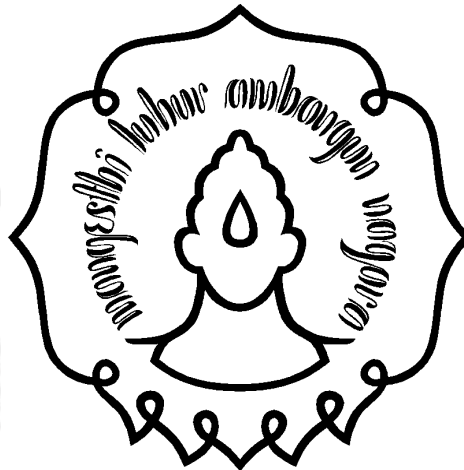


PEMBUATAN MODEL ROBOT UNTUK *MATERIAL HANDLING* OTOMATIS



PROYEK AKHIR

Diajukan untuk memenuhi persyaratan guna memperoleh gelar Ahli Madya (A.Md) Program Studi D-III Teknik Mesin

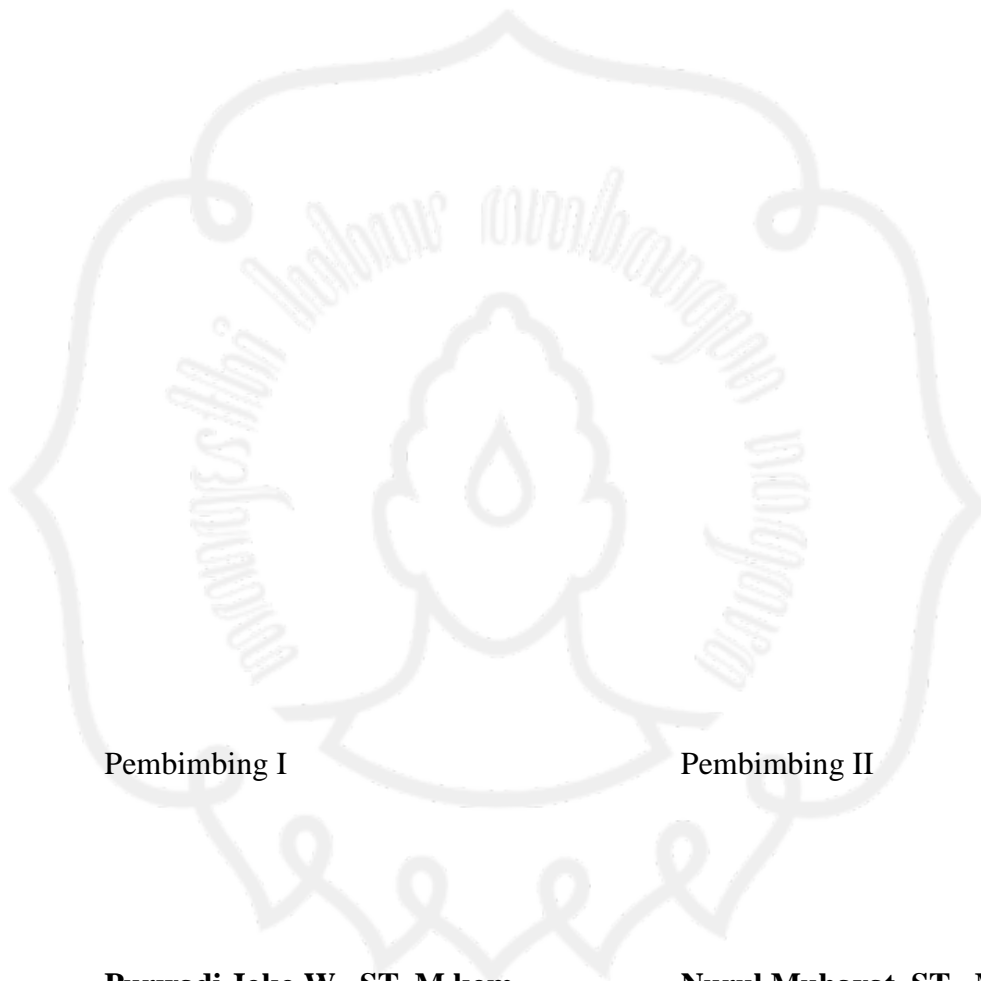
Disusun Oleh :

Mujono
I 8105017

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III MESIN PRODUKSI
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2009**

HALAMAN PERSETUJUAN

Proyek akhir ini telah disetujui untuk diajukan dihadapan Tim Penguji
Proyek Akhir Program Studi D-III Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas
Sebelas Maret Surakarta.



Pembimbing I

Pembimbing II

Purwadi Joko W., ST, M.kom
NIP. 1 9730126 199702 1 001

Nurul Muhayat, ST., MT
NIP. 19700323 199802 1 001

HALAMAN PENGESAHAN

PEMBUATAN MODEL ROBOT UNTUK *MATERIAL HANDLING* OTOMATIS

Disusun oleh :

Mujono I 8105017

Telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Pendadaran Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret pada :

18 AGUSTUS 2009

| | | |
|----|--|-------|
| 1. | Purwadi Joko W.,ST.M Kom NIP.19730126 199702 1 001 | _____ |
| 2. | Nurul Muhayat,ST.,MT NIP.19700323 199802 1 001 | _____ |
| 3. | Bambang Kusharjanto,ST.,MT NIP.19691116199702 1 001 | _____ |
| 4. | Zainal Arifin ,ST.,MT NIP. 19730308 200003 1 001 | _____ |

Mengetahui,
Ketua Program D-III Teknik
Fakultas Teknik

Disahkan,
Koordinator Proyek Akhir
Fakultas Teknik UNS

Zainal Arifin, ST., MT.
NIP. 19730308 200003 1 001

Jaka Sulistya Budi, ST., MT.
NIP. 19671019 199903 1 001

MOTTO

- *Jadilah seperti karang di Laut yang tak akan goyah diterjang ombak dan badai*
- *Tiada kesulitan yang tak dapat diselesaikan jika Kita berani menghadapinya*
- *Kesombongan akan menuntun Kita pada jalan yang buruk*
- *Cobaan dan tantangan akan membuat Kita semakin lebih dewasa*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya. Sehingga penulis dapat menyelesaikan proyek akhir dan laporan yang berjudul "Pembuatan Model Robot untuk *Material Handling* Otomatis" ini.

Proyek akhir ini dibuat untuk memenuhi persyaratan mendapatkan gelar Ahli Madya dan untuk menyelesaikan program studi D-III Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Banyak upaya dan usaha keras yang penulis kerjakan untuk mengatasi hambatan dan kesulitan yang ada selama pengerjaan proyek akhir ini. Dan berkat rahmat Allah SWT dan bantuan dari segala pihak, akhirnya tugas ini dapat terselesaikan. Untuk itu dalam kesempatan yang bahagia ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya.
2. Ayah(Alm) dan Ibunda tercinta beserta semua keluarga yang telah memberikan dukungan, do'a dan bimbingan kepada penulis.
3. Dekan Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
4. Zainal Arifin, ST., MT selaku ketua program D-III Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
5. Purwadi Joko W., ST, M.kom selaku dosen pembimbing I
Proyek
Akhir.
6. Nurul Muhayat, ST., MT selaku dosen pembimbing II Proyek
Akhir
7. Jaka Sulistya Budi, ST, MT. selaku koordinator Proyek Akhir.
8. Joko Triyono, ST., MT selaku dosen pembimbing akademik.

9. Semua dosen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
10. Rekan-rekan mahasiswa D-III Teknik Mesin Produksi angkatan 2005 yang telah banyak membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.
11. Semua orang yang telah memberi kasih sayang, cinta, do'a dan semangat buat penulis.
12. Semua pihak yang telah membantu hingga terselesaikannya Proyek Akhir dan penyusunan laporan ini.

Penulis yakin tanpa bantuan dari semua pihak, karya ini akan sulit terselesaikan dalam hal perancangan, pengujian, pembuatan laporan, dan dalam ujian pendadaran. Penulis menyadari banyak kekurangan dalam penyusunan laporan ini, maka penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi kemajuan bersama.

Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan pembaca pada umumnya dan serta dapat menambah wawasan keilmuan bersama.

Surakarta, Februari
2009

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---------------------------|------|
| Halaman Judul..... | i |
| Halaman Persetujuan..... | ii |
| Halaman Pengesahan | ii |
| Motto | iv |
| Halaman Persembahan | v |
| Abstraksi | vi |
| Kata Pengantar | vii |
| Daftar Isi..... | ix |
| Daftar Gambar..... | xii |
| Daftar Tabel | xiii |
| Daftar Notasi | xiv |

| | | |
|------------|----------|--------------------|
| BAB | I | PENDAHULUAN |
| | 1 | |

| | |
|-----------------------------------|---|
| 1.1. Latar Belakang Masalah | 1 |
| 1.2. Perumusan Masalah | 1 |
| 1.3. Batasan Masalah | 1 |
| 1.4. Maksud dan Tujuan..... | 1 |
| 1.5. Manfaat Proyek Akhir..... | 2 |
| 1.6. Metodologi..... | 3 |

| | |
|------------------------------------|--|
| BAB II LANDASAN TEORI | |
| 4 | |

| | |
|---------------------|------|
| 2.1. Rangka | 4 |
| 2.1.1. Statika..... | 4 |
| 2.1.2. Gaya | luar |
| | 5 |

| | |
|---|--------------------|
| 2.1.3. Gaya | |
| dalam..... | 6 |
| 2.1.4. Reaksi..... | 6 |
| 2.1.5. Tumpuan..... | ..7 |
| 2.1.6. Diagram | gaya |
| dalam..... | 8 |
| 2.2. Roda Gigi..... | 9 |
| 2.2.1. Perbandingan putaran roda gigi..... | 10 |
| 2.2.2. Menentukan beban tangensial..... | 11 |
| 2.2.3. Menghitung beban dinamik..... | 11 |
| 2.3. Poros..... | 12 |
| 2.3.1. Macam-macam poros..... | 12 |
| 2.3.2. Hal-hal penting dalam perencanaan poros..... | 13 |
| 2.4. Pemilihan Baut dan Mur..... | 16 |
| 2.5. Waktu Pemesinan Mesin Bor..... | 18 |
| BAB | III |
| PERHITUNGAN..... | PERENCANAAN |
| | DAN |
| | 21 |
| 3.1. Konstruksi dan Prinsip Kerja Robot..... | 21 |
| 3.2. Perencanaan dan Perhitungan..... | 23 |
| 3.3. Gambar susunan Roda gigi pada <i>Gear box</i> untuk <i>Gripper</i> | 25 |
| 3.4. Gambar susunan Roda gigi pada <i>Gear box</i> untuk Roda..... | 25 |
| 3.4.1. Mencari perbandingan putaran roda gigi..... | 26 |
| 3.4.2. Mencari kecepatan pencekaman pada <i>gripper</i> | 28 |
| 3.4.3. Mencari gaya pencekaman pada <i>gripper</i> | |
| | 32 |
| 3.5. Mencari Kesetimbangan Momen Pada Rangka..... | 36 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 4.2 Daftar biaya pembuatan robot..... | 44 |
| Tabel 4.3 Daftar biaya pembuatan lintasan robot | 47 |
| Tabel 4.3 Biaya total pembuatan Robot..... | 48 |

DAFTAR NOTASI

| | |
|----------|--|
| M | : Momen (N.mm) |
| F | : Gaya yang bekerja (N) |
| m | : Modul |
| d | : Diameter roda gigi (mm) |
| n | : Putaran motor (rpm) |
| n_t | : Putaran roda gigi terakhir (rpm) |
| n_1 | : Putaran roda gigi penggerak pertama (rpm) |
| z | : Jumlah gigi |
| C_s | : <i>Service factor</i> |
| P | : Daya motor (Watt) |
| v | : Kecepatan (m/s) |
| T | : Torsi (N.mm) |
| W_T | : Beban tangensial (N) |
| W_D | : Beban dinamik (N) |
| W_L | : Beban tambahan (N) |
| T_e | : Torsi ekuivalen (N.mm) |
| τ_s | : Tegangan geser maksimum (N/mm ²) |
| τ_b | : Tegangan geser ijin bahan poros (N/mm) |
| τ_u | : Tegangan geser maksimum bahan poros (N/mm) |
| sf | : <i>Factor safety</i> |

| | |
|------------|---|
| M_e | : Momen lentur (N.mm) |
| W | : Beban tarik aksial pada baut (kg) |
| σ_a | : Tegangan tarik baut (kg/mm ²) |
| σ_t | : Tegangan tarik (kg/mm ²) |
| N | : Putaran <i>spindle</i> (rpm) |
| T_m | : Waktu permesinan (menit) |
| L | : Langkah bor (mm) |
| S_r | : Pemakanan/ <i>Feeding</i> (mm/put) |
| ω | : Kecepatan sudut |
| l | : Kedalaman pemakanan pada mesin bor (mm) |
| g | : Grafitasi (m/s ²) |
| I | : Arus yang mengalir (Ampere) |
| V | : Tegangan (Volt) |
| r | : Jari-jari (mm) |
| μ_s | : Koefisien gesek |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Seiring berkembangnya teknologi otomasi, maka akan memberikan laju perkembangan penelitian di bidang robotika, di bidang jaringan komputer dan internet sangat membantu untuk mendapatkan ide-ide tentang pembuatan robot.

