

SKRIPSI

***Automatic Control Steering menggunakan PID
berdasarkan Algoritma Particle Swarm Optimization
(PSO).***



DISUSUN OLEH

HARI HANDIKA SETIAWAN

(03041281621036)

TEKNIK KENDALI DAN KOMPUTER

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2021

LEMBAR PENGESAHAN

***Automatic Control Steering menggunakan PID
berdasarkan Algoritma Particle Swarm Optimization
(PSO).***



SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Wisuda ke-156 Univesitas Sriwijaya

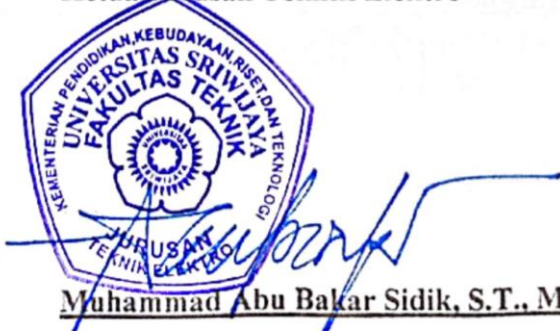
Oleh :

HARI HANDIKA SETIAWAN

03041281621036

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro



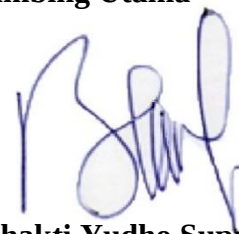
Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.

NIP : 197108141999031005

Indralaya, 24 Agustus 2021

Menyetujui,

Pembimbing Utama



Dr. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T

NIP : 197502112003121002

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Hari Handika Setiawan

NIM : 03041281621036

Fakultas : Teknik

Jurusan/Prodi : Teknik Elektro

Universitas : Universitas Sriwijaya

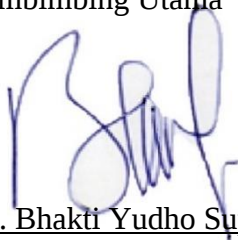
Hasil Pengecekan *Software iThenticate/Turnitin* : 9%

Menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul “*Automatic Control Steering* menggunakan PID berdasarkan Algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO).” merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam karya ilmiah ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tanpa paksaan.

Menyetujui,

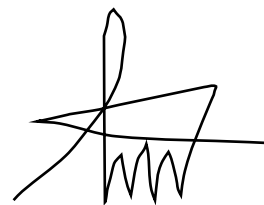
Pembimbing Utama



Dr. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T

NIP. 197502112003121002

Indralaya, 23 Agustus 2021



Hari Handika Setiawan

NIM. 03041281621036

HALAMAN PERNYATAAN DOSEN

Saya sebagai Pembimbing dengan ini menyatakan bahwa saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya ruang lingkup dan kualitas skripsi ini mencukupi sebagai skripsi mahasiswa sarjana strata satu (S1).

Tanda Tangan : 

Pembimbing Utama : Dr. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T

Tanggal : 23/Agustus/2021

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur atas kehadiran Allah ﷻ atas berkat, rahmat serta hidayah-Nya yang senantiasa dilimpahkan kepada penulis sehingga bisa menyelesaikan skripsi dengan judul “*Automatic Control Steering menggunakan PID berdasarkan Algoritma Particle Swarm Optimization (PSO)*.” sebagai syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana (S1) pada Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya. Tak lupa pula shalawat dan salam kita curahkan kepada Nabi Muhammad ﷺ, keluarga serta para sahabat.

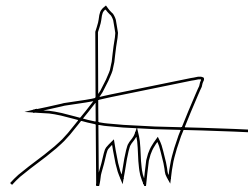
Penyusunan skripsi ini banyak hambatan serta rintangan yang penulis hadapi namun berkat adanya bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak baik secara moral dan juga spiritual penulis pada akhirnya dapat melaluinya. Maka dari itu dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Orangtua, keluarga, dan saudara yang telah memberikan dukungan sepenuhnya selama pembuatan tugas akhir ini.
2. Terima kasih kepada Bapak Dr. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T. selaku pembimbing utama pada tugas akhir ini.
3. Terima kasih kepada Ibu Puspa Kurniasari, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing penulis selama masa perkuliahan dan memberi saran serta masukan dalam pengambilan mata kuliah.
4. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro dan Ibu Dr. Herlina, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
5. Terima kasih kepada Bapak Ir. Zaenal Husin, M.Sc. selaku dosen yang juga ikut membimbing dalam tugas akhir ini.
6. Terima kasih kepada Ibu Dr. Eng. Suci Dwijayanti, S.T., M.S. selaku dosen yang juga ikut membimbing dalam tugas akhir ini
7. Terima kasih kepada Ibu Hera Hikmarika, S.T., M.Eng. selaku dosen yang juga ikut membimbing dalam tugas akhir ini

