

# Sistem Audit Energi Untuk Panel Surya Dengan Logika Fuzzy

(*Energy Audit System for Solar Panels with Fuzzy Logic*)

Yusril Ihza, I Wayan Agus Arimbawa, I Gede Putu Wirarama Wedashwara W\*.

Dept Informatics Engineering, Mataram University  
Jl. Majapahit 62, Mataram, Lombok NTB, INDONESIA  
Email: ikhazay@gmail.com, arimbawa@unram.ac.id, wirarama@unram.ac.id

\*Penulis korespondensi

**Abstract** Solar panels are alternative energy that utilizes the intensity of the sun as its energy source. The EBT (Renewable Energy) Laboratory of Electrical Engineering at the University of Mataram is currently still measuring conventionally using a multimeter. Measurements are carried out to record the output of solar panels. It takes a tool to be able to measure the output of solar panels continuously and in realtime so that the energy obtained by solar panels can be known with certainty. The tool is made using a current sensor, voltage sensor, and temperature sensor and a microcontroller as a control to retrieve sensor data and then send it to the database using the MQTT protocol. Data on the database is presented in the form of a fuzzy database system and fuzzy queries are performed on the system. Data is collected from 08.00 to 17.00 for one week to get more accurate data. The measurement results and analysis will be displayed in the form of line diagrams with the WEB interface.

**Key words:** Solar panels, multimeters, realtime, fuzzy database systems, fuzzy queries.

## I. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi bertambah seiring perkembangan zaman. Energi listrik merupakan energi yang paling dibutuhkan saat ini. sumber energi listrik berasal dari sumber energi yang tidak dapat diperbaharui yakni sumber daya fosil seperti batu bara dan bahan minyak lainnya[1].

Solusi dari berkurangnya energi fosil yakni energi terbarukan. Energi terbarukan berasal dari proses alam yang berkelanjutan seperti tenaga surya[2]. Matahari merupakan sumber tenaga surya yang tidak dapat habis sehingga dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik dengan menggunakan alat konveksi cahaya yakni panel surya[3].

Saat ini panel surya dapat ditemukan pada rumah, kendaraan, lampu jalan dan lain sebagainya sebagai sumber pembangkit listrik. energi yang dihasilkan panel surya tergantung kondisi lingkungan seperti suhu, arah datang matahari dan intensitas cahaya matahari. Kondisi lingkungan yang sering berubah akan menyebabkan energi yang dihasilkan juga berubah[4].

Audit energi diartikan sebagai proses mengetahui tingkat efisiensi energi. Untuk dapat melakukan audit

energi, perlu diketahui data hasil energi dan data penggunaan energi. Sehingga perlu dilakukan pengukuran terlebih dahulu untuk dapat mengetahui data hasil energi, dalam hal ini panel surya. Data yang diukur pada panel surya berupa data tegangan, arus dan suhu. Lab EBT (Energi Baru Terbarukan) Teknik Elektro Universitas Mataram saat ini masih menggunakan cara konvensional untuk mengukur energi yang dihasilkan panel surya yakni menggunakan multimeter. Pengukuran dilakukan dengan tujuan untuk mencatat *output* dari panel. Sehingga cara ini tidak dapat mengukur *output* yang dihasilkan secara terus menerus. Untuk itu diperlukan adanya alat yang dapat mengukur dan mencatat *output* panel surya secara *realtime*.

Pengiriman data dilakukan menggunakan protokol MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) yang memiliki *header* berukuran kecil sehingga tidak banyak mengonsumsi daya[5].

Penelitian ini menggunakan *fuzzy database system* dalam menghasilkan informasi. Data yang didapat akan disajikan dalam bentuk *fuzzy database system* untuk dapat melakukan *fuzzy query database*[6]. *Fuzzy query database* dilakukan dengan cara membuat suatu *fuzzy query* terhadap *database* dimana *query* tersebut terdapat variabel yang bernilai *fuzzy*[7].

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian terkait pengambilan data energi panelsurya. Pertama penelitian tentang pengaruh temperatur terhadap tegangan yang dihasilkan panel surya monokristalin dengan menggunakan multimeter selama 2 jam. *Output* yang dihasilkan berupa tegangan, arus dan suhu menggunakan sensor suhu. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa intensitas cahaya matahari rata-rata tinggi pada bulan September sampai bulan Desember sedangkan musim hujan terjadi dibulan Januari sampai Maret[8].

Penelitian kedua tentang sistem monitoring panel surya dengan atmega328 dan RTC ds1307. *Output* pada penelitian ini berupa arus, tegangan, suhu dan kelembaban secara *realtime*. Data diambil mulai pukul 08.00 sampai 16.00 selama 3 hari kemudian data. Kesimpulan yang didapat antara lain :

1. Kelembaban udara berbanding terbalik dengan suhu udara. Semakin tinggi suhu udara maka semakin kecil kelembabannya.
  2. Suhu lingkungan berbanding lurus dengan tegangan panel surya karena terdapat hubungan tidak langsung antara suhu lingkungan dan *output* dari modul surya.
  3. *Output change controller* selalu lebih kecil dari *output* tegangan panel. *Output* pada panel surya selalu tidak stabil sehingga tanpa *change controller* baterai akan rusak oleh *overcharging* dan ketidakstabilan tegangan.
- Data hasil penelitian di simpan dalam micro SD setiap 15 menit sekali dalam bentuk TXT dan pengamatannya dilakukan menggunakan *microsoft excel*[4].

Penelitian ketiga tentang pemantauan parameter panel surya menggunakan arduino secara *realtime*. Parameter yang diuji adalah tegangan dan arus dengan mengirimkan datanya melalui aplikasi PLX-DAQ yang terintegrasi dengan *spreadsheet excel* dan SD-card sebagai penyimpanan cadangan. Penelitian dilakukan dengan memberikan beban 50 watt yang terhubung secara seri[9]. Hasil penelitian dengan beban yang diberikan adalah jika tegangan yang dihasilkan 6 V dan arus 2200 mA maka daya yang dihasilkan adalah 13,2 watt[9].