Robotika di Indonesia masih dalam taraf perkembangan. Untuk itu, dalam proyek akhir ini penulis mencoba membuat Model Robot untuk *Material Handling* Otomatis yang dioperasikan dengan menggunakan sensor infra merah dan *switch*.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang diangkat dalam proyek akhir ini adalah Pembuatan Model Robot untuk *Material Handling* Otomatis, dalam hal ini bagaimana penulis dapat membuat sebuah robot dengan penggerak motor DC yang dapat beroperasi secara otomatis untuk keperluan *material handling* atau pengangkutan material.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam Proyek Akhir ini adalah :

- Perencanaan dan pembuatan Model Robot untuk *Material Handling* Otomatis.
- Analisa statika struktur rangka.(kesetimbangan momen).

1.4 Maksud dan Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penyusunan laporan proyek akhir ini dapat digolongkan menjadi 2 jenis yaitu :

1. Tujuan Akademis
 - a. Sebagai salah satu syarat kelulusan studi D3 Teknik Mesin Produksi Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
 - b. Sebagai ajang pengembangan dan penerapan aplikasi keilmuan yang telah didapat di bangku kuliah.
 - c. Sebagai ajang uji coba kemampuan dan keterampilan dengan mengembangkan gagasan inovatif mengenai dunia robotika.
2. Tujuan Teknis

Dapat merancang dan membuat Model Robot untuk *Material Handling* Otomatis mulai dari komponen penyusunnya, mekanisme kerja robot sampai pembuatan atau perakitan komponen tersebut menjadi sebuah robot.

1.5 Manfaat Proyek Akhir

Proyek akhir ini mempunyai manfaat sebagai berikut :

- a. Mahasiswa dapat memperoleh pengetahuan dan pengalaman baru dalam merancang dan membuat Model Robot untuk *Material Handling* Otomatis.
- b. Dapat mengembangkan dan menerapkan pikiran yang kreatif dan inovatif dalam bidang robotika.
- c. Dapat melakukan analisa statika struktur sederhana pada kekuatan pencekam atau *gripper* pada Model Robot untuk *Material Handling* Otomatis.
- d. Mahasiswa dapat menerapkan ilmu yang sudah diperoleh selama masa perkuliahan dan melatih ketrampilan dalam bidang perancangan Model Robot untuk *Material Handling* Otomatis.
- e. Mengetahui konsep dasar pembuatan Model Robot untuk *Material Handling* Otomatis.

1.6 Metodologi

Dalam menyelesaikan permasalahan yang timbul dari pembuatan Model Robot untuk *Material Handling* Otomatis, metode yang digunakan adalah :

- a. Metode *interview*, melakukan konsultasi dan wawancara langsung dengan dosen pembimbing proyek akhir, teknisi serta orang-orang yang mengetahui tentang robot yang akan dibuat.
- b. Metode *observasi*, melakukan *observasi* langsung di lapangan, mengenai hal-hal yang berkaitan dengan robot yang akan dibuat.
- c. Metode *literatur* atau kajian pustaka, dilakukan dengan cara mencari buku-buku referensi yang dapat menunjang dalam pembuatan robot, baik melalui buku perpustakaan ataupun internet.
- d. Metode *eksperimen*, metode ini digunakan dalam perancangan dan pembuatan robot di Laboratorium Proses Produksi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.

BAB II

LANDASAN TEORI

Model Robot untuk *Material Handling* Otomatis adalah robot yang digunakan untuk mengambil, mengangkat, dan memindahkan benda dari suatu tempat ke tempat yang lain dengan menggunakan penjepit atau *gripper*, gerakan robot dihasilkan dengan menggunakan motor DC yang dirakit pada *gripper* dan pada *gear box* Robot *Line Follower*. Bagian-bagian utama dari Model Robot untuk *Material Handling* Otomatis antara lain:

1. Bagian yang berputar : Roda gigi dan Poros.
2. Bagian yang diam : Sensor *Line Follower*.
3. Penggerak : Motor listrik DC.
4. Bagian pendukung : Rangka, *gripper*, dan lain-lain.

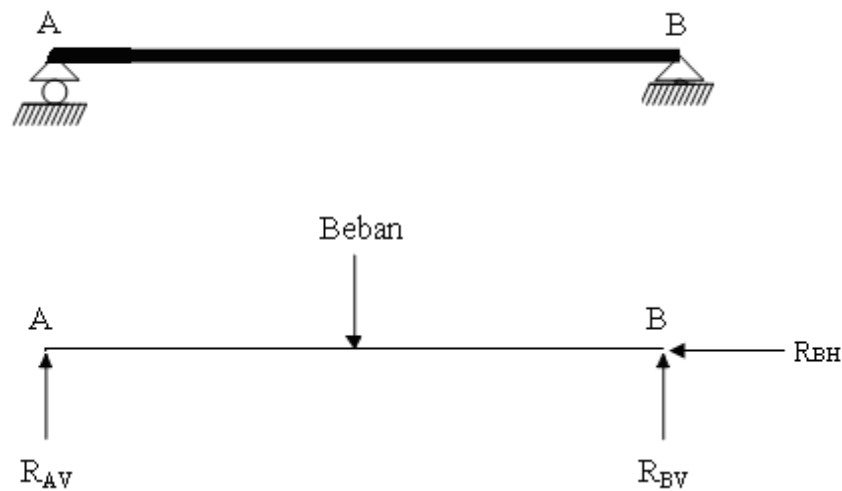
2.1 Rangka

Rangka merupakan salah satu faktor yang menentukan kekuatan suatu Model Robot untuk *Material Handling* Otomatis karena dalam rangka tersebut terdapat tumpuan gaya yang mendukung kerja robot. Perhitungan ini dimaksudkan untuk menghindari dan memperkecil kesalahan pembuatan rangka robot.

2.1.1 Statika

Statika adalah ilmu yang mempelajari tentang gaya-gaya statik terhadap suatu struktur rangka. Dalam ilmu statika keberadaan gaya-gaya yang mempengaruhi sistem menjadi suatu objek tinjauan utama.

2.1.2 Gaya Luar, adalah gaya yang diakibatkan oleh beban yang berasal dari luar sistem.



Gambar 2.1. Diagram pembebanan dan Gaya bebas statika kesetimbangan

Jenis beban dibagi menjadi (Binsar) :

1. Beban hidup adalah beban sementara dan dapat dipindahkan pada konstruksi.
2. Beban mati adalah beban yang tetap dan tidak dapat dipindahkan pada konstruksi.
3. Beban terpusat adalah beban yang bekerja pada suatu titik.
4. Beban terbagi adalah beban yang terbagi merata sama pada setiap satuan luas.
5. Beban terbagi variasi adalah beban yang tidak sama besarnya tiap satuan luas.
6. Beban momen adalah hasil gaya dengan jarak antara gaya dengan titik yang ditinjau.
7. Beban torsi adalah beban akibat puntiran.

2.1.3. Gaya Dalam, adalah gaya rambat pada suatu konstruksi. Gaya dalam dapat dibedakan menjadi :

1. Gaya normal (*Normal force*) adalah gaya yang bekerja sejajar sumbu batang.
2. Gaya lintang/geser (*Shearing force*) adalah gaya yang bekerja tegak lurus sumbu batang.
3. Momen lentur (*Bending moment*).

Persamaan kesetimbangannya adalah (Binsar):

$$\Sigma F_x = 0$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$\Sigma M = 0$$

2.1.4. Reaksi, adalah gaya lawan yang timbul akibat adanya beban. Reaksi terdiri dari :

1. Momen adalah gaya yang bekerja dalam suatu jarak tertentu.

$$\text{Momen (M)} = F \times s$$

di mana :

$$M = \text{momen (N.m).}$$

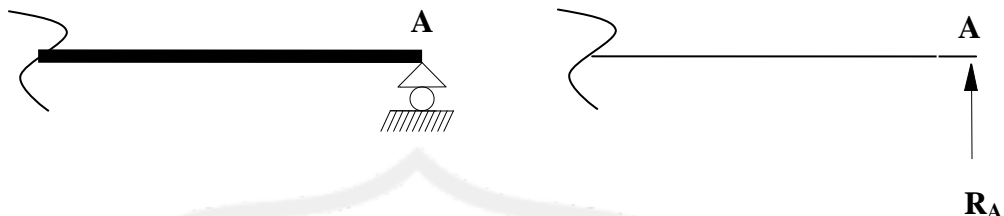
$$F = \text{gaya (N).}$$

$$s = \text{jarak (m).}$$

2. Torsi adalah momen puntir.
3. Gaya adalah aksi sebuah benda pada benda lain.

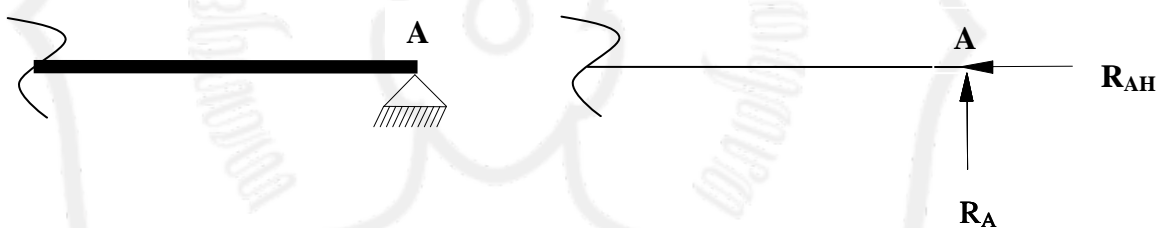
2.1.5. Tumpuan, dalam ilmu statika tumpuan dibagi atas :

1. Tumpuan roll / penghubung, tumpuan ini dapat menahan gaya pada arah tegak lurus penumpu, biasanya penumpu ini disimbolkan (lihat gambar 2.2).



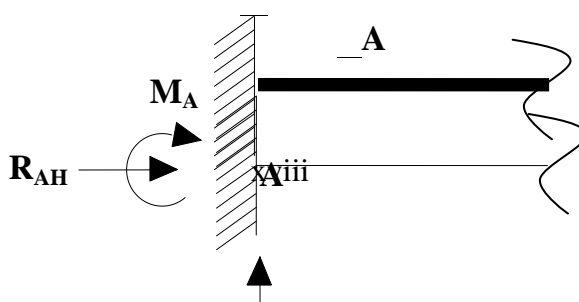
Gambar 2.2. Sketsa reaksi tumpuan roll

2. Tumpuan sendi, tumpuan ini dapat menahan gaya dalam segala arah, biasanya penumpu ini disimbolkan (lihat gambar 2.3).



Gambar 2.3. Sketsa reaksi tumpuan sendi

3. Tumpuan jepit, tumpuan ini dapat menahan gaya dalam segala arah dan dapat menahan momen (lihat gambar 2.4).



Gambar 2.4. Sketsa reaksi tumpuan jepit

2.1.6. Diagram gaya dalam.

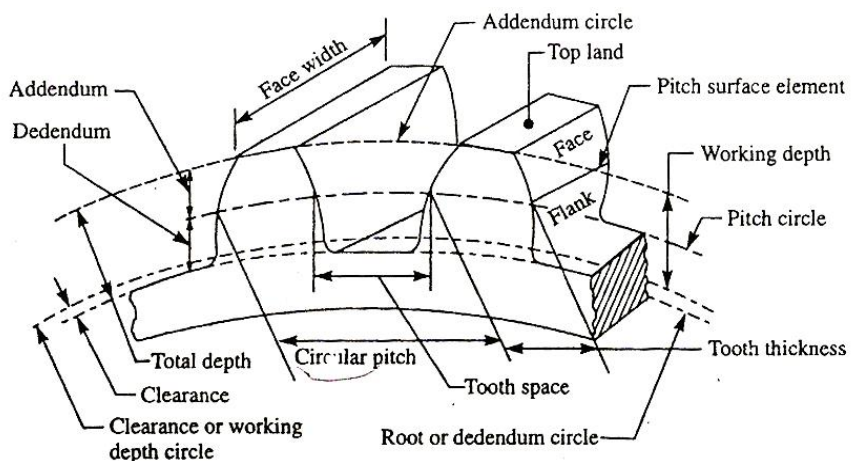
Diagram gaya dalam adalah diagram yang menggambarkan besarnya gaya dalam yang terjadi pada suatu konstruksi. Sedang macam-macam diagram gaya dalam itu sendiri adalah sebagai berikut :

1. Diagram gaya normal (*NFD*), diagram yang menggambarkan besarnya gaya normal yang terjadi pada suatu konstruksi.
2. Diagram gaya geser (*SFD*), diagram yang menggambarkan besarnya gaya geser yang terjadi pada suatu konstruksi.
3. Diagram momen lentur (*BMD*), diagram yang menggambarkan besarnya momen lentur yang terjadi pada suatu konstruksi.

