



TESIS- TE142599

**OPTIMISASI STEERING CONTROL MOBIL LISTRIK
AUTO-PILOT MENGGUNAKAN ADAPTIVE NEURO-
FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS) DAN IMPERALIST
COMPETITIVE ALGORITHM (ICA)**

**MACHRUS ALI
2213201012**

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Dr. Ir. IMAM ROBANDI, MT.
Prof. Dr. Ir. I NYOMAN SUTANTRA, MSc. Ph.D

**PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN TEKNIK SISTEM TENAGA
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015**



THESES- TE142599

**OPTIMIZATION OF ACTIVE STEERING CONTROL ON
VEHICLE ELECTRIC CARS AUTO-PILOT USING
ADAPTIVE NEURO-FUZZY INFERENCE SYSTEM
(ANFIS) AND IMPERALIST COMPETITIVE
ALGORITHM (ICA)**

MACHRUS ALI
2213201012

ADVISOR
Prof.Dr.(Eng).Ir. IMAM ROBANDI, M.T.
Prof. Dr. Ir. I NYOMAN SUTANTRA, MSc. Ph.D

**MAGISTERPROGRAM
POWER SYSTEM ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2015**

Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Magister Teknik (MT)

Di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Machrus Ali

NRP. 2213201012

Tanggal Ujian: 16 Juni 2015

Periode Wisuda: September 2015

Disetujui Oleh :


1. Prof. Dr. Ir. Imam Robandi, M.T.
NIP. 196308171990031001

(Pembimbing)


2. Prof. Dr. Ir. I Nyoman Sutantra, MSc. Ph.D.
NIP. 195106051978031002

(Pembimbing)


3. Prof. Dr. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M.Eng.
NIP. 195809161986011001

(Penguji)


4. Dr. I. Made Yulistya Negara, S.T., M.Sc.
NIP. 197007121998021001

(Penguji)


5. Dr. Ardyono Priyadi, S.T., M.Eng.
NIP. 197309271998031004

(Penguji)


6. Dedet Candra Riawan, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 197311192000031001

(Penguji)


7. Dr. Dimas Anton Asfani, S.T., M.T.
NIP. 198109052005011002

(Penguji)

Direktur Program Pascasarjana


Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, MT
NIP. 196404051990021001

PROGRAM
PASCASARJANA

OPTIMISASI STEERING CONTROL MOBIL LISTRIK AUTO-PILOT MENGGUNAKAN ADAPTIVE NEURO-FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS) DAN IMPERIALIST COMPETITIVE ALGORITHM (ICA)

Nama Mahasiswa : Machrus Ali
NRP : 2213201012
Pembimbing I : Prof. Dr. Ir. Imam Robandi, MT
Pembimbing II : Prof. Dr. Ir. I Nyoman Sutantra, MSc. Ph.D

ABSTRAK

Steering Control adalah sistem kemudi yang dirancang untuk akurasi pergerakan steer terhadap lintasan kendaraan dan memperingan sistem kemudi. Pada penelitian ini sistem kemudi menggunakan *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS). ANFIS dituning dari data training *Proportional Integral Derivative* (PID) dengan *Imperialist Competitive Algorithm* (ICA). *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS) digunakan untuk mengendalikan *Lateral Motion* pada model kendaraan. Pada penelitian ini akan dikembangkan model *Fully Automatic Steer By Wire System* menggunakan 10 *Degree Of Freedom* (DOF) terdiri dari 7-DOF *Vehicle Ride Model* dan 3-DOF *Vehicle Handling Model*. Dari hasil ICA dibandingkan dengan *Firefly Algorithm* (FA), *Particle Swarm Optimization* (PSO), *Ant Colony Optimization* (ACO), *Bat Algorithm* (BA) menunjukkan hasil yang paling baik. Dari hasil simulasi didapatkan bahwa PID-ICA jika dibandingkan dengan *Firefly Algorithm* (FA), *Particle Swarm Optimization* (PSO), *Ant Colony Optimization* (ACO), *Bat Algorithm* (BA) menunjukkan hasil yang paling baik. Pada kecepatan *default* (13.8 km/h) didapatkan nilai $k_p = 584,0150$, $k_i = 4,1046$, $k_d = 0,2014$ dan mampu mengontrol dengan kecepatan mencapai 69,0 km/h dengan *overshot* terkecil, yaitu 0,00621 pada C-RMS Error. Jika dibandingkan dengan hasil ANFIS hasil training data PID-ICA, hasil ANFIS hampir sama atau sedikit lebih halus dengan *overshot* 0,00507 pada C-RMS Error meskipun ANFIS bertahan sampai kecepatan dibawah 69,0 km/h.

Keywords: *Vehicle, Lateral Motion, PID, ANFIS, ICA*

OPTIMIZATION OF ACTIVE STEERING CONTROL ON VEHICLE ELECTRIC CARS AUTO-PILOT USING ADAPTIVE NEURO-FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS) AND IMPERIALIST COMPETITIVE ALGORITHM (ICA)

Nama Mahasiswa : Machrus Ali

NRP : 2213201012

Pembimbing I : Prof. Dr. Ir. Imam Robandi, MT

Pembimbing II : Prof. Dr. Ir. I Nyoman Sutantra, MSc. Ph.D

ABSTRACT

Steering Control is a steering system designed to steer the movement accuracy of the trajectory of the vehicle and lighten the steering system. In this study, the steering system using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS). ANFIS tuned Proportional Integral Derivative (PID) of training data with Imperialist Competitive Algorithm (ICA). Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) is used to control the Lateral Motion on the vehicle model. This research will be developed models Fully Automatic Steer By Wire System is represented in a simulation of the active steering control using vehicle models with 10 Degree Of Freedom (DOF) is composed of 7-DOF Model Vehicle Ride and Handling 3-DOF Vehicle Model. ICA results compared with Firefly Algorithm (FA), *Particle Swarm Optimization* (PSO), *Ant Colony Optimization* (ACO), *Bat Algorithm* (BA) showed the best result. From the simulation results showed that the PID-ICA When compared with *Firefly Algorithm* (FA), *Particle Swarm Optimization* (PSO), *Ant Colony Optimization* (ACO), *Bat Algorithm* (BA) showed the best result. In the default speed (13.8 km/h) obtained value $K_p = 584,0150$, $K_i = 4,1046$, $K_d = 0,2014$ and able to control the speed reaches 69.0 Km/h with the smallest overshoot, that is 0.00621 on C-RMS Error. When compared with the results of ANFIS training results of data PID-ICA, the results of ANFIS softer with 0.00507 overshoot the C-RMS Error although ANFIS lasted until the speed below 69,0 Km/h.

Keywords: *Vehicle, Lateral Motion, PID, ANFIS, ICA*

KATA PENGANTAR

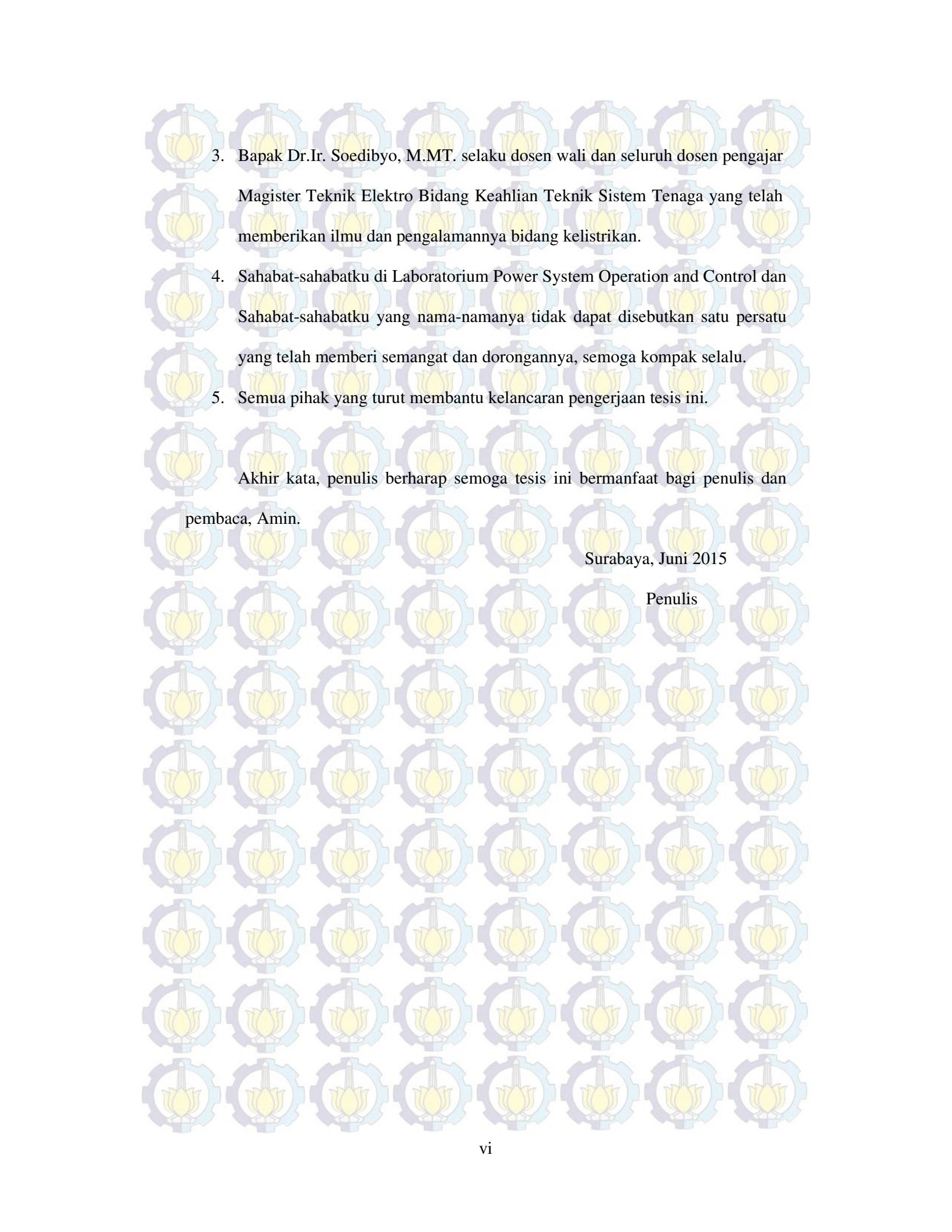
Syukur Alhamdulillah, dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan judul:

OPTIMISASI STEERING CONTROL MOBIL LISTRIK AUTO-PILOT MENGGUNAKAN ADAPTIVE NEURO-FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS) DAN IMPERIALIST COMPETITIVE ALGORITHM (ICA)

Penyusunan tesis ini merupakan salah satu persyaratan akademik untuk memperoleh gelar Magister Teknik (MT) pada Program Studi Magister, Bidang Keahlian Teknik Sistem Tenaga, Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Penulis menyadari bahwa penulisan tesis ini tidak akan selesai tanpa bantuan dan kerjasama dari beberapa pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang setinggi mungkin, kepada:

1. Bapak Prof.Dr.Ir.Imam Robandi,MT. selaku dosen pembimbing I yang telah banyak memberikan arahan dan bimbingan selama proses pembuatan tesis dan selama perkuliahan dibidang Teknik Sistem Tenaga.
2. Bapak Prof.Dr.Ir. I Nyoman Sutantra,MSc. Ph.D., selaku dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan arahan dan bimbingan selama proses pembuatan tesis dan selama perkuliahan dibidang Teknik Sistem Tenaga.

- 
3. Bapak Dr.Ir. Soediby, M.MT. selaku dosen wali dan seluruh dosen pengajar Magister Teknik Elektro Bidang Keahlian Teknik Sistem Tenaga yang telah memberikan ilmu dan pengalamannya bidang kelistrikan.
 4. Sahabat-sahabatku di Laboratorium Power System Operation and Control dan Sahabat-sahabatku yang nama-namanya tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberi semangat dan dorongannya, semoga kompak selalu.
 5. Semua pihak yang turut membantu kelancaran pengerjaan tesis ini.

Akhir kata, penulis berharap semoga tesis ini bermanfaat bagi penulis dan pembaca, Amin.

Surabaya, Juni 2015

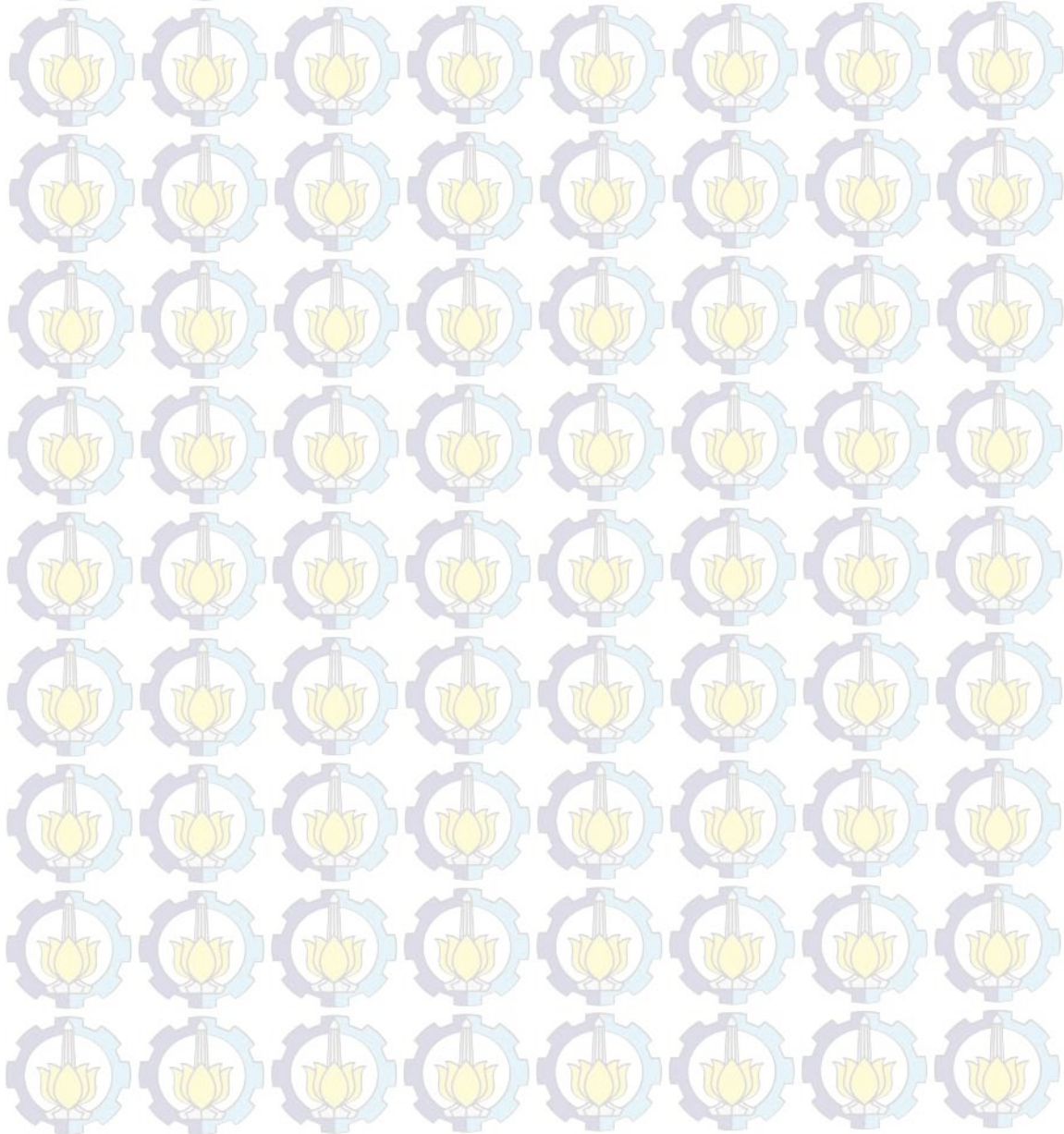
Penulis

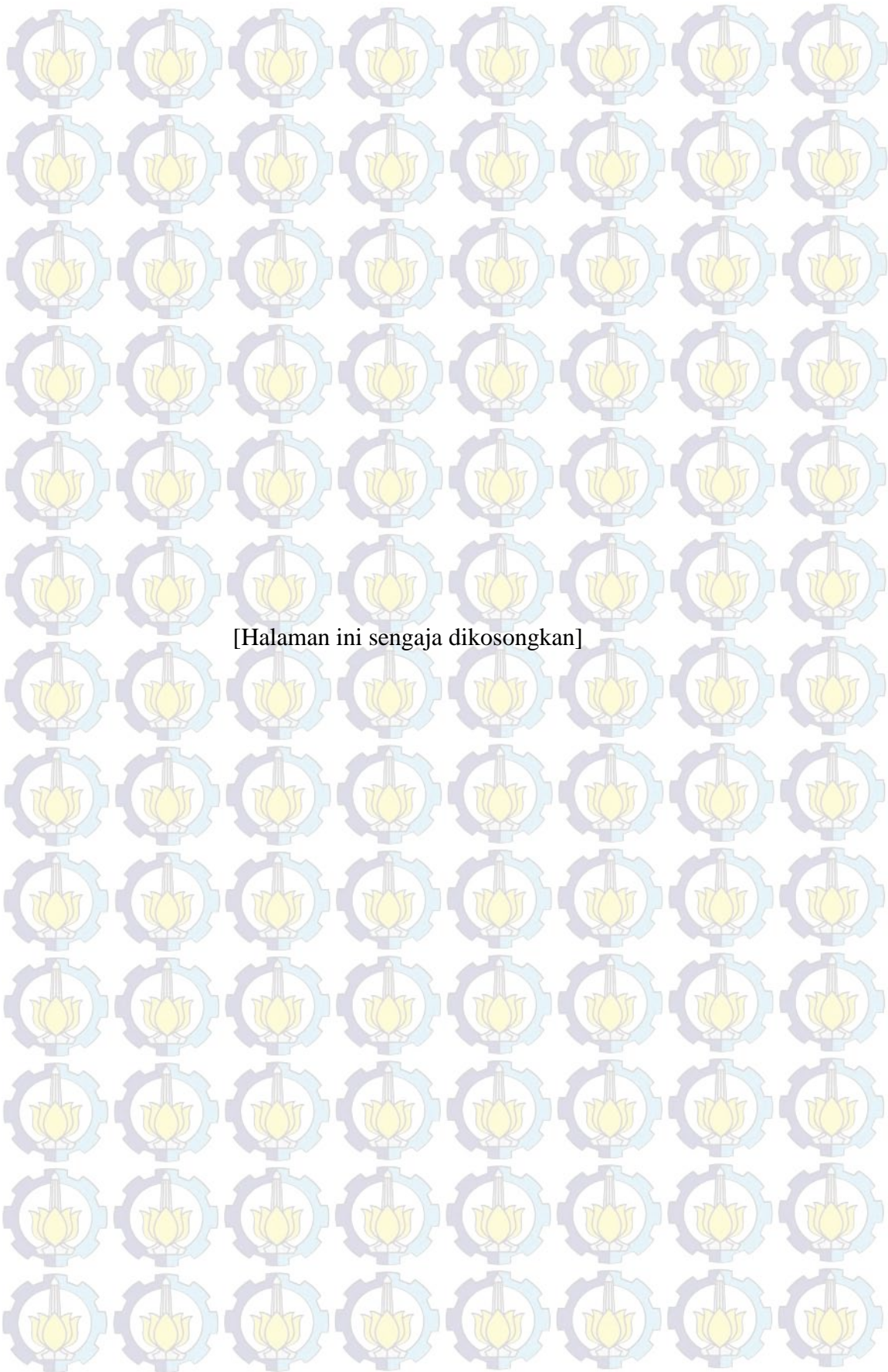
DAFTAR ISI

	Halaman
JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTARA TABEL	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batas Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Metode Penelitian	2
1.5.1 Studi Literatur	3
1.5.2 Pengumpulan Data	3
1.5.3 Simulasi dan Analisis	3
1.5.4 Pembuatan Laporan Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
1.7 Kontribusi Penelitian	4
BAB 2 MODEL KENDARAAN	7
2.1 Vehicle Model	7
2.1.1. Vehicle Ride Model	7
2.1.2. Vehicle Handling Model	7
2.2. Electric Vehicle System Model	9
2.3. Data Nilai Parameter Kendaraan	10
BAB 3 METODE PENELITIAN	13
3.1 Metode Imperialist Competitive Algorithm	13
3.1.1 Operasi Imperialist Competitive Algorithm	14
3.1.2 Inisialisasi Kerajaan (<i>Empire</i>)	15

3.1.3	Pergerakan Koloni dari Sebuah <i>Empire</i> Menuju <i>Imperialist</i>	17
3.1.4	Revolusi	19
3.1.5	Pertukaran Posisi Antara <i>Imperialist</i> dan Sebuah Koloni	20
3.1.6	Penggabungan <i>Empire</i> yang Sama	20
3.1.7	Perhitungan Kekuatan Total dari Sebuah <i>Empire</i>	20
3.1.8	Kompetisi kekuasaan (<i>Imperialist Competition</i>)	21
3.1.9	Eliminasi <i>Empire</i> Terlemah	23
3.1.10	Konvergensi	23
3.2	PID Kontroler	25
3.3	Logika Fuzzy	25
3.3.1	Fungsi Keanggotaan Fuzzy	26
3.3.2	Operasi Himpunan Fuzzy	27
3.3.3	Fuzzy Inference System (FIS)	28
3.3.4	Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)	29
3.3.4.1	Mekanisme Inference Fuzzy TSK	30
3.3.4.2	Cara Kerja ANFIS	31
3.3.4.3	Proses Training data ANFIS	32
3.2.5	Defuzzyfikasi	33
BAB 4 SIMULASI DAN ANALISIS		35
4.1	Model Kendaraan	35
4.1.1	Sistem Kontrol Kendaraan	35
4.1.2	Sub System	37
4.1.2.1	Tire Model	38
4.1.2.2	Handling Model	41
4.1.2.3	Slip Angle	42
4.2	Kontroler Kendaraan	43
4.2.1	PID Kontroler	43
4.2.2	Tuning PID dengan AI	44
4.2.3	Adaptive Neuro Fuzzy inference System (ANFIS)	47

BAB 5 KESIMPULAN.....	53
5.1 Kesimpulan.....	53
5.2 Penelitian selanjutnya.....	53
DAFTAR PUSTAKA.....	xv
DAFTAR NOTASI.....	xvii
ADDENDUM.....	xix
LAMPIRAN.....	xxi
INDEKS.....	xxiii
BIODATA.....	xxv

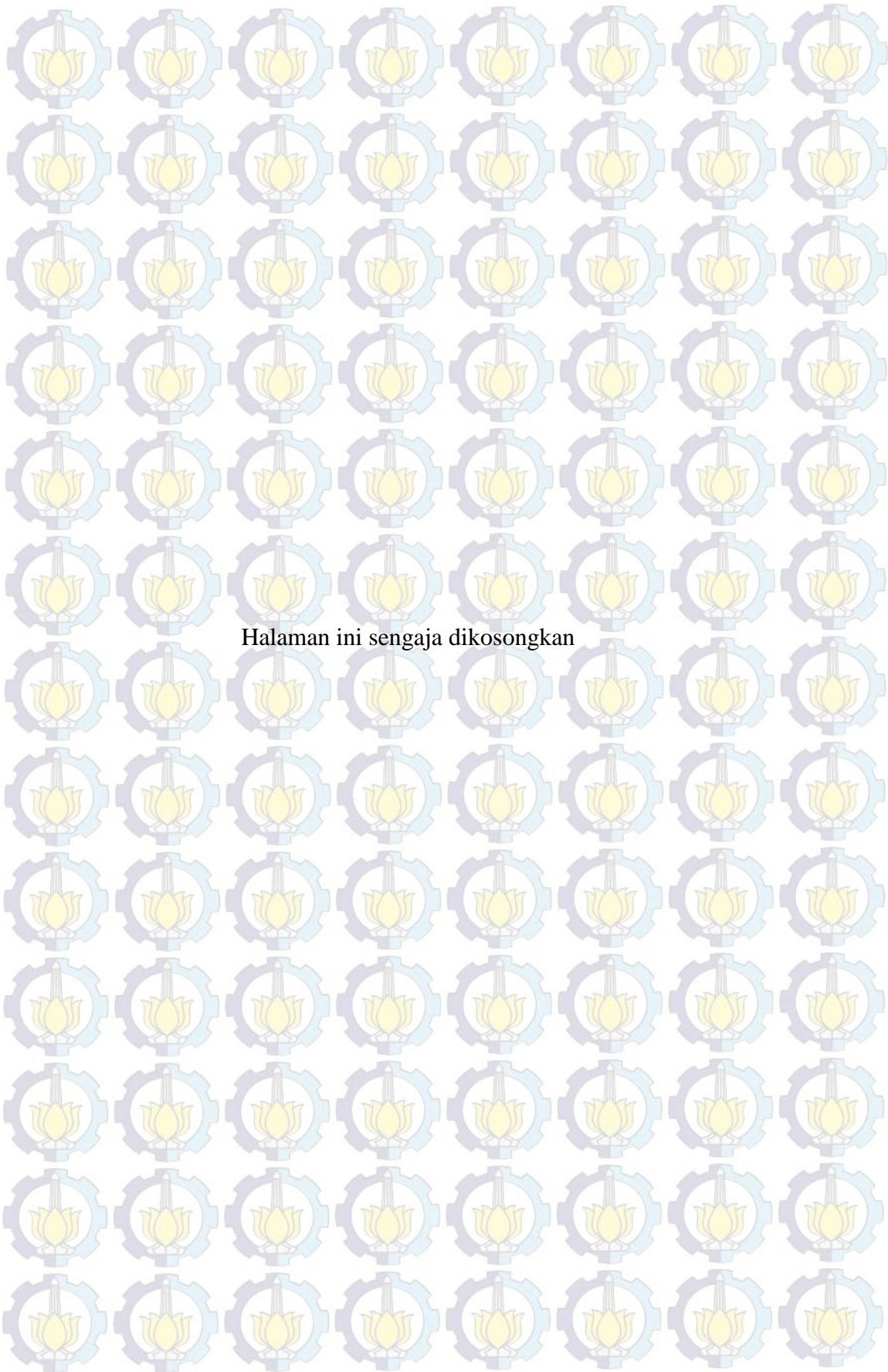




[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Data Nilai Parameter Kendaraan	11
Tabel 3.1 Proses pembelajaran hibrid ANFIS	32
Table 4.1 Nilai K_p, K_i dan K_d masing-masing Kontroler	45
Tabel 4.2. Kemampuan masing-masing Kontroler	47
Tabel 4.3. Kemampuan ANFIS	51



Halaman ini sengaja dikosongkan

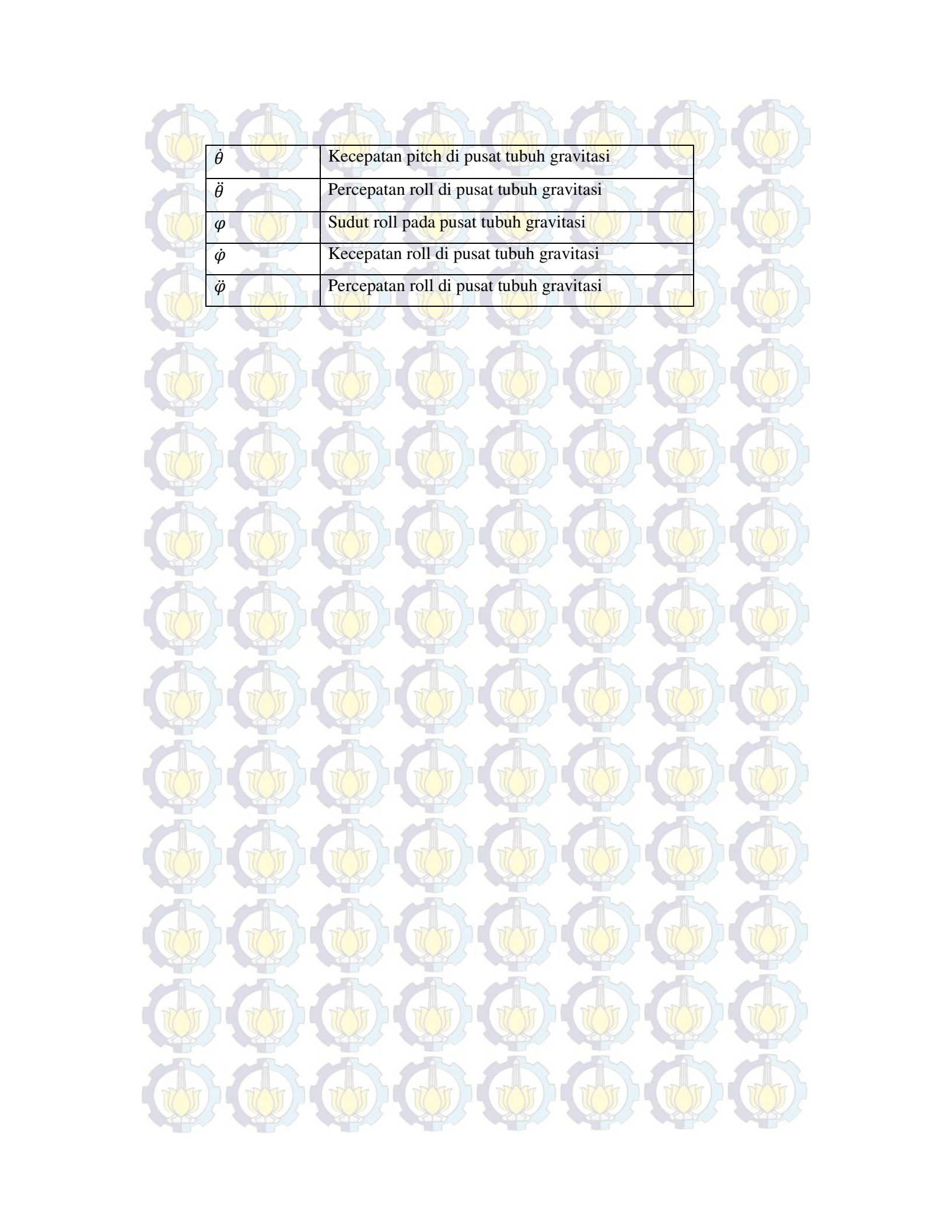
DAFTAR GAMBAR

Gambar. 2.1. Vehicle Ride Model	5
Gambar. 2.2. Vehicle Handling Model	7
Gambar 2.3. Lateral, longitudinal dan yaw motion	10
Gambar 2.4. Eletric Vehicle System Modeling	10
Gambar 2.5. Inner Loop Control	11
Gambar 3.1 Kandidat Solusi Dari Permasalahan (Negara)	16
Gambar 3.2 Empire awal	17
Gambar 3.3 Pergerakan Koloni Menuju Imperialis	18
Gambar 3.4 Pergerakan Koloni Menuju Imperialis dalam Penyimpangan Acak	19
Gambar 3.5 Revolusi ; Sebuah Perubahan Tiba-tiba dalam Karakteristik Sosial Politik Sebuah Negara	19
Gambar 3.6 Pertukaran Posisi Antara Imperialist dan Sebuah Colony	20
Gambar 3.7 Penggabungan Dua Empire yang Memiliki Posisi Sama.....	20
Gambar 3.8 Kompetisi Kekuasaan.....	21
Gambar 3.9 Flowchart Algoritma Komputasi ICA	25
Gambar 3.10. Diagram blok PID Kontrol.....	25
Gambar 3.11. Fungsi keanggotaan segitiga	26
Gambar 3.12. Fungsi keanggotaan trapezium.....	27
Gambar 3.13. Struktur Fuzzy Logic System.....	28
Gambar 3.14. Fuzzy Inference System Mamdani.....	29
Gambar 3.15. Sistem inferensi fuzzy TSK.....	30
Gambar 3.16. Struktur Anfis.....	31
Gambar 4.1. Sistem Kontrol kendaraan	35
Gambar 4.2. Sub System	35
Gambar 4.3. Position x	37
Gambar 4.4. Position y	37
Gambar 4.5. Pict Motion	38
Gambar 4.6. Rool Motion	38

Gambar 4.7. Tire Model	39
Gambar 4.8. Tire Model - Front Left	39
Gambar 4.9. Tire Model - Front Right	40
Gambar 4.10. Tire Model - Rear Left	40
Gambar 4.11. Tire Model - Rear Right	40
Gambar 4.12. Handling Model	41
Gambar 4.13. Handling model for trajectory	41
Gambar 4.14. Handling model for lateral motion	42
Gambar 4.15. Handling model for yaw motion	42
Gambar 4.16. Slip Angle	43
Gambar 4.17. Diagram blok PID Kontrol	43
Gambar 4.18. PID Controller for Vehicle	44
Gambar 4.19. Hasil simulasi beberapa AI	45
Gambar 4.20. Perbandingan Pitch Angel	46
Gambar 4.21. perbandingan yaw Angel	46
Gambar 4.22. ANFIS Controller for Vehicle	48
Gambar 4.23. FIS Sugeno	49
Gambar 4.24. Hasil test training Anfis	49
Gambar 4.25. Perbandingan hasil PID-ICA dengan ANFIS	50
Gambar 4.26. Perbandingan Pitch Angel	50
Gambar 4.27. Perbandingan yaw Angel	51

