



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Kontrol dan Monitoring Kecepatan Motor BLDC Berbasis *Fuzzy Logic Adaptive* dan IoT

TUGAS AKHIR

Nisyrina Nur Karima

2303321089

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**
PROGRAM STUDI ELEKTRONIKA INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2026



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**Pemodelan *Fuzzy Logic Adaptive* Kecepatan Motor BLDC Berbasis
MATLAB**

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Diploma Tiga**

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

**Nisyrina Nur Karima
2303321089**

PROGRAM STUDI ELEKTRONIKA INDUSTRI

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2026



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Nisyryna Nur Karima

NIM : 2303321089

Tanda Tangan :

Tanggal : 25 Juni 2026

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

Tugas Akhir diajukan oleh:

Nama : Nisyryna Nur Karima
NIM : 2303321089
Program Studi : D3 Elektronika Industri
Judul Tugas Akhir : *Pemodelan Fuzzy Logic Adaptive Kecepatan Motor BLDC Berbasis MATLAB*

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir pada 6 Juli 2026 dan dinyatakan LULUS.

Pembimbing I : Nana Sutama, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 197007122001121001

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Depok, 15 Juli 2026

Disahkan oleh

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Dr., Murie Dwiyaniti, S.T., M.T

NIP. 197803312003122002



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Pemodelan *Fuzzy Logic Adaptive* Kecepatan Motor BLDC Berbasis MATLAB". Penulisan Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Diploma Tiga pada Program Studi Teknik Elektronika Industri, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta.

Tugas Akhir ini membahas rancangan dalam pemodelan *Fuzzy Logic Adaptive* sebagai sistem kontrol kecepatan motor BLDC. Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis memperoleh banyak bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Nana Sutarna, S.T., M.T., Ph.D., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi selama penyusunan Tugas Akhir.
2. Kedua orang tua dan seluruh keluarga penulis atas doa, dukungan, serta kasih sayang yang diberikan.
3. Muhammad Shiddiq Ali dan Rangga Aulia Rusli, selaku rekan satu tim Tugas Akhir yang telah bekerja sama dan saling mendukung selama proses penelitian.
4. Seluruh teman-teman yang telah memberikan semangat dan dukungan, teman-teman kelas EC D 2023, serta keluarga organisasi Anjangsana Sosial Politeknik Negeri Jakarta.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki keterbatasan dan jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan karya ini di masa mendatang. Akhir kata, penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca serta menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya.

Depok, 25 Juni 2026

Penulis,

Nisyryna Nur Karima



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ABSTRAK

Motor Brushless Direct Current (BLDC) banyak digunakan sebagai penggerak utama dalam industri karena efisiensi energi tinggi, densitas daya besar, respons cepat, dan pemeliharaan rendah. Namun, karakteristik motor BLDC yang nonlinear dan dinamis membuat kontroler PID konvensional kurang optimal dalam menghadapi perubahan kondisi sistem, terutama saat terjadi variasi beban. Penelitian ini bertujuan merancang dan memodelkan sistem kontrol kecepatan motor BLDC menggunakan metode Fuzzy Logic Adaptive berbasis MATLAB/Simulink, sekaligus mengintegrasikan sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) agar performa motor dapat dipantau secara real-Time melalui dashboard website. Pemodelan plant motor BLDC dilakukan dengan pendekatan metode Ciancone berdasarkan data respons RPM terhadap waktu, menghasilkan fungsi alih orde satu $G(s) = 1/(13,5s+1)$. Sistem kontrol diimplementasikan pada mikrokontroler ESP32 untuk mengendalikan motor BLDC 500 Watt 48V 20A DC. Dua tipe Fuzzy Logic, Mamdani dan Sugeno, dirancang dan dibandingkan performanya berdasarkan parameter settling Time, overshoot, undershoot, steady-state error, serta respons terhadap perubahan beban. Hasil pengujian menunjukkan Fuzzy Mamdani mencapai settling Time lebih cepat, sekitar 50-55 ms, dibandingkan Sugeno yang sekitar 129 ms, tetapi Mamdani menunjukkan overshoot sekitar +7% dan undershoot sekitar -14% disertai osilasi ulang ketika terjadi gangguan beban. Sebaliknya, Fuzzy Sugeno tidak menunjukkan overshoot maupun undershoot yang berarti, memiliki steady-state error lebih kecil dengan standar deviasi 0,90 berbanding 1,20 pada Mamdani, serta lebih stabil dan adaptif terhadap perubahan beban. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa Fuzzy Sugeno lebih unggul diterapkan pada kondisi beban yang berubah-ubah, sedangkan Fuzzy Mamdani tetap menjadi alternatif yang baik apabila kondisi beban relatif konstan dan respons awal yang cepat lebih diutamakan.

