

**TELESCOPIC CRANE
KAPASITAS 5 TON**

TUGAS AKHIR

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat sarjana S-1

Program Studi Teknik Mesin
Jurusan Teknik Mesin



Diajukan oleh

Didik Harmanto

NIM : 995214092

NIRM : 990051123109120092

Kepada

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SANATA DHARMA
YOGYAKARTA
2004**



JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK - UNIVERSITAS SANATA DHARMA

Kampus III, Paingan Maguwoharjo, Sleman - Yogyakarta
Telp. (0274) 883037, 886530; Fax. (0274) 886529; Email: teknik@usd.ac.id

TUGAS AKHIR PROGRAM S-1 JURUSAN TEKNIK MESIN

Nomor: 380/ET/USD/IM/Oktober 2003

Nama Pembimbing

Nama Mahasiswa

(Ir. Teguh Harjanto)

Nomor Mahasiswa

0905211002

NIM/03

0900051123100120002

Jurusan

(TEKNIK MESIN)

Fakultas

(TEKNIK)

Matakuliah

Belum Pengangkat dan Pengangkatan

Nama Mahasiswa

Rancang sebuah Telescopic Crane (Kapasitas : 5 ton). Rencanakan dan gambar dengan lengkap disertai detailnya.

Tanggal dimulai

: 23 Maret 2003

Pembimbing Kedua

(R.B. Wiseno Wihadi, ST, M.Si)

Yogyakarta, 10 Oktober 2003

Dosen Pembimbing Utama

(Ir. Teguh Harjanto)

TUGAS AKHIR
TELESCOPIC CRANE
KAPASITAS 5 TON

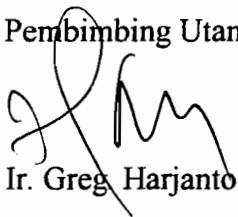
Yang dipersiapkan dan disusun oleh

NAMA : DIDIK HARMANTO
NIM : 995214092

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal 19 Maret 2004

susunan Dewan Penguji

Pembimbing Utama



Ir. Greg Harjanto

Anggota Dewan Penguji

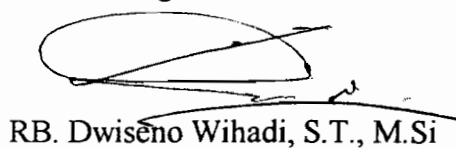


I Gusti Ketut Puja, S.T., M.T.

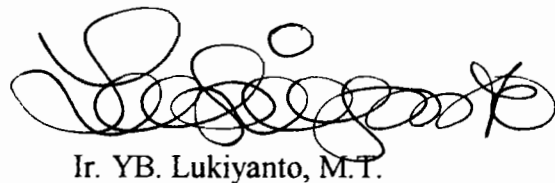


Ir. Rines, M.T.

Pembimbing Kedua



RB. Dwiseno Wihadi, S.T., M.Si



Ir. YB. Lukiyanto, M.T.

Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar sarjana

yogyakarta, 23 Maret 2004

Fakultas Teknik

Universitas Sanata Dharma

Yogyakarta

Dekan



Ir. Greg Harjanto

Karyaku ini kupersembahkan buat :

- Bapaku, **Tuhan Yesus Kristus** yang selalu ada di dalamku selamanya.
- **Bapak, Ibu** dan **Kakak** ku yang tersayang yang selalu menuntun dan mengajarku, serta memberikan kehidupan kepadaku.
- **Pakde, Budhe, Paklek** dan **Bulek** yang telah membantuku dan keluargaku.
- Bangsa dan Negaraku **Indonesia**.
- Almamaterku **STM N Pati, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta**.
- Keluarga besar **Komisi Beasiswa Mennonite Pati**.
- Kelompok pelayanan; Keluarga besar **GKN “Gloria” Yogyakarta**, Keluarga besar **GITJ Margokerto** Jepara, Keluarga besar **GITJ Pepanthan Yogyakarta**, Keluarga besar **Navigator Regu B Yogyakarta**, Keluarga besar **GKMI Yogyakarta**. Terimakasih atas kesempatan yang diberikan kepada saya untuk saya dapat bergabung bersama saudara – saudara untuk terus belajar menjadi pelayan – pelayan yang baik dan berkenan di hadapan Tuhan dan sesama.
- **Konsel Immanuel** (Lanjar Wahyudi, ST., Bambang Suryanto, Tossy Mozart Istia, Daryanto STp., Sigit), **Konsel Haleluya** (Fernandes Mesang, Nelis, Wilson, Tossy Mozard Istia). Terima kasih atas dukungannya dan do’a – do’anya. Tetaplah maju.
- **Teman – teman se-angkatan 1999** (semuanya saja yang kenal dengan saya), kuucapkan terima kasih atas bantuannya, bagi yang belum lulus, cepatlah lulus dan kutunggu kelulusanmu. Bagi yang sudah lulus, ingatlah akan kami – kami yang baru lulus. Juga Agus ‘Ochay’, TI –99.
- **Teman – temanku di kost “WISMA NGE BHUNG”** (Sandy, Tossy, Anto’, Bambang, Rogo, Agus, Firman, Anna, Christin, Sari, Sri, Sigit, Bu kost, Pak kost, mbak Arum, Pak Maryono, Bagaz, Rifin, Selvi, David, Heru).
- Dan semua yang merasa mengenalku dan yang belum kusebutkan namanya, AKU MENGASIHIMU SELALU.

Nama yang harum lebih baik dari pada minyak yang mahal, dan
hari kematian lebih baik dari pada hari kelahiran.
Jadikanlah hidup ini menjadi uap yang dapat membahagiakan orang
lain dan selapis debu yang mampu menambah berat
dalam neraca.

Terkadang manusia ingin memperoleh lebih dari apa yang dapat dicapai saat itu.
Kuasailah diri dan kerjakanlah apa yang dapat dikerjakan saat itu. Jangan lekas
bosan dan jangan lekas berubah keinginan. Kerjakanlah itu dan siap sedialah
untuk pekerjaan berikutnya.

Janganlah terlalu saleh, janganlah perilikumu terlalu berhikmat;
mengapa engkau akan membinasakan dirimu sendiri?
Janganlah terlalu fasik, janganlah bodoh! Mengapa engkau mau
mati sebelum waktumu?

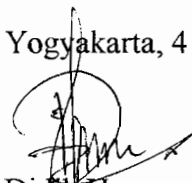
Lebih baik memegang yang satu, dan tidak melepaskan yang lain,
karena orang yang takut akan Allah luput dari kedua-duanya.
Sesungguhnya, di bumi tidak ada orang yang saleh: yang berbuat
baik dan tak pernah berbuat dosa!

Janganlah memperhatikan segala perkataan yang diucapkan orang. Tetapi
berdiam diri untuk mendengar hikmat-Nya, adalah penyejuk hati setiap orang.

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tugas akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 4 Maret 2003



Didik Harmanto

INTISARI

Tujuan penulisan ini untuk mengetahui cara merancang sebuah *Telescopic Crane* yang memiliki stabilitas yang baik serta untuk mengetahui gerak mekanisme yang diperlukan pada *Telescopic Crane*.

Telescopic Crane ini memiliki kapasitas angkat 5 Ton dengan radius kerja minimum 3 m dan maksimum 24,15 m. Dilengkapi boom yang berfungsi sebagai alat pengaman muatan seperti system puli, kabel, kait, rumah kait, bantalan dan sebagainya. Boom terbagi 3 bagian. Boom 1 dengan panjang 9 m, boom 2 dengan panjang 7 m berada di dalam boom 1 dan boom 3 dengan panjang 8,15 m berada di samping boom 1. Dilengkapi juga *outrigger* yang berfungsi sebagai tumpuan saat *crane* dioperasikan dan system hidrolis untuk membantu gerakan *crane*.

Telescopic Crane ini dirancang ditempatkan pada mobil *crane* untuk memudahkan pengangkutan *crane* dari tempat satu ke tempat lain.

ABSTRACT

The aim of this thesis is designing a Telescopic Crane with good stability and knowing the moving mechanism needed.

This Telescopic Crane has lifting load capacity: 5 Tons, working radius: 3 m – 24.15 m. Its booms are divided into three booms, they are 9 m length boom 1, boom 2 is 7 m length placed in first boom, and boom 3 is 8.15 on the side of boom 1. Inside the boom was placed moving mechanism such as: pulleys, steel wire rope, hook, bearings, etc.

To keep the stability in moving operation, this Crane is completed with outrigger. All moving mechanism of booms and outrigger is supported by hydraulic system.

This crane was designed to be placed on the Crane car for more easier in transporting to every place.

PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh untuk memperoleh gelar sarjana teknik di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sanata Dharma Yogyakarta. Dalam Tugas Akhir ini membahas mengenai perancangan *Telescopic Crane*, yang merupakan salah satu jenis Pesawat Pengangkat dan Pengangkut.

Dalam kesempatan ini diucapkan banyak terima kasih atas segala bantuan, saran dan fasilitas sehingga dapat terselesaikannya tugas ini, kepada :

1. Bapak Ir. G. Harjanto, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sanata Dharma Yogyakarta dan selaku dosen pembimbing utama Tugas Akhir.
2. Bapak Yosef Agung Cahyanta. S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Fakultas Teknik Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
3. Bapak R.B. Dwiseno Wihadi. S.T., M.Si., selaku dosen pembimbing kedua Tugas Akhir.
4. Segenap Dosen, Karyawan dan seluruh Civitas Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
5. Bapak, Ibu, Kakak dan teman - teman semua yang telah memberikan dukungan material maupun moril dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Usaha yang penulis lakukan sudah semaksimal mungkin, namun penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu penulis mohon maaf atas segala kekurangan dan kesalahan yang terdapat dalam penulisan

Tugas Akhir ini. Saran dan kritik membangun dari pembaca sangat penulis harapkan demi perbaikan dikemudian hari.

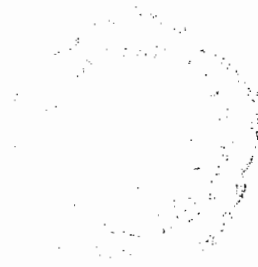
Akhir kata, penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberi sedikit manfaat bagi pembaca.

Yogyakarta, Maret 2003

Penulis

Didik Harmanto

DAFTAR ISI



	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
MOTTO	v
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA	vi
INTISARI	vii
ABSTRACT	viii
PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR NOTASI	xviii
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Pesawat Pengangkat dan Pengangkut	1
B. Kran Teleskopik	3
BAB II. PERANCANGAN KOMPONEN GERAK ANGKAT	8
A. Beban Angkat	8
B. Kait	9
C. Tali	20
D. Puli dan Drum	26
E. Gandar	31
F. Motor Listrik	33

G. Kopling.....	36
H. Transmisi	39
I. Rem	48
J. Poros, Pasak, Bantalan	53
K. Skema Pembebanan Poros Pengangkat	63
BAB III. PERANCANGAN BATANG TELESKOPIK	65
A. Perhitungan Batang 1	66
B. Perhitungan Batang 2	68
C. Perhitungan Batang 3	69
D. Analisa Gerak Angkat	70
E. Analisa Kekuatan Batang	77
F. Analisa Gerak Putar	82
BAB IV. PERANCANGAN SISTEM HIDROLIK	86
A. Bagan Susunan Sistem Hidrolik	87
B. Perhitungan Pendorong Batang Kran	89
C. Perhitungan Pengangkat Batang Kran	93
D. Perhitungan <i>Outrigger</i> Depan	93
E. Perhitungan <i>Outrigger</i> Belakang	94
BAB V. PERANCANGAN KOMPONEN GERAK PUTAR ...	96
A. Perhitungan Beban Putar	96
B. Perancangan Motor Listrik	98
C. Perancangan Rem	101
D. Perancangan Transmisi	106
E. Perancangan Kopling	115
F. Perancangan Poros, Pasak, Bantalan	118
G. Skema Pembebanan Poros pada Gerak Putar	121
BAB VI. STABILITAS KRAN	124
A. Kestabilan Kran Pada Lingkaran Daerah Kerja Depan	126

B. Kestabilan Kran Pada Lingkar Daerah Kerja Belakang	129
C. Kestabilan Kran Pada Lingkar Daerah Kerja Samping	131
BAB VII. PERANCANGAN RUMAH OUTRIGGER	134
A. Perancangan Rumah <i>Outrigger</i> Depan	134
B. Perancangan Rumah <i>Outrigger</i> Belakang	138
C. Kondisi Tanah	142
BAB VIII. KESIMPULAN DAN PENUTUP	144
A. Kesimpulan	144
B. Penutup	155

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Pengaruh jumlah lengkungan terhadap (D_{\min}/d)	21
2.2 Harga factor m	24
2.3 Harga factor C	25
2.4 Harga factor C_1 dan C_2	25
2.5 Harga a, z_2 dan β	26
2.6 Harga factor e_2	27
2.7 Harga factor e_1	28
2.8 Dimensi alu drum	29
2.9 Nilai perkiraan momen inersia kopling	34
2.11 Dimensi kopling flens	38
2.12 faktor koreksi	40
2.13 modul	43
2.14 faktor bentuk gigi	44
2.15 faktor dinamis	45
2.16 Hasil perhitungan roda gigi untuk transmisi gerak pengangkatan	47
2.17 Ukuran poros spline	59
2.18 Ukiran bilah pas	59
2.19 Hasil perhitungan poros, pasak, spline dan bantalan	61
3.1 Data acuan pada <i>Name plate</i>	66
3.3 Hasil perhitungan gaya dan percepatan	73
3.4 Beban dan tinggi pengangkatan	76
3.5 Defleksi batang akibat beban	78
3.6 Bahan batang dan tegangan lentur yang diijinkan	80
3.7 Hasil analisa kekuatan batang terhadap tekukan	81
3.8 Hasil perhitungan gerakan <i>slewing</i>	83
3.9 Bahan batang dan tegangan lentur yang diijinkan	85
4.1 Hasil perhitungan pelayanan sistem hidrolik	93

5.1 Hasil perhitungan torsi dari berbagai beban pada gerak putar	97
5.2 Nilai perkiraan momen inersia kopling	99
5.3 Hasil perhitungan roda gigi gerak putar	108
5.4 Hasil perhitungan poros transmisi dan bantalan untuk gerak putar	118
6.1 Koefisien tekanan angin	124
6.2 Hasil perhitungan stabilitas kran daerah lingkaran kerja depan	127
6.3 Hasil perhitungan stabilitas kran daerah lingkaran kerja belakang ...	129
6.4 Hasil perhitungan stabilitas kran daerah lingkaran kerja samping	132
7.1 Jenis tanah	142
7.2 Pelapisan untuk tanah	143

