



TUGAS AKHIR - VM180629

**PERHITUNGAN BEBAN PADA DESAIN *CHASSIS*
ROBOT PEBERSIH TANGKI**

**RIFKY DIMAS IRWINSYAH PELU
NRP. 1021160000026**

**Dosen Pembimbing 1
Dr. Ir. Bambang Sampurno, MT
196509191990031003**

**Dosen Pembimbing 2
M. Lukman Hakim, ST., MT.
1994201911070**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**



TUGAS AKHIR – VM180629

**PERHITUNGAN BEBAN PADA DESAIN *CHASSIS*
ROBOT PEMBERSIH TANGKI**

RIFKY DIMAS IRWINSYAH PELU
NRP. 1021160000026

Dosen Pembimbing 1
Dr.Ir.BAMBANG SAMPURNO, MT.

Dosen pembimbing 2
M. LUKMAN HAKIM, ST., MT.

PROGRAM STUDI D3 MESIN INDUSTRI
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020



FINAL PROJECT VM180629

**LOAD CALCULATION ON CHASSIS' DESIGN OF
TANK CLEANING ROBOT**

RIFKY DIMAS IRWINSYAH PELU
NRP. 1021160000026

Counsellor Lecturer 1
Dr.Ir.BAMBANG SAMPURNO, MT.

Counsellor Lecturer 2
M. LUKMAN HAKIM, ST., MT.

INDUSTRIAL ENGINEERING D3 STUDY PROGRAMME
INDUSTRIAL ENGINEERING DEPARTMENT
Vocational Faculty
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rifky Dimas Irwinskyah Pelu
NRP : 10211600000026
Program studi : Diploma III Teknik Mesin
Departemen : Teknik Mesin Industri
Fakultas : Vokasi

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir (TA) yang saya tulis ini benar benar tulisan saya, dan bukan merupakan hasil plagiasi. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan TA ini hasil plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut sesuai dengan ketentuan yang berlakudi Departemen Teknik Mesin Industri, Fak, Vokasi – ITS

Surabaya,
Yang membuat pernyataan,

Rifky Dimas Irwinskyah Pelu
10211600000026

**PERHITUNGAN BEBAN PADA DESAIN CHASSIS
ROBOT PEMBERSIH TANGKI**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
Departemen Teknik Mesin Industri
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
SURABAYA

Oleh :

Rifky Dimas Irwinsyah Pelu
NRP. 102116 000 00 026

Mengetahui dan Menyetujui :

Dosen Pembimbing



SURABAYA

2020

ABSTRAK

Sejauh ini pembersihan pada tangki BBM masih dilakukan dengan cara konvensional, atau tenaga manusia. Hasil yang diperoleh juga tergantung dari kemampuan dari pekerja tersebut, sehingga variatif, selain reliability yang kurang baik. Penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki hal tersebut, penelitian ini lebih memfokuskan dalam desain chassis baik dari segi pemilihan material serta dimensinya, dimana desain dibuat terlebih dahulu, kemudian pemilihan materialnya dan kemudian baru dilakukan perhitungan apakah material tersebut aman untuk digunakan. Menggunakan material Aluminium 4140, dengan ukuran desain yang sudah didapat, perhitungan dilakukan menggunakan *safety number* 3, didapatkan bahwa material aman dengan tegangan ijin tarik adalah 218,333 Mpa sementara secara perhitungan chassis mendapatkan beban sebesar 107,416 Mpa sehingga dinyatakan aman, kemudian tegangan ijin geser didapatkan 196,5 Mpa sementara secara perhitungan chassis mendapatkan beban sebesar 179,449 Mpa sehingga dinyatakan aman dan yang terakhir yaitu tegangan ijin bending didapatkan 196,5 Mpa sementara secara perhitungan mendapatkan beban sebesar 4,01 sehingga dinyatakan aman. Perhitungan beban serta torsi yang dilakukan juga mendapatkan hasil dari daya motor minimum, yaitu sebesar 387 Watt, serta ukuran diameter poros yang paling kecil sebesar $3,574 \times 10^{-5}$ m.

Kata kunci: Chassis, Poros, Robot Pembersih Tangki.

ABSTRACT

As for now, the industrial cleaning is still using conventional ways of methods, or still using man-power. The results of this methods is unreliable, due to the fact that it's all depend on the operator skill on cleaning. This research is conducted so that the problems won't occur in the near future. This research will focus on the design of the chassis, from the material requirements and the dimension of the chassis. Using Aluminium 4140, with the design that has been created the Analysis is using safety number 3, result in minimum tensile stress is 218,333 Mpa while theoretically the chassis is withstanding 107,416 Mpa it is concluded safe, and then the shear stress allowance is 196,5 Mpa while theoretically the chassis withstand 179,449 Mpa it is also concluded safe, and last is bending stress allowance is 196,5 Mpa and by theory the chassis only under 4,01 Mpa of stress by definition it is also safe. Further calculation on shaft's torsion and also to determine the power requirements for the motor, is 387 watt and minimum diameter for the shaft is $3,574 \times 10^{-5}$ m.

Keywords: Chassis, Shaft, Tank Cleaning Robot .

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat, serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir berjudul **“Perhitungan Beban Pada desain *chassis* robot pembersih tangki.”** yang menjadi salah satu syarat kelulusan mahasiswa di Departemen Teknik Mesin Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, laporan Tugas Akhir ini tidak dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberi dukungan, dan bimbingan kepada penulis hingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang berperan serta pada terbentuknya laporan ini, yaitu:

1. Bapak Dr. Ir. Bambang Sampurno, MT. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang membimbing dan mendukung penulis sehingga laporan ini dapat terselesaikan
2. Mas Sam Mashuri, S.Si yang telah membantu dalam pembelajaran, mendukung dan memberikan saran selama proses penyelesaian laporan ini.
3. Bapak Lukman Hakim ST., MT. yang selalu membantu dalam pembuatan presentasi serta memberikan arahan serta saran mengenai pengerjaan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT selaku kepala departemen Teknik Mesin Industri - ITS

5. Bapak Ir. Suhariyanto, MT selaku koordinator tugas akhir dan ketua program studi D3 Teknik Mesin Industri.
6. Serta pihak-pihak lain yang terkait.

Terlepas dari itu semua, penulis juga menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan laporan tugas akhir ini, sehingga penulis sangat menerima kritik dan saran dari para pembaca yang dapat membangun demi kesempurnaan laporan tugas akhir ini. Akhir katam semoga laporan ini bermanfaat bagi pembaca.

Penyusun

Surabaya, Januari 2020

DAFTAR ISI

COVER	i
PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIAT	iii
PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Sistematika penulisan	3
BAB II	5
2.1 Dasar Teori <i>Chassis</i>	5
2.2 Spesifikasi Aluminium 4140	6
2.3 Profil dan Dimensi Kerangka	7
2.4 Faktor Keamanan	8

2.5 Dasar Teori Tegangan (<i>Stress</i>).....	9
2.5.1 Tegangan Tarik dan Tekan.....	10
2.5.2 Tegangan Geser.....	10
2.5.3 Tegangan Bending.....	12
2.5.4 Tegangan Kombinasi.....	13
2.6 Daya dan Torsi	13
2.7 Hubungan roda-roda pada gerak melingkar	15
2.7.1 Hubungan roda-roda sepusat	16
2.7.2 Hubungan roda-roda dengan tali	17
2.8 Momen Inersia Luasan Batang.....	18
2.9 Dasar Teori Poros.....	19
2.9.1 Bidang Horizontal dan Vertikal Poros	19
2.9.1 Momen Resultan pada Poros	20
2.9.2 Poros dengan Beban Puntir	21
2.9.3 Poros dengan Momen bending dan momen puntir	22
BAB III.....	25
3.1 Diagram Alir	25
3.1.1 Studi literatur.....	27
3.1.2 Perumusan masalah	27
3.1.3 Pembuatan desain Robot	27
3.1.4 Melakukan Perhitungan terhadap <i>chassis</i>	28
3.1.5 Melakukan perhitungan untuk momen inersia dan luas permukaan material.....	29
3.1.6 Mencari tegangan maksimum pada <i>chassis</i>	29

3.1.7 Melakukan Perhitungan pada <i>Drivetrain</i>	30
3.1.8 Melakukan Perhitungan pada poros	31
BAB IV	33
4.1 Sistem dari pembersihan tangki	33
4.1.1 Robot Pembersih	35
4.1.2 Selang	36
4.1.3 Pompa.....	37
4.2 Data Perhitungan	38
4.2.1 Analisa Gaya pada Balok Hollow A-B	40
4.2.2 Analisa Gaya pada Balok C-D	41
4.2.3 Analisa Gaya pada Balok E-K.....	42
4.2.4 Analisa Perhitungan pada Balok G-H	43
4.2.5 Analisa Perhitungan pada Balok I-J	44
4.2.6 Perhitungan Analisa pada <i>Chassis</i> Utama B-J	45
4.2.7 Perhitungan Analisa pada <i>Chassis</i> Utama A-I	46
4.2.8 Diagram gaya normal, geser dan momen bending pada <i>chassis</i> utama B-J	48
4.2.9 Diagram gaya normal, geser dan momen bending pada <i>chassis</i> utama A-I	55
4.2.10 Momen Inersia dan Luas Permukaan Batang <i>Hollow</i>	62
4.2.11 Tegangan Maksimum pada <i>Chassis</i>	63
4.3 Menghitung Torsi dan Gaya pada <i>Drivetrain</i>	65
4.3.1 Menghitung Traksi dari Robot	65
4.3.2 Menghitung Torsi dan Gaya Motor.....	67

4.4 Menghitung Putaran pada Drivetrain	69
4.5 Perhitungan Poros pada robot	70
4.5.1 Reaksi Tumpuan Sumbu x	71
4.5.2 Reaksi Tumpuan Sumbu y	72
4.5.3 Analisa Potongan Sumbu y	73
4.5.4 Diagram V dan M pada Sumbu potongan y	77
4.5.5 Analisa Potongan Sumbu x	78
4.5.6 Diagram V dan M pada Sumbu potongan x	80
4.5.7 Menghitung Momen Bending pada Poros.....	81
4.5.8 Diameter Poros.....	81
BAB V.....	83
5.1 Kesimpulan	83
5.2 Saran.....	83
DAFTAR PUSTAKA	85
LAMPIRAN.....	86
BIODATA PENULIS	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

<i>Gambar 2.1 Rangka Chassis</i>	<i>5</i>
<i>Gambar 2.2 Chassis Monokok</i>	<i>6</i>
<i>Gambar 2.3 Profil dan Dimensi kerangka</i>	<i>7</i>
<i>Gambar 2.4 Tegangan Tarik dan Tegangan Tekan.....</i>	<i>10</i>
<i>Gambar 2.5 Tegangan Geser</i>	<i>11</i>
<i>Gambar 2.6 Tegangan Bending</i>	<i>12</i>
<i>Gambar 2.7 Ilustrasi hubungan roda-roda sepusat.....</i>	<i>16</i>
<i>Gambar 2.8 Ilustrasi Hubungan roda-roda dengan tali.....</i>	<i>17</i>
<i>Gambar 2.9 Inersia Luasan Batang.....</i>	<i>19</i>
<i>Gambar 3.1 diagram alir penelitian</i>	<i>26</i>
<i>Gambar 3.2 diagram alir dari perhitungan chassis.....</i>	<i>28</i>
<i>Gambar 3.3 diagram alir dari tegangan maksimal chassis</i>	<i>29</i>
<i>Gambar 3.4 diagram alir perhitungan drivetrain.....</i>	<i>30</i>
<i>Gambar 3.4 diagram alir perhitungan poros.....</i>	<i>31</i>
<i>Gambar 4.1 Ilustrasi Sistem Kerja Pembersih Tangki.....</i>	<i>33</i>
<i>Gambar 4.2 Skema Gambar Roller Blade ketika Berputar</i>	<i>34</i>
<i>Gambar 4.3 Ilustrasi Penghisapan Sludge dengan Pipa ...</i>	<i>35</i>
<i>Gambar 4.4 Desain Robot</i>	<i>36</i>
<i>Gambar 4.5 Selang Spiral ukuran 4 Inchi</i>	<i>36</i>
<i>Gambar 4.6 Pompa</i>	<i>37</i>
<i>Gambar 4.7 Chassis Serta Pembebanannya</i>	<i>38</i>
<i>Gambar 4.8 Free Body Diagram dari balok hollow A-B....</i>	<i>40</i>
<i>Gambar 4.9 Free Body Diagram dari balok hollow C-D ...</i>	<i>41</i>
<i>Gambar 4.10 Free Body Diagram dari balok hollow E-K..</i>	<i>42</i>
<i>Gambar 4.11 Free Body Diagram dari balok hollow G-H..</i>	<i>43</i>
<i>Gambar 4.12 Free Body Diagram dari balok hollow I-J....</i>	<i>44</i>
<i>Gambar 4.13 Free Body Diagram dari Chassis utama B-J</i>	<i>45</i>

<i>Gambar 4.14 Free Body Diagram dari Chassis utama B-J....</i>	46
<i>Gambar 4.15 Free Body Diagram potongan Chassis utama B-J</i>	48
<i>Gambar 4.16 potongan 1 chassis utama B-J</i>	48
<i>Gambar 4.17 potongan 2 chassis utama B-J</i>	50
<i>Gambar 4.18 potongan 3 chassis utama B-J</i>	51
<i>Gambar 4.19 potongan 3 chassis utama B-J</i>	52
<i>Gambar 4.20 Free Body Diagram potongan Chassis utama A-I</i>	55
<i>Gambar 4.21 potongan 1 chassis utama A-I</i>	55
<i>Gambar 4.22 potongan 2 chassis utama A-I</i>	56
<i>Gambar 4.23 potongan 3 chassis utama A-I</i>	58
<i>Gambar 4.24 potongan 4 chassis utama A-I</i>	59
<i>Gambar 4.25 Momen Inersia luasan balok hollow</i>	62
<i>Gambar 4.26 Sketsa Gaya geser balok Hollow</i>	64
<i>Gambar 4.27 Skema Torsi dan Gaya Drivetrain</i>	67
<i>Gambar 4.28 Skema kecepatan dan putaran Drivetrain</i>	69
<i>Gambar 4.29 Free Body Diagram dari poros</i>	71
<i>Gambar 4.30 Potongan sumbu y poros</i>	73
<i>Gambar 4.31 Potongan 1 sumbu y poros</i>	73
<i>Gambar 4.32 Potongan 2 sumbu y poros</i>	74
<i>Gambar 4.33 Potongan 3 sumbu y poros</i>	75
<i>Gambar 4.34 Potongan sumbu y poros</i>	78
<i>Gambar 4.35 Potongan 1 sumbu y poros</i>	78
<i>Gambar 4.36 Potongan 2 sumbu x poros</i>	79

DAFTAR TABEL

<i>Tabel 2.1 Spesifikasi Aluminium 4140</i>	<i>6</i>
<i>Tabel 2.2 quick reference charts</i>	<i>7</i>
<i>Tabel 4.1 Spesifikasi Pompa</i>	<i>37</i>
<i>Tabel 4.2 Momen Bending potongan 1 Chassis utama B-J ...</i>	<i>49</i>
<i>Tabel 4.3 Momen Bending potongan 2 Chassis utama B-J ...</i>	<i>51</i>
<i>Tabel 4.4 Momen Bending potongan 3 Chassis utama B-J ...</i>	<i>52</i>
<i>Tabel 4.5 Momen Bending potongan 4 Chassis utama B-J ...</i>	<i>52</i>
<i>Tabel 4.6 Momen Bending potongan 1 Chassis utama A-I....</i>	<i>56</i>
<i>Tabel 4.7 Momen Bending potongan 2 Chassis utama A-I....</i>	<i>57</i>
<i>Tabel 4.8 Momen Bending potongan 3 Chassis utama A-I....</i>	<i>59</i>
<i>Tabel 4.9 Momen Bending potongan 4 Chassis utama A-I....</i>	<i>60</i>
<i>Tabel 4.10 Momen Bending pada potongan 2 sumbu y</i>	<i>75</i>
<i>Tabel 4.11 Momen Bending pada potongan 3 sumbu y</i>	<i>76</i>
<i>Tabel 4.12 Momen Bending pada potongan 1 sumbu x</i>	<i>79</i>
<i>Tabel 4.13 Momen Bending pada potongan 2 sumbu x</i>	<i>80</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampai saat ini, banyak industri yang belum menggunakan pembersih tangki otomatis, mereka masih banyak menggunakan metode konvensional dalam melakukan pembersihannya. Dalam metode konvensional ini, tenaga manusia masih sangat diperlukan sehingga hasil yang didapatkan tergantung dari skill pekerja yang melakukan pembersihan pada tangki tersebut^[1]. Selain permasalahan konsistensi dan hasil dari pembersihan tangki tersebut, terdapat juga resiko pekerja. Dimana BBM merupakan zat yang toksik. Pada tahun 2000, nafta didalam *storage tank* dan kemudian terbakar ketika sedang dilakukan proses pembersihan. Kemudian 40 pekerja meninggal dunia karena ledakan ketika melakukan pembersihan pada tangki LNG kosong^[2].