8. Segenap Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan.
9. Kakak-kakak tingkat seperjuangan konsentrasi kendali dan komputer, yaitu Abeng, Ega, Adnan, Nurhasanah, Aldo, Qolbi, Rhedo, Iqbal, dan Aldan.
10. Teman-teman seperjuangan konsentrasi kendali dan komputer, yaitu Radyus, Abid, Rizky dan Hendriansyah.
11. Dan pihak-pihak yang sangat membantu dalam penulisan skripsi tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari adanya kekurangan dalam penulisan usulan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan wawasan yang lebih luas kepada pembaca. Oleh karena itu, kritik, dan saran yang membangun sangat penulis harapkan agar dapat menjadi evaluasi yang baik dan berguna untuk perbaikan kedepannya.

Indralaya, 10 Juni 2021



Hari Handika Setiawan

NIM. 03041281621036

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hari Handika Setiawan

NIM : 03041281621036

Jurusan/Prodi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

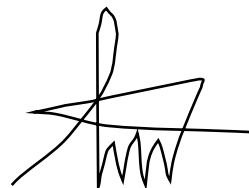
***Automatic Control Steering menggunakan PID berdasarkan Algoritma
Particle Swarm Optimization (PSO).***

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih media /formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tulisan saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Indralaya

Pada tanggal : 20 Juli 2021

Yang menyatakan,



Hari Handika Setiawan

NIM. 03041381621040

ABSTRAK

Automatic Control Steering Menggunakan PID Berdasarkan Algoritma Particle Swarm Optimization (PSO).

(Hari Handika Setiawan, 03041281621036, 2021, 74 halaman)

Abstrak- Perkembangan yang terus meningkat di bidang sains dan teknologi menyebabkan perkembangan teknologi *autonomous vehicle* semakin meningkat. Terdapat empat teknologi dasar pada *autonomous vehicle* yaitu *modeling*, *motion control*, *map building*, dan *path planning*. Komponen penting pada *motion control* adalah *control steering* untuk mengendalikan gerakan pada *Autonomous Vehicles*. Dalam proses pengontrolan kemudi terdapat banyak gangguan dan ketidakpastian sehingga berbagai metode dalam pengontrolan kemudi telah banyak dilakukan oleh peneliti dan terus berkembang menjadi bidang riset yang populer. Salah satu metode pengontrolan yang paling populer saat ini adalah dengan metode pengontrolan *Proportional Integral Derivative* (PID). Namun, terdapat permasalahan utama dalam kontrol PID yaitu penyesuaian parameter yang harus cepat dan akurat untuk mendapatkan kontrol yang diinginkan. Dalam rangka mengatasi permasalahan yang ditimbulkan dikembangkan suatu metode untuk optimisasi nilai parameter yang dikenal dengan *Particle Swarm Optimization* (PSO). Berdasarkan penelitian yang dilakukan, nilai kontrol PID didapat dengan metode Ziegler-Nichols dan metode algoritma PSO. Metode Ziegler-Nichols mendapat nilai $K_p = 4,842$, $K_i = 8,327$, dan $K_d = 0,704$. Nilai *rise time* 0,162 detik dan *settling time* yang didapat sebesar 1,2 detik. Sistem juga mencapai keadaan *steady state* pada waktu 2 detik. Metode PSO mendapat nilai $K_p = 7,0339$, $K_i = 20,0074$, dan $K_d = 0,6734$. Nilai *rise time* 0,0925 detik dan *settling time* yang didapat 0,148 detik. Sistem juga mencapai keadaan *steady state* pada waktu 0,7 detik. Hasil ini menunjukkan bahwa metode PSO lebih baik dibanding metode Ziegler-Nichols.

Kata kunci: *Control Steering, PID, Particle Swarm Optimization, Ziegler - Nichols.*

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.

NIP : 197108141999031005

Indralaya, 24 Agustus 2021

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Dr. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T

NIP : 197502112003121002

ABSTRACT

Automatic Control Steering Uses PID Based On Algoritma Particle Swarm Optimization (PSO).

