HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Nurul Hidayat
NRP	: 33212201002
Program Studi	: D3 Teknik Mesin Alat Berat
Jurusan	: Rekayasa Mesin dan Industri
Tahun Akademik	: 2024/2025

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir saya dengan judul **Rancang Bangun Simulasi Penggunaan Sistem *Differential* Pada Saat Berbelok Menggunakan *Steering Wheel*,** adalah original, belum pernah dibuat oleh pihak lain dan bebas dari plagiarisme.

Bilamana pada kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan penentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenar-benarnya.

Sampang, 10 Juli 2025

Yang menyatakan,

Nurul Hidayat

NRP. 33212201002

LEMBAR PERSETUJUAN
TUGAS AKHIR

Judul Tugas Akhir	: Rancang Bangun Simulasi Penggunaaan Sistem *Differential* Pada Saat Berbelok Menggunakan *Steering Wheel*
Penulis	: Nurul Hidayat
NRP	: 33212201002
Program Studi	: D3 Teknik Mesin Alat Berat
Jurusan	: Rekayasa Mesin dan Industri

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disetujui untuk disidangkan.
Ditandatangani di Politeknik Negeri madura.

Menyetujui,

Ketua Program Studi
Teknik Mesin Alat Berat

Mohammad Anas Fikri, S.T., M.T.
NIPPPK.197705222021211005

LEMBAR PENGESAHAN

RANCANG BANGUN SIMULASI PENGGUNAAN SISTEM DIFFERENTIAL PADA SAAT BERBELOK MENGGUNAKAN STEERING WHEEL

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh Gelar
Ahli Madya Teknik (A. Md.T.)
Pada
Jurusan Rekayasa Mesin dan Industri
Program Studi Teknik Mesin Alat Berat
Politeknik Negeri Madura

Oleh:
Nurul Hidayat
NRP. 33212201002

Tugas Akhir ini telah disidangkan pada tanggal 10 Juli 2025
dan telah sesuai dengan ketentuan.

Disetujui tim penguji Tugas Akhir:

1. Auliana Diah Wilujeng, S.T., M.T..... (Pembimbing I)
2. Annafiyah, S.Si., M.T..... (Pembimbing II)
3. Amin Jakfar, S.T., M.T..... (Penguji I)
4. Misbakhul Fatah, S.T., M.T..... (Penguji II)
5. Abdul Hamid, S.Si., M.Si..... (Penguji III)

SAMPANG
Juli 2025

RANCANG BANGUN SIMULASI PENGGUNAAN SISTEM DIFFERENTIAL PADA SAAT BERBELOK MENGGUNAKAN STEERING WHEEL

Nama : Nurul Hidayat
NRP : 33212201002
Pembimbing 1 : Auliana Diah Wilujeng, S.T., M.T.
Pembimbing 2 : Annafiyah, S.Si., M.T.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun alat simulasi sistem *differential* yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran praktik di Politeknik Negeri Madura. Fokus utama dari simulasi ini adalah menganalisis pengaruh putaran *steering wheel* terhadap sistem *rack and pinion* dan dampaknya pada kecepatan rotasi roda kanan dan kiri saat kendaraan berbelok. Alat dirancang menggunakan komponen utama seperti *steering wheel, rack and pinion,* master silinder, dan tromol *differential*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin besar sudut rotasi *steering wheel*, semakin besar selisih RPM antara kedua roda. Pada rotasi 360° ke kanan, RPM roda kanan menurun hingga 0, sedangkan roda kiri meningkat hingga 217. Sebaliknya, pada rotasi 360° ke kiri, RPM roda kiri menjadi 0 dan roda kanan meningkat hingga 217. Hal ini menunjukkan kerja optimal sistem differential dalam mendistribusikan torsi berdasarkan arah belokan. Selain itu, perhitungan gaya tangensial pada *rack and pinion* menunjukkan nilai sebesar 0,18 N diperlukan untuk menggerakkan master silinder dengan perpindahan linear 1 cm. Gaya ini sebanding dengan kebutuhan gaya pada pedal rem yang diukur hingga

11,25 kg atau 112,5 N untuk mendorong kaliper. Analisis torsi, gaya pedal, dan data teknis seperti diameter pinion dan jumlah gigi juga mendukung validitas rancangan alat. Media simulasi ini secara nyata menunjukkan hubungan antara sistem kemudi (rack and pinion) dan sistem rem terhadap kinerja differential dalam kondisi berbelok. Hasil ini membuktikan bahwa alat efektif digunakan sebagai sarana pembelajaran interaktif untuk memahami prinsip kerja differential secara praktis.

Kata Kunci: *Differential, Steering Wheel, Rack and Pinion,* Media Pembelajaran, Sistem Pengemudian dan Pengereman

DESAIN AND BUILD A SIMULATION OF THE USE OF THE DIFFERENTIAL SYSTEM WHEN TURNING USING STEERING WHEEL

Name : Nurul Hidayat
NRP : 33212201002
Supervisor 1 : Auliana Diah Wilujeng, S.T., M.T.
Supervisor 2 : Annafiyah, S.Si., M.T.

ABSTRACT

This study aims to design and develop a differential system simulation tool that can be used as a practical learning medium at Politeknik Negeri Madura. The main focus of this simulation is to analyze the effect of steering wheel rotation on the rack and pinion system and its impact on the rotational speed of the right and left wheels during vehicle turning. The tool is designed using key components such as a steering wheel, rack and pinion, master cylinder, and differential drum. Test results show that the greater the steering wheel rotation angle, the greater the RPM difference between the two wheels. At a 360° right rotation, the right wheel's RPM drops to 0, while the left wheel increases to 217. Conversely, at a 360° left rotation, the left wheel's RPM becomes 0 and the right wheel increases to 217. This demonstrates the optimal function of the differential system in distributing torque based on the direction of the turn. In addition, calculations of tangential force on the rack and pinion indicate that a force of 0.18 N is required to move the master cylinder with a 1 cm linear displacement. This force corresponds to a brake pedal force of 11.25 kg or 112,5 N needed to push the caliper. The analysis of torque, pedal force,

and technical data such as pinion diameter and gear count further supports the validity of the tool's design.

This simulation media clearly illustrates the relationship between the steering system (rack and pinion) and the braking system in relation to differential performance while turning. The results confirm that the tool is effective as an interactive learning aid for understanding the practical working principles of a differential system.

Keywords: *Differential, Steering Wheel, Rack and Pinion, Learning Media, Steering and braking System*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan kekuatan, kemampuan, dan kesabaran kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul **"Rancang Bangun Simulasi Penggunaan Sistem *Differential* Pada Saat Berbelok Menggunakan *Steering Wheel*"**

Terwujudnya proposal tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan pihak yang telah mendorong dan membimbing penulis, baik tenaga, ide-ide, maupun pemikiran. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Kepada kedua orang tua saya Abul Mudoffar dan Toyyibah. Terima kasih atas segala pengorbanan dan tulus kasih sayang yang telah diberikan kepada saya. Beliau memang tidak sempat merasakan pendidikan dibangku perkuliahan, namun mereka mampu senantiasa memberikan yang terbaik, tak kenal lelah mendoakan serta memberikan perhatian dan dukungan hingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini
2. Yth. Ibu Laily Ulfiyah, S.T., M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Madura.
3. Yth. Bapak Mohammad Anas Fikri, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Rekayasa Mesin dan Indutri, Prodi D3 Teknik Mesin Alat Berat yang telah memberikan semangat, motivasi serta dukungan sehingga tugas akhir ini dapat selesai.
4. Yth. Ibu Ike Dayi Febriana, S.Si., M.T. selaku Sekretaris Jurusan.
5. Yth. Ibu Faizatur Rohmah, S.Si., M.Si. selaku koordinator Tugas Akhir Politeknik Negeri Madura.

6. Yth. Ibu Auliana Diah Wilujeng, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 1 yang senantiasa memberikan kritik, saran dan masukan dalam proses pengerjaan tugas akhir ini.
7. Yth. Ibu Annafiyah, S.Si., M.T. Selaku dosen pembimbing 2 yang senantiasa memberikan kritik, saran dan masukan dalam pengerjaan tugas akhir ini.
8. Yth. Bapak Misbakhul Fatah yang selalu membimbing penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Para dosen dan tenaga kependidikan Politeknik Negeri Madura yang telah melayani mahasiswa selama penulis menempuh pendidikan di sini.
10. Kepada saudara saya, Juma'ati dan Siti Mudira. Terima kasih telah memberikan semangat, dukungan dan motivasi serta terima kasih telah senantiasa meluangkan waktunya untuk menjadi tempat dan pendengar terbaik penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
11. Kepada ketua San Sayida Solihati Azaria. Terima kasih telah meluangkan waktu untuk selalu menemani dan membantu penulis selama mengerjakan Tugas Akhir ini. Terimakasih telah memberi semangat kepada penulis untuk tetap berusaha menyelesaikan penelitian ini. Semoga tuhan yang membalas kebaikan dan selalu memberikan keberkahan kepada ketua, aamiin.
12. Teman-teman Teknik Mesin Alat Berat atas dukungannya dan saran yang telah diberikan.
13. Kepada **FC Barcelona** selaku klub sepakbola favorit penulis yang tanpa sadar sudah menjadi teman hiburan dan motivasi selama proses penulisan tugas akhir ini. Terimakasih sudah selalu hadir lewat permainan yang penuh semangat dan perjuangan serta mengajarkan arti kesabaran dalam mencapai suatu tujuan.