2.2 Roda Gigi

Transmisi gerak berputar dari satu poros ke poros lain merupakan suatu permasalahan dalam setiap perencanaan terutama dalam hal reduksi kecepatan dengan kekuatan tetap. Untuk mengatasi hal ini, maka dipakai sepasang silinder bergerigi dengan gerakan mengelinding sempurna yang dinamakan roda gigi. Roda gigi ada berbagai macam bentuk dan ukuran

tergantung pada penggunaannya. Pada perancangan Robot untuk *Material Handling* Otomatis yang dipakai adalah roda gigi lurus.



Gambar 2.5. Tata nama roda gigi

Keterangan gambar :

- *Pitch Circle*, yaitu lingkaran yang merupakan jalur perputaran (rotasi murni) pada roda gigi.
- *Modul*, yaitu perbandingan antara diameter lingkaran jarak dan bagi dengan

Jumlah gigi, dirumuskan :

$$m = \frac{d}{z} \dots\dots\dots(Sularso)$$

Dimana: m : modul

d : diameter lingkaran jarak bagi (mm)

z : jumlah gigi

Standar modul : 1, 1.25, 1.5, 2, 2.5, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40 dan

50 (Khurmi,2002)

- *Pitch*, jarak antar gigi (Sularso) :

$$t = \frac{\pi \cdot d}{z} = \pi \times m$$

- *Pitch circle* diameter, ukuran diameter roda gigi yang biasa dinyatakan (Khurmi, 2000) :

$$d = m \cdot z$$
- Diameter luar roda gigi

$$d_e = m (z + 2) \quad (\text{mm})$$
- Diameter dalam roda gigi

$$D_f = d - 2 (m + C) \quad (\text{mm})$$
- *Clearance* (factor kelonggaran)

$$C = 0,1 \cdot m$$
- *Adendum* (h_a), yaitu jarak radial pada sebuah gigi antara lingkaran jarak bagi ke bagian atas gigi / tinggi kepala. Tingginya sama dengan modul.
- Tinggi gigi (h)

$$h = 2m + C \quad (\text{mm}) \dots\dots\dots(\text{Sularso})$$
- *Dedendum* (h_f), yaitu jarak radial pada sebuah gigi antara lingkaran jarak bagi ke bagian bawah gigi / tinggi kaki :

$$h_f = m + C \quad (\text{mm})$$

2.2.1 Perbandingan putaran Roda gigi

Untuk memudahkan putaran roda gigi yang digerakkan dalam sebuah susunan roda gigi yang banyak digunakan rumus perbandingan seperti di bawah ini (Shigley) :

$$n_t = \frac{\text{Perkalian jumlah gigi penggerak}}{\text{Perkalian jumlah gigi yang digerakkan}} \times n_1$$

Dimana,

n_t = putaran roda gigi terakhir

n_1 = putaran roda gigi penggerak pertama

2.2.2 Menentukan beban tangensial (W_T)

Beban tangensial yang ada di tiap ujung gigi dapat diperoleh dari daya dan kecepatan pada garis jarak bagi dengan menggunakan rumus :

(Khurmi, 2002) :

$$W_T = \frac{P}{V} \times C_S$$

Dimana,

W_T = Beban tangensial (N)

P = Daya yang ditransmisikan

v = Kecepatan (m/menit)

$$= \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60} = \frac{\pi \cdot m \cdot z \cdot n}{60}$$

D = Diameter roda gigi (m)

z = Jumlah roda gigi

m = modul

n = putaran (rpm)

C_S = servis faktor (lihat tabel service factor pada lampiran)

2.2.3 Menghitung beban dinamik (W_D)

Beban dinamik dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Khurmi) :

$$W_D = W_T + W_L$$

Dimana,

W_D = Beban dinamik (N)

W_T = Beban tangensial (N)

W_L = Beban tambahan (N)

2.3 Poros

Poros merupakan bagian yang berputar dan salah satu bagian yang terpenting dari setiap mesin, dimana terpasang elemen pemindah gaya,

seperti : puli, roda gigi, bantalan dan lain-lain. Poros biasa menerima beban–beban tarikan, lenturan, tekan atau puntiran yang bekerja sendiri–sendiri maupun gabungan satu dengan yang lainnya. Kata poros mencakup beberapa variasi seperti : *shaft* atau *axle* (as). *Shaft* merupakan poros yang berputar dimana akan menerima beban puntir, lenturan atau puntiran yang bekerja sendiri maupun secara gabungan. Sedangkan *axle* (as) merupakan poros yang diam yang tidak menerima beban puntir. Hampir semua mesin meneruskan tenaga bersama–sama dengan putaran. Peranan utama dalam transmisi seperti itu dipegang oleh poros.

2.3.1 Macam–macam poros:

- a. Poros transmisi, poros macam ini mendapat beban puntir murni atau puntir dan lentur. Daya ditransmisikan kepada poros ini melalui kopling, roda gigi, puli sabuk atau sproket rantai, dll.
- b. *Spindel*, poros transmisi yang relatif pendek, seperti poros utama mesin perkakas, dimana beban utamanya berupa puntiran, disebut *spindel*. Syarat yang harus dipenuhi poros ini adalah deformasinya harus kecil dan bentuk serta ukurannya harus teliti.
- c. *Gandar*, poros seperti yang dipasang di antara roda–roda kereta barang, dimana tidak mendapat beban puntir, bahkan kadang–kadang tidak boleh berputar, disebut *gandar*. *Gandar* ini hanya mendapat beban lentur, kecuali jika digerakkan oleh penggerak mula dimana akan mengalami beban puntir juga. (Sularso).

2.3.2 Hal–hal penting dalam perencanaan poros

- a. Kekuatan poros, poros transmisi dapat mengalami beban puntir atau lentur atau gabungan antara puntir dan lentur. Juga ada poros yang mendapat beban tarik atau tekan. Kelelahan, tumbukan atau pengaruh konsentrasi tegangan bila diameter poros diperkecil (poros

- bertangga) atau bila poros mempunyai alur pasak, harus diperhatikan. Sebuah poros harus direncanakan hingga cukup kuat untuk menahan beban yang harus ditahan oleh poros.
- b. Kekakuan poros, poros mempunyai kekuatan yang cukup tetapi jika lenturan atau defleksi puntirannya terlalu besar akan mengakibatkan ketidaktepatan (pada mesin perkakas) atau getaran dan suara (misalnya pada turbin dan kontak roda gigi). Karena itu, disamping kekuatan poros, kekakuannya juga harus diperhatikan dan disesuaikan dengan macam mesin yang akan dilayani oleh poros tersebut.
 - c. Putaran kritis, bila putaran suatu mesin dinaikkan maka pada suatu harga putaran tertentu dapat terjadi getaran yang luar biasa besarnya. Putaran ini disebut putaran kritis. Hal ini dapat terjadi pada turbin, motor torak, motor listrik dan lain-lain, dan dapat mengakibatkan kerusakan pada poros dan bagian-bagian lainnya. Jika mungkin, poros harus direncanakan sedemikian rupa hingga putaran kerjanya lebih rendah dari putaran kritisnya.
 - d. Korosi, bahan-bahan tahan korosi (termasuk plastik) harus dipilih untuk poros *propeler* dan pompa bila terjadi kontak dengan fluida yang korosif. Demikian pula untuk poros yang terancam *kavitasi*, dan poros-poros mesin yang sering berhenti lama. Sampai batas-batas tertentu dapat pula dilakukan perlindungan terhadap korosi.
 - e. Bahan poros, poros untuk mesin biasanya dibuat dari baja batang yang ditarik dingin dan difinisi, baja karbon konstruksi mesin (disebut bahan s-o) yang dihasilkan dari ingot yang di "kill" (baja yang dioksidasikan dengan *ferrosilikon* dan di cor ; kadar karbon terjamin). Meskipun demikian bahan ini kelurusannya agak kurang kurang tetap dan dapat mengalami *deformasi* karena tegangan yang kurang seimbang. Poros yang dipakai untuk meneruskan putaran

tinggi dan beban berat umumnya dibuat dari baja paduan dengan penguatan kulit yang sangat tahan terhadap keausan. Beberapa diantaranya adalah baja khrom nikel, baja khrom nikel molibden, baja khrom, baja molibden dan lain-lain. Sekalipun demikian pemakaian baja paduan khusus tidak selalu dianjurkan jika alasannya hanya karena putaran tinggi dan beban berat. Dalam hal demikian perlu dipertimbangkan penggunaan baja karbon yang diberi perlakuan panas secara tepat untuk memperoleh kekuatan yang diperlukan. Pertimbangan yang digunakan untuk poros menggunakan persamaan sebagai berikut:

1. Menghitung torsi dengan daya dan putaran poros

$$T = \frac{P \times 60}{\pi \times 2 \times N} \dots\dots\dots (\text{Khurmi})$$

Keterangan:

T = torsi maksimum yang terjadi (N.mm)

P = daya motor (Hp)

N = kecepatan putaran motor (rpm)

2. Menghitung torsi ekuivalen

$$T_e = \sqrt{M^2 + T^2} \dots\dots\dots (\text{Khurmi})$$

Diameter poros:

$$T_e = \frac{\pi}{16} \tau_s d^3$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{16T_e}{\pi\tau_s}}$$

Keterangan:

T_e = Torsi ekuivalen (N.mm)

M = momen maksimum yang terjadi (N.mm)

τ_s = tegangan geser maksimum yang terjadi (N/mm²)

d = diameter poros (mm)

3. Menghitung momen lentur / bending

$$M_e = \frac{1}{2} \left[M + \sqrt{M^2 + T^2} \right] \dots\dots\dots(\text{Khurmi})$$

Diameter poros:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_e \times 32}{\pi \times \tau_b}}$$

Keterangan:

M_e = momen lentur (N.mm)

M = momen lentur maksimal (N.mm)

d = diameter poros berdasarkan beban puntir dan lentur (mm)

4. Menghitung tegangan geser ijin bahan poros

$$\tau_b = \frac{\tau_u}{sf} \dots\dots\dots(\text{Khurmi})$$

Keterangan:

τ_b = tegangan geser ijin bahan poros (N/mm)

τ_u = tegangan geser maksimum bahan poros (N/mm)

sf = faktor keamanan

2.4 Pemilihan Baut dan Mur

Baut dan mur merupakan alat pengikat yang sangat penting. Untuk mencegah kecelakaan atau kerusakan pada mesin, pemilihan baut dan mur sebagai alat pengikat harus dilakukan secara seksama untuk mendapatkan ukuran yang sesuai.

Untuk menentukan ukuran baut dan mur, berbagai faktor yang harus diperhatikan seperti sifat gaya yang bekerja pada baut, syarat kerja, kekuatan bahan, kelas ketelitian, dan lain-lain.

Adapun gaya-gaya yang bekerja pada baut dapat berupa :

- a. Beban statis aksial murni.

- b. Beban aksial, bersama beban puntir.
- c. Beban geser.
- d. Beban tumbukan aksial.

Ditinjau dengan pembebanan aksial murni, berlaku persamaan-persamaan berikut ini:

$$\sigma_t = \frac{W}{A} = \frac{W}{(\pi/4)d_1^2} \dots\dots\dots(\text{Sularso})$$

Keterangan:

W = beban tarik aksial pada baut (Kg)

σ_t = tegangan tarik yang terjadi di bagian berulir pada diameter inti d_1 (mm), pada mur atau baut yang mempunyai diameter luar $d \geq 3$ (mm), umumnya besar diameter inti $d_1 = 0,8 d$, Sehingga $(d_1/d)^2 = 0,64$.

Jika σ_a (Kg/mm²) adalah tegangan yang diijinkan, maka:

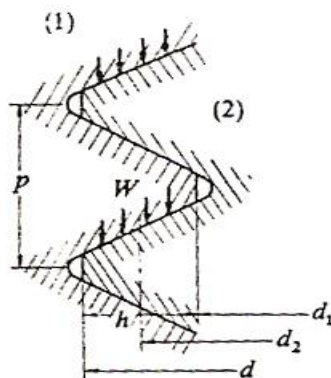
$$\sigma_t = \frac{W}{(\pi/4)(0,8d)^2} \leq \sigma_a$$

dari persamaan tersebut diatas diperoleh:

$$d \geq \sqrt{\frac{4W}{\pi\sigma_a \times 0,64}} \text{ atau } d \geq \sqrt{\frac{2W}{\sigma_a}}$$

harga σ_a tergantung pada macam bahan, yaitu SS, SC atau SF. Jika tinggi σ_a bisa diambil 6-8, dan jika difinis biasa σ_a bisa diambil 8-10. Untuk baja liat yang mempunyai kadar karbon 0,2-0,3 (%), tegangan yang diijinkan σ_a umumnya adalah sebesar 6 (Kg/mm²) jika difinis tinggi, dan σ_a sebesar 4,8 (Kg/mm²) jika difinis biasa.