Kata Kunci: Motor BLDC, Fuzzy Logic Adaptive, Mamdani, Sugeno, IoT.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ABSTRACT

Brushless Direct Current (BLDC) motors are widely used as primary industrial drives due to their high efficiency, large power density, fast response, and low maintenance. However, their nonlinear and dynamic characteristics make conventional PID controllers less optimal in handling changing system conditions, particularly under load variation. This research aims to design and model a BLDC motor speed control system using the Adaptive Fuzzy Logic method based on MATLAB/Simulink, while integrating an IoT monitoring system for real-Time tracking of motor performance via a website dashboard. The BLDC motor plant was modeled using the Ciancone method based on RPM response data over Time, resulting in a first-order Transfer Function $G(s) = 1/(13.5s+1)$. The system was implemented on an ESP32 microcontroller driving a 500 Watt, 48V, 20A DC BLDC motor. Two types of Fuzzy Logic, Mamdani and Sugeno, were designed and compared based on settling Time, overshoot, undershoot, steady-state error, and response to load changes. Test results show that Mamdani reached a faster settling Time, around 50-55 ms, compared to Sugeno at around 129 ms, but showed an overshoot of about +7% and undershoot of about -14%, with renewed oscillation during load disturbance. In contrast, Sugeno showed no significant overshoot or undershoot, had a smaller steady-state error (SD 0.90 versus 1.20 for Mamdani), and remained more stable and adaptive to load changes. These results indicate Sugeno fuzzy logic is superior for varying load conditions, while Mamdani remains a good alternative when the load is relatively constant and a fast initial response is preferred.

Keywords: BLDC Motor, Adaptive Fuzzy Logic, Mamdani, Sugeno, IoT.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR RUMUS.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Penelitian.....	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Luaran.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Motor <i>Brushless Direct Current</i> (BLDC).....	4
2.2 Sistem Kontrol Kecepatan Motor BLDC	5
2.3 <i>Fuzzy Logic</i> sebagai Kontrol Kecepatan Motor BLDC	5
2.4 MATLAB	6
2.5 <i>Fuzzy Inference System</i> (FIS)	6
2.6 Sistem <i>Fuzzy Logic Adaptive</i> Menggunakan MATLAB	7
2.7 <i>Fuzzy Logic</i> Mamdani dan Sugeno.....	8
2.8 Metode Ciancone	9
BAB III PERENCANAAN DAN REALISASI.....	10

3.1.1 Deskripsi Alat	10
3.2 Spesifikasi Alat.....	11
3.2.1 Spesifikasi <i>Hardware</i>	11
3.2.2 Spesifikasi <i>Software</i>	11
3.3 Diagram Blok.....	12
3.3.1 Diagram Blok Sistem	12
3.3.2 Diagram Blok Sub Sistem	13
3.3.3 Diagram Alir Sistem.....	14
3.4 Realisasi Alat	15
BAB IV PEMBAHASAN	17
4.1 Deskripsi Pengujian	17
4.2 Prosedur Pengujian	18
4.2.1 Pemodelan <i>Plant</i> dengan Metode Ciancone	18
4.2.2 Perancangan Fungsi Keanggotaan (<i>Membership Function</i>)	21
4.2.3 Perancangan Basis Aturan (<i>Rule Base</i>).....	24
4.3 Hasil Percobaan	25
4.4 Analisis Data.....	28
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	32
5.1 Kesimpulan	32
5.2 Saran	33
DAFTAR PUSTAKA.....	34
LAMPIRAN	36



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi <i>Hardware</i>	11
Tabel 4.1 Alat dan Bahan Pengujian	17
Tabel 4.2 Tabel RPM Motor	18
Tabel 4.3 <i>Membership Function</i> Input Error Sugeno.....	22
Tabel 4.4 <i>Membership Function</i> Input Delta Error Sugeno	22
Tabel 4.5 <i>Membership Function</i> Output PWM Sugeno.....	22
Tabel 4.6 <i>Membership Function</i> Input Error Mamdani	23
Tabel 4.7 <i>Membership Function</i> Input Delta Error Mamdani.....	23
Tabel 4.8 <i>Membership Function</i> Output PWM Mamdani	24
Tabel 4.9 <i>Rule Base</i> Sugeno.....	24
Tabel 4.10 <i>Rule Base</i> Mamdani	25