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Sketsa mekanisme pengangkat	8
2.2 Konstruksi kait tunggal	10
2.3 Kait dalam penampang I-II	12
2.4 Kait dalam penampang III-IV	15
2.5 Batang lintang dan sakel	17
2.6 Konstruksi tali	21
2.7 Uraian jumlah lengkungan tali	22
2.8 Puli tetap dan puli bebas	27
2.9 Pembebanan gandar bawah	31
2.10 SFD dan BMD gandar bawah	32
2.12 Sistem transmisi gerak pengangkatan	40
2.13 Skema rem sepatu ganda yang digerakkan dengan pegas	48
2.14 Skema pegas rem	50
2.15 Skema pembebanan poros 1 gerak angkat	54
2.16 Skema pembebanan poros 1 gerak angkat	63
2.17 Skema pembebanan poros 2 gerak angkat	63
2.18 Skema pembebanan poros 3 gerak angkat	63
2.19 Skema pembebanan poros 4 gerak angkat	64
3.1 Gerak lengan ke atas dan ke samping	65
3.2 Skema lengan teleskopik 1	67
3.3 Skema lengan teleskopik 2	68
3.4 Skema lengan teleskopik 3	69
3.5 Gaya – gaya karena gerakan <i>luffing</i>	70
3.6 Skema gaya batang kran	75
3.7 Penampang batang kran	79
3.8 Gaya – gaya karena gerakan <i>slewing</i>	82
3.9 Penampang batang kran	85
4.1 Bagan pelayanan sistem hidrolik	88
4.2 Skema hidrolik pendorong lengan	89

4.3 Skema hidrolik pengangkat lengan	94
4.4 Skema hidrolik <i>outrigger</i> depan	95
4.5 Skema hidrolik <i>outrigger</i> belakang	95
5.1 Pembebanan kran	96
5.2 Sistem transmisi gerak putar kran	107
6.1 Lingkaran daerah kerja kran	125
6.2 Penampang batang teleskopik	125
6.3 Skema stabilitas kran pada lingkaran daerah kerja depan	126
6.4 Skema stabilitas kran pada lingkaran daerah kerja belakang	129
6.5 Skema stabilitas kran pada lingkaran daerah kerja samping	131
7.1 Analisa rumah <i>outrigger</i> depan	135
7.2 Analisa rumah <i>jack outrigger</i> depan	136
7.3 Analisa rumah <i>outrigger</i> belakang	138
7.4 Analisa rumah <i>jack outrigger</i> belakang	140

DAFTAR NOTASI

A. Daftar notasi dan simbol untuk perhitungan mekanisme gerak angkat dan gerak putar.

Beban rencana	Q	kg.
Berat beban	F _g	kg.
faktor keamanan	f _c	
Tegangan lentur	σ_a	kg/mm ² .
Tegangan tarik	σ_B	kg/mm ² .
Diameter inti ulir	d ₁	mm.
Diameter luar ulir	d	mm.
Diameter efektif	d ₂	mm.
Tinggi kaitan	H	mm.
Jarak bagi	p	mm.
Jumlah ulir	z	
Tegangan geser	σ_b	kg/mm ² .
Tebal akar ulir	kp	mm.
Panjang luasa trapezium	h	mm.
Lebar luasan trapezium	b ₁ b ₂	mm.
Diameter lingkaran dalam dari badan kait	a	mm.
Titik berat luasan badan kait	C	mm.
Momen	M	kgmm.
Luas trapezium	F	mm ² .
Momen Inersia luasan	I	mm ² .
Tinggi batang lintang	h	mm.
Tebal plat	s	mm.
Panjang batang lintang	L	mm.
Lebar batang lintang	b	mm.
Momen maksimal	M _{maks}	kgmm.
Momen perlawanan	W	mm ² .

Tegangan lentur	σ_{lentur}	kg/mm ² .
Tekanan satuan	P	kg/mm ² .
Elastisitas	E	kg/mm ² .
Beban tali	G	kg.
Jumlah lengkungan	Jl.	
Luasan minimal tali	F _n	mm ² .
Diameter kawat	δ	mm.
Diameter tali	d	mm.
Faktor yang tergantung pada jumlah lengkungan berulang	m.	
Faktor produksi dan operasi tambahan tali	C1.	
Faktor karakteristik tali	C.	
Umur tali	N.	
Jumlah siklus kerja rata – rata per bulan	a.	
Jumlah lengkungan berulang per siklus kerja	z ₂ .	
Faktor perubahan daya tahan tali	β .	
Diameter drum	D	mm.
Perbandingan sistem tali	i.	
Jumlah lilitan pada drum	z.	
Panjang alur heliks	ℓ	mm.
Panjang total drum	L _{total}	mm.
Tebal dinding drum	ω	mm.
Tegangan tekan drum	σ_{comp}	kg/mm ² .
Alur drum	s	mm.
Momen tahanan gandar	W _b	mm ³ .
Efisiensi pengangkatan	η .	
Kecepatan drum	V _{drum}	m/dt.
Daya motor	N	KW, hp.
Momen girasi motor	(GD ²) _{rot}	kg-m ² .
Momen statis motor	Mst	kg-m.
Diameter luar kopling	D	mm.

Momen girasi kopling	$(GD^2)_{\text{coup}}$	kg-m ² .
Momen girasi poros motor	GD^2 .	kg-m ² .
Momen dinamik	M_{dyn}	kg/m.
Kecepatan motor	n	rpm.
Kecepatan tunak sistem	v	m/dt.
Waktu percepatan	t_s	dt.
Momen motor	M_{mot}	kg-m.
Daya rencana	P_d	KW.
Putaran input	n_1	rpm.
Putaran output	n_2	rpm.
Momen rencana	T	kgmm.
Diameter luar kopling	A	mm.
Panjang naf	L	mm.
Diameter pusat baut	B	mm.
Jumlah baut	n .	
Diameter naf	C	mm.
Jumlah baut efektif	n_e .	
Tegangan geser baut	τ_b	kg/mm ² .
Tegangan geser flens	τ_F	kg/mm ² .
Faktor koreksi bahan	S_f .	
Faktor koreksi kontak bahan	K_b .	
Tegangan geser baut	τ_{ba}	kg/mm ² .
Modul	m .	
Sudut kontak	α	derajat.
Jumlah gigi	Z .	
Diameter lingkaran jarak bagi	d_o	mm.
Jarak sumbu poros	a	mm.
Kelonggaran puncak	C_k	mm.
Kelonggaran sisi	C_o	mm.
Diameter lingkaran kepala	d_k	mm.
Diameter lingkaran kaki	d_f	mm.

Tinggi gigi	H	mm.
Faktor bentuk gigi	Y.	
Kecepatan linear	V	m/dt.
Gaya tangensial	Ft	kg.
Kekerasan bahan	HB.	
Beban lentur per satuan lebar gigi	F _b	kg.
Lebar gigi	B	mm.
Diameter poros	d _s	mm.
Defleksi puntiran	θ	derajat.
Defleksi lenturan	y	mm.
Diameter dasar spline	d ₁	mm.
Tekanan ijin bahan	\bar{P}	kg/mm ² .
Diameter kepala spline	d ₂	mm.
Tinggi spline	h	mm.
Panjang spline	L	mm.
Tekanan permukaan profil spline	P	kg/mm ² .
Beban radial	Fr	kg.
Beban aksial	Fa	kg.
Kapasitas nominal dinamis spesifik	C	kg.
Kapasitas nominal statis spesifik	Co	kg.
Faktor kecepatan bantalan	f _n .	
Faktor umur kedua bantalan	f _h .	
Umur bantalan	L _h	jam.

B. Daftar notasi dan simbol untuk perhitungan batang kran.

Modulus elastisitas bahan	E	kg/mm ² .
Berat jenis bahan	ρ	kg/mm ³ .
Berat batang	W	kg.
Momen Inersia massa batang	I	kgm ² .
Gaya tangensial	F _t	kg.
Gaya sentrifugal	F _{cl}	kg.

Jarak beban	R	m.
Kecepatan sudut pengangkatan	ω	rad/dt.
Percepatan radial	a_{cl}	m/dt^2 .
Percepatan tangensial	a_{tl}	m/dt^2 .
Waktu pengereman	t_p	dt.
Percepatan sudut	α	rad/dt ² .
Momen dynamic	M_{dyn}	kgm.
Faktor keamanan	f_c	
Defleksi	Y	mm.
Momen tahanan lengkung	Wb	mm ³ .
Tegangan lentur	σ_b	kg/mm ² .
Gaya horizontal	F_H	kg.
Gaya vertical	F_v	kg.
Beban tekuk	F_k	kg.
Tegangan tekuk	σ_k	kg/mm ² .
Jari – jari kelembamam	i	mm.
Faktor kelangsingan	λ	
Momen static	M_{st}	kgm.
Tegangan ijin	σ_{ijin}	kg/mm ² .

C. Daftar notasi dan simbol untuk perhitungan sistem hidrolis.

Panjang langkah piston	L	m.
Diameter luar silinder	d_o	m.
Diameter piston	d_z	m.
Luas penampang piston	A_z	m ² .
Diameter batang piston	d_s	m.
Luas penampang batang piston	A_s	m ² .
Tekanan sistem	P	N/m ² .
Gaya dorong piston	F_d	N.
Gaya balik piston	F_n	N.
Kecepatan maju piston	V_z	m/dt.

BAB I

PENDAHULUAN

A. Pesawat Pengangkat dan Pengangkut

Perkembangan demi perkembangan dalam dunia teknologi semakin pesat. Hal ini tidaklah mengherankan sebab usaha demi usaha yang dilakukan rekayasawan untuk membantu memperingan dan mempermudah kerja manusia pun semakin banyak. Mengingat adanya berbagai kondisi kerja dan banyaknya kebutuhan yang harus ditangani dan diselesaikan, berbagai jenis produk telah dihasilkan. Baik dalam ukuran kecil maupun dalam ukuran yang super besar.

Salah satu hasil rekayasa manusia adalah 'Pesawat Pengangkat dan Pengangkut'. Pesawat pengangkat dan pengangkut secara umum dapat diartikan sebagai peralatan yang dipergunakan untuk memindahkan suatu barang dari satu tempat ke tempat lain baik gerak pemindahannya vertikal maupun horizontal.

Pesawat pengangkat dan pengangkut merupakan gabungan antara 'Pesawat Pengangkat' dengan 'Pesawat Pengangkut'. Pesawat pengangkat merupakan peralatan yang dipergunakan untuk memindahkan barang dari satu tempat ke tempat lain dengan gerak utama secara vertikal walaupun terdapat juga dengan arah horisontal. Sedangkan pesawat pengangkut merupakan jenis pesawat yang digunakan untuk memindahkan barang dengan gerak utama horizontal yang walaupun demikian tidak menutup kemungkinan adanya gerak secara vertikal.

Berbagai jenis perlengkapan pengangkat dan pengangkut yang tersedia membuatnya sulit digolongkan secara tepat. Secara umum terdapat dua

pengelompokan pesawat pengangkat dan pengangkut, yaitu : *external transport* dan *internal transport*.

1. *External transport*, merupakan jenis pesawat pengangkat dan pengangkut yang gerak kerjanya terjadi dari luar unit pabrik ke dalam unit pabrik atau sebaliknya.

Jenis ini dapat dikelompokkan menjadi :

1. Pesawat pengangkat

Dipisahkan menjadi tiga, yaitu :

- a. Mesin pengangkat (*Hoisting Machine*), misalnya dongkrak, *loopkat* dll.
- b. Crane pengangkat (*Crane Machine*), misalnya crane putar (*rotary crane*), kran pelabuhan (*port crane*), kran menara (*tower crane*), *mobile crane*, *container crane* dll.
- c. Elevator, misalnya *car- lift*, *fork- lift*, *hydraulic lift*, *electric lift* dll.

2. Pesawat pengangkut

Dipisahkan menjadi tiga, yaitu :

- a. *Mechanical conveyor*, merupakan pesawat pengangkut dengan system mekanik, misalnya ban berjalan (*belt conveyor*), tangga berjalan (*escallator*), lantai berjalan (*travellator*) dll.
- b. *Hydraulic handling device*, merupakan pesawat pengangkut dengan menggunakan media berupa cairan sebagai sarana pengangkutan.

c. *Pneumatic handling*, merupakan pesawat pengangkut dengan menggunakan media udara/gas sebagai sarana pengangkutan.

2. *Internal transport*, merupakan jenis pesawat pengangkat dan pengangkut yang gerak kerjanya terjadi di dalam unit pabrik. Dalam kelompok pesawat *internal transport* dibedakan menjadi dua, yaitu :

1. *Intershop transport*, merupakan jenis pesawat yang dipergunakan antar unit dalam pabrik.
2. *Intrashop transport*, merupakan jenis pesawat yang dipergunakan di dalam pabrik dan di dalam unit itu sendiri.

Meskipun terdapat beberapa pengelompokan jenis pesawat pengangkat dan pengangkut, namun tidak berarti bahwa untuk jenis *internal* tidak dapat dipakai di *eksternal*. Tergantung pada struktur pesawat itu sendiri.

B. Kran Teleskopik

Kran teleskopik merupakan salah satu jenis pesawat pengangkat dan pengangkut *eksternal transport*. Tidak menutup kemungkinan dipakai juga pada *internal transport*. Disebutnya kran teleskopik karena konstruksi dari boomnya yang menyerupai sebuah teleskop atau lengan sebuah kail. Boom ini dapat dipanjangkan ataupun dipendekkan, sesuai dengan kebutuhan kerja. Kran teleskopik ini bekerja didarat dengan didukung mobil kran dan dioperasikan oleh operator yang telah berpengalaman. Kran teleskopik ini berpengerak motor listrik yang berasal dari motor diesel yang terpasang pada mobil kran. Pada kran dilengkapi dengan *outrigger* yang bertujuan untuk menjaga kestabilan kerja kran

dan membuat posisi dudukan kran rata tanah. Jumlah outrigger 4 buah terbagi 2 depan dan 2 belakang.

Gerakan kran teleskopik ini ada dua yaitu gerakan pengangkatan (*Luffing*) dan gerakan pengangkatan secara berputar (*Slewing*). Prinsip kerja dari gerak pengangkatan disini dimulai dari gerak motor listrik yang memutar drum penggulung tali melalui transmisi reduksi, sedangkan prinsip kerja dari gerak pengangkatan secara berputar dimulai dari motor listrik yang menggerakkan transmisi untuk menggerakkan mekanisme pengangkat sambil berputar.

Mekanisme untuk gerak angkat yang dipergunakan antara lain; tali/kawat baja, mekanisme puli, mekanisme kait, mekanisme penggulung, mekanisme penahan gerakan, mekanisme pengatur kecepatan gerak. Untuk gerak putar dipergunakan pasangan roda gigi – roda gigi yang mampu memutar kran dan dapat mengubah kecepatan gerak dari motor penggerak. Disamping itu juga dilengkapi dengan komponen penggerak hidrolis yang dipergunakan untuk melayani pengangkatan batang kran, pemanjangan dan pemendekan batang kran, melayani kerja *outrigger* serta melayani rem. Sensor juga dipakai disini, terutama untuk membatasi jumlah beban yang dikenakan pada kran, membatasi kerja kran karena pengaruh kecepatan angin serta sensor untuk *jib* dan *outrigger* dan sensor – sensor yang lain.

Pada kabin dalam ruang operator dipasangkan tombol – tombol kontrol yang memungkinkan operator dapat mengendalikan kran. Kontrol – kontrol tersebut antara lain; kontrol beban, kontrol mesin, kontrol rem, kontrol hidrolis, kontrol

tekanan dll. Di dalam kabin juga dilengkapi dengan tabel - tabel petunjuk untuk mengoperasikan kran.

Elemen – elemen dalam kran teleskopik terbagi dalam dua bagian yaitu elemen utama dan elemen tambahan.

Elemen – elemen utama terdiri antara lain :

1. Boom dan elemen – elemen pendukungnya.

Boom/lengan bekerjanya memanjang dan memendek yang didorong oleh silinder pendorong. Dalam perancangan, boom dibagi tiga dengan tujuan agar saat tidak sedang digunakan, panjang boom bisa dipendekkan.

