

BAB III

METODE PENELITIAN

Penelitian ini membahas penerapan *dual axis solar tracking* dengan memanfaatkan algoritma *Fuzzy Logic Controller* yang bertujuan untuk mengoptimalkan *output* pada *solar cell*. Pada Bab ini, akan dipaparkan mengenai alur atau tahapan-tahapan penelitian yang akan dilakukan. Tahapan-tahapan tersebut diantaranya yakni perencanaan, perancangan sistem serta analisis data yang dibutuhkan dalam penelitian.

3.1. Bahan Penelitian

Penelitian ini berpedoman pada beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan. Berbagai macam literatur yang dijadikan referensi pada penelitian ini bersumber dari jurnal, laporan tugas akhir serta buku.

Sinar atau cahaya matahari menjadi bahan utama yang berpengaruh pada penelitian yang akan dilakukan. Cahaya matahari digunakan untuk memperoleh nilai *Analog to Digital Converter* (ADC) dari tiap-tiap LDR. Besar kecilnya nilai ADC ini dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari yang diterima LDR. Nilai ADC dari LDR ini nantinya akan menjadi *input* dalam proses *fuzzifikasi* pada *Fuzzy Logic Controller*. Selain itu, cahaya matahari dimanfaatkan untuk menghasilkan *output* pada *solar cell*.

3.2. Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini dibagi menjadi dua bagian yakni komponen penyusun sistem yang berupa *hardware* dan komponen penyusun sistem yang berupa *software*.

3.2.1. Komponen Hardware

Berikut ini merupakan komponen-komponen *hardware* yang akan digunakan pada penelitian ini beserta spesifikasinya.

A. Mini Solar Cell

Spesifikasi *mini solar cell* yang akan digunakan pada tugas akhir ini dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Spesifikasi *Mini Solar Cell*

Parameter	Spesifikasi
Tipe	<i>Monocrystalline</i>
Tegangan Output Maksimum	12V
Arus Output Maksimum	200 mA
Watt Peak Maksimum	2.4 WP
Dimensi	135 X 110 mm

B. Light Dependent Resistor (LDR)

Light Dependent Resistor (LDR) merupakan jenis resistor yang besarnya hambatan atau resistansinya dipengaruhi oleh intensitas cahaya yang diterima. Spesifikasi sensor LDR yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Spesifikasi *Light Dependent Resistor* (LDR)

Parameter	Spesifikasi
Tipe	GL5528
Resistansi Terang	10 - 20 K Ω
Resistansi Gelap	1 M Ω
Tegangan Maksimum	150 VDC
Daya Maksimum	100 mW
Diameter	5 mm

C. Arduino Nano

Penelitian tugas akhir ini menggunakan Arduino Nano sebagai mikrokontroler. Spesifikasi lengkap Arduino Nano dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Spesifikasi Arduino Nano

Parameter	Spesifikasi
Tegangan Operasi	5VDC
Tegangan <i>Input</i> (rekomendasi)	7 - 12VDC
<i>Digital I/O pin</i>	14 buah, 6 diantaranya menyediakan PWM
<i>Pin Analog Input</i>	8 buah
Arus DC per <i>pin I/O</i>	40 mA
Memori <i>Flash</i>	32 KB, 0,5 KB telah digunakan untuk <i>bootloader</i>
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
<i>Clock speed</i>	16 Mhz
Dimensi	45 mm x 18 mm
Berat	5 g

D. Motor Servo SG90

Motor Servo SG90 digunakan sebagai aktuator untuk menggerakkan kedua *axis* pada sistem *solar tracking* ini. Spesifikasi motor servo SG90 dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Spesifikasi Servo SG90

Parameter	Spesifikasi
Berat	9 g
Dimensi	22.2 x 11.8 x 31 mm
Torsi	1.8 kgf/cm
Kecepatan Operasi	0.1 detik/60°

Tegangan Operasi	4.8 – 6 VDC
Suhu Kerja	0 °C – 55 °C
Tipe Gear	Plastik
Jangkauan Putar	180°

E. Sensor INA219

Sensor INA219 digunakan untuk mengukur *output* tegangan, arus, serta daya listrik yang dihasilkan oleh *solar cell*. Spesifikasi sensor INA219 dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Spesifikasi Sensor INA219

Parameter	Spesifikasi
Resistor <i>Current Sense</i>	0.1 Ω $\pm$ 1% 2W
Maksimal Tegangan Terukur	26 VDC
Maksimal Arus Terukur	3.2 A
Dimensi	2 x 2.2 cm
Chip	I2C 7-bit address 0x40, 0x41, 0x44 dan 0x45.

F. Modul Wi-Fi ESP-12E

Penelitian ini menggunakan modul Wi-Fi ESP-12E agar dapat terhubung ke jaringan untuk mengakses *server web monitoring*. Spesifikasi ESP-12E dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Spesifikasi Modul Wi-Fi ESP-12E

Parameter	Spesifikasi
Protokol Wi-Fi	802.11 b/g/n
Frekuensi	2.4 GHz - 2.5 GHz (2400M -2483.5M)
Koneksi Bus	UART/HSPI/I2C/IR Remote Control/GPIO/PWM

