

TUGAS AKHIR

TRANSMISI DAN KONSTRUKSI MESIN GILING (PASAH) UBI UNTUK BAHAN KUE CARANG MAS



**MILIK
PERPUSTAKAAN
ITN MALANG**

Disusun oleh :

Didik Porwidiyanto

00.51.235

**TEKNIK MESIN DIPLOMA TIGA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2005**

TUGAS AKHIR

TRANSISI DAN KONSTRUKSI MESIN GILING
(KASAH) DAN LINTUK BAHAN KUE CARANG MAS



MILIK
PERPUSTAKAAN
ITB MALANG

Diketahui oleh :
Bilik Perawatan
00.51.335

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
TEKNIK MESIN DIPLOMA TIGA
2005



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

BNI (PERSERO) MALANG
PANGK. N. GA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor : ITN-1221/I.TA/8/04
Lampiran : —
Perihal : *Bimbingan Tugas Akhir Program Khusus.*

Malang 2 Oktober 2004

Kepada : Yth. Sdr/i. Ir. Teguh Rahardjo, MT
Dosen Institut Teknologi Nasional
Di

Malang.

Dengan hormat.

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan Tugas Akhir untuk mahasiswa:

Nama : Didik Porwodianto
NIM : 0051235
Semester : IX (Sembilan)
Jurusan : Teknik Mesin Diploma Tiga (D. III)
Fakultas : Teknologi Industri

Maka dengan ini pembimbingan Tugas Akhir tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada saudara/i selama 1 (Satu) bulan, terhitung mulai tanggal, 2 Okt s/d 2 Nopember 2004

Adapun tugas tersebut untuk memenuhi persyaratan di dalam menempuh Ujian Tugas Akhir Diploma Tiga.

Demikian agar maklum, dan atas perhatian serta bantuannya kami ucapkan banyak terima kasih.

Jurusan Teknik Mesin Diploma Tiga (D. III)



Ir. TEGUH RAHARDJO, MT
NIR : 731 991 184

Tembusan kepada Yth.:

1. Mahasiswa yang bersangkutan.
2. Arsip.



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

KARTU BIMBINGAN TUGAS AKHIR

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama Mahasiswa : Didik Porwidiyanto
NIM : 00 . 51 . 235
Jurusan : Teknik Mesin
Program Study : Diploma Tiga (D-III)
Judul Tugas Akhir : Transmisi Dan Konstruksi Mesin Giling
(Pasah) Ubi Untuk Bahan Kue Carang Mas.
Pengajuan Tugas Akhir : September 2004
Selesai Menulis Tugas Akhir : Pebruari 2005
Dosen Pembimbing : Ir. Teguh Rahardjo, MT
Keterangan Nilai Bimbingan : 85 (A)

Malang, Maret 2005

Mengetahui :



Dekan FTI

Ir. Mochtar Asroni, MSME
NIP :101 810 0036

Dosen Pembimbing

Ir. Teguh Rahardjo, MT
NIP : 131 991 184



KARTU BIMBINGAN TUGAS AKHIR
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama Mahasiswa	: Didik Porwidiyanto
NIM	: 00.51.235
Jurusan	: Teknik Mesin
Program Study	: Diploma Tiga (D-III)
Judul Tugas Akhir	: Transmisi Dan Konstruksi Mesin Giling
	(Pasar) Ibbi Teknik Bahan Kue Catang Mas
Pengajuan Tugas Akhir	: September 2004
Selesai Menulis Tugas Akhir	: Februari 2005
Dosen Pembimbing	: Ir. Teguh Rahardjo, MT
Keterangan Nilai Bimbingan	: 85 (A)

Malang, Maret 2005

Mengetahui :

Dosen Pembimbing

Dekan FTI



Ir. Teguh Rahardjo, MT
NIP : 131 991 184

Ir. Mochtar Astori, MSME
NIP : 101 810 0036



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

BERITA ACARA UJIAN TUGAS AKHIR
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama Mahasiswa : Didik Porwidiyanto
NIM : 00 . 51 . 235
Jurusan : Teknik Mesin Diploma Tiga (D-III)
Judul Tugas Akhir : Transmisi Dan Konstruksi Mesin Giling
(Pasah) Ubi Untuk Bahan Kue Carang Mas

Dipertahankan dihadapan Team Penguji Ujian Tugas Akhir jenjang Program
Diploma Tiga (D-III) Pada :
Hari / Tanggal : Sabtu / 05 Maret 2005
Dengan Nilai Ujian : 85

PANITIA UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua

Ir. Mochtar Asroni, MSME
NIP: 101 810 0036

Sekretaris

Ir. Teguh Rahardjo, MT
NIP: 131 991 184

ANGGOTA

Sibut, ST

Ir.Drs. Sudjad, Msi

BERITA ACARA UJIAN TUGAS AKHIR
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

()
Pasah) Uji Teknik Bahan Kue Caring Mas
Judul Tugas Akhir : Transmisi Dan Konstruksi Mesin Giling
Jurusan : Teknik Mesin Diploma Tiga (D-III)
NIM : 00 . 21 . 232
Nama Mahasiswa : Didik Perwidiyanto

Dengan Nilai Ujian : 82
Hari / Tanggal : Sabtu / 02 Maret 2002
Diploma Tiga (D-III) Pada :
Diperatarkan dihadapan Team Penguji Ujian Tugas Akhir jenjang Program

PANITIA UJIAN TUGAS AKHIR

Sekretaris

Ketua

Ir. Teguh Rahardjo, MT
NIP: 131 991 184

Ir. Mochtar Asroni, MSiE
NIP: 101 810 0036

ANGGOTA

Ir. Drs. Sudjard, MSi

Sidat, ST

Special Thank's to :

Ayah Bundaku (Ir. Drs. Surasno yang sangat kubanggakan dengan teladan dalam hidupku semangatku tak pernah padam walau badai topan menerjang, teruslah bersinar walau senja berusaha menggulungmu n' Dra. Suhartin my Mama tersayang engkaukan slalu hidup dalam hatiku). Tanpa kerja keras mereka alias banting tulang, peras keringat, penulis menyadari bukan apa-apa tanpa mereka. Terima kasih atas kasih sayang n' do'a yang engkau berikan kepada kami, budi baikmu tak'kan kami lupakan sampai akhir hayat.

Calon MertuaQ & kakak iparku (Mas Roedy n' Mas Koko thank's berat ya) Ya2nkQ Je@nny Yang Pernyabar Banget dan Tabah Hatinya, Selalu memberi semangat tur sayang banget kagem Kangmase sing lagi nggarap TUGAS AKHIR nya ramari-mari, meluangkan waktunya setiap saat, pasti selalu berdua dan tetap sayang, dan My keponakanku Adik Habib yang suka mengganggu dan usil juga saingan masa kecilku kayaknya sih, juga tidak lupa Angger Rangga Santika sepupuku yang nakal. Peace yo ojo geger sedulur kabeh ra' sopan and I Love u' all.

Poros sedherek sedhanten (Rina, Tante Erna, Om Ateng alias Haddy) sing njaluk special banget n' kawat lagi suwon ingkang agung atas kebaikanmu, (Mas Khasiastomo Pelukis Sejati, Mas Bundy, Mas Sunarko, Mbak Pieta Keluarga besar di Tlogorejo Pagak, Mbahku Kakung n' putri dan yang tak bisa saya sebut satu persatu).

Teman-teman seperjuangan alias Arek gaul soko ndeso (Cooprex, Hendy alias Mendjez Benk 2 Fuck, Helgys July, Bowo Tiger) Arek 2 Bali, Kontrakan gang IV, Penghuni Kontrakan Joyo Utomo, Fitrie Rohman, Sahdan Gabuk, Simbah Dr. Sofyan, Robby Baihaqy, Arek-arek STTI Turen, Asu syugik parkir ITN kabeh, Kinoy man, waduh akeh konco-konco sing durung tak sebutne siji-sijine).

NB : Selamat berjuang para Sarjana, yang belum ya sabar dulu
"Semoga sukses iringi langkahmu", tetaplah tersenyum.

"Good Luck"

By
Mas D 12 CK

LEMBAR PERSETUJUAN
LAPORAN TUGAS AKHIR
TRANSMISI DAN KONSTRUKSI MESIN GILING (PASAH)
UBI UNTUK BAHAN KUE CARANG MAS

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Menyelesaikan Study Teknik Mesin Diploma – III
Di Institut Teknologi Nasional Malang

Disusun Oleh :

Nama : Didik Porwidiyanto
NIM : 00 . 51 . 235
Jurusan : Teknik Mesin Diploma Tiga (D-III)

Nilai Bimbingan : 85 (Delapan Lima)

Mengetahui :

Ketua Jurusan Teknik Mesin D-III

Dan Selaku Dosen Pembimbing



Ir. Teguh Rahardjo, MT

NIP : 131 991 184

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke-Hadirat Allah SWT atas anugerah serta Hidayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir (TA) ini.

Penyusunan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan study guna memperoleh Gelar Ahli Madya Mesin di Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Mesin Diploma Tiga (D-III) di Institut Teknologi Nasional Malang.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penyusun telah banyak mendapat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, pada kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan ungkapan terima kasih kepada :

1. Bapak **Dr. Ir. Abraham Lomi, MSEE** selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak **Ir. Mochtar Asroni, MSME** selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak **Ir. Teguh Rahardjo, MT** selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin D-III, dan selaku Dosen Pembimbing.
4. Bapak **Ir. Suriyanto, MT** selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin D-III.
5. Bapak **Ir. H. Widjatmoko, MT** selaku Dosen Wali.
6. Rekan-rekan dan semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke-Hadirat Allah SWT atas anugerah serta Hidayah-Nya,

sehingga penyusun dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir (TA) ini. Penyusunan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan study guna memperoleh Gelar Ahli Madya Mesin di Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Mesin Diploma Tiga (D-III) di Institut Teknologi Nasional Malang

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penyusun telah banyak mendapat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, pada kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan ungkapan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Abraham Lomi, MSEE selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang
2. Bapak Ir. Muchtar Asrofi, MSME selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang
3. Bapak Ir. Teguh Rahardjo, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin D-III, dan selaku Dosen Pembimbing
4. Bapak Ir. Surijanto, MT selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin D-III
5. Bapak Ir. H. Widjantoko, MT selaku Dosen Wali
6. Rekan-rekan dan semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Penyusun menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penyusun mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pembaca guna kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Akhir kata penyusun berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan dijadikan wacana bagi para pembaca.

Malang, Pebruari 2005

Penyusun

Penyusunan meyakini bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penyusun mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pembaca guna kesempurnaan Tugas Akhir ini. Akhir kata penyusun berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan dijadikan wacana bagi para pembaca.

Malang, Februari 2002

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tinjauan Masalah.....	2
1.3. Perumusan Masalah	2
1.4. Tujuan Perencanaan.....	3
1.5. Batasan Masalah	3
1.6. Metode Penulisan.....	3
1.7. Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN MASALAH	
2.1. Puli	5
2.1.1 Bahan Puli.....	5
2.1.2 Bentuk dan Tipe Puli	6
2.1.3 Rumusan Dasar Sistematika Transmisi Puli.....	7
2.2. Sabuk (Belt)	10
2.2.1 Transmisi Sabuk-V	10
2.2.1.1 Bahan Sabuk-V	11
2.2.1.2 Rumus Dasar Perhitungan Sabuk-V	12
2.3. Poros.....	15
2.3.1 Poros dengan Beban Puntir.....	15
2.3.2 Bahan Poros.....	16
2.3.3 Perhitungan Poros.....	16
2.4. Pasak	19
2.4.1 Bahan Pasak.....	19

2.5. Bantalan	21
2.5.1 Bantalan Luncur	22
2.5.2 Bantalan Gelinding	23
2.5.3 Bahan Bantalan Gelinding	25
2.5.4 Pemilihan Bantalan Gelinding	25
2.5.5 Perhitungan Beban dan Umur Bantalan Gelinding.....	26
2.6. Perencanaan Konstruksi.....	29
2.7. Perencanaan Sambungan Las terhadap Perencanaan Konstruksi	30
2.8. Klasifikasi Pengelasan berdasarkan Cara Pengelasan	31
2.9. Jenis Sambungan Las dan Bentuk Alur	35
2.10.Tanda-tanda Gambar dalam Pengelasan.....	38
2.10.1 Tanda Gambar dan Pelengkap	38
2.10.2 Cara Penempatan Tanda Gambar.....	40
2.11.Kekuatan Sambungan Las.....	41
2.12.Pemilikan Las pada Konstruksi.....	42
2.12.1 Las Elektoda Terbungkus.....	42
2.12.2 Macam dan Fungsi Elektroda Terbungkus	44
2.13.Cacat Las.....	44
2.14.Menentukan Kekuatan Las.....	45
2.14.1 Menentukan Tegangan Geser Las.....	45
2.14.2 Menentukan Kekuatan Las.....	45
2.14.3 Menentukan Tegangan Ijin Las.....	46
2.15.Gerinda Pemasah	47
2.15.1 Bahan Gerinda Pemasah	47
2.15.2 Prinsip Kerja Gerinda	47
2.15.3 Rumus Perhitungan Gerinda	47

BAB III PERENCANAAN DAN PERHITUNGAN

3.1. Kapasitas Mesin	49
3.2. Daya Rencana	50
3.3. Perhitungan Sabuk-V	51

3.4. Perencanaan Puli	57
3.5. Perhitungan Poros.....	58
3.5.1 Momen Bending Akibat Gaya Vertikal bila Puli di Dalam Bantalan.....	58
3.5.2 Momen Bending Akibat Gaya Vertikal bila Puli di Luar Bantalan.....	60
3.6. Perencanaan Pasak.....	64
3.6.1 Perencanaan Pasak Wheel.....	64
3.6.2 Perencanaan Pasak Pinion.....	66
3.7. Perencanaan Bantalan.....	67
3.7.1 Umur Nominal Bantalan A (Lh)	68
3.7.2 Umur Bantalan B (Lh)	69
3.8. Perencanaan Motor	70
3.9. Analisa Perhitungan.....	71
3.9.1 Perencanaan Perhitungan	71
3.9.1.1 Perencanaan Konstruksi Kerangka 1 (Batang A-B).....	72
3.9.1.2 Pembebanan Konstruksi Rangka-Rangka II (Batang F – F)	73
3.9.1.3 Konstruksi Pembebanan Rangka III (Batang C – D).....	75
3.9.1.4 Pembebanan Konstruksi Rangka IV (Batang G – H).....	76
3.9.2.1 Perhitungan Kerangka I (Batang A – B).....	77
3.9.2.2 Perhitungan Kerangka II (Batang E – F).....	79
3.9.2.3 Perhitungan Kerangka III (Batang C – D)	80
3.9.2.4 Perhitungan Kerangka IV (Batang G – H).....	81
3.9.2.5 Perhitungan Kerangka V (Batang I – J).....	82
BAB IV PENUTUP	
4.1. Kesimpulan.....	84
4.2. Saran	85
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Bentuk Puli	6
2.2 Diagram Pemilihan Sabuk-V	7
2.3 Konstruksi Sabuk-V.....	11
2.4 Ukuran Sabuk Penampang Sabuk –V.....	11
2.5 Sudut Kontak	14
2.6 Macam-macam Pasak	19
2.7 Macam-macam Bantalan Luncur.....	23
2.8 Jenis-jenis Bantalan Gelinding	24
2.9 Dimensi Baja Profil Siku.....	29
2.10 Las Tekan Resistensi (Titik atau Garis).....	33
2.11 Jenis-jenis Sambungan Dasar	35
2.12 Alur Sambungan Las Tumpul.....	36
2.13 Sambungan T	36
2.14 Sambungan Sudut	37
2.15 Sambungan Tumpang	38
2.16 Contoh Penempatan Tanda Gambar	41
2.17 Las Busur Elektroda Terbungkus	42
2.18 Pemindahan Logam Cair.....	43
2.19 Rem Blok Tunggal	48
3.1 Ukuran Sabuk Penampang Sabuk – V.....	51

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Faktor Koreksi	7
2.2 Diameter Nominal Puli yang Diizinkan dan Dianjurkan (mm).....	8
2.3 Ukuran Puli-V	9
2.4 Kapasitas Daya yang Ditransmisikan untuk Satu Sabuk Tunggal. Po (kW).....	13
2.5 Baja Karbon untuk Konstruksi Mesin dan Baja Batang yang Difinis Dingin untuk Poros	16
2.6 Diameter Poros	18
2.7 Ukuran Pasak dan Alur Pasak.....	20
2.8 Faktor-faktor V, X, Y dan Xo, Yo	27
2.9 Nomor Bantalan.....	28
2.10 Komposisi Kimia Sifat Mekanik dan Sifat Fisik dari Baja Tahan Karat.....	30
2.11 Klasifikasi Cara Pengelasan	34
2.12 Tanda-tanda Dasar	39
2.13 Tanda-Tanda Tambahan	40
2.14 Macam dan Fungsi Bahan Fluks.....	44

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi dewasa ini mengakibatkan semakin kompleksnya pula pada permasalahan-permasalahan di bidang industri, membuat manusia yang selalu berfikir untuk menciptakan teknologi yang tepat guna. Berbagai mesin telah diciptakan untuk memudahkan kinerja manusia, dengan segala kemudahan dan kelebihan masing-masing.

Pada teknologi tepat guna yang diterapkan pada mesin-mesin industri merupakan mesin yang dapat digunakan pada industri menengah keatas dan menengah ke bawah. Dengan adanya teknologi dewasa ini dapat memberikan kemudahan bagi industri-industri kecil, karena mengalami perubahan dari mesin tua dan kuno ke mesin yang lebih canggih, modern, dan efisien.

Waktu dahulu sering kita menyaksikan orang sedang memasah ubi, untuk makanan carang emas dan bahan makanan lainnya dengan menggunakan alat-alat yang sangat sederhana sekali seperti lembaran seng yang berbentuk empat persegi panjang yang dipermukaanya terdapat lubang-lubang yang ujungnya tajam, dimana lubang-lubang tersebut sebagai mata pasahannya. Dan untuk mengefisiensikannya maka dibuatlah “Mesin Giling (Pasah) Ubi” dengan motor listrik sebagai penggeraknya.

Pada mesin pemasah ubi ini dapat kita perhatikan bagaimana transmisi dari mesin tersebut. Transmisi itu terpusat pada daya motor dan diteruskan ke poros dan kemudian di transmisikan melalui puli ke poros berikutnya.

Mesin pemasah ini juga menggunakan gerinda sebagai alat pemotong pasahnya, tetapi mata-mata gerinda lebih besar-besar dan bentuk penampangnya seperti rol. Proses kerjanya adalah berputar untuk menghasilkan ubi.