Automotive cleaning robot merupakan salah satu solusi dari permasalahan tersebut. Robot ini dapat meningkatkan keselamatan, keamanan dan produktivitas dari pekerjaan, dalam pekerjaan untuk pembersihan tangki ini terdapat 3 komponen utama dalam teknologi pembersihan yaitu kimia, mekanikal serta hidrodinamika. Beberapa robot memiliki desain agar mampu memanjat dinding serta memiliki kemampuan untuk membersihkan *sludge* dengan ketebalan sampai 20 cm dengan volume tangki yang mencapai 5000m³. Robot dilengkapi juga dengan *high pressure water jet* dan sekop mekanik^[1].

Berdasarkan deskripsi di atas maka dilakukan penelitian mengenai desain robot ini dimana akan difokuskan pada

chassis dari desain tersebut, dikarenakan *chassis* merupakan bagian dari desain robot yang sangat penting, desain ini memiliki salah satu komponen utama dalam melakukan pembersihan *sludge*, yaitu roller blade serta kemampuan untuk vakum. Selain *chassis* dan pemilihan materialnya ada pula hal yang perlu diperhitungkan, yaitu pilihan motor yang sesuai agar robot mampu melaksanakan tugas dengan benar.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian singkat dan latar belakang, maka dirumuskan permasalahan sebagai berikut

1. Bagaimana mendesain *chassis* pada robot pembersih tangki BBM?
2. Bagaimana distribusi gaya-gaya pada *chassis* robot tersebut?
3. Bagaimana motor yang diperlukan untuk menggerakkan *chassis* sesuai beban yang dimiliki?
4. Bagaimana ukuran poros minimum dengan faktor keamanan yang telah ditentukan?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang sudah ada. Tujuan penelitian akhir sebagai berikut :

1. Mendapatkan desain *chassis* pada robot pembersih tangki BBM.
2. Mengetahui distribusi gaya-gaya pada *chassis* unmanned vehicle tersebut.
3. Mengetahui motor yang diperlukan untuk menggerakkan *chassis*.
4. Mendapatkan ukuran poros minimum dengan faktor keamanan yang telah ditentukan.

1.4 Manfaat penelitian

Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini adalah.

1. Didapatkan hasil analisa perhitungan hasil sehingga dapat dijadikan referensi dalam penelitian selanjutnya
2. Bermanfaat untuk mengembangkan pengetahuan serta membantu memahami konsep desain *chassis*

1.5 Batasan Masalah

1. Ukuran manhole berdiameter 24 in atau 60,9 cm.
2. Robot dalam keadaan diam.
3. Berat dari motor dan spiral telah ditentukan.
4. Diameter ban 12 in.
5. Perhitungan beban diluar *chassis* diabaikan.
6. Tekanan serta temperature dalam tangki diabaikan.

1.6 Sistematika penulisan

Tugas akhir ini akan disusun dalam bentuk bab-bab dan beberapa sub bab sebagai tambahan keterangan. Bab-bab tersebut adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini menguraikan tentang latar belakang pembuatan tugas akhir tentang perhitungan *chassis* pada unmanned vehicle, kemudian melakukan pembatasan masalah, menentukan tujuan, dan sistematika penulisan laporan tugas akhir

BAB II DASAR TEORI

Pada bab ini berisi tentang dasar teori *chassis* yang akan digunakan sebagai pendukung perhitungan didalam tugas akhir ini

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini dijelaskan tentang bagaimana alur perencanaan dalam perhitungan *chassis* pada unmanned vehicle ini agar didapat hasil yang baik

BAB IV PEMBAHASAN

Pada bab ini terdapat uraian perhitungan *chassis* pada unmanned vehicle ini yang mencakup semua perhitungan dengan batasan masalah yang telah ditentukan

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan yang diuraikan hasil perencanaan dan perhitungan secara singkat serta saran untuk kedepannya dalam pengembangan *chassis* unmanned vehicle ini

DAFTAR PUSTAKA

Berisi tentang sumber referensi yang terkait dalam penyusunan laporan tugas akhir ini berupa handbook, jurnal, tugas akhir, dan website yang dijadikan acuan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

LAMPIRAN

Berisi tentang data-data tambahan berupa gambar teknik maupun spesifikasi teknik yang mendukung dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.

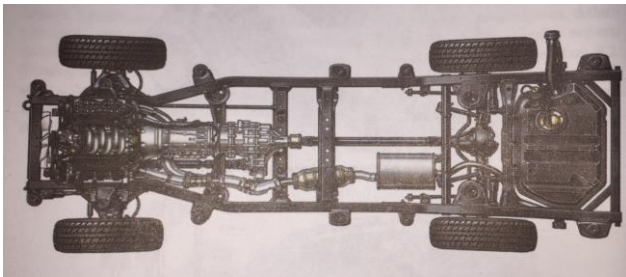
BAB II

DASAR TEORI

Pada bab ini akan dibahas mengenai teori dan analisis perhitungan *chassis* pada unmanned vehicle sebagai penunjang dalam tugas akhir.

2.1 Dasar Teori *Chassis*

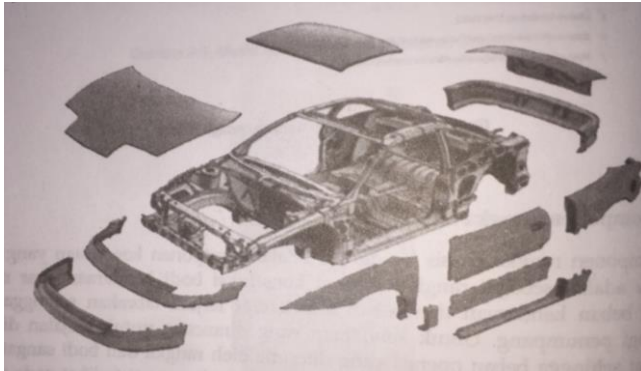
Komponen rangka *chassis* adalah komponen kendaraan yang fungsi utamanya adalah sebagai rangka penguat konstruksi bodi kendaraan agar mampu menahan beban kendaraan dan beban impak saat terjadi tabrakan sehingga dapat melindungi penumpang. Untuk kendaraan yang dirancang untuk berjalan di medan yang berat sehingga beban operasi yang diterima oleh rangka dan bodi sangat besar, maka rangka *chassis* dibuat kokoh dan terpisah dari bodi^[3].



Gambar 2.1 Rangka Chassis^[3]

Kendaraan dengan rangka yang dipres menyatu dengan lantai dari bodi umumnya mempunyai posisi pusat massa lebih rendah sehingga kendaraan lebih lincah dan lebih mudah dikendalikan. Kendaraan sedan dan kendaraan sport yang membutuhkan kelincahan, mudah dikendalikan atau

memiliki stabilitas arah lebih baik umumnya menggunakan rangka press menyatu (monokok)^[3].



Gambar 2.2 Chassis Monokok^[3]

2.2 Spesifikasi Aluminium 4140

Sebagai berikut adalah spesifikasi material yang mungkin dapat digunakan dalam pembuatan *chassis* untuk robot^[4]. Dipilih aluminium jenis 4xxx dikarenakan aluminium ini memiliki kemampuan tahan korosi yang sangat tinggi, seperti yang dijelaskan pada tabel 2.2 sebagai berikut.

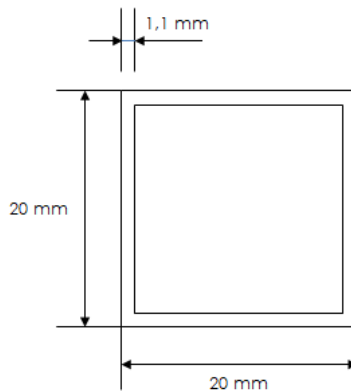
Tabel 2.1 Spesifikasi Aluminium 4140^[9]

Property	Value
Density	7,85 g/cm ³
Melting Point	1416°C
Tensile strength	655 Mpa
Hardness Vickers	207 HV

Tabel 2.2 quick reference charts^[5]

	Corrosion Resistance	Heat treating	Strength
Alloy 1xxx	Excellent	No	Low
Alloy 2xxx	Poor	Yes	High
Alloy 3xxx	Poor	Yes	High
Alloy 4xxx	Good	No	Medium
Alloy 5xxx	Excellent	No	Medium
Alloy 6xxx	Excellent	Yes	Medium
Alloy 7xxx	Average	Yes	High

2.3 Profil dan Dimensi Kerangka



Gambar 2.3 Profil dan Dimensi kerangka

Profil yang digunakan untuk merancang *chassis* robot ini berbentuk square hollow dari bahan aluminium dengan ketebalan 1,1 mm yang memiliki panjang bermacam-macam yang kemudian disatukan sehingga membentuk struktur *chassis* robot tersebut.

2.4 Faktor Keamanan

Faktor keamanan (*safety factor*) adalah faktor yang digunakan untuk mengevaluasi agar elemen mesin terjamin aman dengan dimensi yang minimum atau kecil. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi *safety factor* adalah^[6]:

- a. Variasi sifat mekanik material
- b. Jenis bahan
- c. Pengaruh pengerjaan
- d. Pengaruh perlakuan panas yang diberikan material
- e. Pengaruh pelumasan dan umur pakai dari elemen mesin
- f. Pengaruh waktu dan lingkungan
- g. Untuk penggunaan khusus
- h. Keamanan manusia

Safety factor berdasarkan tegangan luluh sebagai berikut^[6]:

1. $Sf = 1,25 - 1,5$ untuk bahan yang sesuai dengan menggunakan pada kondisi terkontrol dan tegangan yang bekerja dapat ditentukan dengan pasti.
2. $Sf = 1,5 - 2,0$ untuk bahan yang sudah diketahui dan pada kondisi lingkungan beban dan tegangan yang tetap dan dapat ditentukan dengan mudah.
3. $Sf = 2,0 - 2,5$ untuk bahan yang beroperasi secara rata-rata dengan batasan beban yang diketahui.

4. $Sf = 2,5 - 3,0$ untuk beban yang diketahui tanpa mengalami tes, pada kondisi beban dan tegangan rata-rata
5. $Sf = 3,0 - 4,5$ untuk bahan yang sudah diketahui. Beban dan tegangan yang tidak pasti dan kondisi lingkungan yang tidak pasti.
6. Beban berulang : nomor 1 s/d 5
7. Beban kejut : nomor 3 – 5
8. Beban getas : nomor 2 – 5 dikalikan dengan 2

Pemberian *safety factor* dengan menganggap faktor-faktor lain berjalan secara normal^[6]:

1. Beban statis : $sf = 1,25 - 2$
2. Beban dinamis : $sf = 2,1 - 3$
3. Beban kejut : $sf = 3,1 - 5$

$$Sf = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_{kerja}}$$

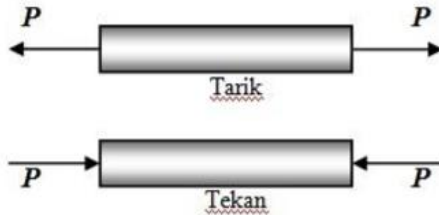
(Suhariyanto dan Hadi, Syamsul, Elemen Mesin I, Surabaya, 2011.)

2.5 Dasar Teori Tegangan (*Stress*)

Tegangan dapat didefinisikan sebagai gaya normal tiap satuan luas, dan tegangan ini dianggap terbagi merata pada luas penampang melintang bagian benda. Tegangan timbul akibat adanya beban atau gaya yang bekerja pada sebuah benda atau material. Dalam benda itu sendiri ada tegangan ijin yang besarnya ditentukan oleh tegangan *yield point* material dan faktor keamanan (*sf*) yang diambil^[6].

2.5.1 Tegangan Tarik dan Tekan

Sesuai dengan nama yang diberikan, tegangan tarik bila gaya menarik benda, sedangkan tegangan tekan ila gaya menekan benda, sebagaimana dntunjukkan pada gambar dibawah^[7].



Gambar 2.4 Tegangan Tarik dan Tegangan Tekan

$$\sigma = \frac{F}{A}, \sigma = \frac{4F}{\pi d^2}$$

(Daud, pinem, *Mekanika kekuatan material*, Bandung, 2010.)

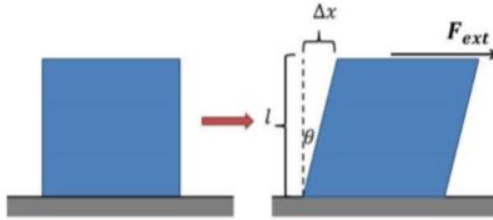
Untuk memperoleh dimensi/ukuran dari material yang mendapat tegangan tersebut, maka dibuat persamaan “syarat aman” yang menyatakan bahwa tegangan yang terjadi harus lebih kecil atau sama dengan tegangan ijin^[7].

$$d \leq \sqrt{\frac{4 \cdot F \cdot sf}{\pi \cdot sypp}}$$

(Daud, pinem, *Mekanika kekuatan material*, Bandung, 2010.)

2.5.2 Tegangan Geser

Tegangan geser juga didefinisikan sebagai gaya persatuan luas, namun gaya yang bekerja adalah gaya geser, sebagaimana terlihat pada gambar dibawah ini^[7].



Gambar 2.5 Tegangan Geser

Bila luas penampang batang (l, t), maka besarnya tegangan geser dapat dinyatakan pada persamaan:

$$\tau_s = \frac{F}{A} = \frac{F}{l \cdot t}$$

(Daud, pinem, Mekanika kekuatan material, Bandung, 2010.)

Dimana : $l \cdot t$ = luasan (l = lebar dan t = tebal)

Dari table material, sifat mekanis yang diketahui adalah yoeld point stress (σ_{yp}) dan ultimate strength (σ_u) yang didapatkan dari hasil uji tarik. Bagaimana kemampuan terhadap tegangan geser? Secara umum tidak bisa dipastikan namun secara khusus hubungan tersebut sudah dapat dipastikan, sebagai contoh dapat dilihat berikut^[7]:

Jika σ_{yp} yang diketahui maka :

Wrought Steel	: $\sigma_{syp} = 0,58 \sigma_{yp}$
Al dan Al Alloys	: $\sigma_{syp} = 0,55 \sigma_{yp}$

Jika σ_u yang diketahui, maka:

Wrought Steel	: $\sigma_{su} = 0,82 \sigma_u$
Al dan Al Alloys	: $\sigma_{su} = 0,65 \sigma_u$

(Suhariyanto dan Hadi, Syamsul, " Elemen Mesin I",
Surabaya, 2011)

Dalam aplikasinya hubungan antara tegangan-
tegangan tersebut secara umum sering memakai hubungan
sebagai berikut : ^[2]

$$\sigma_{syp} = k_s \cdot \sigma_{yp} \text{ dimana : } k_s = (0,6-0,8)$$

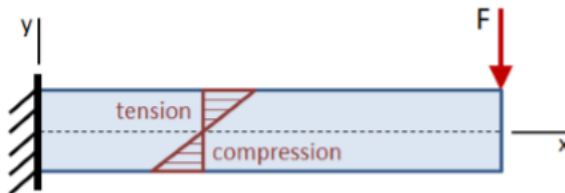
$$\sigma_{cyp} = k_c \cdot \sigma_{yp} \text{ dimana : } k_c = (1,0-1,2)$$

$$\sigma_{byp} = k_b \cdot \sigma_{yp} \text{ dimana : } k_b = (0,8-1,0)$$

(Suhariyanto dan Hadi, Syamsul, " Elemen Mesin I",
Surabaya, 2011)

2.5.3 Tegangan Bending

Tegangan tarik kompresi dan geser secara jelas
dinyatakan dengan gaya persatuan luas, namun untuk tegangan
bending dinyatakan dengan momen bending dibagi momen
tahanan bending dan ternyata tegangan bending merupakan
gabungan tegangan tarik dan kompresi^[6].