Dalam mur, jika tinggi profil yang bekerja menahan gaya adalah h (mm), jumlah lilitan ulir adalah z, diameter efektif ulir luar d_2 dan gaya tarik pada baut W (kg), maka besarnya tekanan kontak pada permukaan ulir q (kg.mm²). Maka berlaku persamaan sebagai berikut :



Gambar 2.6 Tekanan permukaan pada ulir

$$q = \frac{W}{\pi d_2 H Z} \leq q_a$$

dimana q_a adalah tekanan kontak yang diijinkan, besarnya tergantung pada kelas ketelitian dan kekerasan permukaan ulir. Ulir yang baik mempunyai harga h paling sedikit 75% dari kedalaman ulir penuh; ulir biasa mempunyai h sekitar 50 % dari kedalaman penuhnya.

Jumlah ulir z dan tinggi mur H (mm) berlaku persamaan sebagai berikut :

$$z \geq \frac{W}{\pi d_2 h q_a}$$

keterangan:

$H = zp$, p = jarak bagi

Menurut standar ; $H = (0,8 - 1,0) d$ (Sularso)

Gaya (W) juga akan menimbulkan tegangan geser pada luas bidang silinder ($\pi d_1 k p z$) dimana $k.p$ adalah tebal akar ulir luar. Besar tegangan geser ini, τ_b (kg/mm^2).

Jika tebal ulir pada mur dinyatakan dengan $j.p$, maka tegangan gesernya adalah :

$$\tau_n = \frac{W}{\pi D j p z}$$

untuk ulir metris dapat diambil $k = 0,84$ dan $j = 0,75$. untuk pembebanan pada seluruh ulir yang dianggap merata, τ_b dan τ_n harus lebih kecil dari pada harga yang diijinkan τ_a .

2.5 Waktu Pemesinan Mesin Bor

Dalam pembuatan Robot untuk *Material Handling* Otomatis ini menggunakan beberapa jenis mesin produksi, diantaranya mesin bor.

Proses *drilling* bertujuan untuk membuat lubang pada benda kerja dengan gerak utama berputar dan gerak *feeding* oleh alat iris atau benda kerja. Biasanya benda kerja dalam keadaan diam sedangkan alat iris melakukan gerak utama dan gerak *feeding* pada *drilling machine*. Sedangkan pembuatan lubang dengan menggunakan mesin bubut alat ini melakukan gerak *feeding*, benda kerja melakukan gerak utama berputar. Dalam mesin *drilling* terdapat persamaan untuk mencari beberapa besaran yang diperlukan dalam sebuah perancangan, yaitu antara lain sebagai berikut:

1. Kecepatan potong

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \dots\dots\dots(\text{Herman Jutz, Westeman Tables})$$

Keterangan:

d = diameter bor (mm)

n = kecepatan putar bor tiap menit (rpm)

2. Waktu pemesinan

$$T_m = \frac{L}{S_r \cdot N} \dots\dots\dots(\text{Gerling})$$

Keterangan:

L = panjang jangkauan mata bor (mm)

D = diameter benda (mm)

S_r = *feeding* (mm/put)

N = jumlah putaran tiap menit (rpm)

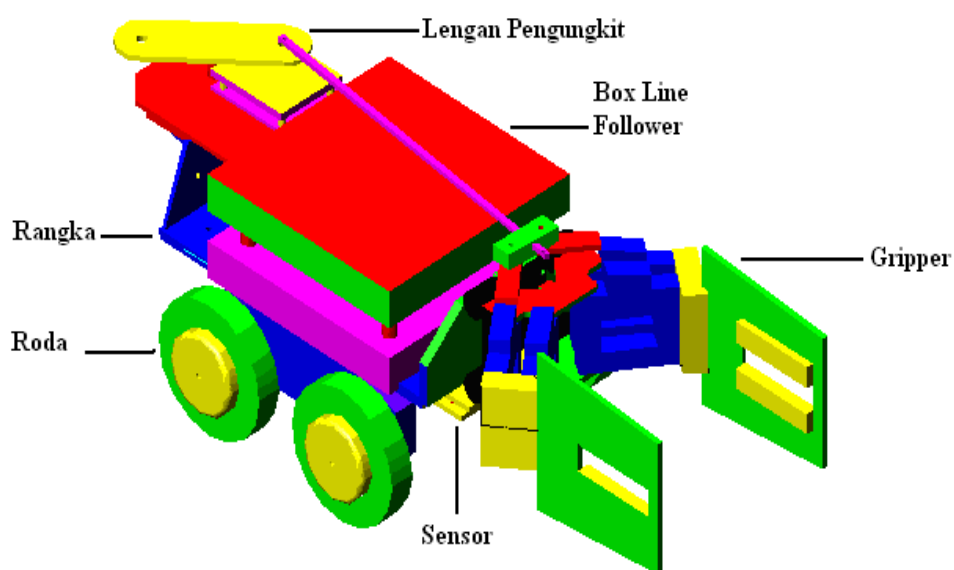
l = kedalaman pemakanan (mm)

Dalam pembuatan Model Robot untuk *Material Handling* Otomatis ini, mesin bor digunakan untuk proses pembuatan lubang pada rangka Model Robot untuk *Material Handling* Otomatis. Bagian-bagian utama dari mesin bor adalah sebagai berikut :

- a. *Base plat*, merupakan bagian mesin bor yang berfungsi sebagai dasar dari mesin tersebut.
- b. *Column*, adalah bagian yang berfungsi sebagai penyangga dan pemegang *spindle*, *main drive*, *feed drive* dan *table*.
- c. *Main drive*, adalah sistem gerak dari motor listrik yang ditransmisikan dengan *belt* dan *gear* ke *spindle* untuk memutar *drilling tools*.
- d. *Drill spindle*, berfungsi untuk memegang *drilling tools*. *Drill spindle* dituntun dalam *sleeve*. Pada ujung *spindle* yang menghadap meja terdapat selubung tirus untuk meletakkan mata bor atau *drilling tools*.
- e. *Feed drive*, untuk menahan dan menurunkan *spindle* dan pahat bor.

BAB III PERENCANAAN DAN PERHITUNGAN

3.1 Konstruksi dan prinsip kerja Model Robot untuk *Material Handling* Otomatis

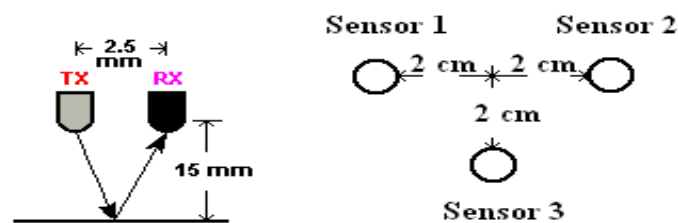


Gambar 3.1. Model Robot untuk *Material Handling* Otomatis

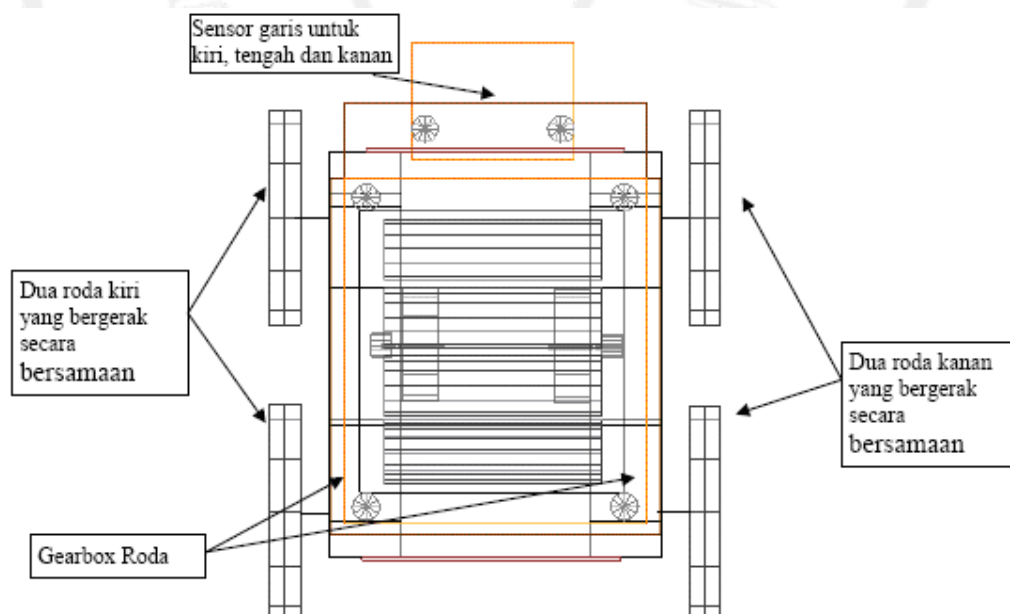
Lengan robot digerakkan oleh listrik arus DC. Prinsip kerjanya yaitu baterai akan mensuplai arus listrik ke motor DC kemudian motor akan menstransmisikan daya ke roda gigi penggerak 1 dengan menggunakan poros, kemudian dihubungkan ke roda gigi 2 dan 3. Roda gigi terakhir di pasang dengan poros agak panjang, selanjutnya dipasang mati pada lengan penggerak.

Langkah kerja dari alat ini adalah *gripper* akan menjepit benda kemudian akan menarik benda keatas. Putaran motor pada *gripper* saat saklar pembalik arus di tekan maka putaran motor akan terbalik hal ini menyebabkan *gripper* menjadi membuka lalu menjatuhkan benda.

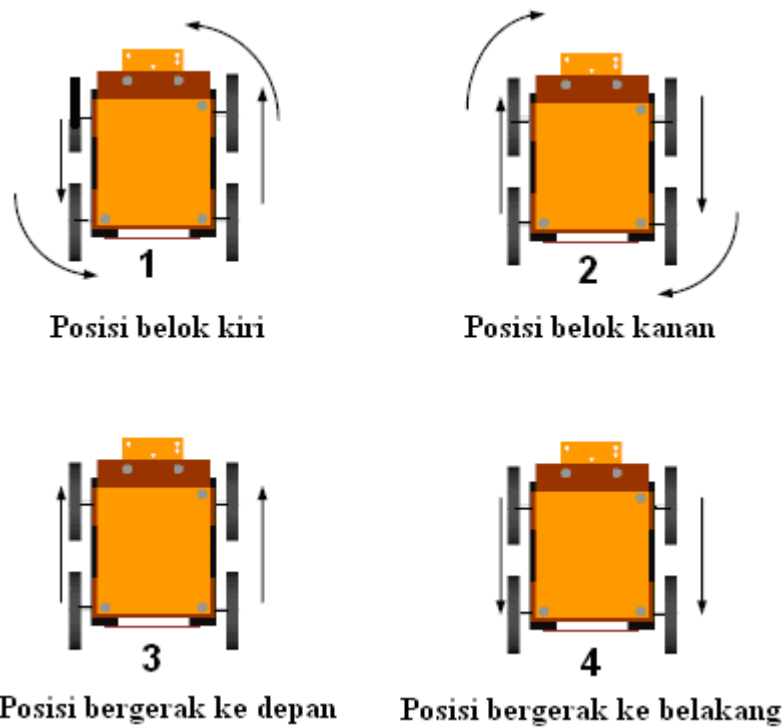
Sedangkan pada gerakan berjalan, Model Robot untuk *Material Handling* Otomatis menggunakan 2 motor DC yang ditransmisikan dengan menggunakan roda gigi dimana roda gigi ini akan menggerakkan roda pada Model Robot untuk *Material Handling* Otomatis. Agar gerakan robot dapat mengikuti jalur lintasan yang telah ditentukan maka system pengendali gerak motor DC menggunakan sensor infra merah dan driver *Line Follower* yang dibeli dalam bentuk paket jadi, dimana sensor ini bekerja dengan membedakan antara garis hitam dan garis putih.



