D. Bhaskara, "Studi Pemilihan Sistem Pendingin pada Panel Surya Menggunakan Water Cooler, Air Mineral dan

- Air Laut,” *Resist. (elektRONika kEndali Telekomun. tenaga List. kOMputeR)*, vol. 1, no. 2, p. 43, 2018, doi: 10.24853/resistor.1.2.43-52.
- [7] Y. Y. T. Seran, B. Pasangka, and H. I. Sutaji, “Karakteristik Paparan Radiasi Sinar Ultraviolet A (UV-A) dan Cahaya Tampak di Kota Kupang,” *J. Biotropikal Sains*, vol. 15, no. 3, pp. 49–56, 2018.
- [8] I. M. Arifana, “Rancang Bangun Power Supply Switching Dengan Proses Elektropleting Logam,” *Skripsi, Univ. Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim*, 2016.
- [9] R. Chen, W. Zhai, and Y. Qi, “Mechanism and technique of friction control by applying electric voltage. (II) Effects of applied voltage on friction,” *Mocaxue Xuebao/Tribology*, vol. 16, no. 3, pp. 235–238, 1996.
- [10] M. B. R. Huda and W. D. Kurniawan, “ANALISA SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATUR MENGGUNAKAN SENSOR DS18B20 BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO Muhammad Bagus Roudlotul Huda Wahyu Dwi Kurniawan Abstrak,” *J. Tek. Mesin*, vol. 07, pp. 18–23, 2022.
- [11] M. Saleh and M. Haryanti, “Rancang Bangun Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Relay,” *J. Teknol. Elektro, Univ. Mercu Buana*, vol. 8, no. 2, pp. 87–94, 2017, [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/141935-ID-perancangan-simulasi-sistem-pemantauan-p.pdf>
- [12] M. Imam, E. Apriaskar, and Djunaidi, “Pengendalian Suhu Air Menggunakan Sensor Suhu DS18B20,” *J. J-Ensitem*, vol. 6, no. 1, pp. 347–352, 2019.
- [13] E. Yudianto, S. Adiwidodo, and R. N. A. Takwim, “P-31 pemanfaatan peltier sebagai sistem pendinginan untuk,” 2020.
- [14] G. Change *et al.*, “No Title,” *Pap. Knowl. Towar. a Media Hist. Doc.*, vol. 3, no. 2, p. 6, 2021.
- [15] M. S. K. N. A. M. Abbas, “Fuzzy Logic Based Hydro-Electric Power Dam Control System,” *Ijser*, vol. 2, no. 6, pp. 1–8, 2011, [Online]. Available: http://www.ijser.org/onlineResearchPaperViewer.aspx?Fuzzy_Logic_Based_Hydro-Electric_Power_Dam_Control_System.pdf