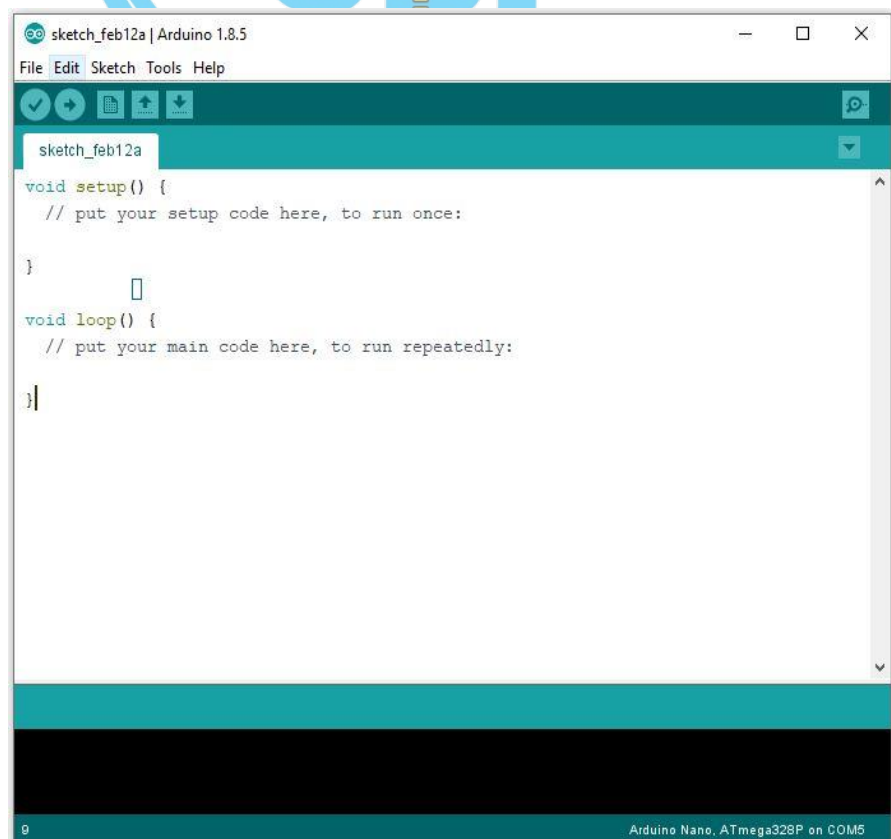
Tegangan Operasional	3 - 3.6 VDC
Arus Operasional	80 mA
Suhu Kerja	-40 °C - 125 °C.
Keamanan Jaringan	WPA/WPA2
Dimensi	16 x 24 x 3 mm

3.2.2. Komponen Software

Berikut ini merupakan komponen-komponen *software* yang akan digunakan pada penelitian ini.

A. Arduino IDE

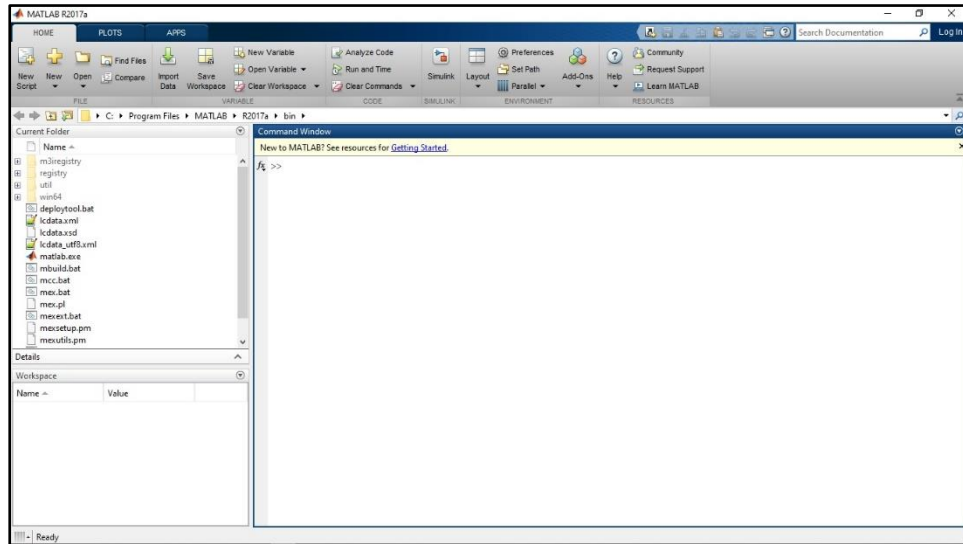
Pada penelitian ini digunakan aplikasi Arduino IDE untuk merancang *source code*, meng-*compile source code* lalu melakukan *uploading source code* kedalam mikrokontroler Arduino Nano. *Source code* program akan diproses oleh mikrokontroler, sehingga dapat menjalankan perintah yang sudah dibuat. Tampilan Arduino IDE dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Arduino IDE

B. Matlab (Matrix Laboratory)

Pada penelitian ini, Matlab digunakan untuk merancang sistem *Fuzzy Logic Controller* sebelum diterjemahkan ke dalam Bahasa C pada pemrograman mikrokontroler. Tampilan aplikasi Matlab dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Tampilan aplikasi Matlab

C. XAMPP

Pada penelitian ini, *output* dari *solar cell* yang berupa tegangan, arus serta daya listrik akan dipantau melalui *web monitoring* untuk dibuat *data logger*-nya. XAMPP digunakan sebagai *server database* dan juga *web server*. MySQL sebagai *Database Management System* (DBMS) sedangkan Apache sebagai *web server*. Tampilan *control panel* dari XAMPP dapat dilihat pada Gambar 3.3.