Penelitian keempat tentang implementasi *fuzzy query* pada *database* untuk pengolahan data obat berbasis aplikasi *desktop* dengan data yang disajikan dalam bentuk *fuzzy database* sistem. Tujuannya agar manager dapat mengambil keputusan obat mana yang harus tersedia di Apotek dan yang tidak harus tersedia berdasarkan hasil fuzzyfikasi yang dilakukan pada sistem[7].

Dari beberapa literatur di atas, sistem yang akan dibuat akan dapat mengukur tegangan, arus dan suhu lingkungan sekitar panel dengan data yang dikirim ke *database* dan disajikan dalam bentuk *fuzzy database system* untuk dapat melakukan *fuzzy query* pada *database*.

### III. METODE PENELITIAN

#### A. Perancangan Arsitektur sistem

Tahap perancangan arsitektur sistem dilakukan pengamatan sistem yang umumnya digunakan pada panel surya. Sistem saat ini masih menggunakan multimeter untuk mengukur *output* dari panel surya dapat dilihat pada Gambar 1. Arsitektur sistem saat ini pada Gambar 1, dapat dijelaskan sebagai berikut:

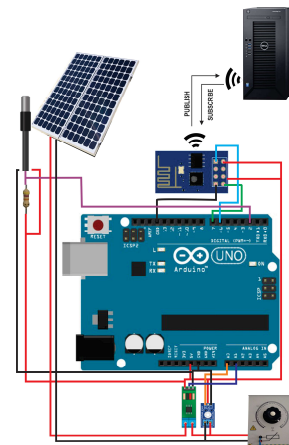
1. Panel surya membaca intensitas cahaya matahari untuk menghasilkan tegangan dan arus.
2. Multimeter digunakan untuk mengukur tegangan dan arus dari panel surya
3. Tegangan dan arus yang didapat akan dimasukkan kedalam *charge controller* untuk mengontrol *output* yang akan dimasukkan kedalam baterai agar tidak terjadi *overcharge*
4. *Output* dari *overcharge* masuk kedalam baterai dan inverter
5. Baterai digunakan untuk menyimpan daya yang dihasilkan

6. *Inverter* digunakan untuk mengubah arus DC ke AC yang akan disalurkan ke beban.



Gambar 1. Arsitektur Sistem Saat ini

Setelah melakukan pengamatan pada sistem saat ini maka akan dibangun rangkaian yang digunakan untuk mengukur *output* pada panel surya. Perancangan arsitektur sistem dapat digambarkan seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Perancangan Arsitektur Sistem

Rangkaian dari sistem untuk mengambil data dari panel surya sebagai berikut :

1. Ketika pengukuran dilakukan, sensor tegangan akan membaca tegangan yang didapat oleh panel kemudian dikirim ke dalam *database*.
2. Sensor tegangan berpengaruh terhadap suhu yang didapat pada panel surya sehingga data suhu juga dikirim ke dalam *database*
3. *Output* dari panel surya dihubungkan dengan sensor beban resistif dan sensor suhu dirangkai secara seri sebelum masuk ke beban resistif.
4. Pengiriman dilakukan oleh ESP8266 melalui *wifi* menggunakan protokol MQTT
5. ESP8266 bertindak sebagai *publisher* sedangkan *server* sebagai *subscriber*
6. Data yang telah disimpan dalam *database* akan dianalisis.

Alat yang digunakan pada rangkaian Gambar 2 antarlain :

#### 1. Arduino Uno

Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328. Memiliki 14 pin input dari output digital dimana 6 pin input tersebut dapat digunakan sebagai output PWM dan 6 pin input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, ICSP header, dan tombol reset. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup menghubungkan Board Arduino Uno ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC ke adaptor DC atau baterai untuk menjalankannya[10].

#### 2. Sensor Tegangan

Sensor tegangan menggunakan transformator tegangan sebagai penurun tegangan dari 220 ke 5 Volt AC kemudian disearahkan menggunakan jembatan diode untuk mengubah tegangan AC ke tegangan DC, kemudian di filter menggunakan kapasitor setelah itu masuk ke rangkaian pembagi tegangan untuk menurunkan tegangan, tegangan yang dihasilkan tidak lebih dari 5 Volt DC sebagai masukan ke *Microcontrolle*[10].

#### 3. Sensor Arus ACS712-30A

ACS712 merupakan suatu IC terpakat yang mana berguna sebagai sensor arus menggantikan transformator arus yang relatif besar dalam hal ukuran. Pada prinsipnya ACS712 sama dengan sensor efek hall lainnya yaitu dengan memanfaatkan medan magnetik disekitar arus kemudian dikonversi menjadi tegangan yang linier dengan perubahan arus. Nilai variabel dari sensor ini merupakan input untuk mikrokontroler yang kemudian diolah[10].

#### 4. Sensor Suhu DS18B20

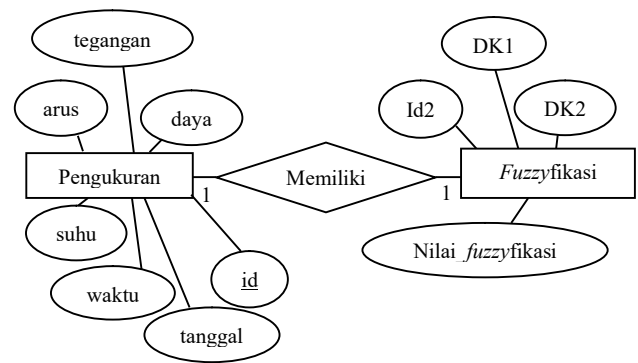
Sensor suhu DS18B20 adalah sensor suhu yang memiliki keluaran digital. DS18B20 memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi, yaitu 0,5°C pada rentang suhu -10°C sampai +85°C. Sensor suhu pada umumnya membutuhkan ADC dan beberapa pin Port pada microcontroller, namun DS18B20 ini tidak membutuhkan ADC agar dapat berkomunikasi dengan *microcontroller* dan hanya membutuhkan 1 kabel saja[11].

#### 5. Resistor 4,7 K

Digunakan sebagai *pull up* yakni untuk mengatasi kondisi floating yang terjadi pada suatu rangkaian agar menjadi terdefinisi ke sinyal *high* atau *low* sehingga data berhasil dibaca dengan baik.