Gambar 2.6 Tegangan Bending

$$\sigma_b = \frac{Mb}{Wb}$$

(Suhariyanto dan Hadi, Syamsul, " Elemen Mesin I",
Surabaya, 2011)

dimana : M_b = momen bending ($M_b = F.e$)

W_b = momen tahanan bending ($W_b = I/y$)

I = momen inersia, in^4

(besarnya tergantung bentuk permukaan dapat dilihat pada table momen inersia

Y = Jarak yang diukur dari permukaan ke sumbu netral

2.5.4 Tegangan Kombinasi

Tegangan kombinasi merupakan gabungan dari beberapa tegangan yang bekerja pada suatu benda, misalnya gabungan antara bending dan momen torsi^[6].

$$\tau_{\max} = \sqrt{\left(\frac{16.F.e}{\pi.d^3}\right)^3 + \left(\frac{16.F.r}{\pi.d^2}\right)^2}$$

(*Suhariyanto dan Hadi, Syamsul, " Elemen Mesin I", Surabaya, 2011*)

2.6 Daya dan Torsi

Hubungan antara daya dan torsi dapat dilihat melalui rumus – rumus dibawah ini:

- a. Torsi mempunyai satuan lbf.in dan daya satuan HP

$$T = 63.025 \frac{p}{n}$$

(Collins, Jack A, "Mechanical Design of Machine Elements and Machines", New Jersey, 2003)

Keterangan :

T = Torsi (lbf.in)

P = Daya (HP)

n = Putaran poros (rpm)

b. Torsi satuannya kg.cm dan daya satuannya HP

$T = 71.620$

(Dobrovolsky, "Machine Element", Russia, 1978)

Keterangan :

T = Torsi (kg.cm)

P = Daya (HP)

n = Putaran poros (rpm)

c. Torsi satuannya kgf.mm dan daya satuannya kW

$T = 9,74 \cdot 10^5 \frac{P}{n}$

(Sularso, Kiyokatsu Suga, "Dasar Perencanaan dan Pemilihan Mesin", Bandung, 1987)

Keterangan :

T = Torsi (kgf.mm)

P = Daya (kW)

$n = \text{Putaran poros (rpm)}$

d. Torsi satuannya N.m dan daya satuannya HP
 $T = 9549$

(Deutschman, Aaron, " Machine Design: Theory and Practice", Jerman, 1975)

Keterangan :

$T = \text{Torsi (Nm)}$

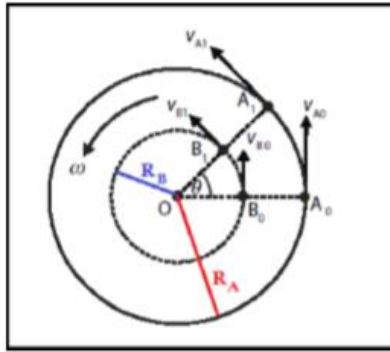
$P = \text{Daya (HP)}$

$n = \text{Putaran poros (rpm)}$

2.7 Hubungan roda-roda pada gerak melingkar

Hubungan roda-roda merupakan contoh aplikasi gerak melingkar yang sering kita temui dalam kehidupan sehari-hari, misalnya saja pada perputaran roda belakang sepeda akibat kita mengayuh sepeda, perputaran roda depan sepeda motor dengan cakramnya. Perputaran roda-roda terdapat 3 jenis, yaitu roda-roda sepusat, roda-roda dihubungkan dengan tali, dan roda-roda saling bersinggungan^[9].

2.7.1 Hubungan roda-roda sepusat



Gambar 2.7 Ilustrasi hubungan roda-roda sepusat

Gambar di atas merupakan gambar 2 buah roda (roda A dan roda B) yang seporos atau sepusat. Roda A memiliki jari-jari R_A dan roda B memiliki jari-jari R_B . Karena roda A dan roda B seporos (sepusat). Maka kecepatan sudut kedua roda besarnya sama ($\omega_A = \omega_B$). Kita ketahui bahwa hubungan antara kecepatan sudut dengan kelajuan linier pada gerak melingkar dirumuskan sebagai $\omega = v/R$, maka^[9]:

$$\omega_A = \omega_B$$

$$\frac{v_A}{R_A} = \frac{v_B}{R_B}$$

(Halliday and Resnick, *Fundamental of Physics*, Cleveland, 2014)

Hubungan kecepatan sudut (ω) dengan rpm(n)

$$\omega = 2\pi \cdot \frac{n}{60}$$

Dimana ;

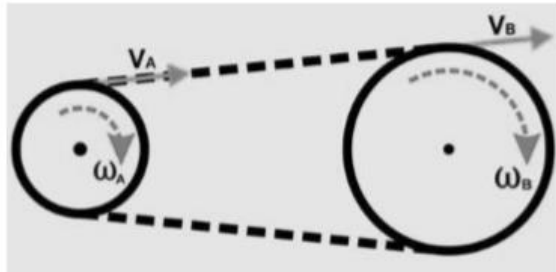
ω = kecepatan sudut (rad/s)

v = kecepatan linier (m/s)

n = putaran roda (rpm)

r = jari-jari roda (m)

2.7.2 Hubungan roda-roda dengan tali



Gambar 2.8 Ilustrasi Hubungan roda-roda dengan tali

Gambar diatas adalah contoh ilustrasi hubungan roda-roda yang dihubungkan dengan sabuk atau rantai seperti hubungan roda pada gir belakang dengan gir depan sepeda akan berputar searah jarum jam. Sehingga dapat dikatakan arah kecepatan sudut kedua gir adalah sama. Rantai atau tali yang digunakan untuk menghubungkan gir belakang dan gir depan, dipasang pada sebelah luar setiap gir. Pada saat bergerak, kecepatan rantai atau tali menyinggung bagian luar gir. Sehingga dapat disimpulkan bahwa arah dan besar kecepatan linear (tangensial) pada dua roda yang dihubungkan dengan tali atau rantai adalah sama. Sehingga berlaku persamaan sebagai berikut^[9]:

$$v_A = v_B$$

$$\omega_A R_A = \omega_B R_B$$

(Halliday and Resnick, *Fundamental of Physics, Cleveland, 2014*)

Jika persamaan disubstitusikan ke persamaan sebelumnya menjadi

$$v = \frac{2\pi \cdot n \cdot r}{60}$$

(Halliday and Resnick, *Fundamental of Physics, Cleveland, 2014*)

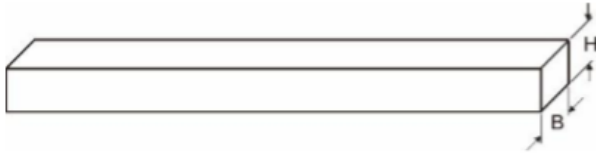
2.8 Momen Inersia Luasan Batang

Momen inersia merupakan ukuran kelembaman suatu benda untuk berotasi terhadap porosnya. Besaran ini adalah analog rotasi daripada massa. Momen inersia berperan dalam dinamika dasar dan menentukan hubungan antara momentum sudut. Diketahui jika sumbu putar terletak ditengah batang, maka momen inersianya berharga^[6]:

$$I = \frac{B.H}{12}$$

(Suhariyanto dan Hadi, Syamsul, “*Elemen Mesin I*”, Surabaya, 2011)

Keterangan dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.9 Inersia Luasan Batang

2.9 Dasar Teori Poros

Poros merupakan salah satu elemen mesin yang sangat penting, karena hampir setiap mempunyai poros. Pada sebuah mesin poros berfungsi untuk mentransmisikan daya yang disertai dengan putaran, disamping itu juga berfungsi untuk menahan beban^[8].

2.9.1 Bidang Horizontal dan Vertikal Poros

Gaya yang bekerja pada setiap titik poros dan jarak antara titik satu dan titik lain dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan $\sum M = 0$ dan $\sum F = 0$, dimana suatu momen bending dan gaya yang bekerja pada poros bidang horizontal dan bidang vertical dapat diketahui dengan melakukan perhitungan gaya dan momen bending maka dibuat suatu bidang lintang/gaya untuk mengetahui perhitungan diatas sudah benar atau belum dan untuk membantu membuat suatu diagram bidang momen^[7].

Dari hasil analisa bahan poros yang diketahui, maka kemudian akan diperoleh yield point(Syp), dan data tersebut kemudian dapat dihitung tegangan yang terjadi pada poros dengan rumus perhitungan^[8].

$$\tau_{\max} = \frac{0,58 \cdot Syp}{N}$$

(Sularso, Kiyokatsu Suga, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Mesin*”, Bandung, 2002)

Keterangan :

τ_{\max} = Tegangan geser maksimum pada poros (psi)

Syp = strength yield point (psi)

N = angka keamanan

$$\tau_{\max} \geq \frac{5,1}{D^3} \sqrt{Mc^2 + T^2}$$

(Sularso, Kiyokatsu Suga, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Mesin*”, Bandung, 2002)

Keterangan :

Mc = Momen Bending pada poros (lb.in)

T = Torsi yang terjadi pada poros (lb.in)

D = Diameter poros (inch)

Setelah tegangan maksimum dari Syp diketahui, maka akan ditentukan bahan poros yang sesuai dengan tegangan geser dan Syp yang terbesar dari poros yang direncanakan.

2.9.1 Momen Resultan pada Poros

Untuk mencari momen resultan pada poros maka momen bending arah vertical dan horizontal dimasukkan kedalam persamaan sebagai berikut^[8]:

$$M_r = \sqrt{(M_h)^2 + (M_v)^2}$$

(Sularso, Kiyokatsu Suga, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Mesin*”, Bandung, 2002)

Keterangan :

M_r = Momen resultan pada poros (kg.mm)

M_h = Momen pada bidang horizontal (kg.mm)

M_v = Momen pada bidang vertikal (kg.mm)

2.9.2 Poros dengan Beban Puntir

Berikut ini akan dibahas rencana sebuah poros yang mendapat pembebanan utama berupa torsi, seperti pada poros motor dengan sebuah kopling.

Jika diketahui bahwa poros yang akan direncanakan tidak mendapat beban kecuali torsi maka diameter poros tersebut dapat lebih kecil daripada yang dibayangkan.

Meskipun demikian, jika diperkirakan akan terjadi pembebanan berupa lenturan, tarikan, atau tekanan misalnya jika sebuah sabuk, rantau atau roda gigi dipasangkan pada poros motor, maka kemungkinan adanya pembebanan tambahan tersebut perlu diperhitungkan dalam faktor keamanan yang diambil^[6].

$$\tau = \frac{T}{\left(\frac{\pi \cdot d_s^3}{16}\right)} = \frac{5,1 T}{d_s^3}$$

(Suhariyanto dan Hadi, Syamsul, “*Elemen Mesin I*”, Surabaya, 2011)

Keterangan :

τ = tegangan geser (kg/mm²)

T = Torsi (kg.mm)

ds = diameter poros (mm)

2.9.3 Poros dengan Momen bending dan momen puntir

Poros pada umumnya meneruskan daya melalui sabuk, roda gigi, dan rantai. Dengan demikian poros tersebut mendapat beban puntir dan bending sehingga permukaan poros akan terjadi tegangan geser karena momen puntir dan tegangan tarik karena momen bending.

Akibat gabungan tegangan bending dan momen tersebut maka tegangan maksimum yang terjadi dapat dinyatakan^[6].

$$\tau_{\max} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau^2}$$

(Suhariyanto dan Hadi, Syamsul, "Elemen Mesin I",
Surabaya, 2011)

Dimana :

- Untuk poros pejal

$$\sigma_x = \frac{32 \cdot Mb}{\pi \cdot d^3} \qquad \tau = \frac{16 \cdot Mt}{\pi \cdot d^3}$$

(Suhariyanto dan Hadi, Syamsul, "Elemen Mesin I",
Surabaya, 2011)

Keterangan :

d = diameter poros

Mb = momen bending diterima poros

Mt = momen torsi yang diterima poros

Sehingga tegangan yang terjadi dan syarat aman dapat dinyatakan :

- Pada poros pejal

$$\tau_{\max} = \sqrt{\left(\frac{16 \cdot Mb}{\pi \cdot d^3}\right)^2 + \left(\frac{16 \cdot Mt}{\pi \cdot d^3}\right)^2} \leq \frac{\sigma_{yps}}{sf}$$

(Suhariyanto dan Hadi, Syamsul, "Elemen Mesin I",
Surabaya, 2011)

Keterangan :

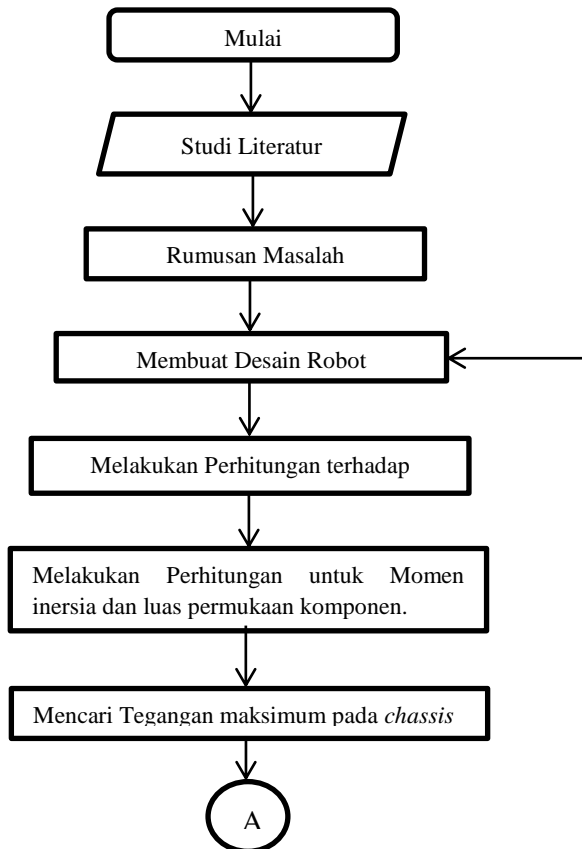
σ_{yps} = tensile yield of materials

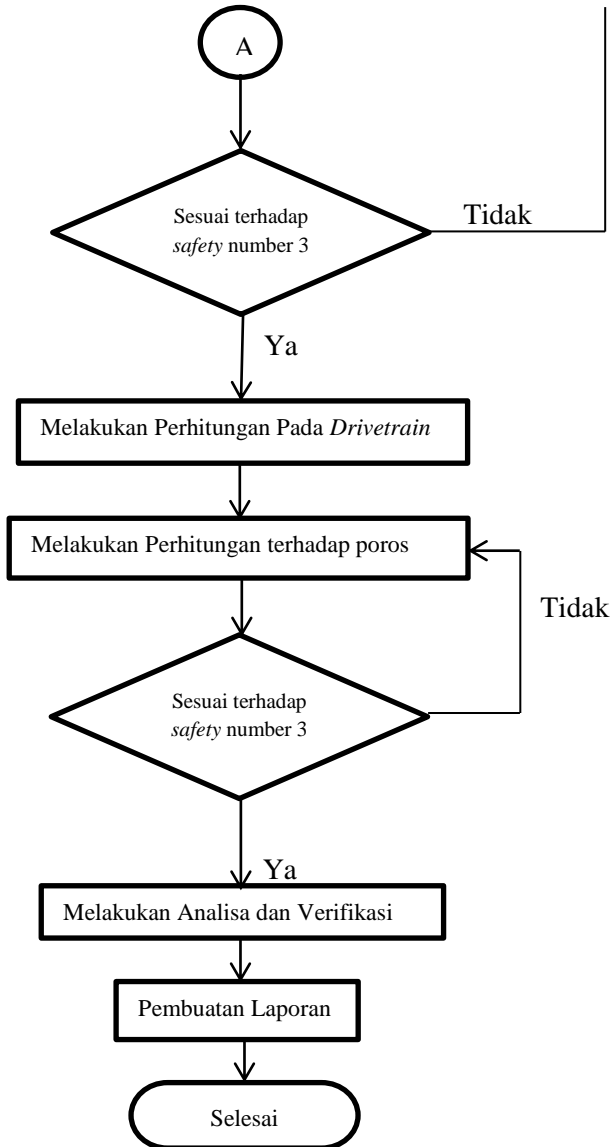
“Halaman ini memang dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1 Diagram Alir

Pada penelitian ini dilakukan metode perhitungan *chassis* dan perencanaan elemen mesin untuk poros penggerak dan juga menentukan daya motor yang diperlukan. Metode yang digunakan dalam perencanaan harus terstruktur dengan baik sehingga mudah untuk melakukan perhitungan. Berikut diagram alir yang digunakan.





Gambar 3.1 diagram alir penelitian

Proses penyelesaian penelitian ini melalui beberapa tahapan sesuai dengan diagram alir, yaitu sebagai berikut :

3.1.1 Studi literatur

Studi literature meliputi kegiatan mencari data dan mempelajari bahan pustaka berkaitan dengan desain struktur dan komponen robot serta dimensinya. Studi literature ini

dilakukan untuk mendapatkan pengetahuan serta teor-teori yang berkaitan dengan penelitian tugas akhir ini. Sumber studi literature didapat dari berbagai sumber diantaranya tugas akhir, publikasi ilmiah, media internet dan penelitian yang bersangkutan.

3.1.2 Perumusan masalah

Setelah melakukan studi literature kami banyak memperoleh informasi mengenai *chassis* robot yang akan dibuat. Dengan informasi yang telah didapat timbul suatu permasalahan. Permasalah tersebut yaitu bagaimana gaya-gaya bekerja pada struktur atau *chassis* robot dengan mempertimbangkan desain agar tidak terjadi perubahan fungsi utama dari robot itu sendiri.

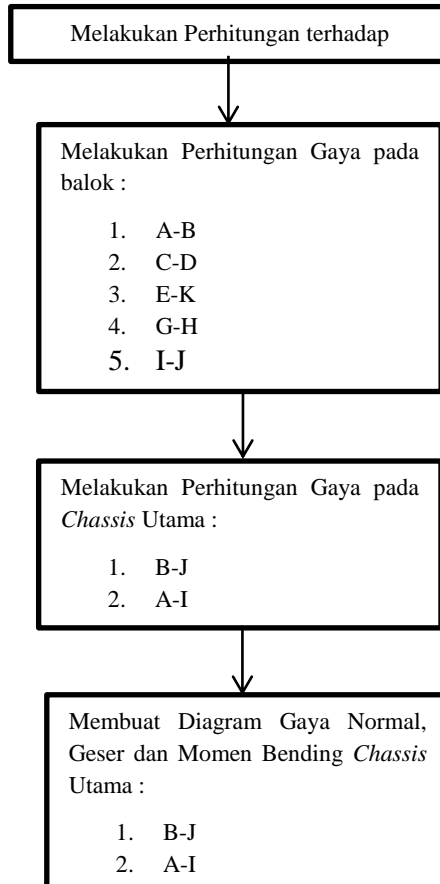
3.1.3 Pembuatan desain Robot

Setelah mengetahui fungsi-fungsi serta parameter yang harus dimiliki dari sebuah robot . Kemudian dilakukan pendesainan serta pemilihan bahan yang akan digunakan sebagai *chassis*.