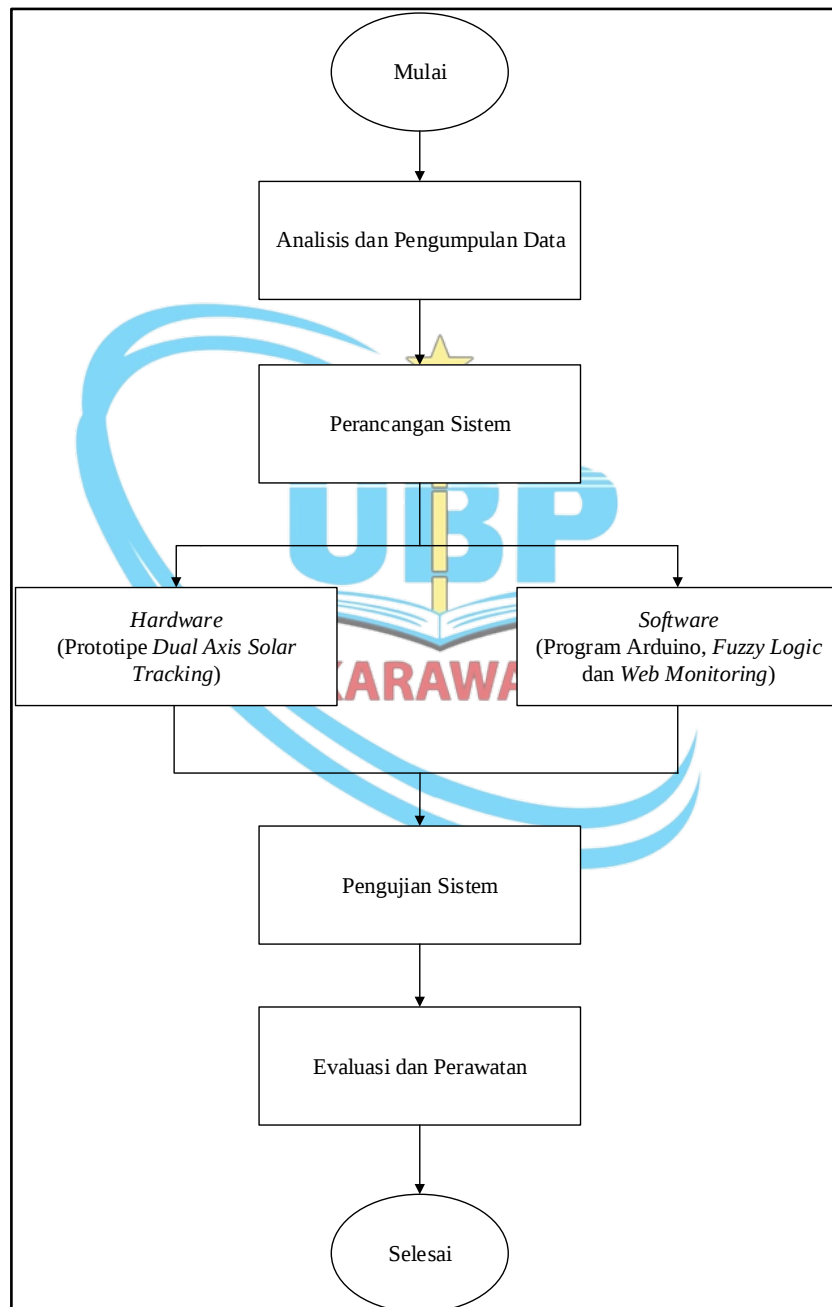
3.3. Lokasi Penelitian dan Waktu Penelitian

Tabel 3.7 Rincian Rencana Pelaksanaan Penelitian

[illegible]

3.4. Prosedur Percobaan

Dalam upaya merealisasikan tujuan, penelitian ini melewati beberapa tahapan atau prosedur. Tahapan-tahapan tersebut diantaranya perancangan sistem berupa *hardware* dan *software*, pengujian sistem serta evaluasi. *Flowchart* prosedur penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 *Flowchart* Prosedur Penelitian

Tahapan penelitian ini dimulai dengan analisis dan pengumpulan data yang dibutuhkan dalam melakukan penelitian. Setelah itu, dilanjutkan pada tahap perancangan sistem. Perancangan sistem dibagi menjadi dua bagian yakni perancangan *hardware* dan perancangan *software*. Perancangan *hardware* meliputi pembuatan prototipe *solar tracking* serta *wiring* untuk memadukannya dengan mikrokontroler. Perancangan *software* meliputi perancangan *Fuzzy Logic Controller*, pemrograman mikrokontroler serta perancangan *web monitoring* dan *data logger* untuk memantau *output* yang dihasilkan *solar cell*. Setelah tahap perancangan selesai, dilanjut dengan tahap pengujian sistem.

Pada tahap pengujian, *output* yang dihasilkan *solar cell* dengan sistem *tracking* dan tanpa sistem *tracking* akan dipantau dan dibuat rata-rata hariannya. Tahap terakhir yakni melakukan evaluasi dan perawatan. Evaluasi dilakukan untuk menilai optimalisasi yang dihasilkan oleh *solar cell* dengan sistem *solar tracking*. Perawatan dilakukan untuk menjaga stabilitas dari keseluruhan sistem.

