



TUGAS AKHIR – TM 090382

**PERMODELAN SKALA ASSIST ELECTRIC POWER
STEERING BERBASIS SENSOR SUDUT KEMUDI DAN
KECEPATAN PADA KENDARAAN KANCIL**

LIGA KUSUMA PAHLAWAN
NRP. 10211500010015
AVIN MAULIDA DWI HANDAYANI
NRP. 10211500010040

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. BAMBANG SAMPURNO, M.T.

PROGRAM STUDY DIPLOMA III TEKNIK MESIN
PRODUKSI KERJASAMA ITS – DISNAKERTRANS
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



TUGAS AKHIR – TM 145648

**MODELING SCALE OF ASSIST ELECTRIC POWER
STEERING WITH ANGLE SENSOR AND VEHICLES
SPEED ON KANCIL CAR**

**LIGA KUSUMA PAHLAWAN
NRP. 10211500010015**

**AVIN MAULIDA DWI H.
NRP. 10211500010040**

Counsellor Advisor

Dr. Ir. Bambang Sampurno, M.T.

LEMBAR PENGESAHAN

PERMODELAN SKALA ASSIST ELECTRIC POWER STEERING BERBASIS SENSOR SUDUT KEMUDI DAN KECEPATAN PADA KENDARAAN KANCIL

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
Pada Bidang Studi Mekatronika
Program Studi Departemen Teknik Mesin Industri
Kerjasama Disnakertrans - ITS
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Liga Kusuma Pahlawan

NRP. 10211500010015

Avin Maulida Dwi Handayani

NRP. 10211500010040

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



PERMODELAN SKALA ASSIST ELECTRIC POWER STEERING BERBASIS SENSOR SUDUT KEMUDI DAN KECEPATAN PADA KENDARAAN KANCIL

Nama	1. LIGA KUSUMA PAHLAWAN 2. AVIN MAULIDA DWI H.
NRP	1. 10211500010015 2. 10211500010040
Jurusan	D3 Teknik Mesin FV – ITS
Dosen Pembimbing	Dr. Ir. Bambang Sampurno, M.T.

ABSTRAK

Dalam tugas akhir ini dirancang sistem kendali electric power steering untuk kendaraan kancil. Diawali dengan studi literatur rancangan dasar sistem kendali sistem kemudi menurut sampurno (2018) kemudian dilakukan perancangan sistem electric power steering pada mobil kancil dengan memperhatikan variasi sudut kemudi dan berbagai kecepatan sebagai penyempurnaan system steering yang ada pada mobil kancil. Alat uji yang digunakan sebagai pengganti electric power steering dan mobil kancil adalah model skala 1:90.

Simulasi menggunakan permodelan matematika dan software matlab untuk mengetahui sistem yang digunakan dapat berfungsi secara stabil. Dan juga dilakukan berbagai pengujian untuk mengetahui karakteristik sistem electric power steering yang telah diterapkan pada kendaraan kancil, seperti hubungan sudut steer terhadap voltase, perbandingan sudut belok roda kanan dan kiri, hubungan sudut steer terhadap laju putar kendaraan dan juga terhadap besar torsi kendaraan.

Berdasarkan hasil uji pada penerapan model electric power steering didapatkan karakteristik dari beberapa

variabel seperti laju putar kendaraan dan sudut steer yang memiliki hubungan berbanding lurus, besar laju kendaraan bergantung pada besar sudut steer. Serta hubungan sudut steer dengan torsi pengendara memiliki hubungan berbanding lurus. Laju putar pada tiap-tiap kecepatan memiliki nilai yang berbanding lurus. Untuk hasil dari respon dari sistem digunakan software matlab untuk memastikan kestabilan sistem.

MODELING SCALE OF ASSIST ELECTRIC POWER STEERING WITH ANGLE SENSOR AND VEHICLES SPEED ON KANCIL CAR

Name	1. LIGA KUSUMA PAHLAWAN 2. AVIN MAULIDA DWI H.
NRP	1. 10211500010015 2. 10211500010040
Major	Department of Mechanical Engineering FV – ITS
Counsellor Adivisor	Dr. Ir. Bambang Sampurno, M.T.

ABSTRACT

In this final project designed electric power steering control system for Kancil car. Start to beginning with the literature study of the basic design of steering system control system according to sampurno (2018) and then to design of electric power steering system on the Kancil car by considering the variations of steering angle and various speeds as a completing of the steering system in the Kancil car. The test equipment used as a substitute for electric power steering and Kancil car is a 1:90 model scale.

The simulation use mathematical modeling and matlab software to know the system used to function stably. And also conducted various tests to determine the characteristics of electric steering system that has been applied to the vehicle, such as the steer angle relation between voltage, the comparison of right and left wheel angle, steer angle relation to vehicle rotation speed and also the vehicle torque.

Based the test results on the application of electric power steering model, it is found that the characteristics of some variables such as vehicle rotation and steer angle have a direct proportional relation, the vehicle speed depends on the steer angle. As well as the steer angle relation with the torque of the rider has a proportional relation. The yaw rate at each speed has a value that is directly proportional. For the results of the response of the system used matlab software to know the system is stability.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur kami ucapkan kehadirat Allah SWT. karena atas rahmat dan hidayah-Nya, Tugas Akhir yang berjudul “*Permodelan Skala Assist Electric Power Steering Berbasis Sensor Sudut Kemudi Dan Kecepatan Pada Kendaraan Kancil*” ini dapat disusun dan diselesaikan dengan lancar.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan akademis yang wajib diselesaikan oleh setiap mahasiswa Program Studi Diploma III, untuk mendapatkan gelar Ahli Madya pada jurusan D-III Teknik Mesin FV-ITS.

Banyak pihak yang telah membantu sampai selesainya Tugas Akhir ini, oleh karena itu pada kesempatan ini disampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Bambang Sampurno, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah banyak membantu penulisan laporan Tugas Akhir ini, sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
2. Bapak Mashuri S.Si yang telah banyak membantu dalam kerangka berpikir dalam penulisan buku
3. Bapak Ir. Suhariyanto, M.T. selaku Koordinator Tugas Akhir D-III Teknik Mesin FV-ITS.
4. Semua dosen dan karyawan Program Studi D III Teknik Mesin FV-ITS.
5. Bapak Jiwo Mulyono, SPd selaku Koordinator Mesin Logam UPT-PK Surabaya.
6. Ibu dan Bapak kami tercinta, saudara kami tersayang yang telah memberikan dorongan moril, materiil, dan spiritual kepada penulis.
7. Rekan-rekan seperjuangan D-III Teknik Mesin Produksi ITS-DISNAKERTRANS, terutama angkatan 2015 yang

telah banyak memberikan dukungan serta memberikan pelajaran yang tidak terlupakan

8. Rekan kerja satu tim tugas akhir yang telah mensupport serta menutupi kekurangan dalam pengerjaan tugas akhir.
9. Dan semua pihak yang telah membantu terselesaikannya laporan Tugas Akhir ini, kami mengucapkan banyak terima kasih.

Akhirnya semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat untuk sekarang dan masa yang akan datang. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan ini masih banyak terdapat kekurangan, sehingga saran dan kritik yang membangun mampu menyempurnakan penulisan laporan dimasa yang akan datang.

Surabaya, 9 Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II DASAR TEORI	
2.1 Pengembangan Penelitian Terdahulu.....	4
2.1.1 Pengembangan Penelitian Mobil Kancil.....	4
2.1.2 Pemanfaatan Implementasi <i>Hydraulic Power Steering</i>	6
2.1.3 Pengembangan <i>Electric Power Steering</i>	7
A. <i>Optimal Design of Electric Power Assisted Steering System (EPAS) using GA-PID Method</i>	8
B. <i>PID-Ant Colony Optimization (ACO) control for Electric Power Assist Steering system for electric vehicle</i>	8
C. <i>Dynamics and Model-Based Control of Electric Power Steering Systems</i>	10
2.2 Karakteristik Mobil Kancil.....	12
2.3 Karakteristik Electric Power Steering	13
2.4 Voltase.....	15
2.5 Torsi	16

2.6 Momen Inersia.....	16
2.7 Estimasi Parameter Keluaran Kendaraan	19
2.7.1 Model Matematika Kendaraan 2WS	18
2.7.2 Perhitungan Estimasi Parameter Keluaran Kendaraan.....	20
2.7.3 Menentukan Sudut Samping Roda	21
2.8 Perencanaan Sistem Electric Power Steering pada Mobil	
Kancil.....	23
2.8.1 Servo	24
2.8.2 Arduino	25
2.8.3 Motor DC.....	26
2.8.4 Potensiometer	27
2.8.5 Optocoupler	28
2.9 Software Pendukung.....	29
2.9.1 SolidWorks	29
2.9.2 Matlab	30

BAB III METODOLOGI

3.1 Diagram Alir Penelitian	32
3.2 Diagram Alir dan Metode Penelitian	33
3.2.1 Perumusan masalah.....	33
3.2.2 Studi Literatur	33
3.2.3 Observasi	33
3.2.4 Perencanaan Simulasi <i>Electric Power Steering</i>	34
3.2.5 Pemilihan Komponen <i>Electric Power Steering</i>	34
3.2.6 Pemrograman <i>Microcontroller</i>	35
3.2.7 Penggabungan Komponen Electric.....	35
3.2.8 Perancangan Mekanik.....	37
3.2.9 Pengujian Sudut	37
3.2.10 Pengujian Tegangan.....	37
3.2.11 Penarikan Kesimpulan	38

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perencanaan dan Perhitungan Alat	39
4.1.1 Perhitungan Estimasi Parameter Keluaran Kendaraan.....	39
4.1.2 Inersia	40
4.1.3 Menentukan Sudut Samping Roda	41
4.1.4 Hasil Perhitungan Sudut	42
4.2 Pemograman Servo.....	46
4.3 Perancangan Sistem.....	47
4.4 Pengujian Sudut dan Voltase.....	48
4.5 Hasil dan Analisa.....	50
4.5.1 Voltase Terhadap Sudut Steer (δ_{sw})	50
4.5.2 Perbandingan Sudut Steer (δ_{sw}) dan (β_1)	50
4.5.3 Perbandingan Sudut Steer (δ_{sw}) dan (β_2).....	53
4.5.4 Perbandingan Sudut Steer (δ_{sw}) dan ($\dot{\varphi}$)	54
4.5.5 Torsi terhadap sudut steer (δ_{sw})	55
4.5.6 Simulasi percepatan yaw kendaraan terhadap waktu pada kecepatan dan sudut steer kendaraan	55

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	64
5.2 Saran	64

DAFTAR PUSTAKA	66
----------------------	----

LAMPIRAN	68
----------------	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram benda bebas kendaraan pada kondisi kendaraan direm di jalan mendatar (Soemardi dkk, 2004)	6
---	---

Gambar 2.2 Perbandingan Konsumsi daya PID dan GA-PID (Hassan dkk, 2012).....	8
Gambar 2.3 Grafik perbandingan arus PID dan ACO (Hanifah dkk, 2013).....	9
Gambar 2.4 Perbandingan efisiensi PID dan ACO (Hanifah dkk, 2013).....	10
Gambar 2.5 Hubungan Sudut Steer dan Torsi (Menhrabi, 2014)	11
Gambar 2.6 Hubungan Arus dan Torsi (Mehrab, 2014).....	12
Gambar 2.7 Sistem kemudi jenis recirculating ball.....	13
Gambar 2.8 Cara kerja electric power steering (Hassan dkk, 2012)	14
Gambar 2.9 Grafik karakteristik Electric Power Steering (Hassan dkk, 2012)	15
Gambar 2.10 Momen Inersia untuk Benda Tegar (Adrianto, 2009).....	18
Gambar 2.11 FBD kendaraan 2WS	19
Gambar 2.12 Motor Servo.....	25
Gambar 2.13 Arduino Uno	26
Gambar 2.14 Motor DC.....	27
Gambar 2.15 Sensor Potensiometer.....	28
Gambar 2.16 Optocoupler	29
Gambar 2.17 Tampilan layout Solidworks	30
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	32
Gambar 3.2 Blok Diagram Model Assist Electric Power Steering.....	36
Gambar 4.1 Dimensi Kendaraan.....	40
Gambar 4.2 Titik Putar Momen Inersia.....	40
Gambar 4.3 Pemrograman Servo.....	47
Gambar 4.4 Sistem Kerja Alat.....	48
Gambar 4.5 Pengujian Alat	48
Gambar 4.6 Hubungan sudut roda dan voltase.....	50

Gambar 4.7 Hubungan Voltase (β_1) dan (β_2) dengan sudut steer.....	51
Gambar 4.8 Hubungan sudut β_1 dan sudut steer δ_{sw}	52
Gambar 4.9 Hubungan sudut belok roda kanan(β_2) dan sudut steer δ_{sw}	53
Gambar 4.10 Hubungan laju putar ($\dot{\varphi}$) terhadap sudut steer (δ_{sw}).....	54
Gambar 4.11 Hubungan Torsi dan sudut steer (δ_{sw})	55
Gambar 4.12 Hasil simulasi percepatan yaw pada kecepatan 5 km/jam dan sudut steer 170°.....	56
Gambar 4.13 Hasil simulasi percepatan yaw pada kecepatan 5 km/jam dan sudut steer 510°.....	57
Gambar 4.14 Hasil simulasi percepatan yaw pada kecepatan 15 km/jam dan sudut steer 85°.....	58
Gambar 4.15 Hasil simulasi percepatan yaw pada kecepatan 15 km/jam dan sudut steer 175°.....	59
Gambar 4.16 Hasil simulasi percepatan yaw pada kecepatan 15 km/jam dan sudut steer 255°.....	60
Gambar 4.17 Hasil simulasi percepatan yaw pada kecepatan 15 km/jam dan sudut steer 340°.....	61
Gambar 4.18 Hasil simulasi percepatan yaw pada kecepatan 15 km/jam dan sudut steer 425°.....	62
Gambar 4.6 Hasil simulasi percepatan yaw pada kecepatan 15 km/jam dan sudut steer 510°.....	63

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Mobil Kancil (Soemardi dkk, 2004)	4
---	---

Tabel 3.1 List Komponen Electric.....	35
Tabel 4.1 Hasil Perhitungan variasi kecepatan.....	43
Tabel 4.2 Perhitungan sudut samping roda	44
Tabel 4.3 Perhitungan jarak radius roda (R)	45
Tabel 4.4Tabel voltase sudut belok roda kiri	49
Tabel 4.5Tabel voltase sudut belok roda kanan	49

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kendaraan roda empat jenis niaga (van) adalah salah satu jenis kendaraan yang banyak dijumpai di Indonesia. Karena jenis ini sangat fleksibel penggunaannya, bisa untuk mengangkut penumpang dan atau barang (Tjitro dkk, 1999). Saat ini mobil niaga (kancil) menggunakan *recicurlating ball* (kemudi poros) untuk proses mengendalikan kemudi kendaraan. Sistem steering koneensial ini relatif sederhana namun dalam proses kemudi nya terasa berat.

Untuk meringankan proses kemudi, umumnya kendaraan menggunakan *power steering* yaitu *Hydraulic Power Steering*. Akan tetapi *Hydraulic Power Steering* memiliki kelemahan diantaranya penggunaan medium cair, komponen mekanis, toleransi kesalahan kurang dan keramahan lingkungan serta penggunaan energi yang terus menerus (Hassan et al, 2012). Oleh karena itu *Hydraulic Power Steering* sangat membebani kendaraan terlebih lagi mobil niaga dalam hal konsumsi energi. Salah satu alternatif untuk mengatasi kelemahan *Hydraulic Power Steering* adalah dengan menggunakan *Electric Power Steering*.

Lin et al (2014) telah meneliti *Electric Power Steering* dengan menggunakan *sliding mode control* dengan optimasi Wavelet Fuzzy Neural Network dapat meningkatkan efisiensi daya dan kestabilan konsumsi daya. Namun model kendaraan yang digunakan adalah model kendaraan 2 WD dengan konsumsi daya yang belum stabil. Mobil listrik Tesla model (2018) telah mengembangkan *Electric Power Steering* dengan menggunakan motor DC untuk membantu menggerakkan *rack* sesuai kebutuhan. Namun performa *Electric Power Steering* tesla belum adaptif terhadap kondisi jalan. Sementara model motor listrik yang digunakan untuk membantu torsi

steering wheel diambil dari Hassan, et all (2012) yang memiliki parameter sesuai standar sistem *Electric Power Steering*.

Berdasarkan permasalahan tersebut dilakukan analisis karakteristik *Electric Power Steering* dalam sudut roda pada kendaraan niaga kancil. Dalam, penelitian ini diharapkan memperoleh informasi terbaru tentang karakteristik sudut roda *Electric Power Steering* berbasis sensor sudut kemudi dan kecepatan pada kendaraan niaga sekaligus mendapatkan kendali yang stabil.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian tersebut dapat dirumuskan permasalahan dari penelitian tugas akhir sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem model electric power steering yang stabil pada mobil kancil?
2. Bagaimana mengetahui pengaruh perbedaan sudut roda depan kanan jika kiri sebagai acuan maupun sebaliknya?
3. Bagaimana mengetahui perubahan sudut kemudi dan dan laju putar kendaraan?
4. Bagaimana mengetahui perubahan sudut kemudi dengan torsi kendaraan?

1.3 Tujuan

Dengan mengacu latar belakang dan permasalahan diatas maka tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Untuk memperoleh rancangan sistem model electric power steering pada mobil kancil.
2. Untuk mengetahui pengaruh sudut roda depan kanan jika kiri sebagai acuan maupun sebaliknya.
3. Untuk mengetahui perubahan sudut kemudi dan dan laju putar kendaraan.
4. Untuk mengetahui perubahan sudut kemudi dengan torsi kendaraan.

1.4 Batasan Masalah

1. Penelitian dilakukan menggunakan model skala kendaraan kancil.
2. Variasi kecepatan kendaraan (10 Km/jam, 15 Km/jam, 20 Km/jam, 25 Km/jam, 30 Km/Jam, 35 km/jam) dan berbagai sudut kemudi (5° , 10° , 15° , 20° , 25° , 30°).
3. Pengukuran dilakukan secara offline dan Sudut Slip diabaikan.

1.5 Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, dibuat sistematika penulisan agar penulisannya dapat terstruktur dengan baik. Dalam penulisan ini, dibagi beberapa bab sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini membahas bagaimana latar belakang penulisan, permasalahan yang diangkat, tujuan penulisan, pembatasan masalah, metodologi, sistematika penulisan, dan relevansi.