Gerak dari boom antara lain dikontrol oleh silinder pendorong dan silinder pengangkat. Boom juga dilengkapi dengan sensor untuk mendeteksi kecepatan angin pada daerah kerja.

2. Pengangkat dan kelengkapannya.

Pengangkat disini adalah untuk mengangkat maupun menurunkan beban. Adapun mekanisme dalam bagian pengangkat antara lain; tali baja, sistem puli, kait, drum tali, rem dan penahan gerak drum, motor penggerak drum dan transmisi.

3. *Outrigger*.

Berfungsi sebagai tumpuan kran saat bekerja. *Outrigger* ini digerakkan oleh mekanisme hidrolis.

4. Pemutar kran dan kelengkapannya.

Berfungsi untuk membuat gerak putar dari kran saat bekerja. Mekanisme pendukungnya antara lain; transmisi reduksi kecepatan putar, sensor beban lebih, motor penggerak.

5. Sistem hidrolik.

Sistem hidrolik melayani bagian – bagian hidrolik, antara lain; melayani sistem hidrolik pada *boom*, melayani hidrolik pada *outrigger* dan rem.

6. *Center joint*.

Sebagai pusat gerak dari kran. Mendukung gerak kran bisa stabil.

7. motor.

Penggerak kran adalah motor listrik yang berasal dari motor diesel yang terdapat pada mobil kran.

Elemen – elemen tambahan terdiri antara lain :

1. Penyangga boom (*boom rest*).

Berfungsi untuk menyangga boom saat tidak sedang digunakan.

2. Kotak alat.

Sebagai tempat penyimpanan peralatan yang dibutuhkan untuk operasional kran secara sementara.

3. Blok penahan kait.

Digunakan untuk menahan kait saat tidak dioperasikan.

4. Penerangan.

Digunakan sebagai penerang saat kran bekerja pada malam hari maupun dalam cuaca hujan serta kabut.

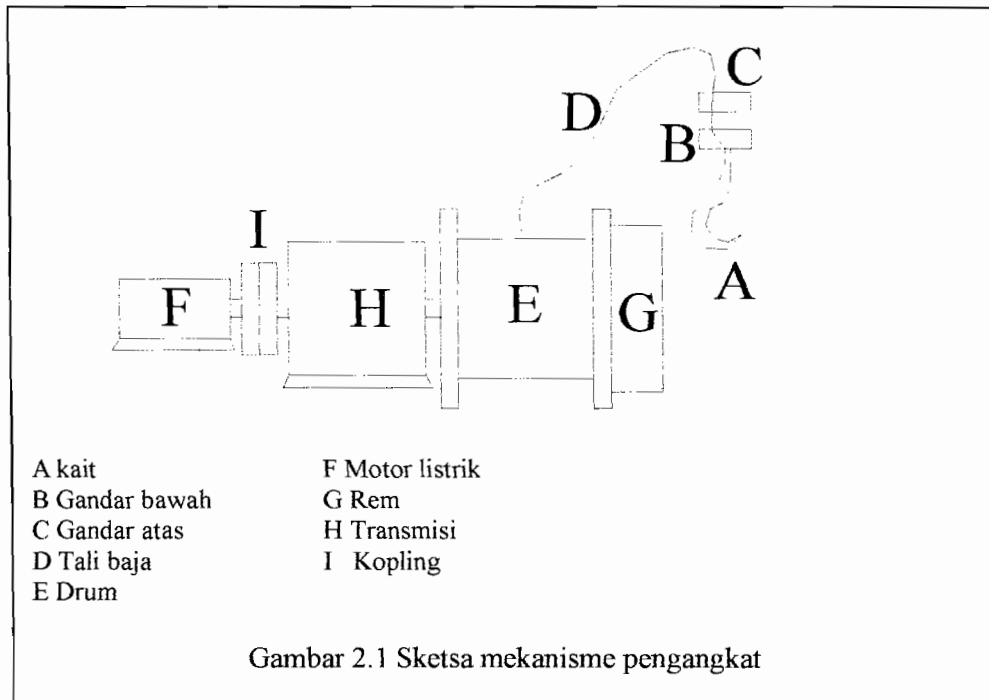
5. Plat – plat indikator.

Membantu ingatan operator saat mengoperasikan kran.

6. Dan lain – lain.

BAB II PERANCANGAN KOMPONEN GERAK ANGKAT

Skema perancangan komponen gerak angkat seperti terdapat pada Gambar 2.1.



- | | |
|----------------|-----------------|
| A kait | F Motor listrik |
| B Gandar bawah | G Rem |
| C Gandar atas | H Transmisi |
| D Tali baja | I Kopling |
| E Drum | |

A. Beban Angkat

Merupakan beban yang perlu diangkat oleh mesin pengangkat. Beban ini dapat diperoleh dengan perumusan.

$$Q = F_g \times f_c \dots\dots\dots(2-1)$$

dengan, Q = Beban yang direncana (kg)

F_g = Berat beban (kg)

f_c = nilai keamanan terhadap beban yang diangkat.

$$Q = 5000 \text{ kg} \times 1,5$$

$$= 7500 \text{ kg.}$$

B. Kait

Fungsi utama dari kait disini adalah untuk mengkait beban agar bisa diangkat. Hampir semua jenis kait ditempa. Terdapat bermacam – macam jenis kait untuk keperluan pengangkatan diantaranya ;

a. Kait tempa standar

Mata kaitnya tunggal dan dapat dibuat dalam ukuran yang diperlukan seperti terlihat pada Gambar 2.2

b. Kait tanduk ganda

Seperti kait tunggal tapi tanduknya dua. Pada pengoperasiannya kait ini penggantungan muatan pada dua tanduk.

c. Kait mata segitiga padat

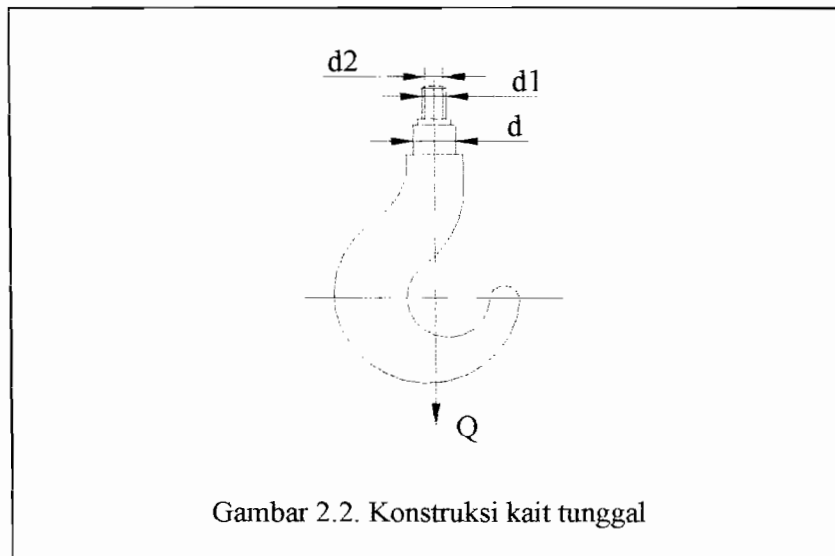
Untuk kapasitas pengangkatan yang besar (di atas 10 ton). Kait ini ditempa langsung dari satu potong baja utuh. Pengangkatan muatan dilewatkan ke dalam lubang kait tersebut.

d. Kait segitiga bersendi

Bentuk mata kaitnya segitiga. Untuk beban yang besar.

Dalam perancangan ini dipakai jenis kait tunggal dengan pertimbangan diantaranya; beban yang diangkat kecil, pengoperasiannya lebih mudah dan konstruksi yang sederhana. Dalam perancangan ini bahan kait direncanakan dari baja SC 42. Kekuatan tarik bahan (σ_B) 42 kg/mm². Tegangan lentur ijin bahan (σ_a) 6 kg/mm². Tegangan geser yang diijinkan 3 kg/mm².¹

¹Sularso, Kiyokatsu Suga, 1991, *Dasar-Dasar Perancangan dan Pemilihan Elemen Mesin*, cetakan ke-7, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, halaman 33.



Gambar 2.2. Konstruksi kait tunggal

Diameter inti ulir diperoleh dengan persamaan (2-2) :²

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{Q}{\frac{\pi \sigma_t}{4}}} \dots\dots\dots(2-2)$$

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{7500}{\frac{\pi \times 6}{4}}}$$

$$d_1 \geq 39,89 \text{ mm.}$$

Direncanakan ulir kasar metris dengan disesuaikan ukuran standar ulir dengan rincian sebagai berikut :³

Diameter dalam (d_1) = 43 mm

Diameter luar (d) = 48 mm

Diameter efektif (d_2) = 45 mm

Jarak bagi (p) = 5 mm

Tinggi kaitan (H_1) = 2,3 mm

² Ibid hal. 296

³ Sularso, Kiyokatsu Suga, 1991, *Dasar-Dasar Perancangan dan Pemilihan Elemen Mesin*, cetakan ke-7, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, halaman 290.

Bahan mur dari baja liat dengan kadar karbon 0,35 %. Kekuatan tarik bahan 42 kg/mm². Tegangan lentur ijin bahan 6 kg/mm². Tegangan geser ijin 3 kg/mm².

Jumlah ulir yang diperlukan (z) : ⁴

$$z \geq \frac{Q}{\pi d_2 H_1 q_a} \dots\dots\dots(2-3)$$

$$z \geq \frac{7500}{\pi \times 45 \times 2,3 \times 3}$$

$$z \geq 6,57 \text{ buah.}$$

$$z = 7 \text{ buah.}$$

Tinggi mur (H) :

$$H = z \times p \dots\dots\dots(2-4)$$

$$H = 7 \times 5 = 35 \text{ mm}$$

$$H \geq (0,8 - 1,0) d \geq 43,2$$

$$H = 45 \text{ mm.}$$

Jumlah ulir mur menjadi (z) = 45/5 = 9 buah.

Tegangan geser pada ulir baut (σ_b) : ⁵

$$\sigma_b = \frac{Q}{\pi d_1 k_p z} \dots\dots\dots(2-5)$$

dengan;

$$k_p = \text{tebal akar ulir luar} = 4,2 \text{ mm}$$

$$\sigma_b = \frac{7500}{\pi \times 43 \times 4,2 \times 9}$$

$$\sigma_b = 1,5 \text{ kg/mm}^2.$$

⁴ Ibid hal. 297

⁵ Ibid hal. 297

Tegangan geser pada ulir mur (σ_n) :

$$\sigma_b = \frac{Q}{\pi d j_p z} \dots\dots\dots(2-6)$$

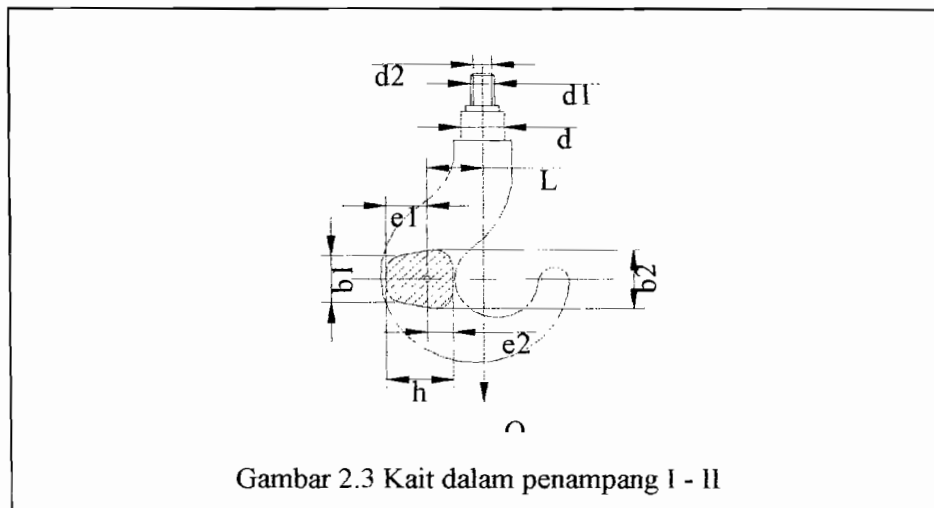
dengan;

j_p = tebal akar ulir mur = 3,75 (mm).

$$\sigma_b = \frac{7500}{\pi \times 48 \times 3,75 \times 9}$$

$$\sigma_b = 1,5 \text{ kg/mm}^2.$$

Pemeriksaan kekuatan badan kait.



Pemeriksaan untuk penampang I – II ⁶

Panjang luasan trapesium (h) :

$$h = 2,4 \times d \dots\dots\dots(2-7)$$

$$= 201,6 \text{ mm.}$$

Lebar luasan trapesium (b_1 dan b_2) :

$$b_1 = 0,9 \times d \dots\dots\dots(2-8)$$

$$= 43,2 \text{ mm.}$$

⁶ Rudenko N, 1994, *Mesin Pengangkat*, Penerbit Erlangga, halaman 86.

$$b_2 = 2,2 \times d \dots\dots\dots(2-9)$$

$$= 105,6 \text{ mm.}$$

Diameter lingkaran dalam dari badan kait dianggap sama dengan harga (h) yaitu (a) = 201,6 mm. Sehingga kita dapat menghitung harga (e₁) dan (e₂) :

$$e_1 = \frac{b_1 + 2b_2}{b_1 + b_2} \times \frac{h}{3} \dots\dots\dots(2-10)$$

$$= \frac{43,2 + 211,2}{43,2 + 105,6} \times \frac{201,6}{3}$$

$$= 114,9 \text{ mm.}$$

$$e_2 = \frac{2b_1 + b_2}{b_1 + b_2} \times \frac{h}{3} \dots\dots\dots(2-11)$$

$$= \frac{86,4 + 105,6}{43,2 + 105,6} \times \frac{201,6}{3}$$

$$= 86,7 \text{ mm.}$$

Titik berat dari luasan badan kait yang menerima tegangan tarik dan tegangan lentur (C) :

$$C = (a/2) + e_1 \dots\dots\dots(2-12)$$

$$C = (201,6/2) + 114,9 = 215,69 \text{ mm.}$$

Besar momen yang terjadi (M) :

$$M = Q \times C \dots\dots\dots(2-13)$$

$$M = 7500 \times 215,69 = 1617675 \text{ kg.mm.}$$

Dengan anggapan luas badan kait memiliki bentuk trapezium,

maka luasnya (F) :

$$F = h \times \frac{b_1 + b_2}{2} \dots\dots\dots(2-14)$$

$$F = 201,6 \times \frac{43,2 + 105,6}{2}$$

$$F = 14999,04 \text{ mm}^2.$$

Momen Inersia luasan (I) :

$$I = \frac{h^3}{36} \times \frac{(b_1 + b_2)^2 + 2b_1b_2}{b_1 + b_2} \dots\dots\dots(2-15)$$

$$I = \frac{201,6^3}{36} \times \frac{(43,2 + 105,6)^2 + 2 \times 43,2 \times 105,6}{43,2 + 105,6}$$

$$I = 47822081,33 \text{ mm}^4.$$

Tegangan tarik dan lentur yang terjadi (σ_1) dan (σ_2) :