(Hari Handika Setiawan, 03041281621036, 2021,74 pages)

Abstract- The increasing developments in the fields of science and technology have led to the development of autonomous vehicle technology to increase. There are four basic technologies in an autonomous vehicle, namely modeling, motion control, map building, and path planning. An important component in motion control is the steering control to control the movement of autonomous vehicles. In the process of steering control there are many disturbances and uncertainties so that various methods of steering control have been carried out by many researchers and continue to develop into a popular research field. One of the most popular control methods today is the Proportional Integral Derivative (PID) control method. However, there are main problems in PID control, tuning parameter that must be fast and accurate to get the desired control. In order to overcome these problems, a method for optimizing parameter values has been developed, known as Particle Swarm Optimization (PSO). Based on the research conducted, the PID control value was obtained using the Ziegler-Nichols method and the PSO algorithm method. The Ziegler-Nichols method got the values of $K_p = 4.842$, $K_i = 8.327$, and $K_d = 0.704$. The rise time value was 0.162 seconds and the settling time was 1.2 seconds. The system also reaches steady state in 2 seconds. The PSO method got a value of $K_p = 7.0339$, $K_i = 20.0074$, and $K_d = 0.6734$. The rise time value was 0.0925 seconds and the settling time was 0.148 seconds. The system also reaches steady state in 0.7 seconds. These results indicate that the pso method was better than the Ziegler-Nichols method.

Keywords: *Control Steering, PID, Particle Swarm Optimization, Ziegler-Nichols.*

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.

NIP : 197108141999031005

Indralaya, 24 Agustus 2021

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Dr. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T

NIP : 197502112003121002

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN DOSEN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR RUMUS.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Pembatasan Masalah.....	4
1.5 Keaslian Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. <i>State of the Art</i>	6
2.2. <i>Electric Vehicle</i>	14
2.3. <i>Autonomous Vehicle</i>	15
2.4. <i>Proportional Integral Derivative (PID)</i>	16

2.4.1	Pengontrol <i>Proportional</i> (P).....	17
2.4.2	Pengontrol <i>Integral</i> (I).....	17
2.4.3	Pengontrol <i>Derivative</i> (D).....	18
2.5	<i>Particle Swarm Optimization</i> (PSO).....	18
2.6	<i>Steer by Wire</i>	20
2.7	<i>Ziegler-Nichols</i>	23
BAB III METODE PENELITIAN.....		24
3.1.	Flowchart Penelitian	24
3.2.	Lokasi Penelitian.....	26
3.3.	Studi Literatur	26
3.4.	Perancangan Sistem	26
3.5.	Pengambilan Data	28
3.6.	Pengujian.....	28
3.7.	Analisa	29
BAB IV PEMBAHASAN.....		30
4.1	Perancangan alat	30
4.2	Proses Menentukan <i>Transfer Function</i> Motor Servo.....	32
4.2.1	Perhitungan Parameter Faktor Redaman (ζ)	33
4.2.2	Perhitungan Frekuensi Alamiah Tidak Teredam (ω_n)	34
4.2.3	Perhitungan <i>Transfer Function</i> Untuk Harga $K_p = 20$	34
4.3	<i>Tunning</i> Parameter PID Menggunakan Metode Ziegler-Nichols	34
4.4	<i>Tunning</i> Parameter PID Menggunakan Algoritma <i>Particle Swarm Optimization</i> (PSO).....	38
4.4.1	<i>Training</i> 20 Partikel.....	38
4.4.2	<i>Training</i> 60 Partikel.....	39
4.4.3	<i>Training</i> 100 Partikel.....	39

4.5	Pengujian Sistem.....	40
BAB V KESIMPULAN		48
5.1	Kesimpulan	48
5.2	Saran	48
DAFTAR PUSTAKA		49
LAMPIRAN		52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur dari <i>Steer by Wire</i>	6
Gambar 2.2 . Hasil simulasi saat $\mu = 0,5$ dan $v = 90$ km/h pada <i>sideslip angle</i> , <i>yaw rate</i> , dan <i>fronth path deviation</i>	7
Gambar 2.3 Skema pengujian parkir mobil listrik otomatis	8
Gambar 2.4 Hasil simulasi <i>Nested PID</i> dibanding dengan model MPC untuk <i>Lane Keeping</i> dan <i>Meneuver</i>	9
Gambar 2.5 Kurva hasil Integral Partition PID pada kontrol <i>Steer by Wire</i>	11
Gambar 2.6 Kurva hasil PID konvensional pada kontrol <i>Steer by Wire</i>	11
Gambar 2.7 Kurva gaya traksi dan sudut kemudi dengan kontrol PID	12
Gambar 2.8 Kurva gaya traksi dan sudut kemudi dengan kontrol BELBIC	12
Gambar 2.9 Grafik hasil pengontrol <i>Fuzzy-PID</i>	13
Gambar 2.10 Grafik hasil pengontrol <i>PSO-PID</i>	13
Gambar 2.11 Teknologi dasar <i>Autonomous Vehicle</i>	16
Gambar 2.12 Komponen sistem <i>Steer by Wire</i>	21
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> penelitian tugas akhir	25
Gambar 3.2 <i>Flowchart</i> perancangan penelitian	27
Gambar 4.1 <i>Hardware In The Loop (HIL)</i>	31
Gambar 4.2 Motor Servo Futaba S3003	32
Gambar 4.3 Respon sistem terhadap perubahan parameter PID dengan metode Ziegler-Nichols	37
Gambar 4.4 Respon sistem terhadap perubahan parameter PID dengan metode <i>Particle Swarm Optimization</i> dengan 20 partikel	38
Gambar 4.5 Respon sistem terhadap perubahan parameter PID dengan metode <i>Particle Swarm Optimization</i> dengan 60 partikel	39