3.5. Analisis Data

Pada penelitian ini akan dilakukan serangkaian proses, tahapan serta teknik dalam rangka mencapai tujuan penelitian untuk ditarik kesimpulannya. *Flow process* serta tahapan-tahapan penelitian yang terlihat pada Gambar 3.4 akan dijelaskan lebih rinci dan mendalam dengan rincian sebagai berikut :

3.5.1. Analisis dan Pengumpulan Data

Pada tahapan awal penelitian, semua data yang diperlukan akan dikumpulkan dan dianalisa. Sumber data pada penelitian ini didapat dari literatur yang dijadikan referensi. Selain itu, analisa dan pengumpulan data juga dilakukan untuk menentukan standar nilai ADC pada LDR yang dibutuhkan dalam perancangan *Fuzzy Logic Controller*.

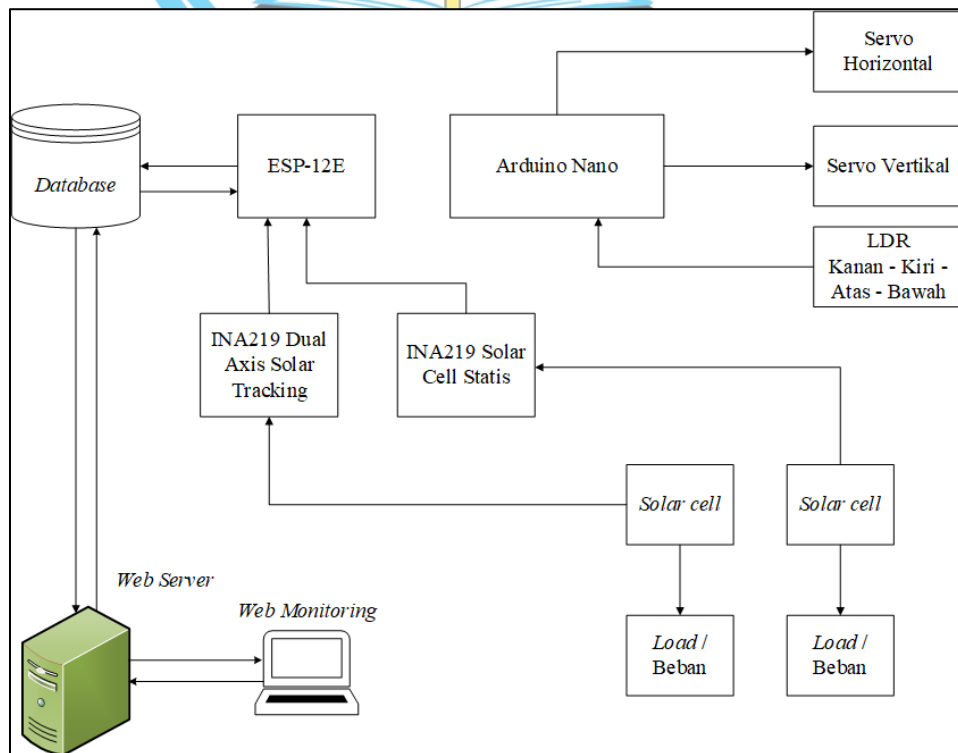
3.5.2. Perancangan Sistem

A. Perancangan Hardware

Pada penelitian ini, perancangan *hardware* atau prototipe sistem *dual axis solar tracking* menggunakan mikrokontroler Arduino Nano sebagai unit pemroses. Empat buah LDR yang akan dipasang dibagian kanan, kiri, atas serta bawah. Keempat LDR tersebut berfungsi sebagai *input* yang akan

menerima intensitas cahaya matahari. Pada bagian *output* terdapat dua motor *servo* SG90 yang akan menjadi penggerak *axis* horizontal dan *axis* vertikal. *Axis* horizontal akan menggerakkan posisi *solar cell* ke arah kiri atau kanan, sedangkan *axis* vertikal akan menggerakkan posisi *solar cell* ke arah atas atau bawah. *Solar cell* yang digunakan berjenis monokristal 12 VDC 200 mA.

Pada prototipe *dual axis solar tracking* juga dilengkapi sensor INA219 untuk mengukur tegangan, arus serta daya yang dihasilkan oleh *solar cell*. Untuk menghasilkan arus dan daya, prototipe dilengkapi dengan lampu 12 VDC sebagai *load* atau beban. Modul Wi-Fi ESP8266 tipe ESP-12E digunakan agar mikrokontroler dapat mengakses jaringan. Data *output* yang dihasilkan *solar cell* akan dikirim ke *database* untuk kemudian ditampilkan status *real-time* nya pada *web monitoring*. Pada *web monitoring* juga dilengkapi dengan *data logger* untuk menyimpan histori harian dari *output solar cell*. Skema perancangan sistem *dual axis solar tracking* dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Skema Perancangan Sistem *Dual Axis Solar Tracking*

Adapun fungsi setiap komponen yang digunakan dalam perancangan sistem seperti pada Gambar 3.5 adalah sebagai berikut :