### B. Basis Data

Perancangan basis data pada penelitian ini hanya menggunakan dua tabel yakni tabel pengukuran dan tabel fuzzifikasi yang berada dalam *database* panel. ERD dari sistem audit energi untuk panel surya digambarkan pada Gambar 3 :



Gambar 3. ERD Database Panel Untuk Sistem Audit Energi Panel Surya

### C. Pengujian dan Evaluasi

Pada tahap pengujian dan evaluasi akan dilakukan pengujian terhadap perangkat yang digunakan seperti ESP2866, dan Sensor.

1. Pengujian pertama pengujian terhadap sensor-sensor yang digunakan dengan melakukan proses kalibrasi. Kalibrasi dilakukan pada sensor tegangan, arus dan suhu.
2. Pengujian kedua pengujian terhadap ESP8266 dengan mencoba melakukan proses pengiriman data ke dalam *database* dengan menggunakan protokol MQTT. Jika pengujian yang dilakukan tidak sesuai, maka akan dilakukan proses analisis kebutuhan sistem kembali. Jika pengujian yang dilakukan telah sesuai maka akan dilakukan tahap selanjutnya yakni tahap implementasi.

### D. Implementasi

Pada Tahap implementasi dilakukan beberapa proses yakni :

1. Penyusunan perangkat dengan memasang sensor tegangan, arus dan suhu, sesuai dengan perancangan sistem.
2. Menghubungkan alat dengan panel surya dengan merangkai sensor tegangan secara paralel, sensor arus secara seri dan meletakkan sensor suhu di sekitar panel.
3. Menjalankan *server* yang digunakan untuk mengambil data.
4. Pengambilan data dilakukan selama 1 minggu.

### E. Analisis Data

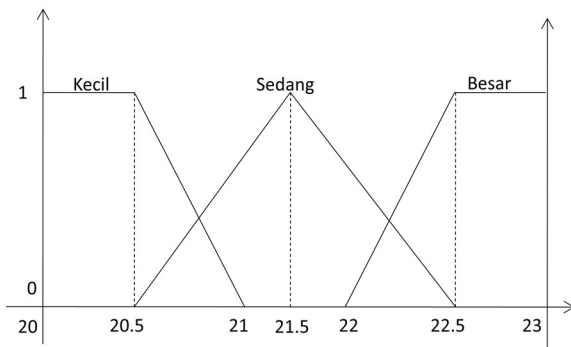
Analisis data dilakukan dengan menerapkan metode *Fuzzy query database* terhadap data yang telah disimpan pada *database*. Analisis data dilakukan dengan beberapa proses :

1. Fuzzyfikasi (*fuzzyfication*) yakni menentukan semua variabel serta himpunan yang terkait dalam proses yang akan ditentukan[12]. Terdapat empat variabel yang ada pada penelitian ini seperti pada Tabel I:

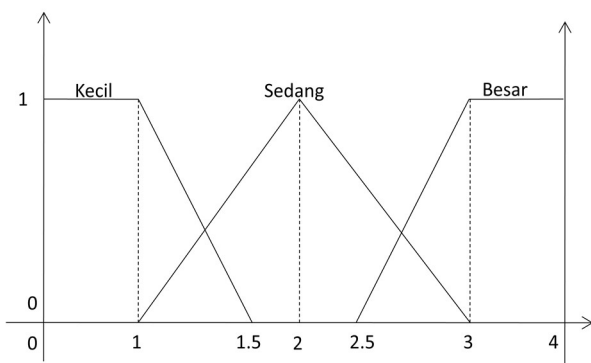
TABEL I. HIMPUNAN FUZZY

No	Variabel	Nama Himpunan fuzzy	Fungsi keanggotaan	Domain
1	Tegangan	Kecil	Linier Turun	[20 20 20,5 21]
		Sedang	Segitiga	[20.5 21.5 22.5]
		Besar	Linier Naik	[22 22,5 23 23]
2	Arus	Kecil	Linier Turun	[0 0 1 1,5]
		Sedang	Segitiga	[1 2 3]
		Besar	Linier Naik	[2,5 3 4 4]
3	Daya Listrik	Banyak	Linier Turun	[45 55 65 65]
		Cukup	Segitiga	[20 37.5 55]
		Sedikit	Linier Naik	[10 10 20 30]
4	Suhu	Rendah	Linier Turun	[23 23 25 27]
		Sedang	Segitiga	[25 28.5 32]
		Tinggi	Linier Naik	[30 32 34 34]

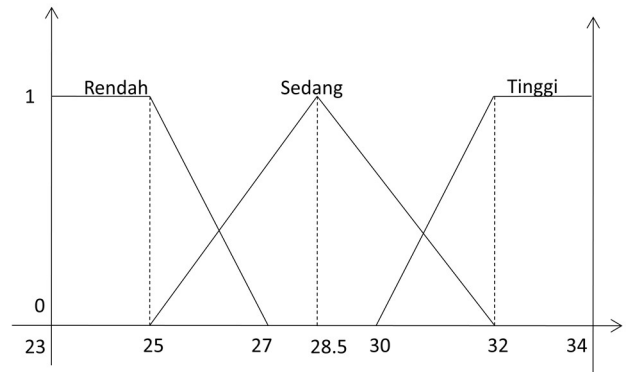
Berdasarkan Tabel I maka didapat grafik fungsi keanggotaan seperti pada Gambar 4, 5, 6 dan 7 :