1.2. Tinjauan Masalah

Dengan menggunakan mesin tersebut diharapkan untuk dapat menghasilkan hasil pasahan yang bagus. Disini mesin pemasah ubi melakukan kerja dengan keadaan ubi yang sudah dikupas tetapi tidak perlu dipotong-potong dan di bilah kecil-kecil, untuk mengefisiensikan tenaga.

Alat yang digunakan untuk memasah ubi sangat efisien karena hasil pasahan ubi tidak memerlukan dimensi tertentu.

1.3. Perumusan Masalah

Dengan melihat latar belakang yakni pasah ubi manual dan tradisional kurang efektif, untuk itu perlu penyempurnaan dengan menggunakan mesin yang lebih modern.

Dengan mengubah bentuk pasahan ubi dari bentuk plat ke mesin modern berbentuk rol gerinda untuk memudahkan proses pemasahan.

1.4. Tujuan Perencanaan

Adapun maksud dari laporan ini adalah selain syarat untuk kelulusan, yang terpenting adalah untuk kalangan home industri yang bergerak dalam bidang yang bersangkutan.

1.5. Batas Masalah

Agar penulisan ini terarah dengan baik, maka di perlukan batasan-batasan yang terdiri dari :

1. Perencanaan Transimi
2. Perencanaan kontruksi mesin

1.6. Metode Penulisan

Metode yang digunakan untuk mengembangkan wacana didalam laporan ini meliputi :

1. Metode Literature : yakni mengkaji teori serta rumusan yang berkaitan dengan masalah.
2. Metode Observasi : yaitu metode pencatatan ilmiah dengan pencatatan yang dilakukan secara sistematis dengan pengamatan untuk menghasilkan data yang diperlukan.

1.7. Sitematika Penulisan

Adapun penulisan studi ini di bagi menjadi beberapa bagian antara lain :

BAB I PENDAHULUAN

Yang mana berisi tentang atau membahas latar belakang penulisan, tinjauan masalah berkaitan dengan penulisan, rumusan masalah, batasan masalah, dan metode penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini dijabarkan dasar-dasar teori yang di jadikan bahan referensi dan sebagai dasar peencanaan Transmisi.

BAB III PERENCANAAN TRANSMISI

Dalam bab ini berisi bagaimana direncanakannya Transmisi mesin pemasah ubi yang berdasarkan bab II.

BAB IV PENUTUP

Pada bagian bab ini berisi tentang kesimpulan intisari yang diambil dari laporan ini. Dan saran yang berkaitan agar dapat dihasilkan transmisi yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

LANDASAN TEORI

Transmisi adalah suatu sistem yang digunakan sebagai penerus daya melalui suatu komponen, sehingga daya menjadi bertambah besar atau sebaliknya. Dalam bab ini akan diuraikan beberapa komponen sebagai penerus daya atau komponen pembantu lainnya.

2.1. Puli

Puli berfungsi untuk memindahkan daya dari suatu poros ke poros yang lain dengan alat bantu sabuk sebagai transmisi daya. Karena perbandingan kecepatan dan diameter berbanding terbalik, maka pemilihan puli harus dilakukan dengan hati-hati agar mendapatkan kecepatan yang diinginkan.

2.1.1 Bahan Puli

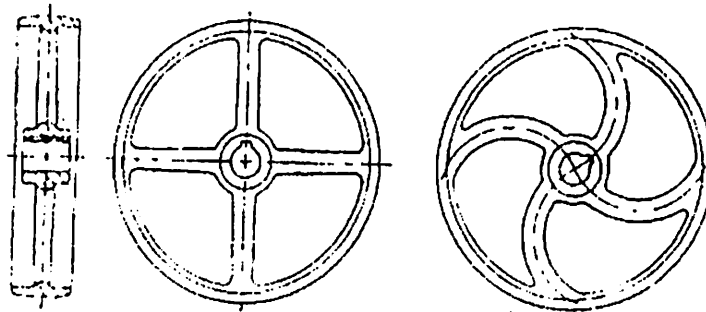
Puli dapat terbuat dari besi tuang, baja tuang atau baja press dan kayu. Untuk puli dengan bahan tuang mempunyai faktor gesekan dan karakteristik pengausan yang baik. Puli yang terbuat dari baja press lebih ringan dari pada puli yang terbuat dari bahan tuangan, akan tetapi puli yang terbuat dari baja press mempunyai faktor gesekan yang kurang baik, karena lebih mudah aus dibanding puli dari bahan tuangan.

2.1.2 Bentuk dan Tipe Puli

Puli saling berkaitan dengan sabuk yang akan digunakan. Apabila akan menggunakan sabuk rata maka yang digunakan adalah puli yang mempunyai permukaan rata, puli yang menggunakan sabuk-V menggunakan puli yang mempunyai permukaan seperti huruf V. Puli sabuk-V kemungkinan untuk slip kecil dibandingkan puli yang mempunyai permukaan rata.

Gambar 2.1

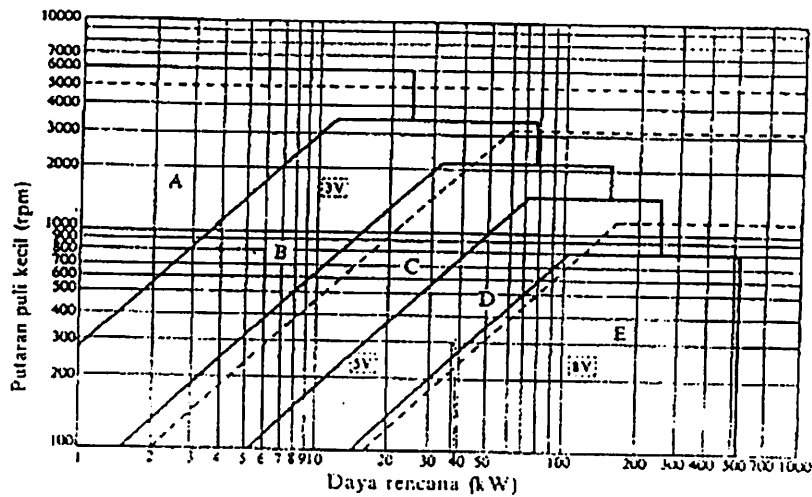
Bentuk Puli



Sumber : R.S. Khurmi, Machine Design, hal 691

Dalam merencanakan puli-V, maka sabuk yang akan dipakai ditentukan tipe dari sabuk itu terlebih dahulu maka dimensi dari puli akan dapat ditentukan.

Gambar 2.2
Diagram Pemilihan Sabuk-V



2.1.3 Rumus Dasar Sistem Transmisi Puli

Atas dasar daya rencana dan putaran poros penggerak, penampang sabuk-V yang sesuai dapat diperoleh dari gambar 2.2. Daya rencana dihitung dengan mengalikan daya yang akan diteruskan dengan faktor koreksi dalam tabel dibawah ini.

Tabel 2.1
Faktor Koreksi

Mesin yang digunakan		Penggerak					
		Momen puntir puncak 200%			Momen puntir puncak >200%		
		Motor arus bolak-balik (momen normal, sangkar baging, sinkron), motor arus searah (lilitan shun)			Motor arus bolak-balik (momen tinggi, fasa tunggal, lilitan seri), motor arus searah (lilitan kompon, lilitan seri), mesin torak, kopling tak tetap.		
		Jumlah jam kerja tiap hari			Jumlah jam kerja tiap hari		
		3-5 jam	8-10 jam	16-24 jam	3-5 jam	8-10 jam	16-24 jam
Variasi beban sangat kecil	Pengaduk zat cair, kipas angin, blower (sampai 7,5 kW) pompa sentrifugal, konveyor tugas ringan	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4

Variasi beban kecil	Konveyor sabuk (pasir, batu bara), pengaduk, kipas angin (lebih dari 7,5 kW), mesin torak, peluncur, mesin perkakas, mesin percetakan	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
Variasi beban sedang	Konveyor (ember, sekrup), pompa torak, kompresor, gilingan palu, pengocok, roots-blower, mesin tekstil, mesin kayu	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
Variasi beban besar	Penghancur, gilingan bola atau barang, pengangkat, mesin pabrik karet (rol, kalender)	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0

Sumber : Sularso, Dasar Perencanaan dan Pemeliharaan Elemen Mesin, hal. 165

Rumus yang digunakan dalam perencanaan dimensi puli adalah :

1. Menentukan diameter nominal puli

$$D_p = d_p \cdot \frac{n_1}{n_2}$$

Dimana : D_p = diameter nominal pada puli wheel

d_p = diameter nominal pada puli pinion

n_1 = putaran poros pinion

n_2 = putaran poros wheel

Untuk menentukan diameter nominal puli pinion dapat ditentukan setelah mengetahui tipe sabuk yang dipakai, lalu diketahui dengan melihat tabel 2.2.

Tabel 2.2

Diameter Nominal Puli yang Diizinkan dan Dianjurkan (mm)

Penampang	A	B	C	D	E
Diameter min. yang diizinkan	65	115	175	300	450
Diameter min. yang dianjurkan	95	145	225	350	550

Tipe sabuk sempit	3V	5V	8V
Diameter minimum	67	180	315
Diameter minimum yang dianjurkan	100	224	360

Sumber : Sularso, Dasar Perencanaan dan Pemeliharaan Elemen Mesin, hal. 169

2. Menentukan diameter luar puli

$$dk = dp + 2k$$

$$Dk = Dk + 2k$$

Dimana : dk = diameter luar puli pinion

dk = diameter luar puli wheel

k = diameter kaki

Untuk menjaga keamanan maka jarak sumbu poros dibuat sebesar 1,5 sampai 2 kali diameter puli besar (Dk). Puli-V memiliki ukuran-ukuran penampang yang harus sesuai dengan ukuran sabuk-V, agar tidak terjadi selip ketika berjalan. Maka ukuran penampang puli-V sudah distandarkan agar mudah memasangkan dengan sabuk-V. Pada tabel 2.3 diketahui dimensi penampang puli disesuaikan dengan diameter nominal pulinya.

Tabel 2.3

Ukuran Puli-V

Penampang sabuk-V	Diameter nominal (diameter lingkaran jarak bagi dp)	α	W	L_o	K	K_o	e	f
A	71 – 100	34	11,95	9,2	4,5	8,0	15,0	10,0
	101 – 125	36	12,12					
	126 atau lebih	38	12,30					
B	125 – 160	34	15,86	12,5	5,5	9,5	19,0	12,5
	161 – 200	36	16,07					
	201 atau lebih	38	16,29					
C	200 – 250	34	21,18	16,9	7,0	12,0	15,5	17,0
	251 – 315	36	21,45					
	316 atau lebih	38	21,72					
D	355 – 450	36	30,77	24,6	9,5	15,5	37,0	24,0
	451 atau lebih	38	31,14					
E	500 – 630	36	36,95	28,7	12,7	19,3	44,5	29,0
	631 atau lebih	38	37,45					

Sumber : Sularso, Dasar Perencanaan dan Pemeliharaan Elemen Mesin, hal. 166

2.2. Sabuk (Belt)

Sabuk adalah alat penghubung antara puli yang satu dengan yang lain, guna meneruskan daya dari suatu poros. Sabuk selalu berhubungan dengan bentuk puli, sehingga harus disesuaikan dengan puli tersebut. Transmisi sabuk dapat digolongkan menjadi : sabuk rata, sabuk gilir dan sabuk penampang trapesium.

Sabuk rata digunakan pada puli yang berpermukaan datar. Sabuk ini meneruskan momen antara dua poros yang jjaraknya dapat dampai 10 10 m dengan perbandingan putaran antara 1/1 sampai 6/1. Sabuk yang digunakan untuk meneruskan puli datar ini sangat berfariasi. Sabuk ini dapat meneruskan atau mengatur kecepatan pada transmisi puli tirus. Hanya dengan menggeser sabuk tersebut ke kiri atau ke kanan maka putaran poros yang diteruskan akan bertambah cepat atau lambat. Kerugian dari sabuk tersebut adalah mudah selip, karena tidak ada penyekat pada puli sehingga kemungkinan selip cukup besar.

Transmisi sabuk gilir terdiri atas sabuk dengan gigi yang digerakkan dengan sproket pada jarak pusat sampai mencapai 2 m, dan meneruskan putaran secara tepat dengan perbandingan antara 1/1 sampai 6/1.

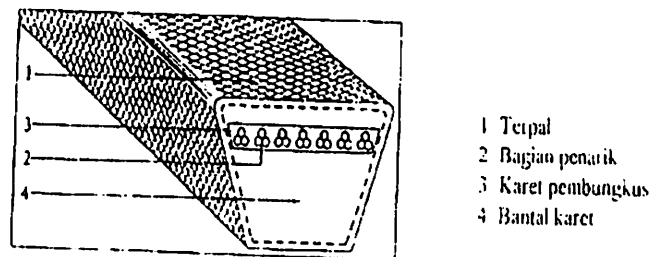
2.2.1 Transmisi Sabuk-V

Transmisi sabuk-V dipasang pada puli alur V dan meneruskan momen antara dua poros yang jaraknya dapat sampai 5 m dengan perbandingan putaran antara 1/1 sampai 71. Kecepatan sabuk direncanakan untuk 10 sampai 20 m/s pada umumnya dan maksimal sampai 25 m/s. Daya maksimal yang dapat ditransmisikan $\pm$ sampai mencapai 500 kw.

2.2.1.1 Bahan Sabuk-V

Sabuk-V terbuat dari karet dan mempunyai penampang trapesium. Tenunan tetoran atau semacamnya dipergunakan sebagai inti sabuk untuk membawa tarikan yang besar. Bagian sabuk yang sedang membelit pada puli, ini mengalami lengkungan sehingga lebar bagian dalamnya akan bertambah besar.

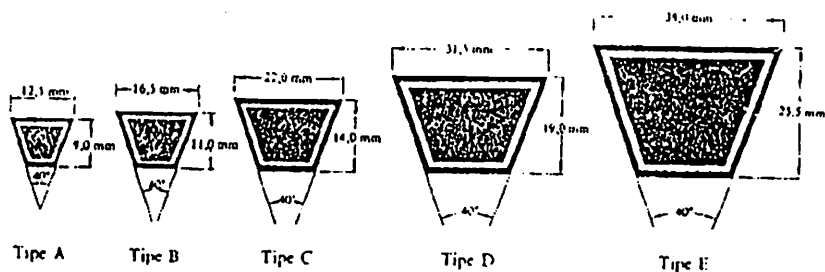
Gambar 2.3
Konstruksi Sabuk-V



Sumber : Sularso, Dasar Perencanaan dan Pemeliharaan Elemen Mesin, hal. 164

Gaya gesekan juga bertambah besar karena pengaruh bentuk baji, yang akan menghasilkan transmisi daya yang besar pada tegangan yang relatif rendah. Hal ini merupakan salah satu keunggulan sabuk-V yang umum dipakai.

Gambar 2.4
Ukuran Sabuk Penampang Sabuk-V



Sumber : Sularso, Dasar Perencanaan dan Pemeliharaan Elemen Mesin, hal. 164

Transmisi sabuk-V hanya dapat menghubungkan poros-poros yang sejajar dengan arah putaran yang sama. Dibandingkan dengan transmisi roda gigi atau rantai, sabuk-V bekerja lebih halus dan tidak bersuara. Untuk mempertinggi daya yang ditransmisikan, dapat dipakai beberapa sabuk-V yang dipasang sebelah menyebelah.

2.2.1.2 Rumus Dasar Perhitungan Sabuk-V

Setelah data-data pada dimensi puli sudah diketahui maka dimensi sabuk dapat diketahui. Adapun rumus-rumus yang digunakan adalah :

1. Menentukan kecepatan sabuk-V

$$V = \frac{\pi \cdot dp \cdot n_1}{60 \cdot 1000}$$

Dimana : V = kecepatan sabuk (m/s)

n_1 = putaran poros pinion (rpm)

dp = diameter nominal puli pinion (mm)

2. Panjang sabuk

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

Dimana : C = jarak sumbu poros, harus sebesar 1,5 sampai 2 kali diameter puli wheel

L = panjang sabuk-V

3. Jarak sumbu poros yang sesungguhnya

$$C = \frac{b + \sqrt{b^2 - 8(Dp - dp)^2}}{8}$$

Dimana : C = jarak sumbu poros sesungguhnya

b = nomor nominal panjang sabuk-V

Dp = diameter nominal puli wheel

dp = diameter nominal puli pinion

b = 2L – 3,14 (Dp – dp)

L = panjang sabuk di pasaran (tabel 2.11)

4. Jumlah sabuk yang diperlukan

N = Pd / PoKo

Dimana : N = jumlah sabuk yang diperlukan

Pd = daya rencan

Po = kapasitas transmisi daya

Kθ = faktor koreksi (tabel 2.12)

Po dapat dicari pada tabel 2.4 dan Ko dapat dicari dengan menggunakan tabel 2.3.