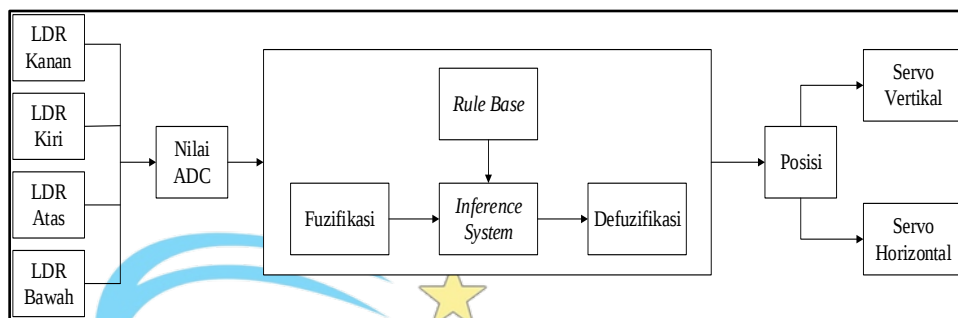
- a) Arduino Nano berfungsi sebagai mikrokontroler yang memproses *input* dari LDR serta *output* ke motor *servo* horizontal dan vertikal.
- b) Empat buah LDR (Kanan, Kiri, Atas dan Bawah) menerima pancaran sinar matahari lalu mengirim sinyal analog yang nantinya akan diubah menjadi nilai ADC pada Arduino.
- c) *Servo* horizontal menggerakkan *axis* horizontal ke arah kanan atau kiri, sedangkan *servo* vertikal menggerakkan *axis* vertikal ke arah atas atau bawah.
- d) *Solar cell* berfungsi mengubah besaran intensitas cahaya yang diterima menjadi tenaga listrik.
- e) *Load* atau beban berfungsi untuk menghasilkan arus dan daya listrik yang dihasilkan oleh *solar cell*.
- f) Sensor INA219 berfungsi untuk mengukur *output* tegangan, daya serta arus listrik yang dihasilkan oleh *solar cell* dan beban.
- g) Modul ESP-12E berfungsi sebagai mikrokontroler yang menerima *input* hasil pengukuran dari sensor INA219 dengan *dual axis solar tracking* dan statis, sekaligus penerima sinyal Wi-Fi agar data *output solar cell* yang terukur bisa dikirim ke *database*.
- h) *Database* menyimpan data *output solar cell* yang terdiri dari tegangan, arus dan daya yang dihasilkan serta menyimpan *log* data harian.
- i) *Web server* berfungsi untuk menjalankan aplikasi *web monitoring output solar cell*.
- j) *Web monitoring* menampilkan hasil *output solar cell* secara *real-time* dan membuat arsip *data logger*.

B. Perancangan Software

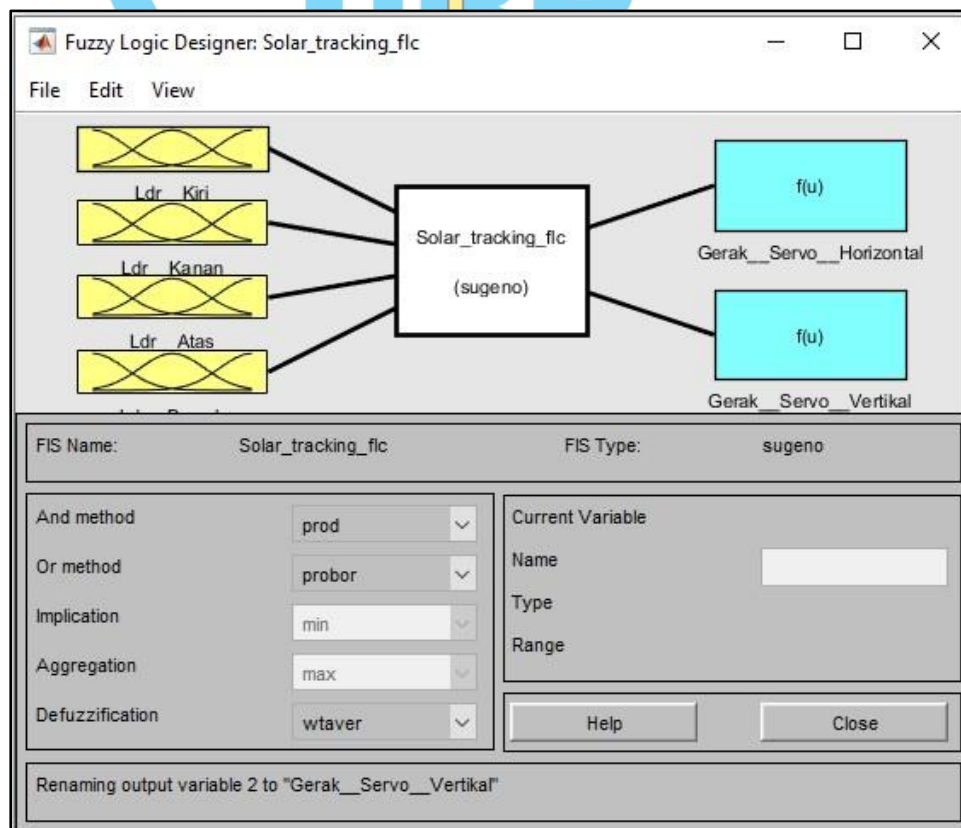
Pada penelitian ini, perancangan *software* meliputi perancangan *Fuzzy Logic Controller*, pemrograman mikrokontroler Arduino dan perancangan aplikasi *web monitoring output solar cell*. Rincian semua tahap perancangan *software* adalah sebagai berikut :

B.1. Perancangan *Fuzzy Logic Controller*

Penelitian ini menggunakan aplikasi Matlab untuk merancang simulasi sistem *Fuzzy Logic Controller* sebelum diaplikasikan ke dalam bahasa C pada pemrograman Arduino agar lebih mudah dalam menulis *source code*. Konsep dasar *Fuzzy Logic Controller* pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.6. Tampilan awal rancangan *Fuzzy Logic* terdapat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.6 Konsep *Fuzzy Logic Controller*