14. Terakhir untuk diri saya sendiri, Nurul Hidayat yang telah menepikan ego dan memilih untuk kembali bangkit dan menyelesaikan semua ini. Terima kasih telah mengendalikan diri dari berbagai tekanan di luar keadaan dan tidak pernah menyerah.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak demi perbaikan-perbaikan ke depan. Aamiin Yaa Rabbal Alaamiin.

Sampang, 10 Juli 2025

Nurul Hidayat
NRP. 33212201002

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN i
LEMBAR PERSETUJUAN SIDANG TUGAS AKHIR ii
LEMBAR PENGESAHAN ii
ABSTRAK iv
ABSTRACT vi
KATA PENGANTAR viii
DAFTAR ISI xi
DAFTAR GAMBAR xiii
DAFTAR TABEL xiv
DAFTAR LAMPIRAN xv
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 3
1.4 Tujuan 3
1.5 Manfaat 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Penelitian Sebelumnya 5
2.2 Sistem Kemudi 9
2.2.1 Bentuk-Bentuk Sistem Kemudi 10
2.3 Rack and Pinion 11
2.3.1 Komponen Power Steering Rack and Pinion 12
2.3.2 Master Silinder 13
2.3.3 Selang Rem 14
2.4 Hukum Pascal 14
2.5 Pulley 15
2.6 Sabuk/v-belt 16
BAB III METODOLOGI 18

3.1 Diagram Alir 19
3.2 Alat dan Bahan 21
3.2.1 Alat 22
3.2.2 Bahan 22
3.3 Desain dan Cara Kerja Alat 22
3.4 Prosedur Pengujian 23
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN 25
4.1 Pengaruh putaran *rack and pinion* terhadap gaya tangensial yang diberikan pada master silinder untuk mengetahui kecepatan putar roda kanan dan kiri pada *differential* 25
4.1.1 Perhitungan Gaya Pada Kaliper 25
4.1.2 Perhitungan Gaya dan Torsi 28
4.1.3 Perhitungan Gaya Tangensial Rack and Pinion 28
4.1.4 Perhitungan Tekanan Minyak Rem 29
4.1.5 Perhitungan *pulley dan V-Belt* 30
4.2 Pengaruh arah putaran *steering wheel* terhadap kecepatan putar *differential* pada saat berbelok 31
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 37
5.1 Kesimpulan 37
5.2 Saran 38
DAFTAR PUSTAKA 39
LAMPIRAN 42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Trainer Differential 5
Gambar 2. 2 Alat Kemudi Power Steering 7
Gambar 2. 3 Desain Rancangan Sistem Kemudi Manual 8
Gambar 2. 4 Sistem Kemudi Prototipe Mobil Listrik 9
Gambar 2. 5 Sistem Kemudi 10
Gambar 2. 6 Rack and Pinion Power Steering..... 11
Gambar 2. 7 Gear Housing dan Pinion..... 13
Gambar 2. 8 Master Silinder 14
Gambar 2. 9 Selang Rem..... 14
Gambar 2. 10 Hukum Pascal..... 15
Gambar 2. 11 Pulley..... 16
Gambar 2. 12 V-Belt 16
Gambar 2. 13 Perbandingan pulley dan v-belt..... 17
Gambar 3. 1 Diagram Alir..... 19
Gambar 3. 2 Perencanaan Desain 20
Gambar 3. 3 Desain Rancang Bangun Alat 22

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Hasil pengambilan data kebutuhan gaya tekan pada master kopling.....26
Tabel 4. 2 Data Rack and Pinion 28
Tabel 4. 3 Data Pengujian Steering wheel diputar ke kanan ..32
Tabel 4. 4 Data Pengujian Steering wheel diputar ke kiri 33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Desain Alat..... 43
Lampiran 2 Spesifikasi Steering Wheel dan Master Silinder. 44

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembelajaran adalah proses pengorganisasian dan penyiapan kondisi kerja agar kegiatan belajar dapat berlangsung. Salah satu bentuk pembelajaran di perguruan tinggi yang efektif adalah pembelajaran yang berlangsung dalam proses yang interaktif dan saling terhubung antara pengajar dan peserta didik [1]. Dalam pembelajaran yang interaktif tersebut membutuhkan sebuah media pembelajaran. Media pembelajaran merupakan salah satu mediasi yang memperlancar proses kegiatan pembelajaran antara pengajar dan peserta didik. Media pembelajaran saat ini terus mengalami perkembangan khususnya di era industri 4.0, era perkembangan teknologi yang semakin maju pesat dan media pembelajaran semakin beragam dan inovatif [2]. Pada mata kuliah sistem pengemudian dan pengereman merupakan salah satu matakuliah praktik yang terlaksana di Politeknik Negeri Madura yang membutuhkan media pembelajaran terkait sistem pengemudian dan pengereman.

Semakin berkembangnya teknologi, terdapat banyak macam jenis sistem kemudi yang telah dikembangkan. Mulai dari sistem kemudi konvensional sampai sistem kemudi hidrolik *power steering*, dan sistem kemudi elektrik *power steering*. Terdapat beberapa jenis sistem kemudi yang banyak digunakan di Indonesia, sehingga dapat mengikuti perkembangan teknologi dengan lebih baik, dan terlebih lagi mempunyai perawatan yang lebih baik serta mudah dipelajari dan dipahami oleh mahasiswa [3]

Fungsi sistem kemudi adalah untuk menggerakkan roda depan agar kendaraan dapat bergerak sesuai arah yang

diinginkan di jalan. Pada sistem kemudi mobil, terdapat model *recirculating ball* dan *rack and pinion*. Komponen utama dari sistem *recirculating ball* ini adalah sistem kemudi, kolom kemudi, gear kemudi, dan poros kemudi. Sedangkan bagian utama dari tipe *rack and pinion* adalah roda kemudi, kolom kemudi, dan sistem kemudi. Komponen sistem kemudi tersebut berfungsi untuk menghaluskan atau memperlancar pergerakan kemudi saat mesin hidup dan pada saat akan berbelok khususnya pada *steering wheel* [4].

Pada jenis sistem *rack and pinion* ini berfungsi untuk memutar atau menggerakkan roda gigi yang menempel pada poros, pada saat poros berputar maka ulir akan menggerakkan roda gigi yang terbuhung dengan *tie-rod* sehingga akan mentranslasikan putaran pada kemudi menjadi gerakan putar untuk membelokkan roda. Maka dibutuhkan kemampuan *steering wheel* untuk mengetahui rasio putaran roda gigi pada komponen *rack and pinion* [5].

Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk merancang media pembelajaran sistem pengemudian dan pengereman di Politeknik Negeri Madura sehingga membantu mahasiswa memahami konsep pada *steering wheel* dan mengetahui pengereman pada tromol *differential* saat *steering wheel* dibelokkan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan yang ada pada latar belakang, maka rumusan masalah yang diberlakukan penulis pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengetahui putaran *rack and pinion* terhadap gaya tangensial yang diberikan pada master silinder untuk mengetahui kecepatan putar roda kanan dan kiri pada *differential.*

2. Bagaimana pengaruh arah putaran *steering wheel* terhadap kecepatan putar *differential* pada saat berbelok.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah merupakan ruang lingkup masalah yang ingin dibatasi oleh penulis, oleh karena itu batasan masalah diperlukan supaya penulis bisa memberikan hasil yang maksimal adalah sebagai berikut:

1. Tidak membahas tentang *differential mitsubhisi canter 110ps*.
2. Tidak membahas tentang sistem *steering.*
3. Tidak membahas tentang desain rangka.

1.4 Tujuan

Dengan demikian tujuan penelitian tugas akhir yang ingin dicapai adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui putaran *rack and pinion* terhadap gaya tangensial yang diberikan pada master silinder untuk mengetahui kecepatan putar roda kanan dan kiri pada *differential.*
2. Untuk mengetahui pengaruh arah putaran *steering wheel* terhadap kecepatan putar *differential* pada saat berbelok.

1.5 Manfaat

Penelitian ini dilaksanakan di lingkungnan Politeknik Negeri Madura dengan memperhatikan permasalahan yang ada. Adapun manfaat alat ini adalah dapat digunakan dalam proses belajar mengajar di Politeknik Negeri Madura khususnya pada pembelajaran sistem pengemudian dan pengereman.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Penelitian mengenai alat peraga *power steering* banyak dilakukan oleh peneliti terdahulu, seperti yang dilakukan oleh Enggal Putra Pradana yaitu*"Rancang Bangun Sistem kontrol Power Steering Pada Trainer Sistem Kemudi Sebagai Media Pembelajaran Praktek Chassis"*. Penelitian tersebut dibuat sebagai media untuk pembelajaran mahasiswa, dan dosen mengefektifkan komunikasi pembelajaran sehinggga proses belajar mengajar menjadi lebih menarik dan efektif. Sistem kontrol ini dibuat untuk mengetahui tekanan yang ada pada *power steering* hidrolik, sistem kontrol tersebut disambung melalui pipa tekanan dan masuk ke pressure gauge [3].

Gambar 2. 1 Trainer Differential

Sedangkan pada penelitian ini akan dilakukan pengembangan pada bagian komponen *power steering* hidrolik dan *trainer* yang akan digunakan. Pengembangan tersebut berupa sistem kemudi *rack and pinion* yang dihubungkan pada master silinder untuk mengetahui pengereman pada tromol *differential* ketika dibelokkan.