Tabel 2.4

Kapasitas Daya yang Ditransmisikan untuk Satu Sabuk Tunggal. Po (kW)

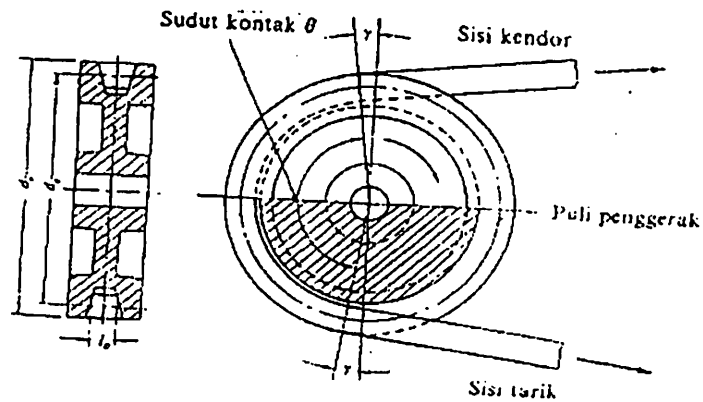
Putaran puli kecil	Penampang - A								Penampang - B							
	Merek Merah		Standar		Harga tambahan karena perbandingan putaran				Merek Merah		Standar		Harga tambahan karena perbandingan putaran			
	67mm	100mm	67mm	100mm	1,25-1,34	1,35-1,51	1,52-1,99	2,00-	118mm	150mm	118mm	150mm	1,25-1,34	1,35-1,51	1,52-1,99	2,00-
200	0,15	0,31	0,12	0,26	0,01	0,02	0,02	0,02	0,51	0,77	0,43	0,67	0,04	0,05	0,06	0,07
400	0,26	0,55	0,21	0,48	0,04	0,04	0,04	0,05	0,90	1,38	0,74	1,18	0,09	0,10	0,12	0,13
600	0,35	0,77	0,27	0,67	0,05	0,06	0,07	0,07	1,24	1,93	1,00	1,64	0,13	0,15	0,18	0,20
800	0,44	0,98	0,33	0,84	0,07	0,08	0,09	0,10	1,56	2,43	1,25	2,07	0,18	0,20	0,23	0,26
1000	0,52	1,18	0,39	1,00	0,08	0,10	0,11	0,12	1,85	2,91	1,46	2,46	0,22	0,26	0,30	0,33
1200	0,59	1,37	0,43	1,16	0,10	0,12	0,13	0,15	2,11	3,35	1,65	2,82	0,26	0,31	0,35	0,40
1400	0,66	1,54	0,48	1,31	0,12	0,13	0,15	0,18	2,35	3,75	1,83	3,14	0,31	0,36	0,41	0,46
1600	0,72	1,71	0,51	1,43	0,13	0,15	0,18	0,20	2,67	4,12	1,98	3,42	0,35	0,41	0,47	0,53

Sumber : Sularso, Perencanaan dan Pemeliharaan Elemen Mesin, hal 172

5. Besar sudut kontak

$$\theta = \pi - \frac{(D_p - d_p)}{C}$$

Gambar 2.5
Sudut Kontak



Sumber : Sularso, Perencanaan dan Pemeliharaan Elemen Mesin, hal 170

6. Gaya pada sabuk-V

$$T = (t_1 - t_2) R$$

Dimana : T = torsi yang ditransmisikan

t_1 = gaya tarik sabuk-V

t_2 = gaya kendur sabuk-V

R = radius puli wheel

$$T = \frac{P \cdot 4500}{2\pi n_2}$$

Dimana : P = daya motor (HP)

n_2 = putaran poros wheel (rpm)

2. Torsi yang diserap oleh drum rem

$$T = f \cdot \left(\frac{D}{2} \right) \quad \text{atau} \quad T = \mu \cdot Q \left(\frac{D}{2} \right)$$

3. Gaya yang diberikan kepada tuas

$$F = Q \frac{l_1}{l_2} = \frac{fl_2}{\mu l_1} \text{ (kg)}$$

2.3. Poros

Poros merupakan salah satu bagian yang terpenting dari setiap mesin, poros berfungsi meneruskan daya putar. Hampir semua mesin meneruskan tenaga bersama-sama dengan putaran. Karena poros memiliki peranan yang sangat penting, maka kekuatan dari poros haruslah diperhatikan. Apabila poros memiliki bahan lentur dan puntir yang terlalu besar, maka akan mengakibatkan ketidak telitian atau getaran yang menimbulkan suara. Dengan demikian dalam penelitian poros haruslah diperhatikan kekakuan disamping kekuatan dari poros tersebut.

2.3.1 Poros dengan beban Puntir

Jika diketahui bahwa poros yang akan direncanakan tidak mendapat beban lain kecuali torsi, maka diameter poros tersebut dapat lebih kecil daripada yang dibayangkan. Pembebanan berupa lenturan, tarikan atau tekan dapat diakibatkan karena adanya gaya tarik pada sabuk, rantai atau beban dari roda.

2.3.2 Bahan Poros

Material yang dipergunakan untuk poros biasanya adalah baja batang yang ditarik dingin dan difinis, baja karbon konstruksi mesin (disebut bahan S-C) yang dihasilkan dari ingot yang kill (baja yang dideoksidasikan dengan ferrosilikon) dan dicor.

Tabel 2.5

Baja Karbon untuk Konstruksi Mesin dan Baja Batang
yang Difinis Dingin untuk Poros

Standar dan macam	Lambang	Perlakuan panas	Kekuatan tarik (kg/mm ²)	Keterangan
Baja karbon konstruksi mesin (JIS G 4501)	S30C	Penormalan	48	
	S35C	"	52	
	S40C	"	55	
	S45C	"	58	
	S50C	"	62	
	S55C	"	66	
Batang baja yang difinis dingin	S35C-D	-	53	Ditarik dingin, digerinda, dibubut atau gabungan antara hal-hal tersebut
	S45C-D	-	60	
	S35C-D	-	72	

Sumber : Sularso, Teknik Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin, hal. 3

2.3.3 Perhitungan Poros

Poros pada umumnya meneruskan daya melalui sabuk, roda gigi dan rantai atau meneruskan daya langsung dari motor. Dengan demikian poros tersebut mendapatkan beban puntir dan lentur, maka momen puntir pada poros dapat diperlihatkan dalam persamaan sebagai berikut :

1. Menentukan momen torsi

$$T = \frac{P.4500}{2\pi n.}$$

Dimana : T = momen torsi (kg mm)

P = daya transmisi (HP)

n = putaran poros (rpm)

2. Tegangan geser yang diizinkan

$$\tau_a = \frac{\sigma_b}{S_n \cdot S_{t2}}$$

3. Menentukan diameter poros

$$ds \geq \left[\left(\frac{S_1 l}{\sigma_{su}} \right) \sqrt{(K_m M)^2 + (K_t T)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

dimana : ds = diameter poros (mm)

σ_{su} = tegangan geser yang diizinkan

K_m = faktor koreksi lenturan

K_t = faktor koreksi puntiran

M = momen lentur (kg/mm)

T = momen torsi

Tegangan geser yang diizinkan untuk pemakaian umum pada poros dapat diperoleh atas dasar batas kelelahan puntir yang besarnya diambil 40% dari batas kelelahan tarik dari batas kelelahan tarik yang besarnya kira-kira 45% dari kekuatan tarik. Jadi batas kelelahan puntir adalah 18% dari kekuatan tarik, sesuai dengan standar ASME. Untuk harga 18% ini faktor keamanan (S_n) diambil sebesar 1/0, 18 = 5,6. Harga 5,6 ini untuk bahan SF dan untuk bahan S-C adalah 6,0 untuk baja paduan. Faktor

keamanan akibat pengaruh konsentrasi tegangan (S_{I2}) sebesar 1,3 sampai 3.

Diameter poros yang dipilih disesuaikan dengan harga diameter yang ada pada pasaran tabel 2.7.

Tabel 2.6

Diameter Poros

4	10	*22,4	40	100	*224	400
		25		(105)	240	
	11	25	42	110	250	420
					260	440
4,5	*11,2	28	45	*112	280	450
	12	30		120	300	460
		*31,5	48		*315	480
5	*12,5	32	50	125	320	500
				130	340	530
		35	55			
*5,6	14	*35,5	56	140	*355	560
	(15)			150	360	
6	16	38	60	160	380	600
	(17)			170		
*63	18		63	180		630
	19			190		
	20			200		
	22		65	220		
7			70			
*71			71			
			75			
8			80			
			85			
9			90			
			95			

Keterangan : 1. Tanda * menyatakan bahwa bilangan yang bersangkutan dipilih dari bilangan standar.

2. Bilangan di dalam kurung hanya dipakai untuk bagian dimana akan dipasang bantalan gelinding

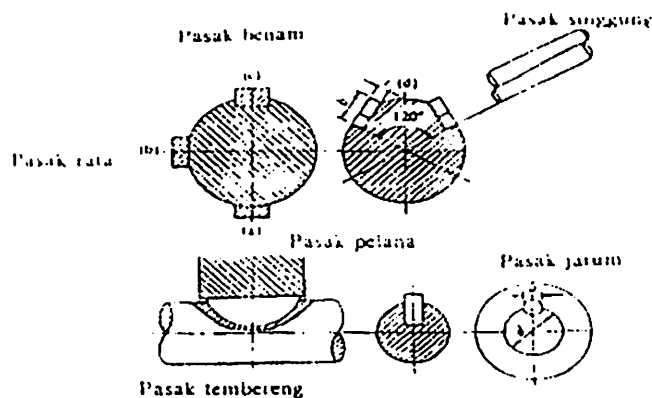
Sumber: Sularso, Teknik Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin, hal. 9

2.4. Pasak

Pasak adalah suatu elemen mesin yang dipakai untuk menetapkan bagian-bagian mesin seperti roda gigi, sproket, puli, kopling dll. Momen diteruskan ke naf atau dari naf ke poros.

Pada umumnya pasak dapat digolongkan sebagai berikut : pasak pelana, pasak rata, pasak benam, pasak singgung, pasak tembereng, pasak jarum

Gambar 2.6
Macam-macam Pasak



Sumber : Sularso, Dasar Perencanaan dan Pemeliharaan Elemen Mesin, hal. 24

2.4.1 Bahan Pasak

Untuk pasak, umumnya dipilih bahan yang mempunyai kekuatan tarik lebih dari 60 kg/mm^2 , lebih kuat dari pada porosnya. Kadang-kadang sengaja dipilih beban yang lemah untuk pasak, sehingga pasak akan lebih dahulu rusak dari pada poros atau nafnya.

Dalam pemasangan pasak haruslah pas dengan alur pasak agar tidak menjadi goyah dan rusak. Ukuran dan alur pasak dapat dilihat pada tabel 2.8.

Tabel 2.7
Ukuran Pasak dan Alur Pasak

Ukuran-ukuran utama						(Satuan : mm)					
Ukuran nominal pasak $d \times h$	Ukuran standar d_1, d_2	Ukuran standar A		C	P	Ukuran Standar d_1	Ukuran standar d_2			d_1 dan d_2	Keterangan
		Pasak prismatis Pasak lurus	Pasak lurus				Pasak prismatis Pasak lurus	Pasak lurus	Pasak lurus		Diameter poros yang dapat dipakai d''
2 x 2	2	2		0,16-0,25	6-20	1,2	1,0	0,5	0,08-0,16	Lebih dari 6-8	
3 x 3	3	3			6-36	1,8	1,4	0,9		8-10	
4 x 4	4	4		8-45	2,5	1,8	1,2	10-12			
5 x 5	5	5		10-56	3,0	2,3	1,7	12-17			
6 x 6	6	6		14-70	3,5	2,8	2,2	17-22			
7 x 7	7	7	7,2	0,25-0,40	16-80	4,0	3,0	3,5	0,16-0,25	20-25	
8 x 8	8	8			18-90	4,0	3,3	2,4		22-30	
10 x 10	10	10		0,40-0,60	22-110	5,0	3,3	2,4	0,25-0,40	30-38	
12 x 12	12	12			28-140	5,0	3,3	2,4		38-44	
14 x 14	14	14			36-160	5,5	3,8	2,9		44-50	
15 x 15	15	15	16,2	0,60-0,80	40-180	5,0	3,0	3,5	0,40-0,50	50-55	
16 x 16	16	16			45-180	6,0	4,3	3,4		50-58	
18 x 18	18	18			50-200	7,0	4,4	3,4		58-65	
20 x 20	20	20			56-220	7,5	4,9	3,9		65-75	
22 x 22	22	22			63-250	9,0	5,4	4,4		75-85	
24 x 24	24	24	24,2	0,80-1,00	70-280	8,0	5,5	4,5	0,50-0,60	85-95	
25 x 25	25	25			70-280	9,0	5,4	4,4		95-95	
28 x 28	28	28			80-320	10,0	6,4	5,4		95-110	
32 x 32	32	32			90-360	11,0	7,4	6,4		110-130	

* / harus dipilih dari angka-angka berikut sesuai dengan daerah yang bersangkutan dalam tabel: 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 140, 160, 180, 200, 220, 250, 280, 320, 360, 400.

Sumber : Sularso, Dasar Perencanaan dan Pemeliharaan Elemen Mesin, hal. 10

2.4.2 Rumus Perhitungan Pasak

1. Momen torsi yang terjadi

$$T = \frac{Np.4500}{2\pi n}$$

Dimana : T = momen torsi

Np = daya yang ditransmisikan

n = putaran poros

2. Tegangan geser yang diizinkan

$$\sigma_{ka} \geq \frac{F}{b \cdot l_1}$$

Dimana : σ_{ka} = tegangan geser yang diizinkan

F = gaya keliling

b = lebar pasak

l_1 = panjang pasak

$$F = \frac{T}{\left(\frac{ds}{2}\right)}$$

Dimana : T = momen rencana poros (kg mm)

ds = diameter poros (mm)

F = gaya tangensial (kg)

Dalam pengecekan lebar pasak terhadap diameter poros, syarat $\frac{b}{ds}$

harus terletak antara 0,25 – 0,35 dan pengecekan panjang pasak dengan

syarat $\frac{l_k}{ds}$ harus terletak antara 0,75 – 1,5. Apabila ukuran pasak tepat

pada syarat yang ditentukan, maka pasak sudah memenuhi syarat.

2.5. Bantalan

Bantalan merupakan elemen mesin yang menumpu poros. Bantalan ini dapat dipisah di dalam mesin di mana poros termasuk atau dalam suatu elemen terpisah yang difondasikan yang dinamakan blok-bantalan.

Dalam bantalan pada umumnya bekerja gaya-reaksi. Apabila gaya reaksi ini jauh lebih banyak mengarah tegak lurus pada garis sumbu poros, bantalan dinamakan bantalan radial. Apabila gaya reaksi itu jauh lebih banyak mengarah sepanjang garis sumbu, dinamakan bantalan aksial.

Atas dasar gerakan bantalan terhadap poros, maka bantalan dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian yaitu : 1. Bantalan luncur

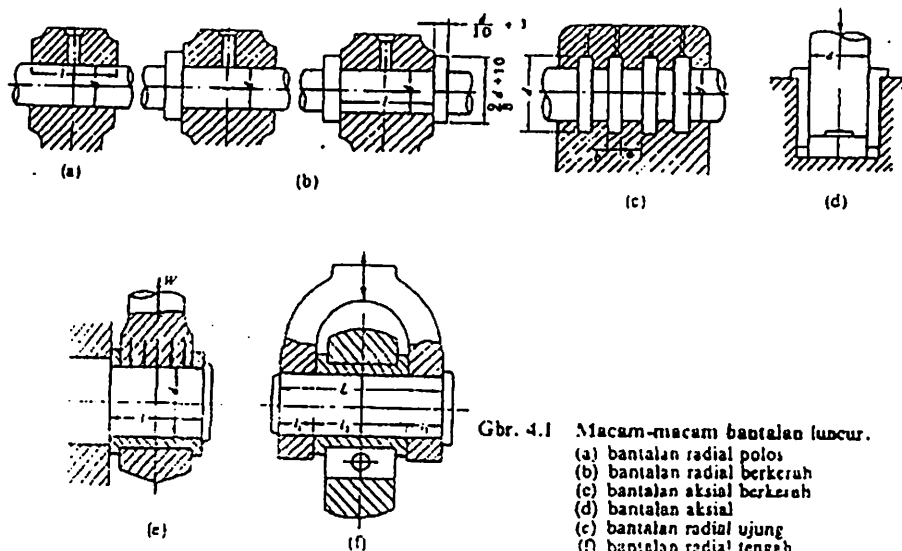
2. Bantalan gelinding

2.5.1 Bantalan Luncur

Pada bantalan ini terjadi gesekan luncur antara poros dan bantalan, karena permukaan poros ditumpu oleh bantalan dengan perantaraan lapisan pelumas. Bantalan luncur juga mampu menumpu poros berputaran tinggi dengan beban besar. Bantalan ini sederhana bentuknya dan dapat dibuat serta dipasang dengan mudah. Karena gesekannya yang besar pada waktu mulai jalan, bantalan ini memerlukan momen awal yang besar. Pelumasan pada bantalan ini tidak sederhana. Panas yang ditimbulkan akibat gesekan cukup besar, terutama pada beban besar.

Gambar 2.7

Macam-macam Bantalan Luncur



Gbr. 4.1 Macam-macam bantalan luncur.

- (a) bantalan radial polos
- (b) bantalan radial berkeruh
- (c) bantalan aksial berkeruh
- (d) bantalan aksial
- (e) bantalan radial ujung
- (f) bantalan radial tengah

Sumber : Sularso, Dasar Perencanaan dan Pemeliharaan Elemen Mesin, hal. 104

Syarat yang harus dipenuhi pada bantalan luncur adalah :

1. Tahan korosi
2. Tahan aus
3. Mempunyai sifat anti las (tidak dapat menempel) terhadap poros jika terjadi kontak dan gesekan antara logam dengan logam.
4. Tidak berpengaruh terhadap temperatur
5. Mempunyai kekuatan cukup (tahan beban dan kelelahan)

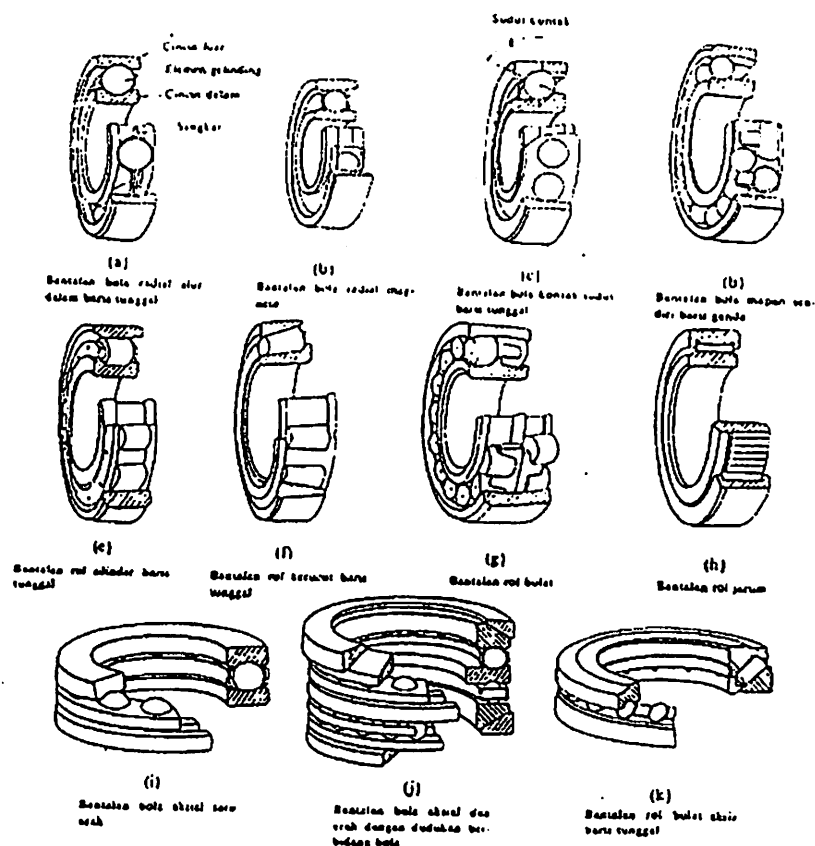
2.5.2 Bantalan Gelinding

Pada bantalan gelinding terjadi gesekan gelinding antara bagian yang berputar dengan yang diam melalui elemen gelinding seperti bola (peluru), rol atau jarum. Karena konstruksinya yang sukar dan

ketelitiannya yang tinggi, maka bantalan gelinding hanya dapat dibuat oleh pabrik-pabrik tertentu saja. Untuk memudahkan biaya pembuatan serta memudahkan pemakaian, bantalan gelinding diproduksi menurut standard dalam berbagai ukuran dan bentuk. Keunggulan bantalan ini adalah pada gesekannya yang sangat rendah, dan pelumasannya pun sangat sederhana. Meskipun ketelitiannya sangat tinggi, karena adanya gerakan elemen gelinding dan sangkar, pada putaran tinggi bantalan ini agak gaduh dibandingkan dengan bantalan luncur.