Gambar 3.7 Skema Rancangan *Fuzzy Logic Controller*

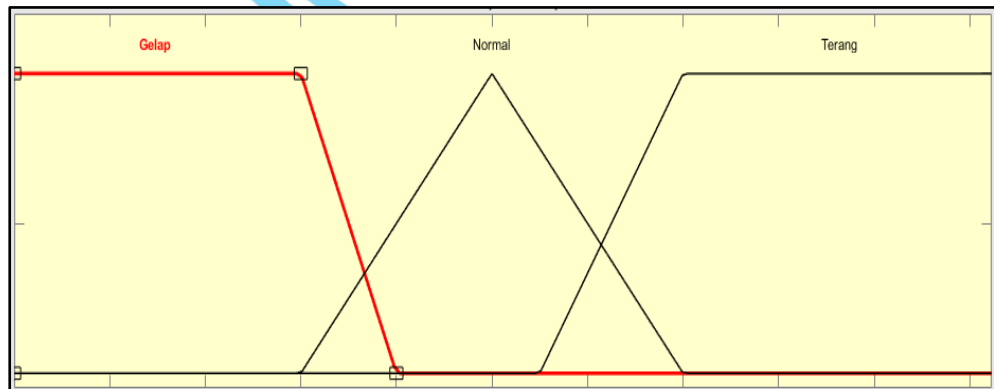
Berikut ini adalah perancangan *Fuzzy Logic Controller* yang nantinya akan dibuat, dimulai dari tahap *fuzzifikasi*, *inference system* atau *rule base* dan *defuzzifikasi* :

B.1.1.1. Fuzzifikasi

Terdapat dua tahap *fuzzifikasi input* pada sistem *dual axis solar tracking*. *Fuzzifikasi input* yang pertama yakni mengklasifikasikan pembacaan nilai ADC dari tiap - tiap LDR. *Membership function input* dari LDR terdiri dari :

- a) *Membership Function Input* LDR Kanan
- b) *Membership Function Input* LDR Kiri
- c) *Membership Function Input* LDR Atas
- d) *Membership Function Input* LDR Bawah

Membership function input dari tiap-tiap LDR diklasifikasikan ke dalam tiga keanggotaan, yakni gelap, normal dan terang. Masing-masing keanggotaan memiliki *range* nilai tertentu yang akan disesuaikan pada kondisi di lapangan. Klasifikasi *membership function input* LDR dapat dilihat pada Gambar 3.8.



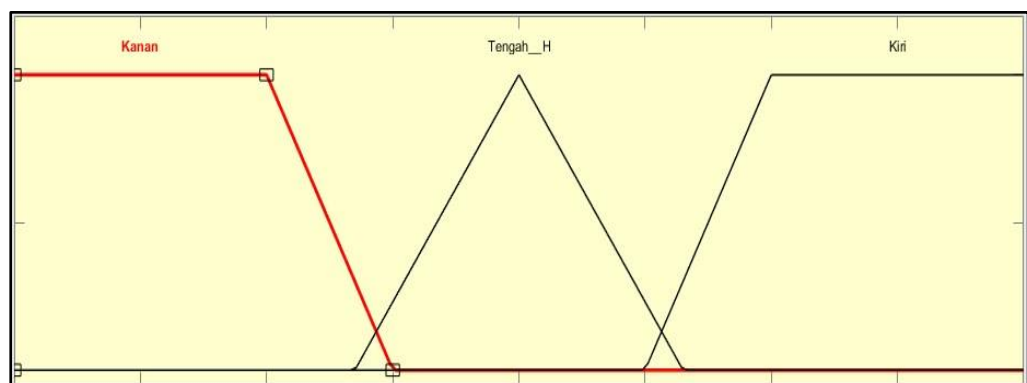
Gambar 3.8 Klasifikasi *Membership Function Input* LDR

Fuzzifikasi input yang kedua, yakni *fuzzifikasi* posisi cahaya. Proses *fuzzifikasi* ini akan menentukan posisi yang terbanyak mendapat pancaran cahaya matahari. Nilai derajat keanggotaan himpunan terang dari keempat LDR menjadi acuan pada *fuzzifikasi input* yang kedua ini. Nilai derajat keanggotaan terang LDR kiri dan LDR kanan akan dihitung selisihnya, begitu juga dengan derajat keanggotaan terang pada LDR atas dan LDR bawah.

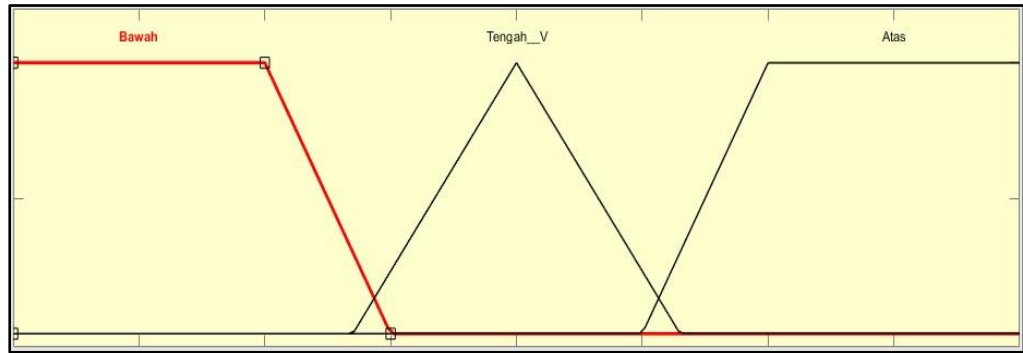
Nilai selisih dari dua buah LDR yang bersinggungan bisa bernilai positif atau negatif. Selisih derajat keanggotaan LDR kiri dan LDR kanan akan bernilai positif apabila LDR kiri mendapat cahaya matahari lebih banyak dari LDR kanan dan berlaku kebalikannya. Selisih derajat keanggotaan LDR atas dan LDR bawah akan bernilai positif apabila LDR atas mendapat cahaya matahari lebih banyak dari LDR bawah dan berlaku kebalikannya. *Membership function input* posisi cahaya terdiri dari :