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Motor BLDC 500 Watt 48V 20A DC	4
Gambar 2.2 <i>Fuzzy Inference System</i> (FIS) MATLAB R2024a.....	7
Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem	12
Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem Fuzzy	13
Gambar 3.3 Diagram Alir Sistem.....	14
Gambar 3.4 Penerapan Program Fuzzy	16
Gambar 4.1 Grafik RPM Motor	19
Gambar 4.2 Pemodelan Diagram Blok Fuzzy pada MATLAB	20
Gambar 4.3 Grafik Pemodelan MATLAB Tipe Mamdani.....	25
Gambar 4.4 Grafik Pemodelan MATLAB Tipe Sugeno.....	26
Gambar 4.5 Grafik Perbandingan MATLAB Tipe Mamdani dan Sugeno	27
Gambar 4.6 Grafik Respon PWM terhadap RPM Tipe Mamdani	27
Gambar 4.8 Grafik Respon PWM terhadap RPM Tipe Sugeno.....	27
Gambar 4.9 Analisis Respon PWM terhadap RPM Tipe Sugeno	28



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR RUMUS

Persamaan 4.1 Rumus <i>Plant</i> Metode Ciancone	19
Persamaan 4.2 Rumus Nilai Error	20
Persamaan 4.3 Rumus Nilai Delta Error	20
Persamaan 4.4 Nilai Hitung Input (ae)	21
Persamaan 4.5 Nilai Hitung Input (ai)	21





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR LAMPIRAN

L-1 DAFTAR RIWAYAT HIDUP	36
L-2 POSTER ALAT	37
L-3 SOP ALAT	38
L-4 DOKUMENTASI	39



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi industri modern membutuhkan perkembangan pada sistem penggerak yang efisien. Sistem penggerak merupakan salah satu komponen utama dalam proses produksi karena berperan dalam menggerakkan berbagai peralatan industri seperti conveyor, pompa, kompresor, robot industri, sistem manufaktur otomatis, hingga kendaraan listrik industri. Salah satu jenis motor listrik yang banyak digunakan sebagai penggerak utama dalam industri adalah motor listrik jenis *Brushless Direct Current* (BLDC) karena efisiensi energi yang tinggi, densitas daya yang besar, serta kebutuhan perawatan yang rendah (Mohanraj et al., 2022).

Meskipun unggul dalam efisiensi, motor BLDC memiliki karakteristik nonlinear dan dinamis sehingga kontroler PID konvensional sering kali kurang optimal ketika terjadi perubahan beban atau kondisi operasi (A. R. A. Majid, 2024). Kondisi tersebut mendorong penggunaan pendekatan *Fuzzy Logic Controller* (FLC) yang mampu mengendalikan sistem nonlinier tanpa memerlukan model matematis yang kompleks, sehingga menjadi dasar pemilihan metode *Fuzzy Logic Adaptive* pada sistem kontrol kecepatan motor BLDC dalam penelitian ini.

Mengingat keterbatasan akses langsung terhadap sistem penggerak motor BLDC berskala industri yang sesungguhnya, maka dirancang sebuah alat peraga yang merepresentasikan penerapan kontrol kecepatan motor BLDC pada lingkungan industri dalam skala laboratorium. Alat peraga ini penting sebagai media pembelajaran dan pengujian karena mampu menggambarkan prinsip kerja sistem kontrol industri secara nyata dengan biaya, risiko, serta kompleksitas yang jauh lebih rendah dibandingkan pengujian langsung pada mesin produksi (Sutarna et al., 2022). Dengan adanya alat peraga ini, karakteristik dinamis motor BLDC, performa pengendalian *Fuzzy Logic*, serta dampak perubahan beban dapat diamati dan dianalisis secara langsung tanpa mengganggu proses produksi yang sesungguhnya.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Pendekatan *Fuzzy Logic* memiliki beberapa tipe, di antaranya tipe Mamdani dan Sugeno, dengan perbedaan utama terletak pada bentuk keluarannya: tipe Mamdani menghasilkan keluaran berupa himpunan fuzzy yang memerlukan tahap defuzzifikasi, sedangkan tipe Sugeno menghasilkan keluaran berupa fungsi linear atau konstanta yang langsung bersifat tegas (Sihombing, 2024). Perbedaan karakteristik tersebut menjadi dasar bagi penelitian ini untuk merancang dan membandingkan kedua tipe pendekatan tersebut pada alat peraga kontrol kecepatan motor BLDC yang dibuat.