Berikutnya dilakukan oleh Maulana Ridhwan, yaitu *"Rancang Bangun Sistem kontrol Power Steering Pada Trainer*

Sistem Kemudi Sebagai Media Pembelajaran Praktek Chassis". Dalam penelitian ini ada perubahan posisi dibagian sistem kontrol yang mana pada awalnya berada didepan kemudian dipindahkan ke posisi samping kemudi agar operator dapat mengoperasikan dengan mudah [4].

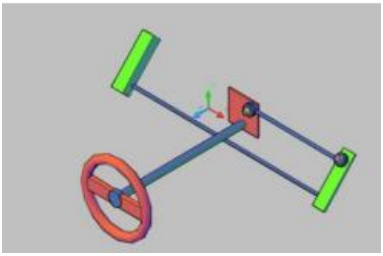
Pada penelitian yang dilakukan oleh Maulana Ridhwan sama dengan yang dilakukan oleh Enggal Putra Pradana yaitu membuat *trainer power steering* menggunakan roda depan sebagai komponen trainer. namun ada pengembangan pada sistem kontrol, yang awalnya terletak pada bagian belakang sistem kemudi kemudian diletakkan pada bagian samping sistem kemudi. Persamaan yang dilakukan oleh Maulana Ridhwan dengan yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah pada bagian sistem kontrol yang nantinya akan diletakkan pada bagian depan *steering wheel* untuk mempermudah operator mengetahui perbedaan kecepatan pada roda *differential.*

Berikutnya dilakukan oleh Suharjo mengenai *"Pembuatan Sistem Kemudi Power Steering"*. Pada pembuatan alat ini diperkenalkan kepada mahasiswa dengan tujuan agar mahasiswa memahami sistem *power steering* meliputi cara kerja dan konstruksi. Pengujian yang dilakukan dengan cara membelok-belokkan stir ke kanan dan ke kiri dan beroperasi dengan baik saat pengetesan alat sistem kemudi *power steering* tanpa hambatan. Pada uji fungsional alat ini yaitu menguji ketahanan bahan dan sistem kerja *power steering* berjalan dengan lancar [6].

Gambar 2. 2 Alat Kemudi Power Steering

Pada penelitian yang dilakukan oleh Suharjo hampir sama dengan yang dilakukan oleh Enggal Putra Pradana yaitu membuat alat kemudi *power steering.* Namun terdapat perbedaan pada sistem kontrol yang digunakan. Pada penelitian yang dilakukan oleh Suharjo yaitu tidak menggunakan sistem kontrol *power steering.* Pada penelitian yang akan dilakukan selanjutnya adalah menggunakan sistem *differential* dan sistem kontrol untuk mengetahui perbedaan putaran pada roda.

Berikutnya dilakukan oleh Agus Suyono mengenai Penelitian tersebut yaitu membuat mobil listrik berbasis researct yang hasilnya nanti akan diikutsertakan diajang kompetisi mobil listrik Indonesia (KMLI). Tujuan dari penelitian tersebut yaitu untuk menghasilkan konsep sistem kemudi manual dan dapat menemukan hasil sistem kemudi yang bagus sehingga dapat diintegrasikan pada mobil listrik Garuda Unesa. Metode pengujian yang dilakukan adalah untuk mengetahui fungsi komponen dan prinsip kerja pada sistem kemudi manual terhadap mobil listrik. Pengujian yang dilakukan adalah pada komponen batang kemudi dan stir, pengujian alat penghubung antara stang kemudi dan lengan *tie rod*, dan pengujian lengan dan *long tie rod* [7].



Gambar 2. 3 Desain Rancangan Sistem Kemudi Manual

Pada penelitian ini akan dilakukan pengembangan mengenai komponen yang akan digunakan. Pada komponen yang digunakan penelitian sebelumnya yaitu sama menggunakan *steering wheel* namun pada komponen untuk menggerakkan roda menggunakan poros yang dihubungkan pada *pillow bearing* kemudian diteruskan pada *tie rod* masing-masing roda. Sehingga pada saat *steering wheel* dibelokkan akan terasa berat pada saat membelokkan roda. Pengembangan yang akan dilakukan selanjutnya yaitu menggunakan *rack and pinion,* master silinder, selang rem untuk diteruskan pada tromol *differential* untuk mengetahui perbedaan putaran antara roda kanan dan kiri.

Berikutnya dilakukan oleh Singgih Danu Cahyo mengenai *"Rancang Bangun Sistem Kemudi Prototipe Mobil Listrik".* Penelitian ini berfokus pada perancangan sistem kemudi yang minimalis, nyaman, dan efisien pada saat dipakai berkendara, penelitian ini menggunakan sistem kemudi yang berbentuk T. Namun, pada penelitian sistem kemudi ini memiliki kelemahan dan keunggulan yaitu keunggulannya sistem kemudi dengan konstruksi yang sederhana, desain minimalis, mudah dalam segi perawatan, biaya dan waktu yang digunakan sangat sedikit. Sedangkan kelemahannya yaitu stang kemudi tidak bisa kembali seperti semula dengan sendirinya saat dibelokkan

karena bukan sistem *power steering*, belokan sistem kemudi kurang maksimal [8].

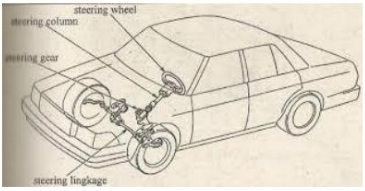
Gambar 2. 4 Sistem Kemudi Prototipe Mobil Listrik

Pada penelitian yang dilakukan oleh Singgih Danu Cahyo sama dengan penelitian yang yang dilakukan oleh Agus Suyono yaitu sama menggunakan poros stir yang dihubungkan pada poros roda kanan dan kiri. Namun ada perbedaan bentuk sistem kemudi yang digunakan, Singgih Danu Cahyo menggunakan stir bulat sedangkan Agus Suyono menggunakan stir berbentuk T dan untuk sistem pengeremannya yaitu menggunakan rem cakram yang dioperasikan oleh pengemudi menggunakan rem tangan. Pengembangan yang akan dilakukan pada penelitian selanjutnya yaitu pada bagian komponen roda, sistem pengereman sistem kemudi menggunakan *rack and pinion*.

2.2 Sistem Kemudi

Sistem kemudi adalah berfungsi untuk mengarahkan suatu kendaraan pada saat akan berbelok. Hal ini dengan tidak adanya sistem kemudi, maka kendaraan tidak bisa diarahkan ke kanan ataupun ke kiri baik mobil ataupun motor. Sistem kemudi terletak dibagian depan kendaraan. Semakin berkembangnya zaman, banyak tercipta teknologi sistem kemudi empat roda, maksudnya dari sistem kemudi empat roda adalah roda belakang bisa juga diarahkan untuk menentukan gerakan kendaraan pada saat berbelok. Dengan adanya teknologi ini,

kondisi mobil akan tetap seimbang oleh gaya sentrifugal. Sehingga resiko terjadinya slip akibat adanya perbedaan arah dan besar sudut putar pada roda belakang dapat dihindarkan. Untuk menambahkan kenyamanan kepada operator dan penumpang, sistem kemudi empat roda biasanya diaplikasikan dengan sistem suspensi yang cocok contohnya seperti suspensi *double wishbone* [9]



Gambar 2. 5 Sistem Kemudi

2.2.1 Bentuk-Bentuk Sistem Kemudi

Sistem kemudi dibagi menjadi dua bagian, yaitu:

1. Sistem kemudi manual

Sistem kemudi mekanik disebut juga sistem kemudi manual karena masih menggunakan tenaga orang pengemudi untuk memutar sistem kemudi, komponen yang digunakan untuk meningkatkan gaya putar dari operator dan meneruskan gerakan melingkar menjadi gerakan lurus. Ada dua jenis sistem kemudi yaitu: jenis *rack and pinion* dan jenis *recirculating ball* [10].

2. Sistem kemudi daya *(power steering)*

Sistem kemudi *power steering* adalah sebuah sistem yang biasa disebut sistem hidrolik yang berfungsi untuk mengurangi tenaga yang dibutuhkan pengemudi untuk memutar roda khususnya pada kecepatan tinggi dan menyesuaikan dikecepatan sedang dan rendah [10].

2.3 Rack and Pinion

Rack and pinion adalah sistem penggerak kemudi mobil yang mengubah putaran menjadi gerakan linier dan sebaliknya. Roda gigi (*pinion*) ini terhubung dengan batang bergigi datar (*rack*). *Power steering* pada sistem kemudi *rack and pinion* menggunakan *rack* dan tabungnya sebagai power silinder dan untuk *control valve* memanfaatkan dari gerakan *pinion gear*. *Control valve/rotary valve* akan mengatur aliran fluida dari pompa *power steering* ke power silinder. Pengontrolan akan diatur oleh pergerakan *pinion gear* yang bergerak berdasarkan kemudi, sehingga saat kemudi digerakkan *control valve* akan membuka dan mengalirkan fluida ke power silinder sebelah kanan atau kiri [11].