- Membership Function Input Diff_KrKn*, menampung selisih nilai derajat keanggotaan terang dari LDR kiri dan LDR kanan.
- Membership Function Input Diff_AtBw*, menampung selisih nilai derajat keanggotaan terang dari LDR atas dan LDR bawah.

Membership function input Diff_KrKn diklasifikasikan ke dalam tiga keanggotaan, yakni kiri, tengah_h dan kanan. *Membership function input* Diff_AtBw diklasifikasikan ke dalam tiga keanggotaan juga, yakni atas, tengah_v dan bawah. Klasifikasi *membership function input* posisi cahaya dapat dilihat pada Gambar 3.9. dan 3.10.



Gambar 3.9 *Membership Function Input* Diff_KrKn

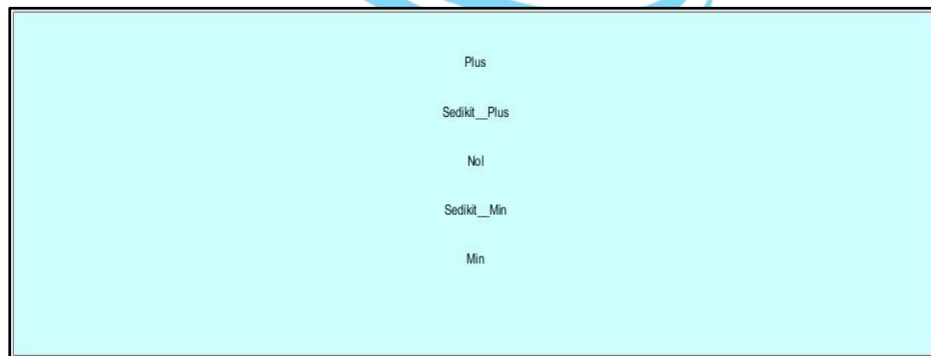


Gambar 3.10 *Membership Function Input Diff_AtBw*

Selain *membership function input*, terdapat pula *membership function output* yang mengendalikan pergerakan motor servo. Untuk *membership function output* motor servo terdiri dari :

- a) *Membership Function Output Gerak Servo Horizontal*
- b) *Membership Function Output Gerak Servo Vertikal*

Membership function output gerak motor servo horizontal dan vertikal akan dikelompokkan menjadi lima keanggotaan yakni min, sedikit_min, nol, sedikit_plus dan plus. Masing-masing keanggotaan memiliki parameter *output* tersendiri yang akan disesuaikan pada kondisi di lapangan. Klasifikasi *membership function output* motor servo horizontal dan vertikal dapat dilihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 *Klasifikasi Membership Function Output Gerak Motor Servo*

B.1.2. Inference System (Rule Base)

Rule base adalah semua aturan-aturan yang mengendalikan sistem *Fuzzy Logic Controller*, serta memetakan *output* yang dihasilkan sesuai dengan *input* yang diberikan. Pada penelitian ini, akan digunakan *rule base* yang berupa aturan *IF antecedent THEN consequent* yang akan dirancang dan disesuaikan dengan kebutuhan penelitian.