Gambar 4.6 Respon sistem terhadap perubahan parameter PID dengan metode <i>Particle Swarm Optimization</i> dengan 100 partikel	40
Gambar 4.7 Hasil Pengujian Kondisi Pertama	41
Gambar 4.8 Hasil Pengujian Kondisi Kedua	42
Gambar 4.9 Hasil Pengujian Kondisi Ketiga	43
Gambar 4.10 Hasil Pengujian Kondisi Keempat	43
Gambar 4.11 Hasil Pengujian Kondisi Kelima	44
Gambar 4.12 Hasil Pengujian Kondisi Keenam	44
Gambar 4.13 Hasil Pengujian Kondisi Ketujuh	45
Gambar 4.14 Hasil Pengujian Kondisi Kedelapan	45
Gambar 4.15 Hasil Pengujian Kondisi Kesembilan	46
Gambar 4.16 Hasil Pengujian Kondisi Kesepuluh	46

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Respon Komponen Kontroler Terhadap Perubahan Konstanta	17
Tabel 4.1 Spesifikasi Motor Servo Futaba S3003	32
Tabel 4.2 Kestabilan Routh.....	35
Tabel 4.3 Posisi Objek Terhadap Sensor Jarak	41

DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1 Rumus Algoritma <i>Integral Partition</i>	10
Rumus 2.2 Rumus Model Kendaraan BELBIC	12
Rumus 2.3 Rumus Algoritma PSO	20
Rumus 2.4 Rumus Torsi Motor	21
Rumus 4.1 Rumus <i>Maksimum Overshoot</i>	32
Rumus 4.2 Rumus <i>Peak Time</i>	33
Rumus 4.3 Rumus Frekuensi Alamiah Tidak Teredam	33
Rumus 4.4 Rumus Fungsi Transfer.....	33
Rumus 4.5 Rumus Pengontrol <i>Proportional</i>	34
Rumus 4.6 Rumus Parameter <i>Integrator</i>	35
Rumus 4.7 Rumus Parameter <i>Diferensial</i>	35
Rumus 4.8 Rumus Pengontrol <i>Integral</i>	35
Rumus 4.9 Rumus Pengontrol <i>Derivative</i>	35

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Electric Vehicle (EV) telah muncul pada akhir abad 18 dan populer sampai pada tahun 1918, penggunaan *Electric Vehicles* terus berkurang disebabkan perkembangan transportasi menggunakan *Internal Combustion Engine* (ICE) [1]. Namun, perkembangan signifikan pada elektronik dan juga teknologi *mikrokontroller* membuat EV dapat bersaing dengan ICE. Alasan lingkungan juga di pertimbangkan karena ICE menyebabkan polusi udara serta memiliki keterbatasan pada sumber bahan bakar sehingga membuat orang-orang kembali melihat EV sebagai transportasi alternatif ramah lingkungan, biaya energi rendah dan energi terbarukan [2]. *Electric Vehicle* memiliki potensi untuk meningkatkan efisiensi energi, mengurangi gas rumah kaca, dan mengurangi ketergantungan energi fosil yang terbatas [3].

Hal lain yang mendukung terus berkembangnya *Electric Vehicle* adalah penelitian yang terus meningkat di bidang sains dan teknologi dalam beberapa tahun terakhir, khususnya teknologi penginderaan dan komputasi bersama berdampak pada penelitian ke arah *Autonomous Vehicle* [4]. Secara umum, *Autonomous Vehicles* merupakan suatu teknologi pada kendaraan yang memungkinkan untuk mengendarai dirinya sendiri secara otomatis dengan menggunakan kecerdasan buatan. Teknologi-teknologi dasar yang dimiliki oleh *Autonomous Vehicles* terdiri dari empat teknologi dasar yaitu *modeling*, *motion control*, *map building*, dan *path planning* [5]. Komponen penting pada *motion control* adalah sistem *Steer-by-Wire* yang menghilangkan hubungan konvensional antara kemudi mobil dengan komponen mekanis digantikan oleh modul kontrol yang menerima inputan dari sensor untuk membelokkan roda depan menggunakan tenaga listrik [6], [7].