BAB II DASAR TEORI

Membahas mengenai dasar teori spesifikasi mobil kancil, mekanisme kerja model electric power steering.

BAB III METODOLOGI

Pada bab ini dibahas mengenai diagram alir, observasi, serta tahap tahap dalam melakukan penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Membahas mengenai perencanaan dan perhitungan sistem model electric power steering

BAB V PENUTUP

Membahas tentang kesimpulan dari hasil analisis dan saran-saran penulis dalam penyusunan tugas akhir.

BAB II DASAR TEORI

Dalam bab ini akan dibahas mengenai hasil penelitian terdahulu power steering, spesifikasi mobil serta software pendukung.

2.1 Pengembangan Penelitian Terdahulu

2.1.1 Pengembangan Penelitian Mobil Kancil

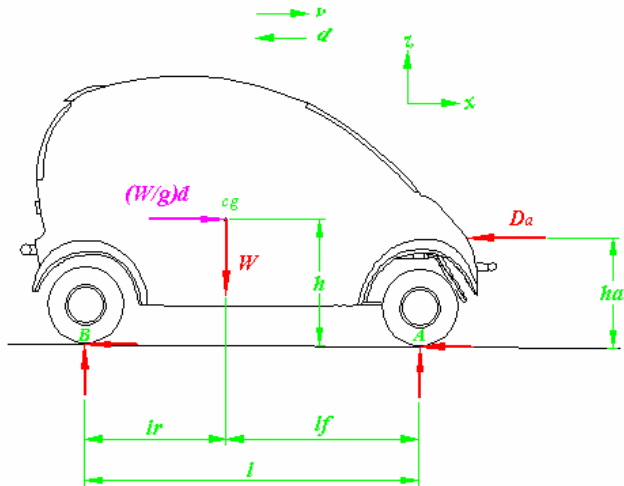
Soemardi, dkk (2004) telah merancang pengembangan analisis statik prototype *knuckle* mobil kancil dengan memiliki spesifikasi.

Tabel 2.1 Spesifikasi Mobil Kancil (Soemardi dkk, 2004)

Simbol	Nilai dan Satuan	Definisi
ρ	1,1614 kg/m ³	massa jenis udara
A	1,321 m ²	Luas proyeksi
Vmaks	16,67 m/s	Kecepatan maksimum
V	$0,375 \times V_{maks} = 6,25$ m/s.	Kecepatan awal sebelum pengereman
Ca	0,38	Konstanta hambat udara
ha	0,6 m	Tinggi titik stagnasi dari permukaan jalan

Mmaks	850 kg	Berat kendaraan maksimal
Wmaks	8338,5 N	Beban maksimal
Mr	2 kg	massa roda
Γ	1,11	konstanta faktor koreksi
Fh	$52,5 \times 0,4531 \text{ kg} = 23,79 \text{ kg} = 233,36 \text{ N}$	gaya tangan manusia
Θ	26,9°	Sudut Tanjakan
H	0,633 m	tinggi titik berat dari tanah
G	9,81 m/s	gaya gravitasi
D	Kendaraan di jalan mendatar, $d = 0,5g$	deselerasi
	Kendaraan di jalan menurun, $d = 0,2g$	
I	2,1 m	wheel base
Cr	0,08	rolling resistance coefficient
r roda	0,25 m	jari jari roda
R	4,2 m	Radius putaran
r	150 mm	jari jari steer

kemudi		
r pinion	9 mm	jari jari pinion



Gambar 2.1 Diagram benda bebas kendaraan pada kondisi kendaraan direm di jalan mendatar (Soemardi dkk, 2004)

Pada jurnal tersebut soemardi dkk (2004) membahas mengenai gaya gaya yang terjadi pada mobil kancil pada saat di jalan mendatar. Namun jurnal ini belum membahas komponen power steering mobil kancil.

2.1.2 Pemanfaatan Implementasi Hydraulic Power Steering

Sistem kemudi *hydraulic power steering* memiliki sebuah *booster* hidrolis dibagian tengah mekanisme kemudi

agar kemudi menjadi lebih ringan. Sistem *power steering* direncanakan untuk mengurangi usaha pengemudi bila kendaraan bergerak pada kecepatan rendah dan menyesuaikan pada tingkat kecepatan tertentu (Nasution, 2017).

Keuntungan penggunaan hydraulic power steering yaitu biaya perawatannya lebih murah dan lebih mudah, gaya yang relatif sangat kecil dapat digunakan untuk menggerakkan atau mengangkat beban yang sangat besar (Esposito, 2003).

Akan tetapi penggunaan hidrolik memiliki kerugian yaitu bagian komponen bereaksi menyebabkan penambahan gesekan dan pengembalian steer kemudi yang lebih buruk. medium cair, komponen mekanis, toleransi kesalahan kurang dan keramahan lingkungan serta penggunaan energi secara terus menerus (Hassan dkk, 2012)

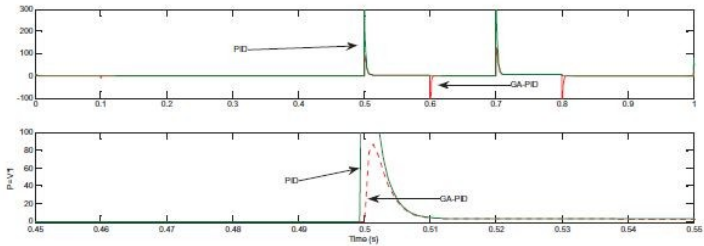
2.1.3. Pengembangan *Electric Power Steering*

Beberapa penelitian *Electric Power Steering* telah di kembangkan oleh :

A. Optimal Design of Electric Power Assisted Steering System (EPAS) using GA-PID Method

Hassan dkk (2012) Keterbatasan kapasitas baterai selalu menjadi perhatian utama dalam kendaraan listrik. Karena hal tersebut, beberapa peneliti menekankan pentingnya efisiensi energi di dalam sistem kendaraan listrik. Seperti kemudi Hydraulic Assisted Power Steering (HPAS) yang tidak lagi praktis dalam aplikasi kendaraan listrik. Ini di karenakan energi dari baterai diperlukan untuk mempertahankan tekanan dalam pompa hidrolik dan juga membutuhkan perawatan rutin.

Penerapan algoritma GA-PID untuk mewujudkan pengurangan penggunaan energi dibandingkan dengan metode PID konvensional.



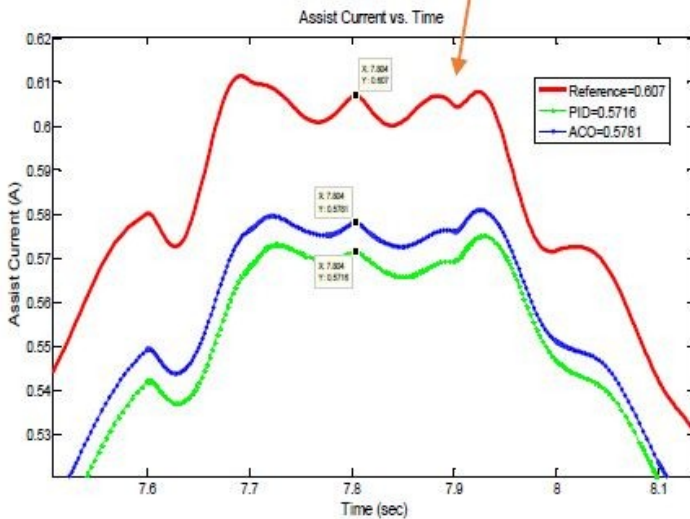
Gambar 2.2 Perbandingan Konsumsi daya PID dan GA-PID (Hassan dkk, 2012)

Untuk lebih jelasnya gambar 2.2 bisa dilihat di lampiran 1. Dalam gambar tersebut ditunjukkan bahwa algoritma GA-PID mengkonsumsi konsumsi daya yang lebih rendah dibandingkan dengan PID. Electric Power Steering yang digunakan oleh hassan dkk (2012) adalah dengan standar C-Type dengan jenis kendaraan kecil. Standar tipe C biasanya dilengkapi dalam mobil penumpang kecil yang memiliki beban 6kNm.

B. PID-Ant Colony Optimization (ACO) control for Electric Power Assist Steering system for electric vehicle

Hanifah dkk (2013) Sistem Electric Power Assist Steering (EPAS) memberikan kelebihan signifikan dalam meningkatkan kinerja kemudi kendaraan dalam hal penghematan energi. Ant Colony Optimization (ACO) diterapkan sebagai mekanisme tambahan untuk kontroler PID. Tujuan dari kontroler *hybrid* ini adalah untuk meminimalkan

konsumsi energi dari sistem EPAS dengan meminimalkan arus bantuan yang diberikan ke assist motor.



Gambar 2.3 Grafik perbandingan arus PID dan ACO (Hanifah dkk, 2013)

Dalam Gambar 2.3 (Lampiran 2) dijelaskan bahwa dengan menggunakan sistem kontrol PID-ACO dapat memaksimalkan. Konsumsi arus untuk motor dc dengan meminimalkan arus bantuan ke motor dc. Assist bantuan dari PID-ACO lebih rendah dibandingkan dengan PID tanpa ACO dengan beda arus dari garis referensi untuk PID-ACO sebesar 0,0476 A dan PID tanpa ACO sebesar 0,058. Dari hasil tersebut dihitung nilai efisiensi pada gambar 2.4.

ACO-tuned percent of error:

$$\frac{0.607 - 0.5781}{0.607} \times 100 = 4.76\%$$

PID manual tune percent of error:

$$\frac{0.607 - 0.5716}{0.607} \times 100 = 5.83\%$$

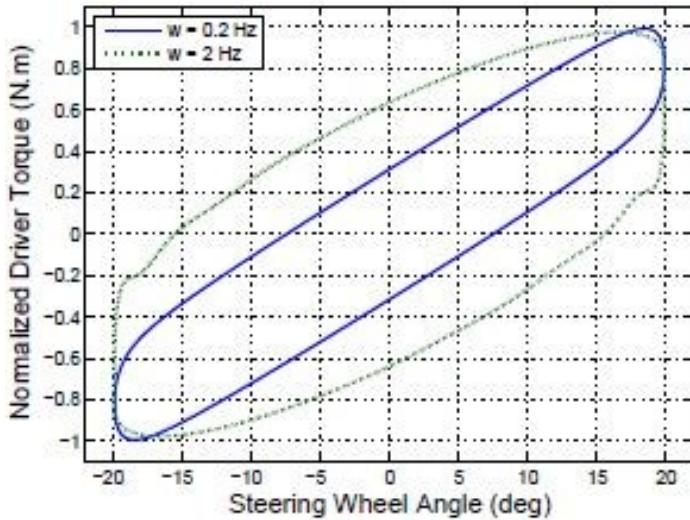
Gambar 2.4 Perbandingan efisiensi PID dan ACO
(Hanifah dkk, 2013)

Dalam gambar 2.4 dapat disimpulkan ACO-PID mampu mengendalikan arus yang hampir akurat dengan persen 4,76% kesalahan sehingga daya pada *Electric Power Steering* lebih efisien.

Dalam studi ini, menggunakan sistem EPAS tipe kolom (tipe-C) komponen yang digunakan terdiri dari sensor torsi, motor listrik, pengurangan gear, kolom dan mekanisme rack-pinion

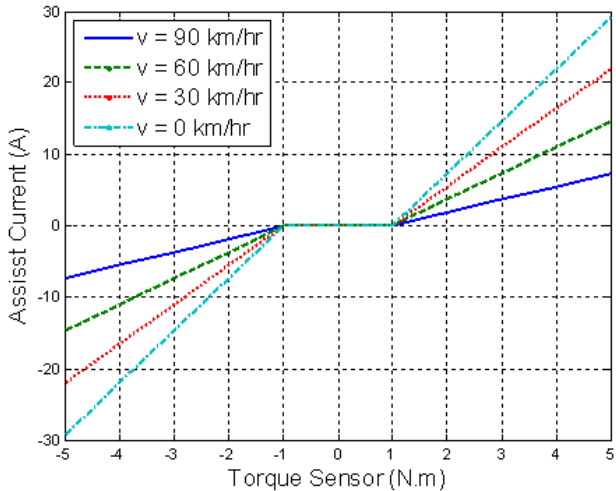
C. Dynamics and Model-Based Control of Electric Power Steering Systems

Menhrabi naser (2014) telah meneliti hubungan antara pengaruh torsi sudut pada peforma electric power steering mempertimbangkan pengaruh sudut steer pada saat bekerja.



Gambar 2.5 Hubungan Sudut Steer dan Torsi (Menhrabi, 2014)

Dalam Gambar 2.5 dijelaskan ketikan menggunakan frekuensi respon dari steer sebesar 2 Hz maka akan menunjukkan hubungan berbanding lurus sudut steer dan juga torsi kemudi. Jadi ketika semakin besarnya sudut yang diberikan oleh kemudi maka akan semakin besar pula torsi yang harus digunakan oleh pengemudi untuk memutar kemudi.



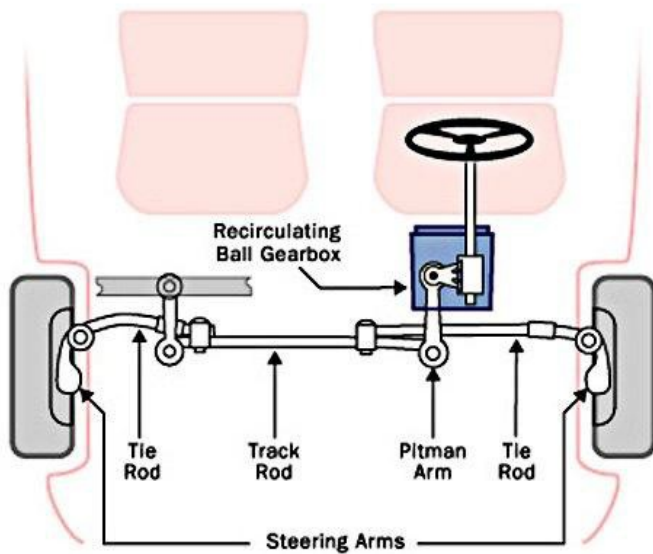
Gambar 2.6 Hubungan Arus dan Torsi (Menhrabi, 2014)

Gambar grafik diatas menunjukkan hubungan kecepatan *Electric Power Steering* yang memperhitungkan torsi kemudi yang menentukan jumlah arus yang diberikan untuk motor dc. Dengan kecepatan tertentu arus yang diberikan minimal dan maksimal hal itu menunjukkan bahwa torsi kemudi berbanding lurus dengan arus yang diberikan ke motor.

2.2 Karakteristik Mobil Kancil

Mobil kancil umumnya menggunakan sistem kemudi recirculating ball yang memiliki cara kerja yaitu pada waktu pengemudi memutar roda kemudi, poros utama yang dihubungkan dengan roda kemudi langsung membelok. Di ujung poros utama kerja dari gigi cacing dan mur pada bak roda gigi kemudi menambah tenaga dan memindahkan gerak

putar dari roda kemudi ke gerakan mundur maju lengan pitman (*pitman arm*) (Nasution, 2017) seperti ditunjukkan pada gambar berikut :

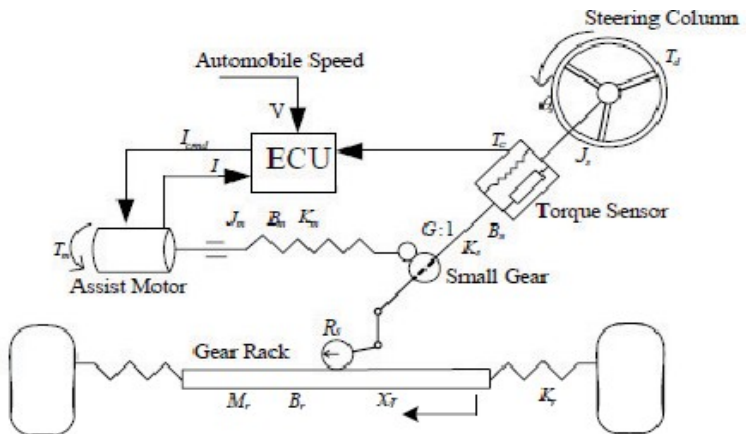


Gambar 2.7 Sistem kemudi jenis recirculating ball (Nasution, 2017)

2.3 Karakteristik *Electric Power Steering*

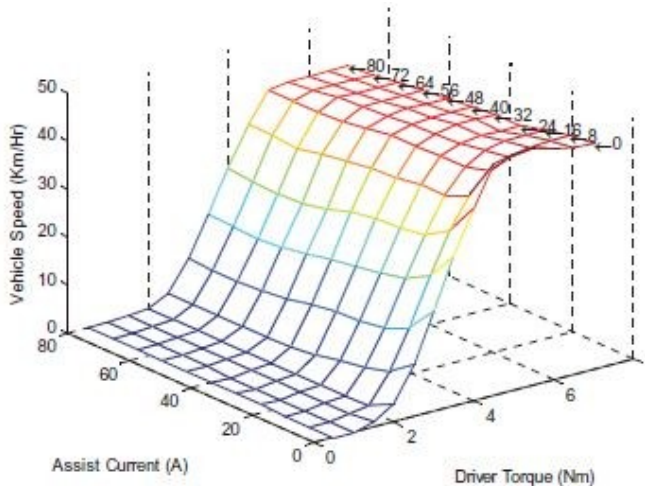
Perbedaan yang sangat mendasar antara *Electric Power Steering* (EPS) dengan power steering hydraulic pada prinsipnya EPS menggunakan tenaga listrik (electric). Sistem terdiri dari sensor torsi kemudi, sensor kecepatan kendaraan, ECU, motor dan membantu mekanisme seperti gear box dan rak

gigi. Adapun gambar mengenai cara kerja EPS ada pada gambar 2.3



Gambar 2.8 Cara kerja *Electric Power Steering* (Hassan dkk, 2012)

Ketika sistem diaktifkan, sinyal torsi driver dan sinyal kecepatan kendaraan ditransmisikan ke ECU. Kedua sinyal akan digunakan untuk menghitung nilai torsi kendali pada motor bantuan yang membantu meningkatkan nilai kurva. Kurva kendali biasanya ditampilkan dalam tabel look up karena kurva tersebut dipengaruhi oleh banyak faktor linear maupun nonlinear.