DAFTAR NOTASI

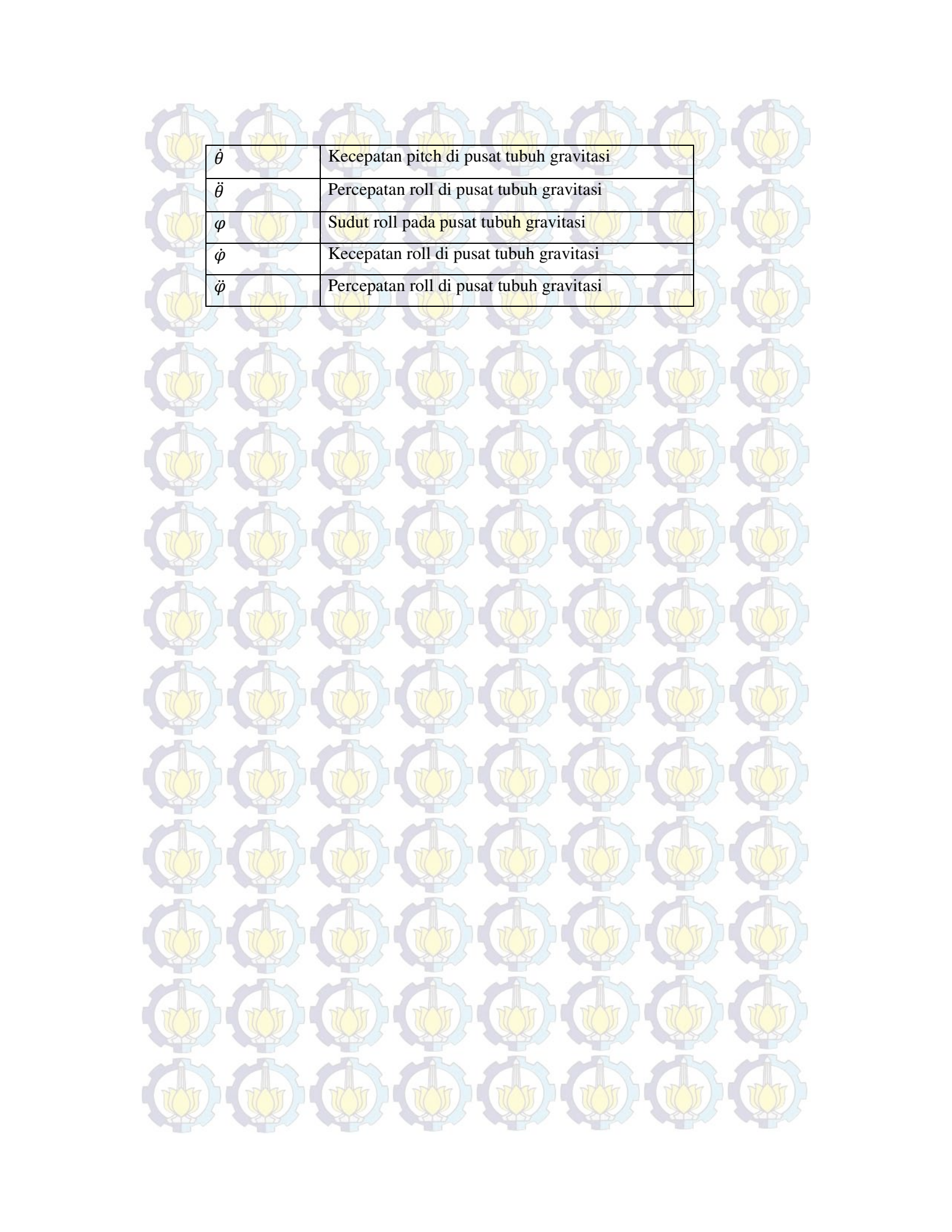
Variabel	Definisi
Z_s	Perpindahan massa muncul di body
\dot{Z}_s	Kecepatan massa muncul di body
\ddot{Z}_s	Percepatan massa muncul di body
$\dot{Z}_{u,ij}$	Perpindahan massa tidak muncul
$\ddot{Z}_{u,ij}$	Kecepatan massa tidak muncul
$Z_{r,ij}$	Percepatan massa tidak muncul
$Z_{r,ij}$	Profil jalan pada setiap ban
$K_{s,ij}$	Semi suspensi kekakuan setiap ban
$C_{s,ij}$	Redaman suspensi masing-masing ban
I_{xx}	Sumbu roll momen inersia
I_{yy}	Pitch axis momen inersia
w	Roda dasar massa bermunculan
F_{ij}	Gaya suspensi setiap sudut
m_s	Berat massa bermunculan
m_f	Massa total kendaraan
M_{zij}	Moment menyalarkan diri
F_{pij}	Gaya aktuator pneumatik di setiap sudut
F_{xij}	Gaya ban di arah longitudinal
F_{yij}	Kekuatan ban di arah lateral
i	Indikator depan atau belakang
j	Indikator kiri atau kanan
J_z	Momen inersia sekitar sumbu z
δ	Sudut kemudi
a	Jarak antara depan kendaraan dan COG.
b	Jarak antara belakang kendaraan dan COG.
θ	Sudut pitch di pusat tubuh gravitasi



$\dot{\theta}$	Kecepatan pitch di pusat tubuh gravitasi
$\ddot{\theta}$	Percepatan roll di pusat tubuh gravitasi
φ	Sudut roll pada pusat tubuh gravitasi
$\dot{\varphi}$	Kecepatan roll di pusat tubuh gravitasi
$\ddot{\varphi}$	Percepatan roll di pusat tubuh gravitasi

DAFTAR NOTASI

Variabel	Definisi
Z_s	Perpindahan massa muncul di body
\dot{Z}_s	Kecepatan massa muncul di body
\ddot{Z}_s	Percepatan massa muncul di body
$\dot{Z}_{u,ij}$	Perpindahan massa tidak muncul
$\ddot{Z}_{u,ij}$	Kecepatan massa tidak muncul
$Z_{r,ij}$	Percepatan massa tidak muncul
$Z_{r,ij}$	Profil jalan pada setiap ban
$K_{s,ij}$	Semi suspensi kekakuan setiap ban
$C_{s,ij}$	Redaman suspensi masing-masing ban
I_{xx}	Sumbu roll momen inersia
I_{yy}	Pitch axis momen inersia
w	Roda dasar massa bermunculan
F_{ij}	Gaya suspensi setiap sudut
m_s	Berat massa bermunculan
m_f	Massa total kendaraan
M_{zij}	Moment menyelaraskan diri
F_{pij}	Gaya aktuator pneumatik di setiap sudut
F_{xij}	Gaya ban di arah longitudinal
F_{yij}	Kekuatan ban di arah lateral
i	Indikator depan atau belakang
j	Indikator kiri atau kanan
J_z	Momen inersia sekitar sumbu z
δ	Sudut kemudi
a	Jarak antara depan kendaraan dan COG.
b	Jarak antara belakang kendaraan dan COG.
θ	Sudut pitch di pusat tubuh gravitasi



$\dot{\theta}$	Kecepatan pitch di pusat tubuh gravitasi
$\ddot{\theta}$	Percepatan roll di pusat tubuh gravitasi
φ	Sudut roll pada pusat tubuh gravitasi
$\dot{\varphi}$	Kecepatan roll di pusat tubuh gravitasi
$\ddot{\varphi}$	Percepatan roll di pusat tubuh gravitasi

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Akurasi pergerakan steer mobil sangat diperlukan dalam keselamatan berkendara, baik keselamatan yang ada didalamnya ataupun orang yang ada dekatnya. Kesalahan pergerakan steer mobil akan mengakibatkan kesalahan posisi mobil pada jalur kendaraan. Untuk mencegah terjadinya yang demikian diperlukan kontrol pengemudian yang dirancang untuk akurasi pergerakan steer terhadap kendaraan dan memperingan system kemudi. *Imperialist Competitive Algorithm* (ICA) adalah evolusi baru dari algoritma untuk mempercepat proses stabilisator untuk menyesuaikan parameter yang diperlukan pada *Proporsional Integral Deferensiative* (PID). *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS) dituning dari data training PID dengan ICA.

Beberapa riset telah dikembangkan pada *fully automatic steer by wire system* antara lain riset yang dikhususkan pada input *trajectory* (lintasan) yang menggunakan *look-ahead and look-down systems*, menggunakan teknologi *Global Positioning System* (GPS) dan *trajectory* yang menggunakan *line guidance*. Demikian juga telah banyak dikembangkan riset tentang *Control Active Steering* antara lain, *An Adaptive Nonlinear Control Scheme Aimed At The Improvement Of The Handling Properties Of Vehicles*, *Genetic Fuzzy Controller For Vehicle Automatic Steering Control*.

Permasalahan yang muncul saat ini adalah diperlukan suatu usaha untuk meningkatkan Performance *Fully Automatic Steer By Wire System* (steer serba otomatis), salah satu usaha yang masih sangat mungkin untuk dikembangkan adalah metode kontrol yang digunakan, karena hal ini akan berlaku pada apapun bentuk input *trajectory* yang digunakan. Penggunaan *Artificial Intelligence* (AI) sangat membantu dalam mempercepat proses pengontrolan dalam hal ini PID adalah kontrol yang cukup handal untuk digunakan namun perlu didukung suatu metode untuk tuning parameter-parameter dengan cepat dan akurat agar dapat dicapai hasil kontrol yang tepat. Metode pada penelitian ini menggunakan PID kontroler yang detuning dengan *Artificial Intellegence*.

ICA adalah suatu metode optimisasi yang menawarkan proses optimisasi dengan cepat dan akurat. ICA adalah salah satu algoritma meta-heuristik baru-baru ini diusulkan untuk memecahkan masalah optimasi. Algoritma kompetitif imperialis didasarkan pada strategi optimasi terinspirasi sosio-politik, yang memiliki kecepatan *konvergen* yang tinggi dan sangat *efisien* jika digunakan untuk perhitungan optimasi dari parameter yang tidak terlalu besar.

1.2. Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan diteliti pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana hasil respon AI pada steer mobil menggunakan ANFIS yang ditrainning datanya dari ditunning PID menggunakan ICA.
2. Membuat program untuk mensimulasikan, menguji dan memvalidasi AI menggunakan ANFIS yang ditrainning datanya dari PID yang ditunning menggunakan ICA.

1.3. Batasan Masalah

Pada penelitian ini hanya membahas tentang system kemudi kendaraan yang dikontrol oleh PID. PID akan detuning menggunakan AI dengan menggunakan ICA untuk menemukan parameter PID (K_p , K_i , K_d) yang paling baik. Hasil input dan output akan di training oleh ANFIS agar hasil yg didapat lebih baik.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain :

1. Mendapatkan kombinasi metode *Artificial Intelligence (Hybrid)* dalam steer mobil yaitu ANFIS dan ICA.
2. Dapat menerapkan ANFIS dengan tuning ICA dalam steer mobil.

1.5. Metode Penelitian

Untuk mempermudah penelitian ini, maka metode yang digunakan terdiri dari studi literatur, pengumpulan data, pemodelan system, metode optimasi, simulasi, dan pembuatan buku.

1.5.1. Studi Literatur

Studi Literatur dilakukan untuk menunjang pengetahuan dan penguasaan materi yang digunakan dalam penyelesaian penelitian ini. Studi literatur meliputi pengumpulan jurnal ilmiah, pengumpulan *proceeding*, pengumpulan buku teks. Pengumpulan jurnal ilmiah dan *proceeding* yang terdiri dari beberapa *paper* yang berhubungan dengan model kendaraan dan ICA. Pengumpulan buku teks, yang berhubungan dengan plant system kendaraan.

1.5.2. Pengumpulan Data

Pada penelitian yang akan dilakukan mengambil data teknis kendaraan (Data variable kendaraan), input dan output PID pada *plant vehicle model* yang selanjutnya akan di training oleh ANFIS.

1.5.3. Simulasi dan Analisis

Analisis dilakukan berdasarkan hasil simulasi, Simulasi model linear system kendaraan dilakukan menggunakan simulink pada MATLAB. Program ICA yang digunakan dalam menala ditulis dalam M-file dan ANFIS digunakan untuk mentraining data hasil ICA. Hasil respon dapat dilihat dari output respon sinyal yang dikeluarkan *lateral motion*.

1.5.4. Pembuatan Laporan Penelitian

Hasil penelitian ini adalah nilai parameter control PID pada kendaraan untuk memperhatikan respon. Output system hasil penalaan PID dengan metode ICA akan detraining oleh ANFIS sehingga hasilnya lebih baik. Hasil dari penalaan PID tanpa tuning ICA dibandingkan dengan PID yang di tuning dengan ICA dan hasil output dari ANFIS, Buku Tesis dibuat untuk menunjukkan dan melaporkan hasil dari penelitian ini.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan buku Tesis ini adalah sebagai berikut :

Bab 1 : Pendahuluan; membahas mengenai latar belakang, perumusan masalah, batas masalah, tinjauan pustaka, tujuan, metode penelitian, sistematika dan relevansi.

Bab 2 : Model Kendaraan; membahas tentang model kendaraan; *Ride Model*, *Handling Model*, *Slip angle*,

Bab 3 : Metode Penelitian; membahas tentang AI; ICA, *PID Controller*, *Fuzzy Logic*, ANFIS

Bab 4 : Analisa dan simulasi

Bab 5 : Kesimpulan dan saran

1.7. Kontribusi penelitian

Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap perkembangan steer kontrol pada mobil listrik dan diharapkan penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi dalam pengembangan penelitian pada masa yang akan datang. Dapat dikembangkan pada bidang riset kontrol pengemudian dengan metode atau plan yang berbeda.

BAB II MODEL KENDARAAN

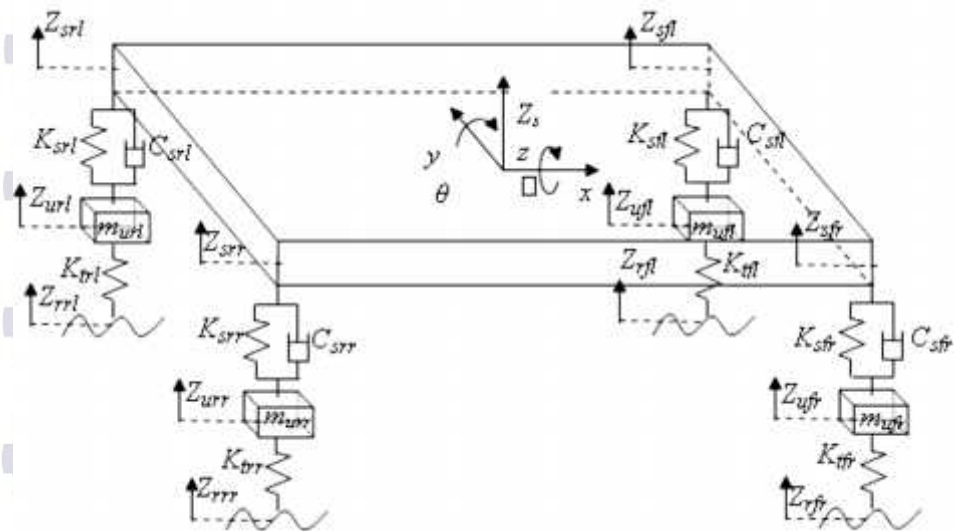
Didalam penelitian ini penulis membahas beberapa tinjauan pustaka yang digunakan untuk memodelkan mobil listrik dan steer mobil. Putaka yang diperlukan diantaranya; model kendaraan, dan teori yang tentang apa saja yang mempengaruhi penyimpangan kendaraan terhadap jalur lintasan.

2.1. Model Kendaraan (*Vehicle Model*)

Berdasarkan konsep dinamika kendaraan (*Vehicle Dynamics*), *vehicle model* yang dibangun sebagai plant pada *Active Steering Control System* menggunakan 10 derajat kebebasan (*Degree Of Freedom*) DOF yang terdiri dari 7-DOF dari *Vehicle Ride Model* dan 3-DOF dari *Vehicle Handling Model*.

1.1.1. Model Mengendarai (*Vehicle Ride Model*)

Vehicle Ride dipresentasikan sebagai 7-DOF system yang dinyatakan dalam 7 persamaan matematis terdiri dari persamaan matematis pada body kendaraan mempunyai sebuah kebebasan dari pergerakan untuk memantul (*bouncing*), anggukan (*pitching*), riakan (*rolling*) dan arah vertikal (*Vertical Direction*) untuk setiap roda (*each wheel*) seperti pada gambar 2.1.



Gambar. 2.1. *Vehicle Ride Model*

1. Pantulan akibat dari body kendaraan (*Bouncing of the car body*) (Z_s):

Gerakan memantulnya kendaraan akibat dari body kendaraan dapat dirumuskan menjadi:

$$m_s \ddot{Z}_s = -2(K_{s,f} + K_{s,r})Z_s - 2(C_{s,f} + C_{s,r})\dot{Z}_s + 2(aK_{s,f} - bC_{s,r})\theta + 2(aC_{s,f} - bC_{s,r})\dot{\theta} + K_{s,f}Z_{u,fl} + C_{s,f}\dot{Z}_{u,fl} + K_{s,f}Z_{u,fr} + C_{s,f}\dot{Z}_{u,fr} + K_{s,r}Z_{u,rl} + C_{s,r}\dot{Z}_{u,rl} + K_{s,r}Z_{u,rr} + C_{s,r}\dot{Z}_{u,rr} + F_{pfl} + F_{pfr} + F_{prl} + F_{prr} \quad (1)$$

2. Anggukan akibat dari body kendaraan (*Pitching of the car body*) (θ):

Gerakan naik turunnya kendaraan akibat body kendaraan dapat dirumuskan menjadi:

$$I_{yy}\ddot{\theta} = 2(aK_{s,f} - bK_{s,r})Z_s + 2(aC_{s,f} + bC_{s,r})\dot{Z}_s - 2(a^2K_{s,f} - b^2K_{s,r})\theta - 2(a^2C_{s,f} - b^2C_{s,r})\dot{\theta} - aK_{s,f}Z_{u,fl} - aC_{s,f}\dot{Z}_{u,fl} - aK_{s,f}Z_{u,fr} - aC_{s,f}\dot{Z}_{u,fr} + bK_{s,r}Z_{u,rl} + bC_{s,r}\dot{Z}_{u,rl} + bK_{s,r}Z_{u,rr} + bC_{s,r}\dot{Z}_{u,rr} - (F_{pfl} + F_{pfr})l_f + (F_{prl} + F_{prr})l_r \quad (2)$$

3. Riakan akibat dari body kendaraan (*Rolling of the car body*) (φ):

Gerakan berombaknya kendaraan akibat body kendaraan dapat dirumuskan menjadi:

$$I_{xx}\ddot{\varphi} = -0.5w^2(K_{s,f} + K_{s,r})\varphi - 0.5w^2(C_{s,f} + C_{s,r})\dot{\varphi} + 0.5wK_{s,f}Z_{u,fl} + 0.5wC_{s,f}\dot{Z}_{u,fl} - 0.5wK_{s,f}Z_{u,fr} - 0.5wC_{s,f}\dot{Z}_{u,fr} + 0.5wK_{s,r}Z_{u,rl} + 0.5wC_{s,r}\dot{Z}_{u,rl} - 0.5wK_{s,r}Z_{u,rr} - 0.5wC_{s,r}\dot{Z}_{u,rr} + (F_{pfl} + F_{prl})\frac{w}{2} - (F_{pfr} + F_{prr})\frac{w}{2} \quad (3)$$

4. Gerakan Arah Vertikal dari semua ban (*Vertical Direction for each wheel*):

Arah vertikal kendaraan untuk setiap roda dapat dirumuskan menjadi:

Untuk roda depan kiri:

$$m_u \ddot{Z}_{u,fl} = K_{s,f}Z_s + C_{s,f}\dot{Z}_s - aK_{s,f}\theta - aC_{s,f}\dot{\theta} + 0.5wK_{s,f}\varphi + 0.5wC_{s,f}\dot{\varphi} - (K_{s,f} + K_t)Z_{u,fl} - C_{s,f}\dot{Z}_{u,fl} + K_t Z_{r,fl} - F_{pfl} \quad (4)$$

Untuk roda depan kanan:

$$m_u \ddot{Z}_{u,fr} = K_{s,f} Z_s + C_{s,f} \dot{Z}_s - a K_{s,f} \theta - a C_{s,f} \dot{\theta} - 0.5w K_{s,f} \varphi - 0.5w C_{s,f} \dot{\varphi} - (K_{s,f} + K_t) Z_{u,fr} - C_{s,f} \dot{Z}_{u,fr} + K_t Z_{r,fr} - F_{pfr} \quad (5)$$

Untuk roda belakang kiri:

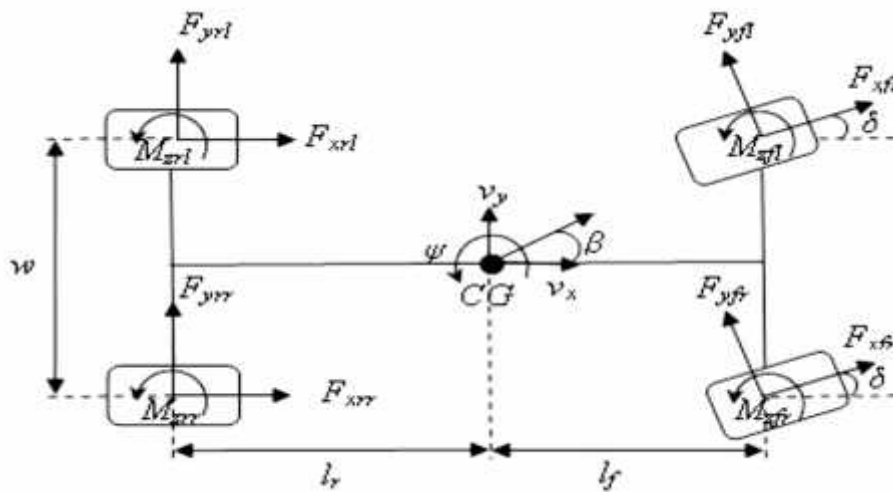
$$m_u \ddot{Z}_{u,rl} = K_{s,r} Z_s + C_{s,r} \dot{Z}_s + b K_{s,r} \theta + b C_{s,r} \dot{\theta} + 0.5w K_{s,r} \varphi + 0.5w C_{s,r} \dot{\varphi} - (K_{s,r} + K_t) Z_{u,rl} - C_{s,r} \dot{Z}_{u,rl} + K_t Z_{r,rl} - F_{prl} \quad (6)$$

Untuk roda belakang kanan:

$$m_u \ddot{Z}_{u,rr} = K_{s,r} Z_s + C_{s,r} \dot{Z}_s + b K_{s,r} \theta + b C_{s,r} \dot{\theta} - 0.5w K_{s,r} \varphi - 0.5w C_{s,r} \dot{\varphi} - (K_{s,r} + K_t) Z_{u,rr} - C_{s,r} \dot{Z}_{u,rr} + K_t Z_{r,rr} - F_{prr} \quad (7)$$

1.1.2. Model Penanganan Kendaraan (*Vehicle Handling Model*)

Penanganan Kendaraan (*Vehicle Handling*) direpresentasikan sebagai 3 DOF system yang berarti memiliki 3 persamaan matematis yang terdiri dari persamaan matematis pergerakan body kendaraan secara *Lateral* dan *Longitudinal* serta *Yaw Motion*. *Lateral motion* dan *longitudinal motion* merupakan pergerakan kendaraan sepanjang sumbu x dan sumbu y yang dinyatakan dalam percepatan *lateral* (a_y) dan percepatan *longitudinal* (a_x) sehingga *lateral motion* dan *longitudinal motion* dapat diperoleh dengan integrasi dua kali dari percepatan *lateral* dan *longitudinal*, dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar. 2.2. *Vehicle Handling Model*

a. Roll (Lateral Motion)

Roll adalah gerakan sisi ke sisi mobil sekitar sumbu yang memanjang dari depan ke belakang kendaraan, dan melewati palung pusat gravitasi. *Roll* merupakan rotasi dari mobil sekitar yang memanjang (depan/belakang) sumbu x. Untuk intensitas *fight roll* yang lebih baik, harus dihitung titik pusat *roll*. Pusat *roll* titik imajiner, tetapi didefinisikan secara akurat, di tengah garis sumbu x mobil. *Roll* biasanya diambil menjadi positif (+) untuk gerakan ke atas di sisi kanan dan negatif (-) untuk gerakan ke atas di sisi kiri mobil. Percepatan *lateral* (a_y) dapat ditulis:

$$a_y = \frac{F_{yfl} \cos \delta - F_{xfl} \sin \delta + F_{yfr} \cos \delta - F_{xfr} \sin \delta + F_{yrl} + F_{yrr}}{m_t} \quad (8)$$

b. Pitch (Longitudinal Motion)

Pitch adalah gerak depan dan belakang-mobil sekitar sumbu yang memanjang dari kiri ke kanan kendaraan dan pusat gravitasi. *Pitch* adalah gerak melintang (sisi ke sisi) pada sumbu y. *Pitch* biasanya diambil menjadi positif (+) untuk gerakan ke atas dari *nose* kendaraan dan negatif (-) untuk gerakan ke bawah dari *nose* kendaraan. Efek dari *pitch* akan meningkat sebagai fungsi dari ketinggian kendaraan. *Pitch* yang terjadi dalam merespon percepatan dan perlambatan, dan sulit untuk dikendalikan. Percepatan *longitudinal* (a_x) dapat dituliskan:

$$a_x = \frac{F_{xfl} \cos \delta - F_{yfl} \sin \delta + F_{xfr} \cos \delta - F_{yfr} \sin \delta + F_{xrl} + F_{xrr}}{m_t} \quad (9)$$

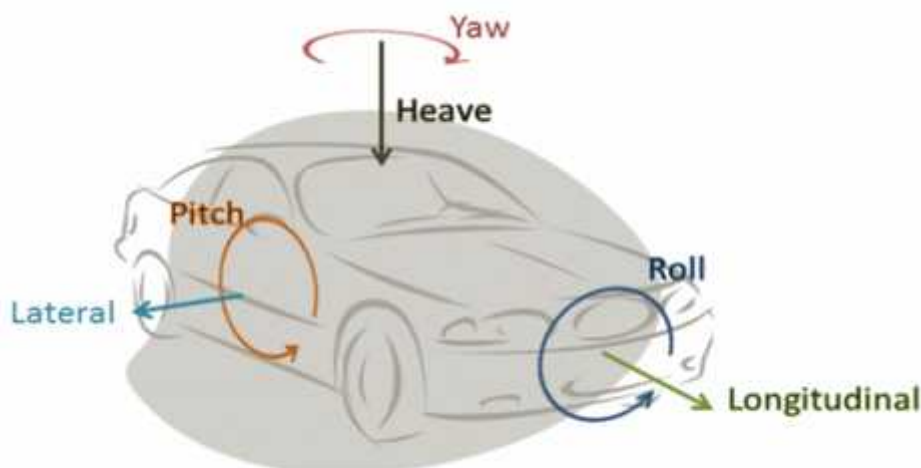
c. Yaw Motion

Yaw adalah gerak kiri kanan *nose* mobil pada sumbu vertikal z, sumbu yang berjalan dari atas melalui bagian bawah kendaraan dan melewati pusat gravitasi. Sudut *Yaw* menjadi positif (+) saat *nose* berputar ke kanan dan negatif (-) saat *nose* berputar ke kiri. Kita dapat merespon dengan pengaturan suspensi yang berbeda.

Pergerakan kendaraan secara angular yang bersumbu vertikal z disebut sebagai *Yaw Motion* (r) yang dapat diperoleh dengan integrasi \dot{r} dan \ddot{r}

$$\ddot{r} = \frac{1}{J_z} \left[\frac{w}{2} F_{xfl} \cos \delta - \frac{w}{2} F_{xfr} \cos \delta + \frac{w}{2} F_{xrl} - \frac{w}{2} F_{xrr} + \frac{w}{2} F_{yfl} \sin \delta - \frac{w}{2} F_{yfr} \sin \delta - l_r F_{yrl} - l_r F_{yrr} + l_f F_{yfl} \cos \delta + l_f F_{yfr} \cos \delta - l_f F_{xfl} \sin \delta - l_f F_{xfr} \sin \delta + M_{zfl} + M_{zfr} + M_{zrl} + M_{zrr} \right] \quad (10)$$

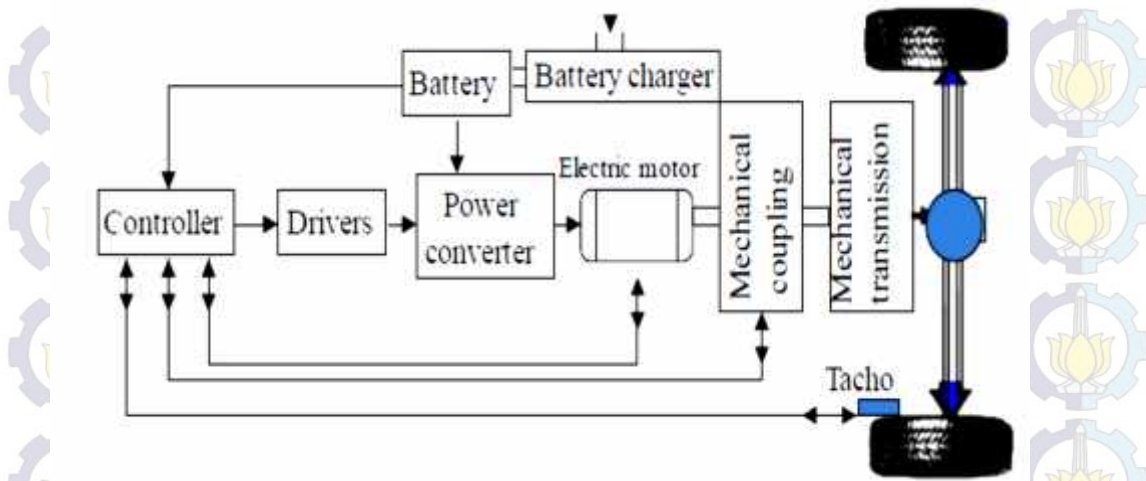
Disini dianggap *roll*, *pitch* dan *yaw* *independen*, tetapi dalam kenyataannya ketiga jenis gerakan mempengaruhi sikap kendaraan pada waktu yang sama. Setiap putaran akan selalu mempengaruhi dua sumbu. Misalnya, rotasi yaw dasarnya melakukan rotasi 2D sehubungan dengan sumbu x dan y sementara meninggalkan sumbu z tidak berubah. Dengan rotasi lapangan hanya sumbu y tetap tidak berubah, dan *roll* akan meninggalkan sumbu x tidak berubah. *Yaw*, *pitch*, dan *roll* rotasi dapat digunakan untuk menempatkan body 3D dalam setiap orientasi. Gambar arah *lateral*, *longitudinal* dan *yaw* dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gamabr 2.3. *Lateral, longitudinal dan yaw motion*

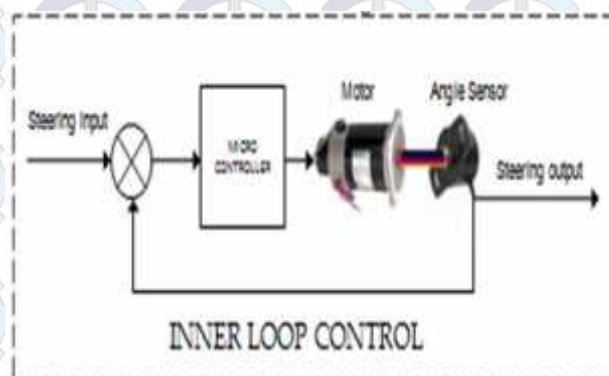
2.2. *Electric Vehicle System Model*

System EV terdiri dari dua subsystem, motor listrik dan platform system kendaraan; keduanya harus dimodelkan, mengingat semua gaya yang bekerja dan parameter platform EV yang akan ditambah dengan kecepatan rotasi roda melalui karakteristik dari motor listrik dan permukaan, serta untuk menurunkan tanggapan untuk *acting forces*, untuk menghitung torsi dan daya yang diperlukan tanggapan, yang dapat digunakan untuk membangun model simulink pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. *Electric Vehicle System Modeling*

Sebagai input steer ada dua buah macam kontrol, yaitu *outer loop control* dan *inner loop control*. *Outer loop control* adalah kontroler yang berupa kontroler diluar system, sedangkan *inner loop control* adalah kontroler didalam system. Gambar *inner loop control* dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5. *Inner Loop Control*

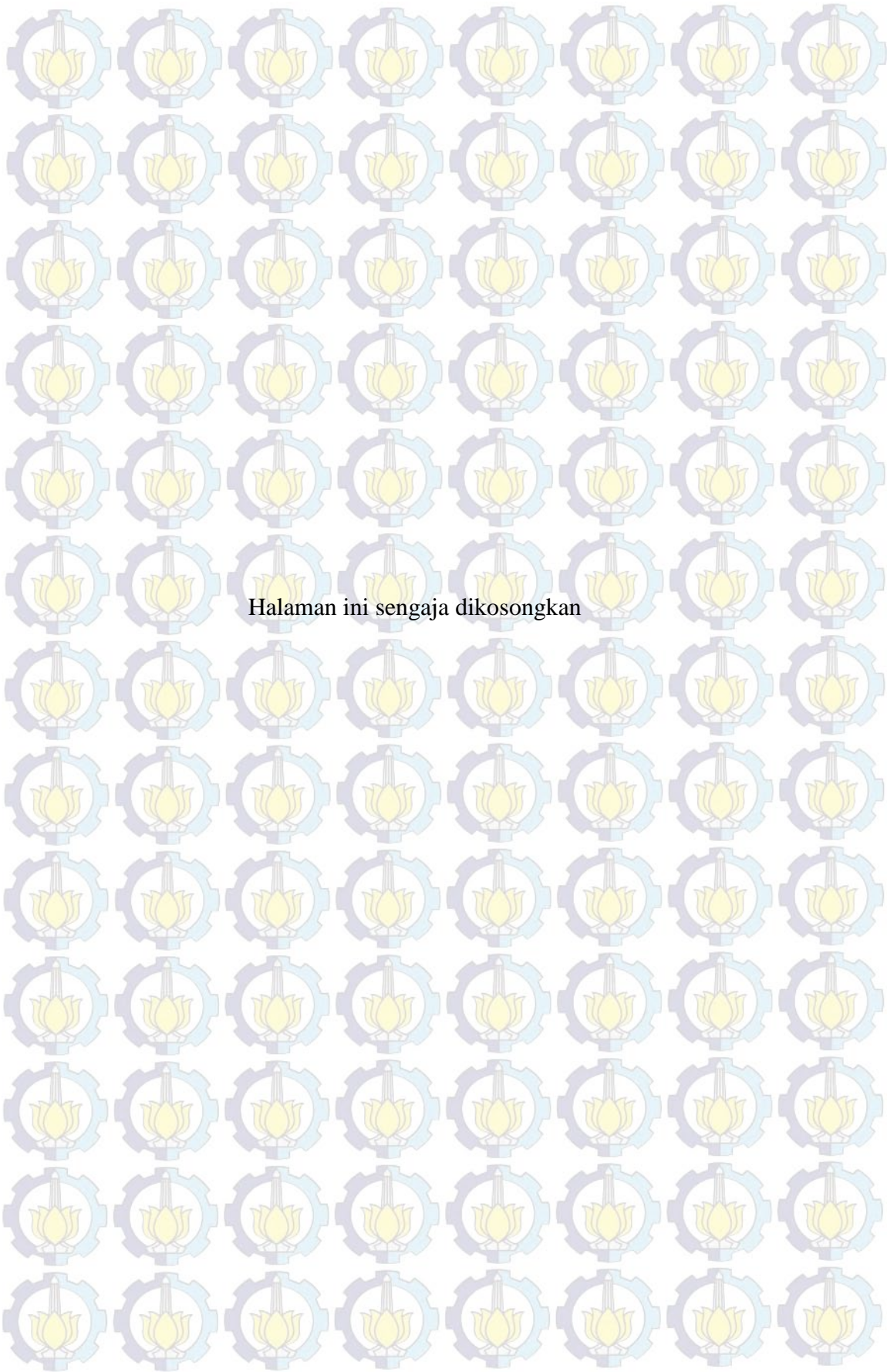
Steering input masuk ke mikrokontroler mengontrol gerakan motor. Gerakan motor disensor oleh angle sensor kemudian diumpun balikan ke mikrokontroler dan outputnya berupa steering output.

2.3. Data Nilai Parameter Kendaraan

Pada paper ini, variabel untuk menentukan parameter untuk mengoptimisasi posisi yang paling optimal secara simultan. Besar nilai parameter terlihat pada tabel 2.1.