Bahan yang digunakan pada *chassis* adalah aluminium 4140 dikarenakan mereka memiliki kemampuan tahan korosi yang sangat tinggi seperti yang dijelaskan pada 2.2.

3.1.4 Melakukan Perhitungan terhadap *chassis*

Untuk melakukan perhitungan terhadap *chassis* ini, terdapat beberapa tahapan yang harus dilalui yaitu :



Gambar 3.2 diagram alir dari perhitungan chassis

Tahapan pertama dalam melakukan perhitungan dari *chassis* adalah mencari gaya reaksi dari masing-masing balok hollow A-B, C-D, E-K, G-H, I-J. setelah mendapatkan masing-masing gaya reaksi tersebut, barulah disambungkan

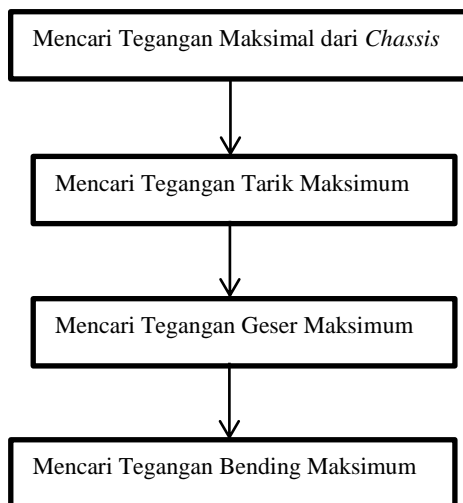
terhadap *chassis* utama yaitu B-J dan A-I. setelah mendapatkan gaya-gaya yang ada pada beban utama, kemudian dibuatkan diagram, yaitu diagram tegangan geser, normal, dan bending. Melalui diagram tersebut nanti dapat dilihat nilai dari tegangan maksimal yang dialami oleh *chassis*

3.1.5 Melakukan perhitungan untuk momen inersia dan luas permukaan material

Tahap selanjutnya adalah melakukan perhitungan untuk mencari momen inersia serta permukaan material yang nantinya dibutuhkan untuk mencari tegangan maksimum pada *chassis*

3.1.6 Mencari tegangan maksimum pada *chassis*

Setelah mendapatkan momen inersia dan luas permukaan material, dapat dilakukan perhitungan maksimum yang dialami oleh *chassis*, tegangan maksimum tersebut adalah

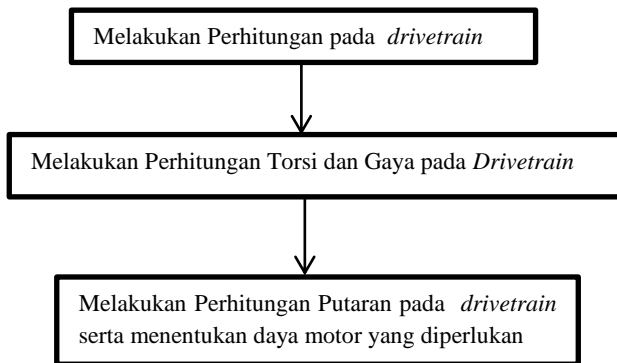


Gambar 3.3 diagram alir dari tegangan maksimal chassis

Hasil dari tegangan tegangan maksimum baik tarik, geser dan bending nantinya akan dibandingkan dengan kekuatan material yang telah dipilih, dimana perhitungan akan menggunakan *safety* faktor 3. Jika memang tegangan real masih dalam parameter tegangan ijin, maka lanjut ke tahapan selanjutnya.

3.1.7 Melakukan Perhitungan pada *Drivetrain*

Perhitungan pada drivetrain ini memiliki 2 tahapan saja yaitu sebagai berikut :

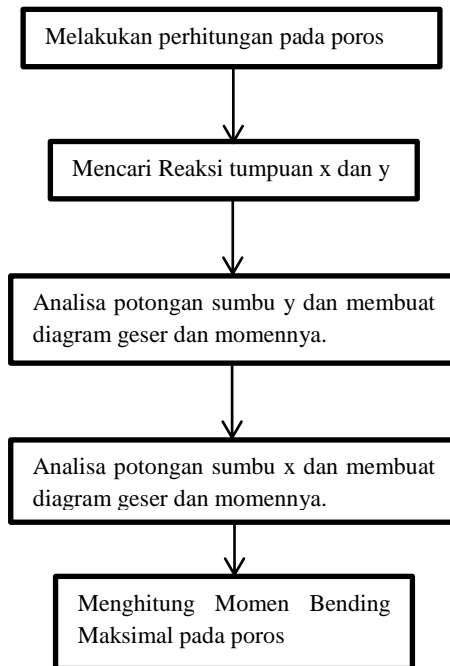


Gambar 3.4 diagram alir perhitungan drivetrain

Bagian awal dilakukan perhitungan terhadap torsi serta gaya pada drivetrain. Disini ukuran sprocket dari poros roda dan sprocket pada poros motor menggunakan ukuran yang sama sehingga tidak ada perbedaan torsi yang terjadi. Setelah didapat torsi serta gaya chain dari drivetrain kemudian melakukan perhitungan untuk mendapatkan putaran rpm untuk drivetrain agar dapat menentukan daya dari motor yang akan dipilih.

3.1.8 Melakukan Perhitungan pada poros

Dengan didapatkannya gaya rantai serta bobot dari roda, tahapan selanjutnya adalah menghitung poros, untuk menentukan ukuran poros minum yang diperlukan dengan pemilihan material yang sesuai. Adapula proses perhitungan pada poros, yaitu sebagai berikut :



Gambar 3.4 diagram alir perhitungan poros

Perhitungan pertama dilakukan untuk mencari reaksi tumpuan pada sumbu x dan y. kemudian setelah mendapatkan nilai dari masing-masing tumpuan dapat langsung menganalisa potongan dari masing-masing sumbu, dimulai dari sumbu y. setelah itu membuat diagram geser serta diagram momen dari

masing-masing sumbu. Dari diagram tersebut didapatkan nilai tertinggi, nilai tertinggi itu akan digunakan untuk mengetahui momen bending maksimal pada poros dan kemudian dibandingkan dengan tegangan ijin dari material yang dipilih. Jika telah sesuai dengan parameter tegangan ijin, dimana menggunakan *safety* faktor 3, maka dapat dilanjutkan ke proses selanjutnya.

BAB IV

HASIL DAN ANALISA

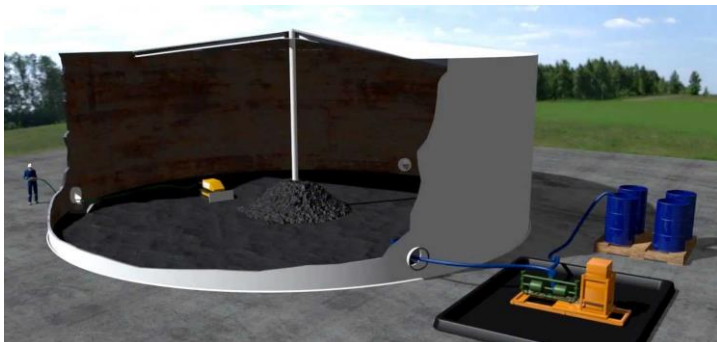
Dalam analisa tugas akhir dilakukan pemabahasan secara menyeluruh agar bisa mendapatkan hasil yang optimal pada perhitungan *chassis* dan poros penggerak pada robot pembersih.

4.1 Sistem dari pembersihan tangki

Sistem pembersihan dari tangki ini memiliki 3 komponen utama yang sangat penting, yaitu:

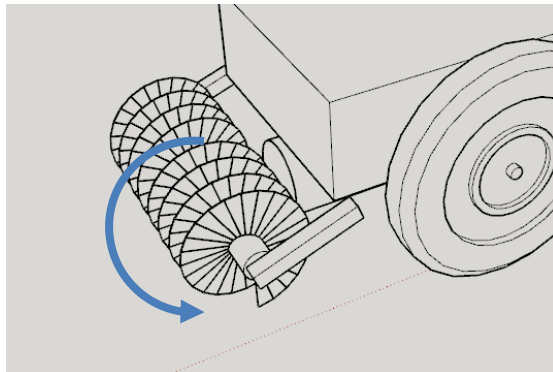
1. Robot
2. Selang
3. Pompa

Masing-masing dari komponen tersebut tergabung menjadi satu, dimana robot memegang selang dan selang disambungkan ke pompa, seperti yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.1 ilustrasi sistem kerja pembersih tangki

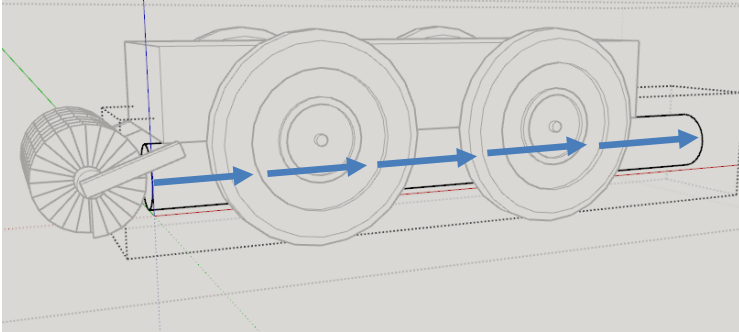
Prinsip Kerja dari pembersihan ini adalah robot yang tersambung dengan selang spiral tersebut akan masuk ke dalam tangki tersebut melalui *manhole*. Pengoperasian ketika didalam bisa dilakukan dengan otomatis atau dengan dioperasikan sendiri dengan cara manual. Robot ini sendiri memiliki 4 motor untuk bergerak dan terhubung dengan masing-masing roda, sehingga cara agar robot tersebut dapat belok adalah memanfaatkan keempat motor tersebut, ketika belok kanan maka motor kiri akan mati sementara motor kanan akan bergerak, begitu pula sebaliknya. Selain motor terdapat *roller blade* yang terpasang pada chassis tersebut. *Roller blade* ini berfungsi untuk membantu penyedotan lumpur, baik untuk menghancurkan sludge sekaligus mengumpulkan sludge.



Gambar 4.2 Skema Gambar roller blade ketika berputar

Ketika roller blade tersebut memutar, maka *sludge* yang ada akan berkumpul ke tengah blade dimana terdapat selang spiral dan kemudian *sludge* yang terkumpul tersebut akan disedot menggunakan pompa melalui selang spiral. Dengan adanya *roller blade* tadi untuk mengumpulkan *sludge* dapat memudahkan pompa dalam melakukan *suction* sehingga pompa dapat bekerja secara maksimal. Sehingga ketika robot

bermanuver di dalam tangki pompa tetap melakukan penghisapan secara terus menerus dikarenakan selang spiral tersebut terhubung langsung ke pompa yang bekerja.

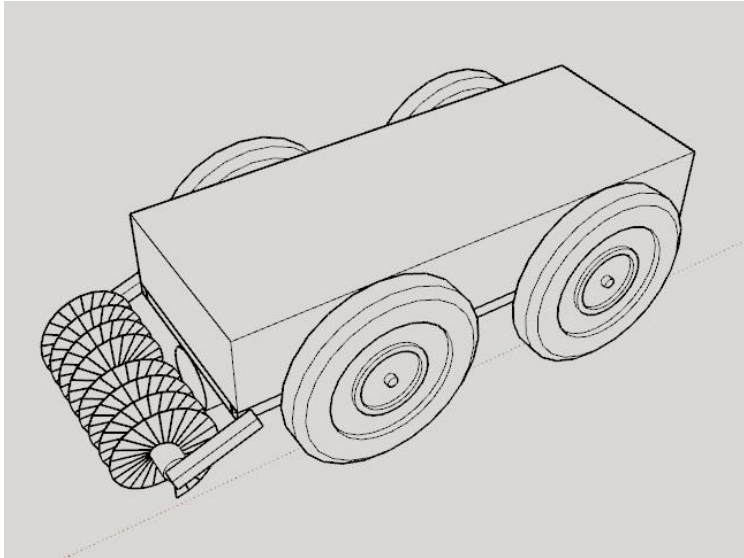


Gambar 4.3 Ilustrasi Penghisapan Sludge dengan pipa

Pompa ini sendiri tidak memiliki rotating parts, sehingga penghisapan sludge bisa dilakukan langsung tanpa harus diberi saringan atau filter. Spesifikasi pompa bisa dilihat pada *subbab* 4.1.3

4.1.1 Robot Pembersih

Robot pembersih ini harus memiliki kemampuan untuk bergerak serta mampu mengangkat selang dalam keadaan penuh dengan sludge. Terdapat komponen-komponen tambahan di dalam robot ini, yaitu motor. Selain motor, robot ini juga harus memiliki roller blade agar membantu memasukkan lumpur ke dalam selang yang terletak dibagian bawah robot . Ukuran dari robot ini terbatas oleh lubang *manhole* yang digunakan untuk memasuki tangki, yaitu berdiameter 24 inci.



Gambar 4.4 Desain Robot

4.1.2 Selang

Selang yang digunakan adalah selang spiral berukuran 4 inci atau 114 mm. digunakan selang ukuran ini karena menyesuaikan dengan ukuran selang pada *suction* pompa.



Gambar 4.5 Selang spiral ukuran 4 inci

4.1.3 Pompa

Pompa merupakan komponen yang sangat penting juga, dikarenakan pompalah yang mengeluarkan sludge dari dalam tangki tersebut, sementara robot yang menggerakkan selang di dalam tangki. Selang ini harus memiliki kemampuan suction yang cukup tinggi dikarenakan ukuran tangki yang mencapai diameter 50 m. Detail gambar mengenai tangki terdapat pada lampiran. Pompa yang digunakan tidak memiliki *rotating parts* dikarenakan agar memudahkan memindahkan sludge.



Gambar 4.6 Pompa

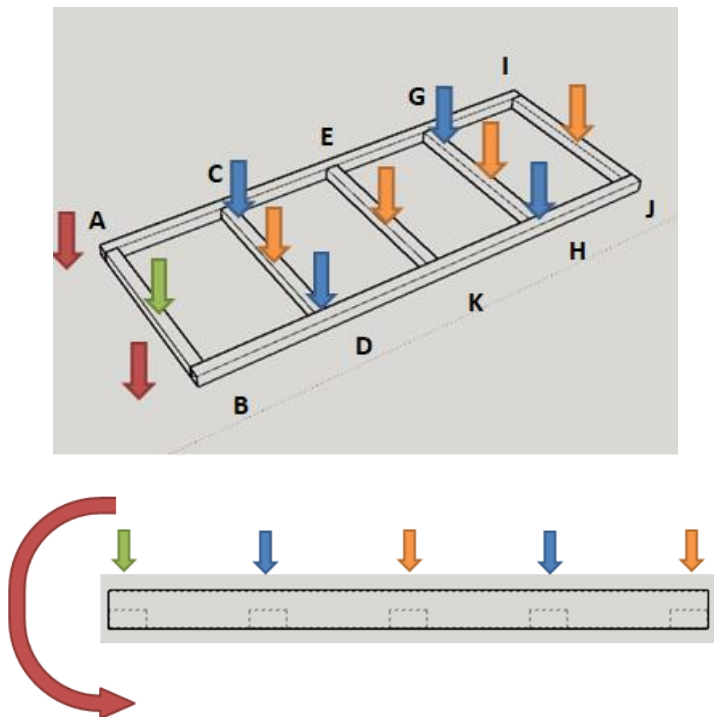
Model	GNSP-40B	GNSP-20B	GNSP-10B
Max Capacity	40m ³ /h	20m ³ /h	10m ³ /h
Inlet/Outlet Size	4" (114mm)	4" (114mm)	3" (89mm)
Vacuum Degree	85Kpa/25 inch HG (Mercury Column)		
Max Suction Distance	50m		
Max Discharge Distance	1000m		500m
Max Solids Content	80%		
Max Solids Size	75mm	50mm	
Pressure Request	550Kpa-785Kpa (80-114PSI)		550Kpa-690Kpa (80-100PSI)
Air Demand	17m ³ /min (600CFM)	8m ³ /min(280CFM)	4.3m ³ /min(150CFM)
Dimension(LxWxH)	1690 × 1468 × 1983mm	1421 × 900 × 1448mm	1283 × 800 × 1370mm
Weight	892KG	386KG	320KG

Tabel 4.1 Spesifikasi Pompa

Dikarenakan kemampuan pompa dalam *suction* maksimal adalah 50 m, sementara diameter tangki 50 m, sehingga dianjurkan untuk memiliki 2 pompa pada bagian pompa yang bersebrangan, agar memudahkan melakukan pembersihan. Tangki sendiri memiliki *manhole* lebih dari 1, sehingga memungkinkan untuk peletakkan pompa lebih dari satu tempat.