2.9 Grafik karakteristik *Electric Power Steering* (Hassan dkk, 2012)

Dari grafik 2.3 karakteristik *Electric Power Steering* dapat disimpulkan bahwa Semakin tinggi torsi pada steer serta semakin tinggi kecepatan pada roda berbanding lurus dengan arus yang diberikan motor bantuan. Tujuan utama dari kontroler adalah untuk menghasilkan pelacakan arus akurat ke motor.

2.4. Voltase

Menurut Hukum Ohm, arus yang melewati suatu penghantar sebanding dengan beda potensial antara ujung-ujung penghantar tersebut. Kesebandingan tersebut dapat diubah menjadi persamaan dengan memberikan konstante kesebandingan yang disebut konduktansi.

Berdasarkan hukum ohm voltase dirumuskan sebagai berikut :

$$V = I \times R$$

Dimana :

V = Tegangan (Voltase)

I = Arus (Ampere)

R = Resesitansi (Ohm)

2.5 Torsi

Momen gaya atau torsi adalah keefektifan sebuah gaya yang bekerja pada suatu benda untuk memutar benda tersebut terhadap suatu titik poros tertentu (Jumini, 2013). Torsi (momen gaya) menunjukkan kemampuan sebuah gaya untuk membuat benda melakukan gerak rotasi. Torsi dilambangkan dengan huruf (T) yang memiliki persamaan hasil kali antara gaya dan lengan gaya. Secara umum torsi memiliki persamaan matematis sebagai berikut :

$$T = F \times r$$

Dimana :

T = Torsi (Nm)

F = Gaya (N)

r = lengan momen (m)

2.6 Momen Inersia

Momen inersia adalah ukuran kelembaman suatu benda untuk berotasi terhadap porosnya. Momen inersia ini

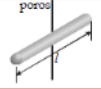
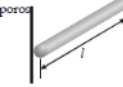
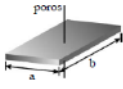
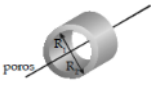


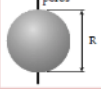

berperan dalam dinamika rotasi seperti massa dalam dinamika dasar, dan menentukan hubungan antara momentum sudut dan kecepatan sudut, momen gaya dan percepatan sudut, dan beberapa besaran lain. Pada saat mempelajari hukum Newton telah diketahui bahwa ukuran kelembaman benda pada gerak translasi adalah massa atau inersia linear.

Seperti halnya pada planet-planet yang terus berputar pada sumbunya tanpa henti akan selalu mempertahankan keadaan untuk terus berotasi. Dengan demikian pada gerak rotasi dikenal istilah kelembaman. Dalam gerak rotasi, “massa” benda tegar dikenal dengan istilah momen inersia. Momen inersia dalam gerak rotasi mirip dengan massa dalam gerak lurus. Jika massa dalam gerak lurus menyatakan ukuran kemampuan benda untuk memperhankan kecepatan linier (kecepatan linier = kecepatan gerak benda pada lintasan lurus). Maka momen inersia dalam gerak rotasi menyamakan ukuran kemampuan benda untuk mempertahankan kecepatan sudut (kecepatan sudut = kecepatan gerak benda ketika melakukan gerak rotasi. Disebut sudut karena dalam gerak rotasi, benda bergerak mengitari sudut).

Makin besar momen inersia suatu benda, semakin sulit membuat benda itu berputar atau berotasi. Sebaliknya, benda yang berputar juga sulit dihentikan jika momen inersia nya besar. Besaran pada gerak rotasi yang analog dengan massa pada gerak translasi dikenal sebagai momen inersia. (Banjarnahor, 2012).

Momen Inersia yang digunakan dalam model ini adalah persegi panjang dikarenakan mengacu pada bentuk

mobil secara keseluruhan. Jadi penggunaan momen inersia jenis ini cocok

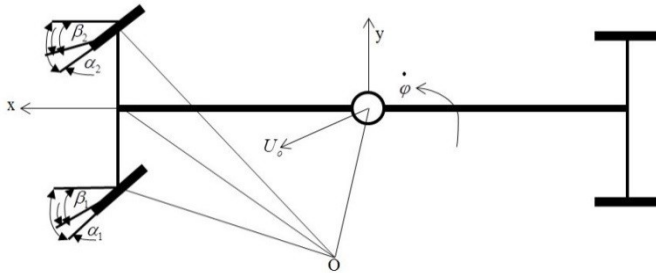
Nama	Gambar	Momen Inersia
Batang silinder, poros melalui pusat		$I = \frac{1}{12} ml^2$
Batang silinder, poros melalui ujung		$I = \frac{1}{3} ml^2$
Pelat besi persegi panjang, poros melalui pusat		$I = \frac{1}{2} m(a^2 + b^2)$
Silinder berongga		$I = \frac{1}{2} m(R_1^2 + R_2^2)$
Silinder pejal		$I = \frac{1}{2} mR^2$
Silinder tipis berongga		$I = mR^2$
Bola pejal		$I = \frac{2}{5} mR^2$
Bola tipis berongga		$I = \frac{2}{3} mR^2$

Gambar 2.10 Momen Inersia untuk Benda Tegar (Adrianto, 2009)

2.7 Estimasi Parameter Keluaran Kendaraan

2.7.1 Model Matematika Kendaraan 2WS

untuk menurunkan model matematik kendaraan 2WS dilakukan analisis pada masing-masing roda berdasarkan diagram kinematika saat kendaraan berbelok dalam diagram kinematika tersebut terlihat dinamika masing-masing roda seperti berikut :



Gambar 2.11 FBD kendaraan 2WS

Dari gambar tersebut terlihat pada saat kendaraan 2WS berbelok dengan kecepatan rendah menengah sudut roda depan (δ_1 dan δ_2) dan belakang tidak sama sehingga pusat kendaraan memiliki radius pusat R sebagai hasil dari perputaran masing-masing roda (R_1 dan R_2) terhadap pusat putaran O. Perputaran kendaraan juga menyebabkan gaya sentrifugal (F_{cg}) yang mengakibatkan arah rodaa kendaraan tidak bergerak sesuai dengan sudut roda masing-masing akan tetapi memiliki selisih yang dinamakan sudut slip. Besarnya sudut slip pada masing-masing roda akan berlainan (α_1 dan α_2) tergantung dari beban yang diterima masing-masing roda, sehingga besarnya sudut roda depan kendaraan menjadi (β_1 dan β_2).

2.7.2 Perhitungan Estimasi Parameter Keluaran Kendaraan

Parameter keluaran kendaraan dapat diperkirakan menggunakan permodelan matematika kendaraan berdasarkan parameter input yang diberikan oleh pengemudi untuk menemukan hasil yang benar diperlukan data mobil yang relevan oleh Sampurno dkk (2000) yaitu :

$$\begin{aligned} \dot{v} &= 2 \left[\frac{-C_f - C_r}{U_o m} \right] + 2 \left[\frac{-C_f a + C_r b - U_o}{U_o m} \right] \dot{\varphi} + \frac{C_f}{m} (\delta_{f1} + \delta_{f2}) - \frac{C_r}{m} (\delta_{r1} + \delta_{r2}) \\ \ddot{\varphi} &= 2 \left[\frac{-a C_f + b C_r}{U_o I_{zz}} \right] v + 2 \left[\frac{-a^2 C_f - b^2 C_r}{U_o I_{zz}} \right] \dot{\varphi} + \frac{a C_f}{I_{zz}} (\delta_{f1} + \delta_{f2}) + \frac{b C_r}{I_{zz}} (\delta_{r1} + \delta_{r2}) \end{aligned}$$

Dimana :

\dot{V} = percepatan lateral

U_o = kecepatan lateral

m = massa

$\dot{\varphi}$ = yaw rate

δ_{f1} = sudut roda depan kiri

δ_{f2} = sudut roda depan kanan

a = jarak titik berat denan poros depan

b = jarak titik berat denan poros belakang

C_f = kekakuan pada saat meniking roda depan

C_r = kekakuan pada saat meniking roda belakang

δ_{r1} = sudut roda belakang kanan

δ_{r_2} = sudut roda belakang kiri

I_{zz} = yaw inersia

2.7.3 Menentukan Sudut Samping Roda

Persamaan sudut samping roda telah di rumuskan oleh Sampuro dkk, (2017). Besarnya radius putar dan sudut samping masing-masing roda dapat dihitung dengan acuan pada salah satu roda dan kecepatan longitudinal. dalam kasus ini yang dijadikan acuan adalah roda kiri dengan menentukan (β_1). dari nilai tersebut.

Dari nilai tersebut maka didapatkan radius putar kendaraan R dan radius putar roda 1 R1 yaitu :

$$R \approx \frac{57,3}{\beta_1} L + \frac{T_f}{2}$$

Dimana defisini masing masing konstanta adalah:

R = Radius putar terhadap titik berat

β_1 = Sudut roda kiri

L = Jarak antara poros depan dan belakang pusat kendaraan (m)

Tf = Lebar track depan

Dimana L adalah jarak antara poros depan dan belakang pusat kendaraan Tf adalah lebar track roda

depan. sedangkan radius putar roda 2 dan 3 didapatkan dari hubungan geometri antara R_1 dan β_1 :

$$R_1 \approx \frac{a}{\sin \beta_1}$$

Dimana : a = jarak titik berat dengan poros depan

β_1 = Sudut roda kiri

R_1 = radius putar roda kiri

Untuk menentukan sudut pada roda kanan depan referensi roda sebelah depan kiri adalah sebagai berikut :

$$R_2 = \frac{\cos \beta_1 + T_f / 2}{\cos \beta_2}$$

Dimana : T_f = Lebar track depan

β_1 = sudut roda kiri

R_2 = radius putar roda kanan

β_2 = sudut roda kanan

Besarnya laju putar $\dot{\varphi}$ merupakan hasil bagi kecepatan longitudinal dengan radius putar sedangkan kecepatan roda satu U_{O1} merupakan perkalian antara radius putar roda satu dengan laju putar, dimana besarnya laju putar pada semua bagian kendaraan sama.

$$\beta = \text{arcSin} \left[\frac{a \dot{\varphi} + U_{o1} \text{Sin} (\beta_1)}{U_o} \right]$$

Dimana : β_1 = Sudut roda kiri

β = Sudut titik berat kendaraan

U_o = kecepatan kendaraan

a = jarak titik berat denan poros depan

$\dot{\varphi}$ = yaw rate

U_{o1} = kecepatan roda satu

Dimana T_f adalah lebar track depan dari persamaan tersebut diperoleh sudut samping roda kanan :

$$\beta_2 = \text{arcSin} \left[\frac{a + (R + T_f / 2) \beta}{R_1 \text{Cos} \beta_1 + T_f / 2} \right]$$

Dimana : β_2 = sudut roda kanan

β = Sudut titik berat kendaraan

β_1 = Sudut roda kiri

a = jarak titik berat denan poros depan

R_1 = radius roda kiri

R = radius perputaran masing-masing roda

T_f = Lebar track depan

2.8 Perencanaan Sistem *Electric Power Steering* pada Mobil Kancil

Perencanaan pada *Model Electric Power Steering* pada Mobil Kancil adalah sebagai berikut :

2.8.1 Servo

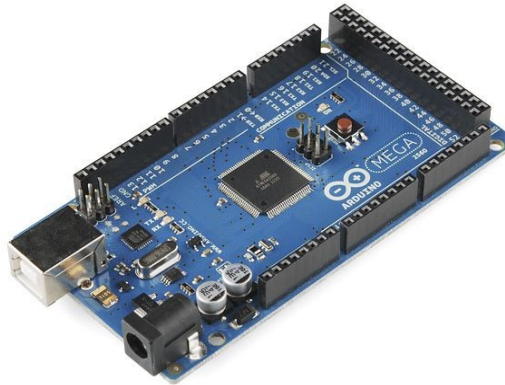
Karena ada tiga posisi utama seperti yang dijelaskan diatas maka dibuatlah secara khusus mengatur motor srvo tersebut, dengan cara memberikan pulsa digital dengan lebar yang berbeda – beda. Jika diberikan pulsa dengan lebar 1.5m/s maka motor servo akan berputar 90 derajat, pulsa dengan 1.75m/s akan membuat motor servo menuju 180 derajat, sedangkan pulsa dengan lebar 1.25m/s akan membut motor servo bergerak menuju 0 derajat, motor servo tersebut disebut Motor servo standard yang memiliki batas, hal ini menyebabkan poros servo tidak berputar 360 derajat, sedangkan motor servo continous jika diberi puls 1.25m/s akan berputar CW dan sedangkan jika diberi 1.75m/s maka akan berputar CCW dan juga bila diberi 1,5ms motor servo kan diam tidak bergerak. Pada dasarnya motor servo continous akan berputar 360 derajat (Purwanto, 2009).



Gambar 2.12 Motor Servo

2.8.2 Arduino

Arduino Mega 2560 adalah papan pengembangan mikrokontroler yang berbasis Arduino dengan menggunakan chip ATmega2560. Board ini memiliki pin I/O yang cukup banyak, sejumlah 54 buah digital I/O pin (15 pin diantaranya adalah PWM), 16 pin analog input, 4 pin UART (serial port hardware). Arduino Mega 2560 dilengkapi dengan sebuah oscillator 16 Mhz, sebuah port USB, power jack DC, ICSP header, dan tombol reset. Board ini sudah sangat lengkap, sudah memiliki segala sesuatu yang dibutuhkan untuk sebuah mikrokontroler. Dengan penggunaan yang cukup sederhana, anda tinggal menghubungkan power dari USB ke PC anda atau melalui adaptor AC/DC ke jack DC.



Gambar 2.13 Arduino

2.8.3 Motor DC

Motor arus searah (motor dc) merupakan salah satu jenis motor listrik yang paling awal digunakan dalam industri dan ke depan mesin ini akan tetap digunakan karena karakteristik pengaturannya yang baik. Dalam motor dc, stator merupakan tempat kumparan medan (field winding) dan rotor merupakan tempat rangkaian jangkar (armature winding). Prinsip kerja dari motor dc adalah bahwa arah medan magnet rotor akan selalu berusaha untuk berada pada posisi yang berlawanan arah dengan arah medan magnet stator. Ini mengikuti sifat magnet bahwa jika magnet yang berlawanan arah didekatkan satu sama lain mereka akan saling tarik menarik dan sebaliknya, magnet yang searah akan saling tolak. Motor DC digunakan untuk mengatur kecepatan roda yang diinginkan maksimal 40 km/jam.

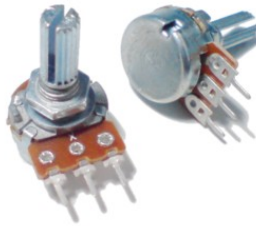


Gambar 2.14 Motor DC

2.8.4 Potensiometer

Potensiometer adalah sensor yang menggunakan kontak geser untuk membuat pembagi tegangan disesuaikan. Tegangan disesuaikan ini mengukur posisi. Potensiometer memberikan tarik sedikit untuk sistem yang mereka secara fisik terhubung ke. Sementara ini diperlukan untuk digunakan sensor jenis ini, potensiometer yang murah dibandingkan dengan sensor posisi lain dan dapat menawarkan akurasi besar

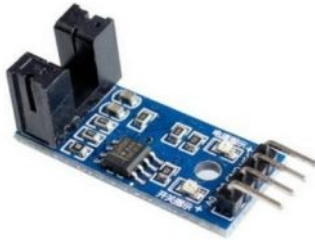
Sensor Potensiometer berperan sebagai resistor variable atau rheostat. Sensor Potensiometer adalah salah satu jenis resistor yang nilai resistansinya dapat diatur sesuai dengan kebutuhan (Purwanto, 2009)



Gambar 2.15 Sensor Potensiometer

2.8.5 Optocoupler

Optocoupler adalah komponen elektronika yang berfungsi sebagai penghubung berdasarkan cahaya optik. Pada dasarnya Optocoupler terdiri dari 2 bagian utama yaitu Transmitter yang berfungsi sebagai pengirim cahaya optik dan Receiver yang berfungsi sebagai pendeteksi sumber cahaya. Masing-masing bagian Optocoupler (Transmitter dan Receiver) tidak memiliki hubungan konduktif rangkaian secara langsung tetapi dibuat sedemikian rupa dalam satu kemasan komponen. Optocoupler digunakan untuk menghitung putaran dari roda yang berfungsi untuk menginputkan nilai putaran roda.



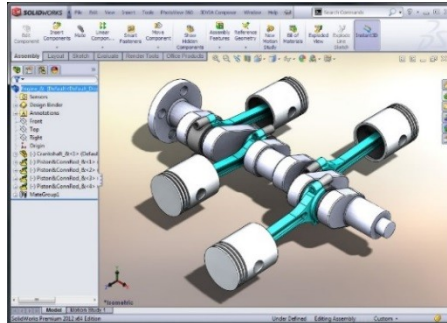
Gambar 2.16 Optocoupler

2.9 Software Pendukung

Software pendukung berisikan mengenai software-software yang digunakan dalam menyelesaikan perancangan.

2.9.1 SolidWorks

Solidworks adalah salah satu CAD software yang dibuat oleh Dassault Systemes digunakan untuk merancang part permesinan atau susunan part permesinan yang berupa assembling dengan tampilan 3D untuk merepresentasikan part sebelum real part nya dibuat atau tampilan 2D (drawing) untuk gambar proses permesinan.



Gambar 2.17 Tampilan layout Solidworks

2.9.2 Matlab

Matlab adalah suatu *software* pemrograman perhitungan dan analisis yang banyak digunakan dalam semua area penerapan matematika baik bidang pendidikan maupun penelitian pada universitas dan industri. Matlab merupakan singkatan dari *MATriks LABORatory* dan berarti *software* ini dibuat berdasarkan vektor-vektor dan matrik-matrik. Hal ini mengakibatkan software ini pada awalnya banyak digunakan pada studi aljabar linier serta juga merupakan perangkat yang tepat untuk menyelesaikan persamaan aljabar dan diferensial dan juga untuk integrasi numerik.