Table 2.1.
Data Nilai Parameter

No	Parameter	Value
1	Massa kendaraan	1700 kg
2	Massa sprung kendaraan	1520 kg
3	Koefisien Gesekan	0.85
4	Lebar lintasan depan	1.5 m
5	Track lebar belakang	1.5 m
6	Jarak Ban bergulir	0.285 m
7	Jarak roda	2.7 m
8	Jarak antara as roda depan untuk COG	1.11 m
9	Jarak antara poros belakang untuk COG	1.59 m
10	Kontanta Pitch pengerasan	4000 Nm ⁻¹
11	Konstanta Roll kekakuan	2400 Nm ⁻¹
12	Tinggi pusat gravitasi	0.55 m
13	Momen inerti Pitch	425 kg m ²
14	Momen inerti Roll	425 kg m ²
15	Momen inerti Yaw	3125 kg m ²
16	Momen inerti roda	1.1 kg m ²
17	Konstanta Pitch damping	170000 Nm ⁻¹ s ⁻¹
18	Konstanta Roll damping	90000 Nm ⁻¹ s ⁻¹



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Metode *Imperialist Competitive Algorithm*

Imperialisme merupakan kebijakan dalam memperluas kekuatan dan aturan pada pemerintahan diluar teritorialnya. Suatu negara berusaha mendominasi negara yang lainnya dengan aturan secara langsung atau dengan cara yang kurang begitu jelas seperti pengontrolan pasar-pasar barang atau bahan-bahan mentah. Pengontrolan pasar bahan mentah disebut neokolonisme. Pada awalnya, imperialisme hanya sebagai kontrol politik atas negara-negara lain dengan tujuan untuk menggunakan sumber daya yang dimiliki negara lain. Pada kasus-kasus tertentu, alasan mengontrol negara lain hanyalah mencegah penjajah musuh dari penguasaan negara itu. Apapun alasannya itu, negara penjajah akan berkompetisi untuk meningkatkan jumlah jajahannya dan menyebarkan kekuasaannya di seluruh dunia. Kompetisi ini mengakibatkan perkembangan bagi kerajaan yang kuat dan keruntuhan bagi kerajaan yang lemah.

Imperialisme telah merubah sikap publik menuju peradaban barat selama abad ke-19 dan ke-20. Pemahaman sosial Darwin menafsirkan bahwa budaya barat lebih tinggi dibandingkan budaya timur. Imperialisme mempertimbangkan perang salib sebagai hasil dari sikap. Kemudian sepanjang semua kesulitan ini, imperialisme membuat negara penjajah memulai dengan mengembangkan jajahannya (menyebarkan budayanya). Sebagai contoh, di pertengahan abad ke-18, dua penjajah bermusuhan, perancis dan inggris saling berkompetisi untuk menguasai India yang merupakan sebagai bagian dari ambisi imperialisnnya untuk menguasai seluruh dunia. Akhirnya yang dapat menguasai India adalah Inggris. Setelah mententramkan negara ini, inggris mulai membangun sekolah bahasa inggris, jalan, rel kereta, dan jalur telegraf. Inggris juga mencoba untuk merubah kepercayaan sosial dan adat yang dianggap salah jika dibandingkan dengan budaya barat. Budaya-budaya yang diperbaiki tersebut termasuk adat pembakaran diri yang diikuti oleh janda India sebagai tanda kesetiaan untuk suaminya. Mereka juga menggalakkan pernikahan usia dini pada anak perempuannya. Inggris membuat perubahan yang sama pada Malaya dengan

menghapuskan perbudakan dan pajak sewenang-wenang dengan membuat system yang baru dalam pemeliharaan kesehatan. Indochina adalah contoh yang lain. Indochina merupakan jajahan Perancis. Perancis tertarik Indochina karena sumber daya alamnya dan untuk mencegah Inggris dalam meningkatkan kekuatannya. Ini juga merupakan tempat yang baik untuk pengabar injil untuk menarik masuk orang-orang agar beragama kristen. Berdasarkan kebijakan asimilasi, Perancis bermaksud untuk membangun Perancis baru di Indochina melalui bangunan sekolah bahasa Perancis untuk memperluas bahasa dan budayanya. Walaupun kebijakan tersebut tidak berhasil dalam meningkatkan kekuasaan atas jajahannya, dan jajahan meminta untuk otonomi daerahnya, mereka membawa perkembangan sosial dan politik yang cepat untuk jajahannya.

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi terjadi peningkatan yang besar dalam penelitian mengenai kecerdasan buatan atau *artificial intelligent* (AI) yang terus berkembang. Berbagai metode telah ditemukan seperti metode *Neural Network* (NN), *Fuzzy*, *Genetik Algoritma* (GA), ataupun *Swarm Intelligent* yang dapat mempermudah dalam proses klasifikasi maupun optimisasi, sehingga memberikan dampak yang positif dalam kemajuan teknik kontrol system, khususnya kontrol system tenaga.

Metode berbasis AI telah ditemukan dan saat ini dikembangkan adalah *Imperialist Competitive Algorithm* (ICA), yang merupakan jenis metode optimisasi yang terinspirasi dari pola kompetisi kekuasaan (*Imperialist Competitive*) suatu Negara atau kerajaan yang saling berkompetisi atau menjajah.

3.1.1. Operasi *Imperialist Competitive Algorithm*

Imperialist Competitive Algorithm (ICA) merupakan algoritma evolusioner yang terinspirasi dengan kompetisi kekuasaan (*imperialist competitive*) [24]. Algoritma optimasi ICA dikenalkan oleh Esmail Atashpaz dan pada tahun 2007. ICA mensimulasikan proses sosial politik dari imperialisme dan kompetisi kekuasaan. Pada Metode ICA ini, seperti algoritma evolusioner lainnya yaitu dengan dimulai dengan inialisasi populasi awal. Setiap individu dari populasi disebut dengan negara (*country*). Beberapa negara terbaik dipilih sebagai negara penjajah dan sisanya membentuk koloni yang digunakan oleh penjajah.

Negara imperialis bersama-sama dengan koloni yang dimilikinya membentuk beberapa *empire* (kerajaan). Setelah membentuk empire awal, koloni pada setiap empire bergerak menuju negara imperialis yang relevan. Pergerakan ini adalah model sederhana dari kebijakan asimilasi yang diberikan oleh negara imperialis. Total kekuatan dari sebuah empire tergantung pada kekuatan dari negara imperialis dan kekuatan dari koloninya. Fakta ini dimodelkan dengan mendefinisikan total kekuatan dari sebuah empire merupakan kekuatan dari negara imperialis ditambah dengan presentase dari rata-rata kekuatan koloninya.

Dalam penelitian ini, peneliti mencoba menerapkan metode ICA dalam system tenaga, Peran ICA dalam hal ini adalah untuk mencari parameter PID yang tepat untuk mengurangi kesalahan akibat gerakan lateral dan yaw pada system serta guna menjaga kesesuaian *trajectory*.

Penggunaan metode ini didasarkan pada pertimbangan bahwa, ICA merupakan jenis metode optimisasi yang sederhana, kemampuan mencapai konvergensi yang cepat, dan menghasilkan solusi yang baik.

Secara sederhana, menyelesaikan metode ICA dalam penelitian ini memiliki beberapa tahap metode operasi dijelaskan dalam sub bab berikut [24-7].

3.1.2. Inisialisasi Kerajaan (*Empire*)

Dalam ICA populasi awal disebut “*country*”, *cost country* diperoleh dari fungsi *objective*. Dari sejumlah *country* akan dipilih beberapa penjajah (*imperialist*) yang dianggap kuat untuk memimpin *empire*. Tujuan akhir dari optimisasi adalah mendapatkan solusi optimal untuk suatu permasalahan tertentu. ICA membentuk sebuah array dari nilai variabel yang akan dioptimisasi. Pada algoritma lain, seperti GA, array ini disebut dengan kromosom, maka di ICA ada istilah negara atau “*country*”. Sebuah negara (*country*) adalah $1 \times N_{var}$ array. Array ini didefinisikan sebagai berikut.

$$country = (P_1, P_2, P_3, \dots, P_{N_{var}}) \quad (3.1)$$

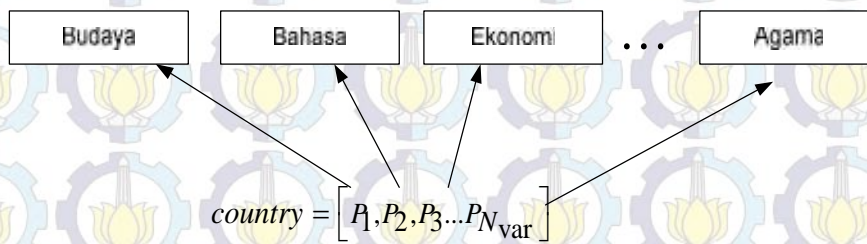
Dengan P_i adalah variabel yang akan dioptimisasi. Setiap variable dalam suatu negara dapat diinterpretasikan sebagai karakteristik sosio-politik dari sebuah negara. Dari sudut pandang ini, semua algoritma akan melakukan pencarian untuk negara yang terbaik dimana negara ini memiliki kombinasi dari karakteristik

sosial politik seperti budaya, bahasa, kebijakan politik, maupun agama. Dari sisi optimisasi, hal ini akan memicu penemuan solusi optimal dari permasalahan, solusi dengan nilai cost terbaik. Gambar 3.1 menunjukkan penggambaran dari negara dengan menggunakan beberapa karakteristik sosial politik.

Cost dari sebuah negara didapatkan dengan mengevaluasi cost function f pada variabel $(P_1, P_2, P_3, \dots, P_{N_{var}})$. Sehingga kita mendapatkan

$$cost = f(country) = f(P_1, P_2, P_3, \dots, P_{N_{var}}) \quad (3.2)$$

Untuk memulai optimisasi, negara awal yang berukuran N_{negara} dibentuk terlebih dahulu. Beberapa negara yang terbaik akan dipilih sebagai penjajah atau imperialis (*imperialist*) untuk memimpin sebuah *empire*. Sisa dari populasi akan membentuk jajahan atau koloni (*colony*) yang dimiliki oleh empire. Sebuah *empire* akan terdiri dari satu imperialis dan beberapa koloni.



Gambar 3.1 Kandidat Solusi Dari Permasalahan (Negara)

Pembagian koloni harus didasarkan kekuatan dari imperialis. Untuk membagi koloni berdasarkan imperialis dengan tepat, maka cost imperialis harus dinormalisasi terlebih dahulu dengan persamaan berikut.

$$C_n = c_n - \max\{c_i\} \quad (3.3)$$

dengan C_n adalah cost yang sudah dinormalisasi dan c_n merupakan cost dari imperialis ke- n .

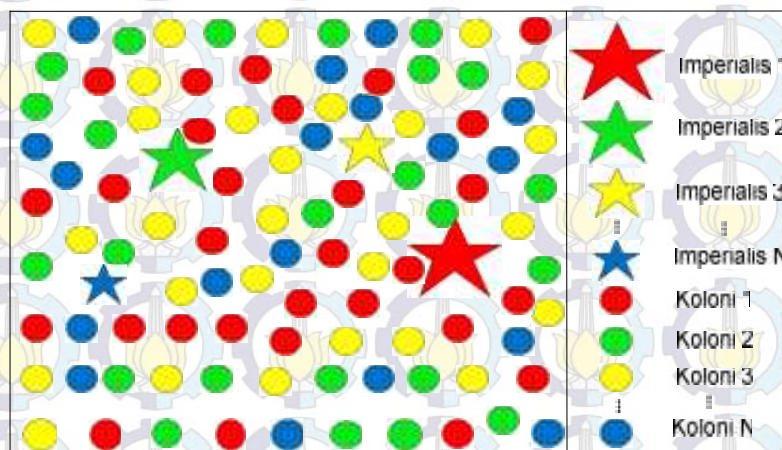
Dan kekuatan masing-masing imperialis didefinisikan sebagai berikut,

$$p_n = \frac{C_n}{\sum_{i=1}^{N_{imp}} C_i} \quad (3.4)$$

kemudian jumlah koloni awal untuk sebuah empire ke- n adalah

$$N.C.n = \text{round}\{P_n.N_{col}\} \quad (3.5)$$

Dengan $N.C_n$ adalah jumlah awal koloni dari empire ke- n dan N_{col} merupakan jumlah koloni awal. Untuk membagi koloni-koloni, $N.C_n$ dari koloni secara random dipilih dan diberikan pada imperialist ke- n . Koloni tersebut dengan imperialis ke- n akan membentuk empire ke- n . Gambar 3.2 menunjukkan *empire* awal. Seperti yang ditunjukkan pada gambar tersebut, bahwa semakin besar *empire* semakin banyak koloni yang dimiliki. Pada gambar, imperialis 1 membentuk *empire* terkuat dan secara otomatis juga memiliki koloni terbanyak.



Gambar 3.2 *Empire* awal

3.1.3 Pergerakan Koloni dari Sebuah *Empire* Menuju *Imperialist*

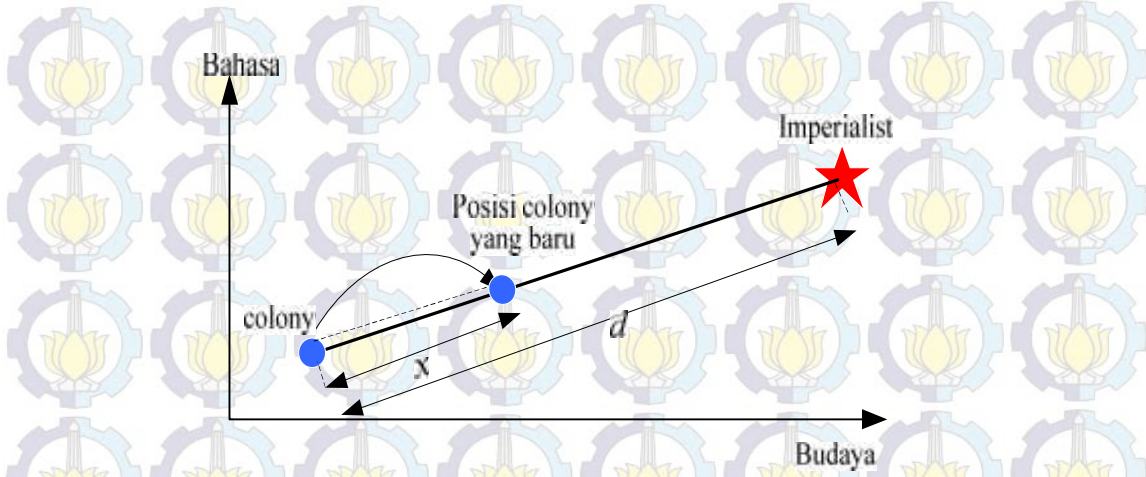
Asimilasi adalah proses dimana kelompok minoritas dengan cepat beradaptasi untuk menjadi sebuah kelompok yang memiliki budaya yang kuat. Kebijakan asimilasi membuat negara-negara imperialis mencoba untuk mendekatkan koloninya dan membuat menjadi bagian dari negaranya. Lebih tepatnya, negara imperialis membuat koloninya bergerak menuju dirinya sendiri. Gambar 3.4 menunjukkan pergerakan dari koloni menuju imperialisnya. Dengan memperhitungkan permasalahan optimisasi 2 dimensi, koloni di tarik oleh imperialis pada sumbu budaya dan bahasa. Koloni akan menjadi lebih dekat dengan imperialis pada sumbu tersebut. Pergerakan ini apabila dilanjutkan terus menerus maka akan membuat semua koloni akan berpindah menuju imperialis.

Dalam ICA, kebijakan asimilasi dimodelkan dengan menggerakkan semua koloni menuju imperialis. Pergerakan ini ditunjukkan oleh Gambar 3.3. Dimana sebuah koloni bergerak menuju imperialis sebesar x unit. Posisi baru koloni

ditunjukkan dengan warna yang lebih gelap. Arah dari pergerakan adalah vektor dari koloni ke imperialis. Pada Gambar ini, x adalah variabel random yang terdistribusi seragam.

$$x \sim U(0, s \times d) \quad (3.6)$$

Nilai s adalah sebuah angka yang lebih dari 1 sehingga membuat koloni bergerak lebih dekat dengan imperialisnya dari kedua sisi dan d adalah jarak antara koloni dan negara imperialis.

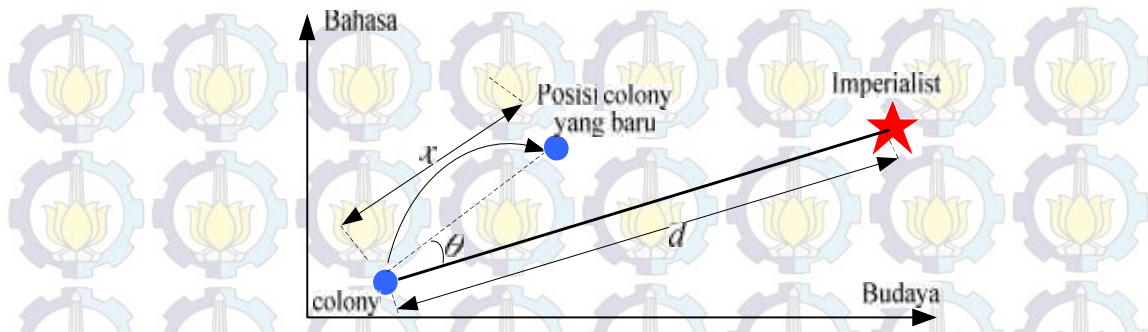


Gambar 3.3 Pergerakan Koloni Menuju Imperialis

Asimilasi koloni oleh negara imperialis tidak menghasilkan pergerakan yang secara langsung menuju imperialis. Artinya, arah pergerakan belum tentu vektor dari koloni ke imperialis. Untuk memodelkan kenyataan ini jumlah acak penyimpangan ditambahkan ke arah gerakan tujuannya adalah untuk meningkatkan kemampuan daerah pencarian di sekitar negara imperialis. Gambar 3.4 menunjukkan arah yang baru. Pada gambar ini θ adalah parameter yang terdistribusi seragam.

$$\theta \sim U(-\pi, \pi) \quad (3.7)$$

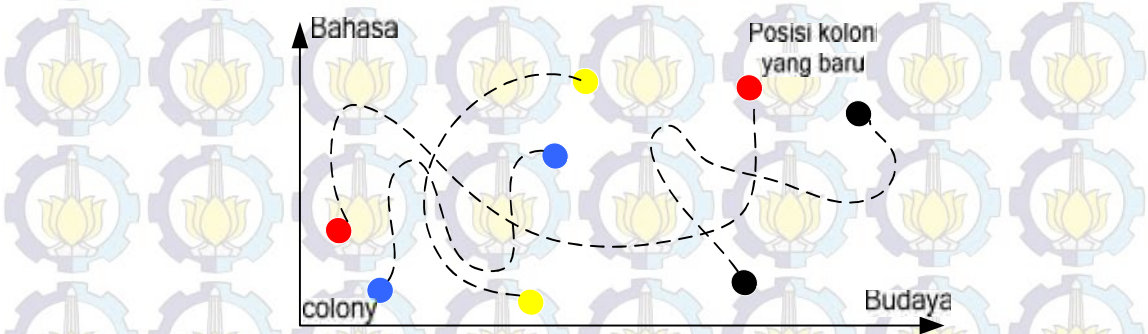
Dengan, θ adalah parameter yang mengatur penyimpangan dari arah awal. Namun, nilai θ dan θ tidak dipilih sembarangan, dalam sebagian besar implemementasi, nilai θ sekitar 2 dan nilai θ sekitar $\pi/4$ (rad) untuk menghasilkan konvergensi yang baik untuk menuju global minimum.



Gambar 3.4 Pergerakan Koloni Menuju Imperialis dalam Penyimpangan Acak

3.1.4. Revolusi

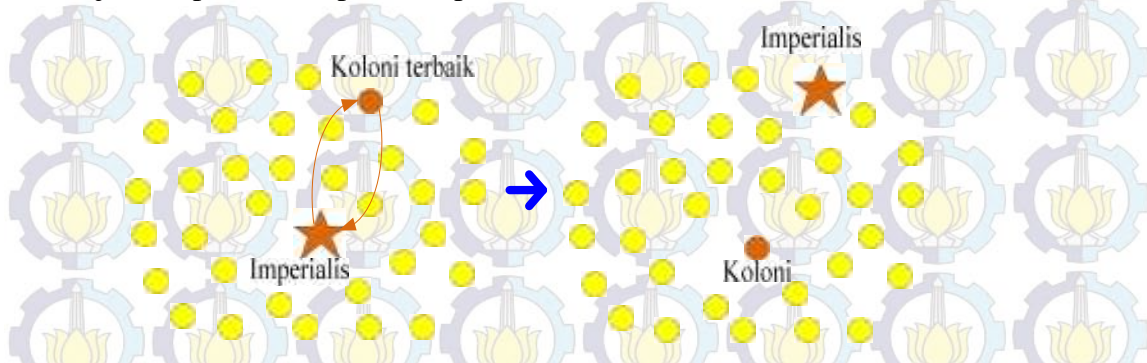
Revolusi adalah perubahan dasar pada struktur organisasi yang mengambil tempat secara relatif pada periode waktu. Pada terminologi ICA, revolusi menyebabkan sebuah negara tiba-tiba berubah karakteristik sosial politiknya. Artinya, walaupun sudah diasimilasi oleh imperialis, koloni secara acak merubah posisinya pada sumbu sosial politik. Gambar 3.5 menunjukkan revolusi pada sumbu bahasa-budaya. Revolusi meningkatkan eksplorasi dari algoritma dan mencegah konvergensi negara menuju lokal minimum. Kecepatan revolusi pada algoritma menunjukkan persentase koloni-koloni pada setiap koloni yang akan merubah posisinya secara random. Nilai revolusi yang sangat tinggi menurunkan kekuatan eksploitasi algoritma dan dapat mengurangi kecepatan konvergensi. Pada simulasi penelitian ini, kecepatan revolusi adalah 0,3. Artinya, 30% dari koloni dalam *empire* akan merubah posisinya secara random.



Gambar 3.5 Revolusi ; Sebuah Perubahan Tiba-tiba dalam Karakteristik Sosial Politik Sebuah Negara

3.1.5. Pertukaran Posisi Antara *Imperialist* dan Sebuah Koloni

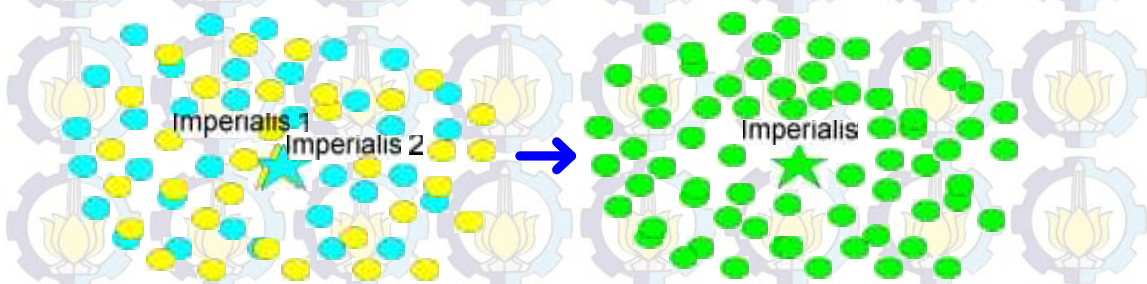
Ketika koloni bergerak menuju *imperialist*, sebuah koloni mungkin bisa memiliki cost yang lebih baik daripada yang dimiliki *imperialist*-nya. Ketika hal ini terjadi maka akan terjadi pertukaran antara *imperialist* dengan koloni. Sehingga ICA akan melanjutkan dengan *imperialist* yang baru dan koloni-koloninya bergerak menuju posisi *imperialist* yang baru tersebut. Gambar 3.6 menunjukkan pertukaran posisi imperialis dan koloni.



Gambar 3.6 Pertukaran Posisi Antara *Imperialist* dan Sebuah *Colony*

3.1.6. Penggabungan empire yang sama

Pada pergerakan koloni dan imperialis menuju global minimum, beberapa imperialis mungkin akan bergerak ke posisi yang sama. Jika jarak antara dua imperialis kurang dari jarak *threshold*, maka keduanya akan membentuk *empire* yang baru dan imperialis baru pada posisi dimana kedua imperialis itu bertemu. Gambar 3.7 menunjukkan proses penggabungan dari dua empire.



Gambar 3.7 Penggabungan Dua *Empire* yang Memiliki Posisi Sama

3.1.7. Perhitungan Kekuatan Total dari Sebuah *Empire*

Kekuatan total dari sebuah *empire* sangat ditentukan oleh kekuatan dari negara *imperialist*. Akan tetapi kekuatan dari koloni juga memiliki pengaruh

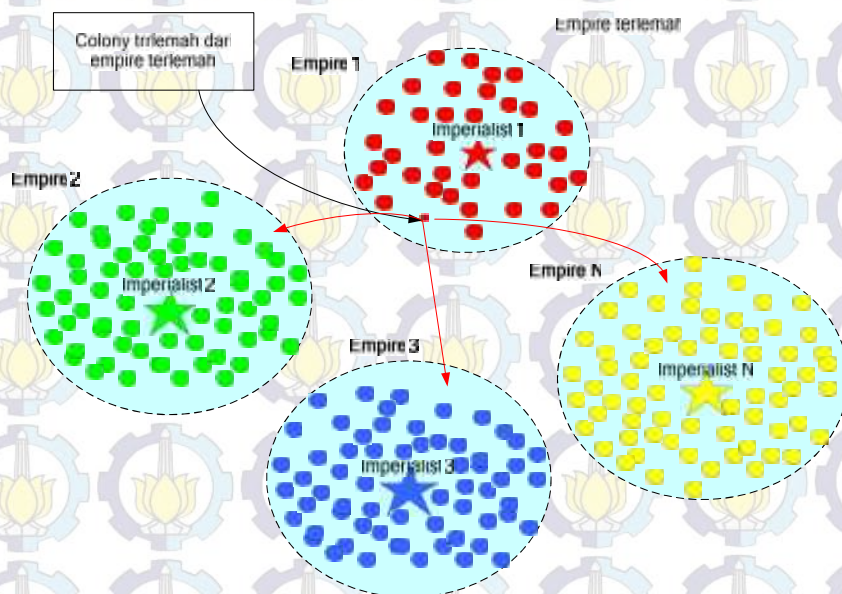
walaupun kecil. Total *cost* dari sebuah *empire* didefinisikan sebagai jumlah antara *cost imperialist* dengan rata-rata *cost* koloni-koloni yang dimiliki *imperialist* dari satu *empire*. Namun nilai rata-rata biaya koloni yang dimiliki suatu *empire* dipengaruhi oleh nilai α yang menunjukkan pengaruh kontribusi dari koloni.

$$T.C._n = \cos t(imperialis t_n) + \alpha \langle mean \{Cost (colonies of empire n)\} \rangle \quad (3.8)$$

Dengan $T.C._n$ adalah total *cost* dari *empire* ke-n dan α adalah nilai positif dengan nilai yang dianggap kurang dari 1, nilai yang kecil, sehingga menyebabkan kekuatan total *empire* lebih dipengaruhi oleh imperialis daripada koloni. Nilai 0,01 untuk α telah menunjukkan hasil yang bagus untuk implementasi.

3.1.8. Kompetisi kekuasaan (Imperialist Competition)

Semua *empire* berusaha untuk memiliki koloni dari *empire* yang lain dan menguasai mereka. Kompetisi kekuasaan secara berangsur menurunkan kekuatan dari *empire* yang lemah dan meningkatkan kekuatan *empire* yang kuat. Kompetisi ini dimodelkan dengan hanya mengambil beberapa atau satu koloni terlemah yang dimiliki oleh *empire* yang terlemah diantara semua *empire* dan membuat kompetisi antara semua *empire-empire* untuk memiliki koloni tersebut. Gambar 3.8 menunjukkan pemodelan kompetisi kekuasaan.



Gambar 3.8 Kompetisi Kekuasaan

Berdasarkan total kekuatan, pada kompetisi ini, setiap *empire* akan memiliki kemungkinan mengambil koloni tersebut. dengan kata lain, koloni belum tentu akan dimiliki oleh *empire* yang paling kuat, namun *empire* tersebut memiliki peluang yang lebih besar untuk memiliki koloni.

Untuk memulai kompetisi, maka terlebih dahulu mencari peluang kepemilikan dari setiap *empire* berdasarkan pada total kekuatan masing-masing *empire*. Peluang kepemilikan P_p sebanding dengan total kekuatan yang dimiliki *empire*. Normalisasi total *cost* dari sebuah *empire* secara sederhana didapatkan dengan,

$$N.T.C._n = T.C._n - \max\{T.C._i\} \quad (3.9)$$

Dimana $T.C._n$ dan $N.T.C._n$ adalah total *cost* dan total *cost* yang telah dinormalisasi dari *empire* ke- n , secara berurutan. Setelah total *cost* dinormalisasi, peluang kepemilikan dari tiap *empire* diberikan sebagai berikut.

$$p_{pn} = \frac{N.T.C._n}{\sum_{i=1}^{N_{imp}} N.T.C._i} \quad (3.10)$$

Untuk membagi koloni yang terlemah kepada *empire-empire*, vektor P dibentuk sebagai berikut,

$$P = [p_{p_1}, p_{p_2}, p_{p_3}, \dots, p_{N_{imp}}] \quad (3.11)$$

kemudian dibuat sebuah vektor R dengan ukuran yang sama seperti P yang elemennya terdistribusi seragam secara random.

$$R = [r_1, r_2, r_3, \dots, r_{N_{imp}}] \quad (3.12)$$

$$r_1, r_2, r_3, \dots, r_{N_{imp}} \sim U(0,1) \quad (3.13)$$

kemudian vektor D dibentuk dengan mengurangkan R dari P

$$D = P - R = [D_1, D_2, D_3, \dots, D_{N_{imp}}] = [p_{p_1} - r_1, p_{p_2} - r_2, p_{p_3} - r_3, \dots, p_{N_{imp}} - r_{N_{imp}}] \quad (3.14)$$

Berdasarkan vektor D , koloni yang disebutkan dikendalikan oleh *empire* yang memiliki D yang paling besar.

Proses dari pemilihan sebuah *empire* yang sama untuk proses *roulette wheel* yang digunakan pada pemilihan orang tua GA. Namun pada metode ini

pemilihan dilakukan lebih cepat daripada *roulette wheel* konvensional. Karena ICA tidak memerlukan perhitungan fungsi distribusi kumulatif dan seleksi didasarkan hanya pada nilai peluang. Oleh karena itu, proses seleksi *empire* hanya dapat menggantikan *roulette wheel* pada GA dan meningkatkan kecepatan eksekusi.

3.1.9. Eliminasi *Empire* Terlemah

Empire terlemah akan runtuh dalam kompetisi *imperialist* dan *koloni* dari *empire* tersebut akan dibagikan kepada *empire* yang lain. Diasumsikan sebuah *empire* akan runtuh dan tereliminasi ketika *empire* tersebut kehilangan semua *koloninya*.

3.1.10 Konvergensi

Setelah semua *empire* runtuh kecuali satu yang terkuat maka semua *koloni* akan dikontrol atau menjadi milik dari *empire* yang terkuat. Pada dunia ideal yang baru, semua *koloni* akan mempunyai posisi dan *cost* yang sama dengan *imperialist*. Pada kondisi ini, maka kompetisi kekuasaan berakhir dan algoritma berhenti.

Adapun langkah-langkah utama pada ICA dapat dirangkum dalam pseudo-code berikut;

1. Pilih titik random pada fungsi dan inialisasi *empire* (3.2 - 3.5).
2. Gerakkan koloni menuju *imperialis* yang relevan (asimilasi) (3.6 dan 3.7).
3. Secara random, ubahlah posisi dari beberapa koloni (revolusi)
4. Jika ada sebuah koloni yang memiliki *cost* lebih baik dari pada *imperialis*, ubahlah posisi dari koloni tersebut dengan *imperialis*.
5. Gabungkan *empire* yang sama
6. Hitung total *cost* dari semua *empire* (3.8)
7. Ambil koloni terlemah dari *empire* terlemah dan berikan kepada salah satu *empire* (*Imperialistic competition*) (3.9 - 3.14)
8. Hilangkan *empire* yang paling lemah
9. Jika kondisi berhenti dipenuhi, berhenti, jika tidak, ke langkah 2

3.2. PID Kontroler

PID Kontroler adalah system kontrol gabungan antara kontrol proporsional, integral, dan turunan (*derivative*). Dalam waktu kontinyu, sinyal keluaran kontrol PID dirumuskan sebagai:

$$u(t) = K_p \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(\tau) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right)$$

Dengan:

$u(t)$ = sinyal keluaran pengendali PID

K_p = konstanta proporsional

T_i = waktu integral

T_d = waktu turunan

K_i = konstanta integral

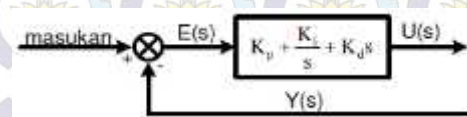
K_d = konstanta turunan

$e(t)$ = sinyal kesalahan

Jadi, fungsi alih pengendali PID (dalam domain s) dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$G_c(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s$$

Diagram blok pengendali PID dapat dilihat pada Gambar 3.10



Gambar 3.10. Diagram blok PID Kontrol

3.3. Logika Fuzzy (*Fuzzy Logic*)

Logika fuzzy (*fuzzy logic*) pertama kali dikenalkan oleh professor Zadeh (*California University*) tahun 1965 dengan menjabarkan perhitungan matematika

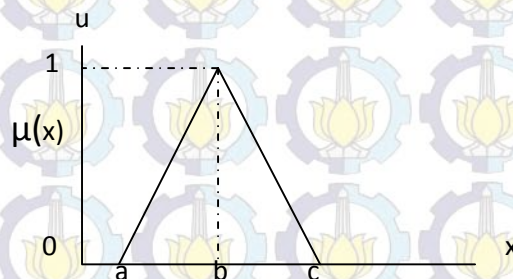
berdasarkan teori himpunan untuk menggambarkan ketidakjelasan dalam bentuk variabel linguistik, dalam arti lain teori *fuzzy logic* mengembangkan teori himpunan *boolean* (0 dan 1) menjadi himpunan yang memiliki nilai keanggotaan yang bersifat ketidakjelasan (antara 0 dan 1) sehingga logika fuzzy juga disebut logika samar atau tidak jelas (*fuzzy*).

3.3.1 Fungsi Keanggotaan Himpunan Fuzzy

Proses pemetaan data input himpunan crisp kedalam derajat keanggotaan yang memiliki batas-batas untuk menjadi himpunan fuzzy disebut Fuzzifikasi atau fungsi keanggotaan (*membership function*). Ada beberapa jenis model fungsi keanggotaan antara lain :

- a. Fungsi Segitiga (*triangle membership function /trimf*). Dapat dilihat pada

Gambar 3.11:



Gambar 3.11. Fungsi keanggotaan segitiga

Fungsi keanggotaan segitiga dapat didefinisikan dengan persamaan sebagai berikut :

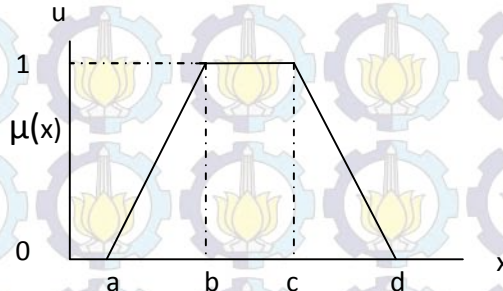
$$f(x,a,b,c) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & c \leq x \end{cases} \quad (3.15)$$

atau dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$f(x,a,b,c) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, \frac{c-x}{c-b}\right), 0\right) \quad (3.16)$$

parameter x merupakan input crisp, a dan c menyatakan ujung kaki segitiga, sedangkan b menyatakan puncak dari segitiga.

b. Fungsi Trapezium (*trapezoidal membership function /trapmf*). Dapat dilihat pada Gambar 3.12:



Gambar 3.12. Fungsi keanggotaan trapesium

Fungsi keanggotaan trapesium dapat didefinisikan dengan persamaan :

$$f(x,a,b,c) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x \leq d \\ 0, & d \leq x \end{cases} \quad (3.17)$$

atau dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$f(x,a,b,c) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c}\right), 0\right) \quad (3.18)$$

parameter x merupakan input crisp, a dan d menyatakan ujung kaki trapesium, sedangkan b dan c menyatakan ujung bahu trapesium.