Steer-by-Wire membuat kemudi menjadi lebih baik dengan menyesuaikan sudut kemudi roda depan secara *real-time* melalui kontrol unit elektronik sehingga

mengurangi beban pengemudi dan meningkatkan stabilitas serta keamanan pengemudi [8]. Dalam proses pengontrolan kemudi terdapat banyak gangguan dan ketidakpastian sehingga metode kontrol tradisional berdasarkan model tidak efektif [9]. Berbagai metode dalam pengontrolan kemudi telah banyak dilakukan oleh peneliti dan terus berkembang menjadi bidang riset yang populer. Salah satu metode pengontrolan yang paling populer saat ini adalah dengan metode pengontrolan *Proportional Integral Derivative* (PID) [10]. Kontrol *Proportional Integral Derivative* (PID) banyak digunakan dalam kontrol proses, kontrol motor, kontrol penerbangan, serta instrumentasi pada industri meskipun teori-teori kontrol telah banyak dikembangkan. Alasan utama luasnya penggunaan PID dikarenakan kehandalan dalam pengontrolan, kinerja yang kuat, memberikan solusi yang efektif dan strukturnya yang sederhana sehingga mudah dipahami dan diimplementasikan [11], [12].

Kontrol PID beroperasi secara langsung pada sinyal *error* yang merupakan respon dari perbedaan antara *output* yang diinginkan dan *output* aktual. Terdapat permasalahan utama dalam kontrol PID yaitu penyesuaian parameter yang harus cepat dan akurat untuk mendapatkan kontrol yang diinginkan [13]. Penelitian telah banyak dikembangkan untuk mendapatkan nilai parameter PID yang optimal dengan berbagai metode baik metode konvensional maupun metode dengan kecerdasan buatan. Metode konvensional *Ziegler-Nichols* banyak digunakan untuk menentukan nilai parameter PID, namun nilai parameter yang diberikan masih belum optimal, menghasilkan respon dengan tingkat *osilasi* dan *overshoot* yang tinggi [13], [14]. Metode konvensional lainnya *Cohen-Coon* juga menghasilkan respon dengan tingkat *osilasi* dan *overshoot* yang besar [15]. Metode konvensional *Trial-Error* juga memiliki kelemahan dalam penyesuaian parameternya karena membutuhkan waktu tuning yang lama dan tingkat akurasi kontrol rendah [16]. Mengatasi masalah kurang efektifnya metode konvensional tersebut dalam menentukan nilai parameter, dikembangkan metode dengan menggunakan *Artificial Intelligence* (AI) salah satunya pengontrolan logika *Fuzzy*. Namun, pengontrolan logika *Fuzzy* masih menghasilkan *osilasi* yang cukup besar [17].

Dalam rangka mengatasi permasalahan yang ditimbulkan oleh metode-metode sebelumnya, dikembangkan suatu metode untuk optimisasi nilai parameter

yang dikenal dengan *Particle Swarm Optimization* (PSO). Algoritma *Particle Swarm Optimization* merupakan sebuah algoritma yang di adaptasi dari perilaku sekelompok burung dalam migrasi dan mencari makanan [18].

Berdasarkan hal tersebut, maka penulis mengambil topik tugas akhir yang akan membahas *Automatic Control Steering* menggunakan *Proportional Integral Derivative* (PID) berdasarkan algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO).

1.2 Perumusan Masalah

Pada bagian latar belakang telah dijelaskan bahwa pengontrolan kemudi otomatis pada *Electric Vehicle* (EV) tidak akurat disebabkan karena banyaknya gangguan dan ketidakpastian. Mengatasi hal itu digunakan kontrol *Proportional Integral Derivative* (PID) untuk mengurangi kesalahan dalam kontrol kemudi. Penggunaan kontrol PID harus didukung dengan penyesuaian parameter yang cepat dan akurat untuk mendapatkan kontrol yang diinginkan. Metode *Ziegler-Nichols*, *Cohen-Coon*, *Trial-Error*, dan *Fuzzy* merupakan metode yang digunakan untuk menentukan nilai parameter PID namun hasilnya masih belum optimal, sehingga dibutuhkan metode yang dapat digunakan untuk menentukan nilai parameter PID yang optimal. Algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) merupakan algoritma yang digunakan penulis untuk menentukan nilai parameter PID yang optimal.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah

1. Melakukan implementasi metode *Particle Swarm Optimization* (PSO) untuk menentukan nilai parameter *Proportional Integral Derivative* (PID) sebagai *Automatic Control Steering* pada *Electric Vehicle*.
2. Menguji performansi pengendali *Proportional Integral Derivative* (PID) yang di *tunning* parameternya menggunakan metode *Particle Swarm Optimization* (PSO).