Gambar 2.8

Jenis-jenis Bantalan Gelinding



Sumber : Sularso, Dasar Perencanaan dan Pemeliharaan Elemen Mesin, hal. 104

2.5.3 Bahan Bantalan Gelinding

Secara umum bantalan terbuat dari paduan tembaga, (yaitu termasuk : perunggu, perunggu fosfor dan perunggu timah hitam) dan logam putih (yaitu termasuk : logam putih berdasar Sn, dan logam putih berdasar Sb. Keduanya dipakai sebagai lapisan pada logam pendukungnya.)

Pada bagian gelinding, cincin dan elemen gelinding pada bantalan umumnya dibuat dari baja bantalan khroom karbon tinggi. Baja bantalan dapat memberikan efek stabil pada perlakuan panas. Baja ini dapat memberikan umur panjang dengan keausan sangat kecil.

Bahan untuk sangkar, yang akan mengalami kontak gesekan dengan elemen gelinding, harus tahan aus dan tidak mudah patah. Sangkar untuk bantalan kecil dibuat dengan mengepres pita baja yang difinis dari baja karbon rendah atau baja plat yang difinis.

2.5.4 Pemilihan Bantalan Gelinding

Ukuran utama bantalan gelinding adalah diameter lubang, diameter luar, lebar dan lengkungan sudut. Pada umumnya, diameter lubang diambil sebagai patokan, dengan berbagai diameter luar dan lebar digabungkan. Ukuran diameter dalam disesuaikan pada diameter poros yang telah ada.

Bantalan bola alur dalam dan bantalan bola sudut serta bantalan rol silinder pada umumnya dipakai untuk putaran tinggi, bantalan rol kerucut dan bantalan mapan sendiri untuk putaran sedang, bantalan aksial untuk

putaran rendah. Bantalan bola dan bantalan rol silinder mempunyai gesekan yang relatif kecil dibandingkan dengan bantalan macam lain.

2.5.5 Perhitungan Beban dan Umur Bantalan Gelinding

1. Perhitungan beban ekuivalen

Beban ekuivalen adalah suatu beban yang besarnya sedemikian rupa sehingga memberikan umur yang sama dengan umur yang diberikan oleh beban dan kondisi putaran sebenarnya.

$$P_r = XVF_r + Yf_a$$

Dimana : P_r = beban ekuivalen dinamis untuk bantalan radial (kg)

F_r = beban radial (kg)

F_a = beban aksial (kg)

X, Y = factor susunan (bola/roll) bantalan gelinding

V = factor pembebanan pada cincin dalam / luar

Tabel 2.8
Faktor-faktor V, X, Y dan X₀, Y₀

Jenis bantalan		Beban putar pd cincin dalam	Beban putar pada cincin luar	Baris tunggal		Baris ganda				ε	Baris tunggal		Baris ganda	
				F _e /VF _e > ε		F _e /VF _e ≤ ε					X ₀	Y ₀	X ₀	Y ₀
				X	Y	X	Y	X	Y					
Bantalan bola alur dalam	F _e /C ₀ = 0,014	1	1,2	0,56	2,30	1,0	0,56	2,30	0,19	0,6	0,5	0,6	0,5	
	= 0,028				1,99			1,90	0,22					
	= 0,056				1,71			1,71	0,26					
	= 0,084				1,55			1,55	0,28					
	= 0,11				1,45			1,45	0,30					
	= 0,17				1,31			1,31	0,34					
	= 0,28				1,15			1,15	0,38					
	= 0,42				1,04			1,04	0,42					
= 0,56	1,00	1,00	0,44											
Bantalan bola sudut	α = 20°	1	1,2	0,56	0,43	1,00	1,09	0,70	1,63	0,57	0,5	1	0,42	0,84
	= 25°				0,41	0,87	0,92	0,67	1,41	0,68			0,38	0,76
	= 30°				0,39	0,76	0,78	0,63	1,24	0,80			0,33	0,66
	= 35°				0,37	0,66	0,66	0,60	1,07	0,95			0,29	0,58
	= 40°				0,35	0,57	0,55	0,57	0,93	1,14			0,26	0,52

Sumber : Sularso, Dasar Perencanaan dan Pemeliharaan Elemen Mesin, hal. 104

2. Faktor kecepatan (f_n) untuk bantalan bola

$$f_n = \left(\frac{33,3}{n} \right)^{1/3}$$

3. Faktor umur bantalan gelinding

$$f_h = f_n \frac{C}{P}$$

Dimana : f_h = faktor kecepatan bantalan

F_n = faktor umur bantalan

C = kapasitas nominal dinamis spesifik

P = beban nominal dunamis spesifik (kg)

4. Umur nominal bantalan gelinding

$$L_h = 500 \cdot f_h^3$$

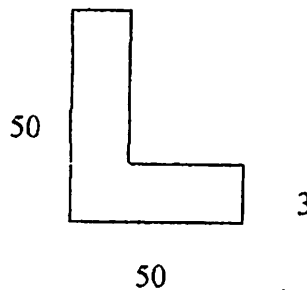
Tabel 2.9
Nomor Bantalan

Nomor bantalan			Ukuran luar (mm)				Kapasitas	Kapasitas
Jenis terbuka	Dua sekat	Dua sekat tanpa kontak	d	D	B	r	nominal dinamis spesifik C (kg)	nominal statis spesifik C ₀ (kg)
6000			10	26	8	0,5	360	196
6001	6001ZZ	6001VV	12	28	8	0,5	400	229
6002	02ZZ	02VV	15	32	9	0,5	440	263
6003	6003ZZ	6003VV	17	35	10	0,5	420	296
6004	04ZZ	04VV	20	45	12	1	735	465
6005	05ZZ	05VV	25	47	12	1	790	530
6006	6006ZZ	6006VV	30	55	13	1,5	1030	740
6007	07ZZ	07VV	35	62	14	1,5	1250	915
6008	08ZZ	08VV	40	68	15	1,5	1310	1010
6009	6009ZZ	6009VV	45	75	16	1,5	1640	1320
6010	10ZZ	10VV	50	80	16	1,5	1710	1430
6200	6200ZZ	6200VV	10	30	9	1	400	236
6201	01ZZ	01VV	12	32	10	1	435	265
6202	02ZZ	02VV	15	35	11	1	500	360
6203	6203ZZ	6203VV	17	40	12	1	750	460
6204	04ZZ	04VV	20	47	14	1,5	1000	635
6205	05ZZ	05VV	25	52	15	1,5	1100	730
6206	6206ZZ	6206VV	30	62	16	1,5	1530	1050
6207	07ZZ	07VV	35	72	17	2	2010	1430
6208	08ZZ	08VV	40	80	18	2	2380	1650
6209	6209ZZ	6209VV	45	85	19	2	2570	1880
6210	10ZZ	10VV	50	90	20	2	2750	2100
6300	6300ZZ	6300VV	10	35	11	1	635	365
6301	01ZZ	01VV	12	37	12	1,5	760	450
6302	02ZZ	02VV	15	42	13	1,5	895	545
6303	6303ZZ	6303VV	17	47	14	1,5	1070	660
6304	04ZZ	04VV	20	52	15	2	1250	785
6305	05ZZ	05VV	25	62	17	2	1610	1080
6306	6306ZZ	6306VV	30	72	19	2	2090	1440
6307	07ZZ	07VV	35	80	20	2,5	2620	1840
6308	08ZZ	08VV	40	90	23	2,5	3200	2300
6309	6309ZZ	6309VV	45	100	25	2,5	4150	3100
6310	10ZZ	10VV	50	110	27	3	4850	3650

Sumber : Sularso, Dasar Perencanaan dan Pemeliharaan Elemen Mesin, hal. 104

2.6 Perencanaan Kontruksi

Dalam suatu perencanaan kontruksi ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan yaitu kekuatan, keamanan dan daya guna dari bahan yang digunakan. Kontruksi atau rangka dirancang untuk menahan beban atau gaya-gaya yang bekerja pada mesin tersebut. nilai ekonomis perlu diperhatikan sehingga kontruksi memiliki nilai baik dari segi kekuatan maupun harganya. Untuk mengetahui kekuatan suatu bahan maka perlu kita ketahui sifat dan karakteristik dari bahan tersebut, diantaranya sifat mekanik, sifat kimia dan sifat thermal.



Gambar 2.9

Dimensi Baja Profil Siku

Pertimbangan – pertimbangan yang sering digunakan untuk memilih bahan dari suatu perencanaan kontruksi adalah faktor bahan dan faktor keamanan . dalam pemilihan bahan untuk plat ini penulis merencanakan beberapa kriteria pemilihan baja siku yaitu :

1. Tahan terhadap korosi
2. memiliki kekerasan dan kekuatan yang baik
3. mempunyai sifat mampu las yang baik
4. banyak tersedia dipasaran
5. harga bahan lebih murah

Tabel 2.10

Komposisi Kimia Sifat Mekanik dan Sifat Fisik Dari Baja Tahan Karat

No	AISI No.	Komposisi utama	Komposisi Kimia (%)							Sifat mekanik				Sifat Fisik		
			C maks	Si maks	Mn maks	Ni	Cr	Mo	Cu	Unsur lain	KL (kg/mm ²)	KT (kg/mm ²)	P _{0.2}	$\rho \times 10^{-3}$ (g/cm ³)	T _{ca} (°C)	
34	430	18Cr	0,12	0,75	1,00	≤0,60	16,00 -18,00	—	—	—	≥21	≥43	≥23	11,3	0,054	1477 -1510
31	403	13Cr-Al	0,08	1,00	—	—	11,30 -14,30	—	—	Al : 0,10 -0,30	≥18	≥42	≥22	11,3	—	1482 -1512
33	304	18Cr-8Ni	—	—	2,00	8,00 -11,00	16,00 -20,00	—	—	—	≥21	≥32	≥30	11,3	0,036	1399 -1434
31	304L	18Cr-8Ni C rendah	0,030	—	—	9,00 -13,00	—	—	—	—	≥18	≥49	—	—	—	—
34	321	18Cr-11Ni-Ti	0,05	—	—	—	17,00 -20,00	—	—	Ti : 0,50 -0,70	≥21	≥32	≥43	11,3	—	1399 -1423
32	316	18Cr-12Ni-Mo	—	—	—	10,00 -14,00	16,00 -18,00	2,00 -3,00	—	—	≥21	—	—	11,3	—	1371 -1399
31	316L	18Cr-12Ni-Mo C rendah	0,030	—	—	12,00 -16,00	—	—	—	—	≥18	≥49	—	—	—	—
31	—	18Cr-12Ni-Mo-Cu	0,08	—	—	10,00 -14,00	17,00 -19,00	1,20 -2,75	1,00 -2,50	—	≥21	≥32	—	—	—	—
34	—	18Cr-12Ni-C rendah	0,030	—	—	12,00 -16,00	—	—	—	—	≥18	≥49	—	—	—	—
34	301	17Cr-7Ni	0,15	—	—	6,00 -8,00	16,00 -18,00	—	—	—	≥21	≥40	≥30	11,3	—	1371 -1421
40	302	18Cr-8Ni-C tinggi	—	—	—	8,00 -10,00	17,00 -19,00	—	—	—	≥33	—	—	—	—	—
41	307S	22Cr-12Ni	0,06	—	—	13,00 -15,00	22,00 -24,00	—	—	—	—	≥32	≥43	11,0	—	1399 -1434
41	310S	25Cr-20Ni	—	1,50	—	19,00 -23,00	24,00 -26,00	—	—	—	—	—	—	11,4	—	—
41	347	18Cr-8Ni-Nb	—	1,00	—	9,00 -13,00	17,00 -20,00	—	—	Nb + Ta ≥10 = C	—	—	—	11,0	—	1399 -1423
30	403	13 Cr- C rendah-Si rendah	0,15	0,50	1,00	≤0,60	11,30 -13,00	—	—	—	—	≥43	≥22	11,3	0,057	1482 -1512
31	410	13Cr-C rendah	—	1,00	—	11,30 -13,00	—	—	—	—	—	—	≥22	—	—	—
Rata-rata			0,20	0,35	0,60 -1,20	—	—	—	—	—	≥24	41 -52	≥23	11,3	0,108	1440 -1520

Sumber :Prof.Dr.Ir Harsono Wiryosumarto,Teknologi Pengelasan Logam.Hal110

2.7. Perencanaan Sambungan Las Terhadap Perencanaan Kontruksi

Mengelas adalah cara menyambung logam dengan pengaruh panas , baik dipanasi sampai lunak baru disambung ditekan maupun dipanasi sampai mencair (las cair)

Keuntungan keuntungan pengelasan :

1. Kekuatannya lebih besar dan sambungannya lebih rapat
2. berat sambungan lebih besar, maka cocok untuk konstruksi yang memerlukan bahan lebih.
3. pada konstruksi sambungan berhadapan (bult join) tidak diperlukan plat untuk penutup.
4. saat pengelasan tidak menimbulkan suara bising
5. lebih praktis dan ekonomis baik dari segi material maupun biaya.

Syarat – syarat dalam pengelasan harus dipenuhi dengan cara yaitu menempatkan atau memberikan tanda gambar pada gambar rencana. biasanya tanda gambar terdiri atas tanda gambar pelengkap yang ditempatkan pada garis tanda.

2.8. Klasifikasi Pengelasan Berdasarkan Cara Pengelasan

Sampai saat ini banyak sekali cara – pengklasifikasian yang digunakan dalam bidang las , hal ini disebabkan karena belum adanya kesepakatan dalam hal tersebut.

Secara konvensional cara tersebut dibagi dalam dua golongan yaitu berdasarkan cara kerja dan energi yang digunakan:

- a. Berdasarkan cara kerja pembagian las dapat dikelompokkan : las cair, las tekan, pematrian dan lainnya
- b. Berdasarkan energi yang digunakan dapat dikelompokkan : las listrik, las kimia, las mekanik dan lainnya.

Adapun pengertian dari pengelasan berdasarkan cara kerja antara lain :

1. Sambungan Las Cair

Sambungan las cair adalah sambungan yang banyak digunakan konstruksi yang masih dibagi lagi dalam elektroda terumpan dan elektroda tak terumpan.

2. Sambungan Las Tekan

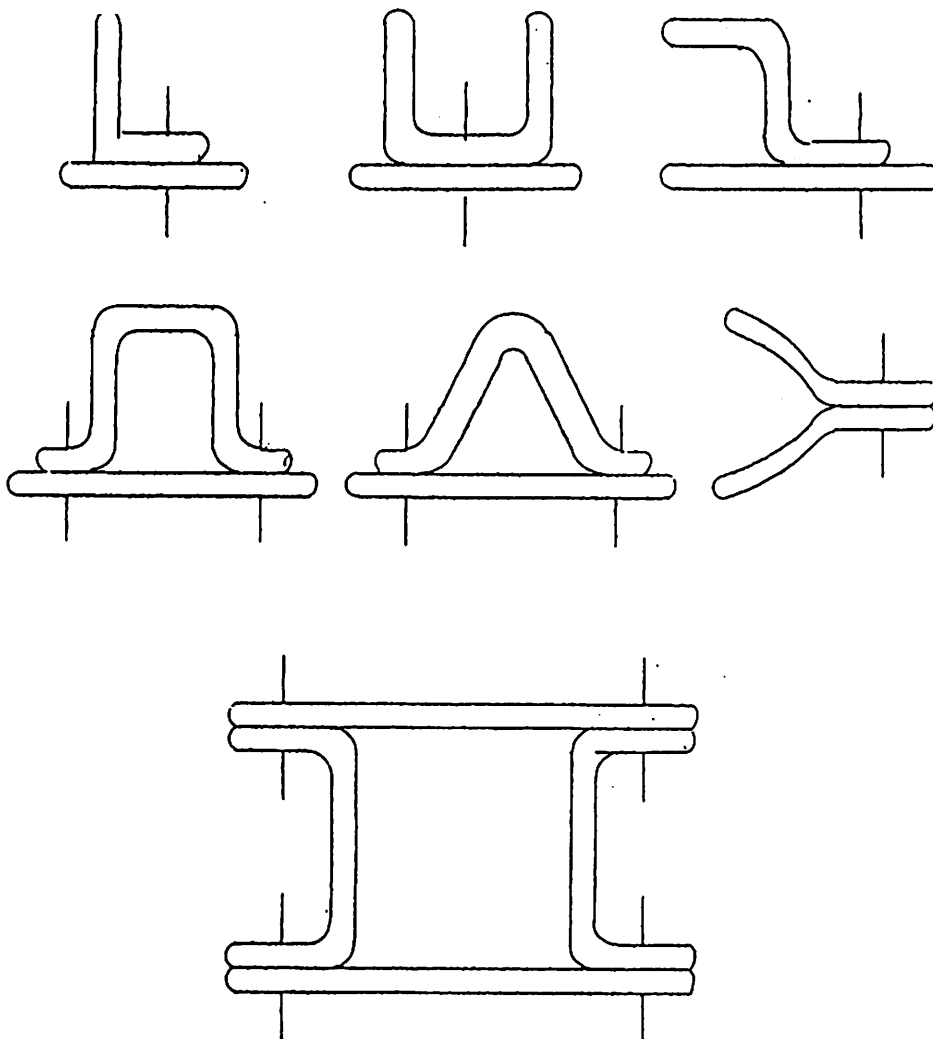
Jenis sambungan yang dapat dilakukan dengan las tekan adalah sambungan tumpang dimana dalam pelaksanaannya dapat berupa las tekan, las gesekan/friksi, las ultra sonok, las tekan dingin, las tekan panas dan las resistensi yang meliputi las listrik dan las garis.