$$\sigma_1 = \frac{Q}{F} + \frac{M + e_1}{I} \dots\dots\dots(2-16)$$

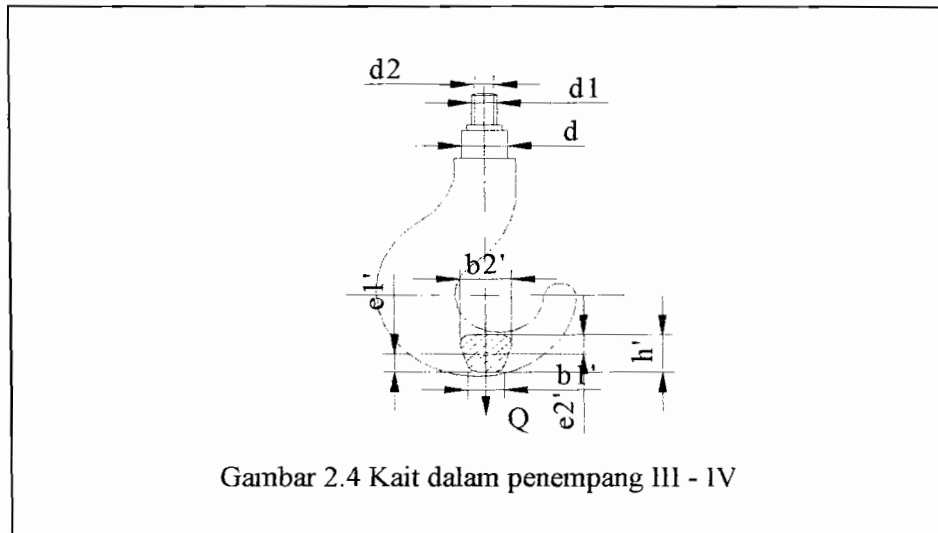
$$\sigma_1 = \frac{7500}{14999,04} + \frac{1617675 + 114,9}{47822081,33}$$

$$\sigma_1 = 0,5 \text{ kg/mm}^2.$$

$$\sigma_2 = \frac{Q}{F} - \frac{M + e_2}{I} \dots\dots\dots(2-17)$$

$$\sigma_2 = \frac{7500}{14999,04} - \frac{1617675 + 86,7}{47822081,33}$$

$$\sigma_2 = 0,5 \text{ kg/mm}^2.$$



Pemeriksaan untuk penampang III – IV⁷

$$Q' = \frac{Q}{2 \sin 45^\circ} \dots\dots\dots(2-18)$$

$$Q' = 5480,1 \text{ kg}$$

$$h' = 2d_1 = 85,2 \text{ mm}$$

$$b_1' = 0,9d_1 = 38,3 \text{ mm}$$

$$b_2' = 1,9d_1 = 80,9 \text{ mm}$$

$$e_1' = \frac{b_1' + 2b_2'}{b_1' + b_2'} \times \frac{h'}{3} \dots\dots\dots(2-19)$$

$$= \frac{38,3 + 161,8}{38,3 + 80,9} \times \frac{85,2}{3}$$

$$= 47,7 \text{ mm.}$$

$$e_2' = \frac{2b_1' + b_2'}{b_1' + b_2'} \times \frac{h'}{3} \dots\dots\dots(2-20)$$

$$= \frac{76,7 + 80,9}{38,3 + 80,9} \times \frac{85,2}{3}$$

⁷ Ibid hal. 87

$$= 37,5 \text{ mm.}$$

$$C' = (a/2) + e_1' \dots\dots\dots(2-21)$$

$$C' = (85,2/2) + 47,7 = 90,2 \text{ mm.}$$

$$M' = Q' \times C' \dots\dots\dots(2-22)$$

$$M' = 5480,1 \times 90,2 = 494544,1 \text{ kg.mm.}$$

$$F' = h' \times \frac{b_1' + b_2'}{2} \dots\dots\dots(2-23)$$

$$F' = 85,2 \times \frac{38,3 + 80,9}{2}$$

$$F' = 5078,2 \text{ mm}^2.$$

$$I' = \frac{h'^3}{36} \times \frac{(b_1' + b_2')^2 + 2b_1'b_2'}{b_1' + b_2'} \dots\dots\dots(2-24)$$

$$I' = \frac{85,2^3}{36} \times \frac{(38,3 + 80,9)^2 + 2 \times 38,3 \times 80,9}{38,3 + 80,9}$$

$$I' = 2939517,4 \text{ mm}^4.$$

$$\sigma_1' = \frac{Q'}{F'} + \frac{M' + e_1'}{I'} \dots\dots\dots(2-25)$$

$$\sigma_1' = \frac{5480,1}{5078,2} + \frac{494544,1 + 47,7}{2939517,4}$$

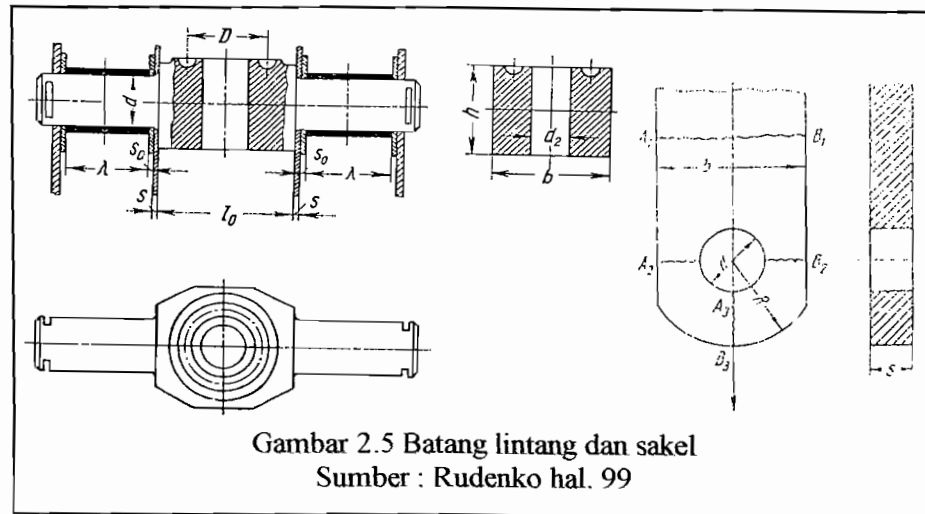
$$\sigma_1' = 1,2 \text{ kg/mm}^2.$$

$$\sigma_2' = \frac{Q'}{F'} - \frac{M' + e_2'}{I'} \dots\dots\dots(2-26)$$

$$\sigma_2' = \frac{5480,1}{5078,2} - \frac{494544,1 + 37,5}{2939517,4}$$

$$\sigma_2' = 0,9 \text{ kg/mm}^2.$$

Perancangan batang lintang seperti terlihat pada Gambar 2.5.



Diameter luar cincin dudukan bantalan (d_1) direncanakan = 60 mm

Tinggi batang lintang (h) direncanakan = 340 mm

Tebal pelat samping (s_1) direncanakan = 50 mm

Panjang batang lintang (L) direncanakan = 350 mm

Tebal sakel (s) direncanakan = 20 mm

Lebar batang lintang (b) direncanakan = 450 mm

Bahan direncanakan dari SC 42 dengan tegangan lentur 21 kg/mm^2 .⁸

Momen batang lintang (M_{maks}):⁹

$$M_{\text{maks}} = [Q(L - 0,5d_1)]/4 \quad \dots\dots\dots(2-27)$$

$$= 600000 \text{ kg.mm.}$$

Tahanan momen terhadap luasan (W):

$$W = [(b - d_1)h^2]/6 \quad \dots\dots\dots(2-28)$$

$$= 7514000 \text{ mm}^3.$$

⁸ Sularso, Kiyokatsu Suga, 1991, *Dasar-Dasar Perancangan dan Pemilihan Elemen Mesin*, cetakan ke-7, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, halaman 241.

⁹ Rudenko N, 1994, *Mesin Pengangkat*, Penerbit Erlangga, halaman 98.

Tegangan lentur (σ_{lentur}) :

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{lentur}} &= M_{\text{maks}} / W \quad \dots\dots\dots(2-29) \\ &= 0,1 \text{ kg/mm}^2.\end{aligned}$$

Momen lentur trunion batang lintang (M_2) : ¹⁰

$$\begin{aligned}M_2 &= \frac{Q}{2} \times \frac{s + s_1}{2} \quad \dots\dots\dots(2-30) \\ &= 135625 \text{ kg.mm.}\end{aligned}$$

Tekanan satuan antara trunion dan rumah (P) : ¹¹

$$\begin{aligned}P &= \frac{Q}{2d(s + s_1)} \quad \dots\dots\dots(2-31) \\ &= 0,9 \text{ kg/mm}^2.\end{aligned}$$

Pemeriksaan *sakle plate*.¹²

Tebal sakel (s) direncanakan = 35 mm

Diameter lubang batang lintang (d) direncanakan = 30 mm

Lebar sakel (b) direncanakan = 150 mm

Jari – jari sakel (R) direncanakan = 175 mm

Bahan *sakle plate* direncanakan dari FC 20 dengan kekuatan tarik 20 kg/mm^2 .¹³

Faktor keamanan bahan (f_c) = 1,5

Tegangan tarik bahan (σ_{tarik}) yang dipergunakan = $20/1,5 = 13,3 \text{ kg/mm}^2$.

Tegangan tarik pada penampang A_1B_1 (σ_{t1}) :

¹⁰ Ibid hal. 98

¹¹ Ibid hal. 99

¹² Ibid hal. 100

¹³ Sularso, Kiyokatsu Suga, 1991, *Dasar-Dasar Perancangan dan Pemilihan Elemen Mesin*, cetakan ke-7, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, halaman 241.

$$\sigma_{t1} = \frac{Q}{2bs} \dots\dots\dots(2-32)$$

$$= 0,7 \text{ kg/mm}^2.$$

Tegangan tarik pada penampang A_2B_2 (σ_{t2}) :

$$\sigma_{t2} = \frac{Q}{2(b-d)s} \dots\dots\dots(2-33)$$

$$= 0,9 \text{ kg/mm}^2.$$

Tekanan satuan penampang A_2B_2 (Psk) :

$$Psk = \frac{Q}{2ds} \dots\dots\dots(2-34)$$

$$= 3,7 \text{ kg/mm}^2.$$

Tegangan satuan pada permukaan bagian dalam (σ_{A3}) :

$$\sigma_{A3} = \frac{Psk[(2R)^2 + d^2]}{(2R)^2 - d^2} \dots\dots\dots(2-35)$$

$$= 3,7 \text{ kg/mm}^2.$$

Tegangan satuan pada permukaan bagian luar (σ_{B3}) :

$$\sigma_{B3} = \frac{Psk \times 2 \times d^2}{(2R)^2 - d^2} \dots\dots\dots(2-36)$$

$$= 0,05 \text{ kg/mm}^2.$$

Tegangan maksimum yang terjadi pada permukaan dalam (σ_{Amax}) :

$$\sigma_{Amax} = \frac{Q(4R^2 + d^2)}{2d_s(4R^2 - d^2)} \dots\dots\dots(2-37)$$

$$= 3,7 \text{ kg/mm}^2.$$

Tebal sakel sesungguhnya (s) :

$$s = \frac{Q}{2d\sigma_1} \times \frac{4R^2 + d^2}{4R^2 - d^2} \dots\dots\dots(2-38)$$

$$= 35 \text{ mm.}$$

C. Tali Baja

Tali yang dipergunakan dalam perancangan ini merupakan jenis tali baja anti puntir. Dipilihnya jenis tali ini karena memiliki beberapa keuntungan dalam perancangan diantaranya; distribusi pembebanan yang kurang merata pada setiap kawat, kawat sedikit kaku, keausan tali lebih kecil bila melewati puli dan digulung pada drum, tidak mudah putus dan cenderung tidak terurai walaupun ujung tali tidak disimpul.¹⁴

Konstruksi tali direncanakan tali baja biasa (6 x 37 + 1) dengan jumlah kawat (i) = 222, posisi anyaman tali arah berlawanan, terdiri 6 ikat tali dan setiap tali terdapat 37 kawat. Serabut tali terbuat dari bahan baja stainless dengan kandungan : 0,09%C, 0,35% Mn, 0,3% Si, 8,7%Ni, 17,4 Cr, 0,02% S dan 0,02 P. Kekuatan putus tali (σ_b) = 180 kg/mm². Elastisitas (E) = 8.000 kg/mm². Penggunaan tali baja ini tergolong dengan daya medium.

Konstruksi tali dirancang seperti pada Gambar 2.6.

Dengan perancangan jenis puli tetap, maka beban yang harus ditanggung tali (G) dapat diketahui melalui persamaan :¹⁵

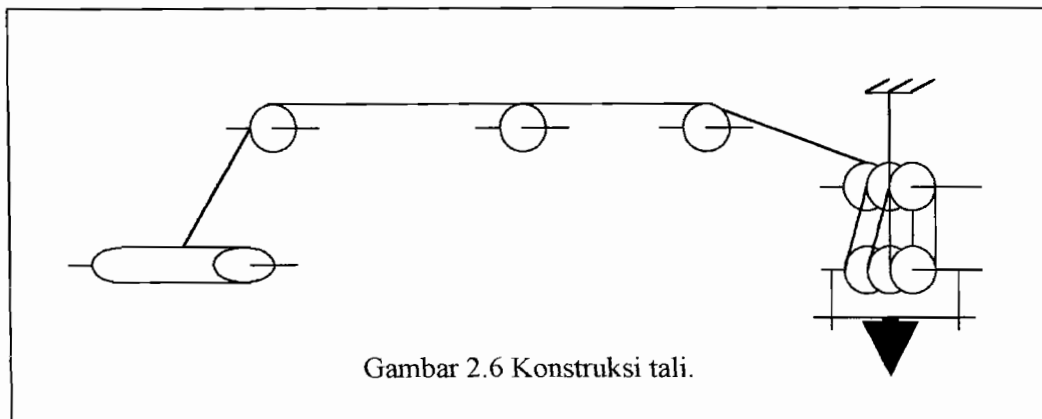
$$G = B_r \times \varepsilon^\eta \times \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon^\eta - 1} \text{ (kg)}$$

¹⁴ Rudenko N, 1994, *Mesin Pengangkat*, Penerbit Erlangga, halaman 32.

¹⁵ Ibid hal. 15

$$\eta = \frac{\varepsilon^z - 1}{\varepsilon^z \times z(\varepsilon - 1)} \dots\dots\dots(2-39)$$

Dengan memberi nilai efisiensi sebesar 0,98, diperoleh $\varepsilon = 1/0,98 = 1,0204$.