Gambar 3.2. Skema Sensor Infra Merah



Gambar 3.3. Tata Letak Roda dan Sensor



Gambar 3.4. Posisi gerakan Model Robot untuk Material Handling Otomatis

3.2 Perencanaan dan Perhitungan

Pengadaan komponen dari pembuatan alat ini hampir seluruhnya didapat dari barang-barang yang tersedia di pasaran yaitu umumnya seperti motor DC 6V - 9V Volt : 1200-2400 rpm, untuk roda gigi menggunakan ukuran yaitu:

a. Roda Gigi Pada Roda :

Roda Gigi Kecil

- Jumlah gigi ($Z_1, Z_3, Z_5 = 10$)
- Diameter ($D_1, D_3, D_5 = 6\text{mm}$)

Roda Gigi Sedang

- Jumlah gigi ($Z_2, Z_4, Z_6 = 38$)
- Diameter ($D_2, D_4, D_6 = 20\text{mm}$)

b. Roda Gigi Penerus Daya Pada *Gripper*

Roda Gigi Kecil

- Jumlah gigi ($Z_1 = 8$)
- Diameter ($D_1 = 5\text{mm}$)

Roda Gigi Besar

- Jumlah gigi ($Z_2 = 42$)
- Diameter ($D_2 = 22\text{mm}$)

Roda Gigi Sedang

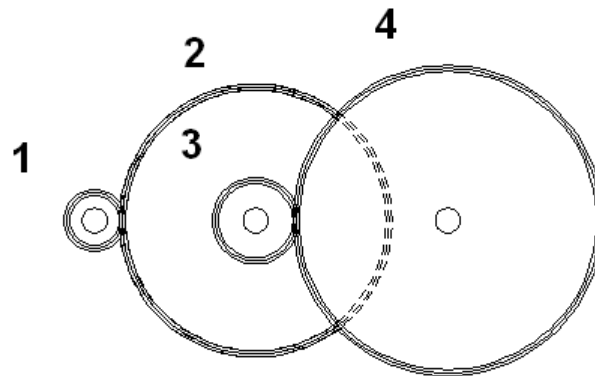
- Jumlah gigi ($Z_3 = 12$)
- Diameter ($D_3 = 7\text{mm}$)

Roda Gigi Besar

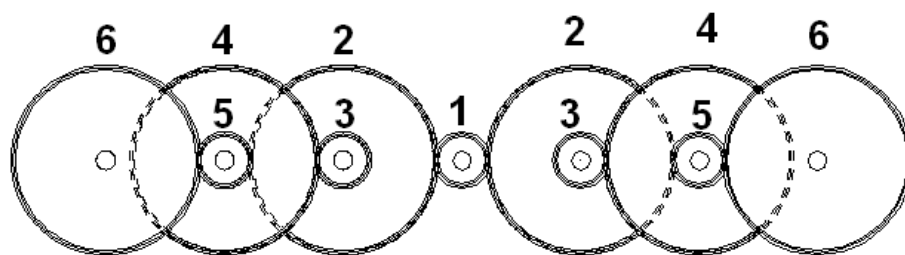
- Jumlah gigi ($Z_4 = 46$)
- Diameter ($D_4 = 25\text{mm}$)

Jadi hampir tidak ada pengerjaan pemesian dalam pembuatannya kecuali pada pembuatan lubang dengan mesin bor.

3.3. Gambar Susunan Roda Gigi Pada Gear Box Untuk Gripper



3.4. Gambar Susunan Roda Gigi Pada Gear Box Untuk Roda



Motor menggunakan tegangan 6Volt dan berat robot total sebesar 1,045 Kg maka daya dapat dicari dengan rumus : $P = F \cdot v$ (Halliday, 1999 : 190)

Diketahui gravitasi = $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

$P = \text{daya}$ (Watt)

$F = \text{beban}$ (N)

$v = \text{kecepatan}$ (m/s)

Daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan roda (P)

$$P = F \cdot v$$

Kecepatan roda belum diketahui, maka kecepatan roda dicari dengan menggunakan perbandingan putaran roda gigi.

3.4.1. Mencari Perbandingan Putaran Roda Gigi

(a) Mencari perbandingan putaran roda gigi pada *gear box* untuk *gripper*.

$$n_4 = \frac{Z_1 \cdot Z_3}{Z_2 \cdot Z_4} \times n_1 \dots\dots\dots(\text{Shigley, 1984 : 157})$$

$$= \frac{8 \cdot 12}{42 \cdot 46} \cdot 2400$$

$$n_4 = \frac{96}{1932} \cdot 2400 \text{ rpm}$$

$$= 119,25 \text{ rpm}$$

(b) Mencari perbandingan putaran roda gigi pada *gear box* untuk roda.

$$n_6 = \frac{Z_1 \cdot Z_3 \cdot Z_5}{Z_2 \cdot Z_4 \cdot Z_6} \cdot n_1 \dots\dots\dots(\text{Shigley, 1984 : 157})$$

$$= \frac{10 \cdot 10 \cdot 10}{38 \cdot 38 \cdot 38} \cdot 2400 \text{ rpm}$$

$$= \frac{1000}{54.872} \cdot 2400 \text{ rpm}$$

$$= 43,738 \text{ rpm}$$

Mencari kecepatan pada roda (v)

Dimana, ω = kecepatan sudut (rad/s)

r = jari-jari roda = 0,025 m

$$n_6 = 43,738 \text{ rpm}$$

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_6}{60}$$

$$\omega = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 43,738}{60}$$

$$\omega = 4,57 \text{ rad/s}$$

$$v = \omega \cdot r$$

$$= 4,57 \text{ rad/s} \cdot 0,025 \text{ m}$$

$$= 0,11 \text{ m/s}$$

Kecepatan roda secara realistis (v_{real})

$$v_{\text{real}} = 0,1 \text{ m/s (diukur)}$$

Mencari efisiensi mekanis (η)

$$\eta_{\text{total}} = \frac{v_{\text{real}}}{v} \times 100\% = \frac{0,1\text{m/s}}{0,11\text{m/s}} \times 100\%$$
$$= 91\%$$

Daya motor yang diperlukan untuk menggerakkan roda adalah sebesar P.

Dimana: F adalah berat robot total x gravitasi = $1,045 \text{ Kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 10,25 \text{ N}$

$$v = \text{kecepatan pada roda} = 0,11 \text{ m/s}$$

$$P = F \cdot v$$
$$= 10,25 \text{ N} \cdot 0,11 \text{ m/s}$$
$$= 1,13 \text{ Watt}$$

Arus listrik yang diperlukan untuk menggerakkan roda saat robot berjalan, secara teoritis dapat dihitung dengan rumus $P = V \times I$

Dimana : P = daya (Watt)

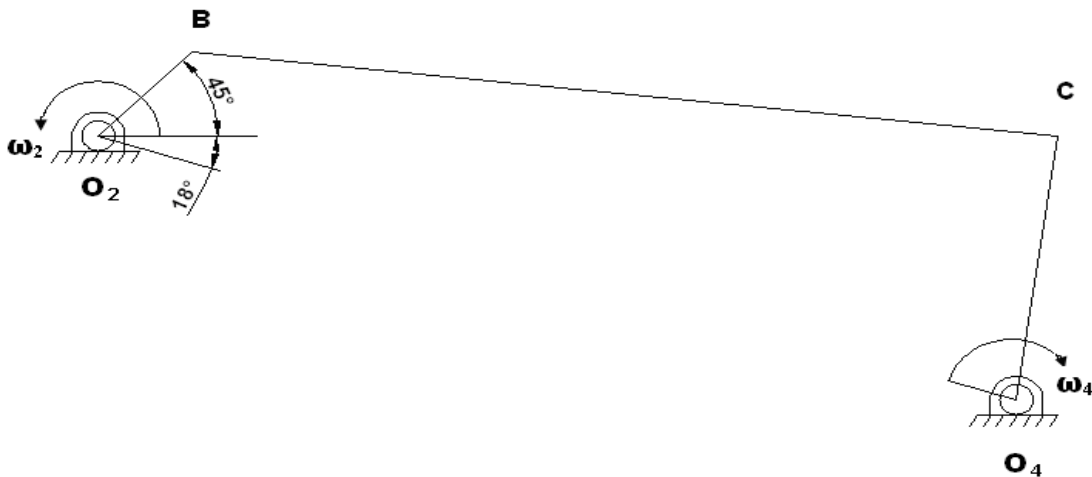
V = tegangan (Volt)

I = arus (Ampere)

$$I = \frac{P}{V} = \frac{1,13}{6}$$
$$= 0,2 \text{ A}$$

3.4.2 Mencari Kecepatan Pencekaman Pada *Gripper*

- a) Gambar mekanisme 4 batang untuk menghitung kecepatan pencekaman pada *gripper*. (G.H. Martin, 1994 : 98):



Gambar 3.5. Gambar Mekanisme Penghubung 4 Batang

Ukuran sebenarnya :

$$O_2B = 2 \text{ cm}$$

$$BC = 13 \text{ cm}$$

$$O_4C = 4,5 \text{ cm}$$

$$\text{Sudut } O_4 O_2 B = 63^\circ$$

$$O_2 O_4 = 14,5 \text{ cm}$$

- b) Kecepatan sudut batang 2

$$n_4 = 119,25 \text{ rpm (putaran roda gigi terakhir pada gear box untuk gripper)}$$

$$\omega_2 = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_4}{60}$$

$$= \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 119,25}{60}$$

$$= 12,48 \text{ rad/s}$$

c) Menggambar polygon

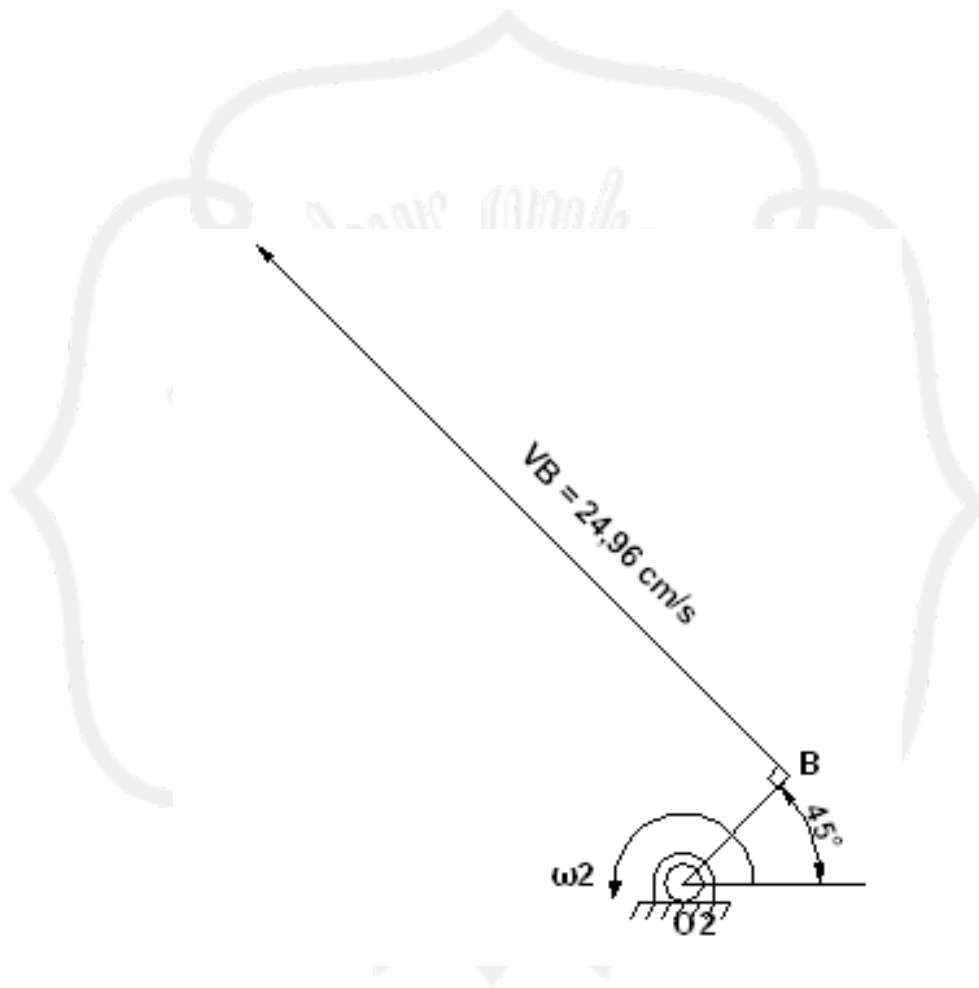
Dari langkah 2 di peroleh

$$V_B = \omega_2 \cdot O_2B = 12,48 \text{ rad/s} \times 2 \text{ cm} = 24,96 \text{ cm/s}$$

dipilih skala 10 cm = 24,96 cm/s

arah vektor V_B adalah tegak lurus O_2B

Magnitude $V_B = 24,96 \text{ cm/s}$ digambar 10 cm



d.) Menentukan $V_{C/B}$

$V_{C/B}$ = Vektor kecepatan relatif titik C terhadap B

Hanya diketahui arah saja

Magnitude belum diketahui

- Panjang B, C = 6,3 cm

$$\begin{aligned} V_{C/B} &= 6,3 \text{ cm} \times \frac{24,96 \text{ cm/s}}{10 \text{ cm}} \\ &= 15,7348 \text{ cm/s} \end{aligned}$$

e.) Menentukan V_c

V_c = Vektor kecepatan titik c

= hanya diketahui arah saja yaitu tegak lurus O_4C

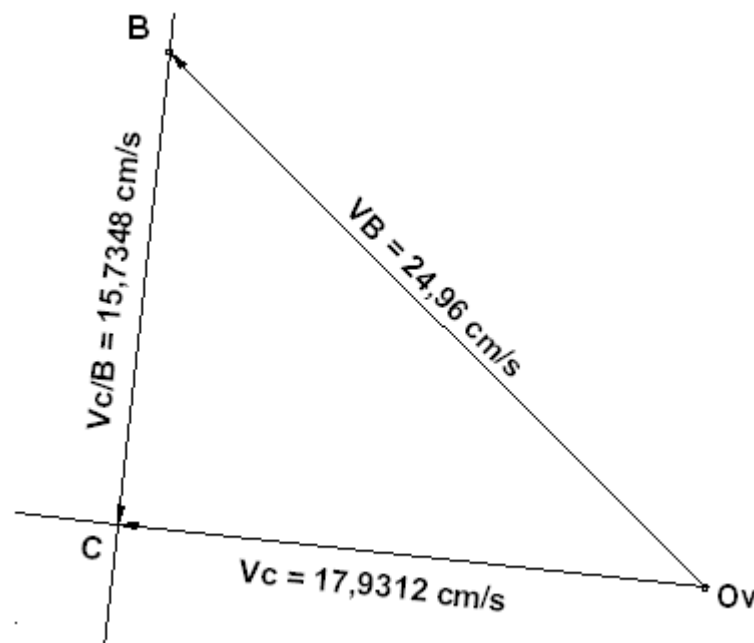
Catatan : V_c dapat dihitung langsung jika ω_4 (pada batang 4) diketahui.