Matlab memiliki perangkat grafik yang powerful dan dapat membuat gambar-gambar dalam 2D dan 3D. Dalam hal pemrograman, Matlab serupa dengan bahasa C dan bahkan salah satu dari bahasa pemrograman termudah dalam hal penulisan program matematik. Ditinjau dari segi orientasi hasilnya, program Matlab lebih berorientasi spesifik untuk memudahkan penuangan rumus perhitungan matematis. Dalam hal ini dengan Matlab maka pembuatan program matematis yang kompleks bisa menjadi lebih singkat

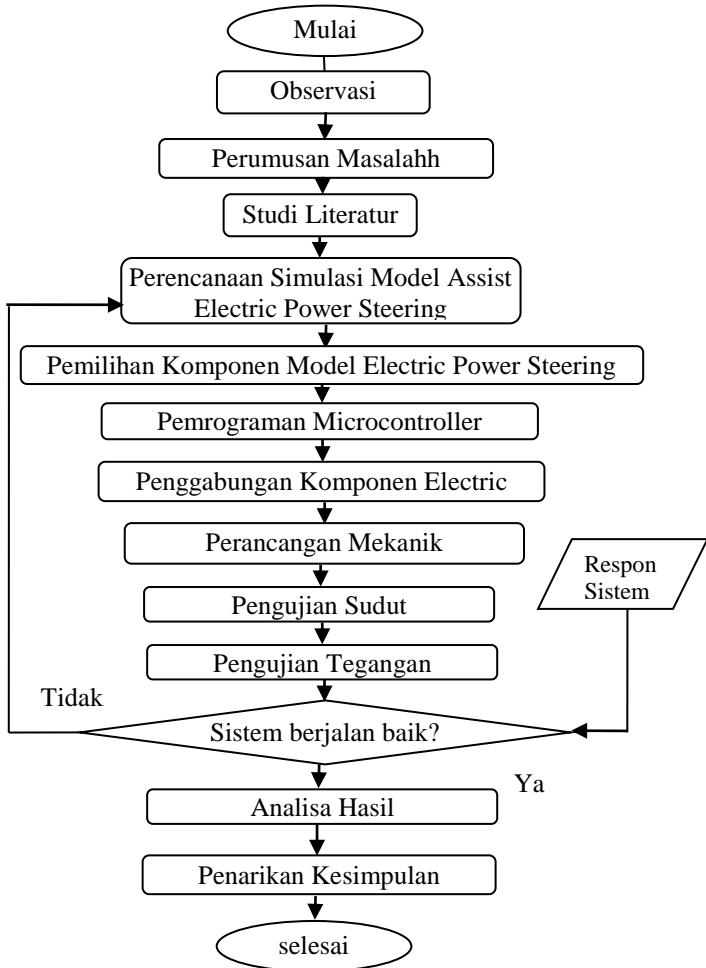
waktunya namun bisa jadi eksekusi program Matlab ini jauh lebih lambat dibandingkan bila dibuat dengan software pemrograman lainnya.

Oleh karena kemampuan komputasi matematisnya yang tinggi, library program perhitungan yang lengkap, serta tools disain dan analisis matematis yang sudah tersedia maka Matlab begitu banyak digunakan di bidang-bidang pendidikan dan riset penelitian (akademis maupun industri) di dunia.

BAB III METODOLOGI

Untuk lebih memperjelas dalam metode penyusunan Tugas Akhir ini disusun dengan diagram alir seperti berikut ini:

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir perencanaan rancang bangun mesin

3.2 Diagram Alir dan Metode Penelitian

Diagram alir ini digunakan untuk merealisasikan penelitian ini sampai dengan model sistem *Electric Power Steering* (EPS) kendaraan dengan mekanisme sistem kendali loop tertutup. Metode pada penelitian ini berisi tentang kerangka dasar dalam mengerjakan tugas akhir. Dalam tugas akhir ini digunakan metode yang dapat diuraikan seperti pada diagram alir (Gambar 3.1).

3.2.1 Perumusan masalah

Meliputi identifikasi karakteristik dari pengaturan sudut masing masing roda, merancang sistem pengendalian *Assist Electric Power Steering* pada kendaraan Niaga sebagai kontrol kestabilan. Dengan dua (2) penggerak motor servo tersebut, sehingga akan ditunjukkan bahwa kendali dari suatu *Electric Power Steering* dengan servo seperti itu dapat mengoptimalkan efisiensi daya serta kestabilan kendaraan pada saat berbelok.

3.2.2 Studi Literatur

Meliputi penelusuran journal-journal ilmiah, pencarian pustaka berupa buku tentang steering kendaraan, internet dan lain-lain, sehingga diperoleh perkembangan teknologi terkini dari steering, teori tentang sistem steering dan teori tentang sistem *loop* tertutup.

3.2.3 Observasi

Merupakan pengamatan langsung secara oleh peneliti, yaitu dengan cara pencarian hasil rancang bangun *Electric*

Power Steering berupa dimensi hingga alat yang ada sebelumnya. Kemudian pelacakan sistem kerja pengendalian *Electric Power Steering* yang telah dikembangkan tesla car model S dengan menggunakan motor DC (Tesla, 2018). Setelah itu, mempelajari komponen-komponen pendukung agar kekurangan penelitian sebelumnya dapat diminimalisir, sehingga tercapai kondisi yang ideal sesuai permodelan.

3.2.4 Perencanaan Simulasi Electric Power Steering

Meliputi identifikasi parameter hasil penelitian Sampurno, dkk (2000) yaitu Pada prinsipnya pada saat kendaraan berbelok terjadi perpindahan beban dari kiri ke kanan pada saat berbelok ke kiri dan dari depan ke belakang. Model kendaraan penuh yang menghitung perpindahan masing masing roda. Namun pada penelitian kami menggunakan konsep Dengan menggunakan software matlab sebagai medianya dengan menggunakan persamaan

3.2.5 Pemilihan Komponen Electric Power Steering

Pemilihan komponen electric seperti Arduino yang digunakan untuk mengontrol keluaran output agar sesuai apa yang di inginkan oleh sesuai dengan program. Komponen yang dipilih menyesuaikan dengan kebutuhan dan terlebih lagi di prioritaskan yang murah.

Sesuai dengan dasar teori pada bab 2 mengenai potensiometer yang digunakan adalah potensiometer dengan sudut maksimal 180° . Sementara kebutuhan octocoupler untuk memenuhi pembacaan putaran roda digunakan tipe FC-03 karena mudah dicari serta harga nya yang terjangkau.

Microcontroller yang dipakai arduino mega dengan pertimbangan pin yang dipakai membutuhkan kapasitas

dengan kuantitas 18 pin sehingga arduino mega sangat cocok dengan kapasitas kuantitas pin yang >18 pin. Penggunaan motor servo digunakan tipe Futaba 30003 karena umum dipasaran dengan fungsi yang relatif sama dengan servo tipe yang lain.

Tabel 3.2.5 List Komponen Electric

Nama Komponen	Jumlah
Potensiometer 180°	3 buah
Optocoupler	2 buah
Arduino Mega	1 buah
Motor Servo	2 buah

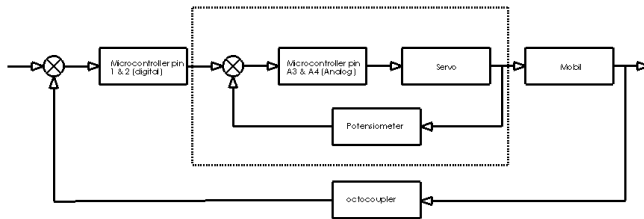
3.2.6 Pemrograman Microcontroller

Pemrograman dilakukan dengan menggunakan software arduino rev. Persamaan yang dimasukan dalam program ini telah dirumuskan oleh sampurno dkk (2000) yang telah merumuskan kebutuhan gaya serta perhiitungan sudut pada masing masing roda . Sehingga dari persamaan tersebut di jadikan setpoint oleh arduino untuk mengkoreksi serta mengembalikan sudut sesuai dengan setpoint.

3.2.7 Penggabungan Komponen Electric

Penggabungan komponen electric seperti motor servo, potensimeter, optocoupler, arduino serta dilakukan serangkaian pengecekan guna mengetahui apakah semua komponen setelah dirangkai berjalan dengan baik. Penggabungan komponen dimulai dengan memasang potensiometer tipe 1 untuk steer ke arduino pin A0. Kemudian dilakukan penyambungan potensiometer 180° tipe 2 ke pin arduino A3 begitu juga potensiometer 180° tipe 3 ke pin

arduino A4. Sensor Octocoupler tipe 1 dipasang dengan pin arduino A1 serta Octocoupler tipe 2 dengan pin arduino A2



3.2 Blok Diagram Model Assist Electric Power Steering

Konsep mekanisme dari model yang dibuat ialah dari sudut steer yang di simulasikan dengan potensiometer, steer sebagai input serta optocoupler sebagai input dari kecepatan roda. Dari diagram blok diatas di dapatkan prinsip kerja dari model yaitu :

1. Octocoupler membaca kecepatan dari roda
2. Ketika telah mencapai kecepatan tertentu kemudian sub sistem arduino pin B berkerja
3. Arduino pin B membaca sudut roda melalui potensiometer
4. Ketika belum mencapai sudut yang di inginkan arduino pin B mengendalikan aktuator (Servo)
5. Sudut servo bergerak sesuai sudut yang di inginkan oleh sensor yang diatur oleh arduino pin B
6. Servo menggerakkan roda mobil sampai mencapai sudut yang telah di atur
7. Octocoupler membaca kecepatan tertentu ketika kecepatan diatas 40 km/jam maka arduino pin B tidak aktif.

3.2.8 Perancangan Mekanik

Perencanaan mekanik seperti chasis mobil yang akan digunakan serta terpengaruh oleh faktor penggabungan komponen elektrik yang sesuai dengan perencanaan serta mempunyai harga yang terjangkau dan berkualitas. Perancangan mekanik bertujuan agar proses yang di inginkan sesuai dengan yang direncanakan

3.2.9 Pengujian Sudut

Pengujian pada sudut servo menggunakan media serial monitor yang ada pada arduino yang telah diset pada control. Penggunaan media serial monitor ini digunakan karena untuk pengukuran dilakukan untuk mendapatkan ketelitian yang optimal . karena dalam pengukuran dengan menggunakan busur derajat banyak terjadi *human eror* yang bisa menyebabkan tidak sinkron antara teori dengan realisasi

3.2.10 Pengujian Tegangan

Pengujian Tegangan dilakukan dengan multimeter dan diamati daya yang dibutuhkan pada masing masing sudut servo yang ingin diuji dengan mengatur multimeter ke dalam tegangan. Hasil dari pengujian ini akan dibandingkan kondisi kedua sudut servo yang nanti tiap sudut tersebut akan dicari tegangan nya. Alat yang digunakan sebagai pengukur nilai tegang kami menggunakan multimeter digital yang nilai keakuratan nya lebih baik dari multimeter analog.

3.2.11 Penarikan Kesimpulan

Tahap akhir dari rangkaian kegiatan ini adalah penyusunan dan pembuatan laporan sebagai pertanggung jawaban atas segala sesuatu yang terjadi dalam keikutsertaan dalam kegiatan tugas akhir ini. Selain itu dapat digunakan sebagai bahan referensi dalam pengembangan produk dari alat yang serupa.

BAB 4

Hasil & Pembahasan

4.1 Perencanaan dan Perhitungan Alat

Pada sub bab ini dilakukan perhitungan dan perencanaan alat dan sudut yang akan diterapkan pada model kendaraan sesuai dengan persamaan sistem kendali kemudi.

4.1.1 Perhitungan Estimasi Parameter Keluaran Kendaraan

Diket : v : percepatan lateral

θ : roll rate

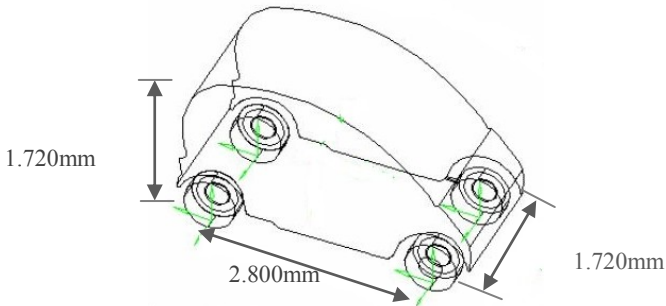
φ : yaw rate

U_o : kecepatan longitudinal

δ_{sw} : Steering Wheel

low middle speed : (<35km/ jam)

$$\begin{aligned} \bullet \\ v &= 2 \left[\frac{-C_f - C_r}{U_o m} \right] + 2 \left[\frac{-C_f a + C_r b - U_o}{U_o m} \right] \bullet \varphi + \frac{C_f}{m} (\beta_{f1} + \beta_{f2}) \\ \bullet \bullet \\ \varphi &= 2 \left[\frac{-a C_f + b C_r}{U_o I_{zz}} \right] v + 2 \left[\frac{-a^2 C_f - b^2 C_r}{U_o I_{zz}} \right] \bullet \varphi + \frac{a C_f}{I_{zz}} (\beta_{f1} + \beta_{f2}) \end{aligned}$$



Gambar 4.1 Dimensi Kendaraan

Diketahui :

$$a = 1,251m$$

$$b=0,849m$$

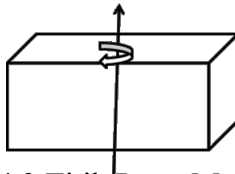
$$M_s=850kg$$

$$C_{af}=910N/deg$$

$$C_{ar}=840N/deg$$

$$U_0=10km/jam$$

4.1.2 Inersia



Gambar 4.2 Titik Putar Momen Inersia

$$I_{zz} = \frac{1}{12} m x (p^2 + l^2)$$

$$I_{zz} = \frac{1}{12} x (850) x [(2,8)^2 + (1,385)^2]$$

$$I_{zz} = 70,83 [(7,84) + (1,92)]$$

$$I_{zz} = 691,17kg.m^2 \approx 691kg.m^2$$

Data perhitungan diinputkan menggunakan software matlab. Permodelan matlab digunakan untuk mengetahui percepatan lateral dipengaruhi oleh parameter input U_0 membujur kecepatan dan arah setiap roda dan juga yawing akselerasi juga dipengaruhi oleh parameter input dan yaw inertia I_{zz} .

Sudut (5° , 10° , 15° , 20° , 25° , 30°) dan kecepatan ($5\text{km} / \text{jam}$, $15\text{km} / \text{jam}$, $25\text{km} / \text{jam}$ dan $35\text{km} / \text{jam}$) diinputkan untuk membuktikan apakah sistem *electric power steering* dengan variasi sudut dan kecepatan dapat diimplementasikan pada kendaraan kancil.

4.1.3 Menentukan Sudut Samping Roda

Diketahui : $T_f = 1,2 \text{ m}$

$U_0 = (5\text{km} / \text{jam}, 15\text{km} / \text{jam}, 25\text{km} / \text{jam} \text{ dan } 35\text{km} / \text{jam})$

$L = 2,1 \text{ m}$

$a = 1,251 \text{ m}$

$\beta_1 = (5^\circ, 10^\circ, 15^\circ, 20^\circ, 25^\circ, 30^\circ)$

Maka pada kecepatan 10 km/jam dan sudut 5° didapat :

$$R \approx \frac{57,3}{\beta_1} L + \frac{T_f}{2}$$

$$R \approx \frac{57,3}{5^\circ} L + \frac{1,2}{2} = 24,6 \text{ m}$$

$$R_1 \approx \frac{a}{\sin \beta_1}$$

$$R_1 \approx \frac{1,251}{\sin 5^\circ} = 14,354 \text{ m}$$

$$R_2 = \frac{\cos \beta_1 + T_f / 2}{\cos \beta_2}$$

$$R_2 = \frac{\cos 5^\circ + T_f / 2}{\cos 4^\circ} \\ = 14,956 \text{ m}$$

$$\beta = \text{arcSin} \left[\frac{a \dot{\phi} + U_{o1} \text{Sin}(\beta_1)}{U_o} \right] = 0,001778^\circ$$

$$\beta_2 = \text{arcSin} \left[\frac{a + (R + T_f / 2) \beta}{R_1 \text{Cos} \beta_1 + T_f / 2} \right]$$

$$\beta_2 = \text{arcSin} \left[\frac{1,251(0,110) + (1,575 + 1,2 / 2)0,001778}{14,354 \text{Cos} 5^\circ + 1,2 / 2} \right] \\ = 4,98949^\circ$$

4.1.4 Hasil Perhitungan Sudut

Berdasarkan rumus didapat perhitungan kecepatan yang digunakan berbeda-beda menghasilkan tabel sebagai berikut :

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan variasi kecepatan

NO	$T_f(m)$	$U_o(m/s)$	$U_{o1}(m/s)$	L(m)
5(km/jam)				
1.	1,2	1,3	0,758	2,1
2.	1,2	1,3	0,743	2,1
3.	1,2	1,3	0,731	2,1
4.	1,2	1,3	0,720	2,1
5.	1,2	1,3	0,713	2,1
6.	1,2	1,3	0,707	2,1
15(km/jam)				
7.	1,2	4,1	2,392	2,1
8.	1,2	4,1	2,344	2,1
9.	1,2	4,1	2,304	2,1
10.	1,2	4,1	2,272	2,1
11.	1,2	4,1	2,247	2,1
12.	1,2	4,1	2,230	2,1
25(km/jam)				
13.	1,2	6,9	4,015	2,1
14.	1,2	6,9	3,935	2,1
15.	1,2	6,9	3,868	2,1
16.	1,2	6,9	3,814	2,1
17.	1,2	6,9	3,773	2,1
18.	1,2	6,9	3,744	2,1
35(km/jam)				
19.	1,2	9,7	5,645	2,1
20.	1,2	9,7	5,532	2,1
21.	1,2	9,7	5,438	2,1
22.	1,2	9,7	5,362	2,1
23.	1,2	9,7	5,304	2,1

24.	1,2	9,7	5,263	2,1
-----	-----	-----	-------	-----

Persamaan-persamaan tersebut didapat sudut samping roda kiri (β_1) dan sudut samping roda kanan (β_2) sebagai berikut:

Tabel 4.2 Perhitungan sudut samping roda

NO	β_1 (deg)	β_2 (deg)	β (deg)	$\dot{\varphi}$ (deg/ s)
5(km/jam)				
1.	5	4,989	0,001778074	0,053
2.	10	9,704	0,003488667	0,103
3.	15	14,266	0,005151831	0,151
4.	20	18,783	0,006785600	0,197
5.	25	23,356	0,008407578	0,241
6.	30	28,100	0,010036546	0,283
15(km/jam)				
7.	5	4,989	0,001778074	0,167
8.	10	9,704	0,003488667	0,325
9.	15	14,266	0,005151831	0,477
10.	20	18,783	0,006785600	0,621
11.	25	23,356	0,008407578	0,759
12.	30	28,100	0,010036546	0,891
25(km/jam)				
13.	5	4,989	0,001773428	0,280
14.	10	9,704	0,003479678	0,546
15.	15	14,266	0,005138654	0,800
16.	20	18,783	0,006768252	1,043
17.	25	23,356	0,008385931	1,275
18.	30	28,100	0,010010296	1,496
35(km/jam)				
19.	5	4,989	0,001773428	0,393

20.	10	9,704	0,003479678	0,768
21.	15	14,266	0,005138654	1,125
22.	20	18,783	0,006768252	1,466
23.	25	23,356	0,008385931	1,792
24.	30	28,100	0,010010296	2,104

Besarnya radius putar pada masing-masing roda dapat dihitung dengan menjadikan acuan pada salah satu roda dan kecepatan longitudinal. Dalam hal ini β_1 atau roda kiri dijadikan acuan sehingga didapatkan radius putar sebagai berikut:

Tabel 4.3 Perhitungan jarak radius roda (R)

NO	$R(m)$	$R_1(m)$	$R_2(m)$	$a(m)$
5(km/jam)				
1.	24,6	14,354	14,956	1,251
2.	12,6	7,204	7,806	1,251
3.	8,6	4,833	5,436	1,251
4.	6,6	3,658	4,264	1,251
5.	5,4	2,960	3,576	1,251
6.	4,6	2,502	3,137	1,251
15(km/jam)				
7.	24,6	14,354	14,956	1,251
8.	12,6	7,204	7,806	1,251
9.	8,6	4,833	5,436	1,251
10.	6,6	3,658	4,264	1,251
11.	5,4	2,960	3,576	1,251
12.	4,6	2,502	28,100	1,251
25(km/jam)				
13.	24,7	14,956	14,956	1,251

14.	12,6	7,806	7,806	1,251
15	8,6	5,436	5,436	1,251
16	6,6	4,264	4,264	1,251
17.	5,4	3,576	3,576	1,251
18.	4,6	3,137	3,137	1,251
35(km/jam)				
19.	24,7	14,956	14,956	1,251
20.	12,6	7,806	7,806	1,251
21.	8,6	5,436	5,436	1,251
22.	6,6	4,264	4,264	1,251
23.	5,4	3,576	3,576	1,251
24.	4,6	3,137	3,137	1,251

Berdasarkan tabel perhitungan diatas didapatkan sudut samping roda dengan variasi kecepatan yang berbeda yaitu (5° , 10° , 15° , 20° , 25° , 30°) sudut tersebut digunakan untuk mengatur posisi roda pada saat berbelok.