4.2 Data Perhitungan

Dibawah ini merupakan gambar dari *chassis* robot tersebut serta dimensi dan pembebanan gaya eksternal pada *chassis*



Gambar 4.7 chassis serta pembebanannya

Diketahui :

$$F_{\text{motor}} = 10 \text{ N}$$

$$F_{\text{selang}} = 67 \text{ kg}$$

$$F_{\text{roller blade}} = 34 \text{ N}$$

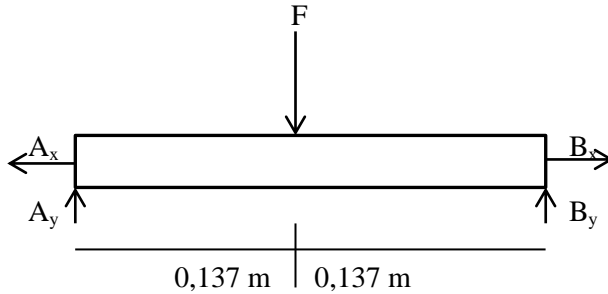
$$M_{\text{rol}} = 4,42 \text{ Nm}$$

$$W_{\text{total}} = 117,958 \text{ kg}$$



Balok hollow dengan menggunakan sambungan keling, dan dikarenakan posisi dari *roller blade* berada diluar *chassis*, sehingga dapat menimbulkan momen pada *chassis* bagian depan.

4.2.1 Analisa Gaya pada Balok Hollow A-B



Gambar 4.8 Free Body Diagram dari balok hollow A-B

Pada balok A-B tersambung dengan *chassis* utama dengan keling, sehingga kedua ujung dari balok hollow tersebut merupakan tumpuan sendi dengan masing-masing ujung terdapat gaya reaksi yaitu vertical dan horizontal. Berdasarkan hal itu maka dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut.

Gaya yang terjadi pada balok A-B merupakan akumulasi dari sebagian berat dari pipa ditambah berat dari motor.

$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

$$A_y + B_y - F = 0$$

$$A_y + B_y - 8402,607 \text{ N} - 10 \text{ N} = 0$$

$$A_y + B_y = 8412,607 \text{ N}$$

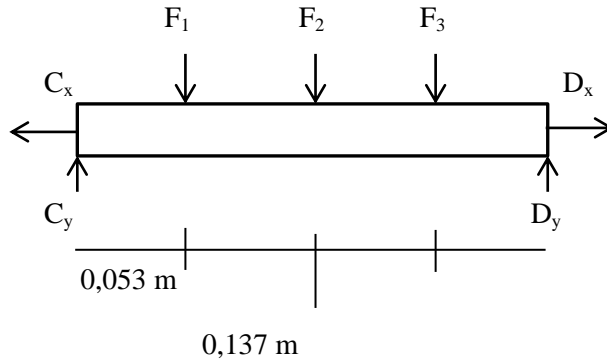
$$+\circlearrowleft \sum M_a = 0$$

$$(B_y \cdot 0,274 \text{ m}) - (8412,607 \text{ N} \cdot 0,137 \text{ m}) = 0$$

$$B_y = 4206,302 \text{ N}$$

Maka $A_y = 4206,305 \text{ N}$

4.2.2 Analisa Gaya pada Balok C-D



Gambar 4.9 Free Body Diagram dari balok hollow C-D

Pada perhitungan untuk balok C-D gaya eksternal yang mengenai balok hollow ada 3 gaya, yaitu beban dari selang, serta beban untuk 2 motor. Pada perhitungan ini motor memiliki luasan, namun dijadikan sebagai gaya terpusat.

$$+\uparrow F_y = 0$$

$$C_y + D_y - F_1 - F_2 - F_3 = 0$$

$$C_y + D_y = 10 \text{ N} + 16805,214 \text{ N} + 10 \text{ N}$$

$$C_y + D_y = 16825,214 \text{ N}$$

$$+\circlearrowleft M_c = 0$$

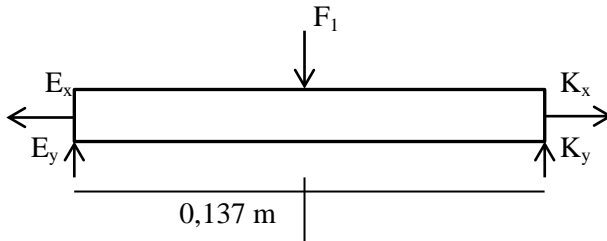
$$(D_y \cdot 0,274 \text{ m}) - (10 \text{ N} \cdot 0,221 \text{ m}) - (16805,214 \text{ N} \cdot 0,137 \text{ m}) - (10 \text{ N} \cdot 0,053 \text{ m}) = 0$$

$$D_y \cdot 0,274 = 2305,054 \text{ N}$$

$$D_y = 8412,214 \text{ N}$$

$$\text{Maka } C_y = 8412,609 \text{ N}$$

4.2.3 Analisa Gaya pada Balok E-K



Gambar 4.10 Free Body Diagram dari balok hollow E-K

Pada perhitungan analisa untuk balok hollow E-K hanya terdapat satu gaya saja, yaitu beban eksternal dari selang. Sehingga didapatkan perhitungan sebagai berikut.

$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

$$E_y + K_y - F = 0$$

$$E_y + K_y - 16805,214 \text{ N} = 0$$

$$E_y + K_y = 16805,214 \text{ N}$$

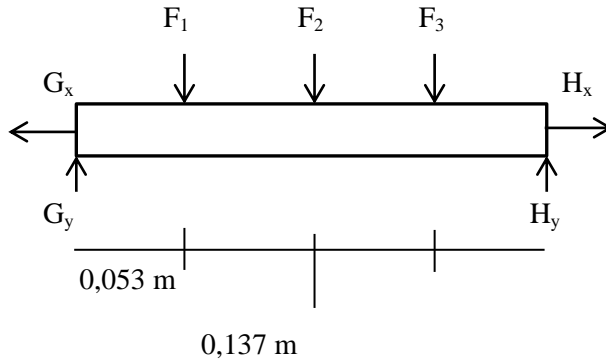
$$+\circlearrowleft \sum M_e = 0$$

$$(K_y \cdot 0,274 \text{ m}) - (16805,214 \text{ N} \cdot 0,137 \text{ m}) = 0$$

$$K_y = 8402,605 \text{ N}$$

$$\text{Maka } E_y = 8402,609 \text{ N}$$

4.2.4 Analisa Perhitungan pada Balok G-H



Gambar 4.11 Free Body Diagram dari balok hollow G-H

Pada perhitungan untuk balok hollow G-H ini memiliki perhitungan yang sama dengan perhitungan pada balok C-D, maka :

$$+\uparrow F_y = 0$$

$$G_y + H_y - F_1 - F_2 - F_3 = 0$$

$$G_y + H_y = 10 \text{ N} + 16805,214 \text{ N} + 10 \text{ N}$$

$$G_y + H_y = 16825,214 \text{ N}$$

$$+\circlearrowleft M_g = 0$$

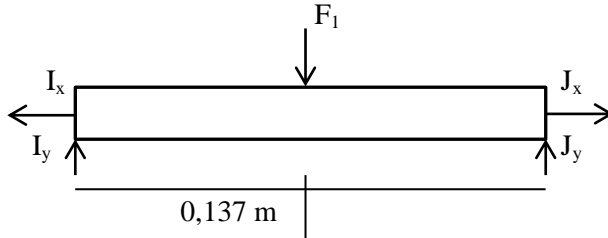
$$(H_y \cdot 0,274 \text{ m}) - (10 \text{ N} \cdot 0,221 \text{ m}) - (16805,214 \text{ N} \cdot 0,137 \text{ m}) - (10 \text{ N} \cdot 0,053 \text{ m}) = 0$$

$$H_y \cdot 0,274 = (2,21 + 2302,314 + 0,53)$$

$$H_y = 8412,605 \text{ N}$$

$$\text{Maka } G_y = 8412,609 \text{ N}$$

4.2.5 Analisa Perhitungan pada Balok I-J



Gambar 4.12 Free Body Diagram dari balok hollow I-J

Pada perhitungan untuk balok I-J hanya memiliki satu beban saja yaitu beban selang saja, sehingga perhitungan menjadi.

$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

$$I_y + J_y - F = 0$$

$$I_y + J_y - 8402,607 \text{ N} = 0$$

$$I_y + J_y = 8402,607 \text{ N}$$

$$+\circlearrowleft \sum M_i = 0$$

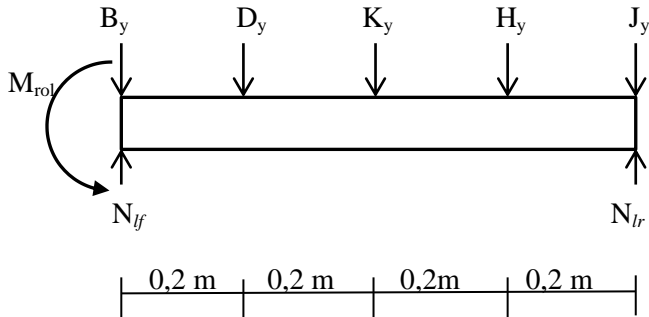
$$(J_y \cdot 0,274 \text{ m}) - (8402,607 \text{ N} \cdot 0,137 \text{ m}) = 0$$

$$J_y \cdot 0,274 \text{ m} = 1151,157 \text{ N}$$

$$J_y = 4201,302 \text{ N}$$

Maka $I_y = 4201,305 \text{ N}$

4.2.6 Perhitungan Analisa pada *Chassis* Utama B-J



Gambar 4.13 Free Body Diagram dari *Chassis* utama B-J

Pada *chassis* utama untuk robot ini, memiliki panjang total 0,8 m. robot ini sendiri dihitung dalam keadaan diam sehingga tidak memiliki percepatan maupun pelambatan. Jarak antar balok hollow semua sama, yaitu 0,2 m. serta *chassis* utama ini memiliki tumpuan roll pada poros roda, serta karena posisi roll blade berada diujung sehingga menimbulkan momen gaya, yaitu M_{rol} yang bernilai sebesar 4,42 N. kemudian dapat dicari gaya pada tumpuan tersebut sebagai berikut :

$$M_{rol} = 4,42 \text{ N}$$

$$B_y = 4206,302 \text{ N}$$

$$D_y = 8412,605 \text{ N}$$

$$K_y = 8402,605 \text{ N}$$

$$H_y = 8412,605 \text{ N}$$

$$J_y = 4201,302 \text{ N}$$

$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

$$B_y + D_y + K_y + H_y + J_y = N_{lf} + N_{lr}$$

$$N_{lf} + N_{lr} = 4206,302 \text{ N} + 8412,605 \text{ N} + 8402,605 \text{ N} + 8412,605 \text{ N} + 4201,302 \text{ N}$$

$$N_{lf} + N_{lr} = 33635,419 \text{ N}$$

$$+\circlearrowleft \sum M_b = 0$$

$$M_{rol} + N_{lr} \cdot 0,8 \text{ m} = (J_y \cdot 0,8 \text{ m}) + (H_y \cdot 0,6 \text{ m}) + (K_y \cdot 0,4 \text{ m}) + (D_y \cdot 0,2)$$

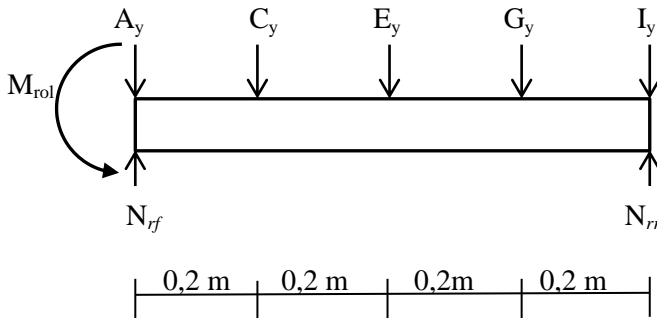
$$N_{lr} \cdot 0,8 \text{ m} = 13452,167 \text{ N} - 4,42 \text{ N}$$

$$N_{lr} = \frac{13447,167 \text{ N}}{0,8 \text{ m}}$$

$$N_{lr} = 16809,683$$

$$N_{lf} = 16825,736 \text{ N}$$

4.2.7 Perhitungan Analisa pada Chassis Utama A-I



Gambar 4.14 Free Body Diagram dari Chassis utama B-J

Pada perhitungan *Chassis* utama A-I memiliki perhitungan yang hampir sama dengan *Chassis* utama pada B-J sehingga perhitungan didapat sebagai berikut.

$$M_{rol} = 4,42 \text{ N}$$

$$A_y = 4206,305 \text{ N}$$

$$C_y = 8412,609 \text{ N}$$

$$E_y = 8402,609 \text{ N}$$

$$G_y = 8412,609 \text{ N}$$

$$I_y = 4201,305 \text{ N}$$

$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

$$A_y + C_y + E_y + G_y + I_y = N_{rf} + N_{rr}$$

$$N_{rf} + N_{rr} = 4206,305 \text{ N} + 8412,609 \text{ N} + 8402,609 \text{ N} + 8412,609 \text{ N} + 4201,305 \text{ N}$$

$$N_{lf} + N_{lr} = 33635,437 \text{ N}$$

$$+\curvearrowright \sum M_b = 0$$

$$M_{rol} + N_{lr} \cdot 0,8 \text{ m} = (J_y \cdot 0,8 \text{ m}) + (H_y \cdot 0,6 \text{ m}) + (K_y \cdot 0,4 \text{ m}) + (D_y \cdot 0,2)$$

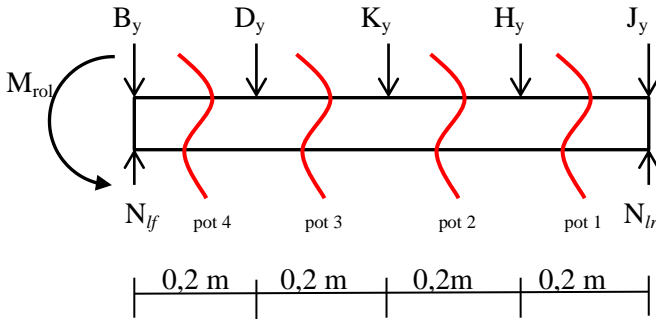
$$N_{lr} \cdot 0,8 \text{ m} = 13447,167 \text{ N} - 4,42 \text{ N}$$

$$N_{lr} = \frac{13447,167 \text{ N}}{0,8 \text{ m}}$$

$$N_{lr} = 16809,683$$

$$N_{lf} = 16825,736 \text{ N}$$

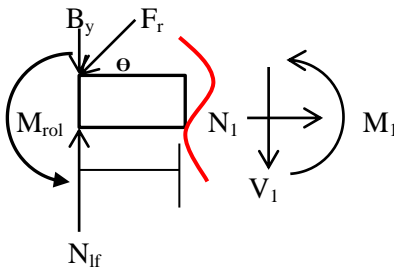
4.2.8 Diagram gaya normal, geser dan momen bending pada chassis utama B-J



Gambar 4.15 Free Body Diagram potongan Chassis utama B-J

Dari gambar diatas akan didapatkan analisa gaya dari masing masing potongan sebagai berikut:

- **Potongan 1**



Gambar 4.16 potongan 1 chassis utama B-J

$$+\rightarrow \sum F_x = 0$$

$$N_1 = 0$$

$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

$$N_{lr} - V_1 - B_y = 0$$

$$V_1 = 16825,736 \text{ N} - 4206,302 \text{ N}$$

$$V_1 = 12619,434 \text{ N}$$

$$+ \curvearrowright \sum M = 0$$

$$M_1 = M_r - V_1 \cdot x_1$$

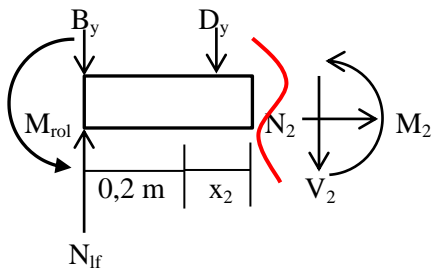
$$M_1 = M_r - (12619,434 \text{ N} \cdot x_1)$$

Untuk $0 \leq x_1 \leq 0,2 \text{ m}$

Tabel 4.2 Momen Bending potongan 1 Chassis utama B-J

$x_1(\text{m})$	$M_1(\text{Nm})$
0,0	4,42
0,05	-626,551
0,1	-1257,523
0,15	-1888,495
0,2	-2519,466