Dengan penggaris diukur

- Panjang O_V, C = 7,2 cm

$$\begin{aligned} V_c &= 7,2 \text{ cm} \times \frac{24,96 \text{ cm/s}}{10 \text{ cm}} \\ &= 17,9312 \text{ cm/s} \end{aligned}$$

Jadi kecepatan titik C $V_c = 17,9312 \text{ cm/s}$



V_c dapat dihitung langsung jika ω_4 (pada batang 4) diketahui.

$$V_c = \omega_4 \cdot r$$

$$17,9312 = \omega_4 \cdot 4,5$$

$$\omega_4 = \frac{17,9312}{4,5}$$

$$= 3,9847 \text{ rad/s}$$

ω_4 diketahui maka kecepatan batang pengangkat pada *gripper* dapat dihitung dengan:

$$V_4 = \omega_4 \cdot r \quad \text{dimana, } r = \text{Jarak } V_4 \text{ terhadap pusat beban}$$

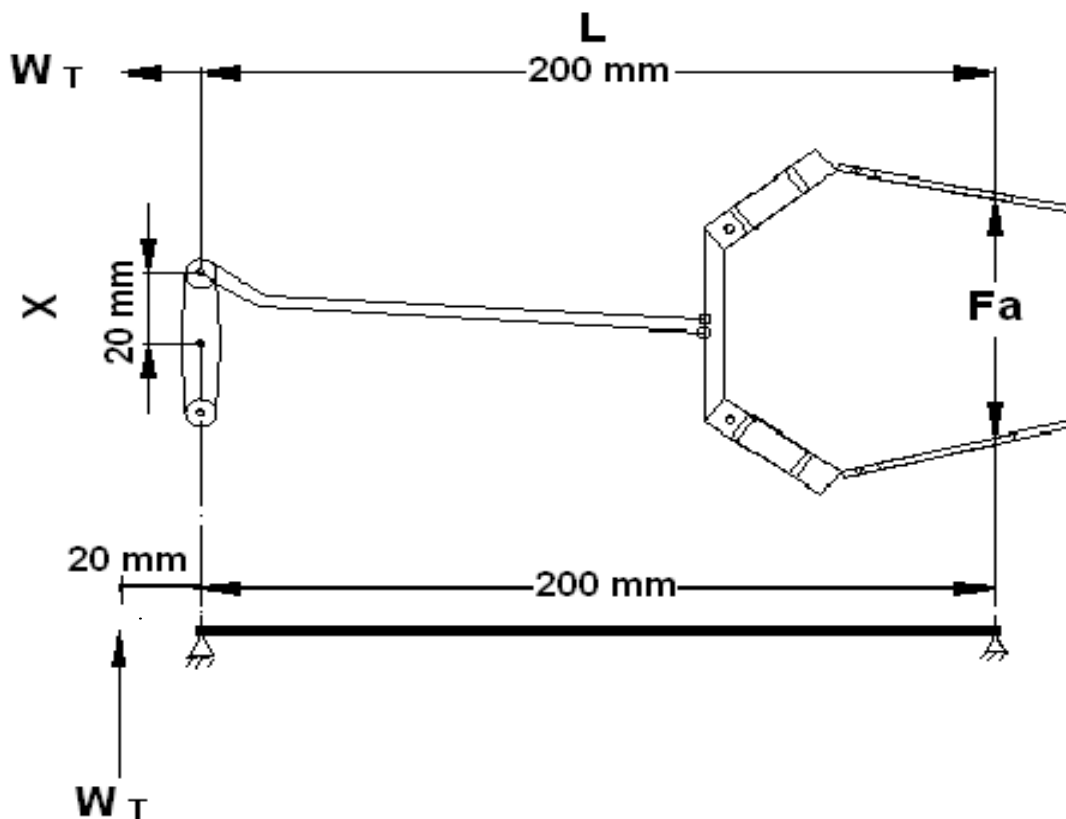
$$= 3,9847 \text{ rad/s} \times 0,085 \text{ m}$$

$$= 0,33869 \text{ m/s}$$

$$= 0,34 \text{ m/s}$$

3.4.3 Mencari Gaya Pengekaman Pada *Gripper*

Beban tangensial pada lengan pengungkit dapat digunakan untuk menentukan besarnya kekuatan pengekaman pada *gripper*, putaran pada roda gigi terakhir dapat dimanfaatkan oleh *gripper* dalam pengekaman yaitu dengan perbandingan jarak.



$$F_a \times L = W_T \times X$$

$$F_a \times 200 \text{ mm} = W_T \times 20 \text{ mm}$$

Mencari beban tangensial (WT)

$$W_T = \frac{P}{v} \times C_s \dots\dots\dots (\text{Khurmi, 2002 : 940})$$

Mencari daya pada motor untuk menggerakkan *gripper*.

Motor yang digunakan 9 Volt jika arus (I) = 0,8 Ampere (diukur). Maka daya motor dapat dicari dengan persamaan :

$$\begin{aligned} P &= V \times I \\ &= 9 \times 0,8 \\ &= 7,2 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$v = \frac{2\pi \cdot r \cdot n_4}{60} \text{ dimana } r = 20 \text{ mm} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$\begin{aligned} v &= \frac{2,3,14 \cdot 2 \cdot 10^{-2} \cdot 119,25}{60} \\ &= 0,249 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$C_s = 0,8$ (R.S. Khurmi) → di asumsikan bekerja dengan beban tetap (stedy) selama 3 jam/ hari.

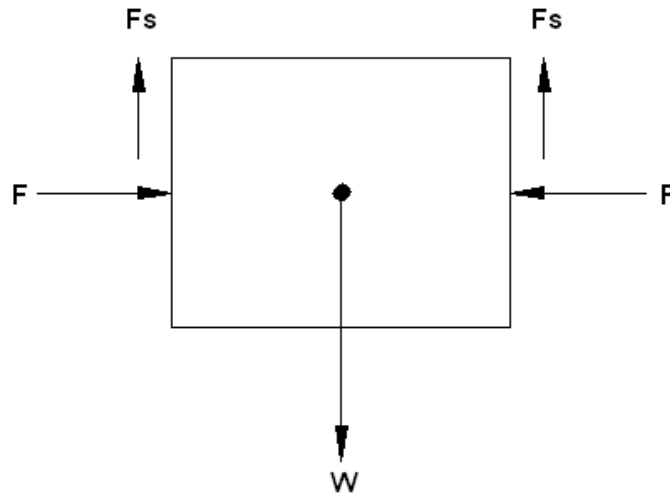
$$\begin{aligned} W_T &= \frac{P}{v} \times C_s \\ &= \frac{7,2 \text{ Watt}}{0,249 \text{ m/s}} \cdot 0,8 \\ &= 23,13 \text{ N} \end{aligned}$$

Jadi, $F_a \cdot L = W_T \cdot X$

$$\begin{aligned} F_a &= \frac{W_T \cdot X}{L} \\ &= \frac{23,13 \text{ N} \cdot 20 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} \\ &= 2,313 \text{ N} \\ &= 0,235 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Jadi kekuatan *gripper* mencekam dan mengangkat benda maksimum seberat 235 gram.

Mencari gaya pencekaman pada *gripper* agar benda tidak jatuh mengangkat beban 10 gram.



Gaya pencekaman

$$\Sigma F_x = 0$$

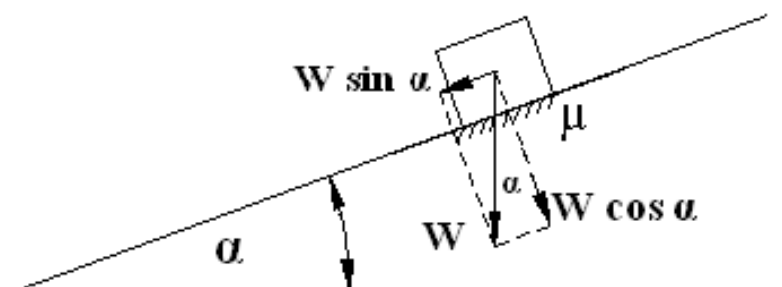
$$\Sigma F_y = 0$$

$$W = 2 \cdot F_s$$

$$W = 2 \cdot \mu_s \cdot F$$

Mencari koefisien gesek (μ_s) (Binsar, "Mekanika Teknik", 1996 : 11) :

Diketahui sudut $\alpha = 20^\circ$



$$W \sin \alpha - W \cos \alpha \cdot \mu_s = 0$$

$$\mu_s \cdot \cos \alpha = \sin \alpha$$

$$\mu_s = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$\mu_s = \operatorname{tg} \alpha$$

$$\mu_s = \operatorname{tg} 20^\circ$$

$$\mu_s = 0,36$$

$$F_s = \frac{W}{2 \cdot \mu_s}$$

$$= \frac{10 \text{ gr}}{2 \cdot 0,36}$$

$$= 13,89 \text{ gr}$$

$$= 0,14 \text{ N}$$

Jadi gaya pengekam yang dibutuhkan *gripper* untuk mencekam benda 10 gram adalah $F_s = 0,14 \text{ N}$

F_a adalah gaya pengekaman pada *gripper* sebesar $235 \text{ gr} = 2,313 \text{ N}$

$F_a > F_{\text{beban}}$.

Jadi aman benda tidak jatuh.

Daya yang dibutuhkan untuk mecekam benda 10 gram :

$$P = F \cdot v \dots\dots\dots(\text{Halliday, "Fisika", 1999 : 190})$$

Dimana , F = gaya pengekaman (N)

v = kecepatan pengekaman (m/s)

$$P = F \cdot v$$

$$= 0,14 \text{ N} \cdot 0,34 \text{ m/s}$$

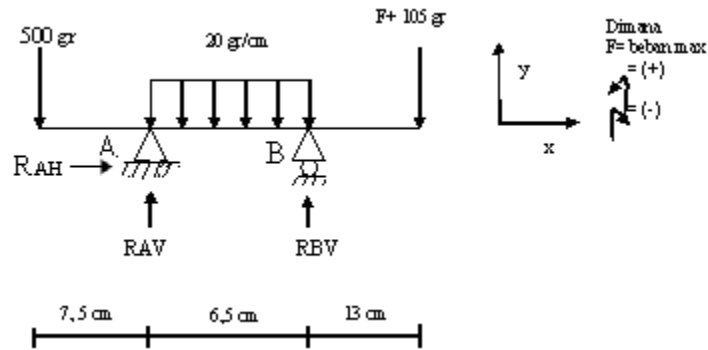
$$= 0,05 \text{ Watt}$$

Maka arus yang diperlukan untuk mengangkat beban 10 gram, yaitu sebesar :

$$I = \frac{P}{V} = \frac{0,05}{9}$$

$$= 0,005 \text{ Ampere}$$

3.5 Mencari kesetimbangan momen pada rangka saat kondisi mobil diam



Mencari kesetimbangan momen agar mobil tidak terguling kedepan saat mengangkat barang.

$$\sum F_x = 0$$

$$R_{AH} = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$- 500 + R_{AV} - 20 \cdot 6,5 + R_{BV} - (F + 105) = 0$$

$$R_{AV} + R_{BV} - 500 - 130 - F - 105 = 0$$

$$R_{AV} + R_{BV} - 735 - F = 0$$

$$R_{AV} + R_{BV} = 735 + F \dots\dots(i)$$

$$\sum M_A = 0$$

$$500 \cdot 7,5 - 20 \cdot 6,5 \cdot 3,25 + R_{BV} \cdot 6,5 - 19,5 (F + 105) = 0$$

$$3750 - 422,5 + R_{BV} \cdot 6,5 - 19,5 F - 2047,5 = 0$$

$$6,5 R_{BV} = -1280 + 19,5 F$$

$$\rightarrow R_{BV} = - 196,92 + 3 F \dots\dots(ii)$$

$$R_{AV} + R_{BV} = 735 + F$$

$$R_{AV} = 735 + F - (- 196,92 + 3 F)$$

$$R_{AV} = 735 + F + 196,92 - 3 F$$

$$\rightarrow R_{AV} = - 2 F + 931,92 \dots\dots(iii)$$

Sehingga,

$$\Sigma MB = 0 \text{ (kiri)}$$

$$500 \cdot 14 - RAV \cdot 6,5 + 20 \cdot 6,5 \cdot 3,25 = 0$$

$$7000 - (-2F + 931,92) \cdot 6,5 + 422,5 = 0$$

$$13F - 6057,48 + 7000 + 422,5 = 0$$

$$13F = 1365,02 \text{ gr}$$

$$F = 105 \text{ gr.}$$

Jadi beban maksimum yang dapat diangkat agar robot tidak terguling sebesar 105 gr.