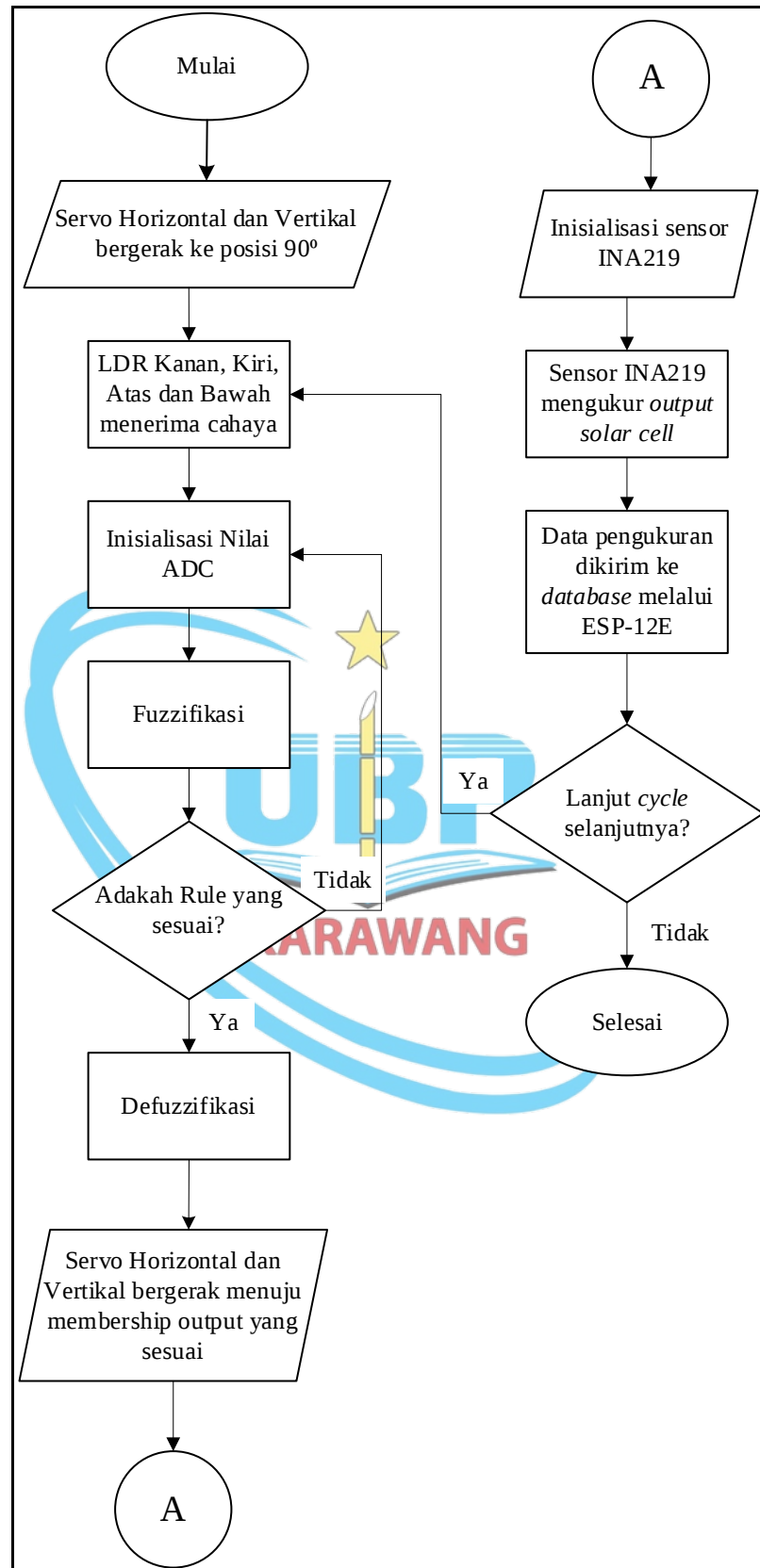
B.1.3. Defuzzifikasi

Hasil dari defuzzifikasi, nantinya akan ditampilkan pada *rule viewer* simulasi Matlab. Defuzzifikasi akan menghasilkan bilangan *crisp* atau non-fuzzy yang telah disesuaikan dengan parameter *membership function output*.

B.2. Pemrograman Mikrokontroler

Pemrograman mikrokontroler menggunakan Arduino Nano dan Arduino IDE sebagai *compiler*-nya. *Flowchart* pemrograman Arduino dari sistem *dual axis solar tracking* ini dapat dilihat pada Gambar 3.12.





Gambar 3.12 Flowchart Pemrograman Arduino

B.3. Perancangan Aplikasi *Web Monitoring*

Perancangan aplikasi *web monitoring* untuk memantau *output* dari *solar cell* menggunakan Bahasa pemrograman HTML, PHP serta tampilan template Bootstrap. Fitur dalam aplikasi *web monitoring output solar cell* ini terdiri dari :

- a) Menu *Login* untuk akses ke sistem *web monitoring* dengan validasi *username* dan *password*.
- b) Menu Utama menampilkan status *real-time* serta grafik dari tegangan, arus dan daya yang dihasilkan *solar cell* dengan sistem *dual axis solar tracking* dan *solar cell* statis.
- c) Menu Histori menampilkan data *log* hasil pemantauan *output solar cell* yang dihimpun perhari dan bisa di-*export* ke dalam *file* Microsoft Excel.
- d) Menu Tentang menampilkan nama aplikasi, pembuat aplikasi dan *copyright*.
- e) Menu *Logout* untuk keluar dari sistem *web monitoring*.

3.5.3. Pengujian Sistem

Pengujian sistem pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah tujuan awal dari penelitian ini berhasil diperoleh atau tidak. Skenario pengujian sistem pada penelitian adalah dengan membandingkan *output solar cell* dengan sistem *dual axis solar tracking* dan *solar cell* yang dipasang statis. Target yang diharapkan dari pengujian sistem ini adalah sistem *dual axis solar tracking* dengan *Fuzzy Logic Controller* ini dapat menjejaki arah datangnya cahaya matahari dengan baik. Selain itu, diharapkan optimalisasi *output* dari *solar cell* dengan sistem *dual axis solar tracking* mampu dicapai.

Sensor INA219 akan mengukur dan memantau perubahan *output* yang terjadi pada *solar cell* dengan *solar tracking* dan *solar cell* statis. *Web monitoring* akan menampilkan status *output solar cell* secara *real-time* serta membuat data *log* hariannya.

3.5.4. Evaluasi dan Perawatan

Evaluasi dilakukan untuk menilai kemampuan dari penerapan *dual axis solar tracking* dengan *Fuzzy Logic Controller* dalam upaya optimalisasi *output* yang dihasilkan oleh *solar cell*. Penerapan *dual axis solar tracking* dengan *Fuzzy Logic Controller* diharapkan mampu menghasilkan *output solar cell* yang lebih baik dibandingkan dengan *solar cell* statis. Semakin besar persentase optimalisasi yang dihasilkan maka hasil penelitian ini semakin baik.

Perawatan sistem dilakukan untuk menjaga stabilitas dan kinerja dari keseluruhan sistem *dual axis solar tracking*, baik dari sisi komponen penyusun yang berupa *hardware* maupun *software*.