- **Potongan 2**



Gambar 4.17 potongan 2 chassis utama B-J

$$+\rightarrow \sum F_x = 0$$

$$N_2 = 0$$

$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

$$N_{if} - V_2 - B_y - D_y = 0$$

$$V_2 = N_{if} - B_y - D_y$$

$$V_2 = 16825,736 \text{ N} - 4206,302 \text{ N} - 8412,605 \text{ N}$$

$$V_2 = 4206,829 \text{ N}$$

$$+\curvearrowright \sum M = 0$$

$$M_2 = M_r - (D_y \cdot 0,2 \text{ m}) - (V_2 \cdot (0,2 \text{ m} + x_2))$$

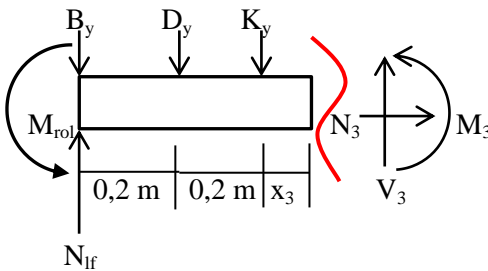
$$M_2 = - (4206,829 \text{ N} \cdot 0,2 \text{ m}) - (8412,605 \text{ N} \cdot (0,2 \text{ m} + x_2))$$

$$\text{Untuk } 0 \leq x_2 \leq 0,2 \text{ m}$$

Tabel 4.3 Momen Bending potongan 2 Chassis utama B-J

x_2 (m)	M_2 (Nm)
0,0	-2519,466
0,05	-2729,808
0,1	-2940,149
0,15	-3150,491
0,2	-3360,832

• **Potongan 3**



Gambar 4.18 potongan 3 chassis utama B-J

$$+\rightarrow \sum F_x = 0$$

$$N_3 = 0$$

$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

$$N_{lr} - V_3 - B_y - D_y - K_y = 0$$

$$V_3 = N_{lr} - B_y - D_y - K_y$$

$$V_3 = 16825,736 \text{ N} - 4206,302 \text{ N} - 8412,605 \text{ N} - 8402,605 \text{ N}$$

$$V_3 = -4195,776 \text{ N}$$

$$+\circlearrowleft \sum M = 0$$

$$M_3 = M_r - (K_y \cdot 0,4 \text{ m}) - (D_y \cdot 0,2 \text{ m}) - (V_3 \cdot (0,4 \text{ m} + x_3))$$

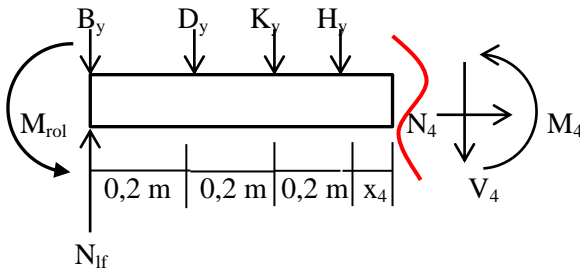
$$M_3 = 4,42 \text{ Nm} - (8412,605 \text{ N} \cdot 0,2 \text{ m}) - (8402,605 \text{ N} \cdot 0,4 \text{ m}) - (-4195,776 \text{ N} \cdot (0,2 \text{ m} + x_2))$$

Untuk $0 \leq x_3 \leq 0,2 \text{ m}$

Tabel 4.4 Momen Bending potongan 3 Chassis utama B-J

$x_3(\text{m})$	$M_3(\text{Nm})$
0,0	-3360,832
0,05	-3151,043
0,1	-2941,255
0,15	-2731,466
0,2	-2521,677

- Potongan 4**



Gambar 4.19 potongan 4 chassis utama B-J

$$+\rightarrow \sum F_x = 0$$

$$N_4 = 0$$

$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

$$N_{lf} - V_4 - B_y - D_y - K_y - H_y = 0$$

$$V_4 = N_{lf} - B_y - D_y - K_y - H_y$$

$$V_4 = 16825,736 \text{ N} - 4206,302 \text{ N} - 8412,605 \text{ N} - 8402,605 \text{ N} - 8412,605 \text{ N}$$

$$V_4 = -12608,381 \text{ N}$$

$$+\circlearrowleft \sum M = 0$$

$$M_4 = M_r - (D_y \cdot 0,2 \text{ m}) - (K_y \cdot 0,4 \text{ m}) - (H_y \cdot 0,6 \text{ m}) - (V_4 \cdot (0,6 \text{ m} + x_4))$$

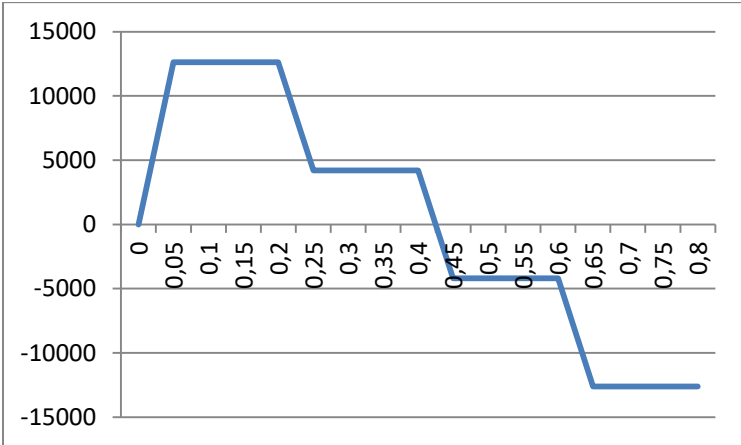
$$M_4 = 4,42 \text{ Nm} - (8412,605 \text{ N} \cdot 0,2 \text{ m}) - (8402,605 \text{ N} \cdot 0,4 \text{ m}) - (8412,605 \text{ N} \cdot 0,6 \text{ m}) - (12608,381 \text{ N} \cdot (0,6 \text{ m} + x_4))$$

Untuk $0 \leq x_4 \leq 0,2 \text{ m}$

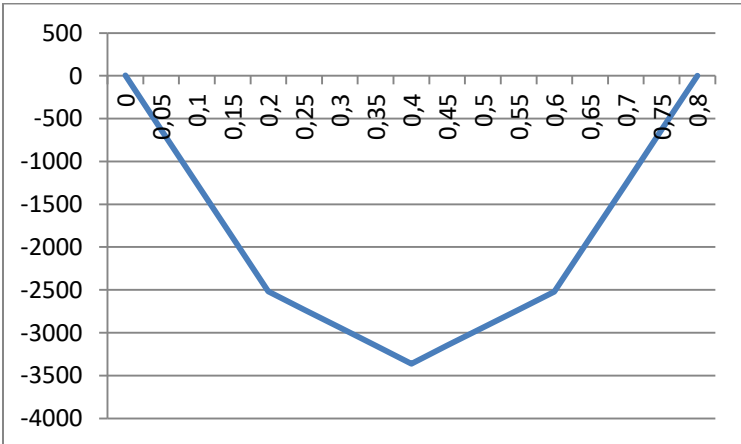
Tabel 4.5 Momen Bending potongan 4 Chassis utama B-J

$x_4(\text{m})$	$M_4(\text{Nm})$
0,0	-2521,043
0,05	-1891,258
0,1	-1260,839
0,15	-630,420
0,2	-0,001

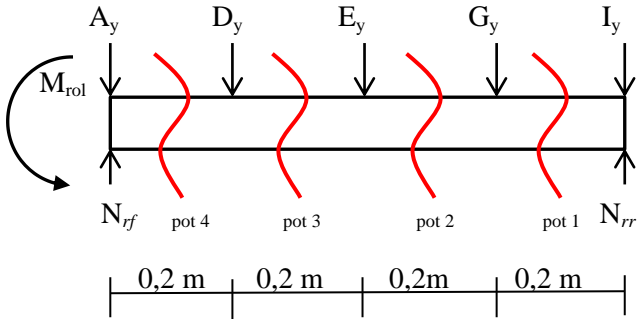
- **Diagram Gaya Geser**



- **Diagram Momen Bending**



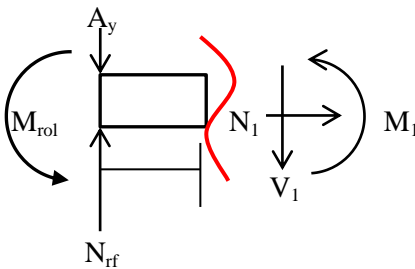
4.2.9 Diagram gaya normal, geser dan momen bending pada chassis utama A-I



Gambar 4.20 Free Body Diagram potongan Chassis utama A-I

Dari gambar diatas akan didapatkan analisa gaya dari masing masing potongan sebagai berikut:

- **Potongan 1**



Gambar 4.21 potongan 1 chassis utama A-I

$$+\rightarrow \sum F_x = 0$$

$$N_1 = 0$$

$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

$$N_{rf} - V_1 - A_y = 0$$

$$V_1 = N_{rf} - A_y$$

$$V_1 = 16825,746 \text{ N} - 4206,306 \text{ N}$$

$$V_1 = 12619,44 \text{ N}$$

$$+\circlearrowleft M = 0$$

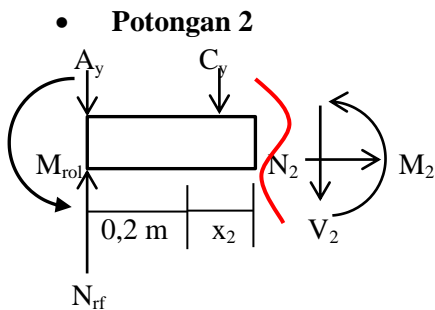
$$M_1 = M_r - (V_1 \cdot x_1)$$

$$M_1 = 4,42 \text{ Nm} - (12619,44 \text{ N} \cdot x_1)$$

Untuk $0 \leq x_1 \leq 0,2 \text{ m}$

Tabel 4.6 Momen Bending potongan 1 Chassis utama A-I

$x_1 \text{ (m)}$	$M_1 \text{ (Nm)}$
0,0	4,42
0,05	-626,552
0,1	-1257,524
0,15	-1888,496
0,2	-2519,468



Gambar 4.22 potongan 2 chassis utama A-I

$$+\rightarrow \sum F_x = 0$$

$$N_2 = 0$$

$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

$$N_{rf} - V_2 - A_y - C_y = 0$$

$$V_2 = N_{rf} - A_y - C_y$$

$$V_2 = 16825,746 \text{ N} - 4206,306 \text{ N} - 8412,609 \text{ N}$$

$$V_2 = 4206,831 \text{ N}$$

$$+\circlearrowleft M = 0$$

$$M_2 = M_r - (C_y \cdot 0,2 \text{ m}) - (V_2 \cdot (0,2 \text{ m} + x_2))$$

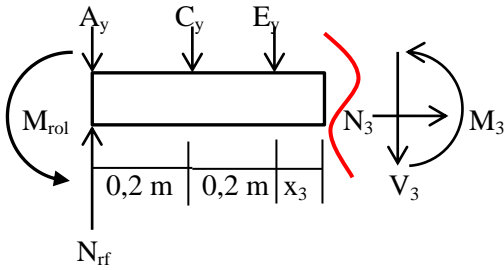
$$M_2 = 4,42 \text{ Nm} - (8412,609 \text{ N} \cdot 0,2 \text{ m}) - (4206,831 \text{ N} \cdot (0,2 \text{ m} + x_2))$$

Untuk $0 \leq x_2 \leq 0,2 \text{ m}$

Tabel 4.7 Momen Bending potongan 2 Chassis utama A-I

$x_2(\text{m})$	$M_2(\text{Nm})$
0,0	-2519,468
0,05	-2729,809
0,1	-2940,150
0,15	-3150,491
0,2	-3360,833

- **Potongan 3**



Gambar 4.23 potongan 3 chassis utama A-I

$$+\rightarrow \sum F_x = 0$$

$$N_3 = 0$$

$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

$$N_{rf} - V_3 - A_y - C_y - E_y = 0$$

$$V_3 = N_{rf} - A_y - C_y - E_y$$

$$V_3 = 16825,746 \text{ N} - 4206,306 \text{ N} - 8412,609 \text{ N} - 8402,609 \text{ N}$$

$$V_3 = -4195,778 \text{ N}$$

$$+\circlearrowleft \sum M = 0$$

$$M_3 = M_r - (C_y \cdot 0,2 \text{ m}) - (E_y \cdot 0,4 \text{ m}) - (V_3 \cdot (0,4 \text{ m} + x_3))$$

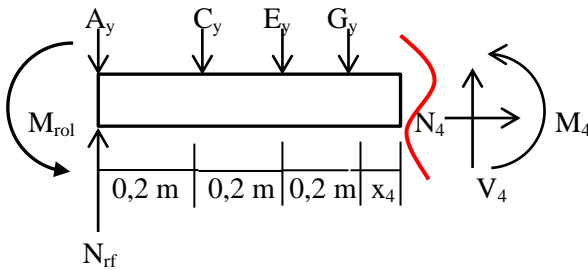
$$M_3 = 4,42 \text{ Nm} - (8412,609 \text{ N} \cdot 0,2 \text{ m}) - (8402,609 \text{ N} \cdot 0,4 \text{ m}) - (-4195,778 \text{ N} \cdot (0,4 \text{ m} + x_3))$$

Untuk $0 \leq x_3 \leq 0,2 \text{ m}$

Tabel 4.8 Momen Bending potongan 3 Chassis utama A-I

$x_2(\text{m})$	$M_2(\text{Nm})$
0,0	-3360,833
0,05	-3151,045
0,1	-2941,256
0,15	-2731,467
0,2	-2521,678

• **Potongan 4**



Gambar 4.24 potongan 4 chassis utama A-I

$$+\rightarrow \sum F_x = 0$$

$$N_4 = 0$$

$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

$$N_{rf} - V_4 - A_y - C_y - E_y - G_y = 0$$

$$V_4 = N_{rf} - A_y - C_y - E_y - G_y$$

$$V_4 = 16825,746 \text{ N} - 4206,306 \text{ N} - 8412,609 \text{ N} - 8402,609 \text{ N} - 8412,609 \text{ N}$$

$$V_4 = -12608,387 \text{ N}$$

$$+\mathcal{O}\sum M = 0$$

$$M_4 = M_r - (C_y \cdot 0,2 \text{ m}) - (E_y \cdot 0,4 \text{ m}) - (G_y \cdot 0,6 \text{ m}) - (V_4 \cdot (0,4 \text{ m} + x_4))$$

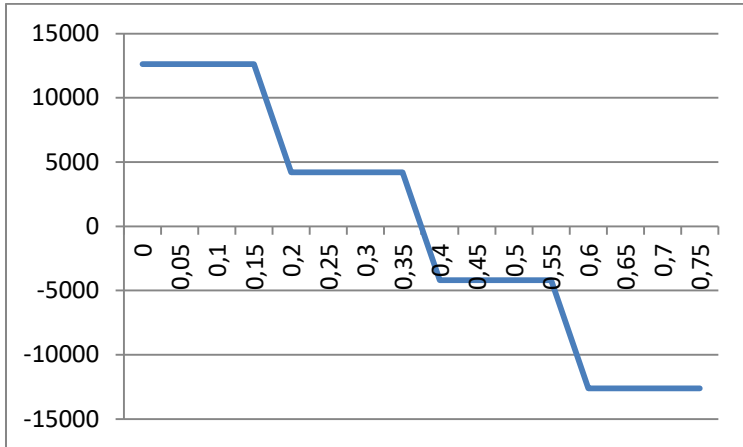
$$M_4 = 4,42 \text{ Nm} - (8412,609 \text{ N} \cdot 0,2 \text{ m}) - (8402,609 \text{ N} \cdot 0,4 \text{ m}) - (8412,609 \text{ N} \cdot 0,6 \text{ m}) - (-12608,387 \text{ N} \cdot (0,6 \text{ m} + x_4))$$

$$\text{Untuk } 0 \leq x_4 \leq 0,2 \text{ m}$$

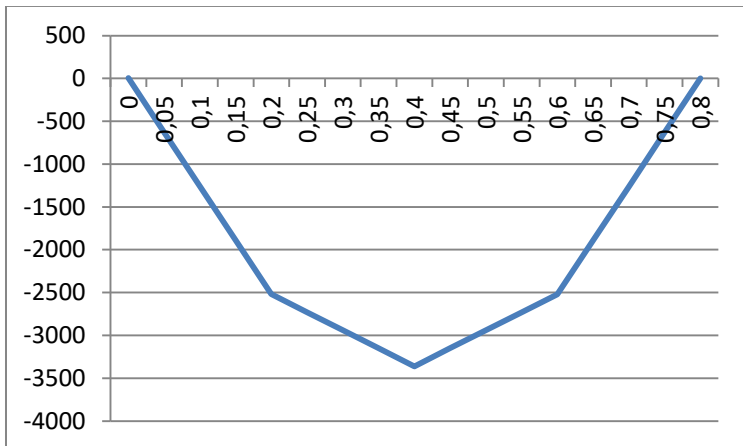
Tabel 4.9 Momen Bending potongan 4 Chassis utama A-I

$x_2(\text{m})$	$M_2(\text{Nm})$
0,0	-2521,678
0,05	-1891,259
0,1	-1260,833
0,15	-630,42
0,2	-0,001

- **Diagram Gaya Geser**

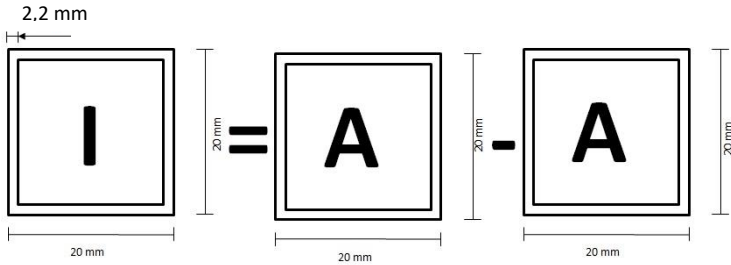


- **Diagram Momen Bending**



4.2.10 Momen Inersia dan Luas Permukaan Batang Hollow

- Momen Inersia



Gambar 4.25 Momen Inersia luasan balok hollow

Dari Gambar tersebut didapat inersia dengan persamaan berikut :

$$I_A = \frac{1}{12} \times B_A \times H_A^3$$

$$I_A = \frac{1}{12} \times 20 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}^3$$

$$I_A = 13333,333 \text{ mm}^4$$

$$I_B = \frac{1}{12} \times B_B \times H_B^3$$

$$I_B = \frac{1}{12} \times 15,6 \text{ mm} \times 15,6 \text{ mm}^3$$

$$I_B = 4935,34 \text{ mm}^4$$

$$I = I_A - I_B$$

$$I = 13333,333 \text{ mm}^4 - 4935,34 \text{ mm}^4$$

$$I = 8397,993 \text{ mm}^4$$

- **Luas Permukaan**

$$L = L_A - L_B$$

$$L = (P_A \times L_A) - (P_B \times L_B)$$

$$L = (20 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}) - (15,6 \text{ mm} \times 15,6 \text{ mm})$$

$$L = 156,64 \text{ mm}^2$$

4.2.11 Tegangan Maksimum pada *Chassis*

Dalam perhitungan kekuatan *Chassis*, perhitungan berdasarkan gaya normal, gaya geser, dan momen bending terbesar diterima oleh *chassis*. Agar *chassis* aman, maka besarnya tegangan yang terjadi harus lebih kecil atau sama dengan tegangan ijinnya. Untuk *safety faktor* menggunakan 3 karena merupakan beban dinamis.