Jumlah puli (z) sesuai dengan Gambar 2.6.

$$z = 6$$

$$\eta = 0,9$$

$$G = 7500 \times (1,0204)^{0,9} \times \frac{1,0204 - 1}{1,0204^6 - 1}$$

$$= 1209,54 \text{ kg.}$$

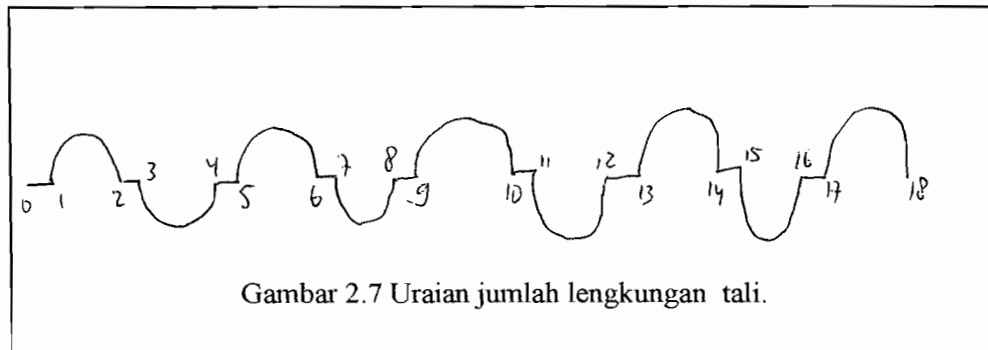
Jumlah lengkungan (Jl) sesuai dengan Gambar perancangan dan Tabel 2.1.

$$Jl = 18 \text{ lengkungan.}$$

Tabel 2.1 Pengaruh jumlah lengkungan terhadap (D_{\min}/d)
Sumber : Rudenko hal. 38

Jumlah lengkungan	$\frac{D_{\min}}{d}$	Jumlah lengkungan	$\frac{D_{\min}}{d}$	Jumlah lengkungan	$\frac{D_{\min}}{d}$	Jumlah lengkungan	$\frac{D_{\min}}{d}$
1	16	5	26,5	9	32	13	36
2	20	6	28	10	33	14	37
3	23	7	30	11	34	15	37,5
4	25	8	31	12	35	16	38

Jumlah lengkungan dapat diuraikan seperti pada Gambar 2.7.



Dengan melihat Tabel 2.1. didapat nilai (D_{\min}/d) sebesar 42,75.

Tipe konstruksi tali baja direncanakan $(6 \times 37 + 1)$.

Luasan minimal tali $(F_{(n)})$:¹⁶

$$F_{(n)} = \frac{G}{\frac{\sigma_b}{k} - \left(\frac{d}{D_{\min}} \times \frac{E}{1,5\sqrt{i}} \right)} \dots\dots\dots(2-40)$$

dengan, k = faktor keamanan tali = 5,5

$$\begin{aligned} F_{(n)} &= \frac{1209,54}{\frac{180}{5,5} - \left(\frac{1}{36} \times \frac{8000}{1,5\sqrt{222}} \right)} \\ &= 53,09 \text{ mm}^2. \\ &= 0,5309 \text{ cm}^2. \end{aligned}$$

Diameter 1 kawat (δ) :

$$\begin{aligned} \delta &= \sqrt{\frac{4 \times F_{(n)}}{\pi \times i}} \dots\dots\dots(2-41) \\ &= \sqrt{\frac{4 \times 53,09}{\pi \times 222}} \\ &= 0,55 \text{ mm}. \end{aligned}$$

¹⁶ Ibid hal. 39

Diameter tali (d) : ¹⁷

$$d = 1,5 \times \delta \times \sqrt{i} \dots\dots\dots(2-42)$$

d = 12,3 mm. Dibulatkan menjadi 15 mm.

Tegangan yang sebenarnya yang terjadi pada tali (σ) :

$$\sigma = \frac{G}{F_{(n)}} \dots\dots\dots(2-43)$$

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{1209,54}{53,09} \\ &= 22,8 \text{ kg/mm}^2. \end{aligned}$$

Faktor yang tergantung pada jumlah lengkungan berulang (m) : ¹⁸

$$m = \frac{\left(\frac{D_{\min}}{d}\right)^{-J_1}}{\sigma \times C \times C_1 \times C_2} \dots\dots\dots(2-44)$$

dengan;

m = faktor yang tergantung pada jumlah lengkungan berulang,

σ = tegangan tarik sebenarnya pada tali (kg/mm^2),

C = faktor yang memberi karakteristik konstruksi tali dan kekuatan tarik maksimum bahan kawat, (lihat Tabel 2.3.)

C_1 = faktor yang tergantung pada tali, (lihat Tabel 2.4.)

C_2 = faktor yang menentukan faktor produksi dan operasi tambahan yang tidak diperhitungkan oleh faktor C dan C_1 .

$$m = \frac{42,75 - 18}{22,8 \times 0,89 \times 0,93 \times 0,67}$$

¹⁷ Ibid hal. 38

¹⁸ Ibid hal. 43

$$m = 2.$$

Jumlah lengkungan berulang dari tali selama periode keausannya sampai tali tersebut rusak (z)= 340000 lengkungan berulang menurut Tabel 2.2

.z dalam ribuan m	30 0,26	50 0,41	70 0,56	90 0,70	110 0,83	130 0,95	150 1,07	
.z dalam ribuan m	170 1,18	190 1,29	210 1,40	230 1,50	255 1,62	280 1,74	310 1,87	340 2,00
.z dalam ribuan m	370 2,12	340 2,27	450 2,42	500 2,60	550 2,77	600 2,94	650 3,10	700 3,17

Umur tali (N) : ¹⁹

$$N = \frac{z}{a \times z_2 \times \beta \times \varphi} \dots\dots\dots(2-45)$$

dengan;

N = umur tali dalam satuan bulan,

a = jumlah siklus kerja rata – rata per bulan,

z_2 = jumlah lengkungan berulang per siklus kerja (mengangkat dan menurunkan) pada tinggi pengangkatan penuh dan lengkungan satu sisi,

β = faktor perubahan daya tahan tali akibat mengangkat muatan lebih rendah dari tinggi total dan lebih ringan dari muatan penuh.

$$N = \frac{340000}{3400 \times 5 \times 0,3 \times 2,5}$$

N = 27 bulan.

¹⁹ Ibid hal. 48

Tabel 2.3 Harga faktor C
Sumber : Rudenko hal. 44

Diameter mm	KONSTRUKSI TALI									
	6 × 7 = 42 dan satu poros		6 × 19 = 114 dan satu as						6 × 37 = 222 dan satu poros	
	Posisi berpotongan	Posisi sejajar	Biasa		Warrington		Seale		Posisi berpotongan	Posisi sejajar
Posisi berpotongan			Posisi sejajar	Posisi berpotongan	Posisi sejajar	Posisi berpotongan	Posisi sejajar			
130	1,31	1,13	1,08	0,91	0,69	0,61	0,81	0,69	1,12	0,99
160	1,22	1,04	1,00	0,83	0,63	0,54	0,75	0,62	1,06	0,93
180	1,16	0,98	0,95	0,78	0,59	0,50	0,70	0,57	1,02	0,89

Tabel 2.4 Harga faktor C₁ dan C₂.
Sumber : Rudenko hal. 44

Harga Faktor C₁

Diameter tali	kurang dari 5	5,5-8	8,5- 10	11-14	15- 17,5	18-19	19,5 24	25-28	30- 34,5	37- 43,5
C ₁	0,83	0,85	0,89	0,93	0,97	1,00	1,04	1,09	1,16	1,24

Harga Faktor C₂

BAHAN SERABUT TALI	C ₂
Baja karbon: 0,55% C; 0,57% Mn; 0,25% Si; 0,09% Ni; 0,08% Cr; 0,02% S dan 0,02% P	1
Baja karbon: 0,70% C; 0,61% Mn; 0,09% Si; 0,021% S dan 0,028% P	0,9
Baja perlit: 0,40% C; 0,52% Mn; 0,25% Si; 0,2% Ni; 1,1% Cr; 0,025% S dan 0,025% P	1,37
Baja stainless: 0,09% C; 0,35% Mn; 0,3% Si; 8,7% Ni; 17,4 Cr; 0,02% S dan 0,02 P	0,67
Baja open hearth biasa	1
Baja open hearth yang diebur dengan arang besi dan dibersihkan dengan scrap	0,53
Serat yang terbuat dari batang logam seluruhnya	1
Serat yang terbuat dari batang logam sebagian	0,92

Tabel 2.5 Harga a, z₂ dan β
Sumber :Rudenko hal.47

Kondisi pengoperasian mesin pengangkat		Operasi harian, jam	Hari kerja/bulan	Jumlah siklus kerja per hari	a	Mode suspensi beban		Tinggi h beban diangkat pada jumlah kemungkinan tali maksimum per putaran untuk 11 dalam m = 1 m, dan 12 = 2m (dalam m)		
tangan		8	25	16	400	Suspensi sederhana	2	-	0,7	
daya	ringan	8	25	40	1000	Suspensi dgn. Satu bebas puli	4	2	0,5	
	medium	16	25	136	3400	Beberapa puli dgn. rasio	2x2	3	2	0,4
							2x2	5	3	0,3
							2x4	7	4	0,25
2x5	9	5	0,2							
berat	24	30	320	9600						

D. Puli dan Drum

Terdapat dua jenis konstruksi puli secara umum diantaranya;

a. Puli tetap

Merupakan jenis puli yang dalam kedudukannya tetap, tidak bergerak secara vertikal atau horizontal seperti terlihat pada Gambar 2.8. (a)

b. Puli bebas

Merupakan jenis puli yang dapat bergerak secara vertikal atau horizontal seperti terlihat pada Gambar 2.8. (b)

Diameter drum atau puli pada dasar alurnya (D) : ²⁰

$$D \geq e_1 \times e_2 \times d \dots\dots\dots(2-46)$$

²⁰ Ibid hal. 41

dengan;

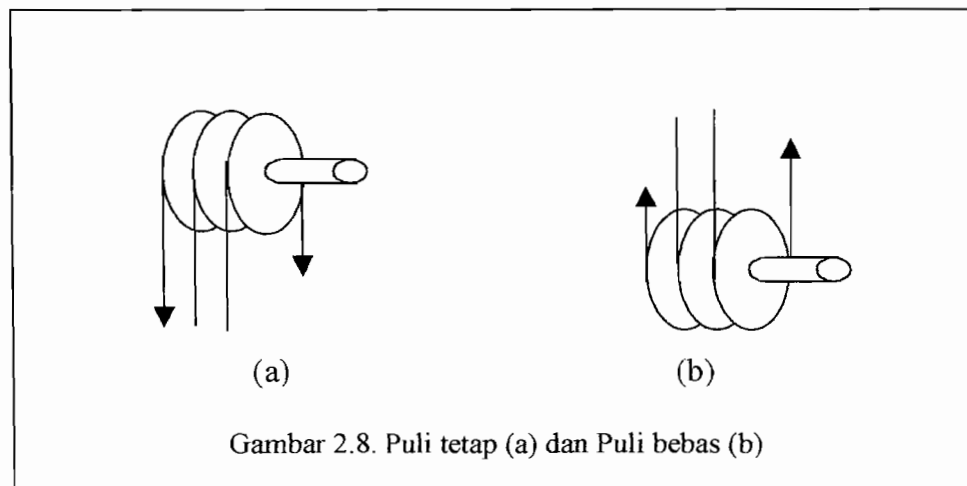
d = diameter tali (mm),

e_1 = faktor yang tergantung pada alat pengangkat dan kondisinya,

e_2 = faktor yang tergantung pada konstruksi tali.

$$D \geq 25 \times 1 \times 15$$

$$D \geq 375 \text{ mm.}$$



Untuk memenuhi syarat bahwa $D_{\min}/d = 42,75$, maka

$$D \text{ diambil } \geq 42,75 d$$

$$D \geq 641, \quad \text{dibulatkan} = 650 \text{ mm}$$

Tabel 2.6. Harga faktor e_2	
Sumber : Rudenko hal. 42	
Dimensi $6 \times 8 = 111 + 1$ poros	
posisi berpotongan	1,00
posisi sejajar	0,90
Dimensi $6 \times 19 = 114 + 1$ poros	
1) Meringkon	
posisi berpotongan	0,90
posisi sejajar	0,85
2) Seale	
posisi berpotongan	0,95
posisi sejajar	0,85
Dimensi $6 \times 37 = 222 + 1$ poros	
posisi berpotongan	1,00
posisi sejajar	0,90
Catatan:	
Untuk crane yang dioperasikan dengan tangan dan mekanisme pengangkat dan untuk tali yang faktor dapat diasumsikan umumnya.	

Tabel 2.7. Harga faktor e1
Sumber : Rudenko hal. 42

Tipe alat pengangkat	Diperakkan oleh	Kondisi dan berat muatan	1	2
I. Ekskavator, caterpillar-mounted, traktor dan truk yang mempunyai crane pilar (termasuk excavator yang beroperasi sebagai crane dan pengangkat mekanik pada daerah konstruksi dan pekerjaan pemeliharaan)	Tangan Daya Daya Daya	Ringan	4	10
		Ringan	5	15
		Medium	5,5	18
		Berat dan Sangat berat	6	20
II. Semua tipe lain dari crane dan pengangkat mekanis	Tangan Daya Daya	Ringan	4,5	15
		Ringan	5	20
		Medium	5,5	25
		Berat dan Sangat berat	6	30
III. Derep yang dioperasikan dengan tangan dengan kapasitas beban terangkat di atas 1 ton yang digandeng pada berbagai peralatan otomatis (mobil, truk, dan sebagainya)	---	---	4	10
IV. Pengangkat dengan trolly	---	---	5,5	20
V. Penjepit mekanis (kecuali untuk puli pada grabs) untuk pengangkat mekanis (cat. No. I)	---	---	5	20
VI. Lem untuk pengangkat mekanis pada cat. No. II.	---	---	5	30

Diameter puli kompensasi direncanakan 160 mm.

Jumlah lilitan pada drum untuk satu tali (z) :²¹

$$z = \frac{H \times i}{\pi \times D} + 2 \dots \dots \dots (2-47)$$

dengan;

i = 6 merupakan sistem tali,

D = diameter drum (mm),

H = tinggi angkat muatan (mm),

angka dua ditambahkan untuk lilitan yang menahan muatan.

$$z = \frac{23,8m \times 6}{\pi \times 650} + 2$$

z = 72 lilitan.

²¹ Ibid hal. 74

Jumlah lilitan ini membuat panjang drum penggulung harus panjang, sehingga untuk menghemat tempat, dibuat 5 tingkat lapisan. Dengan memberikan alur untuk tali pada drum membuat penggulangan tali bisa teratur. Jumlah lilitan (z) menjadi $z/5 = 14,4$ lilitan.

Panjang alur heliks (ℓ) :²²

$$\ell = z \times s_1 \dots\dots\dots(2-48)$$

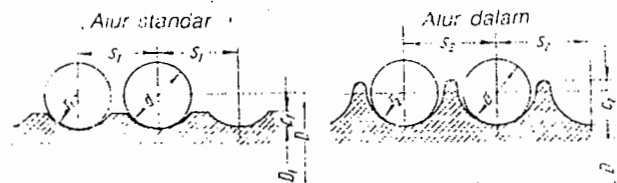
dengan $s_1 =$ kisar.

$$\ell = 14,4 \times 17 \text{ mm.}$$

$$\ell = 244,8 \text{ mm}$$

Tabel 2.8 Dimensi alur drum (dalam satuan mm)

Sumber : Rudenko hal. 74



Dia- meter tali d	r_1	Standar		Dalam			Dia- meter tali d	r_1	Standar		Dalam		
		s_1	c_1	s_2	c_2	r_2			s_1	c_1	s_2	c_2	r_2
4,5	3,5	7	2	9	4,5	1,0	19,5	11,5	22	5	27	13,5	2,0
5,2	4,0	8	2	11	5,5	1,5	24,0	13,5	27	6	31	16,0	2,5
5,7	5,0	11	3	13	6,5	1,5	28,0	15,5	31	8	36	18,0	2,5
11,0	7,0	13	3	17	8,5	1,5	34,5	19,0	38	10	41	22,0	3,0
13,0	8,0	15	4	19	9,5	1,5	39,0	21,0	42	12	50	24,5	3,5
15,3	9,0	17	5	22	11,0	2,0							

²² Untuk alur dalam harus diambilkan sekarang, kurangnya sebesar satu diameter tali penggulangan.