1.4 Pembatasan Masalah

Permasalahan dalam tugas akhir ini dibatasi dalam lingkup :

1. Objek yang digunakan dalam penelitian ini adalah motor servo
2. Kontrol yang digunakan dalam kemudi adalah *Proportional Integral Derivative* (PID).
3. Algoritma yang dipakai dalam menentukan parameter *Proportional Integral Derivative* (PID) adalah *Particle Swarm Optimization* (PSO).
4. Pengujian dilakukan didalam lingkungan Universitas Sriwijaya

1.5 Keaslian Penelitian

Riset tentang *Electric Vehicle* (EV) telah berkembang pesat terutama pada bidang *Autonomous Vehicle*. Penelitian menggunakan *Steer-by-Wire* yang dilakukan oleh Evander Hansen menggantikan hubungan mekanis antara kolom setir dan roda depan digantikan dengan teknologi komputer *Electronic Control Unit* (ECU) [7], penelitian ini merupakan awal dari perkembangan teknologi *Self-Driving Car*.

Riset selanjutnya dilakukan oleh P. Taylor, T. Hiraoka, O. Nishihara, and H. Kumamoto [19], mengembangkan sistem kemudi otomatis melalui *Automatic Path-Tracking Controller* berbasiskan *Sliding Mode Control Theory* pada 4WS *Steering Vehicle*. Pengontrol ini memiliki keunggulan dikarenakan setir roda depan dan belakang yang dipisahkan dari titik kontrol serta kemampuan untuk melakukan *Path-Tracking* lebih stabil dan dapat mengatasi gangguan sistem. Namun, kestabilan terhadap gangguan sistem terbatas pada gangguan daya saat menikung dan fluktuasi pada jalur. Efektivitas pengontrolan juga hanya dilakukan melalui simulasi numerik dan tidak dilakukan percobaan menggunakan kendaraan yang nyata sehingga kelayakan dan efektivitas tidak didapat secara tepat.

Penelitian lainnya dilakukan Yusmansyah, Erwin, dan Anggan Rusdinar [20] mengembangkan sistem kontrol parkir otomatis menggunakan metode *Ackerman Steering*. Namun metode ini menggunakan algoritma dari *Path Planning*

yang mengharuskan sistem untuk menentukan lintasan yang akan ditempuh terlebih dahulu sehingga tidak cocok digunakan untuk di jalan raya.

Penelitian berikutnya dilakukan oleh M.Riccardo, S.Stefano dan N.Mariana [21] menggunakan Nested PID untuk mengontrol kemudi. Pengontrolan ini menggunakan kontrol PID dengan aksi integral ganda untuk mengurangi masalah gangguan yang meningkat secara linear sehubungan dengan waktu. Namun, pengontrolan ini hanya terbatas untuk menjaga mobil berada pada jalur dan tidak bisa digunakan pada jalan raya dengan tingkat kepadatan kendaraan yang tinggi.

Penelitian tentang *Automatic Steering* juga dilakukan oleh F.Xiauwei dan K.Feng [22] menggunakan *Integral Partition PID Control*. Pengontrolan ini lebih stabil dan lebih baik dalam karakteristik dinamis daripada PID konvensional. Namun penelitian belum hanya sebatas simulasi pada program MATLAB dan belum dilakukan secara nyata. Selain itu, penelitian ini juga belum menggunakan algoritma *Artificial Intelligent* untuk menentukan parameter PID.

Penelitian lainya dilakukan S. Jafarzadeh dan kawan-kawan [23] menggunakan *Brain Emotional Learning Based Intelligent Controller* (BELBIC) sebagai kontrol yang didasarkan pada model emosional otak. Namun deviasi maksimum kendaraan yang dikendalikan oleh BELBIC dari posisi yang diinginkan secara efisien lebih rendah daripada yang dikendalikan PID, terutama di jalan raya dengan tingkat kepadatan tinggi.

Penelitian lainnya dilakukan oleh A. Kausha, N.Thaku, dan D.Nagaria [17] menggunakan algoritma logika *Fuzzy* dan juga algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) dalam menentukan parameter PID yang optimum. Namun penelitian ini hanya membandingkan kedua algoritma dalam menentukan parameter PID dalam kontrol kecepatan pada motor *Direct Current* (DC).