Keseimbangan pada body untuk beban maksimum agar body tetap seimbang adalah sebesar $F_A = 105 \text{ gr}$. Dan untuk beban maksimum yang dapat dicekam atau diangkat oleh *Gripper* adalah sebesar $F_B = 295 \text{ gr}$.

Sehingga,

$$F_A \text{ (Body)} < F_B \text{ (gripper)}$$

Jadi beban aman yang dapat diangkat oleh *Gripper* adalah sebesar

$$\leq F_A = \leq 105 \text{ gr.}$$

BAB IV

PROSES DAN BIAYA PEMBUATAN ALAT

Langkah-langkah dalam pembuatan komponen pada pembuatan robot adalah merupakan bagian penting untuk menghasilkan alat yang baik dan berkualitas. Setelah semua komponen yang diperlukan cukup sesuai kebutuhan, maka langkah selanjutnya adalah proses perakitan.

Langkah-langkah pengerjaan adalah sebagai berikut :

1. Membuat sketsa gambar.
2. Menentukan komponen dan bahan yang diperlukan.
3. Proses pemesinan.
4. Proses perakitan.
5. Finishing.

Mesin dan peralatan yang digunakan :

1. Mesin bor.
2. Mesin gerinda.
3. Peralatan kerja bangku dan plat.

4.1. Cara Pembuatan dan Pemasangan

4.1.1. Rangka

Bahan yang digunakan dalam pembuatan rangka robot ini menggunakan plat aluminium profil L dengan tebal 1,5 mm. Kemudian aluminium tersebut dipotong sesuai dengan ukuran dan jumlah yang telah ditentukan. Dalam pembuatan robot ini memerlukan empat buah batang rangka aluminium dengan spesifikasi panjangnya :

2 buah batang dengan ukuran panjang sama yaitu 130 mm dan 2 buah batang lainnya dengan ukuran panjang yang sama yaitu 85 mm.

Proses selanjutnya setelah aluminium dipotong adalah proses pengeboran dan juga penggerindaan agar permukaan yang habis dipotong menjadi halus. Pada proses pengeboran menggunakan mata bor dengan ukuran diameter 3 mm. Adapun jumlah lubang pada plat aluminium yang dibor antara batang yang satu dengan batang yang lainnya belum tentu sama karena letak dan jumlah lubang harus sesuai dengan yang ditentukan. Setelah selesai, kemudian rangka tersebut dirangkai dan disatukan dengan komponen lainnya dengan dibaut pada lubang yang telah dibor dengan ukuran baut berdiameter 3 mm.

Pada rangka bagian depan adalah sebagai tempat untuk pemasangan *gripper*

dimana *gripper* tersebut berfungsi sebagai pencapit untuk mengambil barang.

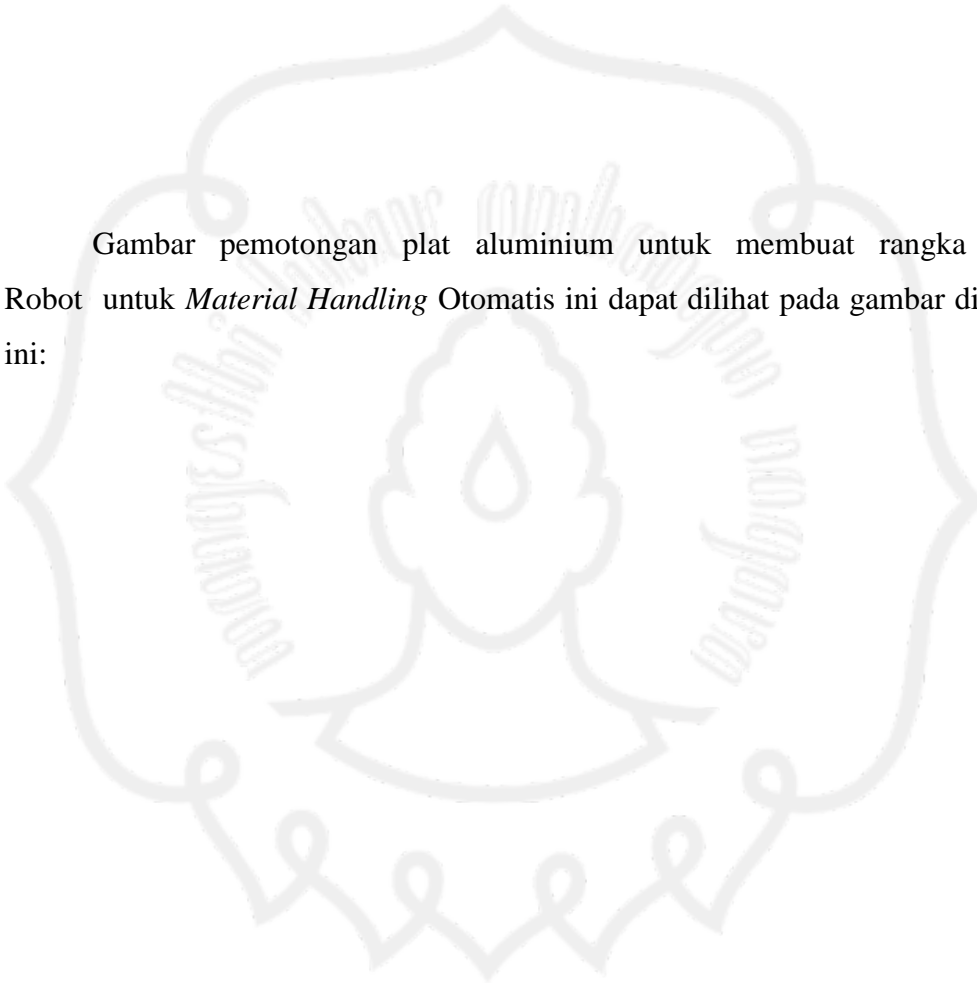
Bagian

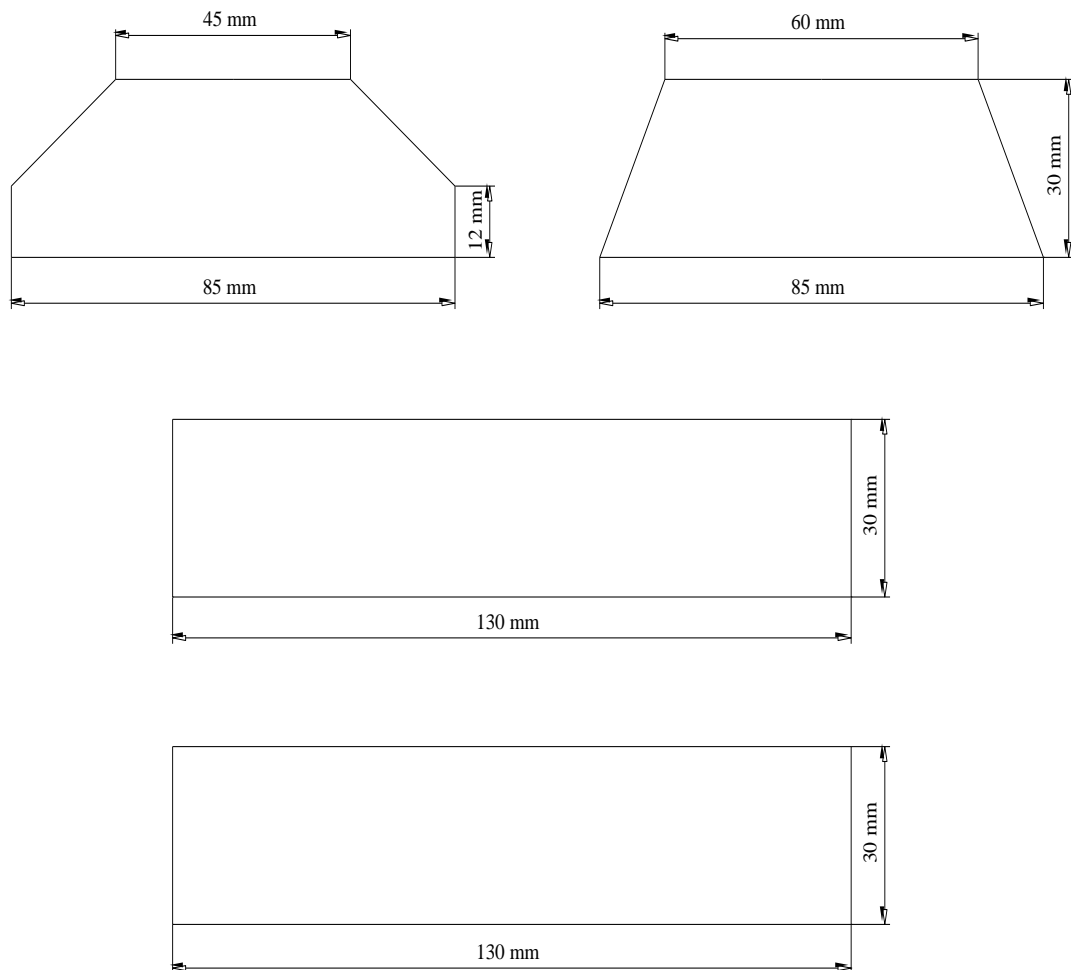
rangka belakang digunakan sebagai tempat untuk meletakkan motor dan *gear box*

yang berfungsi untuk menggerakkan gripper tersebut dengan dihubungkan kawat.

Pada rangka bagian kiri dan kanan berfungsi untuk meletakkan *gear box* dan motor pada *gear box* tersebut. Pada *gear box* bagian ini digunakan untuk mereduksi putaran motor agar putaran lebih lambat dan kuat karena untuk menggerakkan roda untuk berjalannya robot.

Gambar pemotongan plat aluminium untuk membuat rangka Model Robot untuk *Material Handling* Otomatis ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini:





Gambar 4.1 Plat aluminium yang dipotong

4.1.2. Pemasangan Roda Gigi

Roda gigi yang dipakai dalam pembuatan robot ini dapat dibeli dari toko-toko mainan ataupun dari toko elektronika. Roda gigi dalam pembuatan robot ini terbuat dari bahan plastik. Alasan menggunakan roda gigi dari bahan plastik karena lebih ringan dan ulet, disamping itu karena menggunakan motor DC dengan

daya yang tidak terlalu besar jadi kalau untuk menggerakkan roda gigi dari bahan plastik lebih

ringan dibandingkan menggunakan roda gigi dari bahan logam.

Gear box untuk tempat roda gigi juga terbuat dari bahan plastik. Roda gigi

yang ada didalam *gear box* bertujuan untuk mereduksi daya dan putaran dari motor

sehingga menghasilkan out put daya dan putaran sesuai dengan yang diharapkan.

Diameter dan jumlah gigi pada roda gigi yang bervariasi, inilah yang membuat

kecepatan putaran yang berbeda antara roda gigi yang berdiameter kecil dengan roda

gigi yang berdiameter besar. Pemasangan roda gigi harus pas agar tidak terjadi selip antara roda gigi yang satu dengan roda gigi yang lainnya yang dapat mempengaruhi putaran roda gigi. Agar roda gigi lebih awet pada gigi-giginya sebaiknya diberi *grease* / paselin sebagai pelumas pada roda gigi tersebut.

Yang perlu diperhatikan dalam pemasangan roda gigi adalah letak susunan tempat harus pas dan sesuai dengan letak tempat roda gigi tersebut.