Panjang total dari drum (L_{total}) :²³

²² Ibid hal. 75

$$L_{\text{total}} = \left[\left(\frac{H \times i}{\pi \times D} + 7 \right) \times s \right]$$

$$\text{atau } (z + 5) \times s_1 \dots\dots\dots(2-49)$$

$$L_{\text{total}} = [14,4 + 5] \times 17$$

$$L_{\text{total}} = 329,8 \text{ mm.}$$

Panjang ini adalah dengan menyisakan 5s untuk menahan tali dan untuk kedua sisi flens.

Bahan drum direncanakan dari FC 20 dengan tebal dinding coran (15 – 30 mm) dan memiliki tegangan tekan 20 kg/mm^2 .²⁴

Tebal dinding drum (ω) :

$$\omega = 0,02 \times D + (0,6 \text{ sampai } 1,0) \dots\dots\dots(2-50)$$

$$\omega = 0,02 \times 650 + 0,89$$

$$\omega = 14 \text{ mm.}$$

Tegangan tekan drum (σ_{comp}) :

$$\sigma_{\text{comp}} = G / (\omega \times s) \dots\dots\dots(2-51)$$

dengan;

$$s = \text{alur pada drum} = 17 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\text{comp}} = 1209,54 / (14 \times 17)$$

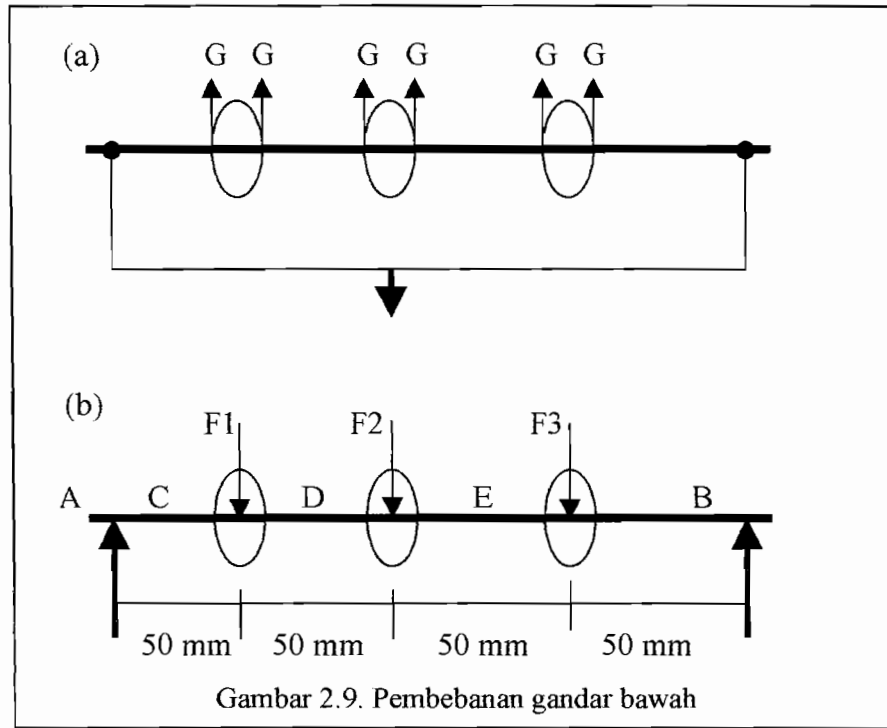
$$= 5,2 \text{ kg/mm}^2.$$

²³ Ibid hal. 75

²⁴ Ibid hal. 241

E. Gandar

a. Perhitungan diameter gandar .



Gambar 2.9. Pembebanan gandar bawah

$$F1 = F2 = F3 = 2 \times G = 2419,08 \text{ kg.}$$

Batang A - B :

$$\Sigma M_A = 0 \text{ kg}$$

$$(F1 \times 50) + (F2 \times 100) + (F3 \times 150) - (R_B \times 200) = 0 \dots\dots\dots (2-52)$$

$$R_B = (120954 + 241908 + 362862) / 200$$

$$= 3628,62 \text{ kg}$$

$$\Sigma V = 0 \text{ kg}$$

$$F1 + F2 + F3 - R_A - R_B = 0 \dots\dots\dots (2-53)$$

$$R_A = 2419,08 + 2419,08 + 2419,08 - 3628,62$$

$$R_A = 3628,62 \text{ kg}$$

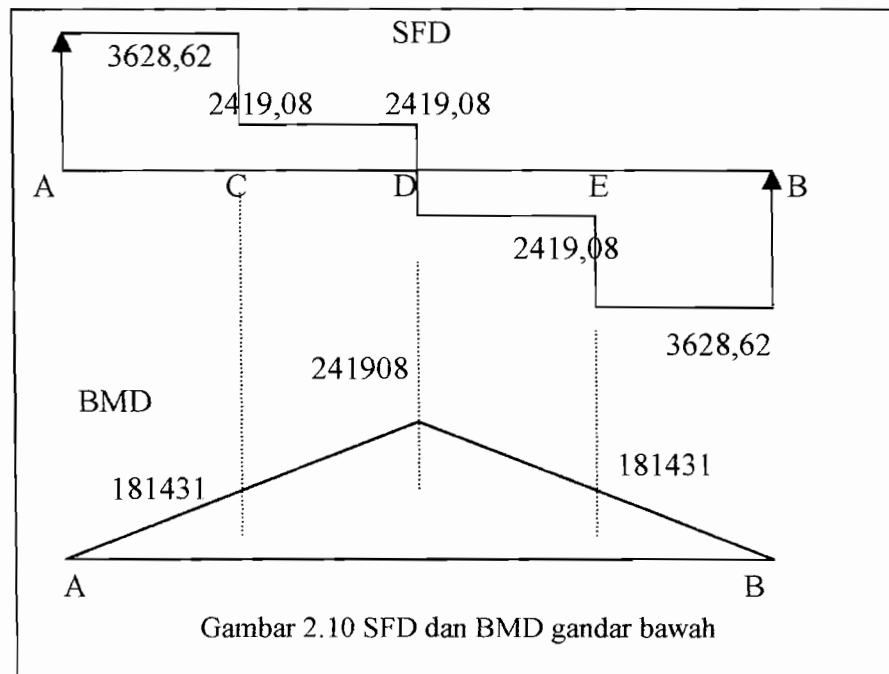
Momen – momen yang terjadi di titik A,B,C,D,E :

Dengan menganggap bahwa tidak terjadi perubahan posisi karena pada titik A dan B bertumpu pada sakel, maka momen di A (M_A) = 0 kg.mm. demikian pula momen di titik B (M_B) = 0.

$$M_C = M_E = R_A \times 50 = 3628,62 \text{ kg} \times 50 \text{ mm} = 181431 \text{ kg.mm}$$

$$M_D = (R_A \times 100 \text{ mm}) - (F_1 \times 50 \text{ mm}) = 241908 \text{ kg.mm}$$

Momen maksimal terjadi pada titik D sebesar 241908 kg.mm.



Bahan untuk gandar menggunakan S 45C dengan pengerjaan dicelup dingin.

Tegangan lentur ijin bahan gandar (σ_b) = 22,7 kg/mm² ²⁵

Momen tahanan yang diperlukan untuk gandar (W_b) : ²⁶

$$W_b = \frac{M_{\text{maks}}}{\sigma_b} \dots\dots\dots (2-54)$$

²⁵ Sularso, Kiyokatsu Suga, 1991, *Dasar-Dasar Perancangan dan Pemilihan Elemen Mesin*, cetakan ke-7, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, halaman 251.

²⁶ STOLK Jack. (*IR WE*), KROS C. (*IR WE*), 1994, *ELEMEN MESIN*, Edisi ke-21, Penerbit Erlangga, halaman 168.

$$W_b = \frac{241908}{22,7}$$

$$W_b = 10656,74 \text{ mm}^3.$$

Sedangkan $(W_b) = 0,1 \times d^3$ untuk gandar pejal.²⁷ Sehingga,

$$d = \sqrt[3]{\frac{W_b}{0,1}} \dots\dots\dots(2-55)$$

$$d = 47,41 \text{ mm}.$$

Pembulatan diameter gandar yang dipakai adalah 50 mm.

- b. Untuk perhitungan diameter gandar bagian atas sama caranya dengan perhitungan gandar bagian bawah dan didapatkan diameter gandar = 30 mm.

F. Motor Listrik

Untuk mekanisme pengangkatan beban, data – data yang diketahui dari perhitungan sebelumnya antara lain;

Beban yang diangkat karena adanya sistem puli $(G) = 1209,54 \text{ kg}$

Perbandingan reduksi puli $(i) = 6$

Kecepatan pengangkatan beban direncanakan 8,69 m/ 40 det,

atau = 0,22 m/det

= 13,2 m/min.

Efisiensi pengangkatan $(\eta) = 0,89$

Kecepatan drum (V_{drum}) :

$$V_{\text{drum}} = i \times V \dots\dots\dots(2-56)$$

= 79,2 m/min.

²⁷ Ibid hal.172

Daya motor yang diperlukan untuk pengangkatan (N) :

$$N = \frac{1209,54 \times 79,2 \times 0,736}{75 \times 60 \times 0,89}$$

$$N = 17,6 \text{ KW atau,}$$

$$= 23,9 \text{ hp.}$$

Dari tabel motor listrik yang terlampir dipilih tipe motor listrik kurungan, tiga fasa, tegangan rendah (200 v, 50/60 Hz) 4 kutub. Dengan daya 22 KW

(= 27,2 hp). Putaran maksimal yang dihasilkan = 1450 rpm.

Momen girasi motor $(GD^2)_{\text{rot}} = 0,59 \text{ (kg-m}^2\text{)}$.

Momen statis motor (M_{st}) dapat diketahui melalui persamaan : ²⁸

$$M_{\text{st}} = 71620 \frac{N}{n} \dots\dots\dots(2-57)$$

$$= 71620 \frac{27,2}{1450}$$

$$= 13,43492 \text{ kg-m}$$

Dalam perancangan ini mempergunakan kopling fleksibel dengan diameter luar kopling (D) = 200 mm.

Tabel 2.9 Nilai perkiraan momen inersia kopling
Sumber : Rudenko hal.295

Diameter luar, mm	Diameter poros, mm	Panjang nap, mm	Lebar pelek, mm	Berat kg	Momen inersia kg.cm/dt ²
150	30	120	60	10	0,003
200	40	160	80	20	0,01
250	50	200	100	40	0,03
300	60	240	120	70	0,08

Momen Inersia kopling (I) diperkirakan 0,0001 kg.m/dt².

²⁸ Rudenko N, 1994, *Mesin Pengangkat*, Penerbit Erlangga, halaman 297.

Momen girasi kopling $(GD^2)_{\text{coup}}$:²⁹

$$\begin{aligned}(GD^2)_{\text{coup}} &= I \times 4g \quad \dots\dots\dots(2-58) \\ &= 0,0001 \times 4 \times 9,81 \\ &= 0,003924 \text{ kg-m}^2.\end{aligned}$$

Momen girasi pada poros motor (GD^2) :

$$\begin{aligned}GD^2 &= (GD^2)_{\text{rot}} + (GD^2)_{\text{coup}} \quad \dots\dots\dots(2-59) \\ &= 0,59 \text{ (kg-m}^2\text{)} + 0,003924 \text{ kg-m}^2 \\ &= 0,593924 \text{ kg-m}^2.\end{aligned}$$

Momen dinamik dalam percepatan yang diacu pada poros motor (M_{dyn}) :³⁰

$$M_{\text{dyn}} = \frac{\delta GD^2 n}{375 t_s} + \frac{0,975 G' v^2}{n t_s \eta} \quad \dots\dots\dots(2-60)$$

dengan;

M_{dyn} = Momen dinamik dalam percepatan sistem yang diacu pada poros motor (kg/m).

δ = koefisien yang memperhitungkan pengaruh massa mekanisme transmisi. Diambil 1,1 s/d. 1,25.

n = kecepatan poros motor dalam gerakan tunak (rpm).

G' = bobot penuh muatan pada perlatan pengangkatan (kg).

v = kecepatan tunak dari sistem pengangkatan (m/det).

η = efisiensi total mekanisme transmisi = 0,89

t_s = waktu untuk percepatan (detik) direncanakan 3 detik.

²⁹ Ibid hal. 289

³⁰ Ibid hal. 293

$$M_{\text{dyn}} = \frac{1,15 \times 0,593924 \times 1450}{375 \times 3} + \frac{0,975 \times 1209,54 \times (79,2)^2}{60^2 \times 1450 \times 3 \times 0,89}$$

$$= 1,41 \text{ kg-m.}$$

Momen yang diperlukan saat start motor (M_{mot}) : ³¹

$$M_{\text{mot}} = M_{\text{st}} + M_{\text{dyn}} \dots\dots\dots (2-61)$$

$$= 14,85 \text{ kg-m.}$$

Beban lebih motor selama start :

$$M_{\text{mot}} / M_{\text{st}} = 1,1$$

G. Perancangan Kopling

Kopling adalah suatu elemen mesin yang berfungsi sebagai penerus putaran dan daya dari poros yang digerakkan secara pasti (tanpa terjadi slip), di mana sumbu kedua poros terletak pada satu garis lurus atau sedikit berbeda. Pada perancangan ini digunakan kopling tetap jenis flens.

Kopling ini terdiri atas naf dengan flens dan dipasang pada ujung poros spline dan dibaut pada flensnya. Kopling flens ini mudah dalam pemasangannya, ringkas, aman pada putaran tinggi, getaran dan tumbukan kecil dan mudah pengoperasiannya.

Pada awal perancangan kopling ini telah diketahui beberapa data yang diperlukan untuk melakukan perhitungan kopling diantaranya;

Daya rencana (P_d) = 22 KW.

Putaran input (n_1) = 1450 rpm.

Diameter luar kopling (A) = 200 mm.

³¹ Ibid hal. 296

Momen rencana yang (T) :

$$T = 9,74 \times 10^5 \times 22 / 1450$$

$$= 13300,13793 \text{ kg.mm}$$

Dari Tabel 2.11 diperoleh nilai variabel – variabel untuk kopling di-antaranya;

$$\text{Diameter luar kopling flens (A)} = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang naf (L)} = 71 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter pusat baut (B)} = 140 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah baut (n)} = 6$$

$$\text{Diameter naf (C)} = 100 \text{ mm}$$

Jumlah baut efektif (n_e) :³²

$$n_e = e \times n \dots\dots\dots(2-62)$$

$$\text{dengan } e = 0,5$$

$$= 3$$

Tegangan geser baut (τ_b) :³³

$$\tau_b = \frac{8 \times T}{\pi \times d_b^2 \times n_e \times B} \dots\dots\dots(2-63)$$

$$= \frac{8 \times 13300,13793}{\pi \times 16^2 \times 3 \times 140} = 0,314997424 \text{ kg/mm}^2.$$

Tegangan geser yang diijinkan untuk flens (τ_F) :

$$\tau_F = \frac{2 \times T}{\pi \times C^2 \times F} \dots\dots\dots(2-64)$$

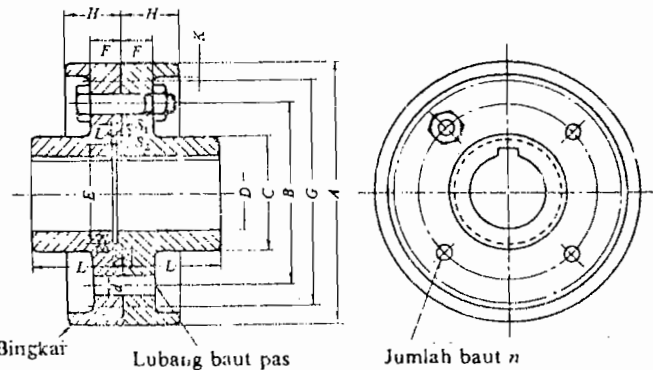
³² Sularso, Kiyokatsu Suga, 1991, *Dasar-Dasar Perancangan dan Pemilihan Elemen Mesin*, cetakan ke-7, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, halaman 35.