3.3.2 Operasi Himpunan Fuzzy

Operasi dasar pada himpunan fuzzy A dan B dari semesta X dengan tingkat keanggotaan $\mu_A(x)$ dan $\mu_B(x)$ untuk $x \in X$ adalah sebagai berikut :

a. Komplemen

Komplemen dari himpunan A menyatakan semua komponen himpunan yang tidak berada pada himpunan A

$$\sim \bar{A}(x) = 1 - \mu_A(x) \quad (3.19)$$

b. Union (gabungan)

Operasi himpunan Union atau OR pada dua himpunan fuzzy A dan B dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$\sim A \cup \sim B = \max (\sim (A), \sim (B)); x \in X \quad (3.20)$$

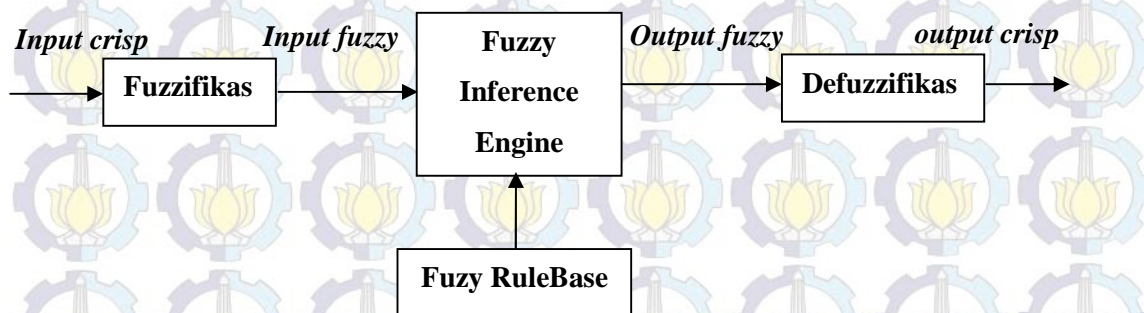
c. Interseksi

Operasi interseksi atau AND pada dua himpunan fuzzy A dan B dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$\sim A \cap \sim B = \min (\sim (A), \sim (B)); x \in X \quad (3.21)$$

3.3.3. Fuzzy Inference System (FIS)

Fuzzy inference yaitu melakukan penalaran menggunakan fuzzy input dan aturan fuzzy yang telah ditentukan sehingga menghasilkan fuzzy output. Struktur utama dari *Fuzzy logic system* adalah dapat dilihat pada gambar 3.13 [18] :

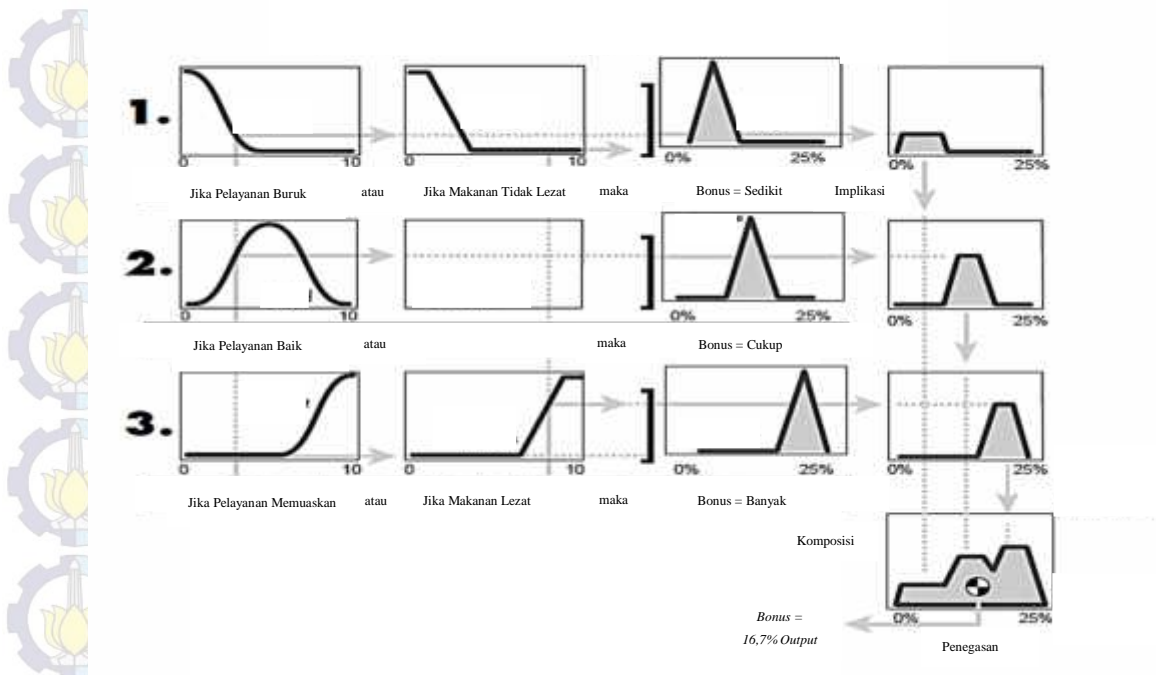


Gambar 3.13. Struktur *Fuzzy Logic System*

Metode aturan fuzzy pertama kali dikenalkan oleh Ebrahim Mamdani tahun 1975 yang dikenal dengan metode mamdani atau Max-Min dimana terdapat lima tahapan untuk mendapatkan output yaitu [18]:

- a. Pembentukan himpunan Fuzzy (variabel input dan output)
- b. Operasi *membership function*
- c. Aplikasi fungsi implikasi (*implication*), pada umumnya digunakan fungsi Min
- d. Komposisi aturan (*agregation*)
- e. Penegasan (*defuzzification*)

Kelima proses diatas dapat dilihat pada contoh kasus pemberian “Bonus” berdasarkan pelayanan dan makanan yang diberikan pada gamabar 3.14. [18].



Gambar 3.14. *Fuzzy Inference System*

Defuzzifikasi adalah proses pemetaan dari hasil daerah inferensi fuzzy ke daerah non Fuzzy (*Crisp*). Pada implementasi kontrol *real time fuzzy*, proses defuzzifikasi digunakan *Center of Area (COA)*.

Defuzzifikasi *center of area* menghasilkan pusat gravitasi dari distribusi aksi kontrol yang dinyatakan pada persamaan :

$$z^* = \frac{\sum_{k=1}^m V_k \tilde{v}(V_k)}{\sum_{k=1}^m \tilde{v}(V_k)} \quad (3.22)$$

z^* = nilai output

m = tingkat kuantisasi

V_k = elemen ke -k

\tilde{v} = *membership degree* elemen pada fuzzy set v

3.3.4. *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)*

ANFIS adalah penggabungan mekanisme fuzzy inference system yang digambarkan dalam arsitektur jaringan syaraf. System inferensi fuzzy yang digunakan adalah system inferensi fuzzy model Tagaki-Sugeno-Kang (TSK) orde satu dengan pertimbangan kesederhanaan dan kemudahan komputasi.

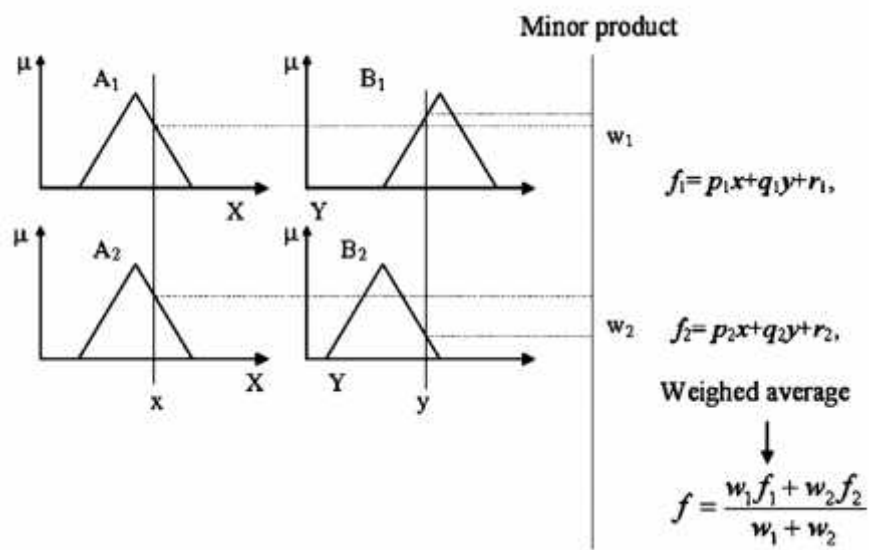
3.2.4.1. Mekanisme Inferensi Fuzzy TSK

Mekanisme inferensi fuzzy TSK orde satu dengan dua masukan x dan y (Gambar 3.15). Basis aturan dengan dua aturan fuzzy if-then seperti dibawah ini :

Rule 1 : if x is A1 and y is B1 then $f_1 = p_1x + q_1y + r_1$

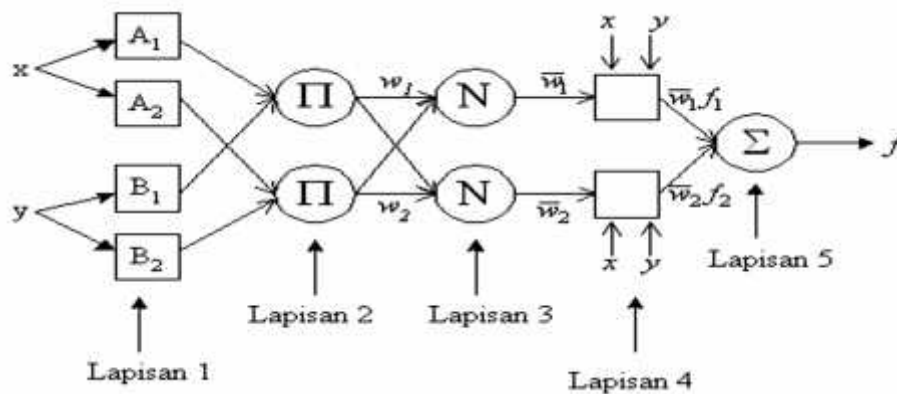
Rule 2 : if x is A2 and y is B2 then $f_2 = p_2x + q_2y + r_2$

Input : x dan y. Consequent-nya adalah f



Gambar 3.15. System inferensi fuzzy TSK

Sedangkan untuk Struktur ANFIS bisa dilihat pada Gambar 3.16.



Gambar 3.16. Struktur Anfis

2.3.4.2. Cara Kerja ANFIS

Cara kerjanya seperti system FIS biasa cuma cara perhitungannya (algoritmanya) yang beda. Jelasnya gambar diatas memperlihatkan suatu masukan crisp (tidak fuzzy) x dan y , hmmm.. gini deh supaya jelas misalnya kita ingin mengontrol kecepatan motor listrik dengan mengatur tegangannya, jadi x itu pengukuran harga variabel yang dikontrol yaitu kecepatan pada saat ke t , dan misalnya y pengukuran pada saat ke $t+1$ sedangkan f adalah nilai tegangan yang diberikan sebagai sinyal kontrol. Harga x dan y tersebut jelaskan bukan fuzzy. Lalu nilai x dan y tersebut dipetakan pada fungsi keanggotaannya.

Dalam gambar diatas tiap-tiap input tersebut dibagi jadi 2 fungsi keanggotaan, x dibagi dalam $A1$ dan $A2$ anggap misalnya $A1$ menyatakan small dan $A2$ menyatakan big. Begitu juga y dibagi dalam fungsi keanggotaan $B1$ yang menyatakan small dan $B2$ yang menyatakan big.

Dari pemetaan tersebut x dan y sudah jadi variabel fuzzy yang masing-masing punya nilai m small dan big tertentu. x mempunyai nilai m_{A1} dan m_{A2} sedangkan y punya nilai m_{B1} dan m_{B2} . Nilai masing-masing pasangan input tersebut lalu diagregasi dengan operasi T-norm, misalnya operasi ini adalah operasi AND. Jadi $w_1 = (m_{A1} \text{ AND } m_{A2})$ sedangkan $w_2 = (m_{B1} \text{ AND } m_{B2})$.

Dari basis aturan yang udah dibuat kita tau

$$\text{if } w=w_1 \text{ then } f_1 = p_1x + q_1y + r_1$$

$$\text{if } w=w_2 \text{ then } f_2 = p_2x + q_2y + r_2$$

Nah jadi sekarang kita punya hasil akhir f_1 dan f_2 . Ini merupakan nilai output sinyal kontrol, yaitu tegangan. Perhatikan kita telah loncat dari domain input x dan y (kecepatan) ke domain output f (tegangan).

Tapi itu nilai $p_1, q_1, r_1, p_2, q_2,$ dan r_2 dari mana, siapa yang nentuin? Itu namanya parameter konsekuen yang ditentukan dengan nilai awal tertentu dan akan berubah dengan pembelajaran (algoritma belajar). Pada bagian pembelajaran parameter konsekuen hal ini akan dibicarakan lebih detail. Sekarang yang penting kita udah punya f_1 dan f_2 . Selanjutnya dari nilai f_1 dan f_2 ini kita perlu

mendapatkan satu nilai tegangan sebagai sinyal kontrol. Nah nilai akhir tersebut dihitung dengan persamaan:

Ini namanya defuzzyfikasi. Rumus tersebut sebenarnya diperoleh dari salah satu metode defuzzyfikasi yaitu metode rata-rata tengah

3.3.4.3. Proses Training data ANFIS

Pada struktur ANFIS, simpul adaptif terdapat pada lapisan pertama dan keempat. Simpul pada lapisan pertama mengandung parameter premis yang nonlinier sedangkan pada lapisan keempat mengandung parameter konsekuen yang linier. Nah untuk memperbaharui parameter parameter itu atau dalam kata lain si jaringan saraf itu belajar, maka perlu metoda atau algoritma untuk itu. Metoda pembelajaran jaringan syaraf tiruan banyak macamnya, dan masing masing punya kelebihan dan kekurangan.

Disini akan dijelaskan pembelajaran hibrid untuk ANFIS. Artinya penggunaan/penyatuan dua metoda pembelajaran pada ANFIS. Pembelajaran hibrid terdiri atas dua bagian yaitu arah maju (*forward pass*) dan arah mundur (*backward pass*).

Pada arah maju, parameter premis dibuat tetap. Dengan menggunakan metode *Recursive Least Square Estimator* (RLSE), parameter konsekuen diperbaiki berdasarkan pasangan data masukan-keluaran. Metode RLSE dapat diterapkan karena parameter konsekuen yang diperbaiki adalah parameter linier. Metode RLSE akan mempercepat proses belajar hybrid. Kemudian setelah parameter konsekuen didapatkan, data masukan dilewatkan jaringan adaptif kembali dan hasil keluaran jaringan adaptif ini dibandingkan dengan keluaran yang sebenarnya.

Pada arah mundur, parameter konsekuen dibuat tetap. Kesalahan yang terjadi antara keluaran jaringan adaptif dan keluaran sebenarnya dipropagasikan balik dengan menggunakan *gradient descent* untuk memperbaiki parameter premis. Pembelajaran ini dikenal sebagai Algoritma *Backpropagation-error*.

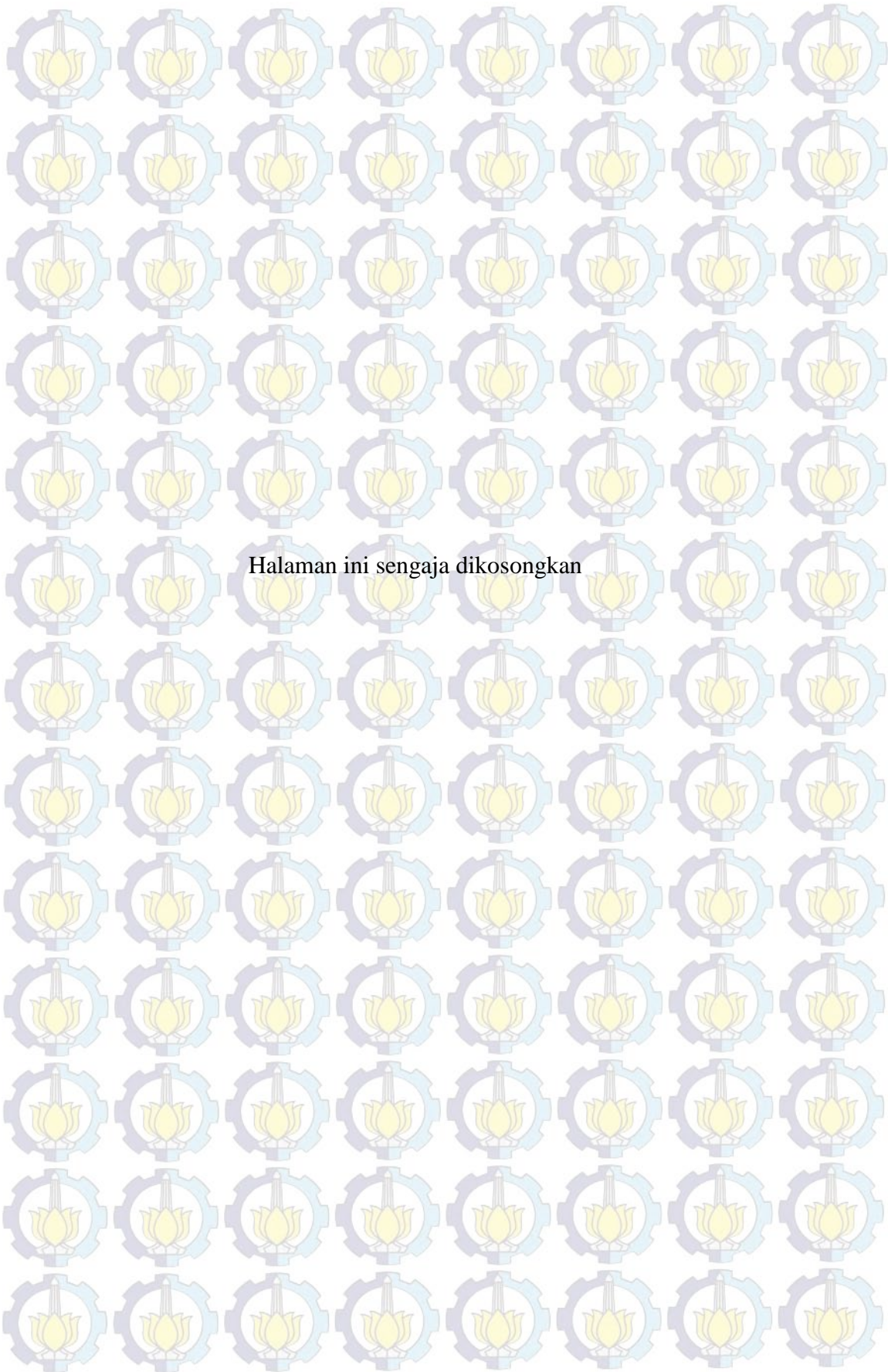
Satu tahap arah pembelajaran maju-mundur dinamakan satu epoch. Tabel 3.1 menerangkan proses pembelajaran hibrid ANFIS.

Tabel 3.1
Proses pembelajaran hibrid ANFIS

	Arah maju	Arah mundur
Parameter premis	Tetap	Gradient descent
Parameter konsekuen	RLSE	Tetap
Sinyal	Keluaran simpul	Laju kesalahan

3.3.5. Defuzzifikasi

Pada *Fuzzy* proses defuzzifikasi kontrol logika melalui *type-reducer* yang memiliki beberapa metode algoritma seperti *Kernik Mendel Algoritm (KMA)*, *Enhance Kernik Mendel Algoritm (EKMA)*, *Enhance Kernik Mendel Algorithn with Initialization (EKMANI)*, *Iterative Algorithn with Stop Condition (IASC)*, *Enhance Iterative Algorithn with Stop Condition (EIASC)* [13]. Proses defuzzifikasi dengan menggunakan *centroid* pada FLS.



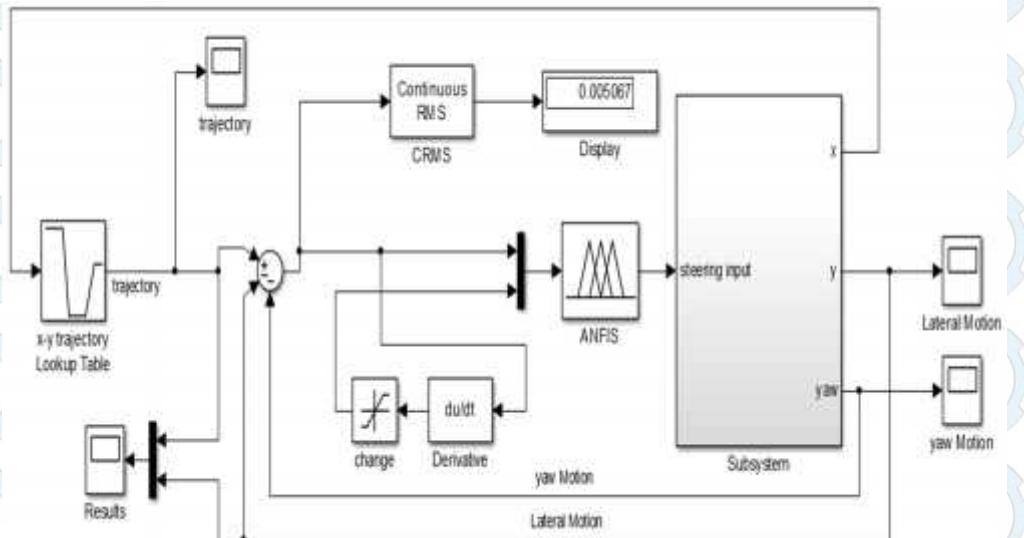
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV SIMULASI DAN ANALISIS

4.1. Model Kendaraan

Pada model kendaraan terdiri dari; *trajectory*, *sub system* dan *control system*. *Trajectory* sebagai sumber data acuan yang harus dilalui oleh kendaraan. Sub system merupakan system kendaraan yang terdiri dari *tire model*, *handling model* dan *slip angle*. *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)* sebagai *control system*. Data ANFIS ditraining dari data hasil tuning *Proportional Integral Derivative (PID)* menggunakan *Imperialist Competitive Algorithm (ICA)*.

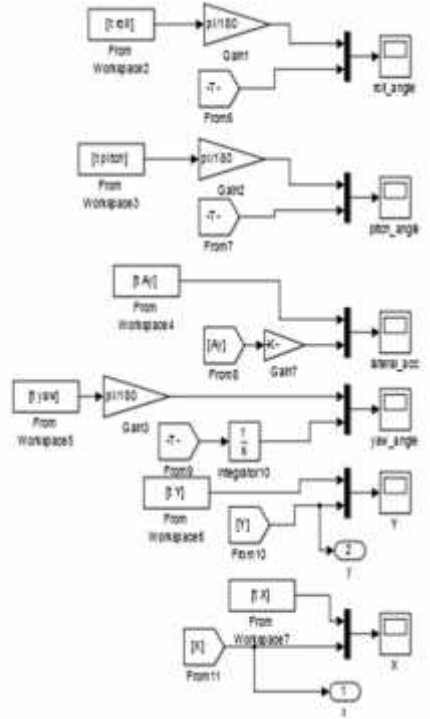
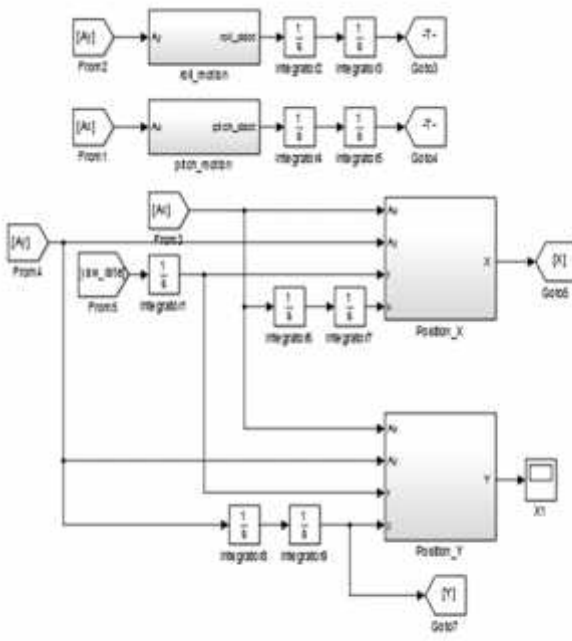
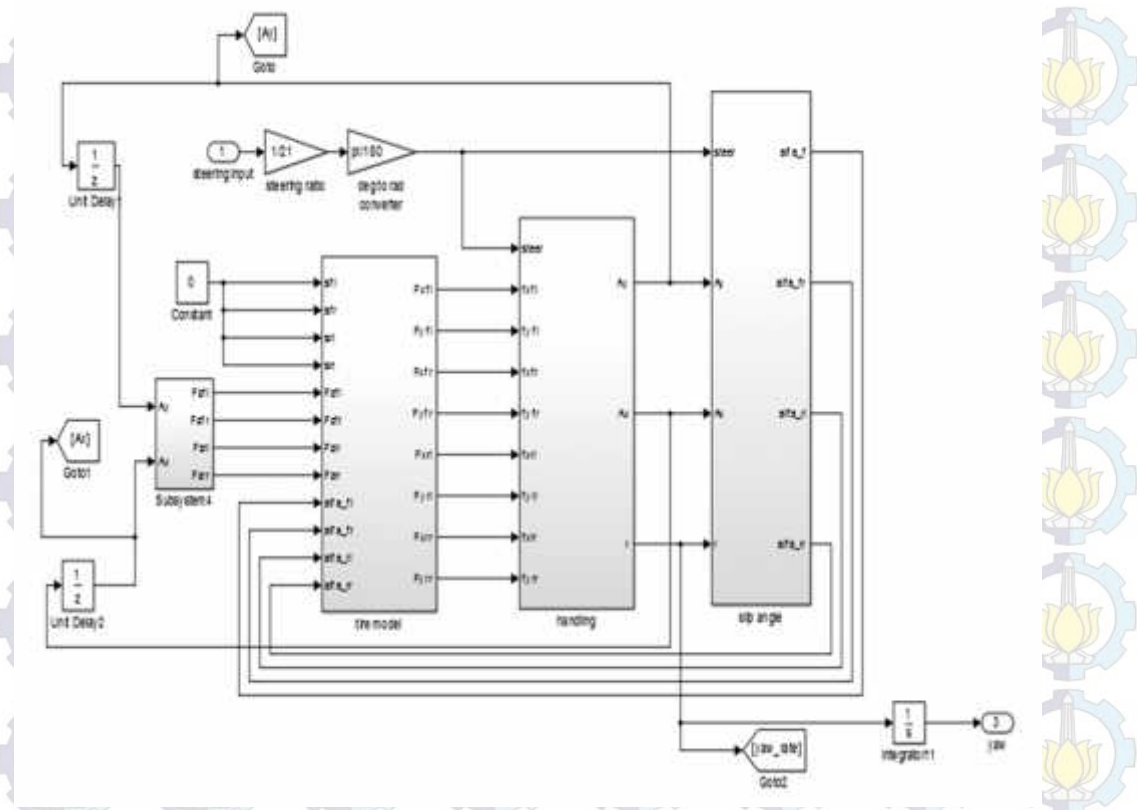
4.1.1. System Kontrol Kendaraan



Gambar 4.1. System Kontrol kendaraan

4.1.2. Sub System

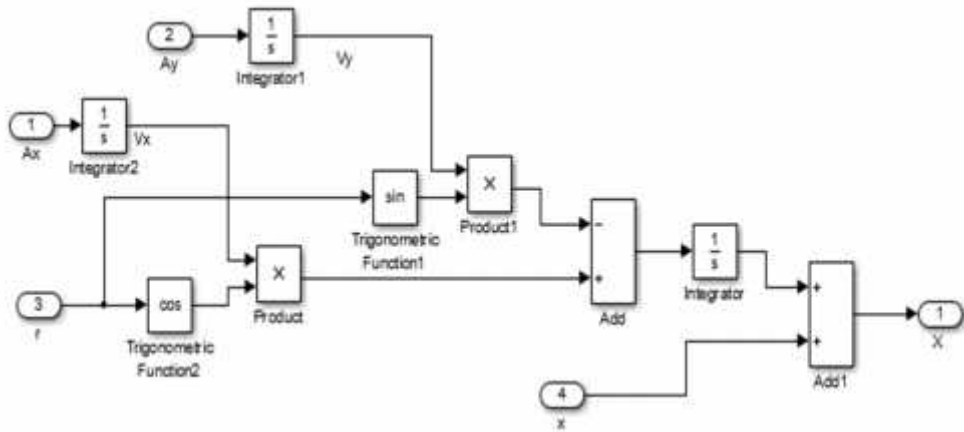
Pada Sub System dapat dilihat bentuk gambar seperti pada gambar 4.2. *Sub System* terdiri dari 3 buah blok besar, yaitu; *tire model*, *handling model* dan *slip angle*. Pada *sub system* ada sebuah input, yaitu: *steering input* dan ada 3 output, yaitu; *x (trajectory)*, *y (lateral motion)* dan *yaw (yaw motion)*.



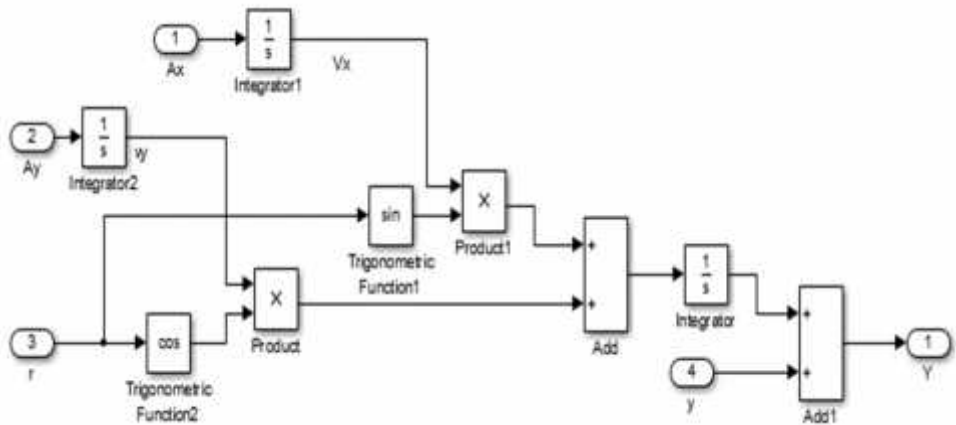
Gambar 4.2. Sub System

a. Pantulan (*Bouncing*)

Dari rumus pantulan (1) dapat dibuat simulink seperti gambar 4.3. (x-posisi) dan gambar 4.4. (y-posisi)



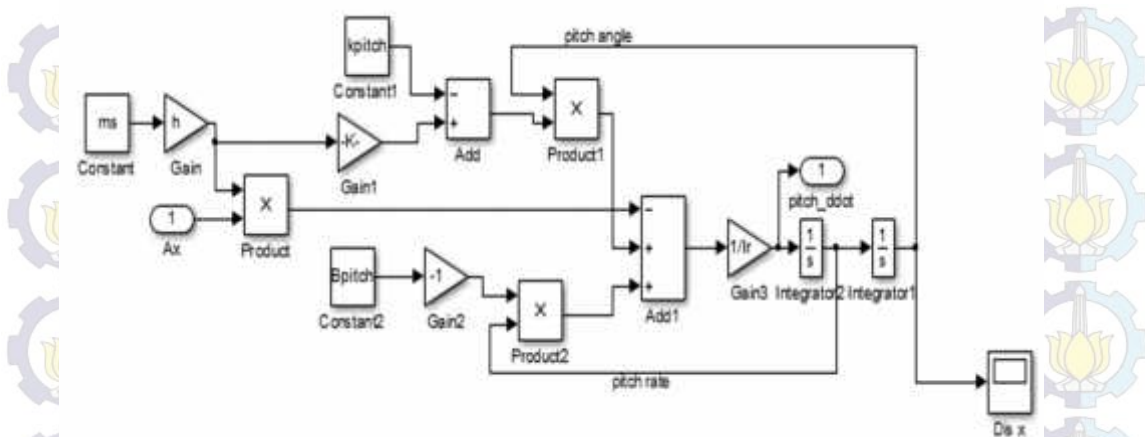
Gambar 4.3. Position x



Gambar 4.4. Position y

b. Anggukan (*Pitching*)

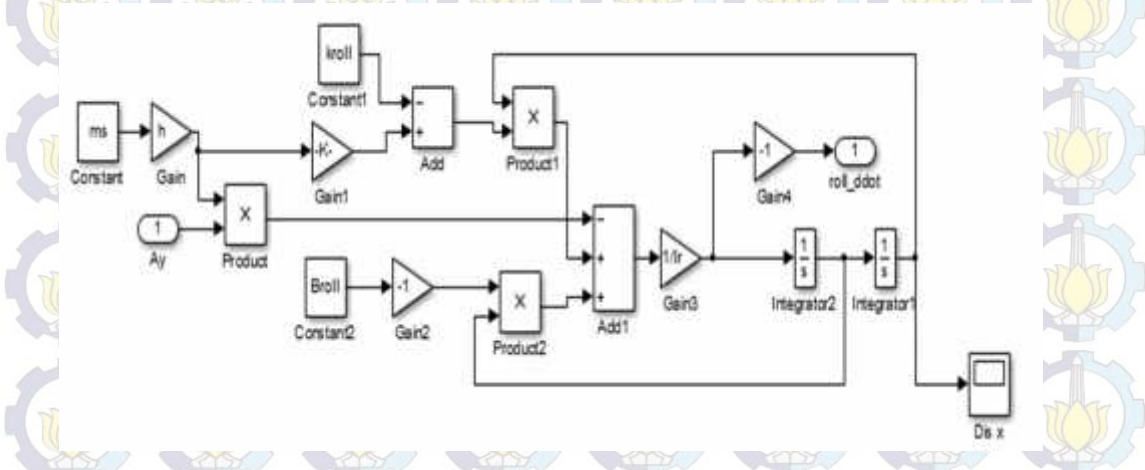
Dari rumus *pitching* (2) dapat dibuat simulink seperti gambar 4.5



Gambar 4.5. Pitch Motion

c. Riakan (*Rolling*)

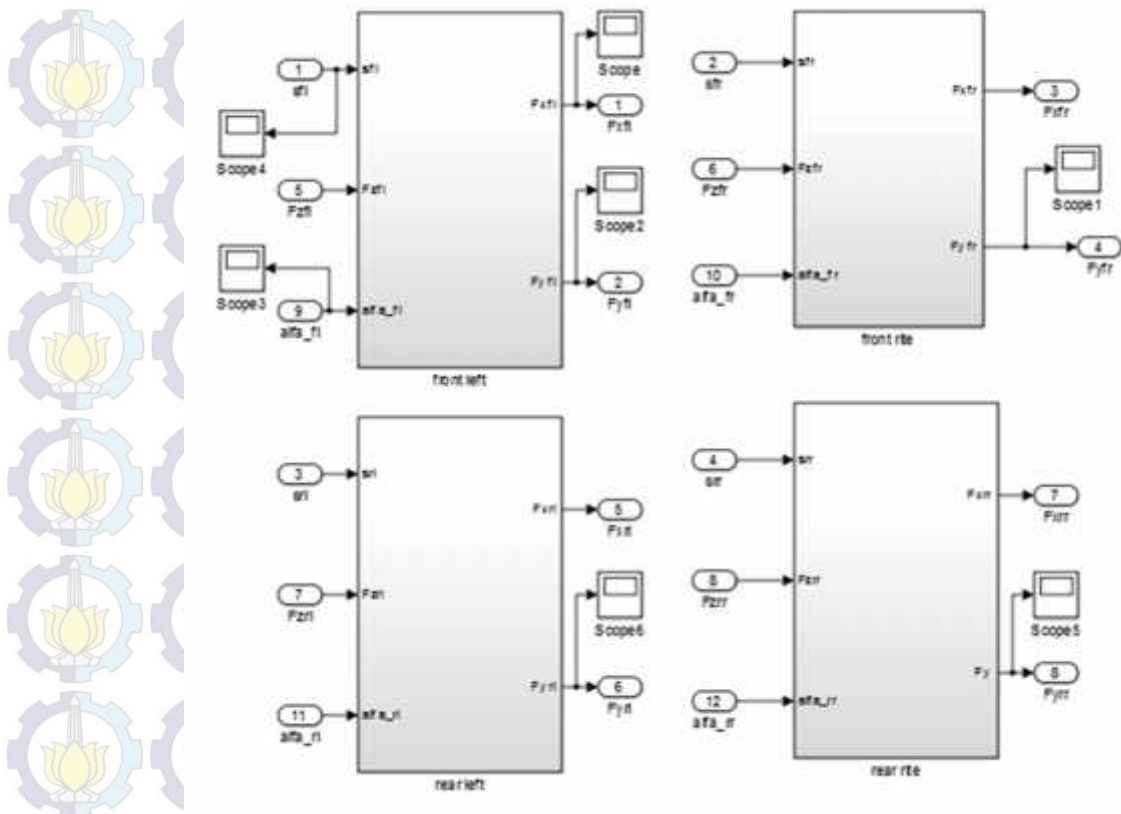
Dari rumus *rolling* (3) dapat dibuat simulink seperti gambar 4.6



Gambar 4.6. Roll Motion

4.1.2.1. Tire Model

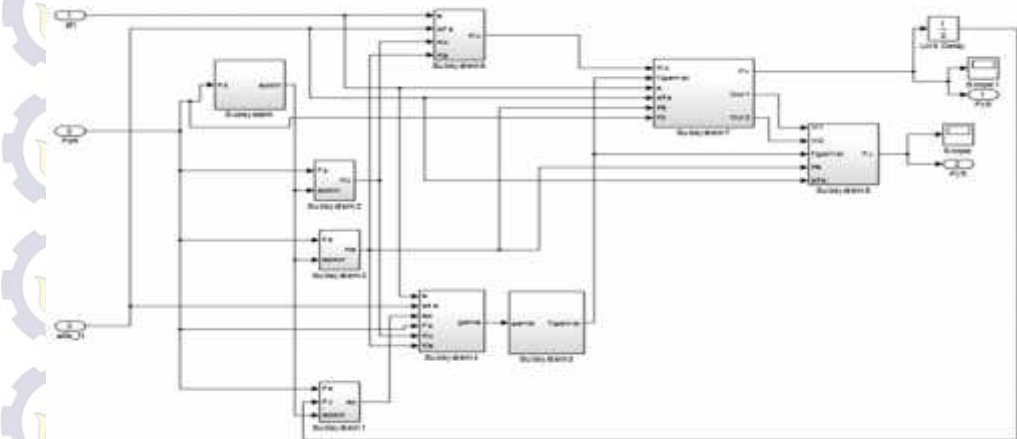
Model dari ban dapat dilihat pada gambar 4.6. Ada 4 buah model ban, terdiri dari ban depan kiri, ban depan kanan, ban belakang kiri dan belakang kanan.