Gambar 2. 6 Rack and Pinion Power Steering

Berikut merupakan rumus yang digunakan untuk perhitungan kebutuhan *rack and pinion.*

a. Rumus Hubungan Gaya dan Torsi

$$T = F.r \quad (2.1)$$

Dimana:

T = Torsi yang dihasilkan oleh pinion (Nm)

F = Gaya linear pada rack (N)

r= Jari-jari lingkar pitch pinion (m)

b. Rumus jumlah gigi dan diameter pinion

$$Z = \frac{D}{m} \quad (2.2)$$

Dimana:
Z = Jumlah gigi pada pinion
D = Diameter lingkar pinion (mm)
m = Modul Gear (mm)

c. Rumus gaya tangensial *rack and pinion*

$$F_t = \frac{T}{r} \quad (2.3)$$

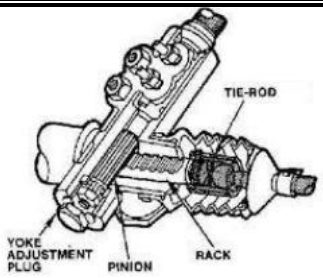
Dimana:
F_t = Gaya Tangensial (N)
T = Momen torsi pada pinion (Nm)
r = Jari-jari lingkar pitch pinion (m atau mm)

2.3.1 Komponen Power Steering Rack and Pinion

Sistem power steering konstruksinya tidak jauh beda dengan sistem kemudi manual dengan komponen *steering wheel* (roda kemudi), *Steering column* (batang kemudi) dan *steering linkage*, hanya ditambah mekanis hidrolis yang bertujuan membantu mendorong piston pada power silinder. Untuk tipe *rack dan pinion* ini mempunyai komponen-komponen yang penting yaitu *gear housing, power cylinder, control valve* dan *vane pump.*

1. Gear Housing

Gear housing pada *power steering* menggunakan roda gigi tipe *rack and pinion*. Dimana *steering pinion* bagian ujung pada poros utama kemudi bersinggungan dengan *steering rack,* sehingga pada saat *steering wheel* diputar dan diikuti shaft pinion akan menggerakkan steering rack ke kiri atau ke kanan. Gerakan *steering rack* diteruskan *rack end* dan *tie rod end* ke roda depan kiri dan kanan.



Gambar 2. 7 Gear Housing dan Pinion

2. Power Silinder

Power silinder adalah tempat piston bekerja dan ditempatkan pada *rack, rack* bergerak karena tekanan minyak yang dihasilkan oleh tekanan *vane pump* yang bekerja pada power piston. Kebocoraan minyak dicegah *oil seal* pada kedua ruangan silinder dan bagian ujung *power cylinder* juga dicegah *oil seal* untuk mencegah kebocoran *fluida. Steering wheel* dihubungkan dengan *steering main shaft* untuk menggerakkan *control valve*. Pada saat *steering wheel* dalam posisi lurus *control valve* pada posisi netral sehingga minyak dari *vane pump* tidak bekerja dikedua ruangan tetapi dialirkan ke *reservoir tank*. Jika *steering wheel* diputar kesalah satu arah, maka *control valve* merubah saluran fluida sehingga *vane pump* bekerja kesalah satu ruangan dan minyak pada salah satu ruangan akan kembali ke *reservoir tank*.

2.3.2 Master Silinder

Master silinder berfungsi meneruskan tekanan dari pedal menjadi tekanan hidrolik minyak rem untuk menggerakkan sepatu rem pada rem tromol atau menekan pada rem cakram (Sofian Amri & Yayan Setiawan, 2011: 78). Master silinder terdiri dari *reservoir tank*, yang berisi minyak rem, piston dan silinder, yang membangkitkan tekanan hidrolis. Pada penelitian

ini menggunakan master silinder isuzu panther dengan diameter sebesar 5/8 mm.

Gambar 2. 8 Master Silinder

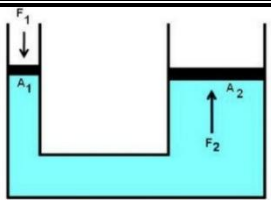
2.3.3 Selang Rem

Selang rem berfungsi untuk menyalurkan minyak rem yang bertekanan menuju kaliper. Selang rem harus kuat dan tahan terhadap korosi yang ditimbulkan zat kimia dari minyak rem itu sendiri. Selang rem mempunyai sifat fleksibel. Standarisasi ukuran selang rem untuk mobil atau truk adalah 3/16 atau 1/4 inci [12].

Gambar 2. 9 Selang Rem

2.4 Hukum Pascal

Berikut ini adalah gambar yang dilengkapi oleh kedua penghisap dengan luas penampang yang berbeda. Penghisap pertama memiliki luas penampang yang kecil (diameter kecil) dan penghisap yang kedua memiliki luas penampang yang besar (diameter besar).



Gambar 2. 10 Hukum Pascal

Sesuai dengan bunyi *Pascal* "bahwa tekanan yang diberikan pada zat cair dalam ruang tertutup akan diterukan sama besar ke segala arah, maka tekanan yang masuk pada penghisap pertama dengan tekanan yang keluar pada penghisap kedua sama". Tekanan dalam fluida dapat dirumuskan dengan persamaan dibawah ini:

$$P = \frac{F}{A} \quad (2.4)$$

Sehingga persamaan hukum pascal bisa ditulis sebagai berikut:

$$P1 = P2 \quad (2.5)$$

$$\frac{F1}{A1} = \frac{F2}{A2} \quad s(2.6)$$

Dimana:

P = Tekanan minyak rem (Pa atau Nm)

F_{master} = Gaya yang diberikan pada master silinder (N)

A_{master} = Luas penampang master silinder (m^2)

2.5 *Pulley*

Pulley merupakan salah satu elemen mesin yang berfungsi untuk mentransmisikan daya seperti halnya sproket rantai dan roda gigi. Bentuk *pulley* adalah bulat dengan ketebalan tertentu, di tengah-tengah puli terdapat lubang poros. *Pulley* pada umumnya dibuat dari besi cor kelabu FC 20 atau FC 30, dan ada pula yang terbuat dari baja [13].

Gambar 2. 11 *Pulley*

Sebelum menghitung besarnya diameter *pulley* biasanya salah satu diameter *pulley* direncanakan terlebih dahulu.

Tabel 2. 1 Diameter *pulley* kecil

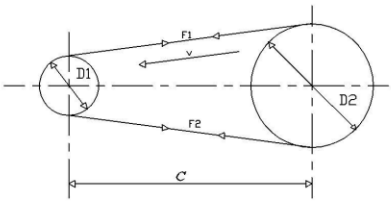
Tipe Belt	A	B	C	D	E	3V	5V	8V
Diameter minimum yang diijinkan (mm)	65	115	175	300	450	67	180	315
Diameter minimum yang diijinkan (mm)	95	145	225	350	450	100	225	360

2.6 Sabuk/*v-belt*

Gambar 2. 12 *V-Belt*

V-belt adalah sabuk yang terbuat dari bahan karet fleksibel yang melingkar tanpa ujung, yang digunakan untuk menghubungkan secara mekanis dua poros yang berputar. *V-belt* digunakan sebagai sumber penggerak, penyalur daya yang

efisien atau untuk memantau pergerakan relatif. *V-belt* biasanya dilingkarkan pada dua atau lebih *pulley*/katrol yang dapat mengendalikan katrol secara normal pada satu arah atau menyilang. *V-belt* memiliki beberapa tipe yang biasanya digunakan sesuai dengan kebutuhan [13]. Berikut adalah tipe tipe *v-belt* berdasarkan bentuknya.



Gambar 2. 13 Perbandingan *pulley* dan *v-belt*

a) Menentukan panjang sabuk (L)

$$L = 2C + \frac{\pi(d_p + D_p)}{2} + \frac{1}{4C}(D_p - d_p)^2$$

Dimana :

L = Panjang sabuk (mm)

C = Jarak antar pusat *pulley* (mm)

d_p = Diameter *pulley* penggerak (mm)

D_p = Diameter *pulley* yang digerakkan (mm)

b) Menentukan jarak sumbu poros (C) [14]

$$C > \frac{d_p + D_p}{2}$$

Keterangan:

C = Jarak antar pusat *pulley* (mm)

d_p = Diameter *pulley* penggerak (mm)

D_p = Diameter *pulley* yang digerakkan (mm)

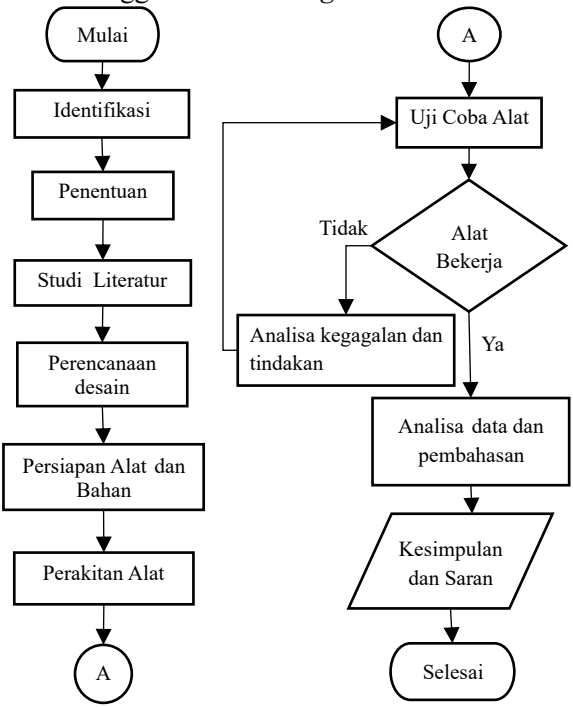
2 = Konstanta

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III
METODOLOGI

3.1 Diagram Alir

Berikut merupakan bagan dari diagram alir penelitian rancang bangun simulasi penggunaan sistem *differential* pada saat berbelok menggunakan *steering wheel.*