4.2 Pemograman Servo

Rangkaian pada motor servo digunakan untuk mengontrol steering/kemudi yang dapat menggerakkan potensiometer.

```
File Edit Search Tools Help rev [Arduino 1.6.13]
//
#include <Servo.h>
Servo servo1;

Servo servo2;

int s1 = 9; //Declaring where our module is wired
int s2 = 8;
int s3 = 11; //Declaring where our module is wired
int s4 = 12;
int C0a8 = 13;
int s5 = 13; // Don't forget this is a PWM Pin!
int s6 = 1;
int s7 = 2;
int s8 = 3;
int s9 = 4;
int s10 = 5;
int s11 = 6;
int s12 = 7;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(s1, OUTPUT);
  pinMode(s2, OUTPUT);
  pinMode(s3, OUTPUT);
  pinMode(s4, OUTPUT);
  pinMode(s5, OUTPUT);
  pinMode(s6, OUTPUT);
  pinMode(s7, OUTPUT);
  pinMode(s8, OUTPUT);
  pinMode(s9, OUTPUT);
  pinMode(s10, OUTPUT);
  pinMode(s11, OUTPUT);
  pinMode(s12, OUTPUT);
  servo1.attach(s1);
  servo2.attach(s2);
}

void loop() {
  //
}
```

Gambar 4.3 Pemrograman Servo

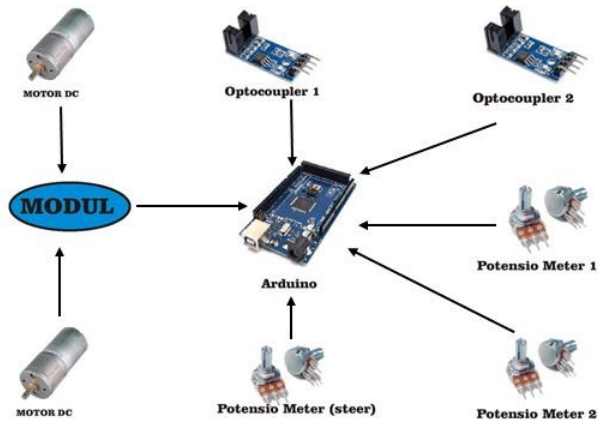
Program arduino diatas digunakan untuk menggerakkan servo sesuai dengan input sudut steer yang ddiapat dari proses perhitungan mengatur besar sudut pada saat roda berbelok . Untuk lebih jelas nya pemrograman dapat dilihat di lampiran 3.

4.3 Perancangan Sistem

Perancangan sistem mempunyai tujuan untuk mengatur mekanisme kerja pada saat mobil berbelok sesuai dengan variasi kecepatan. Untuk merealisasinya, diperlukan perancangan sistem yang meliputi Rancangan Mekanis dan juga rancangan sistem kontrol.

Sistem terdiri dari komponen arduino yang bertugas sebagai pengatur sistem agar sesuai dengan set point, kemudian sensor potensiometer 1 dan 2 berfungsi untuk input nilai koreksi dari sudut roda yang akan di kirim ke arduino. Kedua motor DC difungsikan untuk memutar roda depan kanan dan kiri selanjutnya putaran dibaca oleh optocoupler dan dikirimkan ke arduino untuk di proses. Setelah itu potensiometer (steer) mengirim input ke arduino untuk

mengeluarkan output sudut yang mempertimbangkan kecepatan roda serta sudut steer.

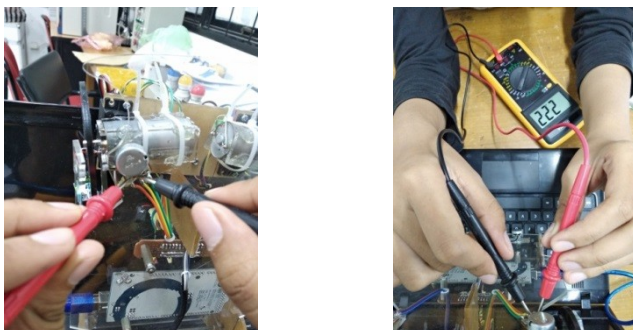


Gambar 4.4 Sistem Kerja Alat

4.4 Pengujian Sudut dan Voltase

Dari tugas akhir ini dilakukan pengujian tegangan pada masing masing sudut potensio dengan variasi kecepatan (5km/jam, 15 km/jam, 25 km/jam dan 35 km/jam).

Metode pengujian dilakukan menggunakan multimeter se



Gambar 4.5 Pengujian alat

Pada saat roda kiri berbelok diukur besar voltase yang dihasilkan sehingga menghasilkan besar voltase sebagai berikut:

Tabel 4.4 tabel voltase sudut belok roda kiri

β_1 (deg)	voltase β_1 (v)	voltase β_2 (v)
0	1,9	1,7
5	2	1,8
10	2,1	1,9
15	2,2	2
20	2,3	2,1
25	2,4	2,2
30	2,6	2,4

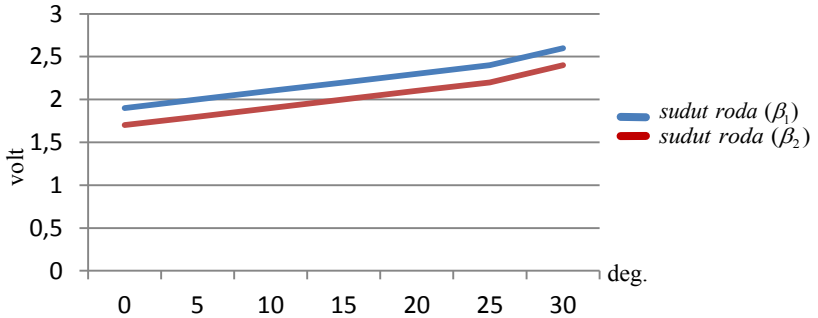
Berdasarkan sudut roda kanan pada saat berbelok menghasilkan voltase sebesar sebagai berikut :

Tabel 4.5 tabel voltase sudut belok roda kanan

β_2 (deg)	voltase β_2 (v)	voltase β_1 (v)
0	1,7	1,9
5	1,8	2
10	1,9	2,1
15	2	2,2
20	2,1	2,3
25	2,2	2,4
30	2,4	2,6

Dari tabel diatas dapat diperoleh besar voltase yang dihasilkan pada saat sudut belok roda kiri sebagai acuan dan pada saat sudut belok roda kanan sebagai acuan, tidak terjadi perbedaan nilai voltase. Jika roda kiri maupun kanan yang digunakan

sebagai acuan. Namun besar voltase yang dihasilkan sudut roda kiri dan kanan menghasilkan grafik sebagai berikut:



Gambar 4.6 hubungan sudut roda dan voltase

Dapat dilihat pada grafik diatas pada kecepatan 15 km/jam menunjukkan roda kiri (β_1) menghasilkan voltase yang lebih tinggi dibanding kan roda kanan (β_2) maka, daya yang dihasilkan semakin besar. Hal ini membuktikan roda kiri membutuhkan daya yang lebih besar saat berbelok dari pada roda kanan .

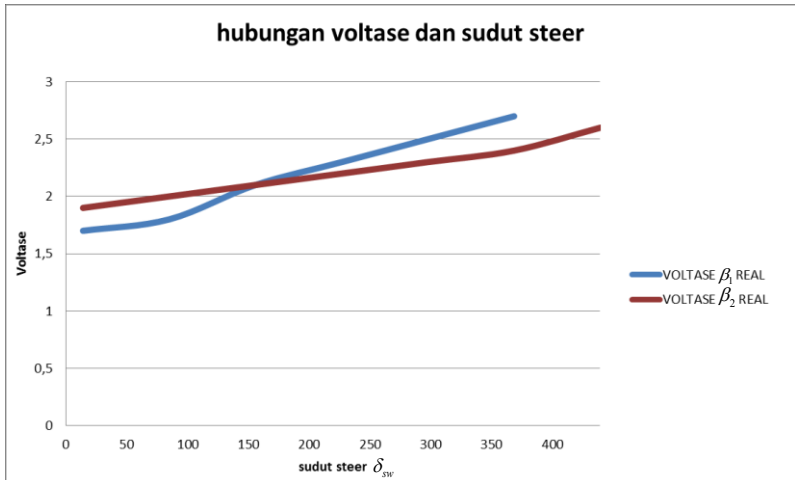
4.5 Hasil dan Analisa

Setelah dilakukan perhitungan dan pengujian didapatkan data yang selanjutnya di analisa diperoleh hasil sebagai berikut:

4.5.1 Voltase Terhadap Sudut Steer (δ_{sw})

Pengujian dilakukan menggunakan multimeter menunjukkan voltase pada setiap roda pada saat kendaraan

berbelok. Sudut steer didapatkan dari perkalian sudut belok roda β_1 dan β_2 yang menggambarkan 17° sudut steer sama dengan 1° sudut roda.

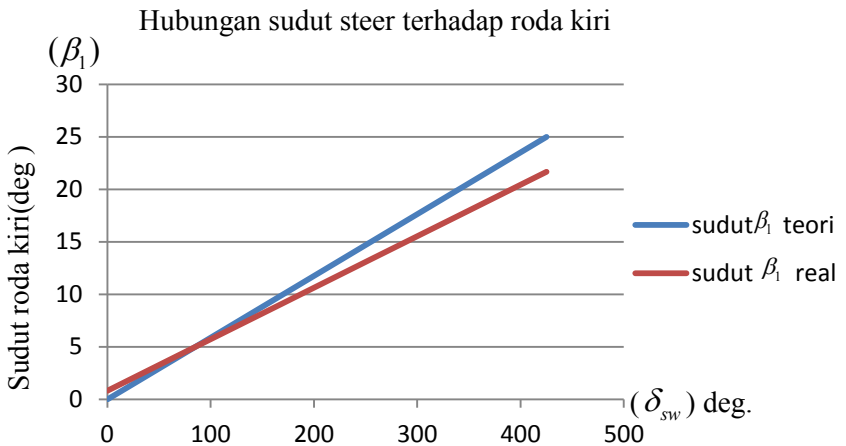


Gambar 4.7 Hubungan Voltase (β_1) dan (β_2) dg sudut steer

Pada grafik diatas dapat dilihat perbedaan pada saat sudut minimum yaitu 0° voltase yang dihasilkan motor DC sebesar 1,9 volt pada roda kiri dan kanan sebesar 1,4 volt perbedaan tersebut menunjukkan kebutuhan daya yg berbeda pada roda kiri dan kanan. Kurva saling bersinggungan antara roda kanan dan kiri pada sudut steer 156° besar voltase roda kanan dan kiri sama. sedangkan mencapai sudut maksimum kurva mulai menjauh menunjukkan perbedaan range antara roda kiri dan kanan cukup besar. Setelah mencapai sudut belok maksimum yaitu 425° kurva menjauh menunjukkan voltase sudut belok roda kanan dan kiri berbeda.

4.5.2 Perbandingan Sudut Steer (δ_{sw}) dan (β_1)

Setelah dilakukan perhitungan menggunakan rumus sehingga diperoleh besarnya sudut belok roda kiri (β_1) yang nantinya dilakukan perbandingan dengan sudut belok roda pada saat kondisi real atau sesungguhnya.

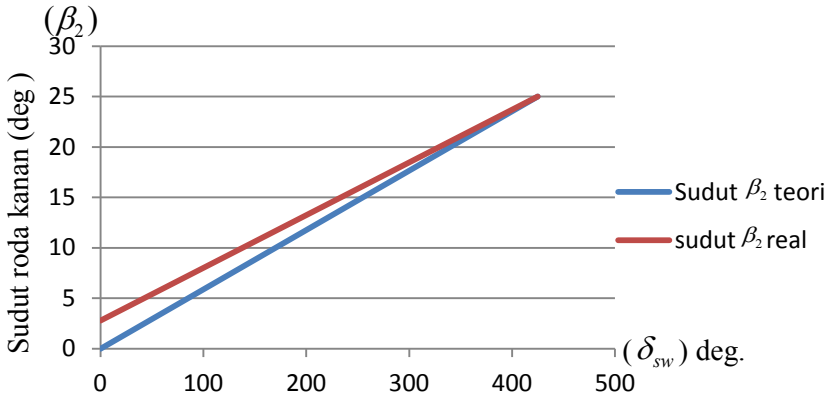


Gambar 4.8 Hubungan sudut β_1 dan sudut steer δ_{sw}

Berdasarkan grafik diatas menunjukkan hubungan antara sudut roda kiri pada saat berbelok menurut teori dan pada saat keadaan real. Pada sudut 0° disteer menurut teori β_1 seharusnya menunjukkan nilai yg sama namun pada saat keadaan real sudut roda β_1 sebesar $0,82^\circ$. Sedangkan sudut roda menyentuh angka 5° menurut teori pada saat keadaan real sudut belok roda sebesar $4,99^\circ$ hampir mencapai akurasi.

Hubungan kurva sudut roda berbelok mulai menjauh pada saat mendekati nilai maksimal yaitu sudut belok roda 25° menurut teori menghasilkan $21,6^\circ$ menunjukkan perbedaan selisih angka sehingga tidak dapat berbelok secara akurat.

4.5.3 Perbandingan Sudut Steer (δ_{sw}) dan (β_2)

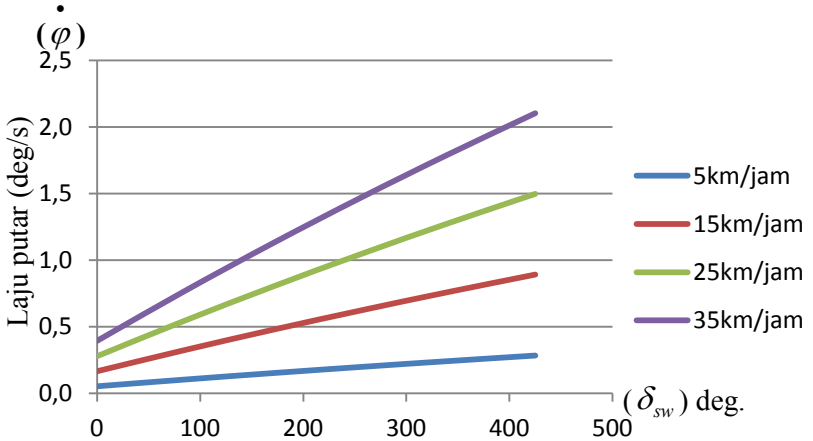


Gambar 4.9 Hubungan sudut belok roda kanan (β_2) dan sudut steer δ_{sw}

Berdasarkan grafik diatas menunjukkan hubungan antara sudut roda kanan pada saat berbelok menurut teori dan pada saat keadaan real. Pada sudut 0° disteer menurut teori β_2 seharusnya menunjukan nilai yg sama namun pada saat keadaan real sudut roda β_2 sebesar $2,79^\circ$ perbedaan selisih sudut yang sangat besar sehingga roda kanan tidak dapat berbelok tepat sesuai angka perhitungan teori. namun ketika roda kanan mencapai sudut belok maksimal yaitu 25° menurut

teori menyentuh angka $24,99^\circ$ hampir menunjukkan bahwa roda berbelok sesuai dan akurasi maksimal.