- **Tegangan Tarik**

$$\sigma_t \leq | \sigma_{cyp} |$$

$$\frac{F}{A} \leq \frac{kc \cdot Syp}{sf}$$

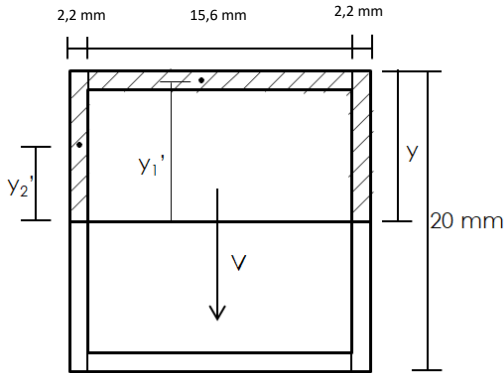
$$\frac{16825,746}{156,64} \leq \frac{1 \cdot 655}{3}$$

$$107,416 \text{ Mpa} \leq 218,333 \text{ Mpa}$$

Dari perhitungan tersebut, serta menggunakan *safety number* 3, didapatkan tegangan ijin dari material sebesar

218,3 MPa sementara tegangan tarik yang dialami *chassis* sebesar 107,416 MPa sehingga dapat dinyatakan *chassis* aman.

- **Tegangan Geser**



Gambar 4.26 Sketsa Gaya geser balok Hollow

$$Q = y_1' \cdot A_1 + y_2' \cdot A_2$$

$$Q = 525,448 \text{ mm}^3$$

$$\tau_s \leq |\sigma_{syp}|$$

$$\frac{V \cdot Q}{I \cdot t} \leq \frac{0,55 \cdot S_{yp}}{sf}$$

$$\frac{12619,434 \cdot 525,448}{8397,993 \cdot 2,2 \cdot 2} \leq \frac{0,9 \cdot 655}{3}$$

$$179,449 \text{ MPa} \leq 195,6 \text{ MPa}$$

Dari perhitungan tersebut, serta menggunakan *safety number* 3, didapatkan tegangan ijin dari material sebesar

195,6 MPa sementara tegangan geser yang dialami *chassis* sebesar 179,449 MPa sehingga dapat dinyatakan *chassis* aman.

- **Tegangan Bending Maksimum**

$$\sigma_b \max \leq |\sigma_{byp}|$$

$$\frac{Mb \cdot y}{I} \leq \frac{kb \cdot Syp}{sf}$$

$$\frac{3368,833 \cdot 10}{8397,993} \leq \frac{0,9 \cdot 655}{3}$$

$$4,01 \text{ MPa} \leq 196,5 \text{ MPa}$$

Dari perhitungan tersebut, serta menggunakan *safety number* 3, didapatkan tegangan ijin dari material sebesar 196,5 MPa sementara tegangan tarik yang dialami *chassis* sebesar 4,01 MPa sehingga dapat dinyatakan *chassis* aman.

4.3 Menghitung Torsi dan Gaya pada Drivetrain

Dalam perhitungan torsi pada sebuah kendaraan agar dapat bergerak perlu diketahui besarnya gaya traksi kendaraan. Torsi dari motor hingga ke roda. Dalam hal ini saya menggunakan ukuran sprocket yang sama pada setiap poros dan tanpa adanya gear reduction.

4.3.1 Menghitung Traksi dari Robot

Perhitungan traksi diperlukan untuk mengetahui gaya-gaya pada motor serta dapat juga membantu untuk menentukan motor yang diperlukan dari robot ini. Sehingga

perhitungan traksi dilakukan terlebih dahulu sebelum melakukan perhitungan torsi

$$F_{\text{traksi}} = \text{rolling resistance} + \text{pull resistance} + (m.a)$$

$$W_{\text{total}} = W_{\text{frame}} + W_{\text{motor}} + W_{\text{selang}} + W_{\text{ban}} + W_{\text{blade}}$$

$$W_{\text{frame}} = 22,338 \text{ kg}$$

$$W_{\text{motor}} = 5 \times 1 \text{ kg}$$

$$W_{\text{ban}} = 4 \times 5 \text{ kg}$$

$$W_{\text{blade}} = 3,4 \text{ kg}$$

$$W_{\text{selang}} = 67 \text{ kg (full sludge)}$$

$$W_{\text{total}} = 22,338 \text{ kg} + 5 \text{ kg} + 20 \text{ kg} + 3,4 \text{ kg} + 67 \text{ kg}$$

$$W_{\text{total}} = 117,958 \text{ kg}$$

$$\text{Rolling resistance} = c \cdot W_{\text{total}}$$

Dikarenakan tempat yang berlumpur maka didapatkan nilai c sebesar 0,08, sehingga :

$$\text{Rolling resistance} = 0,08 \cdot 117,918 \text{ kg}$$

$$\text{Rolling resistance} = 9,436$$

Kemudian dilakukan perhitungan mengenai gaya yang diperlukan untuk menarik kendaraan dengan mengasumsikan percepatan sebesar $1,5 \text{ m/s}^2$ yaitu sebagai berikut :

$$\text{pull resistance} = m \cdot a$$

$$\text{pull resistance} = 12,020 \text{ kg} \cdot 1,5 \text{ m/s}^2$$

$$\text{pull resistance} = 18,036$$

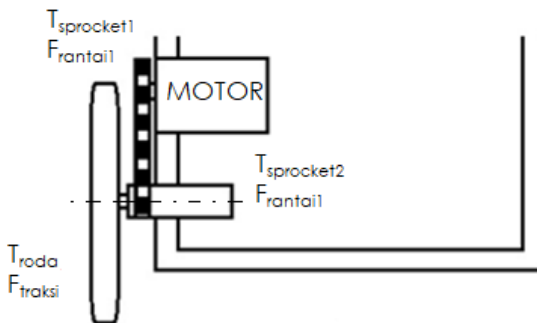
kemudian dapat mendapatkan F_{traksi} dengan cara sebagai berikut :

$$F_{\text{traksi}} = 9,436 + 18,036 + 117,958$$

$$F_{\text{traksi}} = 145,43 \text{ Newton}$$

4.3.2 Menghitung Torsi dan Gaya Motor

Berikut perhitungan dari Torsi pada setiap sprocket dan torsi yang ada pada roda serta gaya pada rantai



Gambar 4.27 Skema Torsi dan Gaya Drivetrain

$$T_{\text{roda}} = F_{\text{traksi}} \times r_{\text{roda}}$$

$$T_{\text{roda}} = 145,43 \text{ N} \times 0,15 \text{ m}$$

$$T_{\text{roda}} = 21,814 \text{ Nm}$$

Menghitung gaya tarik pada rantai,

$$T_{\text{roda}} = T_{\text{sprocket1}} = 21,814 \text{ Nm}$$

$$T_{\text{sprocket1}} = F_{\text{rantai}} \times r_{\text{sprocket}}$$

$$F_{\text{rantai}} = \frac{T_{\text{sprocket1}}}{r_{\text{sprocket1}}}$$

$$F_{\text{rantai}} = \frac{21,814 \text{ Nm}}{0,08 \text{ m}}$$

$$F_{\text{rantai}} = 272,675 \text{ N}$$

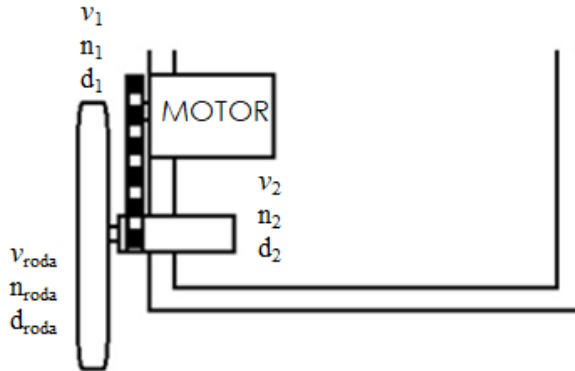
$$T_{\text{sprocket2}} = F_{\text{rantai}} \times r_{\text{sprocket}}$$

$$T_{\text{sprocket2}} = 272,675 \text{ N} \times 0,08 \text{ m}$$

$$T_{\text{sprocket2}} = 21,814 \text{ Nm}$$

Dikarenakan menggunakan ukuran sprocket yang sama, maka $T_{\text{sprocket1}}$ dan $T_{\text{sprocket2}}$ sama.

4.4 Menghitung Putaran pada Drivetrain



Gambar 4.28 Skema kecepatan dan putaran Drivetrain

Robot ini direncanakan memiliki kemampuan untuk memiliki kecepatan hingga 10 km/jam atau 2,7 m/s.

Mengonversi kecepatan roda ke putaran rpm

$$n_{roda} = \frac{v_{roda} \times 60}{\pi \times d_{roda}}$$

$$n_{roda} = \frac{2,7 \text{ m/s} \times 60}{\pi \times 0,304 \text{ m}}$$

$$n_{roda} = 169,711 \text{ rpm}$$

$$v_2 = \frac{\pi \cdot d_2 \cdot n_{roda}}{60}$$

$$v_2 = \frac{\pi \cdot 0,08 \text{ m} \cdot 169,711 \text{ rpm}}{60}$$

$$v_2 = 0,710 \text{ m/s}$$

rpm pada motor

$$n_1 = \frac{v_1 \cdot 60}{\pi \cdot d_1}$$

$$n_1 = \frac{0,710 \frac{m}{s} \cdot 60}{\pi \cdot 0,08 m}$$

$$n_1 = 169,585 \text{ rpm}$$

dikarenakan ukuran sprocket yang sama, maka n_{roda} dan n_1 memiliki nilai yang relatif sama.

Kemudian perhitungan daya yang diperlukan motor adalah.

$$P = \frac{T_{sprocket1} \times n_1}{9549}$$

$$P = \frac{21,814 Nm \cdot 169,585 rpm}{9549}$$

$$P = 0,387 \text{ kW}$$

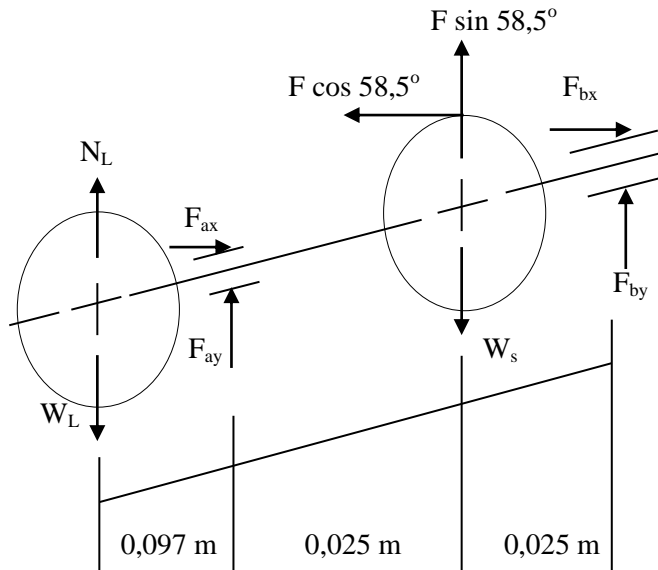
$$P = 387 \text{ Watt}$$

4.5 Perhitungan Poros pada robot

Data perhitungan :

1. Gaya rantai = 272,675 N
2. Berat sprocket = 12,4 N
3. Berat roda kiri = 500 N

Free Body Diagram



Gambar 4.29 Free Body Diagram dari poros

4.5.1 Reaksi Tumpuan Sumbu x

$$+\curvearrowright \sum M_a = 0$$

$$(F_{bx} \cdot 0,05\text{ m}) - (F \cdot \cos 58,5^\circ \cdot 0,025\text{ m}) = 0$$

$$(F_{bx} \cdot 0,05\text{ m}) - 3,561\text{ Nm} = 0$$

$$F_{bx} \cdot 0,05\text{ m} = 3,561\text{ Nm}$$

$$F_{bx} = \frac{3,561\text{ Nm}}{0,05\text{ m}}$$

$$F_{bx} = 71,22\text{ N}$$

$$+\rightarrow \sum F_x = 0$$

$$F_{ax} + F_{bx} - (F \cdot \cos 58,5^\circ) = 0$$

$$F_{ax} + 71,22 \text{ N} - (272,675 \text{ N} \cdot \cos 58,5^\circ) = 0$$

$$F_{ax} = 71,22 \text{ N} - 142,472 \text{ N}$$

$$F_{ax} = 71,252 \text{ N}$$

4.5.2 Reaksi Tumpuan Sumbu y

$$+\cup \sum M_a = 0$$

$$(N_L \cdot 0,097 \text{ m}) - (W_L \cdot 0,097 \text{ m}) - (F \cdot \sin 58,5^\circ \cdot 0,025 \text{ m}) + (W_s \cdot 0,025 \text{ m}) - F_{by} \cdot 0,05 \text{ m} = 0$$

$$F_{by} \cdot 0,05 \text{ m} = (W_L \cdot 0,097 \text{ m}) + (F \cdot \sin 58,5^\circ \cdot 0,025 \text{ m}) - (W_s \cdot 0,025 \text{ m}) - (N_L \cdot 0,097)$$

$$F_{by} \cdot 0,05 \text{ m} = 48,5 \text{ N} + 5,812 \text{ N} - 0,31 \text{ N} - 48,5 \text{ N}$$

$$F_{by} \cdot 0,05 \text{ m} = 5,502 \text{ N}$$

$$F_{by} = 110,04 \text{ N}$$

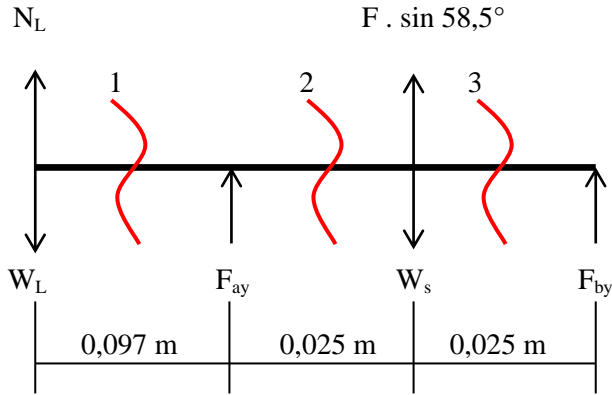
$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

$$F_{ay} + F_{by} + N_L - W_L + F \cdot \sin 58,5^\circ - W_s = 0$$

$$F_{ay} + 110,04 \text{ N} + 500 \text{ N} - 500 \text{ N} + 232,4938 \text{ N} - 12,4 \text{ N} = 0$$

$$F_{ay} = -330,133 \text{ N}$$

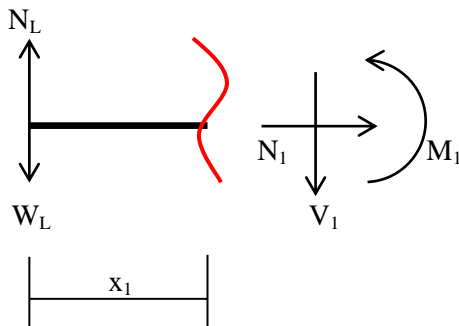
4.5.3 Analisa Potongan Sumbu y



Gambar 4.30 Potongan sumbu y poros

Dalam perhitungan ini akan didapat nilai gaya geser dan momen bending pada setiap potongan poros arah sumbu y sebagai dasar dalam menentukan diameter yang optimal dalam perencanaan poros penggerak.