Gambar 3. 1 Diagram Alir

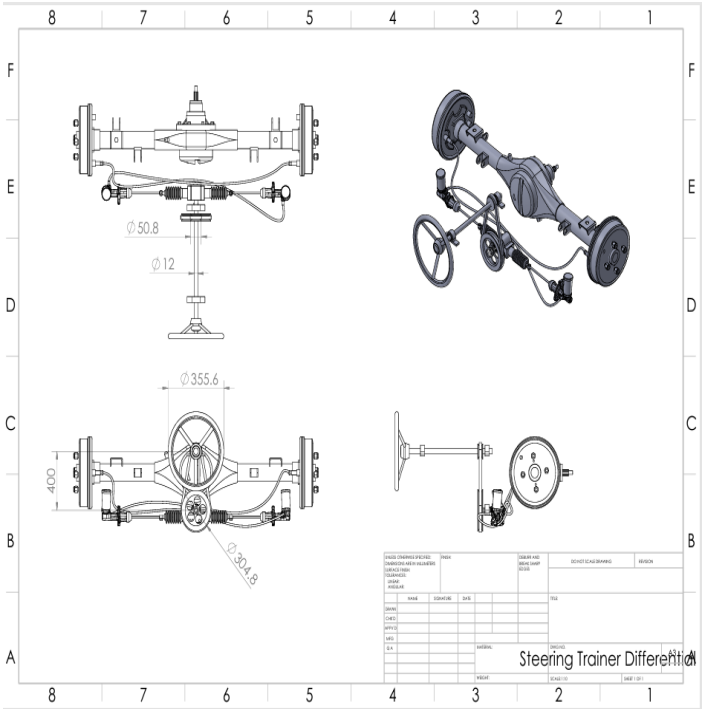
Keterangan:

a. Identifikasi masalah

Pada proses ini dilakukan identifikasi masalah terhadap permasalahan yang ada di Politeknik Negeri Madura tentang kebutuhan media pembelajaran. Identifikasi ini akan diperoleh beberapa permasalahan yang nantinya akan dicarikan penyelesainnya.

b. Perencanaan desain

Berikut merupakan gambar desain "Rancang Bangun Simulasi Penggunaan Sistem *differential* Pada Saat Berbelok Menggunakan *steering wheel*" seperti yang ditunjukkan oleh gambar 3.2 sebagai berikut.



Gambar 3. 2 Perencanaan Desain

c. Perakitan alat
   1. Memakai APD yang dibutuhkan.
   2. Mempersiapkan alat dan bahan.
   3. Melakukan proses perakitan alat.
   4. Melakukan proses pengeboran untuk dudukan *rack and pinion* dan master silinder pada rangka *trainer differential.*

d. Uji coba alat
   Pada tahap ini yaitu dilakukan pengujian pada alat yang telah dibuat untuk mengetahui apakah alat sudah bekerja dengan baik atau tidak. Kalau alat tidak bekerja akan dilakukan analisa kegagalan dan tindakan perbaikan kemudian dilakukan pengujian ulang.

e. Analisa data dan pembahasan
   Pembahasan yang diambil dari pengujian alat akan diolah untuk bahan evaluasi bersama dosen pembimbing dan disimpulkan hasil kerja alat sistem *steering wheel* pada *trainer differential.*

f. Kesimpulan dan saran
   Setelah dilakukan pengujian proses pada alat sistem *steering wheel* pada *trainer differential,* tahap selanjutnya merupakan penarikan kesimpulan dan saran yang mendasari tentang penelitian yang telah dilakukan.

3.2 Alat dan Bahan

Pelaksanaan penelitian ini diperlukan beberapa alat dan bahan sebagai pendukung dalam proses pengambilan data alat tersebut. Adapun alat dan bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

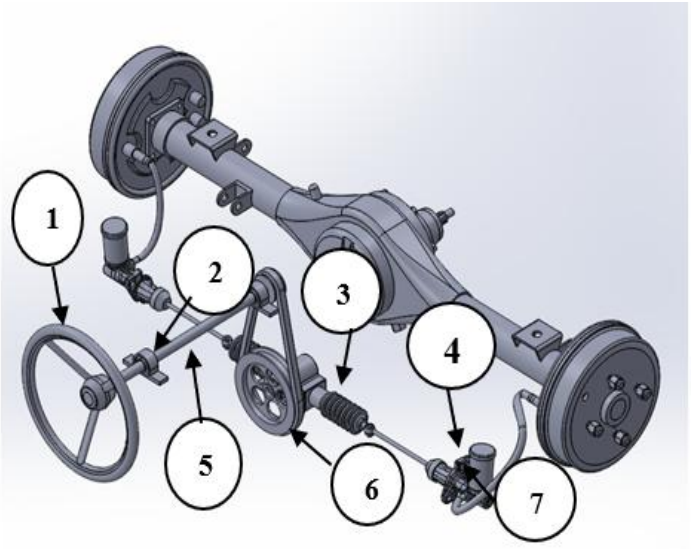
3.2.1 Alat

Pada perancangan tugas akhir ini dibutuhkan berbagai macam alat yang tepat agar proses perancangan dan sistem kerja alat yang akan dibuat sesuai dengan yang diinginkan. Alat yang digunakan adalah penggaris siku, jangka sorong, kunci kombinasi, bor listrik, mesin las.

3.2.2 Bahan

Berdasarkan perencanaan dalam proses pembuatan alat tugas akhir tersebut, diperlukan bahan-bahan yang akan digunakan untuk memperlancar proses perakitan alat. Bahan-bahan yang digunakan adalah baut dan mur, *pillow block*, *ranck and pinion, steering wheel*, master silinder, poros stir, selang rem, minyak rem.

3.3 Desain dan Cara Kerja Alat



Gambar 3. 3 Desain Rancang Bangun Alat

Keterangan:

1. *Steering wheel*
2. *Pillow Block*
3. *Rack and pinion*
4. *Master* kopling
5. *As Steering*
6. *Pulley* dan *v-belt*
7. Selang rem

Rancang bangun alat ini di pasang pada rangka *trainer differential.* Prinsip kerja alat ini yaitu pada saat *steering wheel* dibelokkan maka rack and pinion bergerak sesuai dengan arah yang dibelokkan oleh operator. Pada rack and pinion ketika diputar ke kiri maka piston silinder yang ada didalam komponen *rack and pinion* akan mendorong poros pada master silinder sehingga mendorong minyak rem yang akan diteruskan ke tromol sebelah kiri. Begitupun ketika *rack and pinion* diputar oleh *steering wheel* ke kanan, maka piston silinder yang ada didalam komponen *rack and pinion* akan mendorong poros master silinder sehingga mendorong minyak rem untuk diteruskan ke tromol sebelah kiri.

3.4 Prosedur Pengujian

Untuk pengujian rancang bangun simulasi penggunaan sistem *differential* pada saat berbelok menggunakan *steering wheel* terdapat beberapa persiapan yang harus dilakukan sebagai berikut:

1. Persiapkan *trainer differential*, alat dan bahan yang dibutuhkan.
2. Pasang *steering wheel, rack and pinion*, master silinder, selang rem pada rangka dan *differential.*

3. Apabila motor sudah dinyalakan, putar *steering wheel* sesuai derajat yang diinginkan untuk mengetahui jarak poros *rack* yang keluar mendorong master kopling
4. Catat dan hitung hasil pengujian perpindahan jarak poros *rack and pinion* dan jarak poros tekan master silinder.
5. Cacat hasil dan hitung hasil pengujian pada sistem kontrol pada sensor *tachometer.*

BAB IV
ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh putaran *rack and pinion* terhadap gaya tangensial yang diberikan pada master silinder untuk mengetahui kecepatan putar roda kanan dan kiri pada *differential*

Pengaruh putaran *rack and pinion* dapat diketahui dengan melakukan perhitungan kebutuhan putaran *steering wheel* terhadap jarak perpindahan linear *rack.* Untuk mengetahui rasio putaran *rack and pinion* dapat dilakukan melalui perhitungan dibawah putaran *rack and pinion* terhadap putaran roda pada *trainer differential* ini:

4.1.1 Perhitungan Gaya Pada Kaliper

Gambar 4. 1 Pengambilan Data Pada Pedal

Tabel 4. 1 Hasil pengambilan data kebutuhan gaya tekan pada master kopling

Massa pedal (kg)	L1 (cm)	L2 (cm)	Massa kaliper (kg)	F kaliper (Newton)
3	8	10	6,75	66,48
4	8	10	9	88,65
5	8	10	11,25	110,81
7	8	10	15,75	155,13
8	8	10	18	`177,3

Hasil data dari F kaliper diatas diperoleh dari perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Fk = \left(\frac{L1 + L2}{L1}\right).Fp$$

Keterangan:

Fk= Gaya Kaliper (kg)

L1= Jarak dari pedal ke titik tumpuan

L2= Jarak dari pushroad ke tumpuan

Fp= Gaya pedal (kg)

a. Perhitungan gaya pedal rem 3 kg

$$Fk = \left(\frac{L1 + L2}{L1}\right).Fp$$

Fk = $(\frac{8+10}{8}).3\ kg$

Fk = 2,25.3 kg

Fk = 6,75 kg

Fk = 66,48 N

b. Perhitungan gaya pedal rem 4 kg

$$Fk = \left(\frac{L1 + L2}{L1}\right).Fp$$

Fk = $(\frac{8+10}{8}).4\ kg$

Fk = 2,25.4 kg

Fk = 9 kg

Fk = 88,65 N

c. Perhitungan gaya pedal rem 5 kg

$$Fk = \left(\frac{L1 + L2}{L1}\right).Fp$$

Fk = $(\frac{8+10}{8}).5\ kg$

Fk = 2,25.5 kg

Fk = 11,25 kg

Fk = 110,81 N

d. Perhitungan gaya pedal rem 7 kg

$$Fk = \left(\frac{L1 + L2}{L1}\right).Fp$$

Fk = $(\frac{8+10}{8}).7\ kg$

Fk = 2,25.7 kg

Fk = 15,75 kg

Fk = 155,13 N

e. perhitungan gaya pedal rem 8 kg

$$Fk = \left(\frac{L1 + L2}{L1}\right).Fp$$

Fk = $(\frac{8+10}{8}).8\ kg$

Fk = 2,25.8 kg

Fk = 18 kg

Fk = 177,3 N

Berdasarkan proses pengambilan data dan perhitungan yang telah dilakukan pedal rem diatas, hasil yang digunakan sebagai acuan untuk kebutuhan gaya yang akan diberikan pada master kopling untuk mendorong kaliper pada *differential* dengan perpindahan linear rack 1 cm adalah 11,25 kg atau 110,81 N. Hasil tersebut diperoleh menggunakan gaya gravitasi 9,85 m/s^2.