Selain itu, kebutuhan industri saat ini juga mengarah pada sistem yang mampu dipantau dan dievaluasi performanya secara *real-Time*, karena kondisi beban dan kecepatan motor BLDC pada aplikasi industri dapat berubah sewaktu-waktu sehingga penurunan performa sulit terdeteksi tanpa adanya pemantauan berkelanjutan (R. Shenbagalakshmi, 2025). Oleh karena itu, integrasi teknologi *Internet of Things* (IoT) pada alat peraga ini menjadi solusi yang relevan, karena memungkinkan data kecepatan, sinyal kendali, dan parameter sistem lainnya dipantau secara jarak jauh melalui *dashboard* berbasis *website*, sehingga proses evaluasi dan pengambilan keputusan terhadap performa motor dapat dilakukan dengan lebih cepat dan akurat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang sistem kontrol kecepatan motor BLDC menggunakan metode *Fuzzy Logic Adaptive* berbasis MATLAB atau Simulink?
2. Bagaimana performa sistem kontrol kecepatan motor BLDC menggunakan metode *Fuzzy Logic Adaptive*?
3. Bagaimana perbandingan performa *Fuzzy Logic Adaptive* dengan pendekatan tipe Mamdani dan Sugeno dalam sistem kontrol kecepatan motor BLDC?



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.3 Batasan Penelitian

Agar pembahasan dalam tugas akhir lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan yang ingin dicapai, maka ruang lingkup penelitian dibatasi pada hal-hal berikut :

1. Motor BLDC yang digunakan dalam penelitian adalah motor BLDC sepeda listrik 500 Watt dan diimplementasikan menggunakan mikrokontroler ESP32.
2. Pengujian difokuskan pada kontrol kecepatan motor dan respons terhadap perubahan beban yang telah ditentukan.
3. Penelitian tidak membahas desain internal motor BLDC.

1.4 Tujuan

Tujuan dari pelaksanaan tugas akhir ini adalah :

1. Merancang dan memodelkan sistem kontrol kecepatan motor BLDC menggunakan metode *Fuzzy Logic Adaptive* berbasis MATLAB atau Simulink.
2. Memantau dan menganalisis kemampuan sistem kontrol kecepatan motor BLDC menggunakan metode *Fuzzy Logic Adaptive*.
3. Menganalisis perbandingan performa *Fuzzy Logic* dengan pendekatan tipe Mamdani dan Sugeno dalam sistem kontrol kecepatan motor BLDC.

1.5 Luaran

Adapun luaran dari tugas akhir ini, yaitu :

1. Purwarupa (*Prototype*) Sistem
2. Laporan Tugas Akhir
3. Draft Artikel Ilmiah

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V**KESIMPULAN DAN SARAN****5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, dan analisis yang telah dilakukan pada penelitian ini, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Sistem kontrol kecepatan motor BLDC menggunakan metode *Fuzzy Logic Adaptive* berbasis MATLAB berhasil dirancang dan dimodelkan melalui pendekatan metode *Ciancone*, menghasilkan fungsi alih orde satu $G(s) = 1/(13,5s+1)$ yang diimplementasikan pada mikrokontroler ESP32 untuk mengendalikan motor BLDC 500 Watt 48V 20A DC.
2. Sistem kontrol menggunakan metode *Fuzzy Logic Adaptive* terbukti efektif mengendalikan kecepatan motor BLDC secara *real-time*, mampu menyesuaikan sinyal PWM terhadap perubahan error sehingga kecepatan motor tetap mendekati nilai referensi meskipun terjadi perubahan beban.
3. Perbandingan performa Fuzzy Mamdani dan Sugeno menunjukkan karakteristik yang berbeda: Mamdani mencapai *settling time* awal lebih cepat (50–55 ms) namun disertai *overshoot/undershoot* yang lebih besar (+7%/-14%) serta lonjakan sinyal error hingga $\approx -50\%$ saat terjadi gangguan beban. Sebaliknya, Sugeno mencapai kondisi *steady* lebih lambat (± 129 ms) tetapi tanpa *overshoot* berarti, memiliki *steady-state error* lebih kecil (standar deviasi 0,90 berbanding 1,20 pada Mamdani), serta respons error yang lebih halus dan stabil terhadap perubahan beban, sehingga Sugeno terbukti lebih adaptif secara keseluruhan.
4. Ditinjau dari penerapannya pada kebutuhan dunia nyata atau industri, karakteristik Fuzzy Sugeno yang stabil, komputasinya ringan, dan adaptif terhadap perubahan beban menjadikannya lebih sesuai untuk aplikasi industri dengan beban fluktuatif serta kebutuhan pemrosesan *real-time* yang ketat, seperti pada *conveyor*, kendaraan listrik, maupun sistem penggerak otomatis lainnya. Sebaliknya, Fuzzy Mamdani lebih sesuai diterapkan pada kondisi beban yang relatif konstan atau pada keperluan edukasi dan purwarupa awal,



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

karena aturan fuzzy yang digunakan lebih mudah diinterpretasikan dan dianalisis meskipun responsnya kurang stabil saat terjadi gangguan beban.