Sedangkan poros pada roda gigi menggunakan jenis kawat baja dengan ukuran \varnothing 2 mm. Roda gigi dipasang pada *gear box* masing-masing yang sudah ditentukan sesuai dengan letak dan fungsinya masing-masing.

4.1.3 Pemasangan *gripper*

Gripper dipasang pada rangka bagian depan robot dengan fungsi *gripper* untuk mengambil / mencekam barang dan kemudian mengangkatnya. *Gripper* ini terbuat dari bahan plastik dan aluminium. Untuk merangkai dan menggabungkan plastik dengan aluminium tersebut dengan menggunakan baut, dimana pada plastik dan aluminium tersebut ada lubang tempat baut untuk menggabungkan keduanya.

Untuk menggerakkan *gripper* dengan menggunakan motor DC dengan tegangan 9 volt. Motor DC tersebut dipasang pada bagian belakang rangka robot dan untuk mereduksi putarannya menggunakan gear box agar diperoleh output putaran yang sesuai dengan yang diharapkan. Untuk menghubungkan *gripper* dengan motor, pada atas gear box ada sebuah baling-baling berlubang dimana lubang tersebut dimasuki kawat untuk menghubungkan *gripper* dengan gear box tersebut. *Gripper* dapat dilihat seperti gambar dibawah ini (gambar 4. 2).



Gambar 4. 2 *Gripper*

4.1.4 Pemasangan baterai sebagai sumber arus listrik dan sebagai beban pemberat

Pemasangan beban pada bagian belakang robot, dalam hal ini beban yang dimaksud adalah baterai. Baterai diletakkan pada bagian belakang robot dengan tujuan untuk menyeimbangkan agar robot seimbang dan tidak terguling kedepan karena adanya berat *gripper* dan barang dengan beban yang bisa diangkat. Keseimbangan pada robot perlu diperhatikan karena bisa mempengaruhi jalannya robot.

Baterai juga berfungsi sebagai sumber arus listrik, dimana baterai tersebut akan dihubungkan dengan motor DC pada robot dengan menggunakan kabel. Pada robot ini menggunakan 6 buah jumlah baterai dengan tegangan yang berbeda. Empat buah baterai dengan tegangan yang sama yaitu 1,5 volt disusun dengan rangkaian seri untuk sumber arus dua buah motor sebagai penggerak roda pada robot. Dua buah baterai dengan tegangan yang sama yaitu 9 volt tetapi tidak dirangkai bersamaan sebagai sumber arus listrik untuk motor yang berfungsi sebagai penggerak *gripper*.

4. 2 Perhitungan Biaya

Analisis biaya dilakukan untuk menentukan biaya total yang dibutuhkan dalam pembuatan Model Robot untuk *Material Handling* Otomatis beserta lintasannya. Perhitungan biaya ini meliputi :

- Biaya pembuatan robot.
- Biaya pemesinan.
- Biaya pembuatan lintasan robot.
- Biaya total pembuatan Model Robot untuk *Material Handling* Otomatis.

4.2.1. Perhitungan biaya pembuatan robot

Tabel 4.1 Daftar biaya pembuatan robot

| No | Nama Barang | Jumlah | Harga Barang | Total Harga |
|--------------|------------------------|---------|-----------------|-----------------|
| 1. | Plat aluminium | 1 meter | @ Rp. 13.000,- | Rp. 13.000,- |
| 2. | <i>Gripper</i> | 1 buah | @ Rp. 866.000,- | Rp. 866.000,- |
| 3. | Rangkaian elektronika | 1 buah | @ Rp. 145.000,- | Rp. 145.000,- |
| 4. | Motor VCD 9 volt | 1 buah | @ Rp. 4.000,- | Rp. 4.000,- |
| 5. | <i>Micro switch</i> | 4 buah | @ Rp. 1.500,- | Rp. 6.000,- |
| 6. | Baterai 9 volt | 2 buah | @ Rp. 7.000,- | Rp. 14.000,- |
| 7. | Baterai 1,5 volt | 4 buah | @ Rp. 1.300,- | Rp. 5.200,- |
| 8. | Kabel warna | 5 meter | @ Rp. 5.00,- | Rp. 2.500,- |
| 9. | Plastic steel | 1 buah | @ Rp. 7.500,- | Rp. 7.500,- |
| 10. | Mur baut Ø 3 mm + ring | 30 buah | @ Rp. 100,- | Rp. 3.000,- |
| 11. | Tenol | 3 meter | @ Rp. 1.000 | Rp. 3.000,- |
| 12. | <i>Gear box</i> roda | 2 buah | @ Rp. 75.000,- | Rp. 150.000,- |
| 13. | <i>Spenser</i> pendek | 4 buah | @ Rp. 750,- | Rp. 3.000,- |
| 14. | <i>Spenser</i> panjang | 4 buah | @ Rp. 1.250,- | Rp. 5.000,- |
| Jumlah Biaya | | | | Rp. 1.227.200,- |

4.2.2 Perhitungan biaya pemesanan

Pada alat ini mesin yang dipakai untuk membantu dalam mengerjakan hanyalah mesin bor, yaitu untuk melubangi rangka tempat untuk baut dan dudukan komponen-komponen pada robot. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengerjaan permesinan pada alat ini adalah waktu kerja mesin dan waktu

penyetelan benda diatas meja, karena waktu tersebut akan mempengaruhi ongkos sewa mesin. Adapun mesin bor ini tarif sewa yang dikenakan adalah Rp. 8.000,- per jam.

Untuk mengefisienkan waktu pekerjaan, maka komponen yang akan dibor dipersiapkan dan ditandai dulu mana yang harus dibor, dengan demikian waktu pengeboran akan lebih efisien.

Waktu Pengeboran

Pengeboran dengan mata bor diameter (D) 3mm sebanyak 28 kali.

Kecepatan pemakanan (Sr) = 0,12 mm/put

Kecepatan potong (v) = 100 m/menit

Kedalaman pemakanan (l) = 2 mm

Putaran *spindle* (n)

$$\begin{aligned} n &= \frac{v \cdot 1000}{\pi \cdot D} \dots\dots\dots(\text{Herman Jutz, Westerman}) \\ &= \frac{100 \cdot 1000}{3,14 \cdot 3} \\ &= 10.615,71 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Karena putaran *spindle* maksimum pada mesin bor yang digunakan 3200 rpm, maka putaran *spindle* (n) yang digunakan adalah 3200 rpm.

Panjang langkah bor

$$L = 1 + 0,3 D$$

$$= 2 + 0,3 (3)$$

$$= 2,9 \text{ mm}$$

Sehingga waktu yang dibutuhkan untuk pengeboran sebuah lubang

$$T_m = \frac{L}{S_r \cdot n} \dots\dots\dots(\text{Gerling})$$

$$= \frac{2,9 \text{ mm}}{0,12 \cdot 3200}$$

$$= 0,0075 \text{ menit}$$

Waktu yang dibutuhkan untuk pengeboran 28 lubang

$$T_m = 0,0075 \times 28 = 0,21 \text{ menit}$$

$$\text{Waktu setting (} T_s \text{)} = 10 \text{ menit}$$

$$\text{Waktu pengukuran (} T_u \text{)} = 10 \text{ menit}$$

$$\text{Waktu total} = T_m + T_s + T_u$$

$$= 0,21 + 10 + 10$$

$$= 20,21 \text{ menit}$$

$$= 0,33 \text{ jam}$$

Jadi biaya untuk pemesinan = $0,33 \times \text{Rp. } 8.000,- = \text{Rp. } 2.640,-$ dibulatkan menjadi Rp. 2.650,- ditambah biaya operator sebesar Rp. 3.350,- , sehingga biaya total pemesinan Rp. 6.000,-

4.2.3. Perhitungan biaya pembuatan lintasan robot

Tabel 4.2 Daftar biaya pembuatan lintasan robot

| No | Nama Barang | Jumlah | Harga Barang | Total Harga |
|----|-----------------|----------|----------------|--------------|
| 1. | Triplek melamin | 1 lembar | @ Rp. 30.000,- | Rp. 30.000,- |
| 2. | Kayu pelipit | 4 meter | @ Rp. 35.000,- | Rp. 35.000,- |
| 3. | Adaptor | 1 buah | @ Rp. 25.000,- | Rp. 25.000,- |

| | | | | |
|--------------|------------------|--------|----------------|---------------|
| 4. | Laser | 1 buah | @ Rp. 3.000,- | Rp. 3.000,- |
| 5. | Mekanik VCD | 1 buah | @ Rp. 22.500,- | Rp. 22.500,- |
| 6. | Transistor D 313 | 2 buah | @ Rp. 1.000,- | Rp. 2.000,- |
| 7. | Transistor C 828 | 1 buah | @ Rp. 1.000,- | Rp. 1.000,- |
| 8. | Resistor | 2 buah | @ Rp. 5.00,- | Rp. 1.000,- |
| 9. | LED | 1 buah | @ Rp. 1.000,- | Rp. 1.000,- |
| 10. | PCB lubang | 1 buah | @ Rp. 3.000,- | Rp. 3.000,- |
| 11. | LDR | 2 buah | @ Rp. 1.000,- | Rp. 2.000,- |
| 12. | Cat ¼ Kg | 1 buah | @ Rp. 12.000,- | Rp. 12.000,- |
| 13. | ELCO 100µf | 1 buah | @ Rp. 5.00,- | Rp. 5.00,- |
| 14. | ELCO 10µf | 1 buah | @ Rp. 5.00,- | Rp. 5.00,- |
| 15. | Relay | 2 buah | @ Rp. 6.000,- | Rp. 12.000,- |
| 16. | Dioda zener | 1 buah | @ Rp. 5.00,- | Rp. 5.00,- |
| Jumlah Biaya | | | | Rp. 151.000,- |

4.2.4. Biaya Total

Yaitu biaya keseluruhan pembuatan robot ditambah biaya pemesinan ditambah biaya pembuatan lintasan robot, mulai dari awal perancangan robot sampai robot tersebut jadi.

Tabel 4.3 Biaya total

| No | Jenis Biaya | Jumlah Biaya |
|----|-----------------------|----------------|
| 1. | Biaya pembuatan robot | Rp.1.227.200,- |
| 2. | Biaya pemesinan | Rp. 6.000,- |

| | | |
|-------------|--------------------------------|-----------------|
| 3. | Biaya pembuatan lintasan robot | Rp. 151.000,- |
| 4. | Biaya lain-lain | Rp. 200.000,- |
| Biaya Total | | Rp. 1.584.200,- |



BAB V

KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan data yang ada dapat diketahui bahwa pembuatan Model Robot untuk *Material Handling* Otomatis dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Daya yang dibutuhkan *gripper* untuk mencekam dan mengangkat benda seberat 10 gram adalah sebesar 0,05 W.
2. Kecepatan *gripper* untuk mencekam dan mengangkat benda adalah 0,34 m/s.
3. Daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan roda sebesar 1,13 Watt.
4. Kecepatan sudut pada roda 4,57 rad/s.
5. Berdasarkan perhitungan kesetimbangan, beban maksimum yang diangkat agar robot masih tetap seimbang sebesar 105 gram.
6. Putaran roda gigi terakhir pada *gear box* untuk *gripper* 119,25 rpm.
7. Putaran roda gigi terakhir pada *gear box* untuk roda 43,738 rpm.

5.2. Saran

1. Sebelum membuat Model Robot untuk *Material Handling* Otomatis perlu melakukan perencanaan dan membuat sketsa gambarnya.
2. Ukuran dalam pembuatan rangka harus diperhatikan agar pemasangan komponen-komponen yang lainnya bisa pas.
3. Agar roda gigi lebih awet sebaiknya diberi *grease* / paselin secukupnya.
4. Sensor pada robot perlu diperhatikan karena sangat berpengaruh pada robot saat berjalan.
5. Untuk menambah pengetahuan dalam dunia robotika dan mencari buku referensi dan sumber referensi di internet.

6. Robot ini dapat dikembangkan lebih lanjut untuk keperluan yang lebih bermanfaat.



DAFTAR PUSTAKA

- Binsar Hariandja, 1996, *Mekanika Teknik*, PT. Erlangga, Jakarta.
- G. Takeshi Sato dan N. Sugiarto H, 1996, *Menggambar Teknik Menurut Standar ISO*, Pradnya Paramitha.
- Gerling, 1965, *All About Machine Tool*, C.P Mohan, New Delhi.
- Halliday dan Resnick, 1999, *Fisika Jilid 1*, PT. Erlangga, Jakarta.
- Khurmi, R. S, 2002, *Text book of Machine Design*, Chand and Company, New Delhi.
- Martin George H, 1994, *Kinematika dan Dinamika Teknik Jilid 2*, PT. Erlangga, Jakarta.
- Shigley J dan Mitchell, 1984, *Perencanaan Teknik Mesin*, PT. Erlangga, Jakarta.
- Sularso dan Suga K, 1991, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*, cetakan ke VII, Pradnya Paramitha, Jakarta.