4.1.2 Perhitungan Gaya dan Torsi

Hasil pengambilan data yang telah dilakukan pada *rack and pinion* menggunakan jangka sorong tercantum pada tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Data *Rack and Pinion*

Besaran	Nilai	Satuan
diameter pinion	0,04	m
jumlah gigi pinion (Z)	25	
langkah piston (L)	1	cm
module gear (m)	1,5	mm

Dalam perhitungan yang telah dilakukan untuk mengetahui torsi pada *rack and pinion* menggunakan rumus yang menghasilkan data sebagai berikut:

$$\mathrm{T} = \mathrm{F}.\frac{d}{2}$$

$$\mathrm{T} = 110{,}81\ \mathrm{N}\ .\frac{0{,}04\ m}{2}$$

$$\mathrm{T} = 2{,}22\ \mathrm{Nm}$$

Keterangan:
T = Torsi (Nm)
Fk = Gaya kaliper (kg)
d = Jari jari lingkar pitch pinion (m)
Dari perhitungan torsi di atas, hasil yang didapatkan digunakan untuk menghitung gaya tangensial pada rack untuk mendorong master kopling.

4.1.3 Perhitungan Gaya Tangensial Rack and Pinion

Dalam perhitungan yang akan dilakukan untuk mengetahui gaya tangensial pada *rack and pinion* didapatkan melalui perhitungan jumlah diameter pinion dan jumlah gigi pinion yang menghasilkan data sebagai berikut:

$$d = \frac{z}{2}$$

$$d = \frac{25}{2}$$

d = 12,5 mm

Dari hasil perhitungan jumlah gigi pinion dan diamater pinion diatas, data yang dihasilkan digunakan untuk menghitung gaya tangensial rack dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$F_t = \frac{T}{d}$$

$$F_t = \frac{2{,}22}{12{,}5}$$

$$F_t = \frac{2{,}22}{12{,}5}$$

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan hasil gaya tangensial pada rack sebesar 0,18 N untuk mendorong master kopling dengan jarak 1 cm. Hasil tersebut sesuai dengan pengambilan data yang dilakukan pada saat *steering wheel* dibelokkan.

4.1.4 Perhitungan Tekanan Minyak Rem

Perhitungan yang akan dilakukan untuk mengetahui tekanan minyak rem pada kaliper menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P = \frac{F}{A}$$

$$P = \frac{110{,}81\ N}{5/8\ mm}$$

$$P = \frac{112{,}5\ N}{0{,}625\ m}$$

P = 177,2 Nm

P = 177,2 Pa

Dari perhitungan yang telah dilakukan tekanan minyak rem pada kaliper *differential* sebesar 177,2 Pa.

4.1.5 Perhitungan pulley dan V-Belt

Sebelum menghitung pulley dan panjang vbelt dibutuhkan perhitungan jarak sumbu poros kedua pulley (C) yang dipilih adalah 400 mm.

$$C > \frac{d_p + D_p}{2}$$

$$C > \frac{58\ mm + 348\ mm}{2}$$

$$C > 203\ mm$$

Keterangan :

C = Jarak antar pusat *pulley* (mm)

d_p = Diameter *pulley* penggerak (mm)

D_p = Diameter *pulley* yang digerakkan (mm)

2 = Konstanta

Dari (C) yang sudah diketahui, maka selanjutnya adalah menentukan panjang sabuk (L) yang dibutuhkan untuk memutar kedua pulley. Berikut adalah rumus untuk menghitung panjang sabuk.

$$L = 2C + \frac{\pi(d_p + D_p)}{2} + \frac{1}{4C}(D_p - d_p)^2$$

$$= 2(250) + \frac{3{,}14(58 + 348)}{2} + \frac{1}{4(203)}(348 - 58)^2$$

$$L = 500 + \frac{1274{,}8}{2} + \frac{1}{812}(290)^2$$

$$L = 500 + 637{,}4 + 103{,}57$$

$$L = 1240{,}97\ mm$$

Keterangan :

L = Panjang sabuk (mm)

C = Jarak antar pusat *pulley* (mm)

d_p = Diameter *pulley* penggerak (mm)

D_p = Diameter *pulley* yang digerakkan (mm)

Dari perhitungan panjang sabuk/v-belt yang sudah dilakukan, panjang sabuk yang digunakan adalah 1240,97 mm. Namun ukuran tersebut tidak tersedia dipasaran, maka dari itu dipilihlah panjang sabuk yang mendekati nilai tersebut adalah 1244,46 mm atau setara dengan 49 inch.

4.2 Pengaruh arah putaran *steering wheel* terhadap kecepatan putar *differential* pada saat berbelok.

Pengaruh arah putaran *steering wheel* pada kecepatan putar *differential* dipengaruhi oleh beberapa gaya putaran yang diberikan untuk memutar *rack and pinion*, sehingga dapat diketahui perbedaan kecepatan putaran antara roda kanan dan kiri melalui hasil perpindahan linear rack tersebut.

4.2.1 Hasil pengujian putaran *steering wheel*

Setelah dilakukan pengambilan data pada trainer differential sebanyak 3 kali dengan putaran yang berbeda-beda didapatkan hasil rata-rata sebagai berikut:

Tabel 4. 3 Data Pengujian *Steering wheel* diputar ke kanan

Putaran *Steering* ke kanan (derajat)	rpm roda kanan	rpm roda kiri
0	108,33	108,33
40	108,00	108,33
80	107,33	108,67
120	106,33	109,67
160	98,33	112,67
200	88,67	122,33
240	80,67	127,33
280	72,00	130,67
320	57,33	152,67
360	0,00	217,00

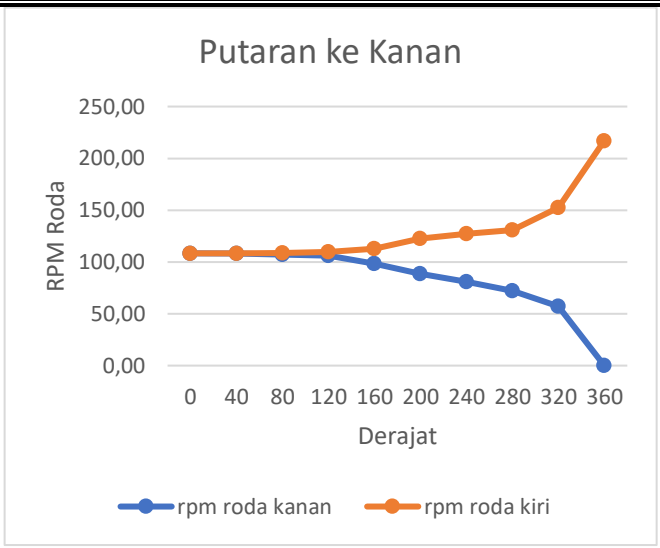
Berdasarkan pengambilan data yang telah dilakukan didapatkan hasil dari putaran *steering wheel* 0˚ diperoleh rpm roda kanan sebesar 108,33 dan roda kiri sebesar 108,33, putaran 40˚ diperoleh rpm roda kanan 108 dan roda kiri 108,33, putaran 80˚ diperoleh rpm roda kanan sebesar 107,33 dan roda kiri 108,67, putaran 120˚ diperoleh rpm roda kanan sebesar 106,33 dan roda kiri 109,67, putaran 160˚ diperoleh rpm roda kanan sebesar 98,33 dan roda kiri 112,67, putaran 200˚ diperoleh rpm roda kanan sebesar 88,67 dan roda kiri 122,33, putaran 240˚ diperoleh rpm roda kanan sebesar 80,67 dan roda kiri 127,33. putaran 280˚ diperoleh rpm roda kanan sebesar 72 dan roda kiri 130,67, putaran 320˚ diperoleh rpm roda kanan sebesar 57,33 dan roda kiri 152,67, putaran 360˚ diperoleh rpm roda kanan sebesar 0 dan roda kiri 217.