Berdasarkan penelitian-penelitian diatas, penulis memilih menggunakan kontrol *Proportional Integral Derivative* (PID) untuk kemudi otomatis. Selanjutnya peneliti akan menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) untuk menentukan parameter *Proportional Integral Derivative* (PID) .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B.Bates, "Electric Vehicles - A decade of Transition," *SAE/PT-40*, 1992.
- [2] C. C. Chan, "An Overview of Electric Vehicle Technology," *IEEE Log Number 9211745*, vol. 81, no. 9, 1993.
- [3] N. Allu, R. S. Sadjad, and F. A. Samman "Environmental Assessment of Plug-in Hybrid Electric Vehicles - Volume 1 : Nationwide Freenhouse Gas Emissions, Electric Power Research Institute," 2007. [Online]. Available: <http://energy.gov/sites/prod/files/oeprod/DocumentsandMedia/EPRI-NRD C%0APHEV GHG report.pdf>.
- [4] Y. Cheng, D. Wu, X. Wu, and D. Zhang, "Implementation of an Arduino Obstacle Avoidance Car for Automatic Drawing a Path Map," *Appl. Mech. Mater*, vol. 0958, pp. 13–16, 2019.
- [5] H. Zhu, K. V. Yuen, L. Mihaylova, and H. Leung, "Overview of Environment Perception for Intelligent Vehicles," *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, vol. 18, no. 10, pp. 2584–2601, 2017.
- [6] B. Avek, "Modeling and Control of a Superimposed Steering System," *Thesis, Master Sci. Sch. Electr. Comput. Eng. Georg. Inst. Technol.*, 2004.
- [7] E. Hansen, "Perencanaan prototipe steer by wire pada mobil," pp. 1–3, 2013.
- [8] X. Chen, "Wire steering system simulation active steering control strategy," *[J]. Hubei Automot. Ind. Inst.*, 2013.
- [9] Y. Nianjiong and A. C. S. System, "Design and Simulation for Steer-by-Wire System Based on Fuzzy-PID," *2015 7th Int. Conf. Intell. Human-Machine Syst. Cybern.*, pp. 2–5, 2015.
- [10] E. Yip, "Seam Tracking FUZZY-PID control," *Weld. J.*, pp. 97–101, 2005.
- [11] B.Nagaraj, "A Comparative Study of PID Controller Thning Using GA, EP, PSO and ACO," *IEEE Trans. Control Syst. Technol.*, pp. 305–313, 2010.
- [12] V. Mukherjee and S. P. Ghoshal, "Intelligent particle swarm optimized fuzzy PID controller for AVR system," *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 77, pp. 1689–1698, 2007.
- [13] M. Ahmed and M. Hassan, "Tuning PID Controllers Using Artificial Intelligence Techniques Applied to Tuning PID Controllers Using Artificial Intelligence Techniques Applied To DC-Motor and AVR System," *Asian J. Eng. Technol.*, vol. 02, no. April, 2016.
- [14] A. Jalilvand, A. Kimiyaghalam, A. Ashouri, and H. Kord, "PID Controllers: Theory, Design and Tuning," *IJTPE J.*, 2011.
- [15] G. . Cohen and G. . Coon, "Theoretical investiga-tion of retarded control," *Trans. Am. Soc. Mech. Eng.*, vol. 75, 1953.