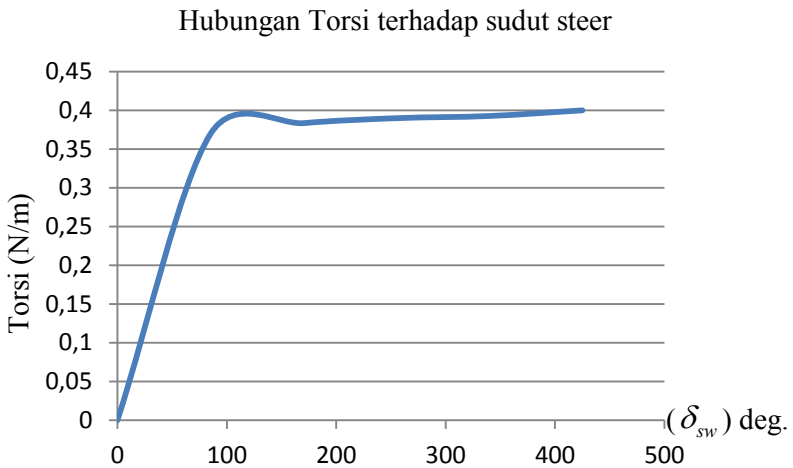
4.5.4 Perbandingan Sudut Steer (δ_{sw}) dan ($\dot{\varphi}$)



Gambar 4.10 Hubungan laju putar ($\dot{\varphi}$) terhadap sudut steer (δ_{sw})

Berdasarkan grafik diatas semakin besar kecepatan semakin tinggi laju putar menunjukan besar laju putar ($\dot{\varphi}$) dan sudut steer bergantung pada kecepatan kendaraan. Pada kecepatan 5km/jam keadaan sudut belok steer minimum kurva cenderung naik berbanding lurus dengan sudut steer mencapai sudut belok maksimal. Sedangkan pada kecepatan 15 km/jam keadaan minimum grafik mengalami kenaikan nilai laju putar dibandingkan kecepatan sebelumnya.

4.5.5 Torsi terhadap sudut steer (δ_{sw})

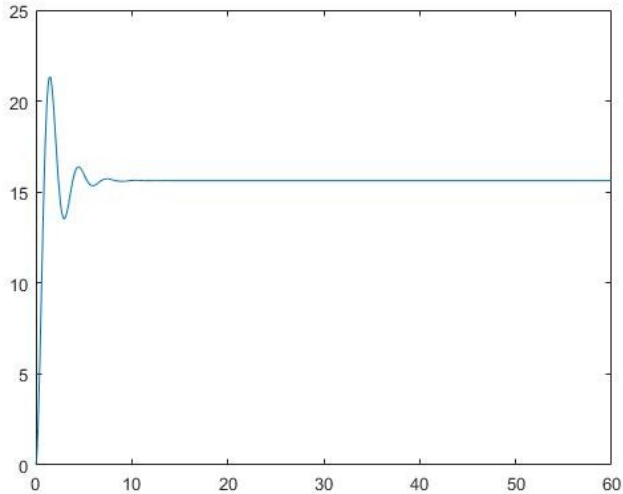


Gambar 4.11 Hubungan Torsi dan sudut steer (δ_{sw})

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat hubungan torsi terhadap sudut steer diperoleh grafik berbanding lurus menunjukkan semakin besar torsi kendaraan bergantung pada besar kecilnya sudut steer pada saat berbelok.

4.5.6 Simulasi percepatan yaw kendaraan terhadap waktu pada kecepatan dan sudut steer kendaraan

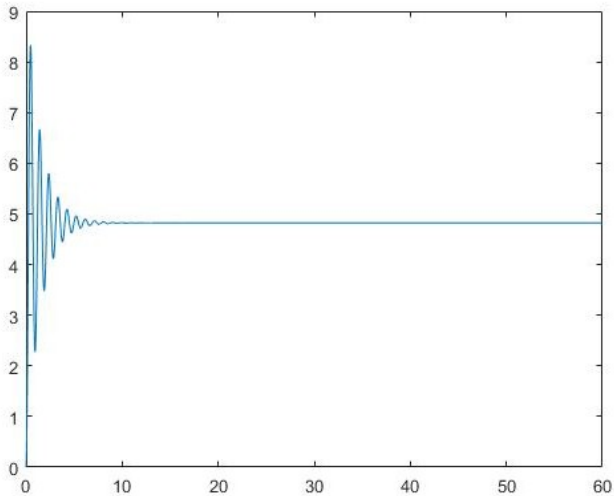
A. Grafik percepatan yaw kendaraan terhadap waktu pada kecepatan 5 km/jam dan sudut steer 170°



Gambar 4.12 Hasil simulasi percepatan yaw pada kecepatan 5 km/jam dan sudut steer 170°

Dari gambar 4.7 terlihat bahwa percepatan yaw memiliki overshoot sebesar 37% dan memiliki waktu stabil 10 detik. Kondisi ini menunjukkan percepatan putar kendaraan mengalami fluktuasi sebesar 37% dari kondisi tunak dan dalam waktu singkat (10 detik) kendaraan tersebut stabil

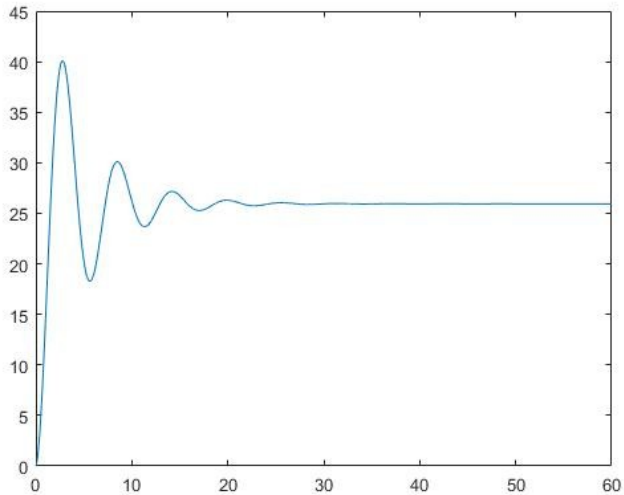
B. Grafik percepatan yaw kendaraan terhadap waktu pada kecepatan 5 km/jam dan sudut steer 510°



Gambar 4.13 Hasil simulasi percepatan yaw pada kecepatan 5 km/jam dan sudut steer 510°

Dari gambar 4.8 dapat diamati bahwa percepatan yaw memiliki overshoot sebesar 60% dan memiliki waktu stabil 6 detik. Kondisi ini menunjukkan percepatan putar kendaraan mengalami fluktuasi sebesar 60% dari kondisi tunak dan dalam waktu singkat (6 detik) kendaraan tersebut stabil.

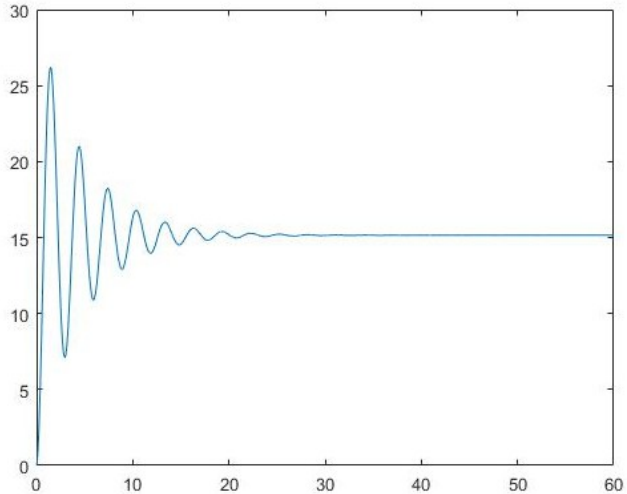
C. Grafik percepatan yaw kendaraan terhadap waktu pada kecepatan 15 km/jam dan sudut steer 85°



Gambar 4.14 Hasil simulasi percepatan yaw pada kecepatan 15 km/jam dan sudut steer 85°

Dari gambar 4.9 dapat diamati bahwa percepatan yaw memiliki overshoot sebesar 54% dan memiliki waktu stabil 17 detik. Kondisi ini menunjukkan percepatan putar kendaraan mengalami fluktuasi sebesar 54% dari kondisi tunak dan dalam waktu singkat (17 detik) kendaraan tersebut stabil.

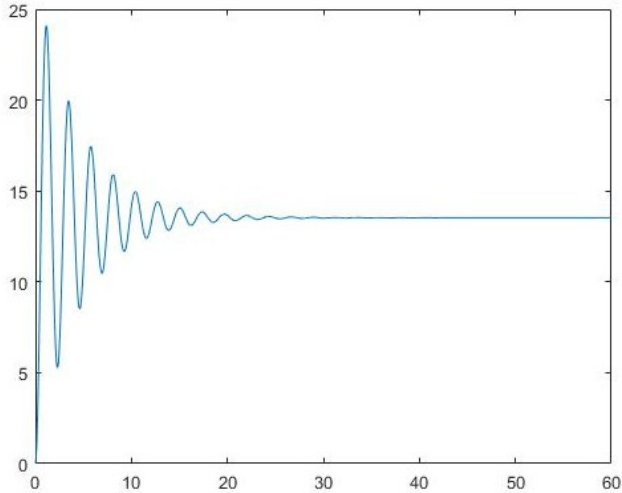
D. Grafik percepatan yaw kendaraan terhadap waktu pada kecepatan 15 km/jam dan sudut steer 170°



Gambar 4.15 Hasil simulasi percepatan yaw pada kecepatan 15 km/jam dan sudut steer 175°

Pada gambar 4.10 diatas dapat dilihat percepatan yaw memiliki overshoot sebesar 48% dan memiliki waktu stabil 13 detik. Kondisi ini menunjukkan percepatan putar kendaraan mengalami fluktuasi sebesar 48% dari kondisi tunak dan dalam waktu singkat (13 detik) kendaraan tersebut stabil.

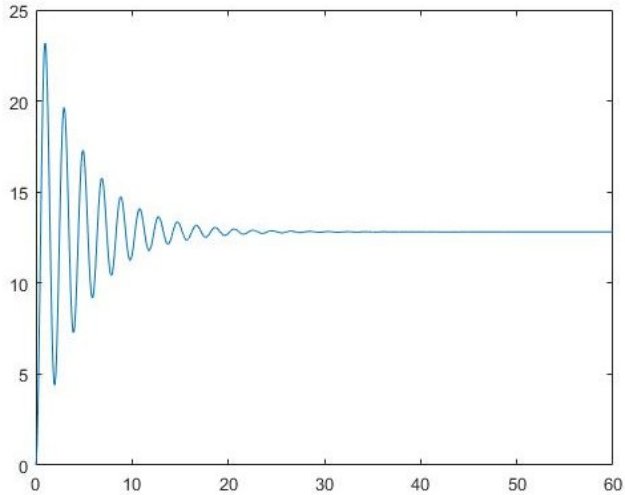
E. Grafik percepatan yaw kendaraan terhadap waktu pada kecepatan 15 km/jam dan sudut steer 255°



Gambar 4.16 Hasil simulasi percepatan yaw pada kecepatan 15 km/jam dan sudut steer 255°

Pada gambar 4.11 dapat diamati percepatan yaw memiliki overshoot sebesar 60% dan memiliki waktu stabil 15 detik. Kondisi ini menunjukkan percepatan putar kendaraan mengalami fluktuasi sebesar 60% dari kondisi tunak dan dalam waktu singkat (15 detik) kendaraan tersebut stabil.

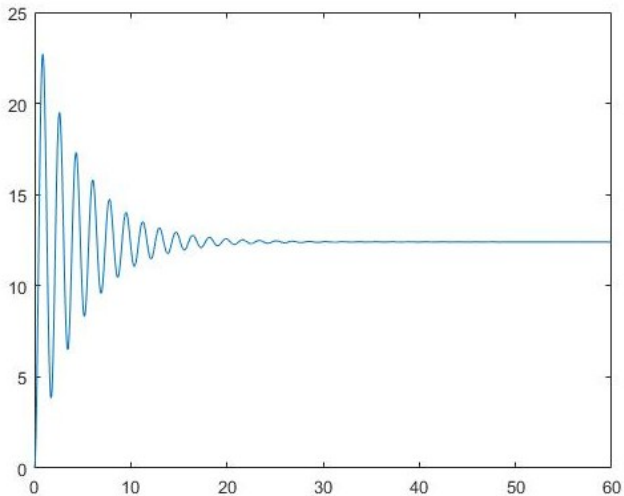
F. Grafik percepatan yaw kendaraan terhadap waktu pada kecepatan 15 km/jam dan sudut steer 340°



Gambar 4.17 Hasil simulasi percepatan yaw pada kecepatan 15 km/jam dan sudut steer 340°

Dari gambar 4.12 terlihat bahwa percepatan yaw memiliki overshoot sebesar 77% dan memiliki waktu stabil 18 detik. Kondisi ini menunjukkan percepatan putar kendaraan mengalami fluktuasi sebesar 77% dari kondisi tunak dan dalam waktu singkat (18 detik) kendaraan tersebut stabil

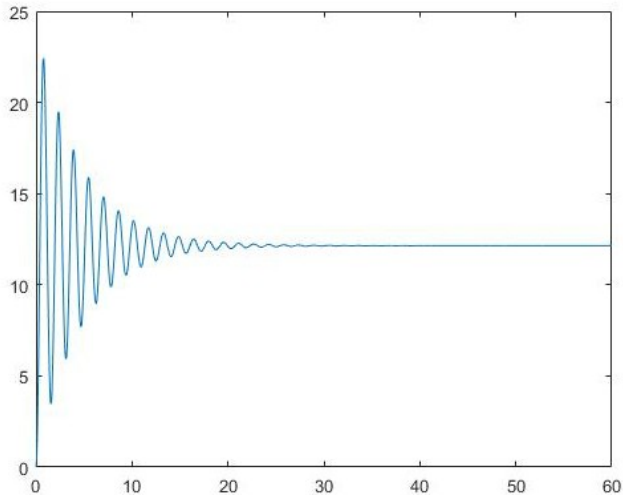
G. Grafik percepatan yaw kendaraan terhadap waktu pada kecepatan 15 km/jam dan sudut steer 425°



Gambar 4.18 Hasil simulasi percepatan yaw pada kecepatan 15 km/jam dan sudut steer 425°

Dari gambar 4.8 dapat diamati bahwa percepatan yaw memiliki overshoot sebesar 73% dan memiliki waktu stabil 16 detik. Kondisi ini menunjukkan percepatan putar kendaraan mengalami fluktuasi sebesar 73% dari kondisi tunak dan dalam waktu singkat (16 detik) kendaraan tersebut stabil.

H. Grafik percepatan yaw kendaraan terhadap waktu pada kecepatan 15 km/jam dan sudut steer 510°



Gambar 4.19 Hasil simulasi percepatan yaw pada kecepatan 15 km/jam dan sudut steer 510°

Pada gambar 4.11 dapat diamati percepatan yaw memiliki overshoot sebesar 60% dan memiliki waktu stabil 13 detik. Kondisi ini menunjukkan percepatan putar kendaraan mengalami fluktuasi sebesar 60% dari kondisi tunak dan dalam waktu singkat (13 detik) kendaraan tersebut stabil.

Berdasarkan dari grafik simulasi matlab diatas membuktikan bahwa persamaan tersebut stabil sehingga dapat disimpulkan bahwa \dot{v} dan $\ddot{\varphi}$ menghasilkan output yang stabil sehingga dapat diimplementasikan pada kendaraan kancil dengan input berapapun sudut roda.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perancangan, perhitungan, simulasi dan pengujian dari sistem model electric power steering pada mobil kancil maka disimpulkan :

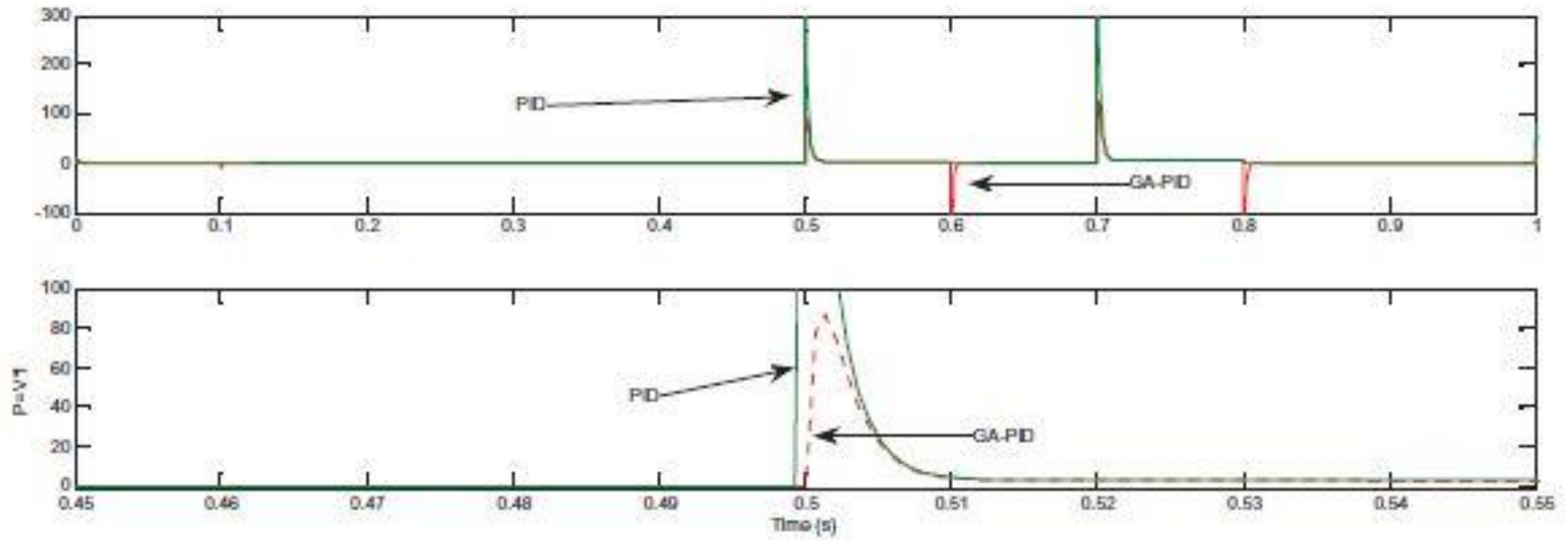
1. Telah diperoleh Rancangan sistem model electric power steering pada mobil kancil terealisasi dengan perbandingan model 1 : 90.
2. Semakin tinggi kecepatan.....
3. Sudut roda depan kanan jika kiri sebagai acuan maupun sebaliknya.
4. Untuk mengetahui perubahan sudut kemudi dan laju putar kendaraan.
5. Untuk mengetahui perubahan sudut kemudi dengan torsi kendaraan.
6. Semakin tinggi kecepatan kendaraan maka overshoot semakin tinggi dan semakin besar sudut roda semakin besar overshoot yang terjadi