3. Sambungan Patri

Sambungan patri adalah semacam sambungan las yang menggunakan sifat metalurgi dimana logam dapat dipadu dengan temperatur cairnya. Penyambungan patri dapat dilakukan dengan mengisi logam pengisi atau logam patri cair kedalam celah dari logam yang disambung. Dalam hal ini logam patri akan meresap dan melekat pada logam induk secara kapiler. Logam patri dibagi menjadi dua golongan yaitu golongan patri lunak dan keras. Logam patri dengan titik cair kurang dari 427°C termasuk logam patri lunak. Untuk mengimbangi logam patri induk permukaan lekat harus lebih luas dari pada penampang logam induk. Sambungan patri biasanya digunakan untuk penyambungan plat tipis

Gambar 2.10

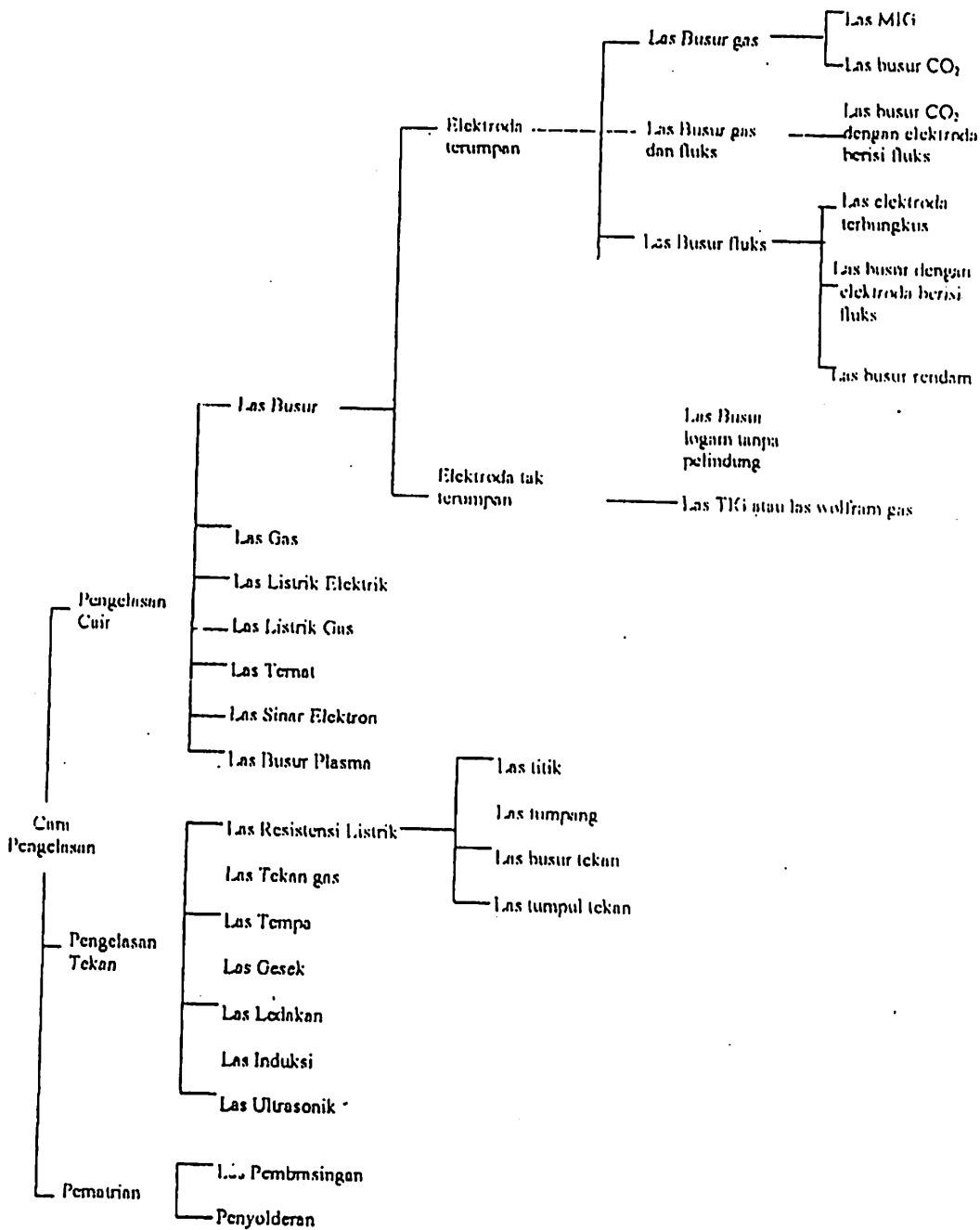
Las tekan resistansi (titik atau garis)



Sumber :Prof.Dr.Ir Harsono Wiryosumarto,teknologi pengelasan logam,hal 162

Tabel 2.11

Klasifikasi cara pengelasan

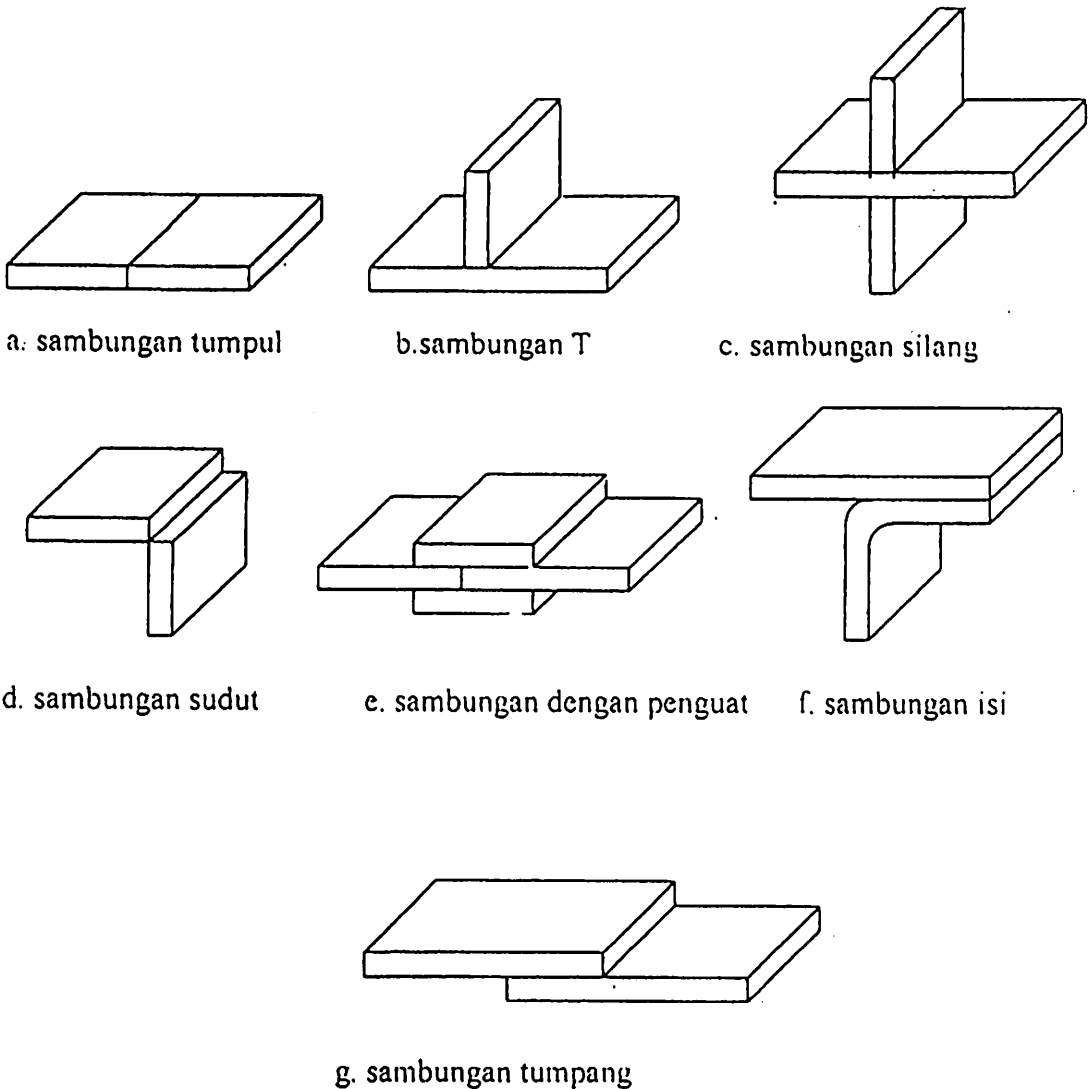


Sumber :Prof.Dr.Ir Harsono Wiryosumarto,teknologi pengelasan logam,hal 8

2.9 Jenis Sambungan Las dan Bentuk Alur

1. Sambungan Las Dasar

Sambungan las dalam konstruksi baja pada dasarnya dibagi dalam sambungan tumpul ,sambungan T,sambungan sudut dan sambungan tumpang.



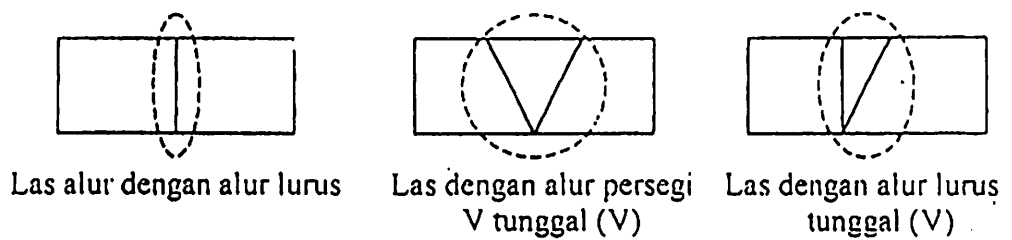
Gambar 2.11

Jenis –jenis sambungan dasar

Sumber :Prof.Dr.Ir Harsono Wiryosumarto,teknologi pengelasan logam,hal 157

2. Sambungan Tumpul

Sambungan tumpul adalah jenis sambungan yang paling efisien. sambungan ini dibagi menjadi 2 yaitu sambungan penetrasi penuh dan sambungan penetrasi sebagian.



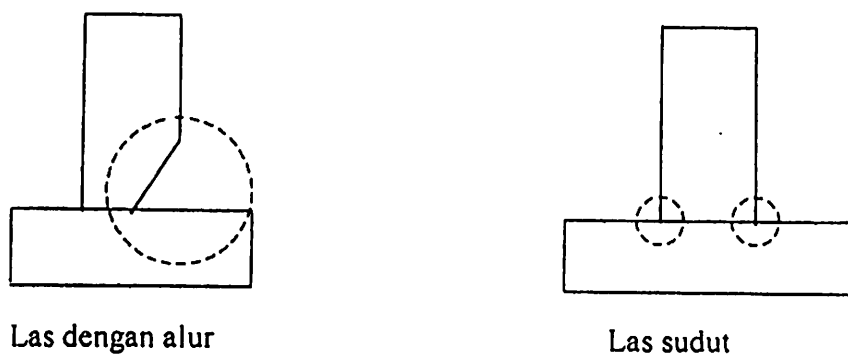
Gambar 2.12

Alur sambungan las tumpul

Sumber :Prof.Dr.Ir Harsono Wiryosumarto,teknologi pengelasan logam,hal 159

3. Sambungan bentuk T dan Bentuk silang

Pada kedua sambungan ini secara garis besar dibagi dala dua jenis yaitu las dengan alur dan jenis las sudut



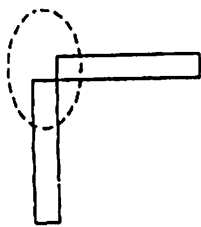
Gambar 2.13

Sambungan T

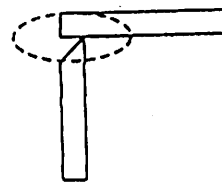
Sumber :Prof.Dr.Ir Harsono Wiryosumarto,teknologi pengelasan logam,hal 159

4. Sambungan sudut

Dalam sambungan ini dapat terjadi penyusutan dalam arah tebal plat yang dapat menyebabkan terjadinya retak lumet, hal ini dapat dihindari dengan membuat alur pada plat tebal



Las sudut



Las sudut dengan alur

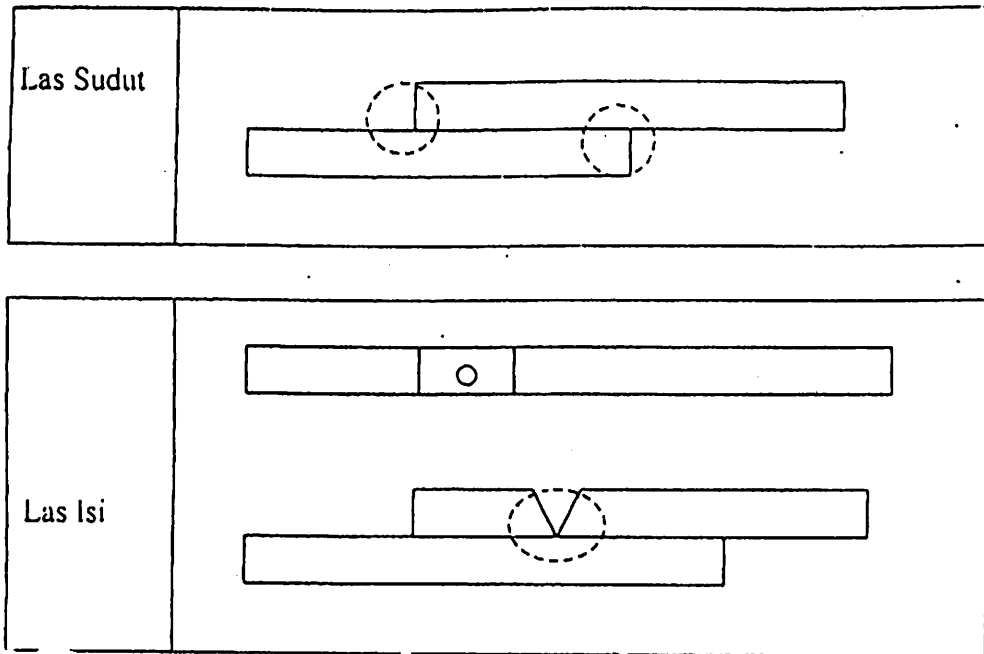
Gambar 2.14

Sambungan sudut

Sumber : Prof. Dr. Ir. Harsono Wiryosumarto, teknologi pengelasan logam, hal 160

5. Sambungan Tumpang

Sambungan tumpang dibagi dalam tiga jenis seperti ditunjukkan dalam gambar 2.9, karena sambungan ini efisiensinya rendah maka jarang sekali digunakan untuk pelaksanaan penyambungan dalam konstruksi. Sambungan tumpang biasanya dilakukan dengan las sudut dan las sisi.



Gambar 2.15

Sambungan tumpang

Sumber :Prof.Dr.Ir Harsono Wiryosumarto,teknologi pengelasan logam,hal 160

2.10 Tanda – Tanda Gambar Dalam Pengelasan

Syarat –syarat dalam pengelasan sangat penting bagi mutu dalam sambungan las, karena itu syarat-syarat tersebut harus disampaikan dengan baik dan tepat kepada juru las.cara paling tepat adalah menempatkan tanda – tanda gambar pada gambar kontruksi. Tanda gambar ini telah distandardkan oleh AWS, JIS, BS, DIN dan sitem standar lainnya.standarisasi tanda gambar juga telah dilakukan oleh ISO.

Tanda gambar las biasanya teriri 2 yaitu tanda gambar dasar dan tanda gambar pelengkap yang kedua-duanya ditempatkan pada garis tanda.

2.10.1 Tanda Gambar Dan Pelengkap

Berdasarkan tanda gambar dasar, pengelasan dibagi dalam las alur,las sudut listrik dan las resistansi alur diberi tanda sesuai dengan bentuk alur dan las resistansi dibedakan dalam jenisnya misalnya las titik atau las garis

Tabel 2.12

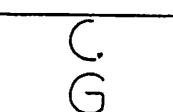
Tanda – tanda Dasar

	Jenis lasan	Tanda	Keterangan
LAS TUMPUK	Flens Ganda		Garis tegak di sebelah kiri
	Flens Tunggal		
	Persegi		
	Alur V		Simetri terhadap garis tanda
	Alur X		
	Alur Tirus		
	Alur K		Simetri terhadap garis tanda
	Alur J		Garis tegak di sebelah kiri
	Alur J ganda		Simetri terhadap garis tanda
	Alur U		Simetri terhadap garis tanda
	Alur U Ganda		
	V Terbuka		
	X Terbuka		Simetri terhadap garis tanda
	Tirus terbuka		Garis tegak di sebelah kiri
	K Terbuka		Simetri terhadap garis tanda
LAS SUDUT	Tunggal		Garis tegak disebelah kiri
	Ganda		Simetri terhadap garis tanda
	Titik		Simetri terhadap garis tanda
	Proyeksi		Simetri terhadap garis tanda
	Tumpang		Simetri terhadap garis tanda
	Pijaratau Lantak		Simetri terhadap garis tanda

Sumber :Prof.Dr.Ir Harsono Wiryosumarto,teknologi pengelasan logam,hal 164

Tabel 2.13

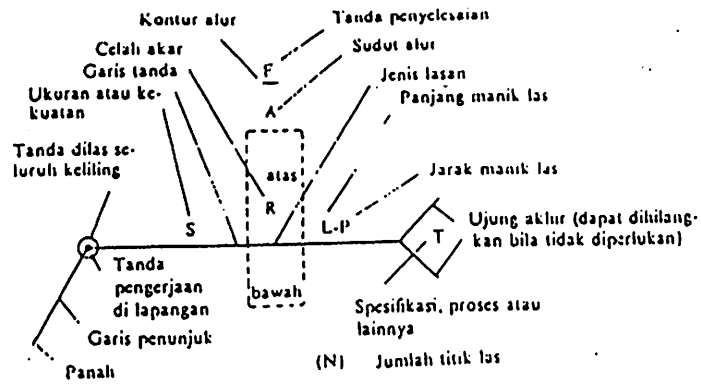
Tanda –Tanda Tambahan

Pembagian		Tanda tambahan	
Kontur lasan	Datar	—	
	Cembung		Cembung keluar terhadap garis tanda
	Cekung		Cembung keluar terhadap garis tanda
	Pahat	C	
	Gerinda	G	
	Mesin	M	
Pengelasan di lapangan		•	Bila sudah jelas harus dilas keliling, tanda ini tidak perlu
Pengelasan keliling			
Pengelasan keliling			
Di lapangan			

Sumber :Prof.Dr.Ir Harsono Wiryosumarto,teknologi pengelasan logam,hal 165

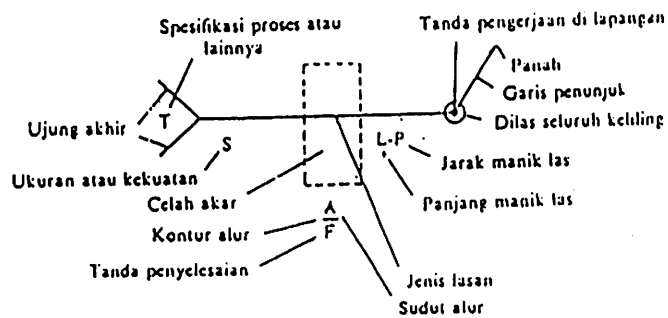
2.10.2 Cara Penempatan Tanda Gambar

Penempatan dan cara penggambaran tanda pengelasan dalam gambar harus mengikuti peraturan – peraturan. Cara penempatan tanda gambar dan ukuran dapat dilihat dalam gambar dibawah ini



(a) Sisi yang dilas adalah sisi di balik panah.

(N) Jumlah titik las



(b) Sisi yang dilas adalah sisi panah.

Gambar 2.16

Contoh penempatan tanda gambar

Sumber :Prof.Dr.Ir Harsono Wiryosumarto,teknologi pengelasan logam,hal 166 .