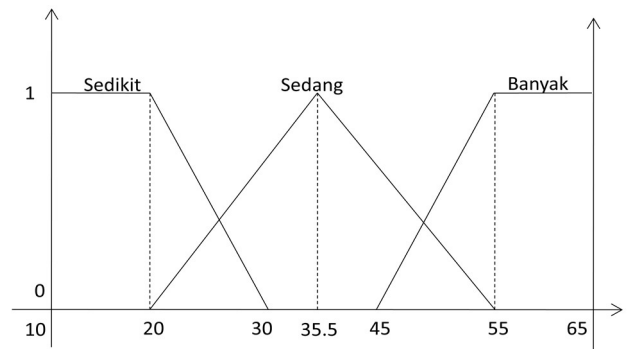
Gambar 4. Grafik Keanggotaan Tegangan



Gambar 5. Grafik Keanggotaan Arus

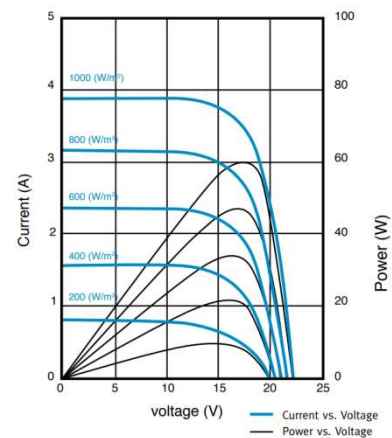


Gambar 6. Grafik Keanggotaan Suhu



Gambar 7. Grafik Keanggotaan Daya

Grafik fungsi keanggotaan himpunan fuzzy pada Gambar 4,5,6 dan 7 diperoleh dari *datasheet* panel surya yang diukur. Seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. *Datasheet* Karakteristik I-V Dengan Suhu 25°C

*Membership function* diperoleh dengan membagi *range* dari masing-masing parameter yakni *voltage*, *current* dan *power* sesuai dengan himpunan yang diinginkan.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian Sistem Audit Energi Untuk Panel Surya dengan Logika Fuzzy dapat dinyatakan bahwa realisasi dilakukan sesuai dengan perancangan yang dilakukan pada metode penelitian. Realisasi yang akan

dilakukan meliputi Realisasi Perangkat Keras, Realisasi Perangkat lunak, Realisasi Pembangunan *Database*.

*A. Realisasi Perangkat Keras*

Realisasi Perangkat keras dibangun sesuai dengan perancangan arsitektur yang diusulkan pada Gambar. Realisasinya dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Realisasi Perangkat Keras

Penjelasan dari Gambar 8 Sebagai berikut :

1. Sumber berupa adaptor 12V dengan maksimal arus 0,12A yang dihubungkan ke arduino dan kipas secara paralel.
2. Sensor tegangan dihubungkan dengan arduino sesuai pada Tabel II.

TABEL II. MENGHUBUNGKAN ARDUINO DENGAN SENSOR TEGANGAN

Arduino	Sensor Tegangan
Pin A0	Pin Out
GND	GND
5V	VCC

3. Sensor arus dihubungkan dengan arduino sesuai pada Tabel III.

TABEL III. MENGHUBUNGKAN ARDUINO DENGAN SENSOR ARUS

Arduino	Sensor Arus
Pin A1	Pin Out
GND	GND
5V	VCC

4. ESP8266 dihubungkan dengan arduino sesuai pada Tabel IV.

TABEL IV. MENGHUBUNGKAN ARDUINO DENGAN SENSOR ESP8266

Arduino	ESP8266
Pin 7	Pin TX
Pin 6	Pin RX
5V	VCC
5V	CH PD
GND	GND

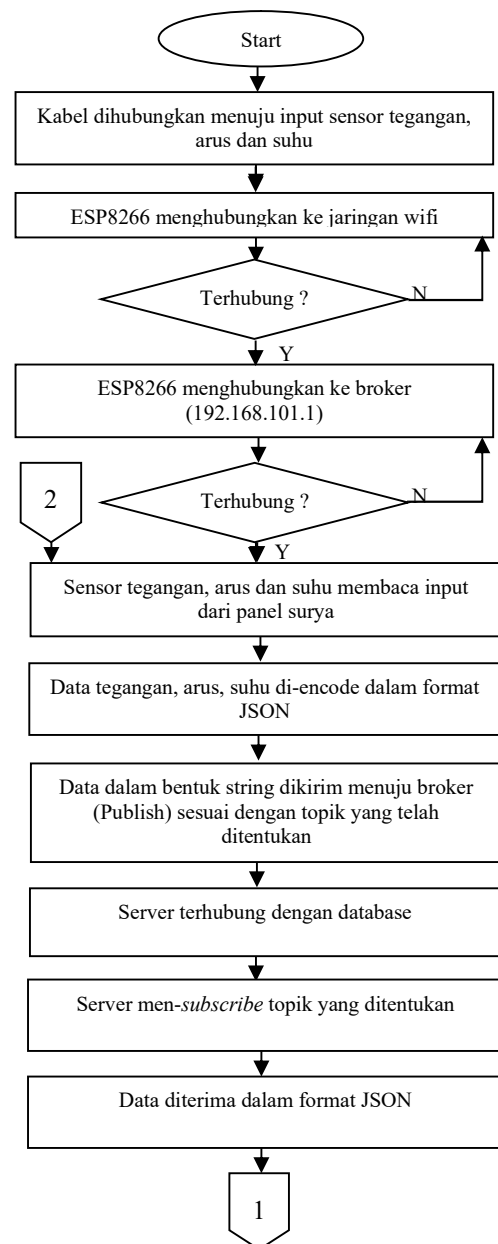
5. Sensor suhu dihubungkan dengan arduino sesuai pada Tabel V.

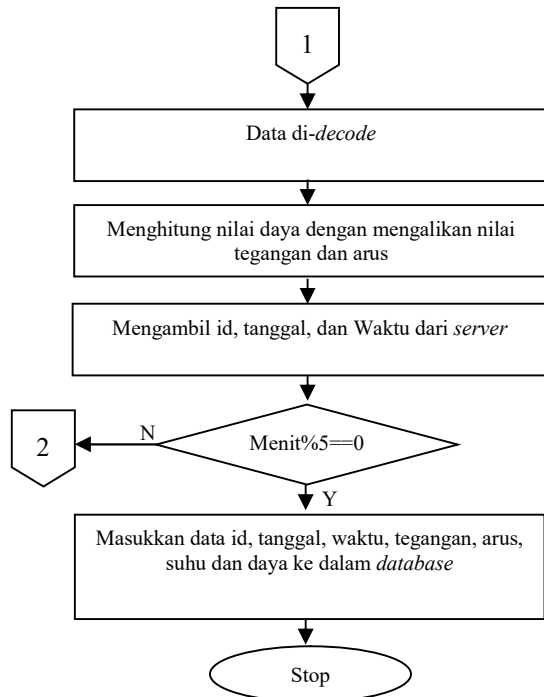
TABEL V. MENGHUBUNGKAN ARDUINO DENGAN SENSOR SUHU

Arduino	Sensor Suhu
Pin 2	Pin Out
GND	GND
5V	VCC

*B. Realisasi Perangkat Lunak*

Realisasi Perangkat Lunak dilakukan dalam dua tahap yakni program untuk alat yang sudah dirancang dan program untuk *interface* sistem. Tahap pertama membuat program untuk alat, alur program dapat dilihat pada Gambar 9.