5.2 Saran

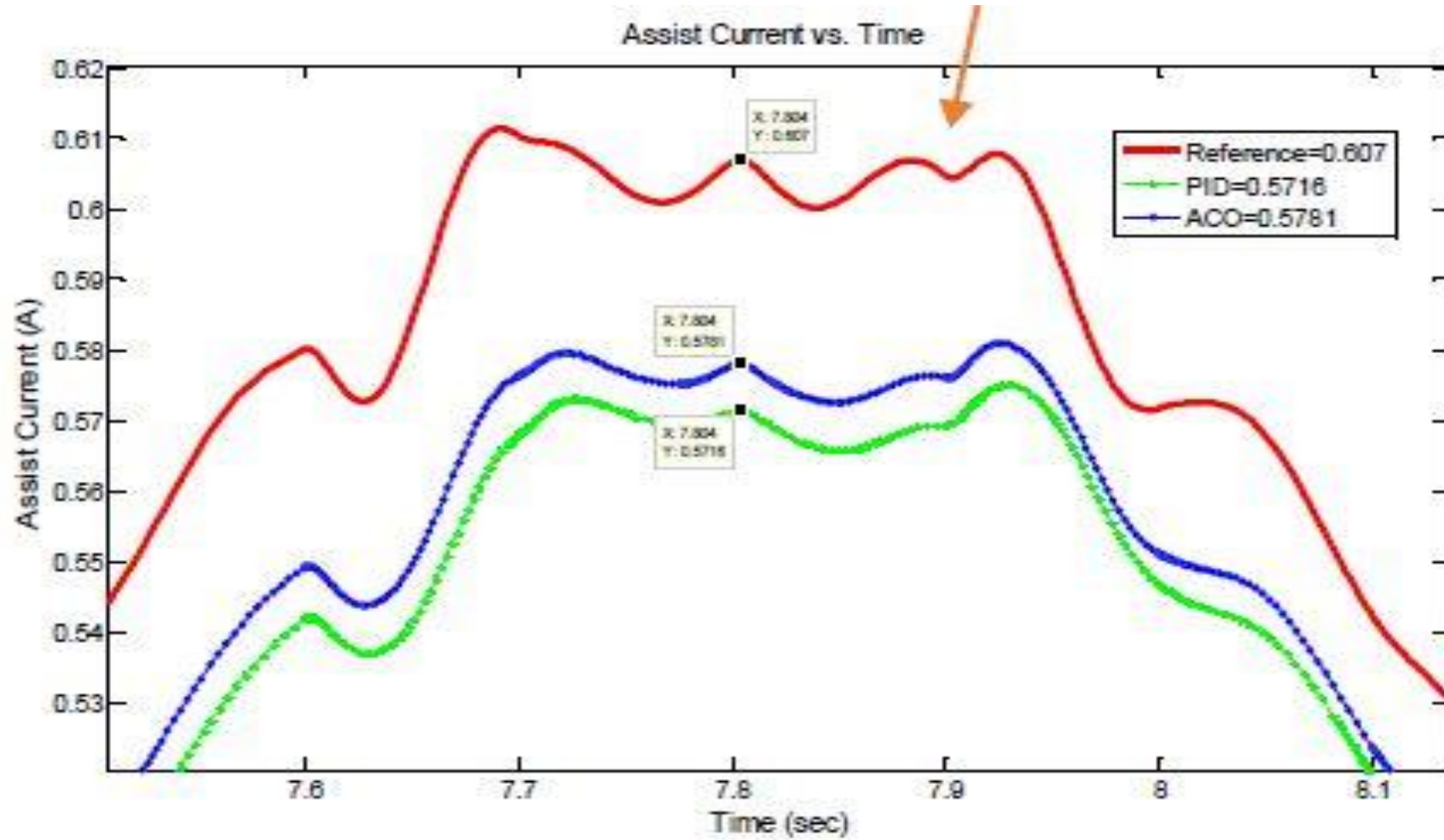
1. Sebaiknya dilakukan adanya penelitian lebih lanjut terhadap kecepatan diatas 35 km/jam.
2. Seharusnya dilakukan pengujian secara online agar data yang didapatkan lebih akurat.
3. Sebaiknya alat ukur pada penelitian lanjutan menghasilkan angka yang lebih akurat.
4. Dalam penelitian selanjutnya perlu dilakukan perubahan pada model kendaraan mengenai bentuk dimensinya.
5. Seharusnya dilakukan implementasi pada keadaan real.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

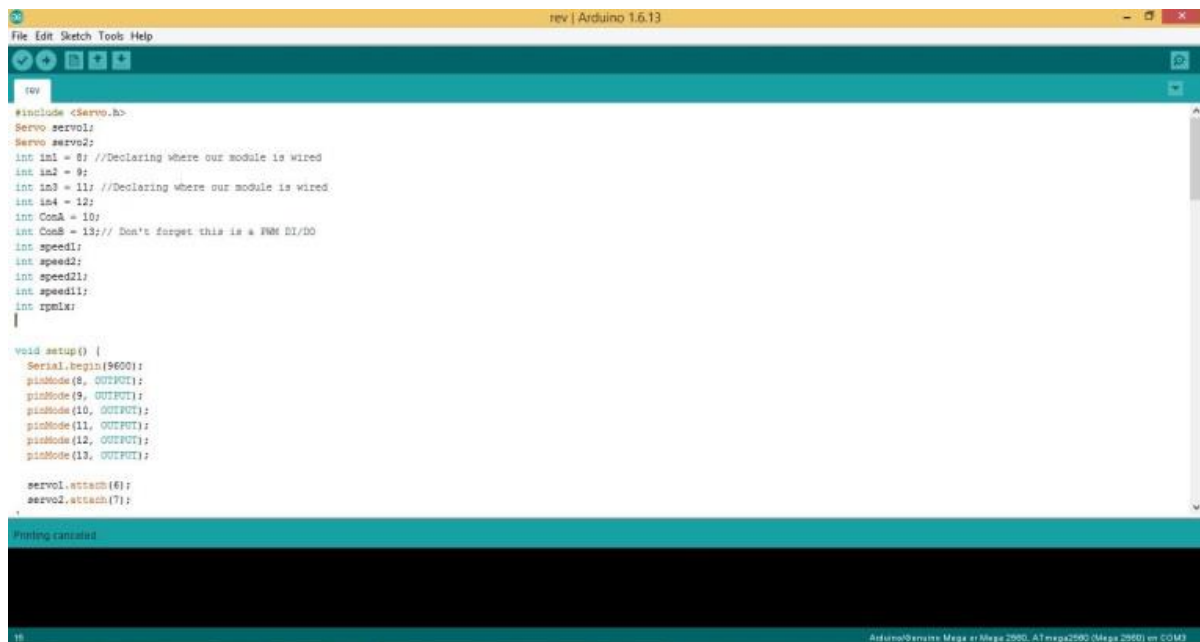
Lampiran 1. Gambar 2.2 Perbandingan Konsumsi daya PID dan GA-PID (Hassan dkk, 2012)



Lampiran 2 Gambar 2.3 Grafik perbandingan arus PID dan ACO (Hanifah dkk, 2013)



Lampiran 3. Pemrograman Servo



```
File Edit Sketch Tools Help
rev | Arduino 1.6.13

#include <Servo.h>
Servo servo1;
Servo servo2;
int in1 = 8; //Declaring where our module is wired
int in2 = 9;
int in3 = 11; //Declaring where our module is wired
int in4 = 12;
int ConA = 10;
int ConB = 13; // Don't forget this is a PWM DI/DO
int speed1;
int speed2;
int speed21;
int speed11;
int rpm1;
int rpm1x;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(8, OUTPUT);
  pinMode(9, OUTPUT);
  pinMode(10, OUTPUT);
  pinMode(11, OUTPUT);
  pinMode(12, OUTPUT);
  pinMode(13, OUTPUT);

  servo1.attach(6);
  servo2.attach(7);
}

// We create a function which control the direction and speed
void TurnMotorA(){
```

```
#include <Servo.h>
Servo servo1;
Servo servo2;
int in1 = 8; //Declaring where our module is wired
int in2 = 9;
int in3 = 11; //Declaring where our module is wired
int in4 = 12;
int ConA = 10;
int ConB = 13; // Don't forget this is a PWM DI/DO
int speed1;
int speed2;
int speed21;
int speed11;
int rpm1;
int rpm1x;
int rpm1x2;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(8, OUTPUT);
  pinMode(9, OUTPUT);
  pinMode(10, OUTPUT);
  pinMode(11, OUTPUT);
  pinMode(12, OUTPUT);
  pinMode(13, OUTPUT);

  servo1.attach(6);
  servo2.attach(7);
}

// We create a function which control the direction and speed
void TurnMotorA(){
```

```

digitalWrite(in1, LOW); //Switch between this HIGH and LOW to change direction
digitalWrite(in2, HIGH);
digitalWrite(in3, HIGH); //Switch between this HIGH and LOW to change direction
digitalWrite(in4, LOW);
speed1 = analogRead(A1);
speed11 = analogRead(A1);
speed2 = analogRead(A2);
speed21= analogRead(A2);
//map(angle, 1023, 0, 0, 100);
speed1 = speed1*0.2492668622;
speed1 = map(speed1, 0, 253, 25, 253);
speed2 = speed2*0.2492668622;//We read thea analog value from the potentiometer calibrate it
speed2 = map(speed2, 0, 253, 30, 253);
analogWrite(ConA,speed2);// Then inject it to our motor
analogWrite(ConB,speed2);
}
void loop() {
TurnMotorA();//one function that keeps looping you can add another one with different direction or stop

int angle = analogRead(0);
int angle2 = analogRead(0);
int anglex = analogRead(0) ;
angle=map(angle, 1023, 0, 0, 100);
angle2=map(angle2, 0, 1023, 0, 100);

if (angle>=75)
{servo1.write(75);
servo2.write(25);
}
else if (angle<=33)
{
servo1.write(33);
servo2.write(66);
}

else {
servo1.write(angle);
servo2.write(angle2);
}

int datrpm = anglex;
//int rpm1 = map (datrpm, 0, 1023, 93, -93);
int rpm1 = map (datrpm, 0, 1023, -25, 30);

int datrpm2 = speed21;
int rpm2 = map (datrpm2, 0, 1023, 0, 121);

int sudut = angle;

```

```

int sudut2 = map (sudut, 49, 100, 0, 72);
int sudut3 = map (sudut, 0, 72, -15, 10);
int rpm1x = map (datrpm, 0, 1023, -23.9, 28.9);
int rpm1x2 = map (datrpm, 0, 1023, -23.9, 28.9);

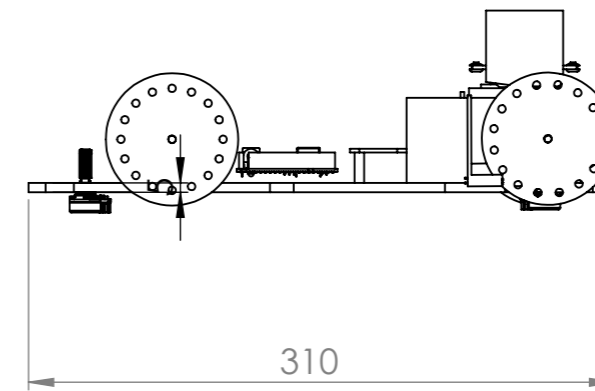
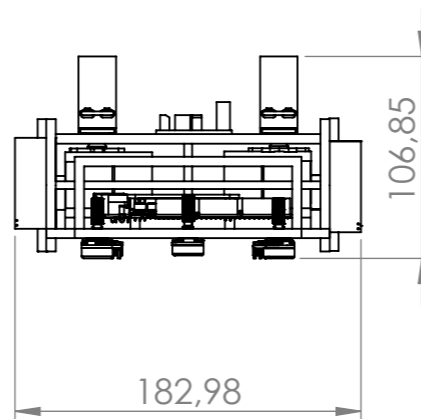
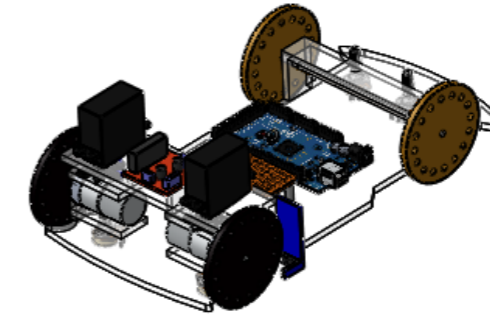
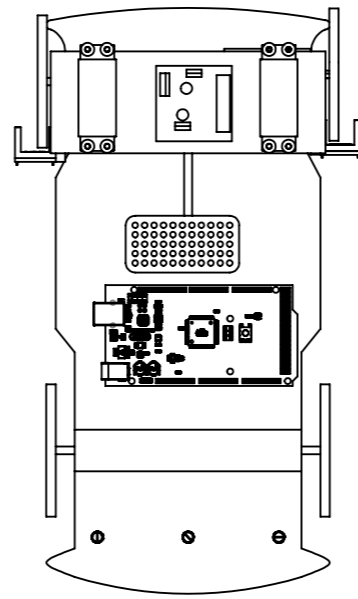
Serial.print("\n ");
Serial.print("Kecepatan: ");
Serial.print(rpm2);
Serial.print("\t ");
Serial.print("Sudut steer: ");
  if (rpm1<=0){
    rpm1=rpm1*-1;
  }
  else {
    rpm1=rpm1;
  }
Serial.print(rpm1);
Serial.print("\t ");
Serial.print("Sudut roda kiri: ");
  if (rpm1x<=0){
    rpm1x=rpm1;
  }
  else {
    rpm1x=rpm1x;
  }
Serial.print(rpm1x);
// if (rpm1>=0) {
// int rpm1x = rpm1;
// Serial.print(rpm1x);
// }
//
//
// if (rpm1<=-1&&rpm1>=-52) {
// int rpm1x = rpm1-13;
// Serial.print(rpm1x);
// }
//
//
// if (rpm1<=-53) {
// int rpm1x = map (datrpm, 450, 1023, 178, -180);
// Serial.print(rpm1x);
// }


Serial.print("\t ");
Serial.print("Sudut roda kanan: ");
if (rpm1x2<=-1){
  rpm1x2=rpm1x2*-1;
}
else {
  rpm1x2=rpm1;
}
Serial.print(rpm1x2);
// if (rpm1<=0) {

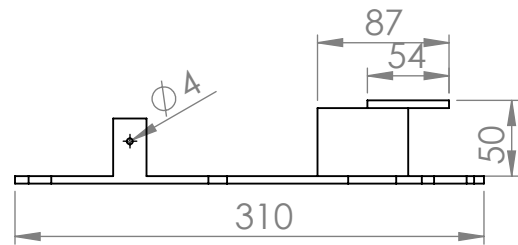
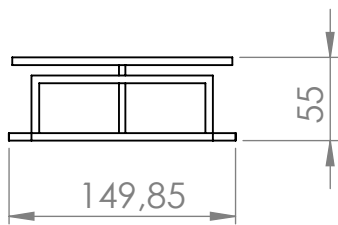
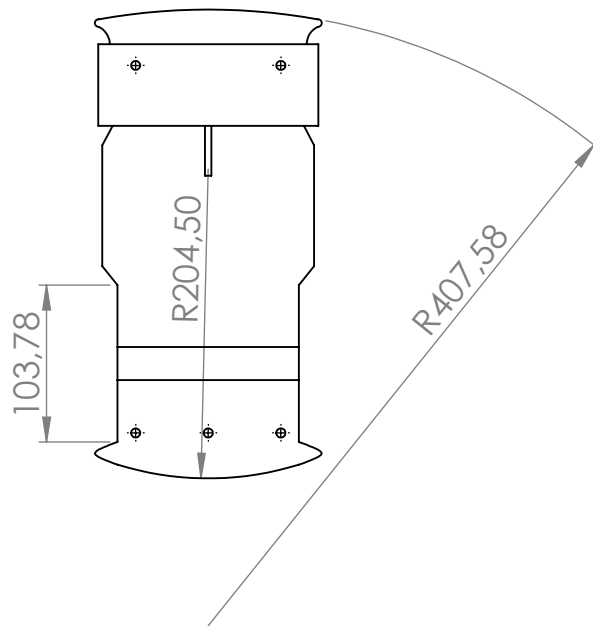
```

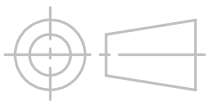
```
// int rpm1x = rpm1;
// Serial.print(rpm1x);
// }
//
// if (rpm1>=1&&rpm1<=52) {
// int rpm1x = rpm1+13;
// Serial.print(rpm1x);
// }
//
// if (rpm1>=53) {
// //int datrpmxx = (datrpm * -1);
// int rpm1x = map (datrpm, 0, 1023, 184, -510);
// Serial.print(rpm1x);
// }

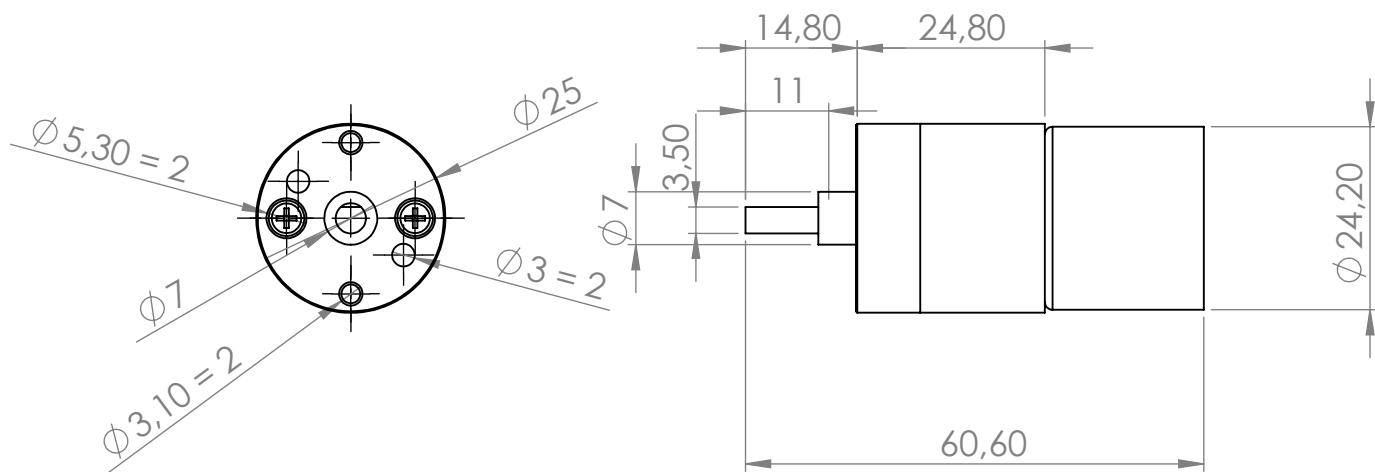
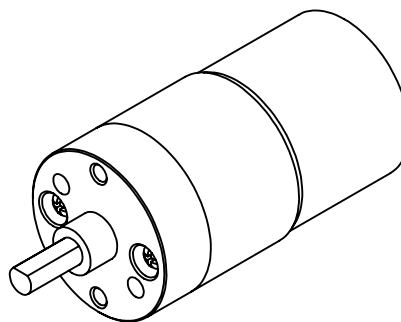
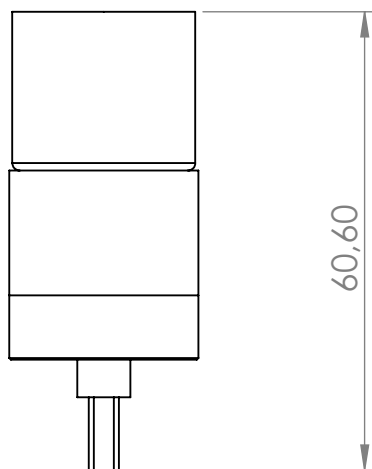
delay(15);
}
```