Berdasarkan keseluruhan analisis, dapat disimpulkan bahwa Fuzzy Sugeno lebih unggul dan lebih adaptif untuk diterapkan pada sistem kontrol kecepatan motor BLDC dengan kondisi beban yang berubah-ubah, sedangkan Fuzzy Mamdani tetap menjadi alternatif yang baik apabila kondisi beban relatif konstan dan respons awal yang cepat lebih diutamakan.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan yang telah diperoleh, terdapat beberapa saran yang dapat digunakan untuk pengembangan penelitian selanjutnya, yaitu :

1. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan pendekatan hibrida (kombinasi Mamdani-Sugeno) dikarenakan perbedaan karakteristik dan keunggulan pada kedua metode atau melakukan penalaan ulang *membership function* pada Fuzzy Mamdani agar *overshoot* dan *undershoot* saat terjadi gangguan beban dapat diminimalkan, sehingga diperoleh sistem kontrol yang cepat sekaligus stabil.
2. Pengujian sebaiknya dilakukan dengan variasi profil beban yang lebih beragam, baik dari sisi besar maupun waktu terjadinya gangguan, agar karakteristik kestabilan dan adaptivitas kedua metode fuzzy dapat teruji secara lebih menyeluruh.
3. Sistem kontrol dan monitoring berbasis IoT yang telah dirancang dapat dikembangkan lebih lanjut, misalnya dengan menambahkan fitur notifikasi otomatis apabila terjadi perubahan kecepatan motor yang signifikan, serta penyimpanan data historis dalam jangka waktu yang lebih panjang untuk keperluan analisis performa motor secara berkelanjutan.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, A. H., Kotb, A. E. S. B., & Ali, A. M. (2018). *Comparison between fuzzy logic and PI control for the speed of BLDC motor*. International Journal of Power Electronics and Drive System (IJPEDS), 9(3), 1116–1123. <https://doi.org/10.11591/ijpeds.v9.i3.pp1116-1123>
- Apribowo, C. H. B., Ahmad, M., & Maghfiroh, H. (2024). *Fuzzy Logic Controller and its application in brushless DC motor (BLDC) in electric vehicle: A review*.
- Cao, J., Zhou, T., Zhi, S., Lam, S., Ren, G., Zhang, Y., Wang, Y., Dong, Y., & Cai, J. (2024). *Fuzzy inference system with interpretable fuzzy rules: Advancing explainable artificial intelligence for disease diagnosis—A comprehensive review*. Information Sciences, 662, 120212. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2024.120212>
- Dwiyani, M., & Moro, K. (2013). *Tuning Parameter PID dengan Metode Ciancone pada Plant Heat Exchanger*. Politeknologi, 12(2).
- Faisal, A., Tharo, Z., & Septiany, A. (2024). *Simulation of AC-DC buck boost converter control based on fuzzy logic*. Journal of Computer Science, Information Technology and Telecommunication Engineering (JCoSITTE), 5(2). <https://jurnal.umsu.ac.id/index.php/jcositte/article/view/20906>
- Majid, A. R. A. (2024). *Enhancing BLDC motor speed control by mitigating bias with a variation model filter*. International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA), 15(9).
- Mohanraj, D., Arul David, R., Mohan, M., Vengatesan, K., Sakthivel, V. P., & Mihet-Popa, L. (2022). *A review of BLDC motor: State of art, advanced control techniques, and applications*. IEEE Access, 10, 54797–54864. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3174641>
- Rahmawati, D., Febriana, I., & Wibisono, K. A. (2022). *Simulasi rancang sistem penyiraman tanaman berbasis fuzzy logic control pada Proteus dan Matlab*. ALINIER: Journal of Artificial Intelligence & Applications, 3(2).
- Risky, M., Amalia, S., Hidayat, T., & Bandri, S. (2025). *Simulation of fuzzy logic controller for improving the efficiency of PV systems using MATLAB*.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Jurnal Ilmiah TELSINAS, 8(2). <https://doi.org/10.38043/telsinas.v8i2.6817>

Shenbagalakshmi, R., Mittal, S. K., Subramaniyan, J., Vengatesan, V., Manikandan, D., & Ramaswamy, K. (2025). *Adaptive speed control of BLDC motors for enhanced electric vehicle performance using fuzzy logic*. Scientific Reports, 15.