Gambar 4.7. Tire Model

a. Model Ban depan kiri

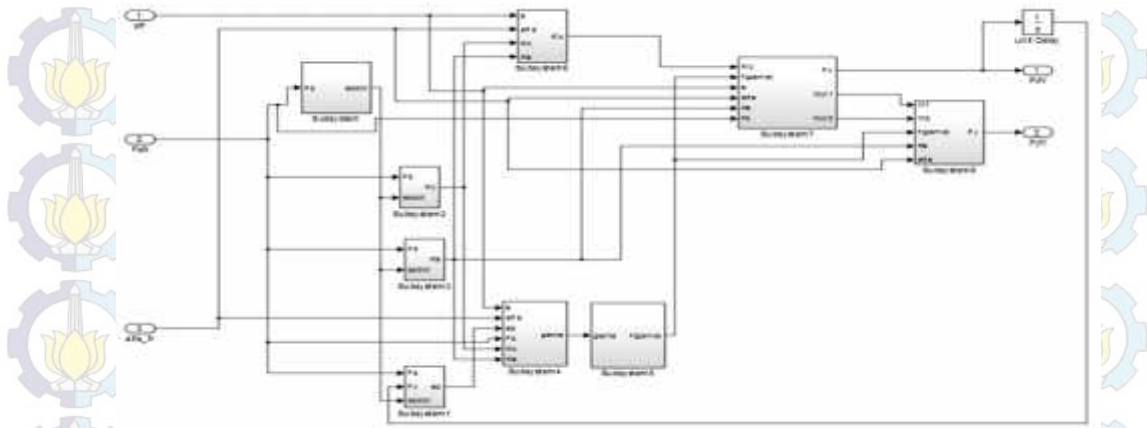
Gerakan akibat ban depan kiri dapat dilihat pada gambar 4.8



Gambar 4.8. Tire Model - Front Left

b. Model ban depan kanan

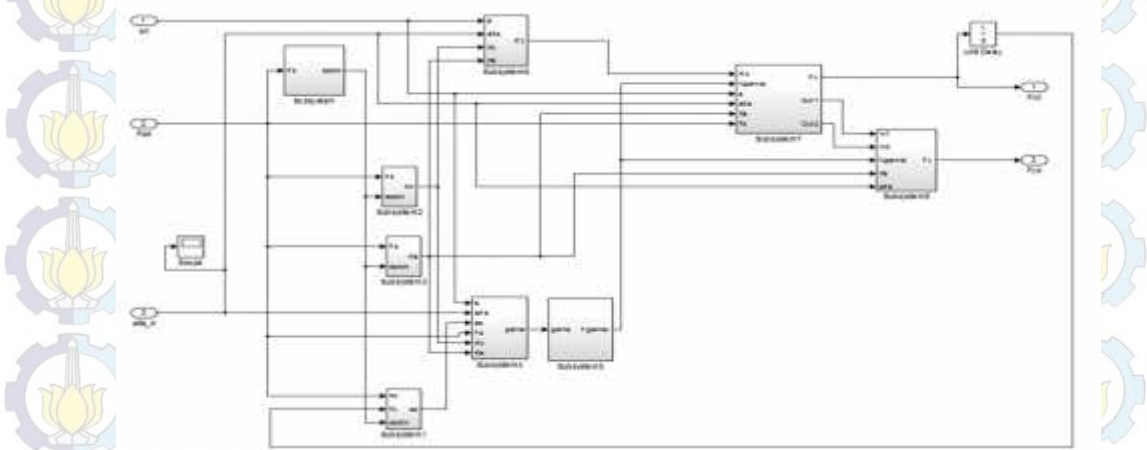
Gerakan akibat ban depan kanan dapat dilihat pada gambar 4.9



Gambar 4.9. *Tire Model - Front Right*

c. Model ban belakang kiri

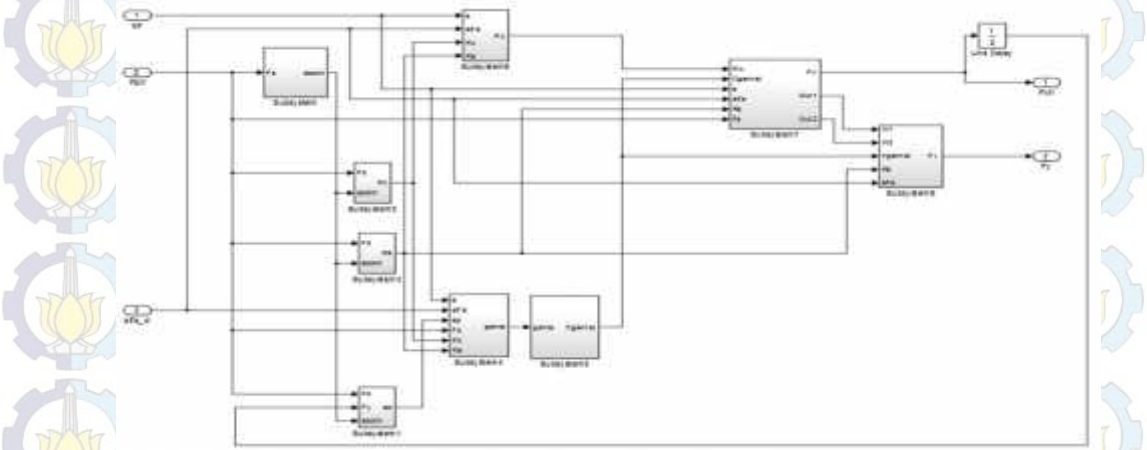
Gerakan akibat ban belakang kiri dapat dilihat pada gambar 4.10



Gambar 4.10. *Tire Model - Rear Right*

d. Model ban belakang kanan

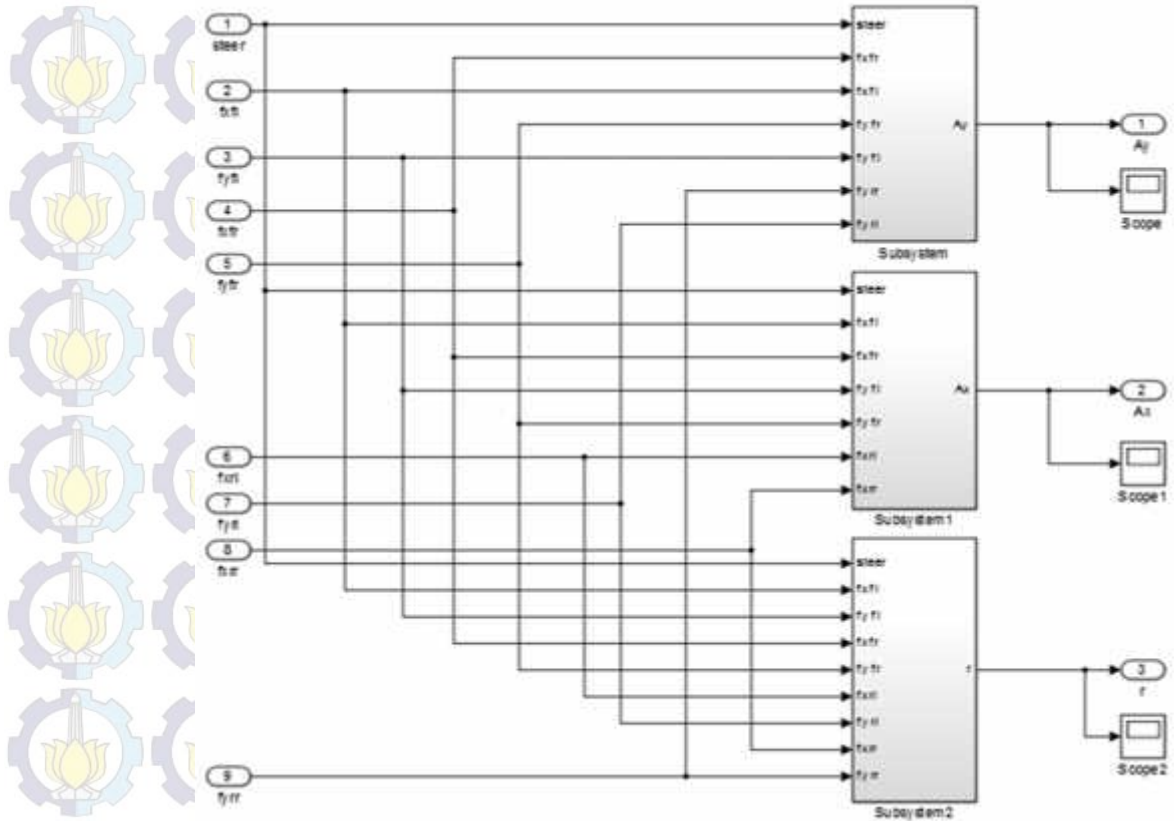
Gerakan akibat ban belakang kanan dapat dilihat pada gambar 4.11



Gambar 4.11. *Tire Model - Rear Right*

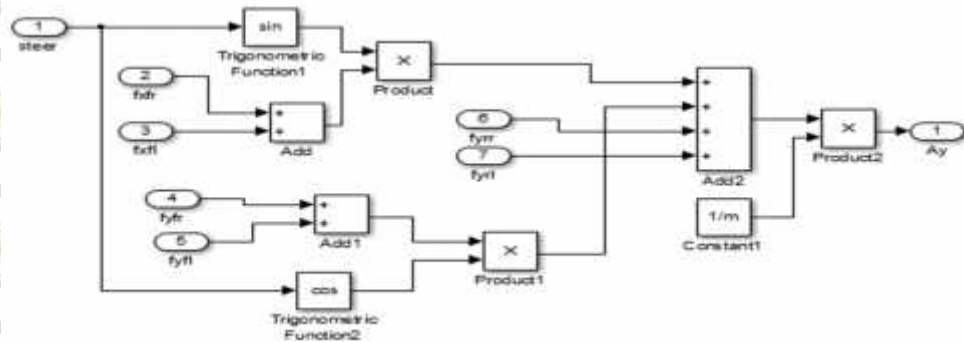
4.1.2.2. Model Penanganan Kendaraan (*Handling Model*)

Model penanganan kendaraan terdiri dari 3 buah blok subsystem, yaitu A_x (*trajectory*), A_y (*lateral motion*) dan r (*yaw motion*). Handling model dapat dilihat pada gambar 4.12.



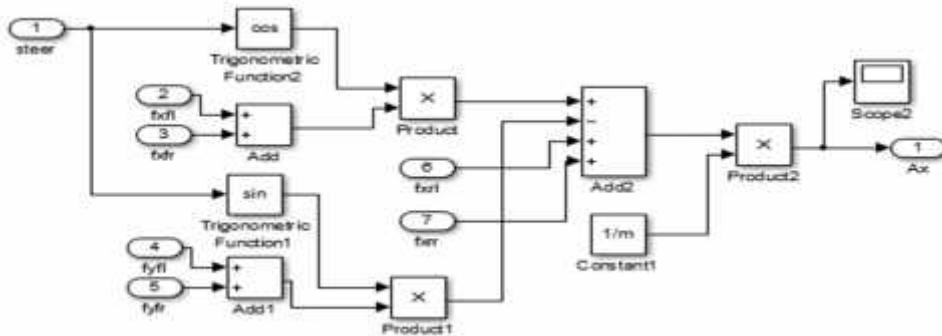
Gambar 4.12. *Handling Model*

- a. *Subsystem Ax (trajectory)*: penanganan kendaran berdasarkan arah *trajectory* dapat dilihat pada gambar 4.13.



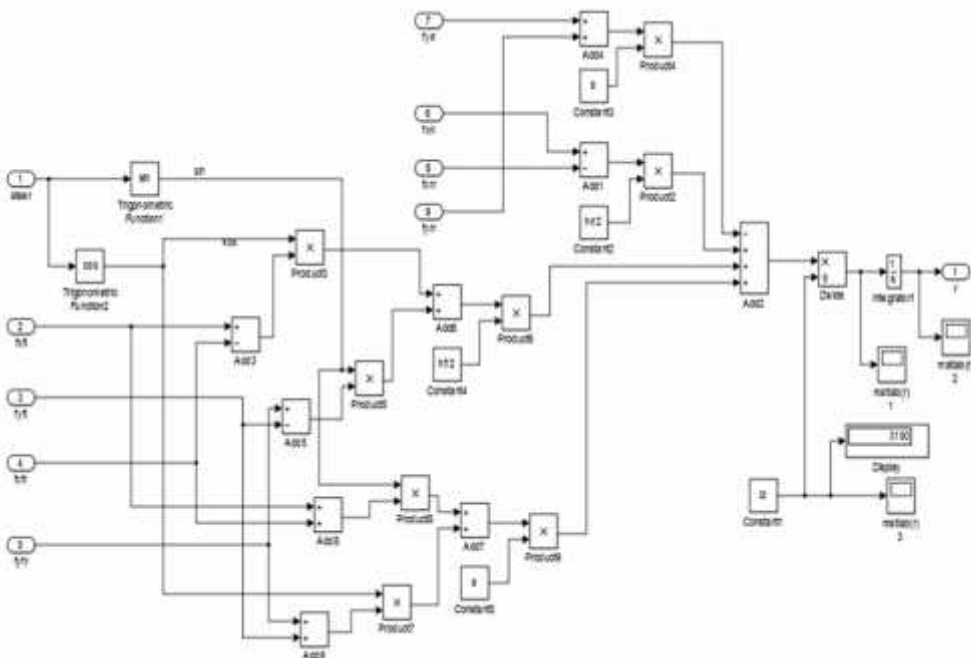
Gambar 4.13. *Handling model for trajectory*

b. *Subsystem1* Ay (lateral motion): penanganan kendaraan berdasarkan gerakan lateral dapat dilihat pada gambar 4.14.



Gambar 4.14. Handling model for lateral motion

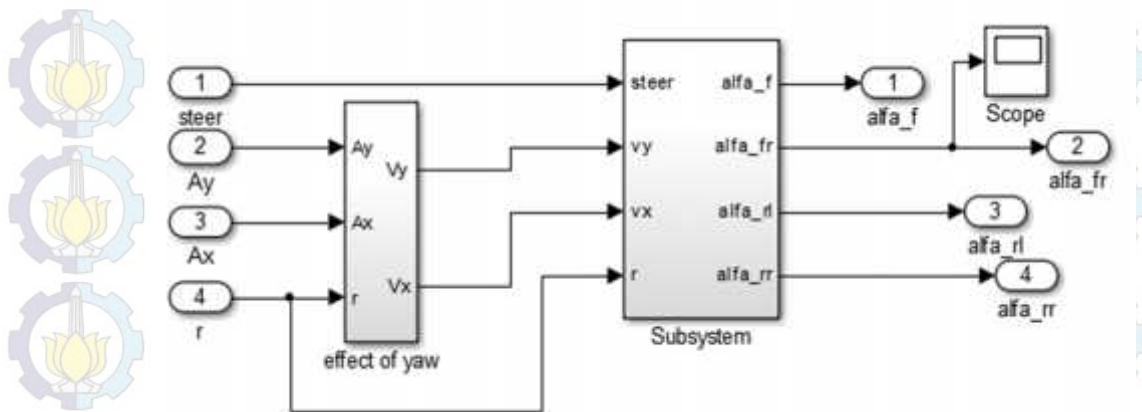
c. *Subsystem2* r (yaw motion): penanganan kendaraan berdasarkan gerakan yaw dapat dilihat pada gambar 4.15.



Gambar 4.15. Handling model for yaw motion

4.1.2.3. Slip Angle

Slip angle disebabkan adanya perbedaan sudut antara input kemudi dengan output gerakan kendaraan. Ada empat input dari system, yaitu dari *steer*, *trajectory*, *lateral motion*, *yaw motion*. Dengan output perbedaan sudut roda α_{fl} , α_{fr} , α_{rl} dan α_{rr} . Blok diagram *slip angle* dapat dilihat pada gambar 4.16.



Gambar 4.16. Slip Angle

4.2. Kontroler Kendaraan

Untuk mengontrol kendaraan agar kendaraan berjalan sesuai dengan trajektori, maka diperlukan suatu system kontrol. Ada beberapa system kontrol kendaraan, diantaranya PID dan Fuzzy. Untuk mentuning parameter PID dan Fuzzy bisa menggunakan kontrol konvensional atau dengan menggunakan AI.

4.2.1. PID Kontroler

PID Kontroler adalah system kontrol gabungan antara kontrol proporsional, integral, dan turunan (*derivative*). Dalam waktu kontinyu, sinyal keluaran kontrol PID dirumuskan sebagai:

$$u(t) = K_p \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau + T_d \frac{de(t)}{dt} \right)$$

Dengan:

$u(t)$ = sinyal keluaran pengendali PID

K_p = konstanta proporsional

T_i = waktu integral

T_d = waktu turunan

K_i = konstanta integral

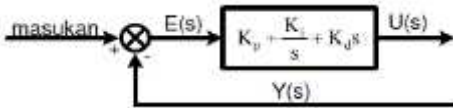
K_d = konstanta turunan

$e(t)$ = sinyal kesalahan

Jadi, fungsi alih pengendali PID (dalam domain s) dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$G_c(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s$$

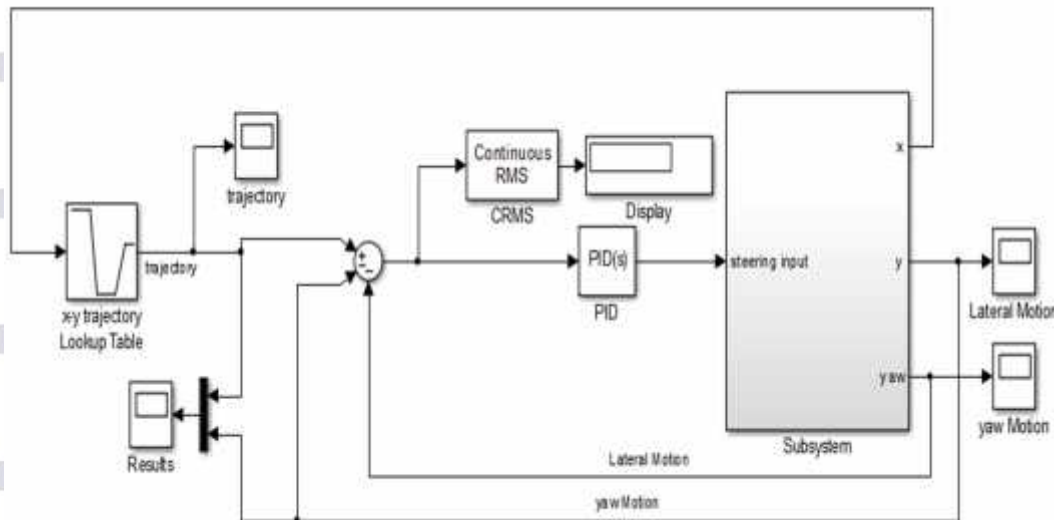
Diagram blok pengendali PID dapat dilihat pada Gambar 4.17.



Gambar 4.17. Diagram blok PID Kontrol

4.2.2. Tuning PID dengan AI

Untuk menentukan nilai K_p , K_i dan K_d , digunakan beberapa metode AI. AI yang digunakan diantaranya; *Firefly Algorithm* (FA), *Particle Swarm Optimization* (PSO), *Ant Colony Optimization* (ACO), *Bat Algorithm* (BA) dan *Imperialist Competitive Algorithm* (ICA). Blok diagram PID kontroler yang dituning dengan AI dapat dilihat pada gambar 4.18.



Gambar 4.18. PID Controller for Vehicle

Subsystem kendaraan akan dikontrol dengan PID yang telah dituning dengan AI. Input trajectory bisa dibuat agar sesuai dengan lintasan yang diinginkan. Gerakan *longitudinal* (x) akan diumpun balikkan ke dalam *trajectory*, sedangkan gerakan *lateral* (y) dan gerakan *yaw* (r) diumpun balikkan sebagai input PID. Dengan memasukkan semua parameter dan konstanta yang diperlukan, maka program akan bisa dijalankan. Nilai variabel dan Parameter yang diperlukan

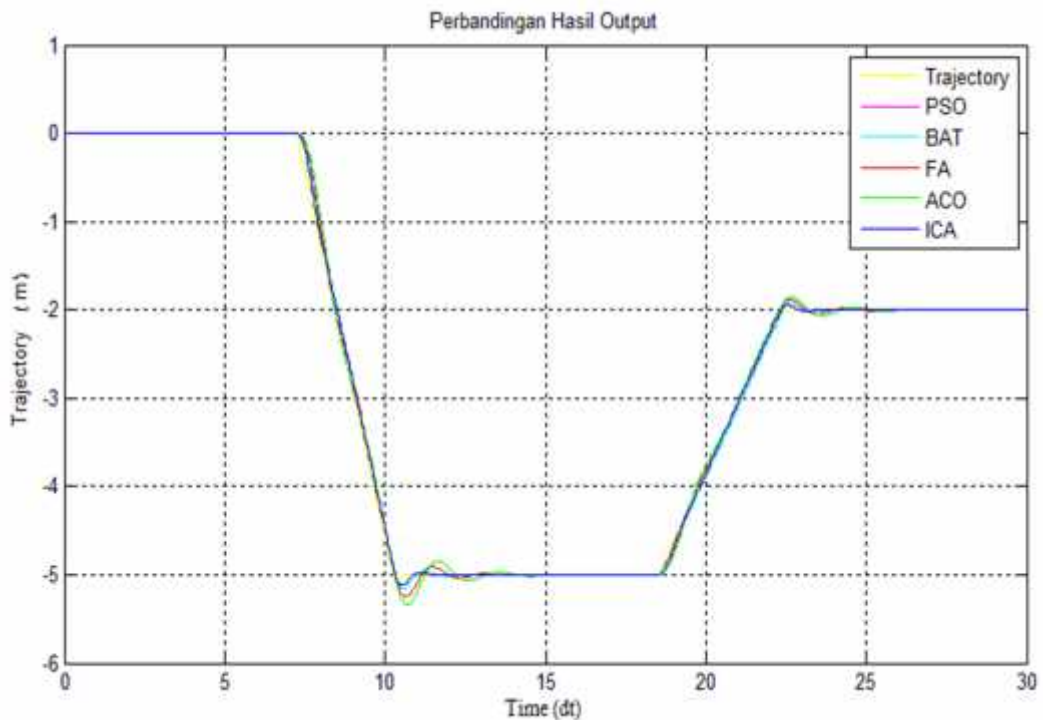
bisa dilihat pada tabel 2.1. Dari hasil simulasi didapatkan nilai Kp, Ki dan Kd seperti pada table 4.1.

Tabel 1.

Nilai Kp, Ki an Kd masing-masing Kontroler

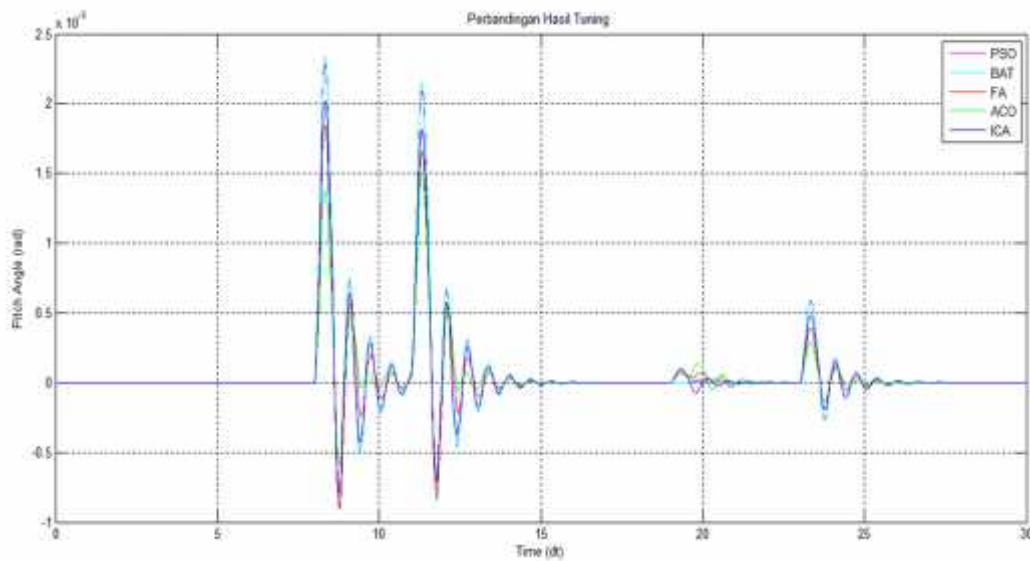
	PID-PSO	PID-BAT	PID-FA	PID-ACO	PID-ICA
Kp	430,0078	431,5507	263,1397	249,07993	584,0150
Ki	0,3673	9,2085	1,2619	6,01251	4,1046
Kd	0,9735	0,3261	0,2617	0,25015	0,2014

Pada kecepatan *standart* (13,8 km/h) di dapatkan hasil output seperti pada gambar 4.19, maksimum *lateral error* pada gambar 4.20, dan maksimum *yaw error* pada gambar 4.21:



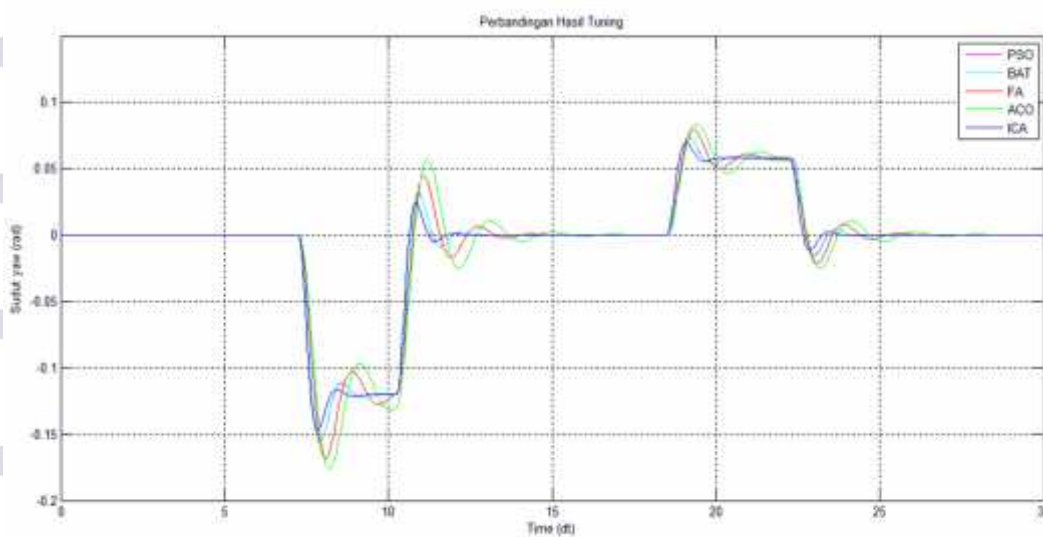
Gambar 4.19. Hasil Output beberapa AI

Hasil output diatas menunjukkan nilai C-RMS *Error* (m) pada PID-PSO (pink) sebesar 0,0352, PID-BAT (biru muda) sebesar 0,0354, PID-FA (merah) sebesar 0,0577, PID-ACO (hijau) sebesar 0,0804 dan PID-ICA (biru) sebesar 0,0262. *Pitch Angel* dapat dilihat pada gambar 4.20.



Gambar 4.20. *Pitch Angel* PID dengan AI

Sudut *Pitch* pada kontrol PSO = $2,279 \times 10^{-3}$ rad, BAT = $2,335 \times 10^{-3}$ rad, FA = $1,844 \times 10^{-3}$ rad, ACO = $1,509 \times 10^{-3}$ rad dan ICA = $2,016 \times 10^{-3}$ rad. *Yaw Angel* dapat dilihat pada gambar 4.21.



Gambar 4.21. *Yaw Angle* PID dengan AI

Sudut *Yaw* pada posisi PSO = 0,154 rad, BAT = 0,156 rad, FA = 0,169 rad, ACO = 0,177 rad dan ICA = 0,148 rad.

Untuk mengetahui kemampuan kontrol pada masing-masing kontroler, maka diperlukan mengubah kecepatan kendaraan secara bertahap sampai batas

maksimum kontroller bisa digunakan. Dengan mengubah kecepatan kendaraan didapatkan hasil kontroler pada tabel 4.2.

Tabel 4.2
Kemampuan masing-masing kontroler

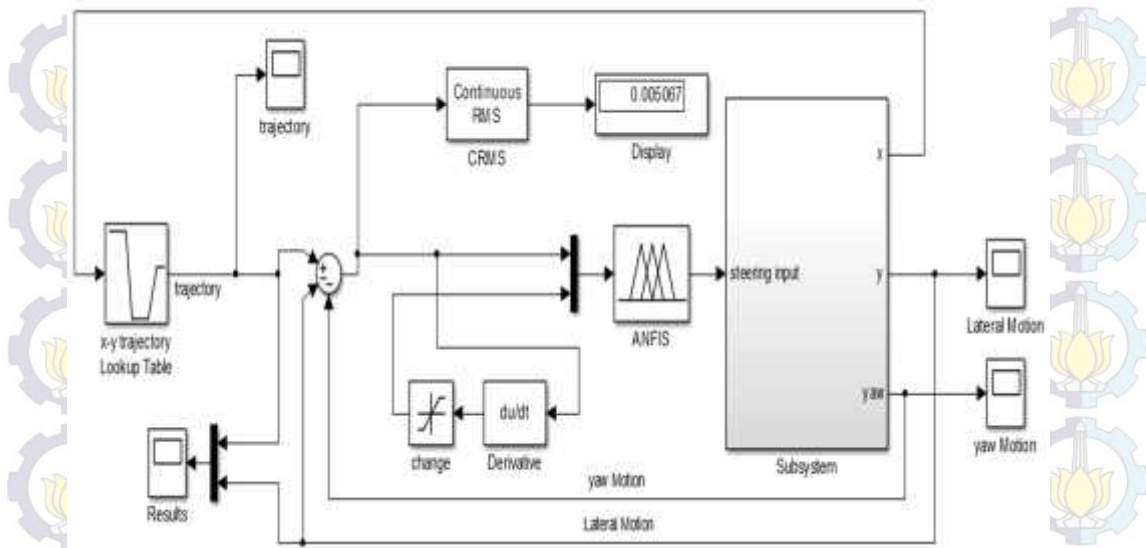
No	Velocity		Continues Root Mean Square Error (C-RMS Error)				
	m/s	Km/h	PID-PSO (m)	PID-BAT (m)	PID-FA (m)	PID-ACO (m)	PID-ICA (m)
1	25	6,9	0,0162	0,0162	0,0265	0,0357	0,0120
2	50	13,8	0,0352	0,0354	0,0577	0,0804	0,0262
3	75	20,7	0,0524	0,0526	0,0861	0,1019	0,0384
4	100	27,6	0,0693	0,0697	0,1058	0,1445	0,0529
5	125	34,5	0,0826	0,0829	0,1384	0,2017	0,0624
6	150	41,4	0,1005	0,1008	0,1794	0,2558	0,0744
7	175	48,3	0,1251	0,1255	0,2190	0,3088	0,0918
8	200	55,2	0,1442	0,1439	0,2547	0,3684	0,1043
9	225	62,1	0,1724	0,1733	<i>Under Steer</i>	<i>Under Steer</i>	0,1262
10	250	69,0	<i>Under Steer</i>	<i>Under Steer</i>	<i>Under Steer</i>	<i>Under Steer</i>	0,1438
11	275	75,9	<i>Under Steer</i>	<i>Under Steer</i>	<i>Under Steer</i>	<i>Under Steer</i>	<i>Under Steer</i>
12	300	82,8	<i>Under Steer</i>	<i>Under Steer</i>	<i>Under Steer</i>	<i>Under Steer</i>	<i>Under Steer</i>

Dari tabel diatas menunjukkan bahwa kontroler PID-ICA mampu bertahan (C-RMS Error kurang dari 0,5) sampai pada kecepatan 69,0 km/h. PID-PSO dan PID-BAT bertahan sampai kecepatan 62,1 km/h dan PID-FA dan PID-ACO hanya bertahan sampai kecepatan 55,2 km/h.