2.11 Kekuatan Sambungan Las

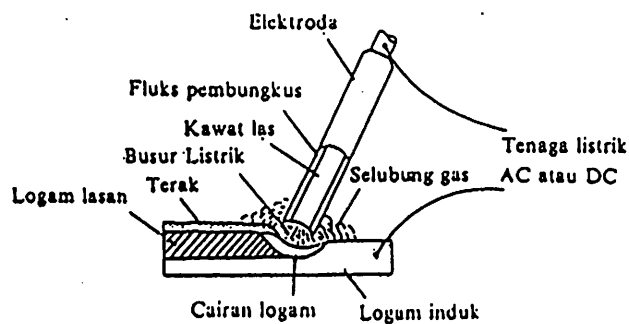
Dalam pembuatan kerangka mesin penghalus garam ini direncanakan penyambungan dengan pengelasan kapiler. Pertimbangan pengelasan dengan metode penyambungan didasarkan pada kekuatan sambungan las yang cukup baik dan mudah dalam pengerjaannya. Perhitungan kekuatan sambungan las terhadap beban yang diterima kerangka dimaksudkan agar sambungan pada kerangka tersebut mampu menerima beban –beban yang diakibatkan oleh berat mesin,pengaruh putaran pulley,poros dan rotator

2.12 Pemilihan Las Pada Kontruksi

Dalam teknologi pengelasan, las diklasifikasikan berdasarkan cara kerja dan energi yang dibutuhkan, dan tentunya pada penggunaannya harus disesuaikan dengan bahan yang akan dilas serta kegunaannya.

2.12.1 Las Elektoda Terbungkus

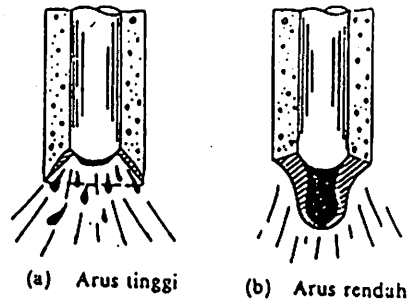
Las elektoda terbungkus adalah cara pengelasan yang banyak dipakai pada saat ini. Pengelasan ini menggunakan kawat elektroda logam yang dibungkus dengan fluks, karena panas dari busur listrik maka logam induk dan ujung elektroda tersebut mencair dan kemudian membeku bersama, bahan fluks yang cair membentuk terak yang kemudian menutupi logam yang terkumpul pada sambungan sebagai oksidasi.



Gambar 2.17

Las busur elektroda terbungkus

Sumber : Prof.Dr.Ir Harsono Wiryosumarto, teknologi pengelasan logam, hal 9



Gambar 2.18.

Pemindahan logam cair

Sumber :Prof.Dr.Ir Harsono Wiryosumarto,teknologi pengelasan logam,hal 9

Secara umum logam mempunyai sifat mampu las yang tinggi bila pemindahan cairan terjadi dengan butiran yang halus yang mempengaruhi besar kecilnya arus serta komposisi dari bahan fluks. Dalam las elektroda terbungkus fluks memegang peranan penting karena fluks dapat bertindak sebagai:

1. Pemantap busur dan penyebab kelancaran pemindahan butir – butir cairan logam
2. sumber terak atau gas yang dapat melindungi logam cair terhadap udara sekitarnya
3. pengatur penggunaan
4. sumber unsur-unsur paduan

2.12.2 Macam dan Fungsi Elektroda Terbungkus

Tabel 2.14

Macam dan fungsi bahan fluks

Pengaruh Bahan Fluks	Peman Tap Busur	Pemben tuk terak	Deoksi dator	Oksi dator	Pem bentuk gas	Penambah An unsur Paduan	Pengual Penibung kus	Pengi kat fluks
Selulosa			O		O		O	
Lempeng Silikat	O	O						
Talek	O	O						
Titanium oksida	O	O						
Ilmenit	O	O						
Feroksida	O	O		O				
Kalsium karbonat	O	O		O	O			
Ferro mangan		O	O			O		
Mangan dioksida		O		O		O	O	
Pasir Silisium		O		O		O		
Kalium silikat	O	O						O
Natrium silikat	O	O						O

O Fungsi utama
O Fungsi tambahan

Sumber :Prof.Dr.Ir Harsono Wiryosumarto,teknologi pengelasan logam,hal 10

2.13 Cacat Las

Dalam pengelasan selalu terjadi cacat las .karena itu seorang juru las harus menguasai sebab-sebab cacat dan usaha menaggulangnya.

Cacat las juga sering terjadi bila pengelasan diawali dengan las ikat ,sehingga pada daerah pengikatan tersebut selalu terjadi cacat las. Untuk

perbaikannya cacat tersebut harus dibuang dan dilakukan pengelasan lawan.pembuangan dan pembersihan cacat ini dapat dilakukan dengan tiga cara :

1. Pemotongan dengan busur dan udara
2. pemotongan dengan gas
3. digerinda

2.14 Menentukan Kekuatan Las

2.14.1 Menentukan tegangan Geser Las

$$Fs = \frac{B}{s.L}$$

Dimana : F_s = tegangan geser las (kg/mm^2)

B = beban pada kontruksi (kg)

S = tebal plat (mm)

L =Panjang las (mm)

2.14.2 Menentukan kekuatan las

a. Luas Penampang Kampuh

$$A = I . s$$

Dimana : A = luas penampang memanjang kampuh (mm^2)

I = lebar plat (mm)

s = tebal plat (mm)

b. Kekuatan Sambungan Las

$$F = A \cdot F_s$$

Dimana :F = kekuatan sambungan las (kg)

A = luas penampang memanjang kampuh (mm²)

F_s= tegangan geser las (kg/mm²)

2.14.3 Menentukan tegangan Ijin Las

$$\sigma_t = \frac{\sigma}{sf}$$

Dimana : σ_t = tegangan ijin bahan(kg/mm²)

σ = kekuatan tarik bahan konstruksi (kg/mm²)

Sf = faktor keamanan

2.15 Gerinda Pemasah

Komponen dari pemasah ubi disini dinamakan gerinda pemasah, karena mempunyai fungsi yang sama dengan gerinda. Memasah atau menggerinda dapat diartikan dengan menghauskan dengan menggesek atau mengasah.

Ukuran dan bentuk gerinda pemasah ubi disamakan dengan bentuk dan besarnya ubi. Adapun ukuran gerinda diambil dari ukuran terkecil pada ubi.

2.15.1 Bahan Gerinda Pemasah

Bahan yang digunakan pada gerinda pemasah ubi adalah terbuat dari kayu yang dilapisi bahan seng. Bahan ini dipilih karena mudah dibentuk dan tidak diperlukan kekerasan yang tinggi karena lawan gesekannya adalah ubu lunak. Seng juga memiliki sifat anti karat, ini sangat dibutuhkan karena berhubungan dengan air.

2.15.2 Prinsip Kerja Gerinda

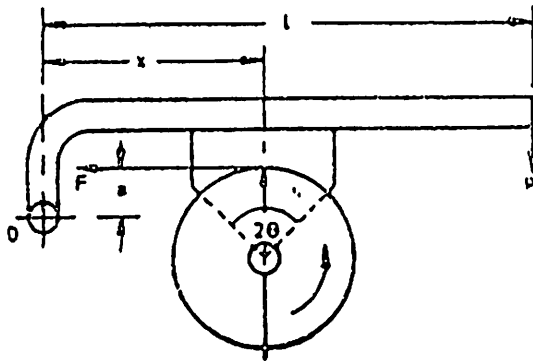
Prinsip kerja dari gerinda tersebut hampir sama dengan rem blok tunggal, hanya saja pada gerinda pemasah ubi tidak ditekankan hingga berhenti. Pengikisan ubi terjadi karena diakibatkan adanya gaya gesek pada ubi dan gerinda pemasah.

2.15.3 Rumus Perhitungan Gerinda

Dalam mencari harga – harga dari gerinda pemasah tersebut menggunakan rumus yang dipakai dalam mencari harga- harga pada rem blok tunggal.

Gambar 2.19

Rem Blok Tunggal



Sumber : Khurmi, Machine Design, Hal 884

1. Perhitungan Gaya Gesek

$$F = \mu \cdot Q$$

Dimana :

f = gaya gesek yang ditimbulkan (Kg)

μ = Koefisien Gesek

Q = Gaya tekan blok terhadap drum

2. Torsi yang diserap oleh drum rem

$$T = f \cdot \left[\frac{D}{2} \right] \text{ atau } T = \mu \cdot Q \left[\frac{D}{2} \right]$$

3. Gaya yang diberikan kepada tuas

$$F = Q \frac{l_1}{l_2} = \frac{f l_1}{\mu l_2} \text{ (Kg)}$$

BAB III

PERENCANAAN DAN PERHITUNGAN

3.1. Kapasitas Mesin

Pada mesin pemasah ubi untuk bahan kue Carang Mas kapasitas produksi diharapkan dapat mencapai 205 buah/jam dengan penggerak motor listrik. Untuk menetapkan putaran mesin, rencana per menit yakni setengah dari kemampuan produksi mesin, jika produksi yang diharapkan 205 buah/jam maka putaran rencana adalah 65 putaran per menit.

Asumsi I

Daya tekan dari pemasah dengan ubi yang ditimbulkan adanya gesekan dan pemasahan pada saat bekerja diambil sebesar :

- Diameter pemasah $D = 75 \text{ mm}$
- Gaya tekan ubi terhadap pemasah $F = 0,5 \text{ kg}$
- Koefisien gesek antara ubi dengan pemasah $\mu = 0,2$
- Berat pemasah $W = 1,5 \text{ kg}$
- Tebal pemakanan $t = 3 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Diameter Tembereng} & : d = \frac{1}{2} \cdot D \cdot \sin \theta \\
 & = 0,5 \cdot 75 \cdot \sin 45^\circ \\
 & = 53 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Tinggi Tembereng} & : h = r - \left(\sqrt{r^2 + h^2} \right) \\
 & = 37,5 - \left(\sqrt{37,5^2 - 26,5^2} \right) \\
 & = 11 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

➤ Luas Bidang Pemasah : $A = \Pi \cdot (2r^2 + h^2)$

$$= 3,14 \cdot (2 \cdot 26,5^2 + 11^2)$$

$$= 4790 \text{ mm}^2$$

➤ Luas 1 mata pemasah (a)

$$a = \Pi \cdot r^2$$

$$= 3,14 \cdot 1^2$$

$$= 3,14$$

➤ Luas Mata Total (at)

$$At = a \cdot \text{Jumlah Mata Pemasah}$$

$$= 3,14 \cdot 382$$

$$= 119,5 \text{ mm}$$

➤ Volume 1 buah ubi (I)

$$I = \left(\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot 60^3 \right) \left(\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot 45^3 \right)$$

$$= (4,188 \cdot 60^3) \cdot (4,188 \cdot 45^3)$$

$$= 3452269'' \text{ mm}^3$$

➤ Kapasitas Produksi Ubi (Q)

$$Q = \frac{At \cdot n_2 \cdot t}{I} \cdot 60$$

$$= \frac{1199,5 \cdot 787,3}{3452269''} \cdot 60$$

$$= 204,68 \approx 205 \text{ buah/jam}$$

➤ Gaya Gesek yang ditimbulkan ubi terhadap pemasah (f)

$$f = \mu \cdot F$$

$$= 0,2 \cdot 0,5$$

$$= 0,1 \text{ Kg}$$

➤ Moment Torsi yang diserap pemasah (T)

$$T = (f + W) \cdot R$$

$$= (0,1 + 1,5) \cdot 37,5$$

$$= 56,35 \approx 57 \text{ kg} \cdot \text{mm}$$

Asumsi II

Menentukan Daya Rencana di perlukan terlebih dahulu gaya potong terhadap ubi, untuk mengetahui besarnya gaya potong, ditetapkan daya yang di transmisikan yaitu :

$$P_d = \text{Daya Rencana (HP)}$$

$$T = \text{Torsi}$$

$$\triangleright P_d = \frac{T \cdot n_2}{9,74 \cdot 10^5}$$

$$\begin{aligned} n_2 &= \frac{n_1 \cdot d_p}{D_P} \\ &= \frac{1450.95}{175} \end{aligned}$$

$$= 787 \text{ Rpm}$$

$$\begin{aligned} \triangleright P_d &= \frac{T \cdot n_2}{9,74 \cdot 10^5} \\ &= \frac{57.787}{9,74 \cdot 10^5} \end{aligned}$$

$$= 0,5 \text{ Kw}$$

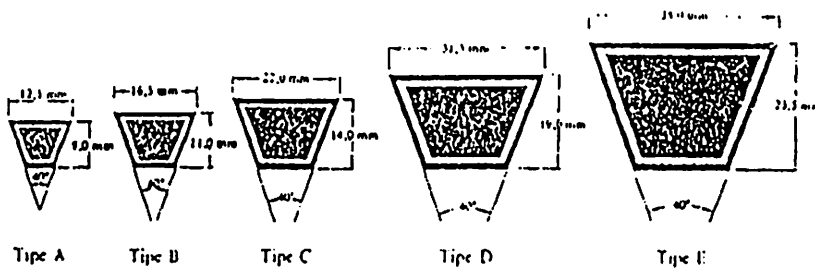
$$\begin{aligned} \triangleright P &= P_d / f_c \\ &= 0,5 / 1,1 \\ &= 0,5 \text{ Kw} \end{aligned}$$

dimana 1 Kw = 1,36 Hp

$$\begin{aligned} \text{Maka } p &= 0,5 \cdot 1,36 \\ &= 0,7 \text{ Hp.} \end{aligned}$$

3.3 Perhitungan Sabuk – V

- Jenis Sabuk – V Type A
- Diameter pulley Wheel (yang digerakkan) = 175 mm
- Diameter pulley pinion (yang menggerakkan) = 95 mm
- Jarak antar kedua sumbu poros (c) = yang diambil 1,5 sampai 2 kali diameter pulley wheel, maka $c = 1,5 \cdot 184 = 276 \text{ mm}$



Gambar 3.1

Ukuran sabuk penampang sabuk

Sumber : Sularso, Dasar perencanaan dan pemilihan elemen mesin, hal. 164

1. Panjang sabuk

$$\begin{aligned}
 L &= 2C + \frac{1}{2}(D_p + d_p) + \frac{1}{4C}(D_p - d_p)^2 \\
 &= 2.276 + 1,57(175 + 95) + \frac{1}{4.276}(175 - 95)^2 \\
 &= 981 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Panjang sabuk di pasaran tidak ada seperti ukuran di atas, maka diambil yang mendekati. Nomor sabuk yang digunakan adalah sabuk-VL = 991mm

2. Jarak sumbu poros sesungguhnya (C)

$$\begin{aligned}
 b &= 2L - \pi(D_p + d_p) \\
 &= 2 \cdot 991 - 3,14(175 + 95) \\
 &= 1134,2 \text{ mm} \\
 C &= \frac{b + \sqrt{b^2 - 8(D_p - d_p)^2}}{8} \\
 C &= \frac{1134,2 + \sqrt{1134,2^2 - 8(175 - 95)^2}}{8}
 \end{aligned}$$

Syarat jarak sumbu harus sebesar 1,5 sampai 2 kali diameter puli besar, maka $262 \leq 280,7 \leq 350 \sim \text{baik}$.

3. Sudut kontak (θ)

$$\begin{aligned}
 \theta &= \frac{D_p - d_p}{C} \\
 &= 3,14 \frac{175 - 95}{280,7} \\
 &= 2,85 \text{ rad} = 163^\circ \rightarrow K_o = 0,97
 \end{aligned}$$

4. Torsi yang ditransmisikan

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{N_o \cdot 4500}{2} \\
 &= \frac{0,05 \cdot 4500}{2\pi \cdot 600} \\
 &= 0,06 \text{ kgm} \approx 60 \text{ kgmm}
 \end{aligned}$$

5. Gaya sabuk pada puli

$$T = (F_1 - F_2) r$$

$$60 = (F_1 - F_2) 87,5$$

$$(F_1 - F_2) = 0,7 \text{ kg}$$

maka,

$$2,3 \log \frac{F_1}{F_2} = \mu \cdot \theta$$

$$\log \frac{F_1}{F_2} = \frac{0,3 \cdot 2,85}{2,3} = 0,85$$

$$\frac{F_1}{F_2} = 7$$

$$F_1 = 7 \cdot F_2$$

Dari persamaan (i) maka F_1 dan F_2 adalah :

$$7 F_2 - F_2 = 0,7$$

$$6 \cdot F_2 = 0,7$$

$$F_2 = \frac{0,7}{6} = 0,12 \text{ kg}$$

$$F_1 = 7 \cdot F_2$$

$$= 7 \cdot 0,12 = 0,8 \text{ kg}$$

9. Tegangan yang timbul akibat gaya sentrifugal

$$\begin{aligned}
 \sigma_c &= \frac{\gamma \cdot V^2}{10 \cdot g} \\
 &= \frac{1,3,6,96^2}{10,9,81} \\
 &= 0,64 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

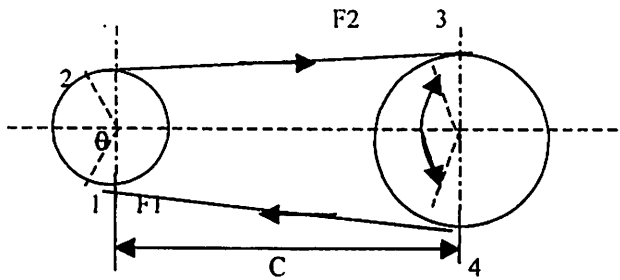
dimana : γ = Berat Jenis $\left(\frac{\text{kg}}{\text{mm}^3} \right)$

g = gravitasi $\left(\frac{\text{m}}{\text{det}^3} \right)$

10. Tegangan oleh beban bending (σ_b)

$$\begin{aligned}
 \sigma_{b1} &= E \frac{h}{dp} \\
 &= 450 \frac{9}{95} \\
 &= 42,6 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{b2} &= E \frac{h}{Dp} \\
 &= 450 \frac{9}{175} \\
 &= 23,14 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

11. Tegangan maksimum pada sabuk (σ_{max})

A = Luas penampang

$$= b \cdot h - \text{tg}(0,5 \cdot 40) h^2$$

$$= 12,5 \cdot 9 - \text{tg}20 \cdot 9^2$$

$$= 83,01 \text{ mm}^2 \sim 0,83 \text{ cm}^2$$

- Untuk bagian 1 $\frac{s}{d} 2 = 4 \frac{s}{d} 1$

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= \frac{F_1}{A} \\ &= \frac{0,8}{0,83} \\ &= 0,96 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

- Untuk bagian 2 $\frac{s}{d} 3 = 3 \frac{s}{d} 4$

$$\begin{aligned} \sigma_2 &= \frac{F_2}{A} \\ &= \frac{0,12}{0,83} \\ &= 0,14 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\sigma_1 > \sigma_2 \quad \text{dan} \quad \sigma_{b1} > \sigma_{b2}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\max} &= \sigma_1 + \sigma_{b1} + \sigma_c \\ &= 0,96 + 42,6 + 0,64 \\ &= 44,2 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\text{Syarat } \sigma_{\max} \leq \sigma - 44,2 \leq 90 \sim \text{baik}$$