Sihombing, F. A. (2024). *Kajian fuzzy metode Mamdani dan fuzzy metode Sugeno serta implementasinya*. INNOVATIVE: Journal of Social Science Research, 4(4), 4940–4955. <https://j-innovative.org/>

Sutarna, N., Purwanti, B. S. R., & Suhadha, L. (2022). *The fuzzy PID controller performance in BLDC motor rotor speed variable*. In *2022 9th International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics (EECSI)* (pp. 325–330). IEEE.

<https://doi.org/10.23919/EECSI56542.2022.9946576>



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN

L-1 DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nisyryna Nur Karima

Lahir di Jakarta pada tanggal 11 April 2005. Lulus dari SD Islam Pondok Duta pada tahun 2017, MTsN 4 Jakarta Selatan pada tahun 2020, dan MAN 13 Jakarta pada tahun 2023. Gelar Diploma Tiga (D3) diperoleh pada tahun 2026 Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Elektronika Industri, Politeknik Negeri Jakarta



**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

L-2 POSTER ALAT



Politeknik Negeri Jakarta

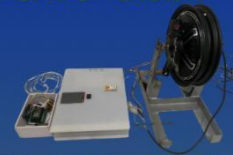
Kontrol dan Monitoring Kecepatan Motor BLDC Berbasis Fuzzy Logic Adaptive dan IoT

Disusun Oleh:

1. Rangga Aulia Rusli (2303321083)
2. Nisyra Nur Karima (230332089)
3. Muhammad Shiddiq Ali (2303321063)

Dosen Pembimbing:

Nana Sutarna, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 197007122001121001



Latar Belakang

Motor BLDC banyak digunakan dalam berbagai peralatan industri. Motor BLDC memiliki karakteristik non linear dan dinamis, sehingga dibutuhkan sistem kontrol yang adaptive terhadap perubahan beban yang dinamis. Sistem IoT diperlukan agar dapat memonitoring dan mengontrol motor secara real-time.

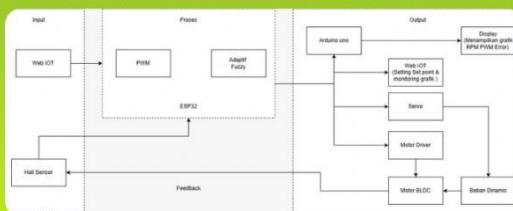
Tujuan

- Merancang dan memodelkan sistem kontrol kecepatan motor BLDC menggunakan metode Fuzzy Logic Adaptive berbasis MATLAB atau Simulink.
- Mengimplementasikan ESP32 sebagai mikrokontroler utama dalam sistem kontrol dan monitoring kecepatan motor BLDC
- Merancang sistem kontrol dan monitoring kecepatan motor BLDC menggunakan IoT secara real-time dan diakses melalui platform web melalui jaringan internet

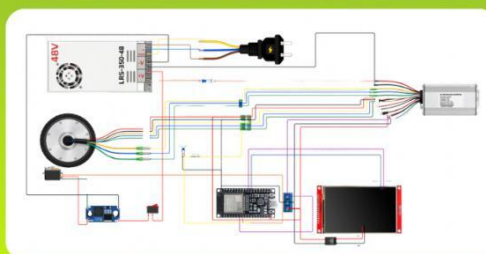
Cara Kerja Alat

1. **Inisialisasi Sistem:** Nyalakan catu daya 48 V. ESP32 melakukan booting, terhubung ke jaringan WiFi, kemudian menghubungkan sistem ke MQTT Broker.
2. **Konfigurasi Monitoring:** Website terhubung ke MQTT dan menampilkan status Online. Pengguna menentukan Setpoint RPM, memilih jenis Fuzzy Logic (Mamdani/Sugeno), dan mengatur level pembebanan.
3. **Kontrol Motor:** Saat tombol Start Motor ditekan, ESP32 mengolah data sensor menggunakan algoritma Fuzzy Logic untuk menghasilkan nilai PWM yang dikirim ke motor controller (ESC).
4. **Monitoring Real-Time:** Data RPM, PWM, error, setpoint, dan kondisi sistem dikirim melalui MQTT, kemudian ditampilkan pada Dashboard Website dan TFT Display secara real-time.
5. **Penyimpanan Data:** Seluruh data monitoring selama pengujian disimpan secara otomatis ke SD Card dalam format CSV sebagai data logging.
6. **Mengakhiri Pengujian:** Tekan tombol Stop Motor, matikan catu daya, kemudian sistem berhenti dan seluruh proses monitoring selesai.