Dengan demikian maka hasil PID-ICA dipakai sebagai data ANFIS yang diambil dari data *Simout* sebagai data input dan *Simout1* outputnya. Data selanjutnya disimpan pada data excel atau notepad.

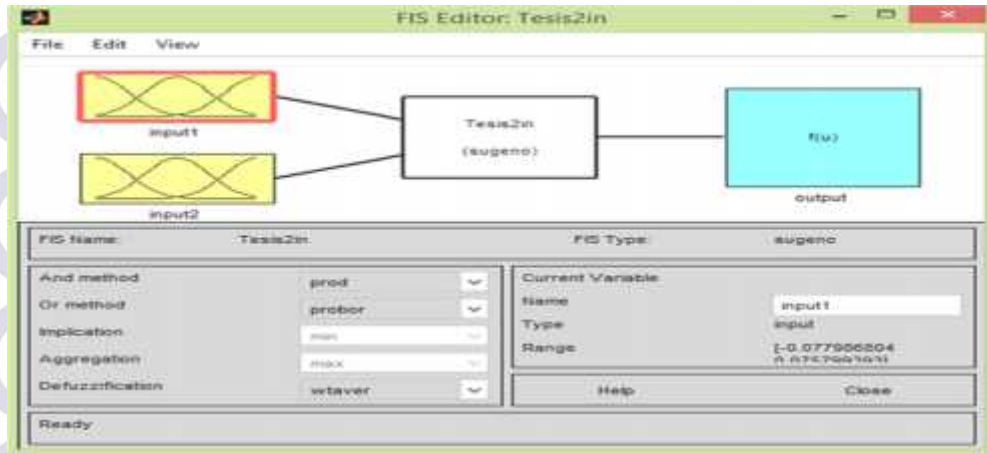
4.2.3. Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)

Blok diagram model kendaran yang dikontrol dengan menggunakan ANFIS dapat dilihat pada gambar 4.22.



Gambar 4.22. ANFIS Controller for Vehicle

Input trajectory bisa dibuat agar sesuai dengan lintasan yang diinginkan. Subsystem kendaraan akan dikontrol dengan ANFIS dengan 2 input, yaitu *error* dan *delta error*. Gerakan *longitudinal* (x) akan diumpan balikkan ke dalam trajectory, sedangkan gerakan *lateral* (y) dan gerakan *yaw* (r) diumpan balikkan sebagai input PID. Dengan memasukkan semua parameter dan konstanta yang diperlukan, maka program akan bisa dijalankan. Dengan menggunakan *Fuzzy Sugeno*, ANFIS dapat ditraining dengan menggunakan data *simout* dan *simout1* dari PID-ICA. Dengan cara load data diambil dari data hasil PID-ICA, *Generate FIS* dengan *Grid Partition*, *Training FIS* dengan *Error Tolerance* 0 (nol) dan *Epochs* 100, *Test Training* data. Hasil training diexport ke *Workspace* kemudian running program. Bentuk input dan output FIS Sugeno dan Hasil test akan ditunjukkan pada gambar 4.23 dan gambar 4.24.



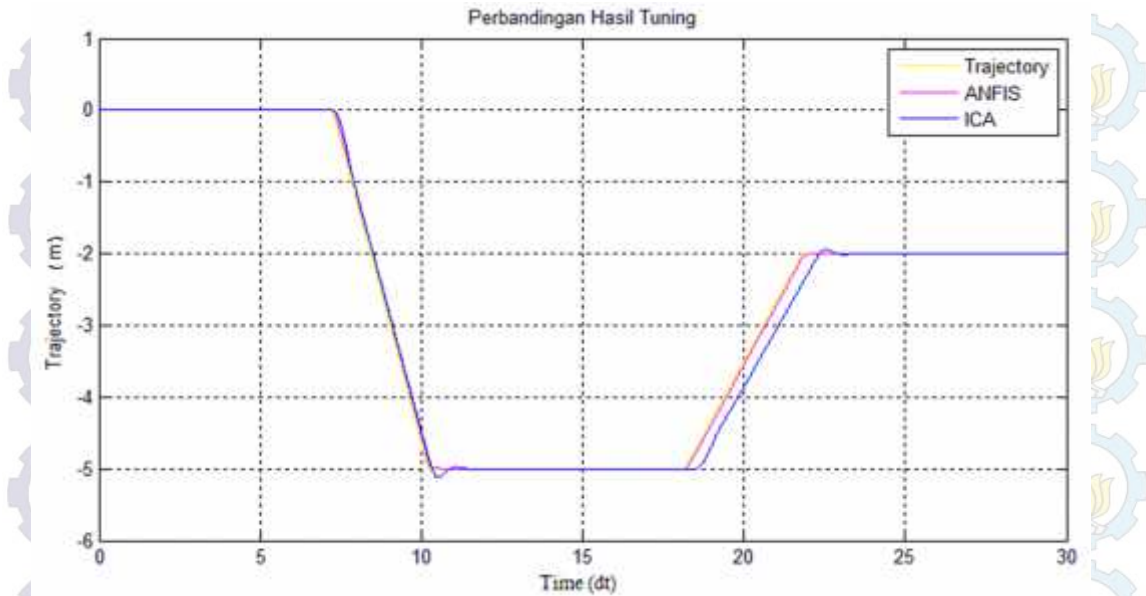
Gambar 4.23. FIS Sugeno

Ada 2 Input ANFIS, yaitu input dari lateral motion dan yaw motion dan 1 output. Membership Function dan Rule dibuat standart yang nantinya akan diatur sendiri oleh ANFIS.



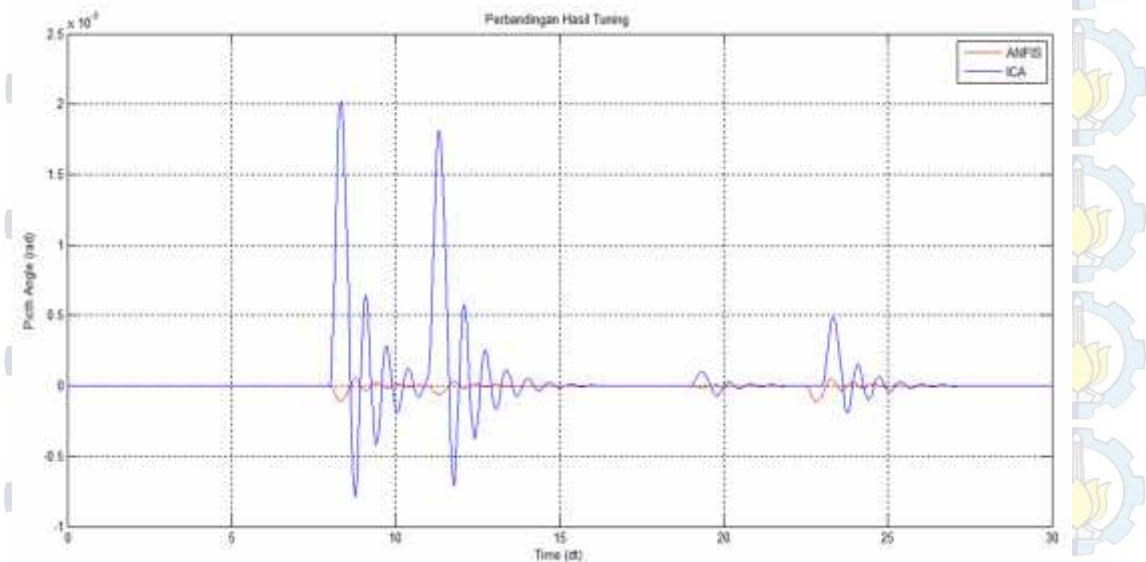
Gambar 4.24. Hasil test *training* ANFIS

Gambar bola warna biru adalah data *training* dan bola warna merah adalah *output* FIS. Dapat dilihat bahwa data training dan output FIS sangat berimpit, yang menunjukkan bahwa error yang kecil yaitu 0.151157 dari 2794 *training* data pada ANFIS info. Perbandingan output PID-ICA dengan ANFIS dapat ditunjukkan pada gambar 4.25.



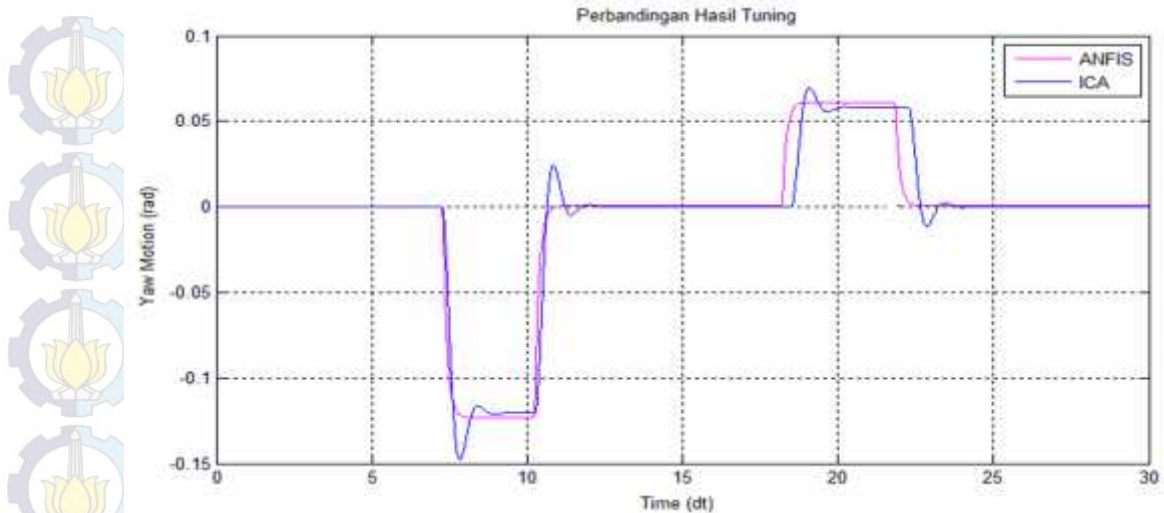
Gambar 4.25. Hasil perbandingan PID-ICA (biru) dan ANFIS (merah)

Hasil output diatas menunjukkan nilai *C-RMS Error* (m) pada *PID-ICA* dan ANFIS hampir sama yaitu *PID-ICA* sebesar 0,00621 dan ANFIS sebesar 0,00507. *Pitch Angel* dan *Yaw Angel* dapat dilihat pada gambar 4.26 dan gambar 4.27.



Gambar 4.26. *Pitch Angel* PID-ICA dan ICA

Pitch Angel pada kontrol ICA = $2,016 \times 10^{-3}$ rad dan ANFIS = $5,142 \times 10^{-5}$ rad . *Yaw Angel* dapat dilihat pada gambar 4.28.



Gambar 4.27. Yaw Angel PID-ICA dan ANFIS

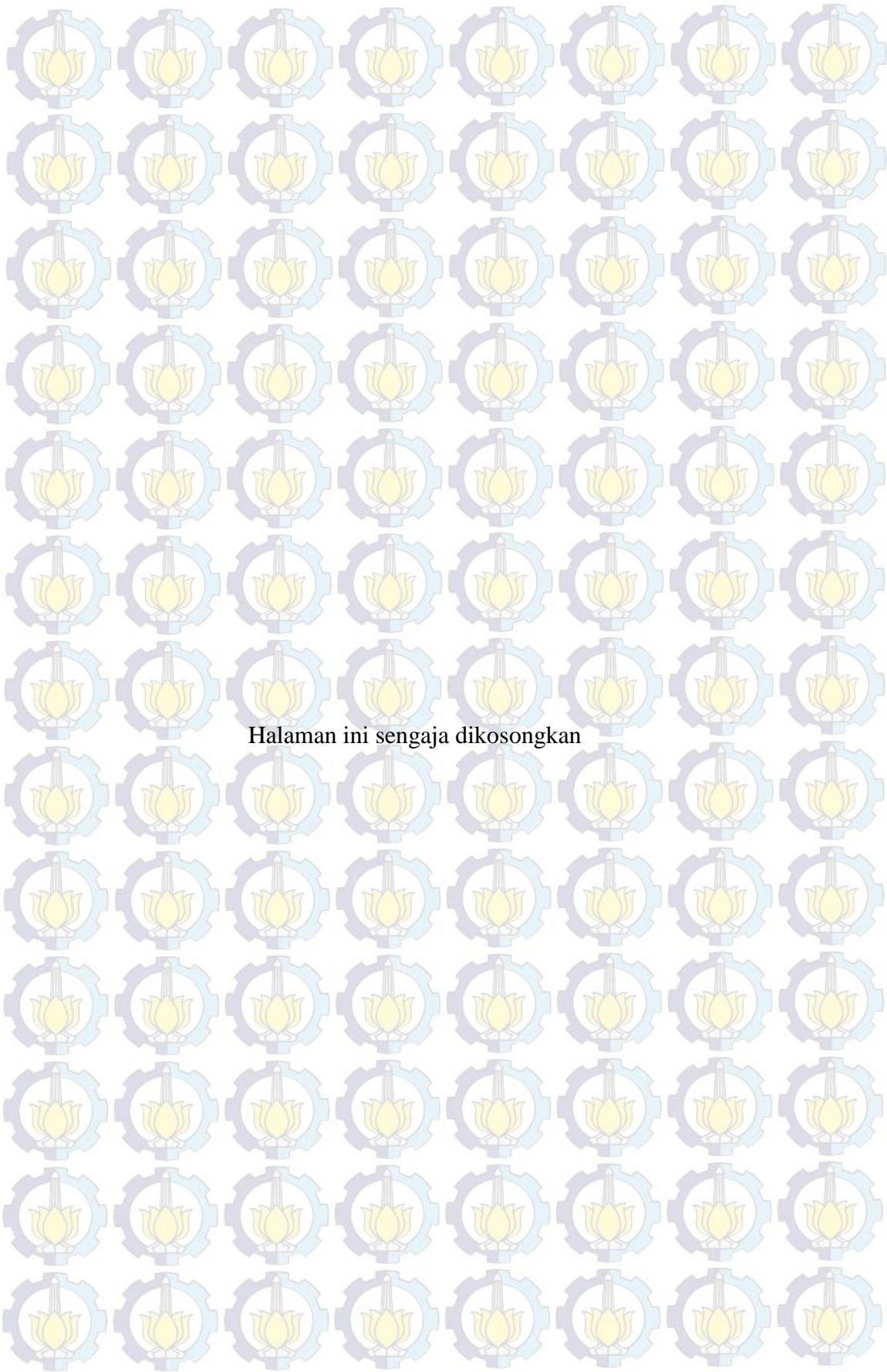
Sudut *Yaw* pada kontrol PID-ICA = 0,024 rad dan ANFIS = 0,005 rad.

Untuk mengetahui kemampuan kontroler ANFIS maka diperlukan perubahan kecepatan secara bertahap sampai batas kemampuan kotroler. Kemampuan kontroler ANFIS dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3.
Kemampuan ANFIS

No	Velocity		C-MRS Error (m)
	m/s	Km/h	ANFIS
1	25	6,9	0,002220
2	50	13,8	0,005070
3	75	20,7	0,009040
4	100	27,6	0,016119
5	125	34,5	0,028740
6	150	41,4	0,051245
7	175	48,3	0,091371
8	200	55,2	0,162919
9	225	62,1	0,290490
10	250	69,0	<i>Under Steer</i>
11	275	75,9	<i>Under Steer</i>
12	300	82,8	<i>Under Steer</i>

Dari tabel diatas menunjukkan bahwa ANFIS memiliki overshoot sedikit lebih kecil atau hampir sama dengan PID-ICA jika dibandingkan dengan kontrol PID yang dituning dengan AI, tetapi ANFIS mampu mengendalikan kendaraan dibawah kecepatan 69,0 km/h



BAB V KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil simulasi didapatkan bahwa PID yang dituning dengan ICA jika dibandingkan dengan *Firefly Algorithm* (FA), *Particle Swarm Optimization* (PSO), *Ant Colony Optimization* (ACO), *Bat Algorithm* (BA) menunjukkan hasil yang paling baik. Pada kecepatan *default* (13.8 km/h) hasil PID-ICA didapatkan nilai $K_p = 584,0150$, $K_i = 4,1046$, $K_d = 0,2014$ dan mampu mengontrol kendaraan dengan kecepatan mencapai 69,0 km/h. Hasil output PID-ICA menunjukkan hasil paling sesuai dengan *trajectory* dengan *overshot* terkecil, yaitu 0,00621 C-RMS Error. Tetapi jika dibandingkan dengan hasil ANFIS hasil training data PID-ICA pada kecepatan *default*, hasil ANFIS hampir sama dengan PID-ICA sedikit lebih halus dengan *overshot* 0,00507 C-RMS Error dan bertahan sampai kecepatan dibawah 69,0 km/h.

5.2 Penelitian Selanjutnya

Dengan hasil simulasi diatas merupakan kondisi ideal kendaraan. Penelitian selanjutnya bisa dilanjutkan dengan real kondisi. Penelitian selanjutnya juga bisa menggunakan PID dan atau FLC *controller* berbasis *Artificial Intelligence Techniques*. Juga bisa dilanjutkan dengan menggunakan jumlah DOF yang berbeda.



Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- [1.] Avak, B., 2004, Modeling and Control of a Superimposed Steering System, Thesis, Master of Science, School of Electrical and Computer Engineering, Georgia Institute of Technology.
- [2.] E. Atashpaz-Gargari and C. Lucas, "Imperialist competitive algorithm: An algorithm for optimization inspired by imperialistic competition," in *Evolutionary Computation, 2007. CEC 2007. IEEE Congress on*, 2007, pp. 4661-4667.
- [3.] Hingwe P., Tan H.S., Packard AK., Tomizuka M., 2002, "Linear Parameter Varying Controller for Automated Lane Guidance: Experimental Study on Tractor-Trailers", *IEEE Transactions On Control Systems Technology*, Vol. 10, No. 6, November 2002, pp.793-806.
- [4.] Hernandez J.I., Kuo C.Y., 2003, "Steering Control of Automated Vehicles Using Absolute Positioning GPS and Magnetic Markers" *IEEE Transactions On Vehicular Technology*, Vol. 52, No. 1, January 2003, pp. 150-161.
- [5.] Ahmadi J., Sedigh A.K., Kabganian M., 2009, Adaptive Vehicle Lateral-Plane Motion Control Using Optimal Tire Friction Forces With Saturation Limits Consideration, *IEEE Transactions On Vehicular Technology*, Vol. 58, No. 8, October 2009, pp. 4098 - 4107
- [6.] Cai L., Rad A. B., Chan W.L., 2007, Genetic Fuzzy Controller for Vehicle Automatic Steering Control, *IEEE Transactions On Vehicular Technology*, Vol. 56, No. 2, March 2007, pp. 529 – 543
- [7.] Hudha, K., Kadir, Z., Said, M. and Jamaluddin, H., 2008, Modeling, validation and roll moment rejections control of pneumatically actuated active roll control for improving vehicle lateral dynamics performance', *International Journal of Engineering Systems Modeling and Simulation*, Vol. 1, pp.122–136.
- [8.] Falcone, P., Borrelli, F., Asgari, J., Tseng, H. E. and Hrovat, D., 2007, Predictive Active Steering Control for Autonomous Vehicle Systems.

- IEEE Transactions on Control Systems Technology. Vol.15, No. 3, pp. 566 – 580.
- [9.] Matthew R., Michael, A.S., Demetriou, 2000, Modeling and Simulation of Vehicle Ride and Handling Performance, Proceeding of the 15th International Symposium on Intelligent Control (ISIC 2000), Rio, Patras Greece, July 17 – 19.
- [10.] Wang, J., Hsieh, M.F., 2009, Vehicle Yaw Inertia and Mass Independent Adaptive Control for Stability and Trajectory Tracking Enhancements, American Control Conference, St.Louis MO, USA, June 10 – 12.
- [11.] Q. Liang, J.M. Mendel, Interval type-2 Fuzzy Logic Control: theory and design, IEEE Trans. Fuzzy Syst. 8 (2000) 535–550
- [12.] C. Lynch, H. Hagra, V. Callaghan, Embedded type-2 FLC for real-time speed control of marine and traction diesel engines, in: Proceedings of IEEE FUZZ Conference, Reno, NV, May 2005, pp. 347–352
- [13.] J.R.Castro and O.Castilo, “Interval Type-2 Fuzzy Logic For Intelligent Control Application”, Fuzzy Information Processing Society, 2007. NAFIPS’07. Annual Meeting of the North American, 2007, pp.592-297
- [14.] J.M.Mendel, “ On a 50% savings in the computation of the centroid of a symmetrical interval type-2 fuzzy set”, Science Direct, Information Science 172 (2005) 417–430.
- [15.] J. M. Mendel and R. I. John, “Type-2 fuzzy sets made simple,” *IEEE Trans. on Fuzzy Systems*, vol. 10, no. 2, pp. 117–127, 2002.
- [16.] Fachrudin, Robandi, I. Sutantra, N., 2010, Model and Simulation of Vehicle Lateral Stability Control, International Seminar on Applied Technology, Science, and Arts, 2nd APTECS 2010, ITS Surabaya, December 21 – 22.
- [17.] Fachrudin, Robandi, I. Sutantra, N., 2011, Vehicle Stability Control On Steer By Wire System Using Fuzzy Logic, The International Student Conference on Advanced Science and Technology (ICAST), Shandong University, Jinan, China, September 23 – 27.
- [18.] Fachrudin, Robandi, I. Sutantra, N., 2012, Modeling and Simulation of Vehicle Stability Control on Steer By Wire System Using Fuzzy Logic



Control and PID Control Tuned by PSO, 3rd International Conference on Engineering and ICT (ICEI2012) Melaka, Malaysia, April 4 – 6.

[19.] Machrus Ali, Fahrudin, Robandi, I Sutantra, *Optimization of Active Steering Control on Vehicle with Steer by Wire System using Imperialist Competitive Algorithm (ICA)*, IEEE Conference, ICoICT 2015, Vol.3 Nusa Dua Bali, Mei 2015, pp 501-504

[20.] Machrus Ali, Soedibyoy, Robandi, *Desain Pitch Angle Controller Turbin Angin Dengan Permanent Magnetic Synchronous Generator (PMSG) Menggunakan Imperialist Competitive Algorithm (ICA)*, SENTIA 2015, Volume 7 – ISSN: 2085-2347



Halaman ini sengaja dikosongkan

Lampiran Data ANFIS

No	Input 1	Input 2	Output	No	Input 1	Input 2	Output	No	Input 1	Input 2	Output
1	0	0	0	516	-4,99524	-0,00476	0,00434228	1031	-2,0016842	0,00168418	0,00670571
2	0	0	0	517	-4,995244	-0,004756	0,00434273	1032	-2,0016842	0,00168418	0,00670647
3	0	0	0	518	-4,9952519	-0,0047481	0,00434384	1033	-2,0016842	0,00168417	0,00670797
4	0	0	0	519	-4,9952678	-0,0047322	0,00434678	1034	-2,0016842	0,00168416	0,00671093
5	0	0	0	520	-4,9952994	-0,0047006	0,00435344	1035	-2,0016841	0,00168415	0,00671667
6	0	0	0	521	-4,9953626	-0,0046374	0,00436499	1036	-2,0016841	0,00168412	0,00672633
7	0	0	0	522	-4,9954266	-0,0045734	0,00437293	1037	-2,0016841	0,00168412	0,00672633
8	0	0	0	523	-4,9955755	-0,0044245	-0,0252857	1038	-2,0016841	0,00168412	0,00672633
9	0	0	0	524	-4,9956497	-0,0043503	0,00341181	1039	-2,0016841	0,00168412	0,00672633
10	0	0	0	525	-4,9956927	-0,0043073	0,00472977	1040	-2,0016841	0,00168412	0,00672637
11	0	0	0	526	-4,9957376	-0,0042624	0,00450582	1041	-2,0016841	0,00168412	0,00672641
12	0	0	0	527	-4,9958032	-0,0041968	0,00407071	1042	-2,0016841	0,00168412	0,00672649
13	0	0	0	528	-4,9958467	-0,0041533	0,00438075	1043	-2,0016841	0,00168412	0,00672666
14	0	0	0	529	-4,9958879	-0,0041121	0,00443935	1044	-2,0016841	0,00168412	0,00672698
15	0	0	0	530	-4,9959462	-0,0040538	0,00401513	1045	-2,0016841	0,00168412	0,00672762
16	0	0	0	531	-4,9959962	-0,0040038	0,00276303	1046	-2,0016841	0,00168411	0,00672889
17	0	0	0	532	-4,9960444	-0,0039556	-0,0003195	1047	-2,0016841	0,0016841	0,00673139
18	0	0	0	533	-4,9960913	-0,0039087	-0,0027093	1048	-2,0016841	0,00168409	0,00673622
19	0	0	0	534	-4,9961384	-0,0038616	-0,0002687	1049	-2,0016841	0,00168405	0,00674515
20	0	0	0	535	-4,9961852	-0,0038148	0,00029876	1050	-2,001684	0,00168398	0,00676025
21	0	0	0	536	-4,9962349	-0,0037651	-0,0013	1051	-2,0016838	0,00168383	0,00677972
22	0	0	0	537	-4,996287	-0,003713	-0,0020377	1052	-2,0016835	0,00168348	0,00677891
23	0	0	0	538	-4,9963298	-0,0036702	0,00264227	1053	-2,0016826	0,00168259	0,00664336
24	0	0	0	539	-4,9963623	-0,0036377	0,00376082	1054	-2,0016802	0,00168022	0,00602329
25	0	0	0	540	-4,9964022	-0,0035978	0,00427428	1055	-2,0016742	0,00167416	0,00452396
26	0	0	0	541	-4,9964417	-0,0035583	0,0044474	1056	-2,0016643	0,00166427	0,0036646
27	0	0	0	542	-4,9965187	-0,0034813	0,00325652	1057	-2,0016643	0,00166427	0,0036646
28	0	0	0	543	-4,9965501	-0,0034499	0,00389926	1058	-2,0016643	0,00166427	0,0036646
29	0	0	0	544	-4,9965844	-0,0034156	0,00443067	1059	-2,0016643	0,00166427	0,0036646

Lampiran Data ANFIS

No	Input 1	Input 2	Output	No	Input 1	Input 2	Output	No	Input 1	Input 2	Output
30	0	0	0	545	-4,9966561	-0,0033439	-0,0003261	1060	-2,0016643	0,00166427	0,0036646
31	0	0	0	546	-4,996701	-0,003299	-0,004152	1061	-2,0016643	0,00166427	0,0036646
32	0	0	0	547	-4,9967482	-0,0032518	-0,0090081	1062	-2,0016643	0,00166427	0,0036646
33	0	0	0	548	-4,9967827	-0,0032173	0,00223515	1063	-2,0016643	0,00166427	0,0036646
34	0	0	0	549	-4,9968173	-0,0031827	0,00431651	1064	-2,0016643	0,00166427	0,00366459
35	0	0	0	550	-4,9968694	-0,0031306	0,00231239	1065	-2,0016643	0,00166426	0,00366458
36	0	0	0	551	-4,996912	-0,003088	-0,0040334	1066	-2,0016642	0,00166425	0,00366456
37	0	0	0	552	-4,9969482	-0,0030518	-0,0245142	1067	-2,0016642	0,00166423	0,00366452
38	0	0	0	553	-4,9970045	-0,0029955	-0,034614	1068	-2,0016642	0,00166418	0,00366447
39	1,89E-26	-1,89E-26	8,52E-23	554	-4,9970681	-0,0029319	-0,0179745	1069	-2,0016641	0,0016641	0,00366444
40	-8,03E-13	8,03E-13	4,42E-09	555	-4,9971071	-0,0028929	0,00112499	1070	-2,0016639	0,00166392	0,00366469
41	-8,03E-13	8,03E-13	4,42E-09	556	-4,9971437	-0,0028563	0,00361058	1071	-2,0016636	0,00166357	0,00366636
42	-8,03E-13	8,03E-13	4,42E-09	557	-4,9971918	-0,0028082	-0,0048766	1072	-2,0016629	0,00166288	0,00367396
43	-8,03E-13	8,03E-13	4,42E-09	558	-4,9972249	-0,0027751	0,00321621	1073	-2,0016623	0,00166228	0,00368465
44	-1,03E-12	1,03E-12	4,61E-09	559	-4,9972561	-0,0027439	0,00460914	1074	-2,0016623	0,00166228	0,00368465
45	-1,26E-12	1,26E-12	4,80E-09	560	-4,9973082	-0,0026918	-0,0001083	1075	-2,0016623	0,00166228	0,00368465
46	-1,72E-12	1,72E-12	5,17E-09	561	-4,9973385	-0,0026615	0,00478443	1076	-2,0016623	0,00166228	0,00368465
47	-2,65E-12	-1,59E-06	-0,0012879	562	-4,9973767	-0,0026233	0,00418136	1077	-2,0016623	0,00166228	0,00368466
48	-4,92E-12	-7,77E-06	-0,0063109	563	-4,9974123	-0,0025877	-0,0009615	1078	-2,0016623	0,00166228	0,00368467
49	-1,58E-11	-2,01E-05	-0,0163515	564	-4,9974494	-0,0025506	0,00498843	1079	-2,0016623	0,00166228	0,00368468
50	-9,98E-11	-4,49E-05	-0,0364116	565	-4,9974774	-0,0025226	0,00481521	1080	-2,0016623	0,00166228	0,00368471
51	-2,38E-10	-6,16E-05	-0,0499077	566	-4,99752	-0,00248	0,00527156	1081	-2,0016623	0,00166227	0,00368476
52	-2,38E-10	-6,16E-05	-0,0499077	567	-4,997557	-0,002443	0,00558508	1082	-2,0016623	0,00166227	0,00368487
53	-2,38E-10	-6,16E-05	-0,0499077	568	-4,9975916	-0,0024084	0,00524753	1083	-2,0016623	0,00166226	0,0036851
54	-2,38E-10	-6,16E-05	-0,0499077	569	-4,9976217	-0,0023783	0,00257589	1084	-2,0016622	0,00166224	0,00368555
55	-2,46E-10	-6,23E-05	-0,0505336	570	-4,9976555	-0,0023445	0,00361383	1085	-2,0016622	0,00166219	0,00368646
56	-2,55E-10	-6,31E-05	-0,0511594	571	-4,9976839	-0,0023161	0,00469666	1086	-2,0016621	0,00166211	0,00368833
57	-2,73E-10	-6,47E-05	-0,0524108	572	-4,9977165	-0,0022835	0,0045474	1087	-2,0016619	0,00166194	0,00369225
58	-3,12E-10	-6,78E-05	-0,0549135	573	-4,9977553	-0,0022447	0,00126504	1088	-2,0016616	0,0016616	0,00370079

Lampiran Data ANFIS

No	Input 1	Input 2	Output	No	Input 1	Input 2	Output	No	Input 1	Input 2	Output
59	-4,00E-10	-7,39E-05	-0,0599175	574	-4,997788	-0,002212	0,005519	1089	-2,0016609	0,00166093	0,00372028
60	-6,26E-10	-8,63E-05	-0,0699201	575	-4,9978117	-0,0021883	0,00474694	1090	-2,0016596	0,0016596	0,00376627
61	-1,31E-09	-0,0001111	-0,089904	576	-4,9978584	-0,0021416	0,00717614	1091	-2,001657	0,00165698	0,00386846
62	-3,89E-09	-0,0001606	-0,1297861	577	-4,9979135	-0,0020865	0,02820513	1092	-2,0016547	0,0016547	0,00395052
63	-1,62E-08	-0,0002596	-0,2092072	578	-4,9978827	-0,0021173	0,07981747	1093	-2,0016547	0,0016547	0,00395052
64	-8,81E-08	-0,0004575	-0,3666706	579	-4,9978249	-0,0021751	-0,0085821	1094	-2,0016547	0,0016547	0,00395052
65	-5,63E-07	-0,000853	-0,6760418	580	-4,9978247	-0,0021753	-0,0049349	1095	-2,0016547	0,0016547	0,00395052
66	-3,82E-06	-0,0016418	-1,2723573	581	-4,9978535	-0,0021465	0,0029283	1096	-2,0016547	0,0016547	0,00395053
67	-2,44E-05	-0,0032053	-2,376194	582	-4,9978789	-0,0021211	0,00281698	1097	-2,0016547	0,0016547	0,00395054
68	-0,0001316	-0,0062661	-4,2566891	583	-4,9978857	-0,0021143	0,00305608	1098	-2,0016547	0,0016547	0,00395056
69	-0,0006112	-0,0121226	-6,9556951	584	-4,9979179	-0,0020821	0,00350205	1099	-2,0016547	0,0016547	0,0039506
70	-0,0021621	-0,0211361	-9,30969	585	-4,9979503	-0,0020497	0,00375364	1100	-2,0016547	0,0016547	0,00395068
71	-0,0054868	-0,0314134	-10,128114	586	-4,9979788	-0,0020212	0,0020353	1101	-2,0016547	0,00165469	0,00395084
72	-0,0119073	-0,0423916	-9,4946943	587	-4,998007	-0,001993	-0,0002133	1102	-2,0016547	0,00165468	0,00395117
73	-0,023802	-0,0527239	-7,5546853	588	-4,9980383	-0,0019617	0,00393424	1103	-2,0016547	0,00165466	0,00395181
74	-0,0459266	-0,0594514	-4,2204295	589	-4,9980638	-0,0019362	0,00398897	1104	-2,0016546	0,00165462	0,0039531
75	-0,0591849	-0,0604936	-2,8097382	590	-4,9980998	-0,0019002	0,0038985	1105	-2,0016545	0,00165454	0,00395565
76	-0,0723361	-0,0616292	-2,2905563	591	-4,9981303	-0,0018697	0,00304147	1106	-2,0016544	0,00165438	0,00396068
77	-0,086486	-0,0633687	-2,3068945	592	-4,9981593	-0,0018407	0,00069789	1107	-2,0016541	0,00165406	0,00397041
78	-0,1034852	-0,0655119	-2,3275729	593	-4,9981876	-0,0018124	-0,0015798	1108	-2,0016534	0,00165342	0,00398856
79	-0,1208521	-0,0672631	-2,1565289	594	-4,9982176	-0,0017824	0,00049905	1109	-2,0016521	0,00165213	0,00401936
80	-0,1433127	-0,0690155	-1,9119504	595	-4,9982462	-0,0017538	0,00174397	1110	-2,0016501	0,00165007	0,0040532
81	-0,1700444	-0,0706444	-1,6977894	596	-4,9982775	-0,0017225	-0,0032644	1111	-2,0016501	0,00165007	0,0040532
82	-0,2011713	-0,0719953	-1,4826969	597	-4,9983039	-0,0016961	0,00261668	1112	-2,0016501	0,00165007	0,0040532
83	-0,2475259	-0,0731096	-1,2145812	598	-4,9983281	-0,0016719	0,00403617	1113	-2,0016501	0,00165007	0,0040532
84	-0,2958861	-0,0733879	-0,9891151	599	-4,9983674	-0,0016326	-0,0006939	1114	-2,0016501	0,00165007	0,0040532
85	-0,3448513	-0,0729711	-0,7931092	600	-4,9983891	-0,0016109	0,00350567	1115	-2,0016501	0,00165007	0,00405321
86	-0,3604724	-0,0727356	-0,7627435	601	-4,9984111	-0,0015889	0,00437973	1116	-2,0016501	0,00165007	0,00405322
87	-0,39265	-0,0720949	-0,6765695	602	-4,9984502	-0,0015498	-0,01458	1117	-2,0016501	0,00165007	0,00405323