³³ Ibid hal. 34

$$= \frac{2 \times 13300,13793}{\pi \times 100^2 \times 22,4}$$

$$= 0,03779969 \text{ kg/mm}^2.$$

Tabel 2.11 Dimensi kopling flens
Sumber : Sularso hal. 31



(Satuan: mm)

A	G Tanpa bingkai (Halus saja)	D		L	C	B	F		H		K	n	d	
		Diameter lubang max.	Diameter lubang min.				Kasar	Halus	Kasar	Halus			Kasar	Halus
(112)	(100)	25	20	40	45	75	11,2	18	22,4	31,5	4	4	10,5	10
125	112	28	22,4	45	50	85	11,2	18	22,4	31,5	4	4	10,5	10
140	124	35,5	28	50	63	100	11,2	18	22,4	31,5	4	4	10,5	10
160	140	45	35,5	56	80	112	15	20	28	35,5	6	4	14	14
(180)	(160)	50	40	63	90	132	15	20	28	35,5	6	6	14	14
200	180	56	45	71	100	140	18	22,4	35,5	40	6	6	18	18
(224)	(200)	63	50	80	112	160	18	22,4	35,5	40	6	6	18	18
250	224	71	56	90	125	180	23,6	28	45	50	8	6	21	21
(280)	(250)	80	63	100	140	200	23,6	28	45	50	8	6	21	21

Bahan untuk baut dipilih S20C dengan kekuatan tarik 40 kg/mm²³⁴.

Faktor koreksi bahan baut (S_{fb}) = 6

Faktor koreksi kontak bahan (K_b) = 3

Tegangan geser baut yang diijinkan (τ_{ba}) :

$$\tau_{ba} = \frac{\sigma_{Bb}}{S_{fb} \times K_b} \dots \dots \dots (2-65)$$

$$= \frac{40}{6 \times 3}$$

³⁴ Ibid hal. 33

$$= 2,22 \text{ kg/mm}^2.$$

Bahan flens FC20 dengan kekuatan tarik 20 kg/mm^2 .³⁵

$$\text{Faktor koreksi bahan flens } (S_{FF}) = 6$$

$$\text{Faktor koreksi kontak bahan } (K_F) = 3$$

Tegangan geser baut yang diijinkan (τ_{Fa}) :

$$\begin{aligned} \tau_{Fa} &= \frac{\sigma_{FF}}{S_{FF} \times K_F} \dots\dots\dots(2-66) \\ &= \frac{20}{6 \times 3} \\ &= 1,11 \text{ kg/mm}^2. \end{aligned}$$

H. Transmisi

Sistem transmisi untuk gerak pengangkatan dirancang untuk mendapatkan kebutuhan yang diperlukan mekanisme drum penggulung tali yang dihasilkan dari gerakan motor listrik yang dipakai.

Sistem transmisi ini berupa rangkaian dari beberapa roda gigi dengan komponen pendukungnya yang berada pada tempat yang disebut gear box. Prinsip kerjanya adalah dari motor listrik yang berputar memutar poros input yang dihubungkan dengan roda gigi dan roda gigi ini dirangkai dengan roda gigi lain untuk merubah putaran. Pada roda gigi terakhir dihubungkan poros output yang selanjutnya memutar drum penggulung tali.

³⁵ Ibid hal. 241

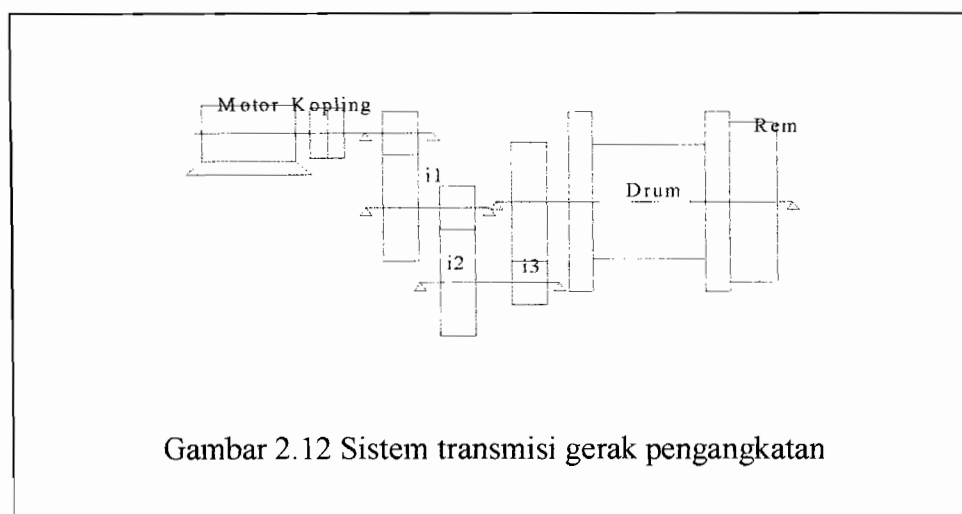
Dalam perancangan ini menggunakan roda gigi lurus dengan data – data yang diketahui sebelum perancangan adalah sebagai berikut :

Daya motor yang akan ditransmisikan (P) = 22 KW

Putaran poros input (n_1) = 1450 rpm

Putaran poros output (n_2) = 63,025 rpm

Perbandingan reduksi (i) = $n_1/n_2 = 23,006$



Harga perbandingan reduksi ini cukup besar. Sehingga dilakukan tingkatan reduksi menjadi tiga tingkat dengan (i_1) = 2,5, (i_2) = 2,8, (i_3) = 3,2866

Untuk menjaga kemungkinan diperlukannya perubahan daya saat start maka digunakan yang namanya faktor koreksi pada perancangan.

Daya yang akan ditransmisikan	1,0-1,2
Daya rata-rata yang dibutuhkan	1,2-1,5
Daya maksimum yang diperlukan	0,8-1,2
Daya normal	1,0-1,5

Daya untuk perencanaan dapat diketahui dengan persamaan (Pd) : ³⁶

$$\begin{aligned} Pd &= fc \times P \\ &= 1 \times 22 \\ &= 22 \text{ KW.} \end{aligned}$$

Perancangan roda gigi pada reduksi tingkat 1 dengan $(i_1) = 2,5$.

Selanjutnya menentukan diameter lingkaran jarak bagi sementara sebagai jembatan untuk mengetahui perbandingan reduksi sesungguhnya. (d'_1) : ³⁷

$$\begin{aligned} d'_1 &= \frac{2xa}{1+i} \dots\dots\dots(2-67) \\ &= \frac{2 \times 150}{1 + 2,5} \\ &= 85,71428 \text{ mm.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d'_2 &= \frac{2xaxi}{1+i} \dots\dots\dots(2-68) \\ &= \frac{2 \times 150 \times 2,5}{1 + 2,5} \\ &= 214,28571 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Modul (m) dan sudut tekanan pahat (α) direncanakan 4 dan 20° .

Jumlah roda gigi ($Z_{(i)}$) :

$$Z_{(i)} = d'_{(i)} / m \dots\dots\dots(2-69)$$

$$\text{Jumlah gigi roda gigi pinyon } (Z_1) = 85,71 / 4 = 21,4$$

Dibulatkan = 22 gigi.

$$\text{Jumlah gigi roda gigi besar } (Z_2) = 214,28 / 4 = 53,57$$

³⁶ Ibid hal. 7

³⁷ Ibid hal. 216

Dibulatkan = 54 gigi.

Perbandingan roda gigi $Z_2 / Z_1 = 2,45$

Diameter lingkaran jarak bagi roda gigi ($d_{o(i)}$) :

$$d_{o(i)} = Z_{(i)} \times m \dots\dots\dots(2-70)$$

$$\begin{aligned} d_{o1} &= 22 \times 4 \\ &= 88 \text{ mm.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_{o2} &= 54 \times 4 \\ &= 216 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Jarak sumbu poros sesungguhnya (a) :

$$\begin{aligned} a &= (d_{o1} + d_{o2}) / 2 \text{ (mm)} \dots\dots\dots(2-71) \\ &= (88 + 216) / 2 \\ &= 152 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kelonggaran puncak roda gigi (ck) : ³⁸

$$\begin{aligned} ck &= 2m \dots\dots\dots(2-72) \\ &= 8 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Kelonggaran sisi roda gigi (Co) = 0 mm.

Diameter lingkaran kepala roda gigi ($dk_{(i)}$) :

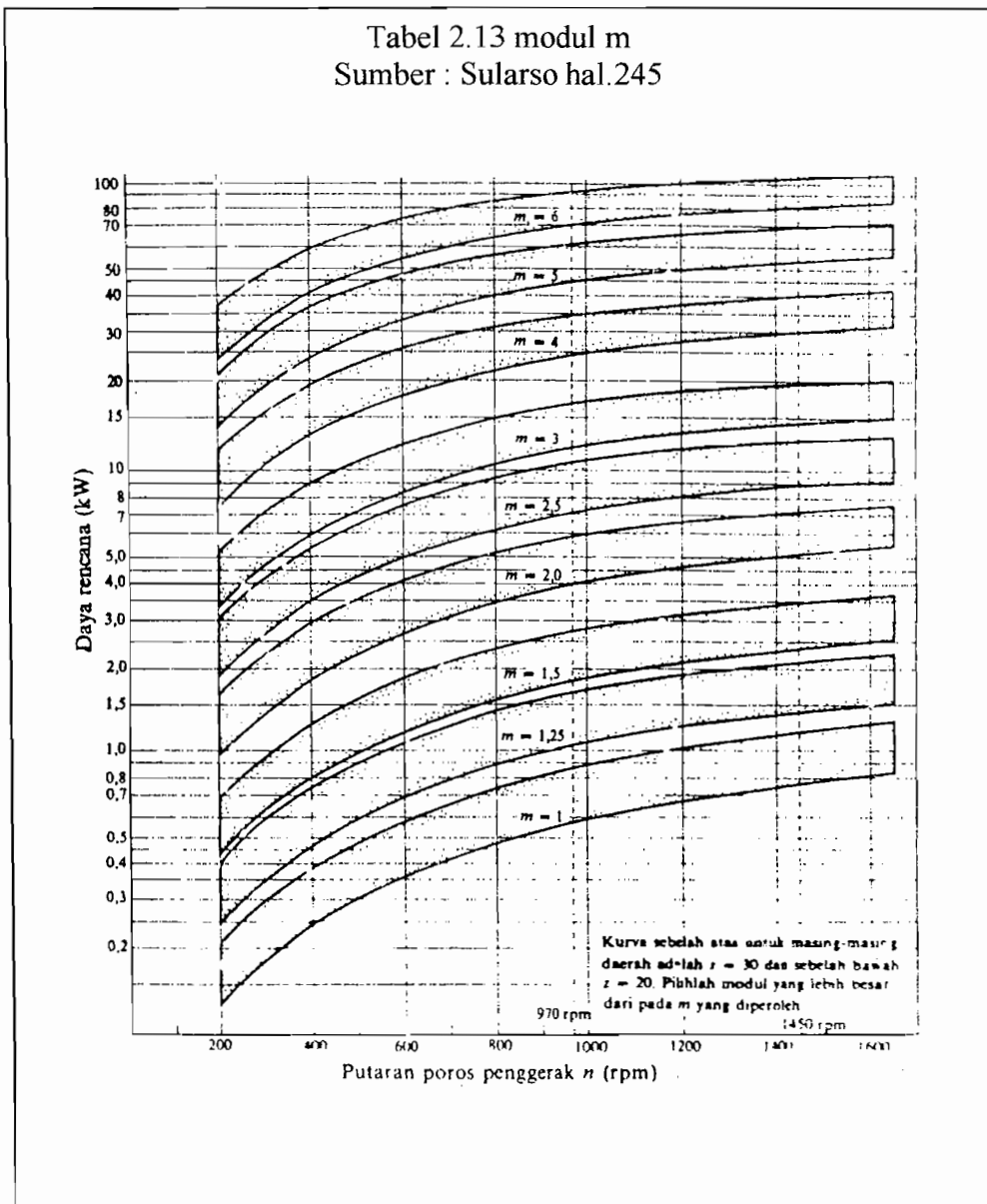
$$dk_{(i)} = (Z_{(i)} + 2) \times m \dots\dots\dots(2-73)$$

$$\begin{aligned} dk_1 &= (22 + 2) \times 4 \\ &= 96 \text{ mm.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dk_2 &= (54 + 2) \times 4 \\ &= 224 \text{ mm.} \end{aligned}$$

³⁸ Ibid hal. 219

Tabel 2.13 modul m
 Sumber : Sularso hal.245



Diameter lingkaran kaki roda gigi ($df_{(i)}$) :

$$df_{(i)} = (Z_{(i)} - 2) \times m \dots\dots\dots(2-74)$$

$$df_1 = (22 - 2) \times 4$$

$$= 80 \text{ mm.}$$

$$df_2 = (54 - 2) \times 4$$

$$= 208 \text{ mm.}$$

Tinggi gigi (H) :

$$H = 2m + c_k \dots\dots\dots(2-75)$$

$$= 16 \text{ mm.}$$

Faktor bentuk gigi (Y) :

$$Y_1 = 0,330$$

$$Y_2 = 0,4132$$

Tabel 2.14 Faktor bentuk gigi Y
Sumber : Sularso hal.240

Jumlah gigi z	Y	Jumlah gigi z	Y
10	0,201	25	0,339
11	0,226	27	0,349
12	0,245	30	0,358
13	0,261	34	0,371
14	0,276	38	0,383
15	0,289	43	0,396
16	0,295	50	0,408
17	0,302	60	0,421
18	0,308	75	0,434
19	0,314	100	0,446
20	0,320	150	0,459
21	0,327	300	0,471
23	0,333	Batang gigi	0,484

Kecepatan keliling roda gigi (v) : ³⁹

$$v = \frac{\pi \times d_{o1} \times n_1}{60 \times 1000}$$

$$v = \frac{\pi \times 88 \times 1450}{60 \times 1000}$$

$$= 6,681 \text{ m/dt}$$

Gaya tangensial roda gigi (F_t) :

$$F_t = \frac{102 \times P_d}{v} \dots\dots\dots(2-76)$$

³⁹ Ibid hal. 238

$$= \frac{102 \times 22}{6,681}$$

$$= 335,878 \text{ kg}$$

Faktor dinamis (f_v) :

$$F_v = \frac{3}{3 + v} \dots\dots\dots(2-77)$$

$$= 0,309$$

Tabel 2.15 Faktor dinamis f_v Sumber : Sularso hal.240	
Kecepatan Rendah $v = 05 - 10 \text{ m/s}$	$f_v = \frac{3}{3 + v}$
Kecepatan Sedang $v = 5 - 20 \text{ m/s}$	$f_v = \frac{6}{6 + v}$
Kecepatan tinggi $v = 20 - 50 \text{ m/s}$	$f_v = \frac{5,5}{5,5 + \sqrt{v}}$

Bahan untuk roda gigi pinyon dipilih SNC 22 dengan kekuatan tarik bahan 100 kg/mm². kekerasan 400 – 600 dengan dicelup dingin dalam air. Tegangan lenturnya 40 – 55 kg/mm².