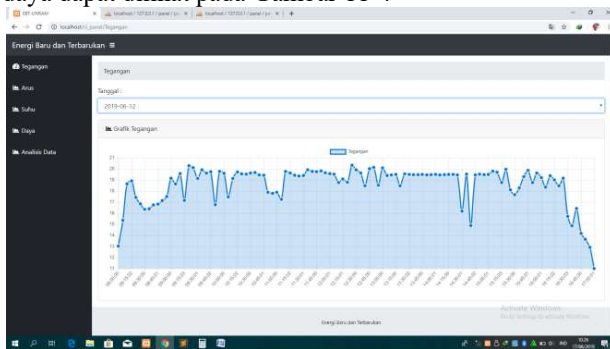




Gambar 10. Alur Program

Gambar 10 merupakan proses menghubungkan ESP8266 dengan server yang telah terinstal *mosquitto broker*, pengambilan data oleh sensor tegangan, arus dan suhu lalu mengirimkan data tersebut ke dalam database melalui protokol MQTT.

Tahap kedua yakni merancang *Interface* sistem menggunakan web service dengan bahasa PHP. Terdapat 4 halaman *interface* grafik yakni tegangan, arus, suhu dan daya dapat dilihat pada Gambar 11 :



Gambar 11. Interface Grafik Tegangan

### C. Realisasi Pembangunan Database

Realisasi pembangunan database dilakukan sesuai dengan gambar ERD pada Gambar 3. Realisasinya dapat dilihat pada Gambar 12.

```

    C:\WINDOWS\system32\cmd.exe - mysql
    MariaDB [panel]> show tables;
    +-----+
    | Tables_in_panel |
    +-----+
    | fuzzyfikasi     |
    | pengukuran      |
    +-----+
    2 rows in set (0.00 sec)

    MariaDB [panel]>
    
```

Gambar 12. Tabel Database panel

### D. Pengujian dan Evaluasi

Tahap pengujian merupakan tahap melakukan kalibrasi terhadap sensor tegangan, arus dan suhu. Pengujian dilakukan dengan mencari nilai galat relatif dengan membandingkan nilai alat ukur yang sebenarnya dengan nilai pembacaan sensor. Galat relatif dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Galat = \frac{|Nilai\ Eksak - Nilai\ Perkiraan|}{Nilai\ Eksak} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana :

- Nilai Eksak = Nilai dari alat ukur sebenarnya
- Nilai Perkiraan = Nilai dari sensor

Kalibrasi untuk masing elemen penyusun sistem telah dilakukan yakni :

#### 1. Kalibrasi Sensor Tegangan

Kalibrasi sensor tegangan dilakukan dengan menghubungkan sensor tegangan dengan power supply secara paralel. Hasil kalibrasi sensor tegangan dapat dilihat pada Tabel VI.

TABEL VI. KALIBRASI SENSOR TEGANGAN

No	Tegangan Power Supply	Sensor Tegangan	Galat Relatif (%)
1	5,00	5,06	1,20
2	6,00	6,06	1,00
3	7,00	6,99	0,14
4	8,00	7,99	0,12
5	9,00	8,99	0,11
6	10,00	9,95	0,50
Rata-rata			0,51

#### 2. Kalibrasi Sensor Arus

Kalibrasi sensor arus dilakukan dengan menghubungkan sensor arus dengan power supply secara seri kemudian menghubungkannya ke beban. Hasil kalibrasi sensor dapat dilihat pada Tabel VII.

TABEL VII. KALIBRASI SENSOR ARUS

No	Tegangan Power Supply	Arus Power supply	Sensor Arus	Galat Relatif (%)
1	5,00	0,47	0,49	4,26
2	6,00	0,57	0,58	1,75
3	7,00	0,66	0,67	1,52
4	8,00	0,76	0,75	1,32
5	9,00	0,86	0,83	3,49
6	10,00	0,96	0,92	4,17
Rata-rata				2,75



### 3. Kalibrasi Sensor Suhu

Kalibrasi sensor suhu dilakukan dengan mengukur suhu ruangan, air dingin, air biasa dan air hangat menggunakan termometer digital kemudian membandingkannya dengan hasil pembacaan sensor suhu dengan panjang kabel 1 meter dan 17 meter. Hasil kalibrasi sensor suhu dengan panjang kabel 1 meter dapat dilihat pada Tabel VIII.

TABEL VIII. KALIBRASI SENSOR SUHU DENGAN PANJANG 1 METER

No	Parameter	Termometer (°C)	Sensor Suhu (°C)	Galat Relatif (%)
1	Suhu Ruangan	27,3	28,69	5,09
2	Air Hangat	43,7	44,5	1,83
3	Air Biasa	31,7	31,12	1,83
4	Air Dingin	14,8	13,88	6,22
Rata-Rata				3,74

Hasil kalibrasi sensor suhu dengan panjang kabel 17 meter dapat dilihat pada Tabel IX.

TABEL IX. KALIBRASI SENSOR SUHU DENGAN PANJANG 17 METER

No	Parameter	Termometer (°C)	Sensor Suhu (°C)	Galat Relatif (%)
1	Suhu Ruangan	28,56	27,00	5,40
2	Air Hangat	22,60	23,19	2,61
3	Air Biasa	46,30	45,44	1,86
4	Air Dingin	15,50	14,53	6,86
Rata-Rata				4,20

Besar kecilnya ketelitian alat-alat ukur dibagi menjadi tiga yaitu Alat Cermat atau presisi (<0,5%), Alat Kerja ( $\pm 1-2\%$ ), dan Alat Ukur Kasar (>3%). Galat sendiri merupakan sumber variasi data yang tidak dapat dimasukkan ke dalam model, galat dikenal pula sebagai sesatan, pengotor, sisa, residu, atau *noise*. Pada sensor tegangan, arus dan suhu memiliki rata-rata galat dibawah 5%, jadi alat ukur tersebut termasuk golongan alat ukur kerja[4].