Lampiran Data ANFIS

No	Input 1	Input 2	Output	No	Input 1	Input 2	Output	No	Input 1	Input 2	Output
88	-0,4244706	-0,0712868	-0,5996161	603	-4,9984781	-0,0015219	-0,030837	1118	-2,0016501	0,00165006	0,00405326
89	-0,4748501	-0,0697374	-0,4993627	604	-4,9985141	-0,0014859	-0,0032193	1119	-2,0016501	0,00165006	0,00405332
90	-0,5201865	-0,0681251	-0,4267423	605	-4,9985389	-0,0014611	0,00275507	1120	-2,00165	0,00165005	0,00405344
91	-0,5656543	-0,0663536	-0,3665485	606	-4,9985688	-0,0014312	-0,0075781	1121	-2,00165	0,00165003	0,00405369
92	-0,6090802	-0,0645551	-0,3167689	607	-4,9985891	-0,0014109	0,0028447	1122	-2,00165	0,00164999	0,00405417
93	-0,6450393	-0,0630186	-0,2861555	608	-4,9986095	-0,0013905	0,0046346	1123	-2,0016499	0,00164991	0,00405511
94	-0,6784305	-0,0615568	-0,2622124	609	-4,9986365	-0,0013635	0,00426635	1124	-2,0016497	0,00164975	0,00405692
95	-0,721102	-0,0596538	-0,2344682	610	-4,9986608	-0,0013392	0,00263896	1125	-2,0016494	0,00164942	0,00406022
96	-0,7815904	-0,0569152	-0,1958462	611	-4,9986803	-0,0013197	-0,0033562	1126	-2,0016488	0,00164877	0,00406568
97	-0,8183237	-0,0552581	-0,185251	612	-4,9987032	-0,0012968	-0,0049213	1127	-2,0016475	0,00164747	0,00407235
98	-0,8550534	-0,0536011	-0,1746893	613	-4,9987289	-0,0012711	0,00217245	1128	-2,0016448	0,00164485	0,00407238
99	-0,9021304	-0,0514869	-0,1586519	614	-4,9987502	-0,0012498	0,00317418	1129	-2,0016396	0,00163956	0,00404708
100	-0,9386124	-0,0498661	-0,1528793	615	-4,9987743	-0,0012257	-0,0022601	1130	-2,001629	0,00162897	0,00401749
101	-0,9750767	-0,0482619	-0,1465629	616	-4,9987951	-0,0012049	0,00275777	1131	-2,0016079	0,0016079	0,0040034
102	-1,0275627	-0,0459896	-0,1376656	617	-4,9988136	-0,0011864	0,0041119	1132	-2,0015793	0,00157931	0,00350961
103	-1,0635688	-0,0444551	-0,1338196	618	-4,998843	-0,001157	-0,0003672	1133	-2,0015638	0,00156379	0,00398082
104	-1,0995497	-0,042946	-0,1299048	619	-4,9988582	-0,0011418	0,00358242	1134	-2,0015489	0,00154891	0,00404849
105	-1,1472728	-0,0409851	-0,1265566	620	-4,9988745	-0,0011255	0,00446174	1135	-2,0015295	0,00152951	0,00474429
106	-1,2040894	-0,0387259	-0,1374873	621	-4,9988861	-0,0011139	-0,0328551	1136	-2,0015135	0,00151349	0,00561367
107	-1,2372926	-0,0374113	-0,1213688	622	-4,998928	-0,001072	-0,0005233	1137	-2,0014975	0,00149746	0,00670172
108	-1,2686015	-0,0362065	-0,1184381	623	-4,9989484	-0,0010516	0,00395725	1138	-2,0014817	0,00148171	0,00895851
109	-1,3123265	-0,0345638	-0,1171299	624	-4,9989619	-0,0010381	0,00478841	1139	-2,0014658	0,00146581	0,01234953
110	-1,3629076	-0,0327179	-0,1166711	625	-4,9989855	-0,0010145	0,00561651	1140	-2,001449	0,00144897	0,01802212
111	-1,4014892	-0,0313458	-0,116554	626	-4,9990025	-0,0009975	0,00516604	1141	-2,0014303	0,00143026	0,0068439
112	-1,4400416	-0,030007	-0,1160971	627	-4,9990193	-0,0009807	0,00451716	1142	-2,0014155	0,00141547	0,00457084
113	-1,4839072	-0,0285249	-0,1173706	628	-4,9990351	-0,0009649	0,00286318	1143	-2,0014095	0,00140946	0,0041594
114	-1,533261	-0,0269117	-0,1274489	629	-4,9990499	-0,0009501	0,00030239	1144	-2,0013952	0,00139518	0,01315235
115	-1,5725806	-0,0256529	-0,1236244	630	-4,9990688	-0,0009312	0,00238397	1145	-2,0013713	0,00137125	0,00553827
116	-1,6118702	-0,0244285	-0,1196308	631	-4,9990851	-0,0009149	0,0037969	1146	-2,001356	0,00135601	0,00424514

Lampiran Data ANFIS

No	Input 1	Input 2	Output	No	Input 1	Input 2	Output	No	Input 1	Input 2	Output
117	-1,6495284	-0,0232874	-0,1155213	632	-4,9991018	-0,0008982	0,0029476	1147	-2,0013397	0,0013397	0,00466926
118	-1,6843899	-0,0222599	-0,1141044	633	-4,9991134	-0,0008866	-0,011583	1148	-2,001328	0,00132801	0,01413053
119	-1,7215826	-0,0211892	-0,1138363	634	-4,9991324	-0,0008676	-0,0154513	1149	-2,0013065	0,00130646	0,00712928
120	-1,7684405	-0,0198768	-0,1126804	635	-4,9991569	-0,0008431	-0,0165164	1150	-2,0012908	0,00129076	0,0049626
121	-1,8191652	-0,0184937	-0,1024492	636	-4,9991726	-0,0008274	-0,0002163	1151	-2,0012746	0,00127465	0,00623059
122	-1,8508939	-0,0176747	-0,1143433	637	-4,9991837	-0,0008163	0,00384886	1152	-2,0012684	0,00126845	0,0370186
123	-1,8826188	-0,0168622	-0,1148394	638	-4,9991987	-0,0008013	0,00298914	1153	-2,0012414	0,00124143	0,01082489
124	-1,9289356	-0,0157067	-0,1151629	639	-4,9992089	-0,0007911	-0,0092195	1154	-2,0012252	0,0012252	0,00546727
125	-1,9778227	-0,0145273	-0,115153	640	-4,9992234	-0,0007766	-0,0178409	1155	-2,0012097	0,00120972	0,01340972
126	-2,0266816	-0,0133826	-0,1109054	641	-4,9992478	-0,0007522	-0,0249806	1156	-2,0011932	0,00119319	0,00655027
127	-2,0573258	-0,0127025	-0,1168926	642	-4,9992664	-0,0007336	-0,002243	1157	-2,0011796	0,0011796	0,00467556
128	-2,087968	-0,0120268	-0,116109	643	-4,9992766	-0,0007234	0,00371852	1158	-2,0011594	0,00115945	0,01029824
129	-2,1047767	-0,0116625	-0,1160314	644	-4,9992897	-0,0007103	0,00278124	1159	-2,0011485	0,00114847	0,00520138
130	-2,1815824	-0,0100526	-0,1235536	645	-4,9993026	-0,0006974	0,00381745	1160	-2,0011364	0,00113635	0,00410369
131	-2,2090141	-0,0095047	-0,1182018	646	-4,999316	-0,000684	0,00155911	1161	-2,0011183	0,0011183	0,00887711
132	-2,2364428	-0,0089602	-0,1154389	647	-4,9993267	-0,0006733	-0,0090677	1162	-2,0011041	0,00110406	0,0033892
133	-2,2788908	-0,0081452	-0,1155273	648	-4,9993425	-0,0006575	0,0010347	1163	-2,0010942	0,00109421	0,00366803
134	-2,3235676	-0,0073169	-0,1159533	649	-4,999354	-0,000646	0,00366974	1164	-2,0010942	0,00109421	0,00366803
135	-2,3682136	-0,0065207	-0,1185672	650	-4,9993693	-0,0006307	0,0002534	1165	-2,0010942	0,00109421	0,00366803
136	-2,4070175	-0,0058471	-0,1205584	651	-4,9993788	-0,0006212	0,00360302	1166	-2,0010942	0,00109421	0,00366803
137	-2,4401951	-0,005282	-0,1172923	652	-4,9985194	0,00387995	2,67690529	1167	-2,0010942	0,00109421	0,00366805
138	-2,4758727	-0,004696	-0,117165	653	-4,994803	0,0089394	3,39631234	1168	-2,0010942	0,00109421	0,00366807
139	-2,5259186	-0,0039049	-0,1193207	654	-4,9882601	0,01116994	2,28031517	1169	-2,0010942	0,00109421	0,00366811
140	-2,5874348	-0,00301	-0,1673828	655	-4,9817506	0,01190804	1,43369044	1170	-2,0010942	0,00109421	0,00366819
141	-2,6124989	-0,002615	-0,1162562	656	-4,9756067	0,01280228	1,20744421	1171	-2,0010942	0,00109421	0,00366834
142	-2,6375399	-0,0022434	-0,1131962	657	-4,9684681	0,01422833	1,27067416	1172	-2,0010942	0,0010942	0,00366866
143	-2,6685516	-0,0018142	-0,1175388	658	-4,9586792	0,0160766	1,24786171	1173	-2,0010942	0,0010942	0,00366929
144	-2,7127578	-0,001216	-0,117089	659	-4,9499371	0,0174027	1,13598144	1174	-2,0010942	0,00109418	0,00367055
145	-2,7678014	-0,0004911	-0,1066481	660	-4,9369922	0,01904304	1,0045933	1175	-2,0010941	0,00109415	0,00367307

Lampiran Data ANFIS

No	Input 1	Input 2	Output	No	Input 1	Input 2	Output	No	Input 1	Input 2	Output
146	-2,8009874	-8,88E-05	-0,1163338	661	-4,9237898	0,0204193	0,89656752	1176	-2,0010941	0,00109408	0,0036781
147	-2,8341711	0,00031054	-0,1181548	662	-4,9011787	0,02218983	0,73950364	1177	-2,0010939	0,00109395	0,00368814
148	-2,8796754	0,00084263	-0,1174896	663	-4,8686387	0,02370893	0,4924743	1178	-2,0010937	0,00109368	0,00370808
149	-2,9428135	0,00156576	-0,0870113	664	-4,8568483	0,02410698	0,51988347	1179	-2,0010932	0,00109316	0,00374721
150	-2,9612495	0,00175405	-0,1140698	665	-4,8449514	0,02439557	0,4810354	1180	-2,0010921	0,00109211	0,00382057
151	-2,9936403	0,00208098	-0,1190821	666	-4,8314735	0,02459362	0,42854043	1181	-2,0010912	0,00109125	0,0038749
152	-3,0233196	0,00238077	-0,1196777	667	-4,8118501	0,02473246	0,37182532	1182	-2,0010912	0,00109125	0,0038749
153	-3,0679065	0,0028181	-0,1202108	668	-4,7894723	0,0247076	0,32022783	1183	-2,0010912	0,00109125	0,0038749
154	-3,1136628	0,00324845	-0,1210784	669	-4,7688815	0,02454533	0,28371604	1184	-2,0010912	0,00109125	0,0038749
155	-3,1594041	0,00366295	-0,1214314	670	-4,7520364	0,02432054	0,24978563	1185	-2,0010912	0,00109125	0,00387492
156	-3,1922257	0,00394334	-0,1204722	671	-4,7420435	0,02416029	0,23171247	1186	-2,0010912	0,00109125	0,00387493
157	-3,2250413	0,00421739	-0,1203292	672	-4,7205997	0,02376322	0,20343608	1187	-2,0010912	0,00109124	0,00387496
158	-3,2748357	0,0046176	-0,1204849	673	-4,6965251	0,02324452	0,1792799	1188	-2,0010912	0,00109124	0,00387502
159	-3,3180455	0,00494957	-0,1197917	674	-4,6816815	0,02287666	0,16224194	1189	-2,0010912	0,00109124	0,00387514
160	-3,361243	0,00526844	-0,1174282	675	-4,6668291	0,02249912	0,15161401	1190	-2,0010912	0,00109124	0,00387538
161	-3,4020522	0,00555549	-0,1147815	676	-4,6304156	0,0214901	0,11463953	1191	-2,0010912	0,00109123	0,00387585
162	-3,4389253	0,00579924	-0,117061	677	-4,6210361	0,02124073	0,12645671	1192	-2,0010912	0,00109121	0,0038768
163	-3,4767007	0,00604061	-0,1183704	678	-4,6116408	0,02097542	0,12104196	1193	-2,0010912	0,00109118	0,00387869
164	-3,5268168	0,00634936	-0,1078097	679	-4,5909881	0,02037378	0,11373624	1194	-2,0010911	0,00109112	0,00388243
165	-3,5565964	0,00652302	-0,1196954	680	-4,5686003	0,01971418	0,11281646	1195	-2,001091	0,00109101	0,00388855
166	-3,5863687	0,00668893	-0,121791	681	-4,5512846	0,01919328	0,09896884	1196	-2,001091	0,00109101	0,00388855
167	-3,629873	0,0069252	-0,1218875	682	-4,5339723	0,01867545	0,09179599	1197	-2,001091	0,00109101	0,00388855
168	-3,6766715	0,00716767	-0,1213299	683	-4,5090016	0,01793117	0,08957469	1198	-2,001091	0,00109101	0,00388855
169	-3,7234638	0,00740338	-0,1161753	684	-4,4925569	0,01744529	0,08305763	1199	-2,001091	0,00109101	0,00388856
170	-3,7616783	0,00757759	-0,1148319	685	-4,4761152	0,01696219	0,07962177	1200	-2,001091	0,00109101	0,00388858
171	-3,7926372	0,00770507	-0,1222097	686	-4,4487826	0,01616879	0,07736588	1201	-2,001091	0,00109101	0,0038886
172	-3,8106979	0,00778101	-0,1227592	687	-4,4302721	0,01563946	0,07431399	1202	-2,001091	0,00109101	0,00388866
173	-3,8646238	0,00799945	-0,1260588	688	-4,4117698	0,0151183	0,07207454	1203	-2,001091	0,001091	0,00388878
174	-3,8992873	0,00813318	-0,1235013	689	-4,3888585	0,01448208	0,0693604	1204	-2,001091	0,001091	0,003889

Lampiran Data ANFIS

No	Input 1	Input 2	Output	No	Input 1	Input 2	Output	No	Input 1	Input 2	Output
175	-3,9339439	0,00825964	-0,1228744	690	-4,370388	0,01398153	0,06792827	1205	-2,001091	0,00109099	0,00388946
176	-3,9841249	0,00843365	-0,1229921	691	-4,3519267	0,0134902	0,0670536	1206	-2,001091	0,00109098	0,00389037
177	-4,0208881	0,00855166	-0,1223794	692	-4,3306801	0,01293432	0,06472985	1207	-2,001091	0,00109096	0,00389106
178	-4,057645	0,00866302	-0,1223403	693	-4,3180853	0,01261381	0,06699481	1208	-2,001091	0,00109096	0,00389106
179	-4,1013461	0,00878943	-0,1209126	694	-4,295437	0,01204351	0,06630076	1209	-2,001091	0,00109096	0,00389106
180	-4,1500319	0,00892706	-0,1109195	695	-4,2757736	0,01156052	0,06505207	1210	-2,001091	0,00109096	0,00389106
181	-4,1945985	0,0090444	-0,0918307	696	-4,2561215	0,01108909	0,06381505	1211	-2,001091	0,00109096	0,00389108
182	-4,234095	0,00911706	-0,0987624	697	-4,2358259	0,01061335	0,06205722	1212	-2,001091	0,00109096	0,00389109
183	-4,2708812	0,00918336	-0,1132667	698	-4,2157307	0,01015438	0,06018902	1213	-2,001091	0,00109096	0,00389112
184	-4,3020745	0,00924656	-0,1219373	699	-4,1961855	0,00972051	0,05943782	1214	-2,001091	0,00109096	0,00389117
185	-4,334567	0,00930591	-0,1235184	700	-4,1761773	0,00928758	0,05824183	1215	-2,001091	0,00109096	0,00389129
186	-4,3974891	0,00941647	-0,1164248	701	-4,1528747	0,00879443	0,0450435	1216	-2,001091	0,00109096	0,00389151
187	-4,4375736	0,00947402	-0,1163312	702	-4,1378325	0,00848907	0,06147335	1217	-2,0010909	0,00109095	0,00389196
188	-4,4776509	0,00952413	-0,1180241	703	-4,1227963	0,00818986	0,06405207	1218	-2,0010909	0,00109093	0,00389287
189	-4,5131382	0,00956773	-0,1229935	704	-4,1021732	0,0077849	0,06385956	1219	-2,0010909	0,0010909	0,00389466
190	-4,5450854	0,00960636	-0,1238076	705	-4,0735385	0,00723262	0,06011298	1220	-2,0010908	0,00109083	0,00389821
191	-4,5820475	0,00964406	-0,1241491	706	-4,0588856	0,00697343	0,06531189	1221	-2,0010907	0,0010907	0,00390519
192	-4,6381315	0,00968919	-0,1251088	707	-4,0442274	0,00670914	0,06412509	1222	-2,0010904	0,00109044	0,00391861
193	-4,6562524	0,00970898	-0,1220673	708	-4,013999	0,00618716	0,06863024	1223	-2,0010899	0,00108992	0,00394328
194	-4,6943485	0,00973433	-0,1229282	709	-3,99497	0,00586564	0,06870848	1224	-2,0010889	0,00108888	0,00398389
195	-4,7364973	0,00975738	-0,1229533	710	-3,9759496	0,00555285	0,0683024	1225	-2,0010868	0,00108678	0,00403212
196	-4,7786393	0,00977349	-0,1243801	711	-3,9549589	0,00521956	0,07136251	1226	-2,0010859	0,00108593	0,00404067
197	-4,8163037	0,00978694	-0,1264677	712	-3,9380246	0,00495513	0,06625995	1227	-2,0010817	0,00108165	0,00402651
198	-4,8494833	0,00980001	-0,1251286	713	-3,9210991	0,00469953	0,06488229	1228	-2,0010721	0,00107209	0,00396128
199	-4,8850936	0,00980735	-0,1250799	714	-3,897417	0,00435304	0,06615598	1229	-2,0010533	0,00105334	0,00397736
200	-4,9335141	0,0098098	-0,1270081	715	-3,8789256	0,00409086	0,06512743	1230	-2,0010357	0,00103565	0,00474011
201	-4,9901998	0,00978125	-0,1580505	716	-3,8604419	0,00383653	0,06455006	1231	-2,0010227	0,00102274	0,00540344
202	-5,0029278	0,00979054	-0,1339702	717	-3,8392095	0,00355149	0,06356542	1232	-2,0010097	0,00100972	0,00598328
203	-5,0155182	0,01551823	3,74125211	718	-3,8175776	0,00326748	0,05993767	1233	-2,0009973	0,00099728	0,0081098

Lampiran Data ANFIS

No	Input 1	Input 2	Output	No	Input 1	Input 2	Output	No	Input 1	Input 2	Output
204	-5,0263853	0,02638533	8,06332723	719	-3,7989059	0,00303591	0,05981263	1234	-2,0009862	0,00098618	0,01369382
205	-5,0403208	0,04032077	9,60431955	720	-3,7825219	0,00284173	0,06382115	1235	-2,0009744	0,00097441	0,02328082
206	-5,0525635	0,05256349	8,63108766	721	-3,7643958	0,00262807	0,06420024	1236	-2,0009559	0,00095588	0,00802961
207	-5,0624578	0,06245776	6,07999909	722	-3,7401301	0,00234826	0,06085554	1237	-2,0009433	0,00094329	0,00482335
208	-5,0658921	0,06589208	3,66381638	723	-3,7108539	0,00198856	-0,0066212	1238	-2,0009368	0,00093681	0,03332654
209	-5,0669897	0,06698973	2,53428656	724	-3,6998914	0,0018938	0,0588218	1239	-2,000914	0,00091405	0,01135734
210	-5,0683871	0,06838706	2,23277361	725	-3,6889382	0,00180858	0,0742385	1240	-2,0009005	0,00090051	0,00591713
211	-5,0706422	0,07064225	2,30380036	726	-3,6755317	0,0016682	0,06563728	1241	-2,0008859	0,0008859	0,01139462
212	-5,073039	0,07303901	2,23772498	727	-3,6519184	0,00144273	0,06964981	1242	-2,0008859	0,0008859	0,01139462
213	-5,0748569	0,07485691	2,04169021	728	-3,6365913	0,00128761	0,06507425	1243	-2,0008859	0,0008859	0,01139462
214	-5,076946	0,07694602	1,80733929	729	-3,6212763	0,00114458	0,06538984	1244	-2,0008859	0,0008859	0,01139462
215	-5,078632	0,07863199	1,61909918	730	-3,5965112	0,00092194	0,06489928	1245	-2,0008859	0,0008859	0,01139474
216	-5,0806453	0,08064529	1,33307576	731	-3,5753155	0,00073951	0,06471162	1246	-2,0008859	0,0008859	0,01139487
217	-5,0817387	0,08173867	1,0901365	732	-3,5541278	0,00056526	0,06509054	1247	-2,0008859	0,0008859	0,01139511
218	-5,0821019	0,08210191	0,92981172	733	-3,53314	0,00040197	0,0674823	1248	-2,0008859	0,0008859	0,0113956
219	-5,0820781	0,08207809	0,81550583	734	-3,5156415	0,00026291	0,06760858	1249	-2,0008859	0,00088591	0,01139659
220	-5,0816948	0,0816948	0,6899324	735	-3,5000713	0,00014227	0,06590943	1250	-2,0008859	0,00088591	0,01139854
221	-5,0808321	0,08083206	0,56028381	736	-3,4805844	6,24E-07	0,06618443	1251	-2,0008859	0,00088592	0,01140243
222	-5,0799695	0,07996952	0,4869873	737	-3,4538399	-0,0001796	0,06953573	1252	-2,0008859	0,00088594	0,01141007
223	-5,078945	0,07894495	0,42061037	738	-3,4379376	-0,0002921	0,06646839	1253	-2,000886	0,00088596	0,01141561
224	-5,0770406	0,07704064	0,32715613	739	-3,4220435	-0,0003964	0,0662306	1254	-2,000886	0,00088596	0,01141561
225	-5,0757829	0,07578287	0,28554812	740	-3,3982542	-0,0005447	0,06658796	1255	-2,000886	0,00088596	0,01141561
226	-5,0744538	0,07445381	0,24727112	741	-3,3760014	-0,0006759	0,06805645	1256	-2,000886	0,00088596	0,01141561
227	-5,0719035	0,07190346	0,18644797	742	-3,3537584	-0,0007974	0,07352283	1257	-2,000886	0,00088596	0,01141572
228	-5,0703131	0,07031308	0,15945285	743	-3,33435	-0,0009041	0,07579622	1258	-2,000886	0,00088596	0,01141584
229	-5,0686894	0,06868939	0,13529798	744	-3,3177925	-0,000999	0,06898381	1259	-2,000886	0,00088596	0,01141607
230	-5,0663328	0,06633278	0,10555182	745	-3,3001874	-0,0010906	0,06783306	1260	-2,000886	0,00088596	0,01141654
231	-5,0646575	0,06465754	0,08882634	746	-3,2766733	-0,0012044	0,07186826	1261	-2,000886	0,00088596	0,01141746
232	-5,0629787	0,0629787	0,07398356	747	-3,2593182	-0,0012883	0,06869976	1262	-2,000886	0,00088597	0,0114193

Lampiran Data ANFIS

No	Input 1	Input 2	Output	No	Input 1	Input 2	Output	No	Input 1	Input 2	Output
233	-5,0608655	0,06086548	0,05911775	748	-3,2419676	-0,0013677	0,06746699	1263	-2,000886	0,00088598	0,01142296
234	-5,0584905	0,0584905	0,05407434	749	-3,216623	-0,0014797	0,07022362	1264	-2,000886	0,000886	0,01143014
235	-5,0570388	0,05703882	0,03589181	750	-3,2009869	-0,0015424	0,06773253	1265	-2,000886	0,00088604	0,01144401
236	-5,0555611	0,055561101	0,02904984	751	-3,1853507	-0,0016051	0,06706165	1266	-2,0008861	0,00088612	0,01146977
237	-5,053564	0,05356397	0,02087727	752	-3,1559674	-0,001716	0,06977277	1267	-2,0008863	0,00088627	0,01151356
238	-5,051462	0,05146197	0,01394862	753	-3,1384612	-0,0017802	0,06811646	1268	-2,0008865	0,00088653	0,01157126
239	-5,0494077	0,04940768	0,01058645	754	-3,1209583	-0,0018411	0,06744137	1269	-2,0008869	0,00088692	0,01157594
240	-5,0480915	0,04809154	0,00463628	755	-3,0955514	-0,0019273	0,06850017	1270	-2,0008872	0,00088721	0,01121165
241	-5,0468039	0,04680391	0,00300554	756	-3,0793398	-0,0019759	0,06750485	1271	-2,0008861	0,00088614	0,00950661
242	-5,0447983	0,04479827	-0,0011485	757	-3,0660569	-0,0020152	0,06742816	1272	-2,0008803	0,00088029	0,00535108
243	-5,0417845	0,04178448	-0,0702416	758	-3,0406201	-0,0020868	0,06927585	1273	-2,0008694	0,00086938	0,00304479
244	-5,0407852	0,0407852	-0,0042641	759	-3,0137135	-0,0021464	0,08950598	1274	-2,0008694	0,00086938	0,00304479
245	-5,0397771	0,03977714	-0,0021482	760	-2,9937331	-0,0022035	0,09311948	1275	-2,0008694	0,00086938	0,00304479
246	-5,0386513	0,03865133	-0,0070777	761	-2,9785636	-0,0022474	0,07074749	1276	-2,0008694	0,00086938	0,00304479
247	-5,0370307	0,03703066	-0,0076358	762	-2,9633994	-0,002286	0,06747292	1277	-2,0008694	0,00086938	0,0030448
248	-5,0351694	0,03516945	-0,0016954	763	-2,9432482	-0,0023299	0,06782885	1278	-2,0008694	0,00086938	0,00304481
249	-5,0341019	0,03410188	-0,0104044	764	-2,9162997	-0,0023766	0,0743311	1279	-2,0008694	0,00086938	0,00304483
250	-5,033066	0,03306604	-0,0101874	765	-2,9001802	-0,002415	0,06874966	1280	-2,0008694	0,00086938	0,00304487
251	-5,0314176	0,03141759	-0,0115813	766	-2,8840682	-0,002446	0,06774664	1281	-2,0008694	0,00086937	0,00304494
252	-5,0299487	0,02994871	-0,0138628	767	-2,8617873	-0,0024834	0,06853697	1282	-2,0008694	0,00086937	0,00304509
253	-5,0285254	0,02852542	-0,0182878	768	-2,8323388	-0,0025091	0,08982692	1283	-2,0008694	0,00086936	0,0030454
254	-5,027545	0,02754501	-0,0123004	769	-2,8148067	-0,0025481	0,07840256	1284	-2,0008693	0,00086934	0,00304601
255	-5,0265869	0,02658688	-0,0110086	770	-2,7972839	-0,0025777	0,07270167	1285	-2,0008693	0,00086931	0,00304728
256	-5,0246505	0,02465051	-0,0201678	771	-2,7776842	-0,0026039	0,07319089	1286	-2,0008692	0,00086924	0,00304997
257	-5,0239325	0,0239325	-0,0108887	772	-2,7602732	-0,0026264	0,06979191	1287	-2,0008691	0,00086911	0,00305597
258	-5,0232261	0,02322615	-0,0097767	773	-2,7428651	-0,002646	0,06844671	1288	-2,0008688	0,00086884	0,00307028
259	-5,0220823	0,02208226	-0,0090144	774	-2,720812	-0,0026702	0,06862358	1289	-2,0008687	0,00086866	0,00308183
260	-5,0209156	0,02091561	-0,0070836	775	-2,7032729	-0,0026858	0,06772033	1290	-2,0008687	0,00086866	0,00308183
261	-5,0197834	0,01978339	-0,0040258	776	-2,685735	-0,0027002	0,0675439	1291	-2,0008687	0,00086866	0,00308183

Lampiran Data ANFIS

No	Input 1	Input 2	Output	No	Input 1	Input 2	Output	No	Input 1	Input 2	Output
262	-5,0190033	0,01900329	-0,0083642	777	-2,664788	-0,0027176	0,066642	1292	-2,0008687	0,00086866	0,00308183
263	-5,0182386	0,01823863	-0,0093035	778	-2,652819	-0,0027237	0,06841814	1293	-2,0008687	0,00086866	0,00308185
264	-5,0179212	0,01792117	-0,0093812	779	-2,6309589	-0,002738	0,06901933	1294	-2,0008687	0,00086866	0,00308187
265	-5,0163856	0,01638563	-0,0052339	780	-2,6108044	-0,0027503	0,06887883	1295	-2,0008687	0,00086866	0,0030819
266	-5,0155416	0,01554164	-0,0047954	781	-2,5906504	-0,0027621	0,06803669	1296	-2,0008687	0,00086866	0,00308197
267	-5,0147211	0,01472114	-0,0048199	782	-2,5709376	-0,0027726	0,06622762	1297	-2,0008687	0,00086866	0,00308211
268	-5,0138771	0,01387706	-0,003292	783	-2,5532692	-0,0027768	0,06634047	1298	-2,0008687	0,00086865	0,00308239
269	-5,0129034	0,01290339	0,01347325	784	-2,5363155	-0,00278	0,06728939	1299	-2,0008686	0,00086865	0,00308294
270	-5,0123132	0,01231321	-0,0051246	785	-2,5167674	-0,0027849	0,06686405	1300	-2,0008686	0,00086863	0,00308407
271	-5,0117369	0,01173694	-0,0078174	786	-2,4926271	-0,0027944	0,06080095	1301	-2,0008686	0,0008686	0,00308634
272	-5,0109978	0,01099784	-0,0074059	787	-2,467853	-0,0028213	0,02201893	1302	-2,0008685	0,00086853	0,00309101
273	-5,0099864	0,00998645	-0,0051663	788	-2,4507415	-0,0027951	0,05435971	1303	-2,0008684	0,00086841	0,00310083
274	-5,0094564	0,00945642	-0,0077916	789	-2,4336111	-0,0027878	0,06310647	1304	-2,0008682	0,00086815	0,00312223
275	-5,0089466	0,00894657	-0,0067662	790	-2,4120204	-0,0027865	0,05723958	1305	-2,0008677	0,00086766	0,00317122
276	-5,0079391	0,00793914	-0,0100135	791	-2,3964226	-0,0027831	0,06630599	1306	-2,0008667	0,00086671	0,00328727
277	-5,0074774	0,00747736	-0,0060372	792	-2,3808246	-0,0027799	0,0679933	1307	-2,0008649	0,00086493	0,00354617
278	-5,0070236	0,00702357	-0,0058036	793	-2,3474848	-0,0027839	0,05458275	1308	-2,0008615	0,00086155	0,00394565
279	-5,0061848	0,00618478	-0,0044616	794	-2,3311301	-0,0027716	0,06503291	1309	-2,0008544	0,00085441	0,00402389
280	-5,005607	0,00560698	-0,0041328	795	-2,3147698	-0,002765	0,06751936	1310	-2,00084	0,00084	0,00440659
281	-5,0050477	0,00504774	-0,0040767	796	-2,2893003	-0,0027593	0,06243289	1311	-2,0008258	0,00082576	0,00877779
282	-5,0044044	0,00440441	-0,0033766	797	-2,2723312	-0,0027506	0,06640614	1312	-2,0008147	0,00081473	0,0049351
283	-5,0040243	0,00402428	-0,003226	798	-2,2553607	-0,0027432	0,06774031	1313	-2,0008017	0,00080166	0,00825764
284	-5,0036459	0,00364593	-0,0043833	799	-2,240267	-0,0027367	0,06825471	1314	-2,0007904	0,00079042	0,00547319
285	-5,0033257	0,00332569	-0,0044178	800	-2,2096935	-0,0027243	0,06561425	1315	-2,000782	0,00078198	0,00401045
286	-5,0025013	0,00250133	-0,00606	801	-2,1860876	-0,0027157	0,05649734	1316	-2,000782	0,00078198	0,00401045
287	-5,0021194	0,00211936	-0,0043749	802	-2,1694472	-0,0027022	0,06517013	1317	-2,000782	0,00078198	0,00401045
288	-5,0017483	0,00174834	-0,0038074	803	-2,1528037	-0,0026916	0,06753672	1318	-2,0007811	0,00078111	0,00407835
289	-5,0011598	0,00115977	-0,0043188	804	-2,1291874	-0,0026765	0,06544346	1319	-2,0007802	0,00078022	0,00411709
290	-5,0008088	0,00080881	-0,0033437	805	-2,1124013	-0,0026661	0,06770318	1320	-2,0007784	0,00077837	0,00412743