12. Umur pemakaian sabuk (H)

$$\begin{aligned}H &= \frac{10^7 \cdot L}{3600 \cdot V \cdot X \left(\frac{\sigma_L}{\sigma_{\max}} \right)^8} \\ &= \frac{10^5 \cdot 991}{36 \cdot 6,96 \cdot 2 \left(\frac{90}{43,34} \right)^8} \\ &= 852784 \text{ jam}\end{aligned}$$

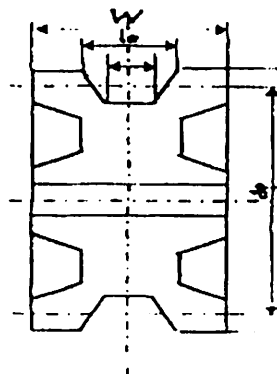
dimana :

X = jumlah puli

$$\sigma_L = \text{batas tegangan lelah} = 90 \text{ kg/cm}^2$$

(Ir. Amiril, toleransi, Pelumasan dan Toleransi Sabuk, rantai, hal 37)

3.4. Perencanaan Puli



- Diameter puli pinion (d_p) = 95 mm
- Diameter puli wheel (D_p) = 175 mm
- Tebal puli ($2f$) = 20 mm
- Tinggi kaki (k) = 4,5 mm
- Lebar alur dalam (l_o) = 9,2 mm
- Lebar puli luar (w) = 11,95 mm

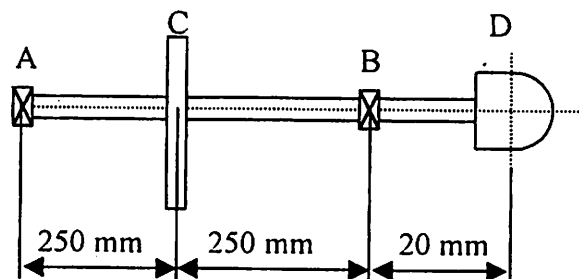
1. Diameter luar puli pinion (d_k)

$$\begin{aligned} D_k &= d_p + 2k \\ &= 95 + 2 \cdot 4,5 \\ &= 104 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_k &= D_p + 2k \\ &= 175 + 2 \cdot 4,5 \\ &= 184 \text{ mm} \end{aligned}$$

3.5. Perhitungan Poros

3.5.1 Momen Bending akibat Gaya Vertikal bila Puli di Dalam Bantalan



- berat puli wheel $W = 3 \text{ kg}$

1. Beban vertikal pada puli (C)

$$W_c = F_1 + F_2 + W$$

$$= 0,8 + 0,12 + 3$$

$$= 3,92 \text{ kg}$$

2. Momen torsi pada puli

$$T = (F_1 - F_2) r$$

$$= (0,8 - 0,12) 92$$

$$= 62,5 \text{ kg mm}$$

3. Beban vertikal pada poros D

$$W_D = W_{\text{gerinda}}$$

$$= 1 \text{ kg}$$

4. Analisa tegangan lentur

▪ Momen bending akibat gaya vertikal

- Reaksi pada bantalan

$$R_{AV} + R_{BV} = 3,92 + 1$$

- Reaksi pada bantalan B

$$R_{BV} (AC + CB) - W_D (BD + CB) - W_C (CB) = 0$$

$$R_{BV} = \frac{W_D (BD + CB) + W_C (CB)}{AC + CB}$$

$$= \frac{1(20 + 250) + 3,92 \cdot 250}{250 + 250}$$

$$= 2,5 \text{ kg}$$

- Reaksi pada bantalan A

$$RAV = 4,92 - RBV$$

$$= 4,92 - 2,5$$

$$= 2,42 \text{ kg}$$

- Momen bending pada puli (C)

$$MCV = RAV \cdot AC$$

$$= 2,42 \cdot 250$$

$$= 605 \text{ kg mm}$$

- Momen bending pada poros D

$$MDV = RBV \cdot BD$$

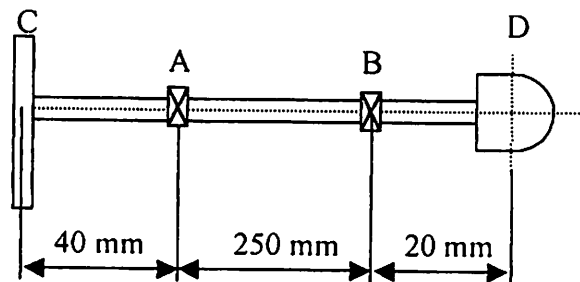
$$= 2,5 \cdot 20$$

$$= 50 \text{ kg mm}$$

- Momen bending maksimum

$$M = < CV = 605 \text{ kg mm}$$

3.5.2 Momen Bending akibat Gaya Vertikal bila Puli di Luar Bantalan



- Reaksi bantalan

$$RAV + RBV = 3,92 + 1$$

- Reaksi pada bantalan A

$$RAV (AB) - WCV (CA + AB) - WDV (DB) = 0$$

$$RAV = \frac{WCV (CA + AB) + WDV (DB)}{AB}$$

$$= \frac{3,92(40 + 460) + 1(20)}{460}$$

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

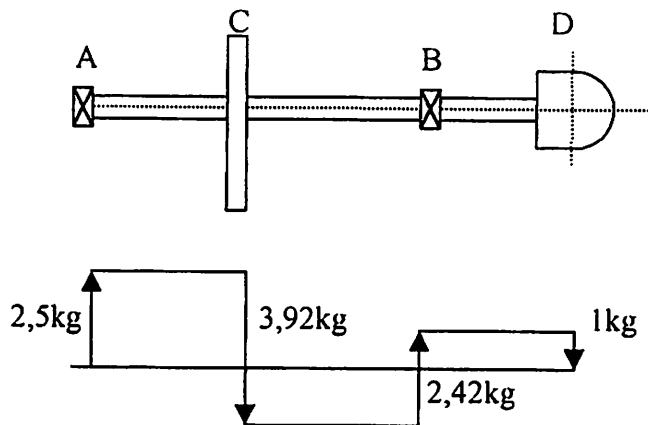
- Reaksi pada bantalan B

$$RAB = 4,92 - RBV$$

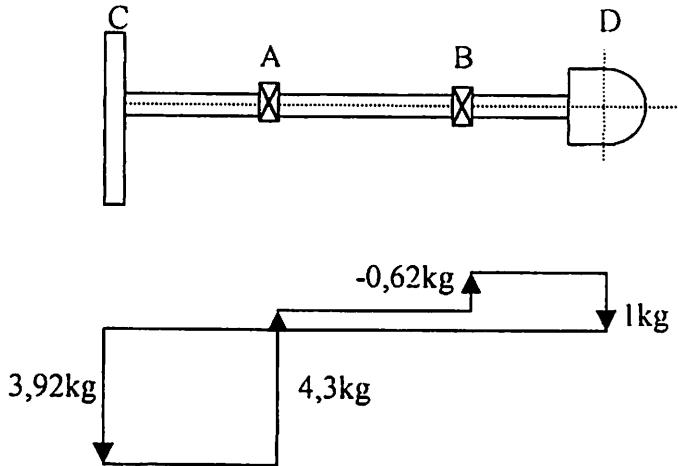
$$= 4,92 - 4,3$$

$$= -0,62 \text{ kg}$$

- Diagram gaya akibat beban vertikal (puli diantara bantalan)



- Diagram gaya akibat beban vertikal (puli diluar bantalan)



5. Pemilihan bahan poros

Poros yang digunakan S30C dengan kekuatan tarik bahan $\sigma_b = 48$ kg/mm²

- Faktor keamanan bahan untuk (S_r) = 6
- Faktor keamanan poros beralur pasak (S_r) = 3

(Sularso, dasar perencanaan dan pemilihan elemen mesin hal. 8)

6. Tegangan geser yang diizinkan (τ_a)

$$\begin{aligned}\tau_a &= \frac{\sigma_b}{S_n \cdot S_{r2}} \\ &= \frac{48}{6 \cdot 3} \\ &= 2,67 \text{ kg/mm}^2\end{aligned}$$

7. Diameter poros (d_s)

$$d_s \geq \left[\frac{5,1}{\sigma_{sa}} \sqrt{(K_m M)^2 + (K_t T)^2} \right]^{1/3}$$

$$= \left[\frac{5,1}{2,67} \sqrt{(2.605)^2 + (1,5.62,5)_2} \right]^{1/3}$$

$$= 16,25 \text{ mm}$$

Karena poros akan dipasang bantalan maka diameter poros disesuaikan dengan diameter bantalan dan diambil yang terdekat, yaitu : 17 mm.

Beban dengan tumbukan ringan (K_m) diambil sebesar 1,5 – 2,0 dan K_t diambil antara 1,0 – 1,5 (Sularso, Dasar Perencanaan dan Pemilihan, hal 8-18).

8. Pemeriksaan poros

- terhadap tegangan geser (τ)

$$\tau = \frac{T}{\pi \cdot d s^3 / 16}$$

$$= \frac{5,1.62,5}{17^3}$$

$$= 0,06 \text{ kg/mm}^2$$

Syarat $\tau_a \geq \tau - 2,67 \geq 0,06 \sim \text{baik}$

- terhadap defleksi puntir (θ)

$$\theta = 584 \frac{T \cdot l}{G \cdot d s^4}$$

$$= 584 \frac{62,5.520}{8,3.10^3.17^4} = 0,03''$$

Syarat $\theta \leq 0,25 \sim 0,03 \leq 0,25 \sim$ baik

$$G = \text{modulus geser} = 8,3 \times 10^3 \left(\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \right)$$

- terhadap lenturan (y)

$$y = 3,23 \times 10^{-4} \frac{W_1 \cdot I_1^2 \cdot I_2^2}{ds^4 \cdot I_1 + I_2^2}$$

$$= 3,23 \times 10^{-4} \frac{4,92 \cdot 250^2 \cdot 250^2}{17^4 \cdot 500} = 0,1 \text{ mm}$$

$$\text{Syarat } \frac{y}{l} \leq 0,3 \approx \frac{0,1}{0,5} = 0,25 \leq 0,3 \sim \text{baik}$$

3.6. Perencanaan Pasak

Dari diameter poros yang didapat maka dimensi pasak dapat kita tentukan melalui tabel 2.8.

3.6.1 Perencanaan Pasak Wheel

- kedalaman alur pasak pada poros (t_1) = 3 mm
- kedalaman alur pasak pada naf (t_2) = 2,3 mm
- lebar pasak (b) = 5 mm
- tinggi pasak (h) = 5 mm
- panjang pasak (l) = 17 mm

Bahan pasak S30C dengan kekuatan tarik (σ_b) $48 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$ dengan faktor

keamanan S_{F1} dan S_{F2} , yang besarnya 6 dan 1,5

1. Pemeriksaan bahan

- terhadap tegangan geser (τ)

$$F = \frac{T}{D_s/2}$$

$$= \frac{60}{17/2} = 7 \text{ kg}$$

$$\tau_k = \frac{F}{b.l}$$

$$= \frac{7}{5.15} = 3,14 \text{ kg/mm}^2$$

$$\tau_{ka} = \frac{\sigma_b}{S_{fk1} \cdot S_{fk2}}$$

$$= \frac{48}{6.1,5} = 5,3 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{Syarat } \tau_k \leq \tau_{ka} \sim 3,14 \leq 5,3$$

- terhadap tekanan permukaan (P)

$$P = \frac{F}{l.t_2}$$

$$= \frac{7}{15.2,3} = 0,02 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{tekanan permukaan yang diizinkan (Pa)} = 8 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{Syarat } Pa \geq P \sim 8 \geq 0,02 \sim \text{baik}$$

2. Pemeriksaan dimensi pasak

- Pemeriksaan lebar pasak

Syarat b/D_s terletak antara 0,25 – 0,35

$$0,25 \leq 0,3 \leq 0,35 \sim \text{baik}$$

- Pemeriksaan panjang pasak

Syarat l/D_s terletak antara 0,75 – 1,5

$$0,75 \leq 0,9 \leq 1,5 \sim \text{baik}$$

3.6.2 Perencanaan Pasak Pinion

- Diameter poros motor = 15 mm

1. Pemeriksaan bahan

- terhadap tegangan geser (τ)

$$\begin{aligned} F &= \frac{T}{d_s/2} \\ &= \frac{20}{15/2} = 2,7 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tau_k &= \frac{F}{b.l} \\ &= \frac{2,7}{5.15} = 0,036 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tau_{ku} &= \frac{\sigma_b}{S_{fk1} \cdot S_{fk2}} \\ &= \frac{48}{6.1,5} = 5,3 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Syarat } \tau_k \leq \tau_{ku} \sim 0,036 \leq 5,3$$

- terhadap tekanan permukaan (P)

$$P = \frac{F}{l \cdot t_2}$$

$$= \frac{2,7}{15,2,3} = 0,078 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{tekanan permukaan yang diizinkan (Pa)} = 8 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{Syarat } Pa \geq P \sim 8 \geq 8,7 \cdot 10^5 \sim \text{baik}$$

2. Pemeriksaan dimensi pasak

- Pemeriksaan lebar pasak

$$\text{Syarat } \frac{b}{D_s} \text{ terletak antara } 0,25 - 0,35$$

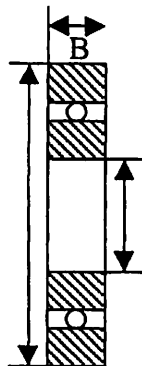
$$0,25 \leq 0,3 \leq 0,35 \sim \text{baik}$$

- Pemeriksaan panjang pasak

$$\text{Syarat } \frac{l}{D_s} \text{ terletak antara } 0,75 - 1,5$$

$$0,75 \leq 1 \leq 1,5 \sim \text{baik}$$

3.7. Perencanaan Bantalan



Bantalan yang digunakan adalah bantalan gelinding dengan elemen gelinding dengan nomor bantalan 6003.

- Diameter dalam (d) = 17 mm
- Diameter luar (D) = 35 mm
- Lebar bantalan (B) = 10 mm
- Beban putar cincin (V) = 1
- Faktor X dan Y = 0,56 & 2,5
- Kapasitas nominal bantalan spesifik (C) = 470 kg
- Beban radial bantalan A (Fr) = 2,42 kg
- Beban radial bantalan B (Fr) = 2,5 kg
- Beban aksial yang direncanakan (Fa) = 0,25 kg

3.7.1 Umur Nominal Bantalan A (Lh)

1. Beban ekivalen (Pr)

$$\begin{aligned}
 Pr &= X \cdot V \cdot Fr + Y \cdot Fa \\
 &= 0,56 \cdot 1 \cdot 2,42 + 2,5 \cdot 0,25 \\
 &= 1,98 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

2. Faktor kecepatan (fn) untuk bantalan bola

$$\begin{aligned}
 fn &= \left(\frac{33,3}{n} \right)^{1,3} \\
 \left(\frac{33,3}{600} \right)^{1,3} &= 0,38
 \end{aligned}$$

3. Faktor umur bantalan

$$\begin{aligned}
 f_h &= f_n \cdot \frac{C}{Pr} \\
 &= 0,38 \cdot \frac{470}{1,98} = 90,2
 \end{aligned}$$

4. Umur nominal bantalan bola (Lh)

$$\begin{aligned}
 L_h &= 500 \cdot f_h^3 \\
 &= 500 \cdot 90,2^3 \\
 &= 366935404 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

3.7.2 Umur Bantalan B (Lh)

1. Beban ekivalen (Pr)

$$\begin{aligned}
 Pr &= X \cdot V \cdot Fr + Y \cdot Fa \\
 &= 0,56 \cdot 1 \cdot 2,5 + 2,5 \cdot 0,25 \\
 &= 2 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

2. Faktor kecepatan (fn) untuk bantalan bola

$$\begin{aligned}
 f_n &= \left(\frac{33,3}{n} \right)^{\frac{1}{3}} \\
 &= \left(\frac{33,3}{600} \right)^{\frac{1}{3}} = 0,38
 \end{aligned}$$

3. Faktor umur bantalan

$$\begin{aligned}
 f_h &= f_n \cdot \frac{C}{Pr} \\
 &= 0,38 \cdot \frac{470}{2} = 90,2
 \end{aligned}$$

4. Umur nominal bantalan bola (Lh)

$$\begin{aligned} L_h &= 500 \cdot f_h^3 \\ &= 500 \cdot 89,3^3 \\ &= 356060978^2 \text{ jam} \end{aligned}$$

3.8. Perencanaan Motor

- Daya operasi gerinda (N_o) = 0,005 HP
- Daya transmisi 1 (N_{t1}) = 0,03 HP
- Daya transmisi 2 (N_{t2}) = 0,05 HP

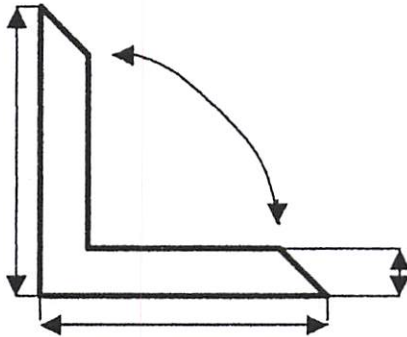
1. Daya Motor

$$\begin{aligned} N_m &= N_o + N_{t1} + N_{t2} \\ &= 0,05 + 0,04 + 0,05 \\ &= 0,14 \text{ HP} \end{aligned}$$

Motor yang digunakan disesuaikan yang ada di pasaran yaitu 0,5 HP

3.9 Analisa perhitungan

3.9.1 Perencanaan perhitungan



Konstruksi terbuat dari bahan baja ST 37 profil 50 x 50 x 3 h = 4, panjang = 500 mm

- Luas penampang

$$A1 = L1 \times b$$

$$= 50 \times 3$$

$$= 150 \text{ mm}^2$$

$$A2 = L2 \times b$$

$$= 47 \times 3$$

$$= 141 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{total}} = A1 + A2$$

$$= 291 \text{ mm}^2$$

- Momen Tahanan Bending :

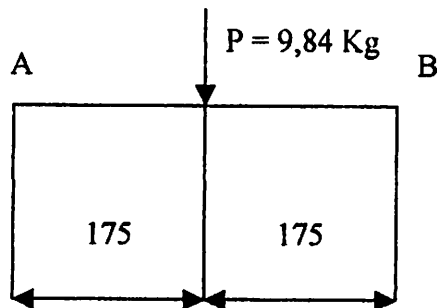
$$Wb = I / Y$$

Dimana : I = Momen Inersia..... $\frac{1}{12} \cdot B \cdot h^3$

Y = Besarnya defleksi (mm)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{A1 \times \left(\frac{b}{2}\right) + A2 \left(\frac{L2}{2}\right) + b}{A} \\
 &= \frac{150.1,5.141.26,5}{291} \\
 &= 13,6mm \\
 Wb &= \frac{1/2.3.4^3}{13,6} \\
 Wb &= 1,17kg.mm
 \end{aligned}$$