### E. Implementasi

Implementasi dilakukan dalam beberapa tahapan yakni:

#### 1. Instalasi Panel Surya

Instalasi dilakukan dengan memasang kabel junction box dari pada panel surya ke combiner box. Namun pada penelitian ini hanya menggunakan satu panel saja sehingga dilakukan jumper dari junction box ke combiner box.

#### 2. Menghubungkan kebel *output* panel ke beban (beban resistif)

Beban yang diberikan sebesar  $100\ \Omega$  yang langsung dihubungkan dengan kabel *output* dari *combiner box*.

#### 3. Memasang sensor suhu disekitar panel

Kabel pada sensor suhu diperpanjang sampai 17 meter. Kabel hitam (ground) dihubungkan dengan kabel warna coklat, kabel merah (positif) dihubungkan dengan kabel

warna putih dan kabel hijau (data) dihubungkan dengan kabel warna hijau

#### 4. Menghubungkan alat dengan rangkaian panel surya

Terdapat tiga input pada alat yakni sensor tegangan, sensor arus dan sensor suhu. Sensor tegangan memiliki 2 input yakni VCC (+) dan GROUND (-) dihubungkan secara paralel dengan rangkaian. Sensor arus memiliki dua input yang dihungkan dengan panel secara seri melalui kanel positif. Sensor suhu memiliki tiga input yakni VCC (+), Groud (-), dan data (in), masing-masing dihubungkan sesuai warna kabel yang telah ditentukan

#### 5. Menjalankan *server*

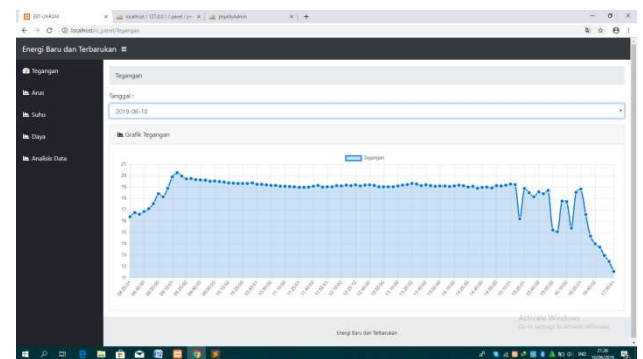
Pada tahap ini *server* dijalankan dengan mengaktifkan XAMPP dan broker MQTT yang telah diinstal pada *server*.

#### 6. Mengaktifkan alat

Alat diaktifkan dengan menghubungkan alat dengan sumber energi listrik lalu menyalakan saklar yang terdapat pada alat.

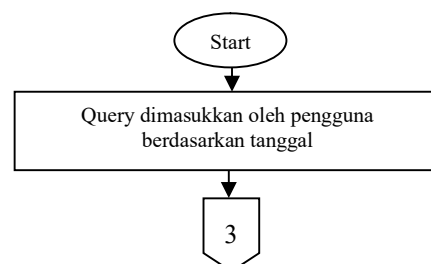
### F. Analisis Data

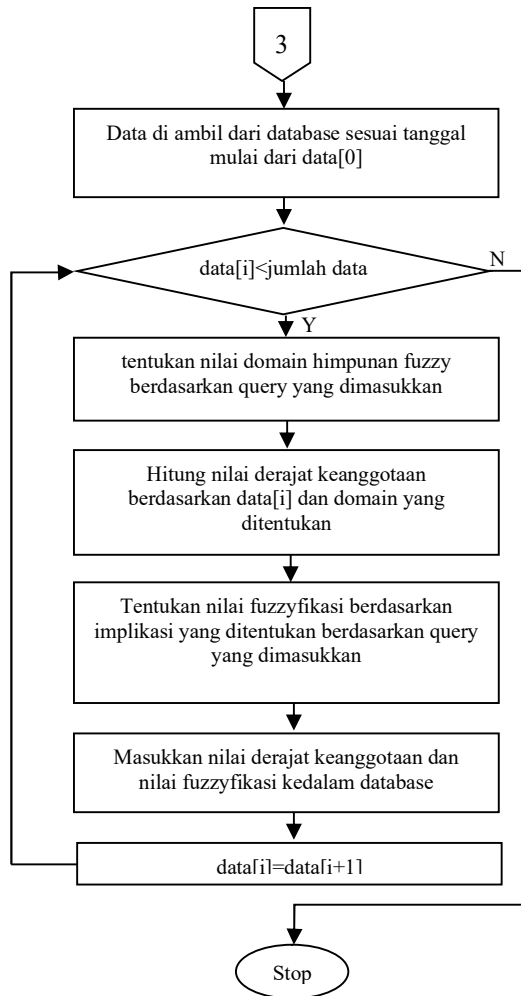
Data diambil selama 1 minggu dihitung dari tanggal 10 Juni 2019 sampai 16 Juni 2019 mulai dari pukul 08.00 WITA sampai pukul 17.00 WITA. Data yang didapat ditampilkan pada sistem berdasarkan tanggal dalam bentuk grafik.



Gambar 13. Grafik Tegangan Tanggal 10 Juni 2019

Untuk menganalisis data yang telah tersimpan pada *database*, dapat dipilih menu Analisis Data. Pada menu analisis data terdapat masukan berupa tanggal, tegangan, arus, suhu daya untuk menentukan *query database*. Alur program untuk menentukan hasil nilai fuzzyfikasi dapat dilihat pada Gambar 14.