- [16] M. Ruswandi Djalal and Rahmat, "Optimisasi Kontrol PID untuk Motor DC Magnet Permanen Menggunakan Particle Swarm Optimization," *J. TAM (Technology Accept. Model.*, vol. 8, pp. 117–122, 2017.
- [17] A. Kaushal, N. Thakur, and D. Nagaria, "Comparison of Speed Control of DC Motor Using Fuzzy- PID and PSO-PID Technique," vol. 4, no. 6, pp. 553–558, 2014.
- [18] J. Kennedy and R. Eberhart, "Particle swarm optimization," *Proc. IEEE Int. Conf. Neural Networks*, vol. 4, pp. 1942–1948., 1995.
- [19] P. Taylor, T. Hiraoka, O. Nishihara, and H. Kumamoto, "Vehicle System Dynamics : International Journal of Vehicle Mechanics and Automatic path-tracking controller of a four-wheel steering vehicle," *Veh. Syst. Dyn.*, no. December 2014, pp. 37–41, 2009.
- [20] Yusmansyah, E. Susanto, and A. Rusdinar, "Mobil Listrik Otomatis Menggunakan Metode Ackerman Steering and Implementation Autonomous Parking System," vol. 2, no. 2, pp. 2158–2165, 2015.
- [21] R. Marino, S. Scalzi, and M. Netto, "Control Engineering Practice Nested PID steering control for lane keeping in autonomous vehicles," *Control Eng. Pract.*, vol. 19, no. 12, pp. 1459–1467, 2011.
- [22] Z. Fang, Z. Ma, X. Ge, and W. Yang, "Research on the inter-partition PID control algorithm of variable mass pitching systems," vol. 103, no. Icmea, pp. 524–530, 2016.
- [23] S. Jafarzadeh, R. Mirheidari, M. Reza, J. Motlagh, and M. Barkhordari, "Designing PID and BELBIC Controllers in Path Tracking Problem," vol. III, pp. 343–348, 2008.
- [24] T. Raharijaona, "Commande robuste pour l'assistance au contrôle latéral d'un véhicule routier," *PhD Thesis Univ. Paris XI Orsay*, 2014.
- [25] F. Claveau and P. Chevrel, "A Multivariable Centralized Controller Design Methodology for a Steer-by- Wire System," *Res. Gate*, no. February, 2015.
- [26] H. Kumamoto, I. Sakamoto, K. Tenmoku, and H. Shimoura, "Vehicle steering control by reduced-dimension sliding mode theory and singular headway viewpoint," *Trans. Soc. Instrum. Control Eng.* 34(5), pp. 393–399, 1998.
- [27] Z. Chen, C. Mi, J. Xu, X. Gong, and C. You, "Energy management for a power-split plug-in hybrid electric vehicle based on dynamic programming and neural networks," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 63, pp. 1567–1580, 2014.
- [28] C. Mi, H. Lin, and Y. Zhang, "Iterative learning control of antilock braking of electric and hybrid vehicles," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 54, pp. 486–494, 2005.
- [29] I. W. Sukerayasa, "Tinjau Perkembangan Kendaraan Listrik Dunia Hingga Sekarang," *Power Electron. Mach. Drives Res. Gr.*, vol. 8, 2009.

- [30] R. Cowan and S. Hultén, “Escaping lock-in: The case of the electric vehicle,” *Technol. Forecast. Soc. Change*, vol. 53, no. 1, pp. 61–79, 1996.
- [31] P. Falcone, F. Borrelli, J. Asgari, H. E. Tseng, and D. Hrovat, “Predictive Active Steering Control for Autonomous Vehicle Systems,” *IEEE Trans. Control Syst. Technol.*, vol. 18, no. 5, pp. 42–47, 1986.
- [32] H. Cheng, N. Zheng, X. Zhang, J. Qin, and H. V. D. Wetering, “Interactive road situation analysis for driver assistance and safety warning systems: Framework and algorithms,” *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, vol. 8, pp. 157–167, 2007.
- [33] L. Li, J. Song, F.-Y. Wang, W. Niehsen, and N.-N. Zheng, “IVS 05: New developments and research trends for intelligent vehicles,” *IEEE Intell. Syst.*, vol. 20, pp. 10–14, 2005.
- [34] W. Tan, J. Liu, T. Chen, and H. J. Marquez, “Comparison of some well-known PID tuning formulas,” *Comput. Chem. Eng.*, vol. 30, no. 9, pp. 1416–1423, 2006.
- [35] K.-E. Åarzen, “A simple event-based PID controller,” *IFAC Proc. Vol.*, vol. 32, no. 2, pp. 8687–8692, 1999.
- [36] E. Dermawan, A. Firmanto, S. N. Ambo, E. Diniardi, and A. I. Ramadhan, “DESAIN FREKUENSI KONTROL PADA HYBRID WIND-DIESEL DENGAN PID - PARTICLE SWARM OPTIMIZATION (PSO),” no. November, pp. 8–9, 2016.
- [37] M. Sevkli and A. R. Guner, “Ant Colony Optimization and Swarm Intelligence: A continuous Particle Swarm Optimization for Uncapacitated Facility Location Problem,” *Lect. Notes Comput. Sci.*, vol. 4, pp. 316–323.
- [38] F. Sihombing and D. Lumbantoruan, “STUDI ANALISIS DAN REKAYASA SISTEM KENDALI MOTOR SERVO DC DI LABORATORIUM DASAR SISTEM KENDALI DENGAN MENGGUNAKAN METODA POLE PLACEMENT,” 2011.
- [39] M. Sholihin, L. Tack, and M. Kean, “Tuning of PID Controller Using Particle Swarm Optimization (PSO),” *Proceeding Int. Conf. Adv. Sci.*, pp. 458–461., 2011.