3.9.1.1 Perencanaan Kontruksi Kerangka I (Batang A – B)



- Besar defleksi yang dialami rangka atas karena mengalami pembebanan sebesar :

$$Y = \frac{P.L}{48.E.I}$$

Dimana L = Panjang kontruksi

$$Y = \frac{9,84.350}{16,13}$$

I = Momen Inersia = 16 Kg

$$Y = 213,5mm$$

E = Modulus elastis = ST 37 = 21.10^{-3}

- Momen tahanan bending

$$Wb = \frac{I}{Y} = \frac{1/12.3.4^3}{213,5} = 0,07kgmm$$

- Reaksi Pada titik A – B :

$$\Sigma MA = 0$$

$$RA = (a + b) - p.a = 0$$

$$RA = \frac{p.a}{a + b}$$

$$RA = \frac{9,84.175}{175 + 175}$$

$$RA = 4,92 \text{ Kg}$$

$$RA = RB = 4,92 \text{ Kg}$$

- Besar momen Bending pada titik A – B :

$$MB = RA \times \frac{1}{2} \times L$$

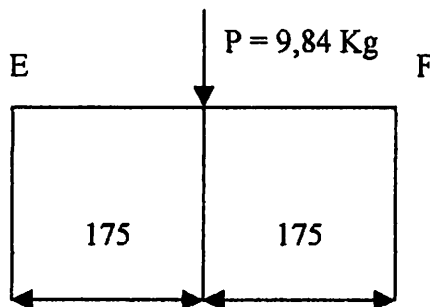
$$= 4,92 \times \frac{1}{2} \times 350$$

$$= 8,61 \text{ Kg}$$

- Besar tegangan bengkok pada titik A – B

$$\sigma_b = \frac{MB}{WB} = \frac{8,61}{0,07} = 123 \text{ kg/mm}^2$$

3.9.1.2 Pembebanan Kontruksi Rangka Rangka II (batang E – F)



- Besar defleksi yang dialami rangka atas karena mengalami pembebanan sebesar :

$$Y = \frac{P.L}{48.E.I} \quad \text{Dimana } L = \text{Panjang konstruksi}$$

$$Y = \frac{3,5.350}{16,13} \quad I = \text{Momen Inersia} = 16 \text{ Kg}$$

$$Y = 75,94 \text{ mm} \quad E = \text{Modulus elastis} = \text{ST 37} = 21.10^{-3}$$

- Momen tahanan bending

$$Wb = \frac{I}{Y} = \frac{1/12.3.4^3}{75,94} = 0,21 \text{ kgmm}$$

Reaksi Pada titik E – F :

$$\Sigma ME = 0$$

$$RE = (a + b) - p.a = 0$$

$$RE = \frac{p.a}{a + b}$$

$$RE = \frac{3,5.175}{175 + 175}$$

$$RE = 1,75 \text{ Kg}$$

$$RE = RF = 1,75 \text{ Kg}$$

- Besar momen Bending pada titik E – F :

$$MB = RE \times \frac{1}{2} \times L$$

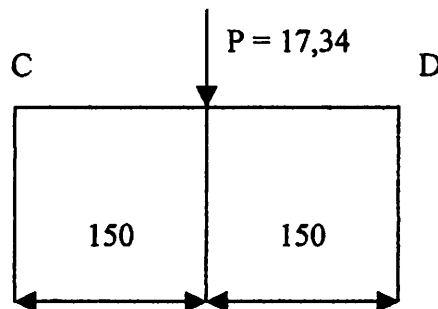
$$= 1,75 \times \frac{1}{2} \times 350$$

$$= 3,06 \text{ Kg}$$

- Besar tegangan bengkok pada titik A – B

$$\sigma_b = \frac{MB}{WB} = \frac{3,06}{0,07} = 120 \text{ kg/mm}^2$$

3.9.1.3 Kontruksi Pembebanan Rangka III (Batang C – D)



- Besar defleksi yang dialami rangka atas karena mengalami pembebanan sebesar :

$$Y = \frac{P.L}{48.E.I}$$

Dimana L = Panjang kontruksi

$$Y = \frac{17,34.350}{16,13}$$

I = Momen Inersia = 16 Kg

$$Y = 537,5mm$$

E = Modulus elastis = ST 37 = 21.10^{-3}

- Momen tahanan bending

$$Wb = \frac{I}{Y} = \frac{1/12.3.4^3}{537,5} = 0,03kgmm$$

Reaksi Pada titik A – B :

$$\Sigma MA = 0$$

$$RC = (a + b) - p.a = 0$$

$$RC = \frac{p.a}{a + b}$$

$$RC = \frac{0.03.175}{350 + 150}$$

$$RC = 12,13Kg$$

$$RC = RD = 12,13 Kg$$

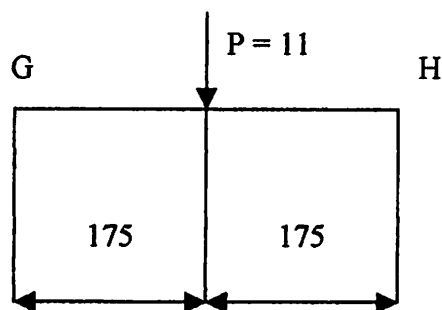
- Besar momen Bending pada titik C –D :

$$\begin{aligned} MB &= RC \times \frac{1}{2} \times L \\ &= 12,13 \times \frac{1}{2} \times 500 \\ &= 3034,5 \text{ Kgmm} \end{aligned}$$

- Besar tegangan bengkok pada titik C – D

$$\sigma_b = \frac{MB}{WB} = \frac{3034,5}{0,07} = 101,15 \text{ kg/mm}^2$$

3.9.1.4 Pembebanan konstruksi Rangka IV (Batang G – H)



- Besar defleksi yang dialami rangka atas karena mengalami pembebanan sebesar :

$$Y = \frac{P.L}{48.E.I}$$

Dimana L = Panjang konstruksi

$$Y = \frac{11.350}{16,13}$$

I = Momen Inersia = 16 Kg

$$Y = 238,68 \text{ mm}$$

E = Modulus elastis = ST 37 = 21.10^{-3}

- Momen tahanan bending

$$Wb = \frac{I}{Y} = \frac{1/12.3.4^3}{238,68} = 0, = 99kgmm$$

Reaksi Pada titik G – H :

$$\Sigma MA = 0$$

$$RG = (a + b) - p.a = 0$$

$$RG = \frac{p.a}{a + b}$$

$$RG = \frac{11.175}{175 + 175}$$

$$RG = 5,5Kg$$

$$RG = RH = 5,5 Kg$$

- Besar momen Bending pada titik G –H :

$$MB = RG \times \frac{1}{2} \times L$$

$$= 5,5 \times \frac{1}{2} \times 500$$

$$= 962,5 Kgmm$$

- Besar tegangan bengkok pada titik G - H

$$\sigma_b = \frac{MB}{WB} = \frac{962,5}{0,07} = 972,2kg / mm^2$$

3.9.2.1 Perhitungan Kerangka I (batang A –B)

- pada kerangka I menggunakan baja profil siku berukuran 50 x 50 x 3 mm
- beban yang diterima kerangka

$$P = 9,84 kg$$

- tehal pengelasan dan panjang lasan

$$t = 0,5 \text{ dan } l = 8,5 \text{ cm}$$

- a) luas pengelasan (A)

$$A = (t.b) + (l.t) + (l.b)$$

$$A = (0,5.3) + (8,5.0,5) + (8,5.3)$$

$$A = 49,25 \text{ cm}$$

- b) Tegangan Geser (f_s)

$$F_s = P/A$$

$$= 9,84/49,25$$

$$= 0,19 \text{ kg/cm}$$

- c) Tegangan Bending (f_b)

$$F_b = M / Z$$

$$f_b = 3.3,7.4,2 / 0,5.8,5^2$$

$$= 18,43 \text{ kg/cm}$$

- d) Tegangan Normal maksimal (f_{tmaks})

$$f_{tmaks} = f_b / 2 + 1/2 \cdot \sqrt{f_b^2 + 4 \cdot f_s^2}$$

$$f_{tmaks} = 18/2 + 1/2 \sqrt{18,43^2 + 4 \cdot 0,19^2}$$

$$f_{tmaks} = 178,98 \text{ kg/cm}$$

- e) Tegangan Geser Maksimal (f_{smaks})

$$f_{smaks} = 1/2 \cdot \sqrt{f_b^2 + 4 \cdot f_s^2}$$

$$f_{smaks} = 1/2 \sqrt{18,43^2 + 4 \cdot 0,19^2}$$

$$f_{smaks} = 9,215 \text{ kg/cm}$$

3.9.2.2 Perhitungan Kerangka II (batang E –F)

- pada kerangka I menggunakan baja profil siku berukuran 50 x 50 x 3 mm

- beban yang diterima kerangka

$$P = 3,5 \text{ kg}$$

- tebal pengelasan dan panjang lasan

$$t = 0,5 \text{ dan } l = 92 \text{ cm}$$

a) luas pengelasan (A)

$$A = (t.b) + (l.t) + (l.b)$$

$$A = (0,5.3) + (9,2.0,5) + (9,2.3)$$

$$A = 53,1 \text{ cm}$$

b) Tegangan Geser (f_s)

$$F_s = P/A$$

$$= 3,5/53,1$$

$$= 0,06 \text{ kg/cm}$$

c) Tegangan Bending (f_b)

$$F_b = M / Z$$

$$f_b = 3,5.37 \cdot 4,2 / 0,5 \cdot 9,2^2$$

$$= 4,32 \text{ kg/cm}$$

d) Tegangan Normal maksimal (f_{tmaks})

$$f_{tmaks} = f_b / 2 + 1/2 \cdot \sqrt{f_b^2 + 4 \cdot f_s^2}$$

$$f_{tmaks} = 4,32 / 2 + 1/2 \sqrt{4,3^2 + 4 \cdot 0,06^2}$$

$$f_{tmaks} = 4,36 \text{ kg/cm}$$

e) Tegangan Geser Maksimal (f_{smaks})

$$f_{smaks} = 1/2 \cdot \sqrt{fb^2 + 4 \cdot fs^2}$$

$$f_{smaks} = 1/2 \sqrt{4,32^2 + 4 \cdot 0,06^2}$$

$$f_{smaks} = 1,1 \text{ kg/cm}$$

3.9.2.3 Perhitungan Kerangka III (batang C –D)

- pada kerangka I menggunakan baja profil siku berukuran 50 x 50 x 3 mm

- beban yang diterima kerangka

$$P = 17,34 \text{ kg}$$

- tebal pengelasan dan panjang lasan

$$t = 0,5 \text{ dan } l = 8,5 \text{ cm}$$

a) luas pengelasan (A)

$$A = (t \cdot b) + (l \cdot t) + (l \cdot b)$$

$$A = (0,5 \cdot 3) + (8,5 \cdot 0,5) + (8,5 \cdot 3)$$

$$A = 49,25 \text{ cm}$$

b) Tegangan Geser (f_s)

$$F_s = P/A$$

$$= 17,34/49,25$$

$$= 0,35 \text{ kg/cm}$$

c) Tegangan Bending (f_b)

$$F_b = M / Z$$

$$f_b = 7,5 \cdot 37 \cdot 4,2 / 0,5 \cdot 8,5^2$$

$$= 32,6 \text{ kg/cm}$$

d) Tegangan Normal maksimal (f_{tmaks})

$$f_{tmaks} = fb/2 + 1/2 \cdot \sqrt{fb^2 + 4 \cdot fs^2}$$

$$f_{tmaks} = 10,86/2 + 1/2 \sqrt{10,86^2 + 4 \cdot 0,35^2}$$

$$f_{tmaks} = 321,42 \text{ kg/cm}$$

e) Tegangan Geser Maksimal (f_{smaks})

$$f_{smaks} = 1/2 \cdot \sqrt{fb^2 + 4 \cdot fs^2}$$

$$f_{smaks} = 1/2 \sqrt{10,86^2 + 4 \cdot 0,35^2}$$

$$f_{smaks} = 59,195 \text{ kg/cm}$$

3.9.2.4 Perhitungan Kerangka IV (batang G – H)

- pada kerangka I menggunakan baja profil siku berukuran 50 x 50 x 3 mm

- beban yang diterima kerangka

$$P = 11 \text{ kg}$$

- tebal pengelasan dan panjang lasan

$$t = 0,5 \text{ dan } l = 8,9 \text{ cm}$$

a) luas pengelasan (A)

$$A = (t \cdot b) + (l \cdot t) + (l \cdot b)$$

$$A = (0,5 \cdot 3) + (8,9 \cdot 0,5) + (8,9 \cdot 3)$$

$$A = 51,45 \text{ cm}$$

b) Tegangan Geser (f_s)

$$F_s = P/A$$

$$= 11/51,45$$

$$= 0,21 \text{ kg/cm}$$

c) Tegangan Bending (f_b)

$$F_b = M / Z$$

$$f_b = 11.37 \cdot 4,2 / 0,5 \cdot 8,5^2$$

$$= 43,57 \text{ kg/cm}$$

d) Tegangan Normal maksimal (f_{tmaks})

$$f_{tmaks} = f_b / 2 + 1/2 \cdot \sqrt{f_b^2 + 4 \cdot f_s^2}$$

$$f_{tmaks} = 43,57 / 2 + 1/2 \sqrt{43,57^2 + 4 \cdot 0,21^2}$$

$$f_{tmaks} = 29,3 \text{ kg/cm}$$

e) Tegangan Geser Maksimal (f_{smaks})

$$f_{smaks} = 1/2 \cdot \sqrt{f_b^2 + 4 \cdot f_s^2}$$

$$f_{smaks} = 1/2 \sqrt{43,57^2 + 4 \cdot 0,21^2}$$

$$f_{smaks} = 21,78 \text{ kg/cm}$$

3.9.2.5 Perhitungan Kerangka V (batang I – J)

- pada kerangka I menggunakan baja profil siku berukuran 50 x 50 x 3 mm

- beban yang diterima kerangka

$$P = 7,5 \text{ kg}$$

- tebal pengelasan dan panjang lasan

$$t = 0,5 \text{ dan } l = 9,7 \text{ cm}$$

a) luas pengelasan (A)

$$A = (t \cdot b) + (l \cdot t) + (l \cdot b)$$

$$A = (0,5 \cdot 3) + (9,7 \cdot 0,5) + (9,7 \cdot 3)$$

$$A = 35,45 \text{ cm}$$

b) Tegangan Geser (f_s)

$$F_s = P/A$$

$$= 7,5/35,45$$

$$= 0,21 \text{ kg/cm}$$

c) Tegangan Bending (f_b)

$$F_b = M / Z$$

$$f_b = 7,5 \cdot 37 \cdot 4,2 / 0,5 \cdot 8,5^2$$

$$= 25,02 \text{ kg/cm}$$

d) Tegangan Normal maksimal (f_{tmaks})

$$f_{tmaks} = f_b/2 + 1/2 \cdot \sqrt{f_b^2 + 4 \cdot f_s^2}$$

$$f_{tmaks} = 25,02/2 + 1/2 \sqrt{25,02^2 + 4 \cdot 0,21^2}$$

$$f_{tmaks} = 37,5 \text{ kg/cm}$$

e) Tegangan Geser Maksimal (f_{smaks})

$$f_{smaks} = 1/2 \cdot \sqrt{f_b^2 + 4 \cdot f_s^2}$$

$$f_{smaks} = 1/2 \sqrt{25,02^2 + 4 \cdot 0,21^2}$$

$$f_{smaks} = 12,5 \text{ kg/cm}$$

BAB IV

PENUTUP

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan pada uraian perencanaan bab-bab sebelumnya , maka dapat diambil beberapa kesimpulan mengenai proses produksi, komponen mesin dan perencanaan mesin giling (pasah) ubi untuk bahan kue carang emas dengan penggerak motor listrik.

Dalam bab dasar teori, telah dibahas system transmisi dari Mesin Giling (pasha) Ubi untuk Bahan Kue Carang Emas, agar bahan tersebut yang dihasilkan dapat efisien, bermutu dan berkualitas. Sehingga diperlukan suatu perencanaan yang benar- benar memperhitungkan dimensi dari mesin tersebut. Maka dari itu penyusun hanya membatasi masalah-masalah perhitungan meliputi :

1. Perhitungan Pully
2. Perhitungan Sabuk – V
3. Perhitungan Poros
4. Perhitungan Bantalan
5. Perencanaan Pasak

Dari perhitungan-perhitungan diatas didapat dari buku-buku yang ada dipasaran seperti: Sularso “Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin”PT Pradya Paramitha, Jakarta , Dobrovolski “ Machine Element ” Publishing House Moskow, Khurmi Ir, JK gupta , “ Machine Design ” Eurasia Publishing , Hpuse New Delhi, dan dari laporan-laporan yang telah ada , juga

partisipasi dari teman-teman yang telah banyak membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Dari perhitunga-perhitungan diatas Daya motor yang dipakai adalah 0,5 Hp, putaran yang dihasilkan 1400 Rpm, Sabuk, Pully, Bantalan, Poros, sehingga menghasilkan putaran akhir di Poros.

Pemakaian komponen dan perhitungan-perhitungan Pully, Poros, Pasak, Sabuk dan Bantalan telah memenuhi persyaratan penggunaan komponen permesinan.

4.2. Saran

- ✓ Dalam mendesain suatu mesin hendaknya melihat dulu mesin yang sudah ada dan dapat meneliti kekuranganya, sehingga hasil dari desain mesin yang dibuat mempunyai suatu keunggulan yang lebih disbanding mesin yang sudah ada.
- ✓ Merencanakan suatu mesin hendaknya jangan terlalu rumit sehingga dalam perakitanya tidak terlalu sukar dan mengalami kesulitan.
- ✓ Untuk menjaga usia mesin, hendaknya harus memperhatikan system perawatan dari komponen mesin sehingga mesin lebih awet dan tahan lama.
- ✓ Dalam pengoperasiannya hendaknya disesuaikan dengan spesifikasi kapasitas mesin.

DAFTAR PUSTAKA

1. Sularso, "*Dasar Perencanaan dan pemilihan Elemen Mesin* ", PT. Pradnya Paramitha , Jakarta.
2. Prof. DR. Ir. Harsono Wiryo Sumarto , "*Teknologi Pengelasan Logam*." , PT. Pradnya Paramitha , Jakarta.
3. Khurmi Ir, JK Gupta, "*Machine Design* " ,Euroasia Publishing , House , New Delhi.
4. Dobrovolski V , "*Machine Elemen* " , Publishing House Moskow.
5. Amiril Ir , "*Perhitungan Praktis* " , Institut Teknologi Nasional , Malang .