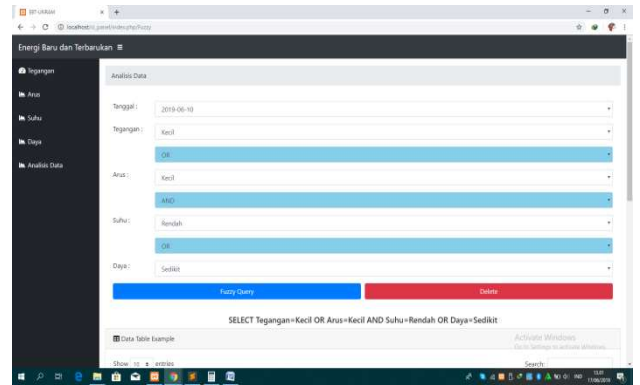




Gambar 14. Flowchart Menentukan Nilai Fuzzyfikasi

Berdasarkan Gambar 14, hasil perhitungan nilai fuzzyfikasi untuk tanggal 2019-06-10 dapat dilihat pada Gambar 15. Hasil ini diperoleh dengan memasukkan nilai tegangan kecil OR arus kecil AND suhu rendah OR daya sedikit, sehingga query database akan menjadi:

```
SELECT (tegangan=' kecil' OR
        arus=' kecil') AND
(suhu=' rendah' OR daya=' sedikit')
```



Gambar 15. Grafik Tegangan Tanggal 10 Juni 2019

Hasil analisis ditampilkan dalam bentuk tabel, seperti terlihat pada Gambar 16.

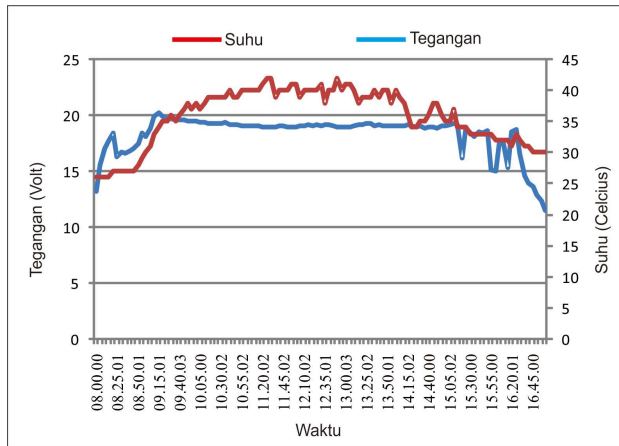
Gambar 16. Nilai Fuzzyfikasi

Gambar 16 merupakan gambar hasil analisis dimana data tersebut merupakan data hasil perhitungan fuzzyfikasi yang telah dimasukkan kedalam database fuzzyfikasi. Perhitungan nilai fuzzyfikasi dapat dilihat pada TABEL X. Pada TABEL X terdapat empat data dengan nilai fuzzyfikasi 0,5 yakni data 1, 2 3, dan 4. Hasil pengukuran tegangan, arus dan suhu memiliki perbandingan masing-masing. Perbandingan antara tegangan dan suhu dapat dilihat pada Gambar 17.

TABEL X. PERHITUNGAN FUZZYFIKASI

No	V	I	S	P	DKV	DKI	DKS	DKP	DK1	DK2	Nilai Fuzzyfikasi
1	13,2775	0,18768	26	2,49193	0	1	0,5	0	1	0,5	0,5
2	15,637	0,20784	26	3,24999	0	1	0,5	0	1	0,5	0,5
3	17,0541	0,2203	26	3,75701	0	1	0,5	0	1	0,5	0,5
4	17,7115	0,22756	26	4,03042	0	1	0,5	0	1	0,5	0,5
5	18,5075	0,23562	27	4,36073	0	1	0	0	1	0	0
6	16,3815	0,20504	27	3,35886	0	1	0	0	1	0	0
7	16,7482	0,213963	27	3,58351	0	1	0	0	1	0	0
8	16,6015	0,22536	27	3,74133	0	1	0	0	1	0	0
9	16,8461	0,231313	27	3,89671	0	1	0	0	1	0	0
10	17,0905	0,238321	27	4,07304	0	1	0	0	1	0	0

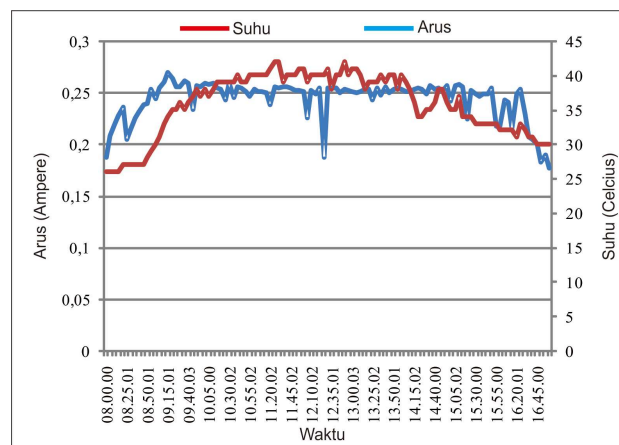




Gambar 17. Perbandingan Tegangan dengan Suhu

Secara umum hasil pengukuran tegangan berbanding lurus dengan suhu yang didapat semakin besar suhu, maka tegangan semakin besar pula. Dapat dilihat pada pukul 08.00 sampai pukul 19.10 grafik tegangan menunjukkan peningkatan mulai dari 13,2775 V sampai 19,9023 V seiring meningkatnya suhu. Suhu yang dihasilkan pada pukul 08.00 sampai 09.10 masih dibawah 33°C sedangkan mulai pukul 09.15 sampai pukul 15.15 dimana suhu diatas 34°C tegangan yang dihasilkan cukup stabil pada angka 19. Pada pukul 15.10 mulai terjadi penurunan tegangan seiring menurunnya suhu. Suhu yang dihasilkan dibawah 34°C dan tegangan yang dihasilkan mulai menurun dari 18,8754 V sampai 11,5404 V pada pukul 17.00.

Dari *datasheet* dapat dilihat bahwa nilai tegangan minimal pada saat intensitas terendah adalah 20 V sedangkan tertinggi sekitar 23 V namun data yang dihasilkan dilapangan dengan intensitas tertinggi yakni pada siang hari hanya menghasilkan nilai 19 V. Hal ini disebabkan karena *lifetime* dari panel surya.