Blok Diagram



Skematik Rangkaian





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

L-3 SOP ALAT



Politeknik Negeri Jakarta

SOP PENGGUNAAN ALAT

Kontrol dan Monitoring Kecepatan Motor BLDC Berbasis Fuzzy Logic Adaptive dan IoT

Cara Pengoperasian Alat

1. Pastikan seluruh komponen sistem telah terhubung dengan benar, meliputi Motor BLDC, Motor Controller (ESC), ESP32, TFT Display, SD Card Module, dan Power Supply.
2. Hubungkan Power Supply 48 V 20 A ke stop kontak 220 VAC, kemudian ubah posisi MCB menjadi ON hingga ESP32 melakukan proses booting.
3. Jika ESP32 belum terhubung ke internet, sambungkan perangkat ke WiFi ESP32_BLDC_Config, masukkan password, kemudian pilih jaringan WiFi yang akan digunakan melalui halaman konfigurasi hingga ESP32 terhubung ke internet.
4. Buka Website Dashboard, masuk ke menu Pengaturan Sistem, masukkan data MQTT (Host, Port, Username, dan Password), kemudian tekan Connect hingga status MQTT berubah menjadi Online.
5. Tentukan nilai Setpoint RPM, pilih metode Fuzzy Logic (Mamdani atau Sugeno), serta pilih Level Pembebanan sesuai kebutuhan.
6. Tekan tombol Start Motor untuk menjalankan motor BLDC. ESP32 akan mengendalikan kecepatan motor menggunakan metode Fuzzy Logic berdasarkan parameter yang dipilih.
7. Lakukan monitoring nilai RPM, PWM, Error, Setpoint, dan parameter lainnya melalui Website Dashboard maupun TFT Display. Seluruh data pengujian akan tersimpan secara otomatis ke Micro SD Card dalam format CSV.
8. Apabila diperlukan, ubah nilai Setpoint RPM, metode Fuzzy Logic, atau Level Pembebanan melalui Dashboard tanpa menghentikan sistem.
9. Setelah pengujian selesai, tekan tombol Stop Motor, kemudian tekan Disconnect MQTT hingga status berubah menjadi Offline.
10. Ubah posisi MCB menjadi OFF, cabut kabel Power Supply dari stop kontak 220 VAC, lalu simpan seluruh perangkat dengan aman.

Alat yang Dibutuhkan:

1. Motor BLDC dan Hall Sensor
2. Motor Controller (ESC)
3. ESP32 DevKit V1
4. Arduino Uno R3
5. TFT Display 3.5 Inch
6. SD Card Module dan Micro SD Card
7. Motor Servo MG996R
8. Tromol Kampas Rem
9. DC-DC Step Down LM2596
10. Power Supply 48 V 20 A
11. Laptop/PC
12. Koneksi WiFi
13. Website Dashboard
14. MQTT Broker (HiveMQ Cloud)