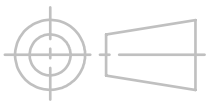


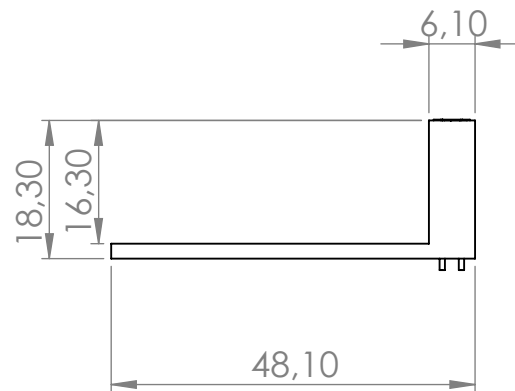
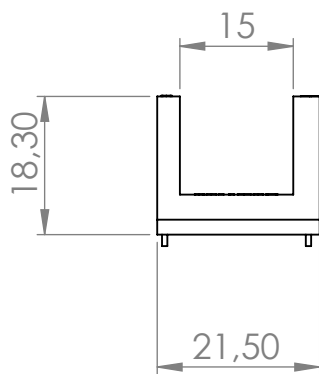
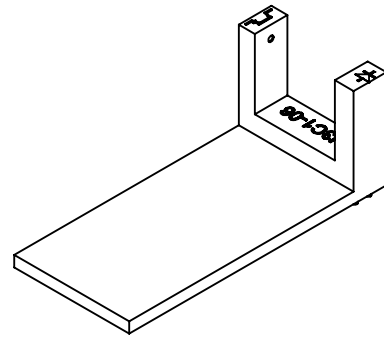
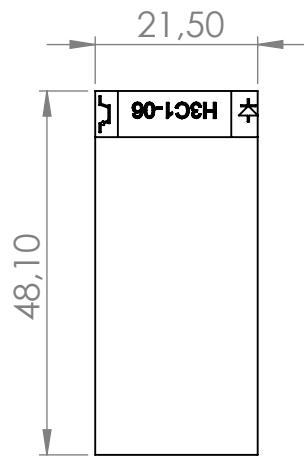
	Skala : 1 : 5	Digambar : Liga K P / Avin M D H	Peringatan :
	Satuan : mm	NRP : 10211500010015/ 40	
	Tanggal 12-07-2018	Diperiksa : Dr. Ir Bambang S, M.T	
Departemen Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi - ITS	Model Assist Electric Power Steering	No. 1	A3



	Skala : 1 : 2	Digambar : Liga K P / Avin M D H	Peringatan :	
	Satuan : mm	NRP : 10211500010015/ 40		
	Tanggal 12-07-2018	Diperiksa : Dr. Ir Bambang S, M.T		
Departemen Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi - ITS	Chasis Model		No. 2	A4



	Skala : 1 : 1	Digambar : Liga K P / Avin M D H	Peringatan :	
	Satuan : mm	NRP : 10211500010015/ 40		
	Tanggal 12-07-2018	Diperiksa : Dr. Ir Bambang S, M.T		
Departemen Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi - ITS	Motor DC		No. 3	



Skala : 1 : 1
 Satuan : mm
 Tanggal 12-07-2018

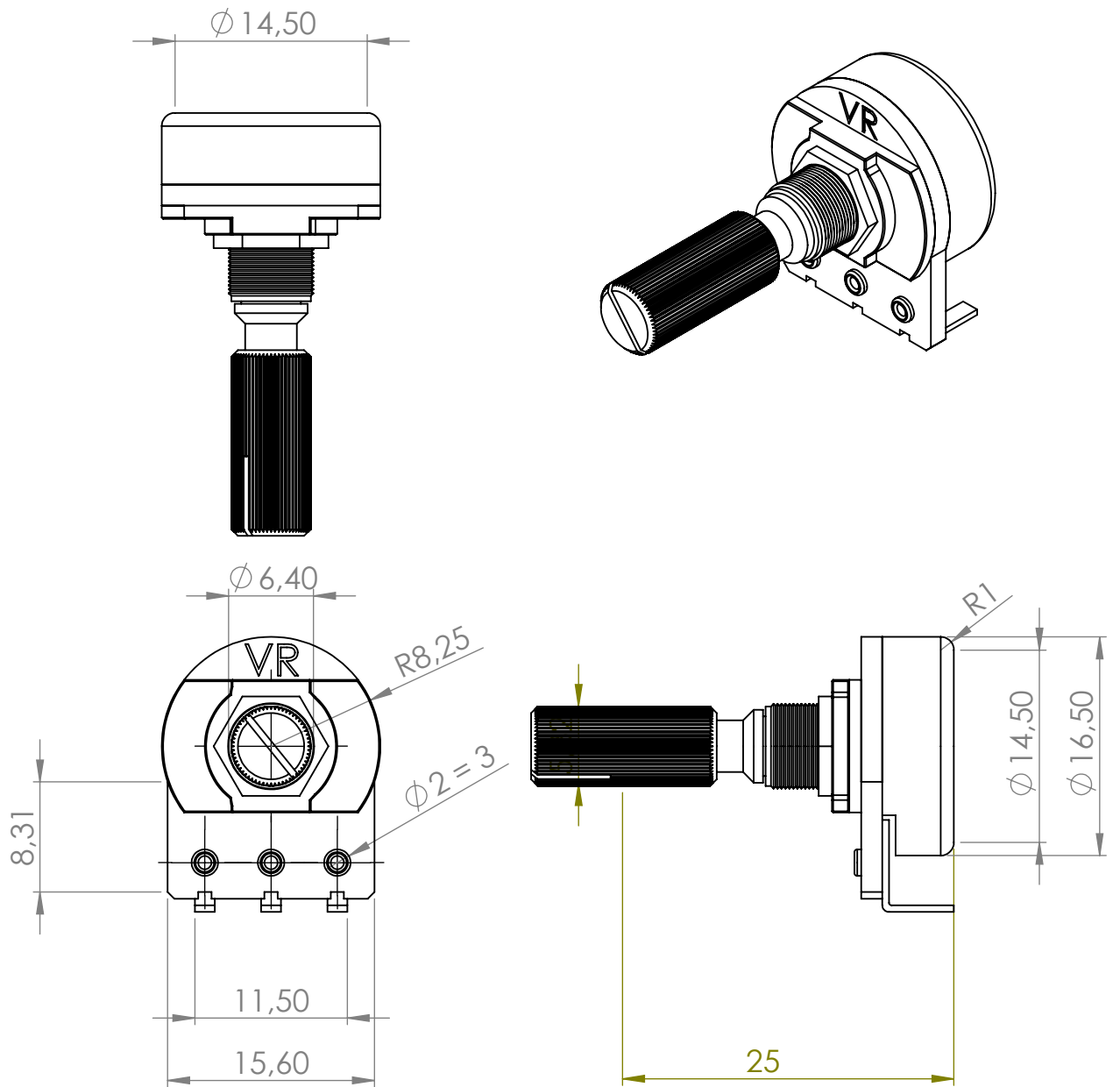
Digambar : Liga K P / Avin M D H
 NRP : 10211500010015/ 40
 Diperiksa : Dr. Ir Bambang S, M.T

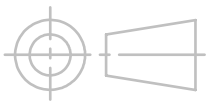
Peringatan :

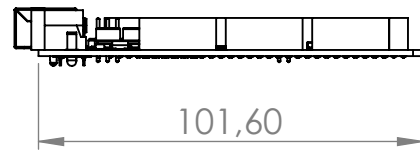
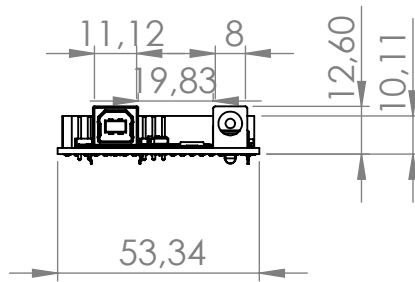
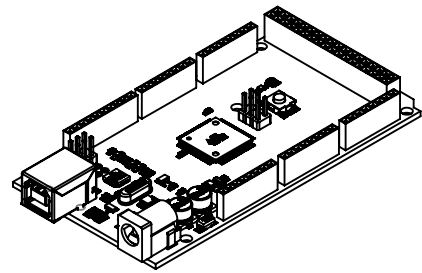
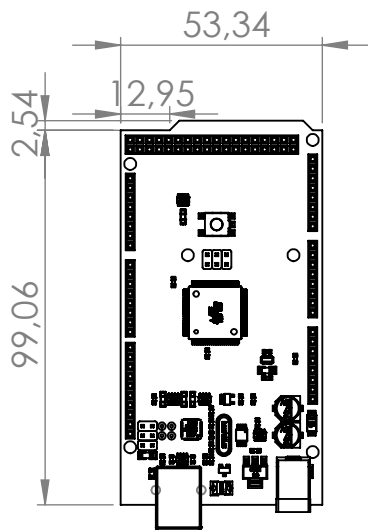
Departemen Teknik Mesin Industri
 Fakultas Vokasi - ITS

Optocoupler

No. 4



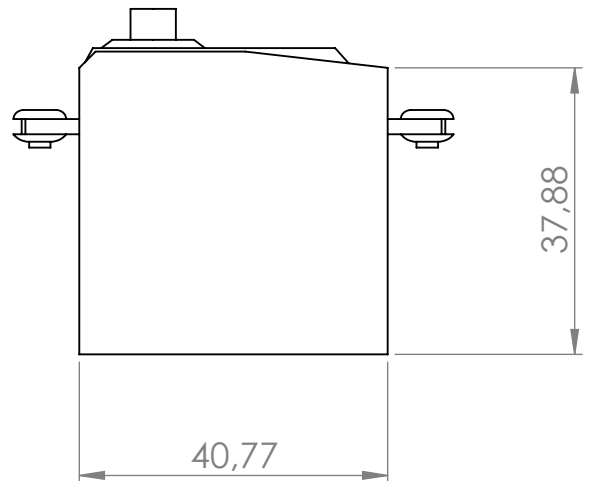
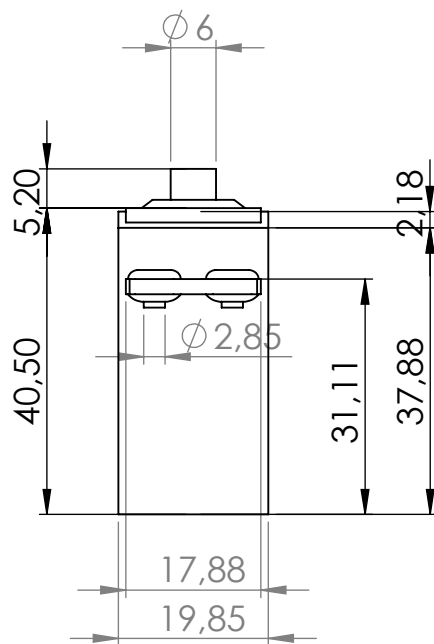
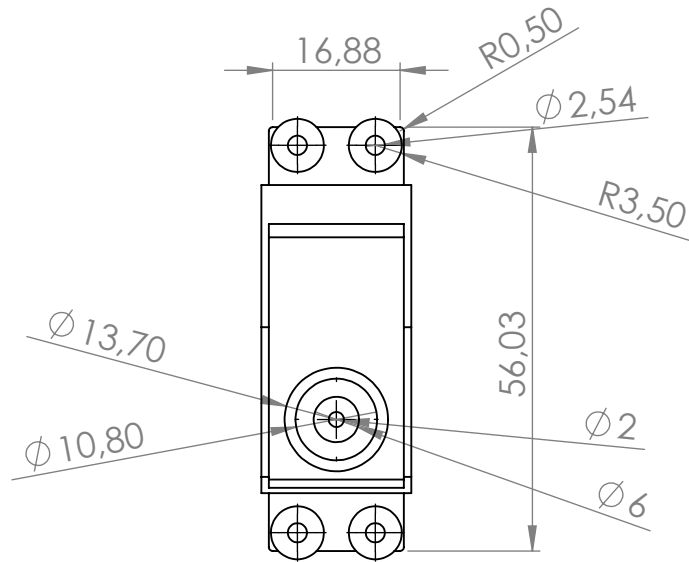
	Skala : 2 : 1	Digambar : Liga K P / Avin M D H	Peringatan :	
	Satuan : mm	NRP : 10211500010015/ 40		
	Tanggal 12-07-2018	Diperiksa : Dr. Ir Bambang S, M.T		
Departemen Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi - ITS	Potensiometer	No. 5		

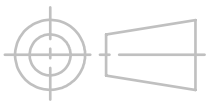


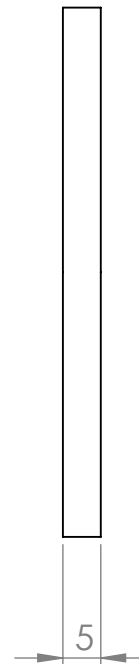
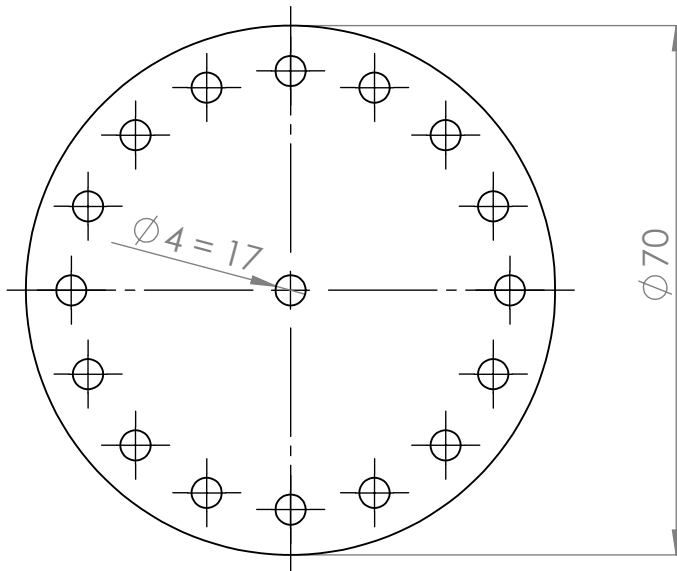
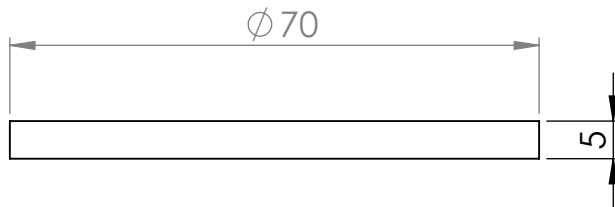
Skala : 1 : 2
 Satuan : mm
 Tanggal 12-07-2018


Digambar : Liga K P / Avin M D H
 NRP : 10211500010015/ 40
 Diperiksa : Dr. Ir Bambang S, M.T

Peringatan :



	Skala : 1 : 1	Digambar : Liga K P / Avin M D H	Peringatan :	
	Satuan : mm	NRP : 10211500010015/ 40		
	Tanggal 12-07-2018	Diperiksa : Dr. Ir Bambang S, M.T		
Departemen Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi - ITS	Motor Servo	No. 7		



	Skala : 1 : 1	Digambar : Liga K P / Avin M D H	Peringatan :	
	Satuan : mm	NRP : 10211500010015/ 40		
	Tanggal 12-07-2018	Diperiksa : Dr. Ir Bambang S, M.T		
Departemen Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi - ITS	Roda		No. 8	

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Kediri, 1 Januari 1997. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Kunjang I, Kediri (2003-2009), SMP Negeri 1 Kunjang, Kediri (2009-2012), SMAN 1 Pare, Kediri (2012-2015). Pada tahun 2015 penulis mengikuti ujian masuk Program Diploma ITS dan diterima sebagai mahasiswa di Program Studi D3 Teknik Mesin Kerjasama Disnakertransduk, Fakultas Teknologi Industri yang sekarang berubah menjadi fakultas Vokasi ITS Surabaya dengan NRP 10211500010015 dengan bidang studi Manufaktur.

Selama duduk di bangku kuliah penulis aktif mengikuti kegiatan perkuliahan dan melaksanakan kerja praktek di PT DPS surabaya pada bulan juli-agustus 2017. Penulis juga bergabung dalam beberapa organisasi intra kampus.

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Mojokerto, 21 Agustus 1997. Penulis telah menempuh pendidikan formal di MI Darul Huda, Mojokerto (2003-2009), MTs. Riyadloyul Uqul, Mojokerto (2009-2012), SMAN 1 Gondang, Mojokerto (2012-2015). Pada tahun 2015 penulis mengikuti ujian masuk Program Diploma ITS dan diterima sebagai mahasiswa di Program Studi D3 Teknik Mesin Kerjasama Disnakertrans Fakultas Teknologi Industri yang sekarang berubah menjadi fakultas Vokasi ITS Surabaya dengan NRP 10211500010040 dengan bidang studi Manufaktur.

Selama duduk di bangku kuliah penulis aktif mengikuti kegiatan perkuliahan dan melaksanakan kerja praktek di PT DPS surabaya pada bulan juli-agustus 2017. Penulis juga bergabung dalam beberapa organisasi intra kampus.