Tabel 4. 4 Data Pengujian *Steering wheel* diputar ke kiri

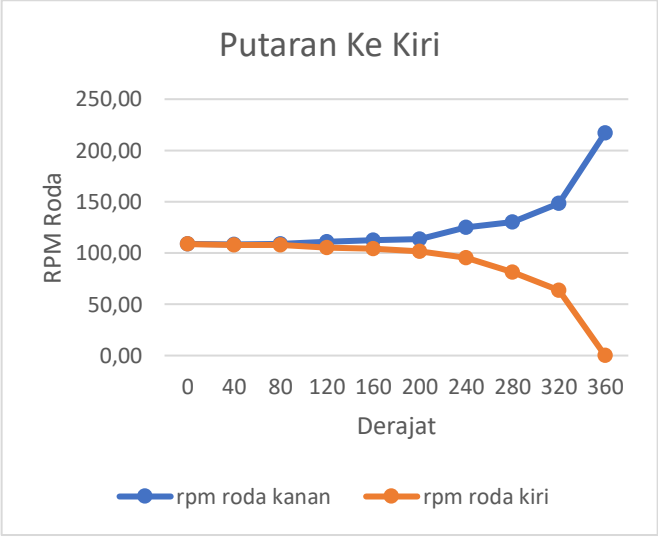
Putaran *Steering* ke Kiri (derajat)	rpm roda kanan	rpm roda kiri
0	108,67	108,67
40	108,33	108,00
80	108,67	108,00
120	111,00	105,33
160	112,33	104,33
200	113,67	101,67
240	125,00	95,33
280	130,33	81,33
320	148,33	63,67
360	217,00	0,00

Berdasarkan pengambilan data yang telah dilakukan didapatkan hasil dari putaran *steering wheel* 0˚ diperoleh rpm roda kanan sebesar 108,67, dan roda kiri sebesar 108,67, putaran 40˚ diperoleh rpm roda kanan 108,33 dan roda kiri 108, putaran 80˚ diperoleh rpm roda kanan sebesar 108,67 dan roda kiri 108, putaran 120˚ diperoleh rpm roda kanan sebesar 111, dan roda kiri 105,33, putaran 160˚ diperoleh rpm roda kanan sebesar 112,33 dan roda kiri 104,33, putaran 200˚ diperoleh rpm roda kanan sebesar 113,67 dan roda kiri 101,67, putaran 240˚ diperoleh rpm roda kanan sebesar 125 dan roda kiri 95,33. putaran 280˚ diperoleh rpm roda kanan sebesar 130,33 dan roda kiri 81,33, putaran 320˚ diperoleh rpm roda kanan 148,33 dan roda kiri 63,67, putaran 360˚ diperoleh rpm roda kanan sebesar 217 dan roda kiri 0.

Berikut merupakan grafik hasil pengujian yang telah dilakukan untuk mengetahui perbedaan kecepatan pada roda kanan dan kiri pada trainer *differential.*



Gambar 4. 2 Grafik Hasil Pengujian *Steering Wheel* ke kanan



Gambar 4. 3 Grafik Hasil Pengujian Steering Wheel ke kiri

Pada grafik gambar 4.2 dan 4.3 terjadi perbedaan kecepatan antara roda kanan dan kiri yang disebabkan oleh terjadinya gesekan antara kampas rem dan kaliper pada roda *differential* ketika *steering wheel* diputar mendorong master kopling. Semakin tinggi derajat putaran *steering wheel* ke kanan maka semakin kecil kecepatan yang terjadi pada roda kanan dan semakin meningkat kecepatan pada roda kiri. Hal tersebut disebabkan oleh sistem *differential* pada kendaraan yang dirancang untuk memungkinkan roda berputar pada kecepatan yang berbeda terutama saat berbelok dan pada salah satu roda kehilangan traksi.

Pada power train kendaraan ada sebuah mekanisme yang berperan sangat penting agar kendaraan dengan halus tanpa salah satu roda mengalami slip. Mekanisme ini disebut sistem *differential.* Fungsi dan cara kerja *differential* pada saat kendaraaan berbelok adalah ada perbedaan radius yang ditempuh oleh roda kanan dan kiri, roda bagian dalam akan menempuh jarak yang lebih pendek dari pada roda bagian luar, oleh sebab itu ketika berbelok roda luar harus lebih cepat putarannya daripada roda bagian dalam agar tidak terjadi slip [15].

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dapat dirumuskan kesimpulan sebagai berikut:

1. Perputaran *steering wheel* berpengaruh langsung terhadap perpindahan linear rack pada sistem *rack and pinion.* Rasio tersebut dihitung melalui gaya yang dibutuhkan pada kaliper, torsi yang dihasilkan *pinion,* dan gaya tangensial *rack*. Hasil akhir menunjukkan bahwa untuk mendorong master silinder dengan perpindahan *rack* 1 cm dibutuhkan gaya tangensial sebesar 0,18 N.
2. Pengaruh arah putaran *steering wheel* pada kecepatan putar *differential* dipengaruhi oleh beberapa gaya putaran yang diberikan untuk memutar *rack and pinion*, diketahui bahwa semakin besar derajat putaran yang dilakukan, kecepatan putaran antara roda kanan dan kiri berbeda melalui hasil perpindahan linear *rack* yang mendorong master kopling tersebut. Hal ini membuktikan fungsi kerja sistem *differential* yang memungkinkan roda berputar dengan kecepatan yang berbeda saat berbelok.

5.2 Saran

Adapun saran yang perlu penulis sampaikan, sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan peningkatan pada *steering wheel* agar bisa di *adjust* sesuai dengan keinginan operator pada saat digunakan.
2. Perlu dilakukan pergantian pada bagian *pulley* menggunakan rantai agar pada saat *steering wheel* diputar penuh tidak terjadi gesekan pada *pulley* yang kecil.
3. Perlu dilakukan perawatan secara berkala pada bagian master kopling agar penggunaan tetap optimal.

DAFTAR PUSTAKA

[1] M. Azhriel, "PEMBUATAN INSTRUMEN ASESMEN PADA PEMBELAJARAN SISTEM DIFFERENTIAL," *ATIKANOTO: Journal of Automotive Engineering Education,* vol. 1, p. 3, 2024.

[2] S. D. R. D. S. Dandi Firman Dani*, "Pengembangan augmented reality pada sistem diferensial, sistem," *Jurnal Pendidikan Vokasi,* vol. 12, pp. (152-167), 2022.

[3] e. p. pradana, "RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL POWER STEERING PADA TRAINER SISTEM KEMUDI SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN PRAKTEK CHASSIS," *JRM. Volume 6 Nomor 02,* pp. 5-9, 2021.

[4] m. ridhwan, "rancang bangun sistem kemudi power steering hidrolik sebagai media pembelajaran praktek chassis," *JRM. Volume 06 Nomor 02,* pp. 1-4, 2021.

[5] B. A. Firmansyah, "PERANCANGAN KONTRUKSI SISTEM KEMUDI TIPE RACK AND PINION PADA MOBIL HEMAT ENERGI “HAIZUM”," *Jurnal Sains dan Teknologi Teknik Mesin Unisma,* pp. 1-8, 2020.

[6] S. G. P. Putra2, "Pembuatan Sistem Kemudi Power Steering," *Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Batam,* vol. Volume 10 Nomor 1, no. Zona Mesin ISSN 2087 - 698X, pp. 34-38, 2020.

[7] A. Suyono, "RANCANG BANGUN SISTEM KEMUDI MANUAL PADA MOBIL LISTRIK GARUDA UNESA," *JTM,* pp. 187-195, 2013.

[8] Y. S. P. A. S. Singgih Danu Cahyo, "Rancang Bangun Sistem Kemudi Prototipe Mobil Listrik," *INOTEK, Vol. 7,* pp. 1166-1172, 2023.

[9] M. F. SYUHADA, "TUGAS MATA KULIAH CHASIS DANPEMINDAH DAYA," oktober 2018. [Online]. Available: https://www.scribd.com/document/394687631/Makalah-Sistem-Kemudi.

[10] R. S. N. P. Kurnia Dwi Artika1, "PERANCANGAN SISTEM KEMUDI MANUAL PADA MOBIL LISTRIK," *Jurnal Elemen,* pp. 1-6, 2017.

[11] S. Aji, "LAPORAN PRAKTIK SISTEM KEMUDI REM DAN SUSPENSI "RACK AND PINION POWER STEERING"," 13 februari 2019. [Online]. Available: https://www.scribd.com/document/441476445/304521289-Laporan-Power-Steering-Rack-and-Pinion.

[12] T. SAKSANA, "PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM REM PADA MOBIL BARANG '13," agustus 2017. [Online]. Available: https://eprints.uny.ac.id/61180/1/13509134001-TRI%20SAKSANA-PROYEK%20AKHIR.pdf.

[13] Y. D. NOVITASARI, "PERHITUNGAN ULANG TRANSMISI SABUK DAN PULI SERTA PEMILIHAN ALTERNATOR PADA KINETIC FLYWHEEL CONVERTION I (KFC I) UNTUK MEMAKSIMALKAN KERJA ALAT DI TERMINAL BBM SURABAYA GROUP – PERTAMINA PERAK.," Surabaya, 2018, pp. 1-76.

[14] K. S. Sularso, "Dasar perencanaan dan pemilihan elemen mesin," Jakarta, PT PRANADYA PARAMITA, 2004, pp. 1-326.

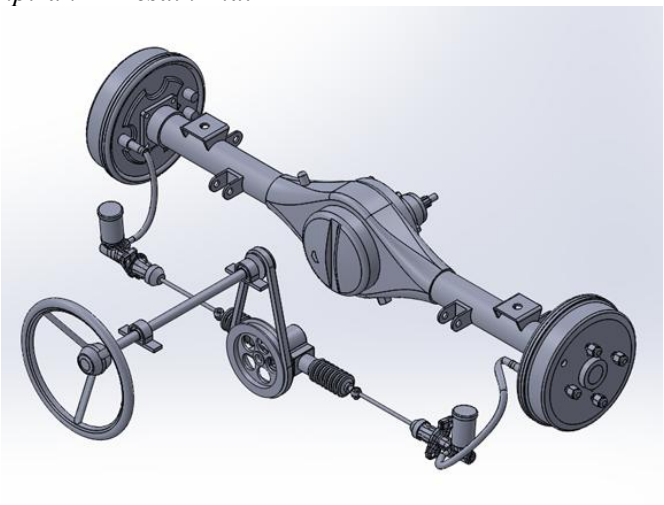
[15] K. H. Poetro, "Analisis Pengaruh Rasio Final Gear Terhadap Kecepatan dan Konsumsi Bahan Bakar Mobil HYBRID URBAN KMHE 2018," *Jurnal Teknik Mesin,* Vols. Vol. 08, No.3, no. ISSN 2549 - 2888, pp. 183-193, 2019.