Lampiran Data ANFIS

No	Input 1	Input 2	Output	No	Input 1	Input 2	Output	No	Input 1	Input 2	Output
291	-5,000469	0,00046896	-0,003024	806	-2,0956155	-0,0026555	0,06829094	1321	-2,0007745	0,00077448	0,00402575
292	-5,000026	2,60E-05	-0,0020425	807	-2,072807	-0,0026387	0,06853142	1322	-2,0007666	0,00076662	0,00393746
293	-4,9996631	-0,0003369	-0,0008575	808	-2,0536272	-0,0026246	0,06929133	1323	-2,0007514	0,00075139	0,00384458
294	-4,9993135	-0,0006865	0,00063587	809	-2,0344478	-0,0026102	0,07008147	1324	-2,0007388	0,00073878	0,00373764
295	-4,9989723	-0,0010277	0,00286546	810	-2,0144165	-0,0025939	0,07172523	1325	-2,0007332	0,00073323	0,00568935
296	-4,9986421	-0,0013579	0,00575263	811	-2,0019965	-0,0025883	0,06787753	1326	-2,0007161	0,0007161	0,00257667
297	-4,9983083	-0,0016917	0,01363568	812	-1,9901554	-0,0098446	-3,6708946	1327	-2,00071	0,00071004	0,003801
298	-4,9980684	-0,0019316	0,00053379	813	-1,9843577	-0,0156423	-3,6668427	1328	-2,00071	0,00071004	0,003801
299	-4,9978385	-0,0021615	-0,0014892	814	-1,9824904	-0,0175096	-2,3511266	1329	-2,00071	0,00071004	0,003801
300	-4,9974981	-0,0025019	0,00013962	815	-1,9818328	-0,0181672	-1,3119558	1330	-2,00071	0,00071004	0,003801
301	-4,9971793	-0,0028207	0,00855171	816	-1,9810238	-0,0189762	-1,1096267	1331	-2,00071	0,00071004	0,003801
302	-4,996893	-0,003107	0,04945803	817	-1,9795973	-0,0204027	-1,205021	1332	-2,00071	0,00071004	0,003801
303	-4,9966565	-0,0033435	0,01105939	818	-1,977918	-0,022082	-1,1944722	1333	-2,00071	0,00071004	0,003801
304	-4,9964495	-0,0035505	0,00283448	819	-1,9766565	-0,0233435	-1,0800071	1334	-2,00071	0,00071004	0,003801
305	-4,9962304	-0,0037696	0,00270211	820	-1,975146	-0,024854	-0,9511586	1335	-2,00071	0,00071004	0,003801
306	-4,9961969	-0,0038031	0,00210012	821	-1,973872	-0,026128	-0,8484583	1336	-2,00071	0,00071004	0,00380101
307	-4,9960269	-0,0039731	-0,0004632	822	-1,9721266	-0,0278734	-0,683258	1337	-2,00071	0,00071004	0,00380102
308	-4,9957745	-0,0042255	0,00163951	823	-1,9712059	-0,0287941	-0,5806911	1338	-2,00071	0,00071004	0,00380105
309	-4,9955494	-0,0044506	0,01023425	824	-1,9705701	-0,0294299	-0,4932753	1339	-2,00071	0,00071004	0,00380111
310	-4,9953472	-0,0046528	0,04396612	825	-1,9703589	-0,0296411	-0,4606739	1340	-2,00071	0,00071004	0,00380123
311	-4,9950512	-0,0049488	0,01661128	826	-1,9700331	-0,0299669	-0,3771336	1341	-2,00071	0,00071003	0,00380145
312	-4,9948933	-0,0051067	-0,0212581	827	-1,9699584	-0,0300416	-0,3090117	1342	-2,00071	0,00071003	0,00380191
313	-4,9948059	-0,0051941	-0,0044849	828	-1,970018	-0,029982	-0,2706967	1343	-2,00071	0,00071002	0,00380283
314	-4,9946829	-0,0053171	-0,0020219	829	-1,9701668	-0,0298332	-0,2381511	1344	-2,00071	0,00071001	0,00380466
315	-4,9945607	-0,0054393	-0,0015341	830	-1,9704653	-0,0295347	-0,1990071	1345	-2,00071	0,00070998	0,0038083
316	-4,9943892	-0,0056108	-0,0013149	831	-1,9710233	-0,0289767	-0,1478518	1346	-2,0007099	0,00070992	0,00381551
317	-4,9942372	-0,0057628	-0,0021269	832	-1,9714835	-0,0285165	-0,1242276	1347	-2,0007098	0,0007098	0,00382962
318	-4,994091	-0,005909	-0,0061757	833	-1,9719957	-0,0280043	-0,1046453	1348	-2,0007096	0,00070955	0,00385661
319	-4,9939738	-0,0060262	-0,0079857	834	-1,9726436	-0,0273564	-0,0764897	1349	-2,0007091	0,00070907	0,00390545

Lampiran Data ANFIS

No	Input 1	Input 2	Output	No	Input 1	Input 2	Output	No	Input 1	Input 2	Output
320	-4,993885	-0,006115	-0,0021858	835	-1,9731282	-0,0268718	-0,0754832	1350	-2,0007089	0,00070888	0,00392264
321	-4,9937915	-0,0062085	-0,0008529	836	-1,9736307	-0,0263693	-0,066515	1351	-2,0007089	0,00070888	0,00392264
322	-4,9936723	-0,0063277	-0,0038054	837	-1,9744784	-0,0255216	-0,0495658	1352	-2,0007089	0,00070888	0,00392264
323	-4,9935822	-0,0064178	-0,0033093	838	-1,9752825	-0,0247175	-0,0315839	1353	-2,0007089	0,00070888	0,00392264
324	-4,9934981	-0,0065019	-0,0023257	839	-1,9761061	-0,0238939	0,00160739	1354	-2,0007089	0,00070888	0,00392264
325	-4,9934144	-0,0065856	-0,0026328	840	-1,9768194	-0,0231806	0,0143151	1355	-2,0007089	0,00070888	0,00392264
326	-4,9933445	-0,0066555	0,00075216	841	-1,977505	-0,022495	0,01345462	1356	-2,0007089	0,00070888	0,00392264
327	-4,9932836	-0,0067164	0,00059755	842	-1,9780997	-0,0219003	-0,0031112	1357	-2,0007089	0,00070888	0,00392264
328	-4,9932351	-0,0067649	0,00116617	843	-1,9788497	-0,0211503	0,01225949	1358	-2,0007089	0,00070888	0,00392264
329	-4,9931407	-0,0068593	-0,001335	844	-1,9793507	-0,0206493	-0,0043101	1359	-2,0007089	0,00070888	0,00392265
330	-4,9930673	-0,0069327	-0,0106015	845	-1,9798433	-0,0201567	-0,0057972	1360	-2,0007089	0,00070888	0,00392266
331	-4,9929903	-0,0070097	-0,0440389	846	-1,9804766	-0,0195234	-0,0030017	1361	-2,0007089	0,00070888	0,00392268
332	-4,9929941	-0,0070059	-0,0257653	847	-1,9805744	-0,0194256	-0,0027791	1362	-2,0007089	0,00070888	0,00392272
333	-4,9929922	-0,0070078	0,00398725	848	-1,9810611	-0,0189389	-0,0008702	1363	-2,0007089	0,00070888	0,0039228
334	-4,9929673	-0,0070327	0,0036242	849	-1,9821494	-0,0178506	-0,0006183	1364	-2,0007089	0,00070887	0,00392295
335	-4,9929336	-0,0070664	0,00340567	850	-1,9828633	-0,0171367	-0,0057358	1365	-2,0007089	0,00070887	0,00392327
336	-4,9928911	-0,0071089	0,0211718	851	-1,9835586	-0,0164414	-0,0230851	1366	-2,0007089	0,00070886	0,0039239
337	-4,9928632	-0,0071368	0,00636579	852	-1,9838889	-0,0161111	0,0013088	1367	-2,0007088	0,00070885	0,00392516
338	-4,9928418	-0,0071582	0,00342075	853	-1,9842242	-0,0157758	0,00995151	1368	-2,0007088	0,00070882	0,00392765
339	-4,9928203	-0,0071797	0,02603382	854	-1,9846949	-0,0153051	0,00756016	1369	-2,0007088	0,00070876	0,00393257
340	-4,9928082	-0,0071918	0,00628483	855	-1,9854617	-0,0145383	0,01331183	1370	-2,0007086	0,00070865	0,0039421
341	-4,9927898	-0,0072102	-0,0002566	856	-1,985949	-0,014051	0,01018894	1371	-2,0007084	0,00070841	0,00395995
342	-4,9927803	-0,0072197	0,00201166	857	-1,9864277	-0,0135723	0,00923865	1372	-2,0007079	0,00070795	0,00399087
343	-4,9927663	-0,0072337	-0,0039615	858	-1,9871285	-0,0128715	0,01313163	1373	-2,000707	0,000707	0,00403453
344	-4,9927617	-0,0072383	0,00154738	859	-1,9875406	-0,0124594	0,01018257	1374	-2,0007051	0,00070506	0,00406187
345	-4,9927591	-0,0072409	0,00263379	860	-1,9879422	-0,0120578	0,00948635	1375	-2,000701	0,00070103	0,00400042
346	-4,99275	-0,00725	-0,0058697	861	-1,9887749	-0,0112251	0,01640389	1376	-2,0006929	0,00069293	0,00395609
347	-4,9927412	-0,0072588	-0,0275533	862	-1,9893497	-0,0106503	0,03714287	1377	-2,0006773	0,00067732	0,00410116
348	-4,9927703	-0,0072297	-0,0472961	863	-1,9896991	-0,0103009	0,01342465	1378	-2,0006668	0,00066682	0,00677431

Lampiran Data ANFIS

No	Input 1	Input 2	Output	No	Input 1	Input 2	Output	No	Input 1	Input 2	Output
349	-4,9928329	-0,0071671	-0,0192473	864	-1,9900455	-0,0099545	0,00985993	1379	-2,0006571	0,00065713	0,00732779
350	-4,9928692	-0,0071308	0,00797075	865	-1,9904906	-0,0095094	0,01014321	1380	-2,0006472	0,00064719	0,00755348
351	-4,9928799	-0,0071201	0,00539123	866	-1,9910728	-0,0089272	0,01562686	1381	-2,0006382	0,0006382	0,0109351
352	-4,9928939	-0,0071061	0,00576992	867	-1,9914164	-0,0085836	0,01134616	1382	-2,0006269	0,00062692	0,01144967
353	-4,9929171	-0,0070829	0,01151835	868	-1,9917645	-0,0082355	0,01026922	1383	-2,0006143	0,00061425	0,01084007
354	-4,9929588	-0,0070412	0,04723405	869	-1,9922059	-0,0077941	0,01165245	1384	-2,0006035	0,00060355	0,00674933
355	-4,9929523	-0,0070477	0,00622173	870	-1,992762	-0,007238	0,03868329	1385	-2,0005961	0,00059608	0,00445133
356	-4,9929593	-0,0070407	0,00262712	871	-1,9930096	-0,0069904	0,01035119	1386	-2,00059	0,00058996	0,00400483
357	-4,9929775	-0,0070225	0,00345832	872	-1,9932628	-0,0067372	0,00840512	1387	-2,0005812	0,00058119	0,00368887
358	-4,9930139	-0,0069861	-0,0044637	873	-1,99358	-0,00642	0,00879974	1388	-2,0005667	0,00056675	0,00143647
359	-4,9930325	-0,0069675	0,00236047	874	-1,9940073	-0,0059927	0,00690035	1389	-2,0005619	0,00056192	0,00259528
360	-4,9930535	-0,0069465	0,00370766	875	-1,9943327	-0,0056673	0,00744783	1390	-2,0005557	0,00055565	0,00328089
361	-4,9930857	-0,0069143	0,00362679	876	-1,994649	-0,005351	0,00837467	1391	-2,0005452	0,00054523	0,0019642
362	-4,9931158	-0,0068842	0,00283745	877	-1,9949522	-0,0050478	0,00958118	1392	-2,0005207	0,00052074	-0,0153147
363	-4,9931452	-0,0068548	7,52E-05	878	-1,9952286	-0,0047714	0,00995999	1393	-2,0004943	0,0004943	-0,0832742
364	-4,9931756	-0,0068244	-0,0021614	879	-1,9954947	-0,0045053	0,00975222	1394	-2,0005206	0,00052059	-0,002763
365	-4,9932091	-0,0067909	0,00135937	880	-1,9957801	-0,0042199	0,01037696	1395	-2,0005523	0,00055229	0,01613142
366	-4,9932408	-0,0067592	0,0025649	881	-1,9960929	-0,0039071	0,01442711	1396	-2,0005426	0,00054258	0,00484003
367	-4,9932792	-0,0067208	0,00043315	882	-1,9963993	-0,0036007	0,02622482	1397	-2,00054	0,00053997	0,00821529
368	-4,9933192	-0,0066808	-0,0083251	883	-1,9966611	-0,0033389	0,03246366	1398	-2,0005309	0,00053094	0,00875666
369	-4,9933559	-0,0066441	0,00029033	884	-1,9968551	-0,0031449	0,01287456	1399	-2,0005186	0,00051859	0,00448313
370	-4,9933757	-0,0066243	0,00283375	885	-1,997051	-0,002949	0,00900863	1400	-2,0005112	0,00051119	0,00435707
371	-4,9934158	-0,0065842	0,00114605	886	-1,9973659	-0,0026341	0,01577936	1401	-2,0005033	0,00050328	0,00560868
372	-4,9934558	-0,0065442	-0,0026353	887	-1,9976125	-0,0023875	0,02374389	1402	-2,0004965	0,00049647	0,00722256
373	-4,9934968	-0,0065032	-0,0056347	888	-1,9977815	-0,0022185	0,01042569	1403	-2,0004899	0,0004899	0,00981652
374	-4,9935402	-0,0064598	-0,0045826	889	-1,9979476	-0,0020524	0,00803914	1404	-2,0004826	0,00048261	0,0128747
375	-4,9935883	-0,0064117	-0,0148919	890	-1,9979984	-0,0020016	0,0077677	1405	-2,0004745	0,00047447	0,01852088
376	-4,9936219	-0,0063781	0,00108597	891	-1,9982482	-0,0017518	0,00818562	1406	-2,0004637	0,00046366	0,00644213
377	-4,9936583	-0,0063417	0,00403116	892	-1,9984669	-0,0015331	0,00971927	1407	-2,000456	0,00045596	0,00434682

Lampiran Data ANFIS

No	Input 1	Input 2	Output	No	Input 1	Input 2	Output	No	Input 1	Input 2	Output
378	-4,9937033	-0,0062967	0,00389045	893	-1,9986802	-0,0013198	0,01431444	1408	-2,0004546	0,00045458	0,00416894
379	-4,9937595	-0,0062405	0,00134029	894	-1,9988629	-0,0011371	0,01650243	1409	-2,0004491	0,00044907	0,00401075
380	-4,9938028	-0,0061972	0,00508494	895	-1,9990157	-0,0009843	0,011589	1410	-2,0004491	0,00044907	0,00401075
381	-4,9938374	-0,0061626	0,00408682	896	-1,9991784	-0,0008216	0,01070402	1411	-2,0004491	0,00044907	0,00401075
382	-4,9939153	-0,0060847	0,00842486	897	-1,9993532	-0,0006468	0,01261602	1412	-2,0004491	0,00044907	0,00401075
383	-4,9939701	-0,0060299	0,01397516	898	-1,9995186	-0,0004814	0,01417157	1413	-2,0004491	0,00044907	0,00401074
384	-4,9940255	-0,0059745	0,02373811	899	-1,9996583	-0,0003417	0,00923611	1414	-2,0004491	0,00044907	0,00401074
385	-4,9940676	-0,0059324	0,02369698	900	-1,9997785	-0,0002215	0,00789531	1415	-2,0004491	0,00044907	0,00401073
386	-4,9941006	-0,0058994	0,00698976	901	-1,9999024	-9,76E-05	0,0071578	1416	-2,0004491	0,00044907	0,00401071
387	-4,9941371	-0,0058629	0,00431567	902	-2,000124	0,00012404	0,0133778	1417	-2,0004491	0,00044906	0,00401067
388	-4,9941959	-0,0058041	0,00539644	903	-2,0002239	0,00022391	0,00810689	1418	-2,0004491	0,00044905	0,0040106
389	-4,9942919	-0,0057081	0,02947559	904	-2,0003177	0,00031774	0,00659779	1419	-2,000449	0,00044904	0,00401044
390	-4,9943196	-0,0056804	0,01393686	905	-2,0004692	0,00046925	0,00659068	1420	-2,000449	0,00044901	0,00401014
391	-4,9943456	-0,0056544	0,00371458	906	-2,0005978	0,00059778	0,00726692	1421	-2,0004489	0,00044895	0,00400955
392	-4,9943944	-0,0056056	0,0045067	907	-2,0007226	0,00072262	0,00926932	1422	-2,0004488	0,00044882	0,0040084
393	-4,9944471	-0,0055529	0,00561845	908	-2,0008348	0,00083478	0,0113685	1423	-2,0004486	0,00044858	0,00400622
394	-4,9945008	-0,0054992	0,00739922	909	-2,0009272	0,00092715	0,00932137	1424	-2,0004481	0,00044808	0,0040024
395	-4,9945502	-0,0054498	0,00808567	910	-2,0010178	0,0010178	0,00797359	1425	-2,0004471	0,0004471	0,00399684
396	-4,9945972	-0,0054028	0,00744655	911	-2,0011099	0,00110995	0,00751826	1426	-2,0004451	0,00044514	0,00399245
397	-4,9946493	-0,0053507	0,00856711	912	-2,0012431	0,00124307	0,01855705	1427	-2,0004413	0,00044126	0,00399375
398	-4,9947176	-0,0052824	0,02449725	913	-2,0013113	0,00131131	0,00833269	1428	-2,0004336	0,00043357	0,00398361
399	-4,994752	-0,005248	0,00679025	914	-2,00138	0,00137998	0,00643405	1429	-2,0004318	0,00043181	0,00399121
400	-4,9947881	-0,0052119	0,00415031	915	-2,0015033	0,00150326	0,01156539	1430	-2,0004318	0,00043181	0,00399121
401	-4,9948416	-0,0051584	0,00434452	916	-2,0015835	0,00158347	0,01367539	1431	-2,0004318	0,00043181	0,00399121
402	-4,9949246	-0,0050754	0,00833064	917	-2,0016583	0,00165827	0,0153837	1432	-2,0004318	0,00043181	0,00399121
403	-4,9949536	-0,0050464	0,00324822	918	-2,0017164	0,00171641	0,00807852	1433	-2,0004318	0,00043181	0,00399121
404	-4,9949887	-0,0050113	0,00408967	919	-2,0017736	0,00177363	0,00634254	1434	-2,0004318	0,00043181	0,00399121
405	-4,9949887	-0,0050113	0,00408967	920	-2,0018565	0,00185647	0,00828423	1435	-2,0004318	0,00043181	0,00399121
406	-4,9949887	-0,0050113	0,00408967	921	-2,001912	0,00191197	0,00653522	1436	-2,0004318	0,00043181	0,00399121

Lampiran Data ANFIS

No	Input 1	Input 2	Output	No	Input 1	Input 2	Output	No	Input 1	Input 2	Output
407	-4,9949887	-0,0050113	0,00408967	922	-2,0019656	0,00196559	0,00587475	1437	-2,0004318	0,00043181	0,0039912
408	-4,9949887	-0,0050113	0,00408969	923	-2,0020293	0,0020293	0,00539422	1438	-2,0004318	0,0004318	0,00399119
409	-4,9949887	-0,0050113	0,0040897	924	-2,0020805	0,00208053	0,00477981	1439	-2,0004318	0,00043179	0,00399117
410	-4,9949887	-0,0050113	0,00408973	925	-2,0021296	0,00212957	0,00449779	1440	-2,0004318	0,00043178	0,00399112
411	-4,9949888	-0,0050112	0,00408979	926	-2,0021795	0,00217952	0,00312018	1441	-2,0004317	0,00043174	0,00399103
412	-4,9949888	-0,0050112	0,0040899	927	-2,0022268	0,00222684	-0,0017076	1442	-2,0004317	0,00043167	0,00399084
413	-4,9949888	-0,0050112	0,00409012	928	-2,0022701	0,00227005	-0,0075899	1443	-2,0004315	0,00043153	0,00399047
414	-4,9949888	-0,0050112	0,00409057	929	-2,0023141	0,00231412	-0,0054733	1444	-2,0004312	0,00043124	0,00398971
415	-4,9949889	-0,0050111	0,00409146	930	-2,0023578	0,00235776	-0,0118914	1445	-2,0004307	0,00043067	0,00398818
416	-4,994989	-0,005011	0,00409325	931	-2,0023877	0,00238773	0,00258337	1446	-2,0004295	0,00042953	0,0039853
417	-4,9949892	-0,0050108	0,00409682	932	-2,0024174	0,00241738	0,00520662	1447	-2,0004273	0,00042726	0,00398121
418	-4,9949897	-0,0050103	0,00410394	933	-2,0024225	0,00242251	0,00535535	1448	-2,0004227	0,00042274	0,0039781
419	-4,9949908	-0,0050092	0,00411806	934	-2,0024468	0,00244681	0,00533249	1449	-2,0004138	0,00041381	0,00396992
420	-4,9949928	-0,0050072	0,00414564	935	-2,0024989	0,00249887	0,00709339	1450	-2,0003951	0,00039515	0,00243054
421	-4,9949968	-0,0050032	0,00419702	936	-2,0025297	0,00252967	0,00894176	1451	-2,0003658	0,00036581	-0,0279486
422	-4,9950049	-0,0049951	0,00427869	937	-2,0025566	0,00255661	0,01170172	1452	-2,000376	0,00037601	0,00282962
423	-4,9950055	-0,0049945	0,00428369	938	-2,0025765	0,00257653	0,00664772	1453	-2,0003782	0,00037819	0,00538968
424	-4,9950055	-0,0049945	0,00428369	939	-2,0025953	0,00259527	0,00544859	1454	-2,0003718	0,00037181	0,00444052
425	-4,9950055	-0,0049945	0,00428369	940	-2,002621	0,00262103	0,00662775	1455	-2,0003679	0,00036786	0,02177676
426	-4,9950055	-0,0049945	0,00428369	941	-2,0026383	0,00263829	0,0055821	1456	-2,0003576	0,00035763	0,00723169
427	-4,9950055	-0,0049945	0,0042837	942	-2,0026545	0,00265451	0,0050067	1457	-2,0003508	0,00035085	0,00450869
428	-4,9950055	-0,0049945	0,00428371	943	-2,00267	0,00266996	0,00398708	1458	-2,0003477	0,00034773	0,01284643
429	-4,9950055	-0,0049945	0,00428372	944	-2,0026792	0,0026792	-0,0005053	1459	-2,000339	0,000339	0,0040284
430	-4,9950055	-0,0049945	0,00428375	945	-2,0026935	0,00269347	-0,000552	1460	-2,000333	0,00033299	0,0034308
431	-4,9950055	-0,0049945	0,00428381	946	-2,0027089	0,00270893	0,00449589	1461	-2,0003261	0,00032613	0,00264608
432	-4,9950055	-0,0049945	0,00428394	947	-2,0027185	0,00271854	0,00462016	1462	-2,0003186	0,00031865	-0,0004163
433	-4,9950056	-0,0049944	0,00428418	948	-2,0027275	0,00272746	0,00304591	1463	-2,0003149	0,00031486	0,00042636
434	-4,9950056	-0,0049944	0,00428467	949	-2,0027334	0,00273336	0,00066952	1464	-2,0003128	0,00031281	5,66E-05
435	-4,9950058	-0,0049942	0,00428565	950	-2,0027373	0,00273726	-0,003678	1465	-2,000308	0,00030798	0,00332476

Lampiran Data ANFIS

No	Input 1	Input 2	Output	No	Input 1	Input 2	Output	No	Input 1	Input 2	Output
436	-4,995006	-0,004994	0,00428758	951	-2,002742	0,00274196	-0,007691	1466	-2,0002996	0,00029963	0,00337201
437	-4,9950065	-0,0049935	0,00429133	952	-2,0027465	0,0027465	-0,019342	1467	-2,000295	0,00029501	0,00378938
438	-4,9950075	-0,0049925	0,00429847	953	-2,002752	0,002752	0,00147227	1468	-2,0002898	0,00028977	0,00306155
439	-4,9950095	-0,0049905	0,00431122	954	-2,0027576	0,00275765	0,00501096	1469	-2,000284	0,000284	0,00380261
440	-4,9950136	-0,0049864	0,00433094	955	-2,0027583	0,00275825	0,00479325	1470	-2,0002792	0,00027919	0,00394417
441	-4,9950216	-0,0049784	0,00435013	956	-2,0027521	0,00275215	0,0036631	1471	-2,0002744	0,00027442	0,00440431
442	-4,9950376	-0,0049624	0,00433848	957	-2,0027568	0,00275685	0,00523564	1472	-2,0002704	0,00027044	0,00532877
443	-4,99506	-0,00494	0,0043036	958	-2,0027553	0,00275532	0,00476741	1473	-2,0002668	0,00026679	0,00679261
444	-4,99506	-0,00494	0,0043036	959	-2,0027515	0,00275145	0,00610355	1474	-2,0002632	0,00026323	0,00883356
445	-4,99506	-0,00494	0,0043036	960	-2,0027467	0,00274674	0,00588282	1475	-2,0002582	0,00025823	0,00979362
446	-4,99506	-0,00494	0,0043036	961	-2,0027411	0,00274111	0,00548258	1476	-2,0002528	0,00025277	0,01070607
447	-4,99506	-0,00494	0,0043036	962	-2,0027292	0,00272916	0,0063046	1477	-2,0002498	0,0002498	0,02465095
448	-4,99506	-0,00494	0,0043036	963	-2,0027297	0,00272967	0,00566984	1478	-2,0002435	0,0002435	0,00675828
449	-4,99506	-0,00494	0,0043036	964	-2,0027237	0,00272371	0,00466814	1479	-2,0002365	0,00023647	0,00375214
450	-4,9950601	-0,0049399	0,00430359	965	-2,0027167	0,00271667	0,01179391	1480	-2,0002324	0,00023238	0,00391378
451	-4,9950601	-0,0049399	0,00430359	966	-2,0027203	0,00272029	0,03375984	1481	-2,0002334	0,00023339	0,00583794
452	-4,9950601	-0,0049399	0,00430357	967	-2,0026831	0,00268306	0,06448083	1482	-2,0002226	0,00022262	0,00304001
453	-4,9950601	-0,0049399	0,00430355	968	-2,0026354	0,00263545	0,00151903	1483	-2,0002201	0,00022008	0,00380876
454	-4,9950602	-0,0049398	0,0043035	969	-2,0026145	0,0026145	-0,0003968	1484	-2,0002201	0,00022008	0,00380876
455	-4,9950603	-0,0049397	0,0043034	970	-2,002609	0,00260901	0,00349835	1485	-2,0002201	0,00022008	0,00380876
456	-4,9950605	-0,0049395	0,00430321	971	-2,0025956	0,00259559	0,00312825	1486	-2,0002201	0,00022008	0,00380876
457	-4,995061	-0,004939	0,00430285	972	-2,0025691	0,00256912	-0,0039477	1487	-2,0002201	0,00022008	0,00380876
458	-4,995062	-0,004938	0,00430216	973	-2,0025701	0,00257007	0,00392369	1488	-2,0002201	0,00022008	0,00380876
459	-4,9950637	-0,0049363	0,00430118	974	-2,0025614	0,00256136	0,00408569	1489	-2,0002201	0,00022008	0,00380876
460	-4,9950637	-0,0049363	0,00430118	975	-2,0025484	0,0025484	0,00412161	1490	-2,0002201	0,00022008	0,00380876
461	-4,9950637	-0,0049363	0,00430118	976	-2,0025285	0,00252855	0,00481452	1491	-2,0002201	0,00022008	0,00380877
462	-4,9950637	-0,0049363	0,00430118	977	-2,0025167	0,00251669	0,0040717	1492	-2,0002201	0,00022008	0,00380877
463	-4,9950637	-0,0049363	0,00430118	978	-2,0025046	0,00250464	0,00388009	1493	-2,0002201	0,00022008	0,00380878
464	-4,9950637	-0,0049363	0,00430118	979	-2,0024874	0,00248736	0,00284239	1494	-2,0002201	0,00022008	0,00380881

Lampiran Data ANFIS

No	Input 1	Input 2	Output	No	Input 1	Input 2	Output	No	Input 1	Input 2	Output
465	-4,9950637	-0,0049363	0,00430118	980	-2,0024601	0,00246011	-0,0046292	1495	-2,0002201	0,00022008	0,00380885
466	-4,9950637	-0,0049363	0,00430118	981	-2,0024594	0,00245943	0,00390122	1496	-2,0002201	0,00022008	0,00380895
467	-4,9950637	-0,0049363	0,00430117	982	-2,002449	0,00244896	0,00428136	1497	-2,0002201	0,00022008	0,00380913
468	-4,9950637	-0,0049363	0,00430117	983	-2,0024312	0,00243117	0,00433304	1498	-2,0002201	0,00022008	0,0038095
469	-4,9950637	-0,0049363	0,00430115	984	-2,0024113	0,00241135	0,00394464	1499	-2,0002201	0,00022008	0,00381024
470	-4,9950638	-0,0049362	0,00430112	985	-2,0023855	0,00238554	0,00041265	1500	-2,0002201	0,00022007	0,00381171
471	-4,9950639	-0,0049361	0,00430105	986	-2,0023819	0,00238195	0,00475538	1501	-2,0002201	0,00022006	0,00381463
472	-4,9950642	-0,0049358	0,00430092	987	-2,0023697	0,00236975	0,00435555	1502	-2,00022	0,00022003	0,00382044
473	-4,9950647	-0,0049353	0,00430068	988	-2,0023488	0,00234883	0,00518577	1503	-2,00022	0,00021999	0,00383185
474	-4,9950657	-0,0049343	0,00430024	989	-2,0023307	0,00233072	0,00551092	1504	-2,0002199	0,00021989	0,00385379
475	-4,9950677	-0,0049323	0,00429954	990	-2,0023115	0,00231152	0,00551506	1505	-2,0002197	0,0002197	0,00389396
476	-4,9950717	-0,0049283	0,00429887	991	-2,0022864	0,00228643	0,00481616	1506	-2,0002194	0,00021944	0,00394048
477	-4,9950796	-0,0049204	0,00429983	992	-2,0022703	0,00227034	0,00245408	1507	-2,0002194	0,00021944	0,00394048
478	-4,9950956	-0,0049044	0,00430672	993	-2,0022634	0,0022634	0,00486124	1508	-2,0002194	0,00021944	0,00394048
479	-4,9951139	-0,0048861	0,00431522	994	-2,0022485	0,00224847	0,00433276	1509	-2,0002194	0,00021944	0,00394048
480	-4,9951139	-0,0048861	0,00431522	995	-2,0022222	0,00222219	0,00566061	1510	-2,0002194	0,00021944	0,00394048
481	-4,9951139	-0,0048861	0,00431522	996	-2,0022141	0,00221413	0,00517499	1511	-2,0002194	0,00021944	0,00394048
482	-4,9951139	-0,0048861	0,00431522	997	-2,0021955	0,00219547	0,00792062	1512	-2,0002194	0,00021944	0,00394048
483	-4,9951139	-0,0048861	0,00431522	998	-2,0021876	0,00218763	0,03145133	1513	-2,0002194	0,00021944	0,00394048
484	-4,9951139	-0,0048861	0,00431522	999	-2,0021334	0,00213336	0,06940447	1514	-2,0002194	0,00021944	0,00394048
485	-4,9951139	-0,0048861	0,00431522	1000	-2,0020767	0,00207673	0,00030615	1515	-2,0002194	0,00021943	0,00394048
486	-4,9951139	-0,0048861	0,00431523	1001	-2,0020484	0,00204835	-0,0020179	1516	-2,0002194	0,00021943	0,00394049
487	-4,9951139	-0,0048861	0,00431523	1002	-2,0020385	0,00203852	0,00313888	1517	-2,0002194	0,00021943	0,0039405
488	-4,9951139	-0,0048861	0,00431523	1003	-2,0020188	0,0020188	0,00293304	1518	-2,0002194	0,00021943	0,00394053
489	-4,9951139	-0,0048861	0,00431524	1004	-2,0019892	0,00198921	-0,0004126	1519	-2,0002194	0,00021943	0,00394058
490	-4,995114	-0,004886	0,00431527	1005	-2,0019802	0,00198021	0,00297127	1520	-2,0002194	0,00021943	0,00394068
491	-4,9951141	-0,0048859	0,00431531	1006	-2,0019665	0,00196648	0,00350503	1521	-2,0002194	0,00021943	0,00394089
492	-4,9951144	-0,0048856	0,0043154	1007	-2,0019447	0,00194465	0,0031543	1522	-2,0002194	0,00021943	0,0039413
493	-4,9951149	-0,0048851	0,00431557	1008	-2,0019215	0,00192153	0,00117603	1523	-2,0002194	0,00021942	0,00394213

Lampiran Data ANFIS

No	Input 1	Input 2	Output	No	Input 1	Input 2	Output	No	Input 1	Input 2	Output
494	-4,9951159	-0,0048841	0,00431591	1009	-2,0018929	0,00189285	-0,0069887	1524	-2,0002194	0,00021941	0,00394376
495	-4,9951179	-0,0048821	0,00431655	1010	-2,0018773	0,00187732	-0,008168	1525	-2,0002194	0,00021939	0,00394698
496	-4,9951219	-0,0048781	0,00431774	1011	-2,0018712	0,00187115	0,00138875	1526	-2,0002193	0,00021935	0,00395321
497	-4,9951298	-0,0048702	0,00431972	1012	-2,0018566	0,00185659	0,0024545	1527	-2,0002193	0,00021926	0,00396486
498	-4,9951458	-0,0048542	0,00432276	1013	-2,0018338	0,00183375	-0,0020048	1528	-2,0002191	0,00021909	0,00398492
499	-4,9951776	-0,0048224	0,00432866	1014	-2,0018209	0,0018209	0,0016402	1529	-2,0002187	0,00021873	0,00401284
500	-4,995236	-0,004764	0,0043419	1015	-2,0018064	0,00180636	0,00311324	1530	-2,000218	0,00021799	0,00402894
501	-4,995236	-0,004764	0,0043419	1016	-2,0017862	0,00178622	4,71E-05	1531	-2,0002164	0,0002164	0,00398627
502	-4,995236	-0,004764	0,0043419	1017	-2,0017705	0,00177046	0,00303134	1532	-2,0002135	0,00021353	0,00395142
503	-4,995236	-0,004764	0,0043419	1018	-2,0017648	0,00176475	0,00311781				
504	-4,995236	-0,004764	0,0043419	1019	-2,0017328	0,00173281	-0,0090151				
505	-4,995236	-0,004764	0,0043419	1020	-2,0017267	0,00172665	0,00321485				
506	-4,995236	-0,004764	0,0043419	1021	-2,0017206	0,00172058	0,00525212				
507	-4,995236	-0,004764	0,0043419	1022	-2,0017035	0,00170351	0,00517877				
508	-4,995236	-0,004764	0,0043419	1023	-2,0016842	0,00168418	0,00670495				
509	-4,9952361	-0,0047639	0,0043419	1024	-2,0016842	0,00168418	0,00670495				
510	-4,9952361	-0,0047639	0,00434191	1025	-2,0016842	0,00168418	0,00670495				
511	-4,9952362	-0,0047638	0,00434191	1026	-2,0016842	0,00168418	0,00670495				
512	-4,9952363	-0,0047637	0,00434192	1027	-2,0016842	0,00168418	0,006705				
513	-4,9952365	-0,0047635	0,00434194	1028	-2,0016842	0,00168418	0,00670505				
514	-4,995237	-0,004763	0,00434199	1029	-2,0016842	0,00168418	0,00670514				
515	-4,995238	-0,004762	0,00434208	1030	-2,0016842	0,00168418	0,00670533				

BIOGRAFI PENULIS



Machrus Ali, dilahirkan di Lamongan Jawa Timur pada tanggal 6 Juni 1971. Penulis adalah Seorang Dosen di Universitas Darul ‘Ulum Jombang. Penulis diberi kesempatan melanjutkan studi S2 Teknik Elektro Bidang Keahlian Teknik Sistem Tenaga pada Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Penulis lulus jenjang pendidikannya di SDN Alun-alun 2 Lamongan tahun 1984, SMPN 1 Lamongan tahun 1987, dan SMAN 2 Lamongan tahun 1990. Penulis lulus pendidikan S1 Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Sistem Tenaga Universitas Darul ‘Ulum Jombang tahun 1995. Penulis memilih bidang studi Teknik Sistem Tenaga dan aktif dalam kegiatan di Laboratorium *Power System Operation and Control (PSOC)*. Penulis berkonsentrasi pada bidang *Artificial Intelligent, Renewable Energy*, dan *Intelligent Power System Control*. Penulis dapat dihubungi di alamat email machrus7@gmail.com.