- **Potongan 1**



Gambar 4.31 Potongan 1 sumbu y poros

$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

$$N_L - W_L - V_1 = 0$$

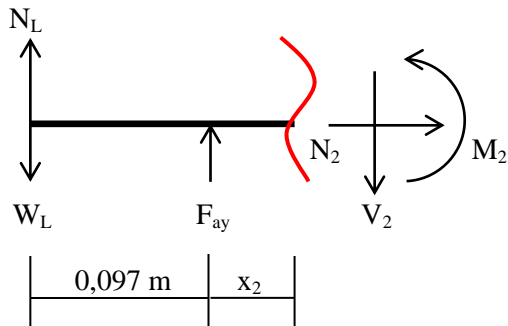
$$V_1 = 0$$

$$+\circlearrowleft \sum M_1 = 0$$

$$M_1 = -V_1 \cdot x_1$$

$$M_1 = 0$$

- **Potongan 2**



Gambar 4.32 Potongan 2 sumbu y poros

$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

$$N_L + F_{ay} - W_L - V_2 = 0$$

$$F_{ay} = V_2$$

$$V_2 = -330,133 \text{ N}$$

$$+\circlearrowleft \sum M_2 = 0$$

$$(F_{ay} \cdot 0,097 \text{ m}) - (V_2 \cdot (0,097 \text{ m} + x_2)) = M_2$$

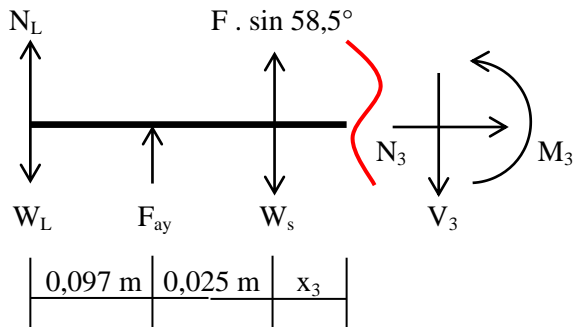
$$(-330,133 \text{ N} \cdot 0,097 \text{ m}) - (-330,133 \text{ N} \cdot (0,097 + x_2)) = M_2$$

Untuk $0 \leq x_2 \leq 0,025 \text{ m}$

Tabel 4.10 Momen Bending pada potongan 2 sumbu y

x_2 (m)	M_2 (Nm)
0,0	0
0,01	3,301
0,015	4,951
0,02	6,602
0,025	8,253

• **Potongan 3**



Gambar 4.33 Potongan 3 sumbu y poros

$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

$$N_L + W_L + F_{ay} + F \cdot \sin 58,5^\circ - W_s - V_3 = 0$$

$$F_{ay} + F \cdot \sin 58,5^\circ - W_s = V_3$$

$$V_3 = -330,133 \text{ N} + 232,493 \text{ N} - 12,4 \text{ N}$$

$$V_3 = -110,04 \text{ N}$$

$$+\circlearrowright \sum M = 0$$

$$M_3 = F_{ay} \cdot 0,097 \text{ m} + (F \cdot \sin 58,5^\circ \cdot (0,122 \text{ m})) - (12,4 \text{ N} \cdot (0,122 \text{ m})) - (V_3 \cdot (0,122 \text{ m} + x_3))$$

$$M_3 = (-330,133 \text{ N} \cdot 0,097 \text{ m}) + (232,493 \text{ N} \cdot (0,122 \text{ m})) - (12,4 \text{ N} \cdot (0,122 \text{ m})) - (-110,04 \text{ N} \cdot (0,122 \text{ m} + x_3))$$

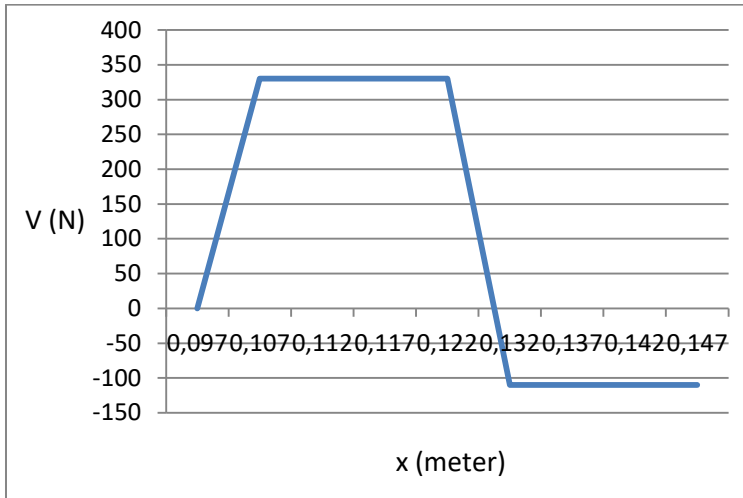
Untuk $0 \leq x_3 \leq 0,025 \text{ m}$

Tabel 4.11 Momen Bending pada potongan 3 sumbu y

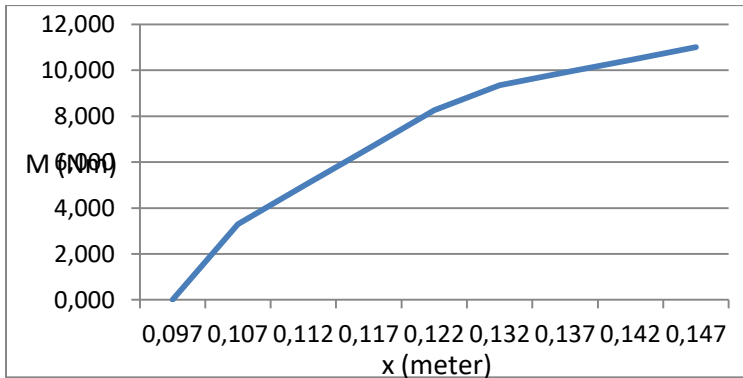
$X_2(\text{m})$	$M_2(\text{Nm})$
0,0	8,253
0,01	9,353
0,015	9,903
0,02	10,454
0,025	11,004

4.5.4 Diagram V dan M pada Sumbu potongan y

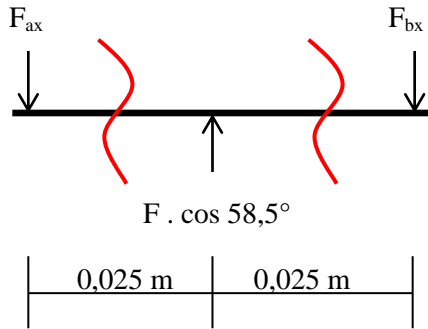
- Diagram V



- Diagram M

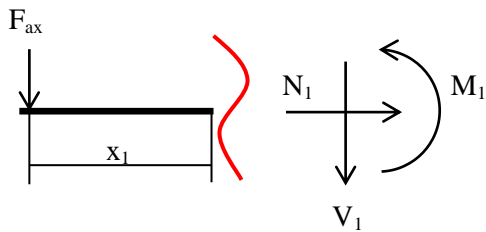


4.5.5 Analisa Potongan Sumbu x



Gambar 4.34 Potongan sumbu y poros

- **Potongan 1**



Gambar 4.35 Potongan 1 sumbu y poros

$$+\uparrow \sum F_x = 0$$

$$-F_{ax} - V_1 = 0$$

$$V_1 = -71,252 \text{ N}$$

$$+\circlearrowleft \sum M_1 = 0$$

$$M_1 = -V_1 \cdot x_1$$

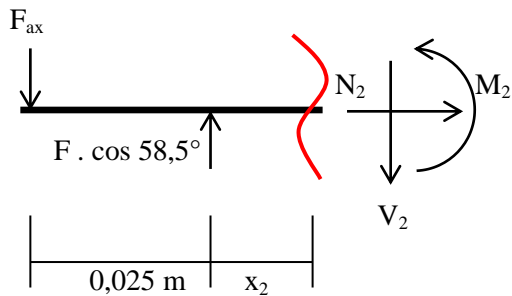
$$M_1 = -(-71,252 \text{ N}) \cdot x_1$$

$$\text{Untuk } 0 \leq x_1 \leq 0,025 \text{ m}$$

Tabel 4.12 Momen Bending pada potongan 1 sumbu x

x_1 (m)	M_1 (Nm)
0,0	0
0,01	0,712
0,015	1,068
0,02	1,425
0,025	1,781

- **Potongan 2**



Gambar 4.36 Potongan 2 sumbu x poros

$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

$$F \cdot \cos 58,5^\circ - F_{ax} - V_2 = 0$$

$$V_2 = F \cdot \cos 58,5^\circ - F_{ax}$$

$$V_2 = 121,572 \text{ N} - 71,252 \text{ N}$$

$$V_2 = 50,32 \text{ N}$$

$$+\circlearrowleft \sum M_2 = 0$$

$$M_2 = (F \cdot \cos 58,5^\circ \cdot 0,025 \text{ m}) - (V_2 \cdot (0,025 \text{ m} + x_2))$$

$$M_2 = (121,572 \text{ N} \cdot 0,025 \text{ m}) - (50,32 \text{ N} \cdot (0,025 \text{ m} + x_2))$$

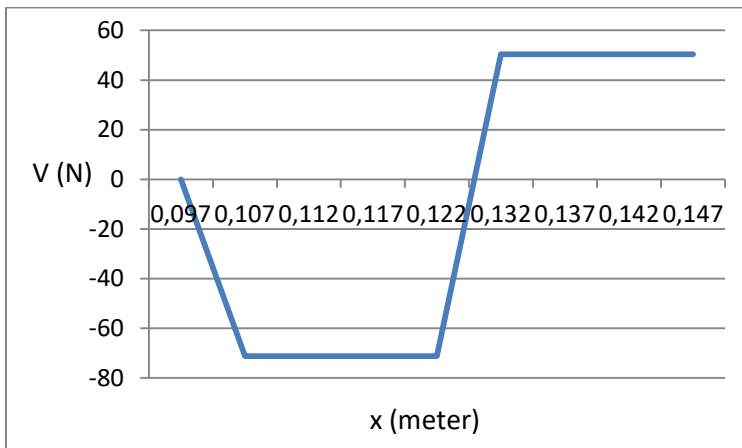
Untuk $0 \leq x_2 \leq 0,025 \text{ m}$

Tabel 4.13 Momen Bending pada potongan 2 sumbu x

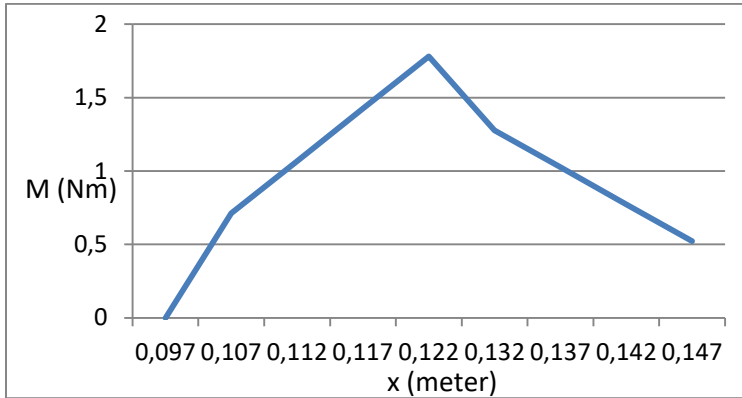
$x_1(\text{m})$	$M_1(\text{Nm})$
0,0	1,781
0,01	1,278
0,015	1,026
0,02	0,774
0,025	0,523

4.5.6 Diagram V dan M pada Sumbu potongan x

- **Diagram V**



- **Diagram M**



4.5.7 Menghitung Momen Bending pada Poros

$$M_b = \sqrt{Mbx^2 + Mby^2}$$

$$M_b = \sqrt{1,781^2 + 11,004^2}$$

$$M_b = 11,147 \text{ Nm}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan momen bending terbesar yaitu 11,147 Nm

4.5.8 Diameter Poros

Pada rancangan konstruksi poros penggerak pada robot pembersih ini dimana setiap roda memiliki poros masing masing yang digerakkan oleh motor, sehingga setiap roda digerakkan oleh 1 motor.

Pemilihan material direncanakan menggunakan bahan AISI 4140 dengan $\sigma_{su} = 655$ MPa dengan $sf = 3$ dikarenakan beban dinamis, sehingga didapatkan sebagai berikut.

$$\tau_{maks} \leq \frac{\sigma_{su}}{sf}$$

$$\sqrt{\left(\frac{16 \cdot Mb}{\pi \cdot d^2}\right)^2 + \left(\frac{16 \cdot Mt}{\pi \cdot d^2}\right)^2} \leq \frac{\sigma_{su}}{sf}$$

$$\frac{16^2 \cdot Mb^2}{\pi^2 \cdot d^6} + \frac{16^2 \cdot Mt^2}{\pi^2 \cdot d^6} \leq \left(\frac{0,82 \cdot \sigma_{su}}{3}\right)^2$$

$$d \geq \sqrt[6]{\frac{(16^2 \cdot 11,147^2) + (16^2 \cdot 21,814^2)}{3,14^2 \cdot \left(\frac{0,82 \cdot 655000000}{3}\right)^2}}$$

$$d \geq 3,574 \times 10^{-5} \text{ m}$$

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa data maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Nilai tegangan geser maksimum pada *chassis* memiliki nilai 0,427 N sementara gaya ijin dari *chassis* tersebut 18,3 N sehingga dinyatakan aman.
2. Nilai tegangan tarik maksimum pada *chassis* memiliki nilai 0,416 N sementara gaya ijin dari *chassis* tersebut sebesar 33,33 sehingga dinyatakan aman.
3. Nilai tegangan bending maksimum yang dialami *chassis* sebesar $7,04 \times 10^{-3}$ Nm sementara gaya ijin dari *chassis* tersebut sebesar 30 Nm.
4. Sehingga dapat disimpulkan dengan *safety* number 3 menggunakan material Aluminium 4140 dapat dinyatakan aman.
5. Pemilihan motor dengan kecepatan 10 km/j atau 2,7 m/s diperlukan power paling minimal sebesar 387 watt.
6. Ukuran poros minimum jika menggunakan material Aluminium 4140 dengan *safety* number 3 didapatkan ukuran minimum untuk *chassis* sebesar $3,574 \times 10^{-5}$ m.

5.2 Saran

Dalam upaya untuk membangun *chassis* untuk robot ini maka perlu diperhatikan pemilihan materialnya. Harapan penulis agar konsep desain ini dapat segera dibentuk dan

dibuat serta dapat dilakukan pengembangan dalam sistem kontrolnya, perpompaan, serta baterai

Perhitungan yang telah dilakukan juga masih belum sepenuhnya sempurna sehingga masih dapat dilakukan perkembangan terhadap hitungan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bitonneau, David, “*Design of an Industrial Human-Robot Tank Cleaning System Through Participative Simulations*”, conference paper, 2017.
2. Chang, James I dan Chung, Cheng, “*A Study of Storage Tank Accidents*”, Taiwan, 2005.
3. Sampurno, Bambang dan Sutantra, Nyoman, “*Teknologi Otomotif*”, Surabaya, 2010.
4. Suhariyanto dan Hadi, Syamsul, “*Elemen Mesin I*”, Surabaya, 2011.
5. Anonim, “*7 Things to Consider when Choosing an Aluminum Grade*”, *Metal Supermarkets, January 19 2015. Diakses pada: Januari 9 2020. [Online]. Tersedia: <https://www.metalsupermarkets.com/7-things-consider-choosing-aluminum-grade/>*
6. Daud, pinem, “*Mekanika Kekuatan Material*”, Bandung, 2010.
7. Sularso, Kiyokatsu Suga, “*Dasar Perencanaan dan Pemilihan Mesin*”, Bandung, 2002
8. Halliday dan Resnick, “*Fundamental Of Physics 10th*”, Cleveland, 2014.
9. Anonim, “*AISI 4140 Alloy Steel (UNS G41400)*, Diakses pada: Januari 9 2020. [Online], Tersedia: <http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6769>

LAMPIRAN

WRITER'S BIOGRAPHY



The writer was born in Surabaya on April 16 1998. He's the youngest among 3 brothers. Educational stages that the writer has been taken include primary school at SD Al-Azhar Syifa Budi, then junior high school at SMPN 13 Surabaya and after graduated the writer enrolled to SMA Muhammadiyah 2 Surabaya high school and on 2016 the writer got accepted at Mechanical engineering Diploma, vocational faculty which was then still under the patronage of Industrial Engineering Faculty, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

During college the writer's hadn't been active with any form of organization, although had been participated in improvement skills training that was conducted by the university, such as LKMM pra-TD. The writer used most of his time to pursue other activities, mainly doing his hobbies, like reading, writing, cycling, drawing, and also meditating to name a few. The writer also has exceptional skill on english literature, may it be speaking, reading, and writing as shown on this biography.

Any advice or further question or any other information regarding the writer, or to whom it may concern. The writer's e-mail is as follows : rifky.dimas21@gmail.com or rifydimas.21@gmail.com

"Non est ad astra mollis e terris via" - seneca