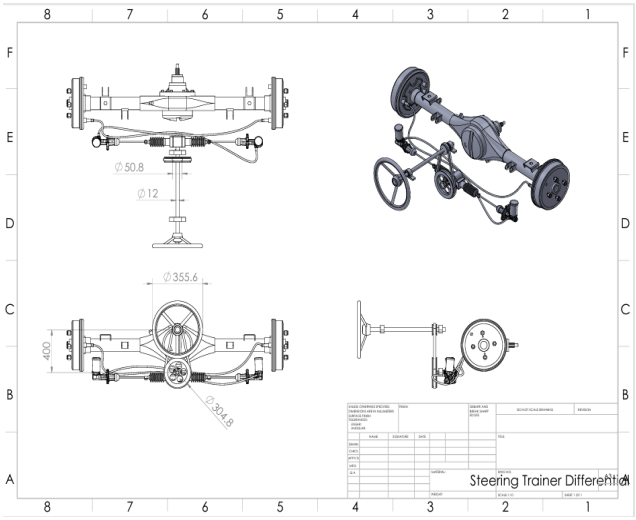
[16] W. H. W. A. F. E. D. W. Sapto Aji, "LAPORAN PRAKTIK SISTEM KEMUDI REM DAN SUSPENS “RACK AND PINION POWER STEERING”," 13 februari 2019. [Online].

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

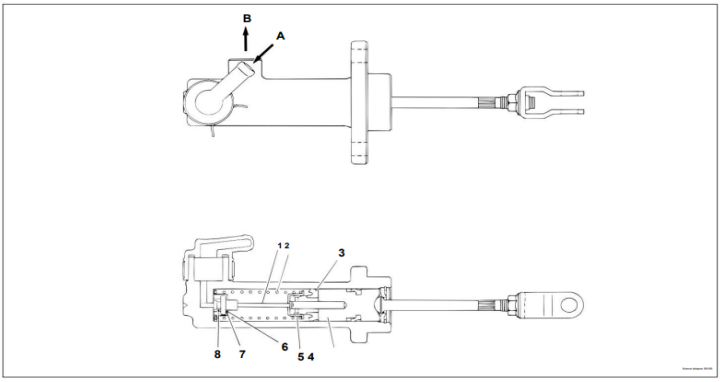
Lampiran 1 Desain Alat





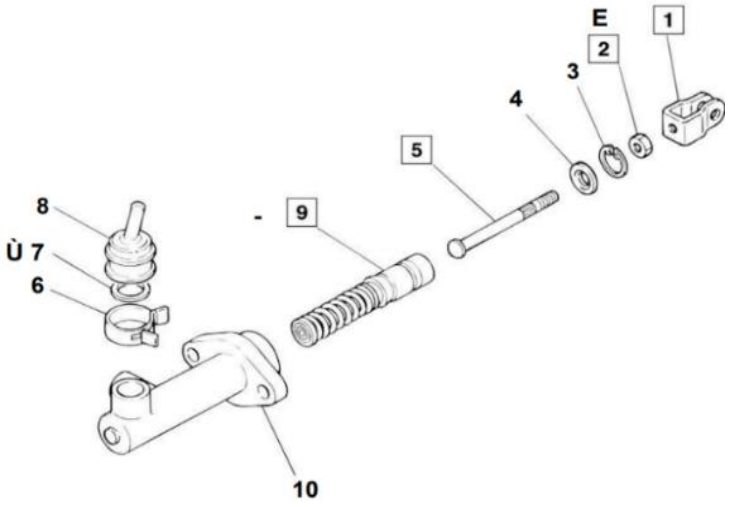
Lampiran 2 Spesifikasi Steering Wheel dan Master Silinder

Barang \ Model			FE	FG
Setir mobil	Jenis		Tipe 2 jari-jari	
	Diameter luar	mm {inci}	400 {15,7}	



1 Batang katup
2 Kembalinya musim semi
3 Cangkir bertekanan
4 Piston
5 Kursi pegas
6 Pegas katup
7 Kasus katup
8 Segel katup

A : Dari tangki cairan
B : Untuk kopling silinder tenaga (tekanan hidrolik)



Keterangan:

1. *Push rod cap*
2. *Lock nut*
3. *Push rod*
4. *Dust cover*
5. *Piston cup*
6. *Piston*
7. *Bleeder cap*
8. *Bleeder screw*
9. *Piston assembly*
10. *Cylinder body*

Standar layanan

Satuan : mm {inci}

Lokasi	Barang pemeliharaan	Nilai standar (Diameter dasar dalam [ ])	Membatasi	Memperbaiki
9, 10	Jarak bebas antara rakitan piston dan badan silinder	[22,22] 0,02 hingga 0,10 {[0,87] 0,00079 hingga 0,0039}	0,2 {0,0079} —	

Ê Torsi pengencangan

Satuan : N·m {lbf.ft, kgf·m}

Lokasi	Bagian yang harus dikencangkan	Torsi pengencangan	Perkataan
2	Mur pengunci (Pemasangan batang dorong)	19 hingga 27 {14 hingga 20, 1,9 hingga 2,8}	—

Lampiran 3 Hasil Plagiarisme Turnitin

Pengujian pengaruh sudut belok thd putaran roda

ORIGINALITY REPORT

4%	%	4%	%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	Kurnia Dwi Artika, Rusuminto Syahyuniar, Nanda Priono. "PERANCANGAN SISTEM KEMUDI MANUAL PADA MOBIL LISTRIK", Jurnal Elemen, 2017 Publication	2%
2	Muhammad Hasan Basri, Muhammad Syaifuddin Zuhri, Hilman Saraviyan Iskawanto, Bachtera Indarto. "Design Of Turbine L On Basin Cylinder Walls With 5cm And 10cm Turbine Distance Various On The Effect Of Electrical Power In The Gravitation Water Vortex Power Plant (GWVPP)", JEEE-U (Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA), 2020 Publication	1%
3	Untung Surya Dharma, Lukito Dwi Yuono. "ANALISA PENGEPRESAN DENGAN SISTEM HIDROLIK PADA ALAT PEMBUAT PAVING BLOCK UNTUK PERKERASAN LAHAN PARKIR", Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin, 2017 Publication	<1%
4	Julianti Julianti, Unggul Wahyono, Sahrul Saehana. "Pengaruh Model Project Based Learning Berbantuan Multimedia Terhadap Pemahaman Konsep Siswa Pada Materi Tekanan Zat Cair di SMPN 18 Palu", JPFT	<1%

(Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online), 2016
Publication

5	Ignatius Bagas Ristanto, Yustina Retno Wahyu Utami, Teguh Susyanto. "Penerapan Metode Clustering dengan Fuzzy C-Means untuk Memetakan Daerah Rawan Kecelakaan Lalu Lintas di Surakarta", Jurnal Ilmiah SINUS, 2021 Publication	<1 %
6	Sandi Prasetyo Bagaskoro, Dimas Fadli Latif, Ja'far Maulana, Saiful Ahmad. "ANALISIS KEGAGALAN SISTEM PENGEREMAN DISC BRAKES PADA SEPEDA MOTOR", Open Science Framework, 2023 Publication	<1 %
7	Hendra Kurniawan, Fuazen Fuazen, Eko Sarwono, Eko Julianto. "PERENCANAAN SISTEM KEMUDI " RACK AND PINION ", MOBIL HEMAT ENERGI SHELL ECO MARATHON ASIA 2018 EMISIA BORNEO 01", Suara Teknik: Jurnal Ilmiah, 2018 Publication	<1 %
8	Yessica Siagian. "SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN UNTUK PEMILIHAN PERUMAHAN TERBAIK DI ASAHAN MENGGUNAKAN ANALYTICAL HIERARCHY PR OCESS (AHP)", JURNAL TEKNOLOGI INFORMASI, 2017 Publication	<1 %

Exclude quotes	Off	Exclude matches	Off
Exclude bibliography	Off		

Halaman ini sengaja dikosongkan

BIODATA PENULIS

Nurul Hidayat dilahirkan di Sampang, 09 September 2004. Anak dari Bapak Abul Mudoffar dan Ibu Toyyibah. Penulis merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara. Penulis mulai menuntut ilmu di MI Mambaul Ulum pada tahun (2010-2016), melanjutkan ke SMP Negeri 2 Torjun pada tahun (2016-2019), dan melanjutkan ke SMK Negeri 2 Sampang pada tahun (2019-2022). Pada tahun 2022 penulis melanjutkan ke jenjang perguruan tinggi di Politeknik Negeri Madura Jurusan Rekayasa Mesin dan Industri, Program Studi D3 Teknik Mesin Alat Berat selama 3 tahun (2022-2025). Selama di Politeknik Negeri Madura penulis aktif dalam organisasi. Penulis bergabung pada Organisasi Mahasiswa sebagai Pengurus Himpunan Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Alat Berat pada periode (2022/2023), dan sebagai Pengurus Himpunan Mahasiswa Jurusan Rekayasa Mesin dan Industri pada periode (2023/2024).