Gambar 18. Perbandingan Arus dengan Suhu

Gambar 17 menunjukkan perbandingan antara arus dan suhu. Secara umum arus yang dihasilkan meningkat seiring peningkatan suhu, semakin tinggi suhu lingkungan semakin tinggi pula arus yang dihasilkan.

Suhu bukan hanya faktor utama dalam menurun atau meningkatnya nilai dari tegangan dan arus. Seperti terlihat

pada Gambar 18 terdapat penurunan arus pada pukul 12.25 namun suhu tetap tinggi sehingga faktor lain seperti kelembaban, intensitas cahaya, kecepatan angin juga perlu diperhatikan.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Berdasarkan analisa dan pembahasan, dapat diambil kesimpulan antaralain :

1. Sistem yang dibangun untuk mencatat energi panel surya menggunakan Arduino uno sebagai *microcontroller* dan ESP8266 sebagai media pengiriman data energi berupa tegangan, arus, suhu dan daya yang dihasilkan dari pukul 08.00 sampai 17.00 dalam satu minggu.
2. Data yang dikirim menggunakan protokol MQTT dimana *broker* yang digunakan adalah *mosquitto* yang telah terinstal pada komputer *server*. Alat terhubung dengan *server* dalam satu jaringan melalui media *wireless* yang dipancarkan oleh *server* dengan software Baidu *Wifi Hotspot*.
3. Penyajian data dalam bentuk *fuzzy database* sistem dilakukan dengan membuat dua tabel yakni tabel yang pertama (tabel pengukuran) merupakan tabel dengan data pasti (*crispy*) kemudian tabel yang kedua (tabel *fuzzyfikasi*) merupakan tabel untuk perhitungan hasil *fuzzyfikasi*.
4. *Fuzzy query database* dilakukan dengan mengambil data yang terdapat pada tabel *crispy* kemudian melakukan perhitungan sesuai dengan masukan yang diberikan oleh user berupa variabel linguistik yang bersifat samar-samar, data yang telah dihitung dimasukkan ke dalam tabel *fuzzyfikasi*.
5. Setiap sensor memiliki tingkat ketelitian masing-masing sehingga perlu dilakukan kalibrasi menggunakan alat ukur standar sebagai pembanding dan menentukan *error* dari pembacaan sensor yang digunakan.
6. Data yang dihasilkan panel surya memiliki beberapa faktor selain suhu yakni kelembaban, kecepatan angin, intensitas cahaya dan *lifetime* dari panel surya.

### B. Saran

1. Untuk meningkatkan akurasi dalam perhitungan *fuzzyfikasi* dapat ditambahkan sensor kelembaban, kecepatan angin dan intensitas cahaya.
2. Dibutuhkan *server* sebagai tempat untuk menyimpan data terus-menerus jika dilakukan pengambilan data selama 24 jam.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. R. Afani, "Pengaruh Substitusi Samarium Terhadap Sifat Hantaran Listrik Senyawa Sr<sub>2</sub>tio<sub>4</sub> Fasa Ruddlesden-Popper Yang Disintesis Melalui Metode Lelehan Garam," Universitas Andalas, 2017.
- [2] E. Septianus, "Rancang Bangun Alat Penetas Telur Dengan Sistem Penggerak Otomatis ( Pengujian )," Politeknik Negeri Sriwijaya, 2015.
- [3] A. E. Febtiwiyanti and S. Sidopekso, "Studi

- Peningkatan Output Modul Surya dengan menggunakan Reflektor," *J. Fis. dan Apl.*, vol. 6, no. 2, p. 100202, 2016.
- [4] H. Suryawinata, D. Purwanti, and S. Sunardiyo, "Sistem Monitoring pada Panel Surya Menggunakan Data logger Berbasis ATmega 328 dan Real Time Clock DS1307," *Sist. Monit. pada Panel Surya Menggunakan Data logger Berbas. ATmega 328 dan Real Time Clock DS1307*, vol. 9, no. 1, 2017.
- [5] I. M. A. Suyadnya, I. G. Agung, and P. Raka, "Sistem Monitoring Penetasan Telur Penyu Menggunakan Mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dan Protokol MQTT dengan Notifikasi Berbasis Telegram Messenger," *J. Comput. Sci. Informatics Eng.*, vol. 2, no. 2, pp. 80–89, 2018.
- [6] D. Irwan, "Implementasi Fuzzy Query Pada Database Untuk Rekomendasi Beasiswa," Universitas Sumatera Utara, 2009.
- [7] O. H. Manda and A. Johar, "Implementasi Fuzzy Query Database Untuk Pengelolaan Data Obat( Studi Kasus : Apotek Sehat Bersama I Kota Bengkulu )," *J. Rekursif*, vol. 4, no. 1, pp. 93–106, 2016.
- [8] D. Suryana and M. M. Ali, "Pengaruh Temperatur / Suhu Terhadap Tegangan Yang Dihasilkan Panel Surya Jenis Monokristalin ( Studi Kasus : Baristand Industri Surabaya )," *Teknol. Proses Dan Inov. Ind.*, vol. 2, no. 1, pp. 5–8, 2016.
- [9] M. R. Fachri, I. D. Sara, and Y. Away, "Pemantauan Parameter Panel Surya Berbasis Arduino secara Real Time," *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 11, no. 4, p. 123, 2015.
- [10] A. Fitriandi, E. Komalasari, and H. Gusmedi, "Rancang Bangun Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis Mikrokontroler dengan SMS Gateway," *Rekayasa dan Teknol. Elektro*, vol. 10, no. 2, pp. 87–98, 2016.
- [11] E. Nurazizah, M. Ramdhani, and A. Rizal, "Rancang Bangun Termometer Digital Berbasis Sensor DS18B20 Untuk Penyandang Tunanetra," *Proceeding Eng.*, vol. 4, no. 3, pp. 3294–3301, 2017.
- [12] M. P. T. Sulistyanto, D. A. Nugraha, N. Sari, N. Karima, and W. Asrori, "Implementasi IoT (Internet of Things) dalam pembelajaran di Universitas Kanjuruhan Malang," *SMARTICS J.*, vol. 1, no. 1, pp. 20–23, 2015.