QR Code Website



<https://monitoring-bldc-fuzzy.vercel.app/>

Tampilan Website



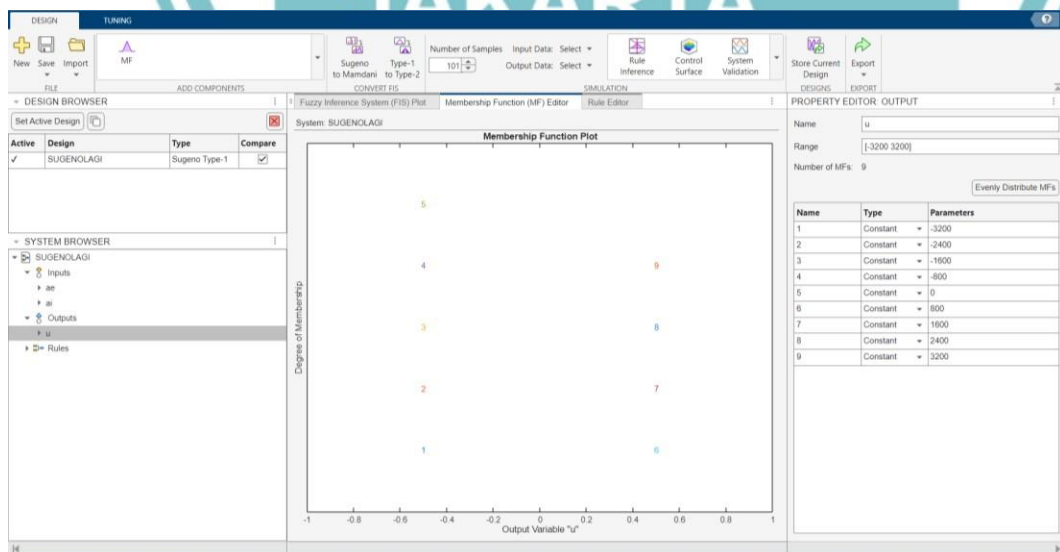
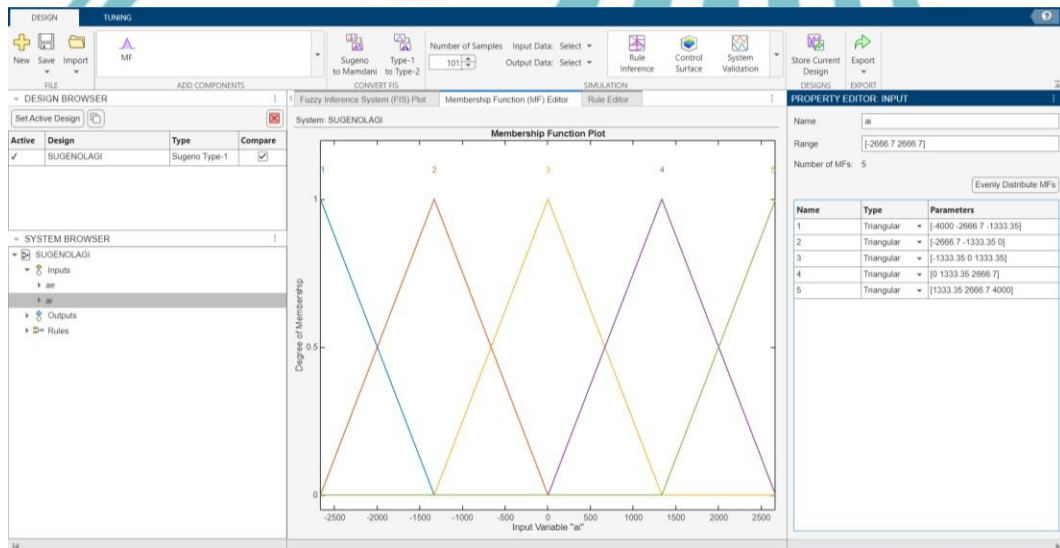
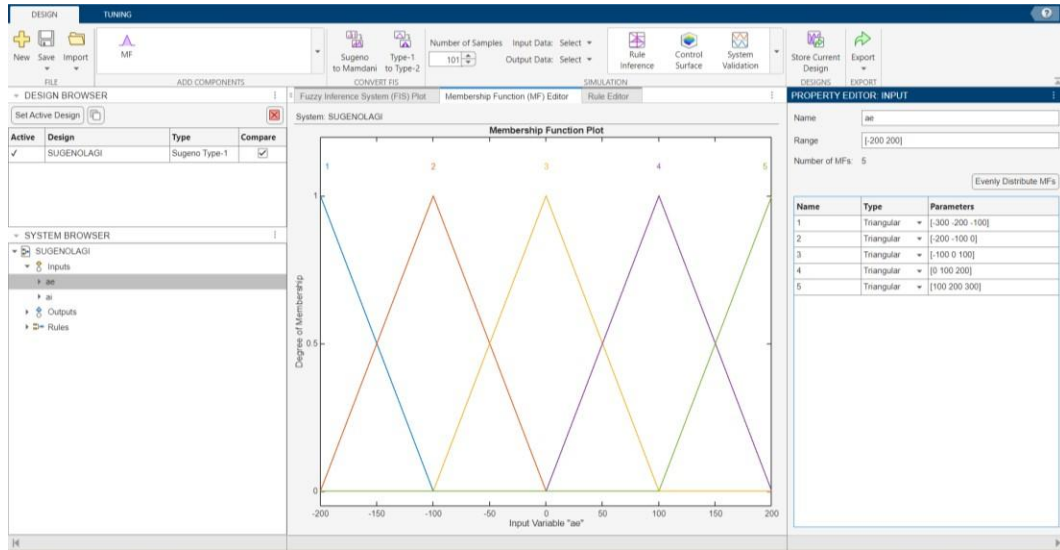


© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

L-4 DOKUMENTASI

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