Bahan untuk roda gigi besar dipilih S 15 CK dengan kekuatan tarik bahan 50 kg/mm². kekerasan 400 dengan dicelup dingin dalam minyak. Tegangan lenturnya 30 kg/mm².⁴⁰

Dari kedua bahan gigi, faktor tegangan kontak bahan (k_H) diambil 0,23 kg/mm².

Beban lentur yang terjadi per-satuan lebar gigi ($F'b_{(i)}$) :⁴¹

$$F'b_{(i)} = \sigma_{a(i)} \times m \times Y_{(i)} \times f_v \dots\dots\dots(2-78)$$

$$F'b_1 = \sigma_{a1} \times m \times Y_1 \times f_v \text{ (kg/mm)}$$

⁴⁰ Ibid hal. 241
⁴¹ Ibid hal. 240

$$= 48 \times 4 \times 0,330 \times 0,309$$

$$= 19,571 \text{ kg/mm}$$

$$F'b_2 = \sigma_{a2} \times m \times Y_2 \times f_v \text{ (kg/mm)}$$

$$= 30 \times 4 \times 0,4132 \times 0,309$$

$$= 15,321 \text{ kg/mm}$$

Beban permukaan yang diijinkan per-satuan lebar gigi ($F'H$) : ⁴²

$$F'H = f_v \times K_H \times d_{o1} \times \frac{2 \times Z_2}{Z_1 + Z_2} \dots\dots\dots(2-79)$$

$$= 0,309 \times 0,26 \times 88 \times \frac{2 \times 54}{22 + 54}$$

$$= 10 \text{ kg/mm}$$

Harga minimum dari beban diatas (F_{min}) = 10 kg/mm

Lebar roda gigi (b) :

$$b = \frac{F_t}{F_{min}} \dots\dots\dots(2-80)$$

$$b = \frac{335,878}{10}$$

$$= 33,5 \text{ mm}$$

Perbandingan lebar roda gigi dengan modul :

$$b / m : (6 - 10)$$

$$b / m = 8,5$$

Perbandingan lebar roda gigi dengan modul :

$$d / b > 1,5$$

$$d / b = 2,58$$

⁴² Ibid hal. 244

Untuk perancangan roda gigi pada reduksi tingkat 2 dengan $(i_2) = 2,8$ dan roda gigi reduksi tingkat 3 dengan $(i_3) = 3,2866$ perhitungannya sama dengan perhitungan pada perencanaan roda gigi reduksi tingkat 1.

Hasil perhitungan berikutnya terdapat dalam Tabel 2.16.

Tabel 2.16 Hasil perhitungan roda gigi untuk transmisi gerak pengangkatan

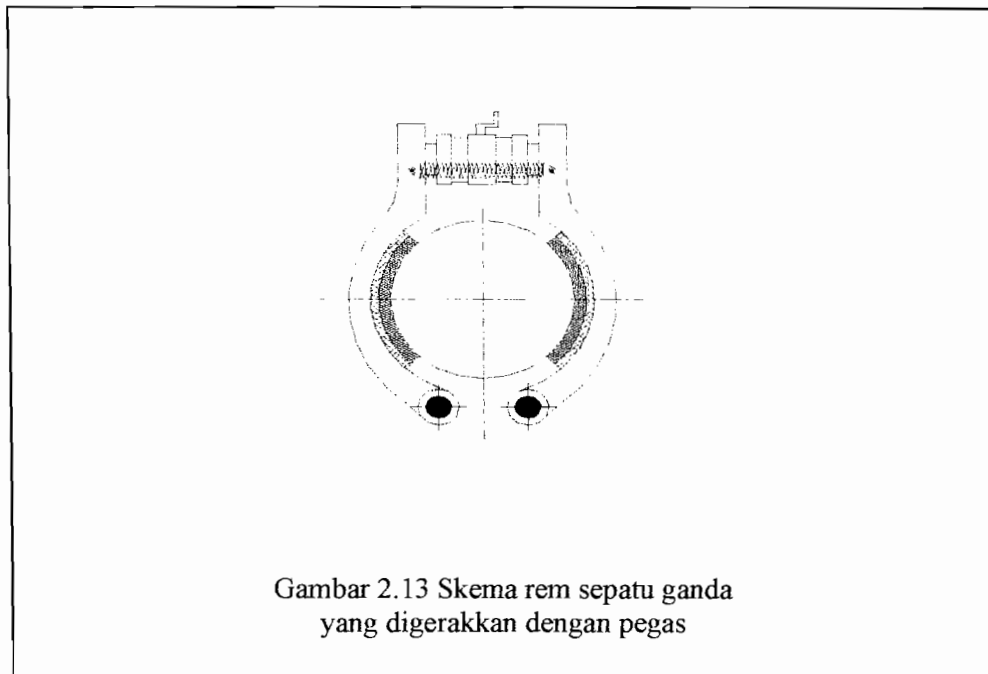
Dimensi	Reduksi tingkat 1	Reduksi tingkat 2	Reduksi tingkat 3	Satuan
N_1	1450	580	207,1428	rpm
i	2,5	2,8	3,2866	
P	22,0	22,0	22,0	KW
A	150	200	261	(mm)
P_d	22	22	22	(KW)
D_1'	85,71428	105,263	121,77	(mm) (mm)
D_2'	214,28571	294,736	396,336	
M	4	5	6	
α^p	20	20	20	
Z_1	22	21	20	
Z_2	54	59	65	
Z_2/Z_1	2,45	2,80	3,25	
d_{o1}	88	105	120	(mm)
d_{o2}	216	295	390	(mm)
a	152	200	255	(mm)
C_k	8	10	12	(mm)
C_o	0	0	0	
dk_1	96	115	132	(mm)
dk_2	224	305	402	(mm)
df_1	80	95	108	(mm)
df_2	208	285	378	(mm)
H	16	20	24	(mm)
Y_1	0,330	0,327	0,320	
Y_2	0,4132	0,4197	0,4253	
V	6,681	3,1887	1,3242	(m/s)
F_t	335,878	703,735	1694,6	(kg)
F_v	0,309	0,4847	0,6937	
Bahan pinyon	SNC 22	SNC 22	S 15 CK	
σ_{a1}	48	48	30	(kg/mm ²)
H_{B1}	500	500	350	
Bahan gigi besar	S 15 CK	S 15 CK	S 15 CK	
σ_{a2}	30	30	30	(kg/mm ²)
H_{B2}	350	350	350	
F'_{b1}	19,571	38,039	39,957	(kg)
F'_{b2}	15,321	30,514	53,1055	(kg)
$F'H$	10	16,75	28,82	(kg)
F_{min}	10	16,75	28,82	(kg)

B	33,5	42	58,8	(mm)
8,5	8,4	9,8		B/m (6 - 10)
2,58	2,5	2,04		D/b > 1,5

I. Perancangan Rem

Fungsi utama rem adalah untuk menghentikan putaran poros dan mengatur putaran poros yang dikehendaki. Efek pengereman diperoleh dengan gesekan. Rem bermacam – macam jenisnya diantaranya; rem sepatu, rem pita, rem cakram. Pada perancangan ini dipilih rem sepatu dengan beberapa pertimbangan diantaranya; konstruksinya yang rapi, sederhana dan dapat digunakan untuk putaran yang tinggi.

Rem dirancang dipasang pada poros drum dengan beberapa pertimbangan; untuk mempercepat waktu pengereman, melindungi transmisi dari tarikan beban angkat.



Daya statik pengereman (N_{br}) : ⁴³

⁴³ Ibid hal. 292

$$N_{br} = \frac{Gv\eta}{75} \dots\dots\dots(2-81)$$

$$= \frac{1313,947 \times 79,2 \times 0,89}{60 \times 75}$$

$$= 19,66 \text{ hp.}$$

Momen statik pengereman (M'_{st}) :

$$M'_{st} = 71620 \frac{N_{br}}{n_{br}} \dots\dots\dots(2-82)$$

$$M'_{st} = 71620 \frac{19,66}{63,025}$$

$$= 22337,31165 \text{ kg-cm.}$$

$$= 223,3721165 \text{ kg-m.}$$

Momen dinamik dalam pengereman sistem yang diacu pada poros rem (M'_{dyn}) : ⁴⁴

$$M'_{dyn} = \frac{\delta G D^2 n}{375 t_{br}} + \frac{0,975 G' v^2 \eta}{n t_{br}} \dots\dots\dots(2-83)$$

dengan;

M'_{dyn} = Momen dinamik dalam pengereman system yang diacu pada poros rem (kg/m).

t_{br} = waktu untuk pengereman direncanakan 1 detik.

$$M'_{dyn} = \frac{1,15 \times 0,9824 \times 63,025}{375 \times 1} + \frac{0,975 \times 1313,947 \times (79,2)^2 \times 0,89}{63,025 \times 1 \times 60^2}$$

$$M'_{dyn} = 30,29472011 \text{ kg-m.}$$

Momen pengereman : ⁴⁵

⁴⁴ Ibid hal. 297

$$M_{br} = M'_{st} + M'_{dyn} \dots\dots\dots(2-84)$$

$$= 253,6678366 \text{ kg-m.}$$

Pemeriksaan momen pengereman dengan memakai koefisien pengereman : ⁴⁶

$$M_{br} = M'_{st} \times \beta \dots\dots\dots(2-85)$$

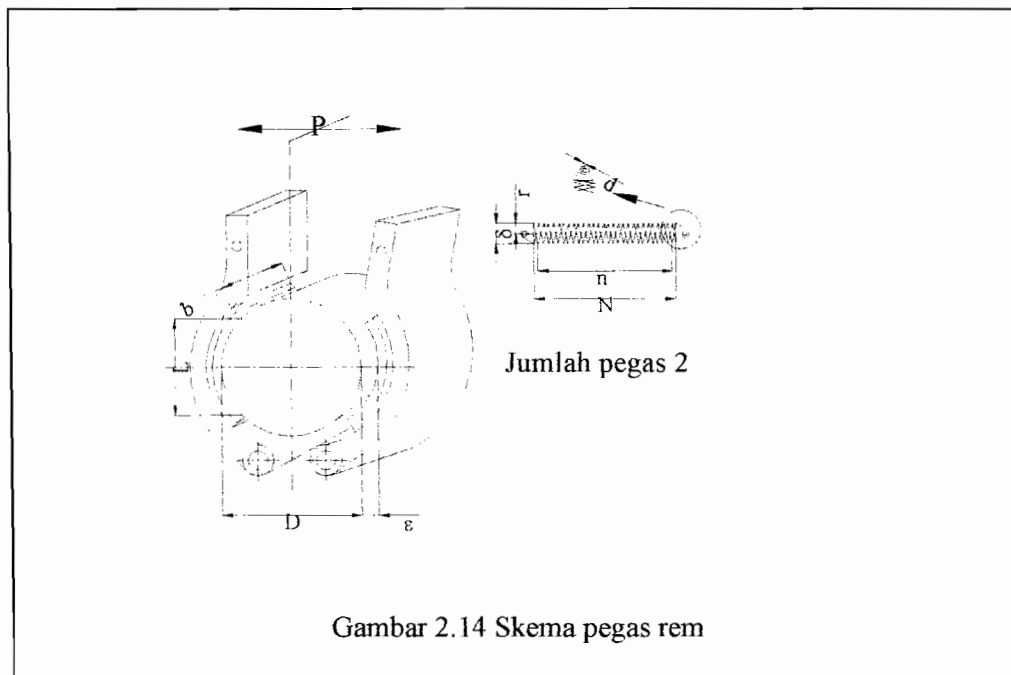
dengan;

β = keffisien pengereman (lihat Tabel 2.10)

$$M_{br} = 446,746233 \text{ kg-m.}$$

Selanjutnya untuk perhitungan pengereman (M_{br}) yang dipakai untuk perhitungan adalah yang memiliki nilai terbesar yaitu (M_{br}) = 446,746233 kg-m.

Momen pengereman $M_{br} > 446,746233$, direncanakan sebesar 980000 kg mm.



Pegas direncanakan 2 buah dengan ukuran yang sama. Bahan pegas tarik dari baja pegas (SUP 4) dengan kekuatan tarik 115 kg/mm^2 dan regangannya 90 kg/mm^2 . Modulus geser (G) $8 \times 10^3 \text{ kg/mm}^2$.

⁴⁵ Ibid hal. 291

⁴⁶ Ibid hal. 302

Diameter kawat pegas (d) direncanakan 2,00 mm.

Diameter lilitan pegas rata – rata (δ) 7,2 mm.

Jari –jari lilitan rata – rata (r) 3,6 mm.

Jumlah lilitan aktif (n) 12.

Jumlah seluruh lilitan (N) 14.

Diameter roda rem (D) direncanakan 250 mm⁴⁷

Rem direncanakan dari asbes yang dilapisi jalinan serat kuningan⁴⁸ dengan koefisien gesek pada permukaan kering (μ) = 0,45. Lebar lapisan rem (b) direncanakan 150 mm, dan panjang lapisan rem (L) = 290 mm.

Gaya dorong sepatu rem terhadap roda yang diperlukan (P) :

$$P \geq [M_{br} / (D \times \mu)] \times 0,5 \quad \dots\dots\dots(2-86)$$

$$= 4355,555 \text{ kg.}$$

Tarikan pegas (K) :

$$K = 2 Pb/L \quad \dots\dots\dots(2-87)$$

$$= 2 \times 4355,555 \times 150 / 290$$

$$= 4505,746 \text{ kg.}$$

Panjang pegas pratarik (f) :

$$f = \frac{64nr^3 K}{2\delta^4 G} / 2 \quad \dots\dots\dots(2-88)$$

$$= \frac{64 \times 12 \times 3,6^3}{2 \times 2^4} \frac{4505,746}{8 \times 10^3} / 2$$

$$= 630,66 \text{ mm.}$$

⁴⁷ Ibid hal. 177

⁴⁸ Ibid hal. 144

Perpanjangan tambahan total pegas ketika melepaskan rem (f_1) :

$$f_1 = 2\varepsilon L/b \quad \dots\dots\dots(2-89)$$

dengan ε adalah kelonggaran maksimal antara rem dan roda = 2 mm.

$$f_1 = 7,73 \text{ mm.}$$

Panjang total pegas (L_{total}) :

$$L_{\text{total}} = 638,39 \text{ mm.}$$

Panjang ini mencukupi kebutuhan panjang dalam konstruksi yaitu sebesar 254 mm.

Gaya untuk meregangkan pegas yang diijinkan tidak boleh lebih dari (K_{max}) :

$$K_{\text{max}} = \frac{\pi\delta^3}{16r} \times \tau \quad \dots\dots\dots(2-90)$$

$$= \frac{\pi \times 7,2^3}{16 \times 3,6} \times 90 = 1832 \text{ kg.}$$

Untuk meregangkan pegas dirancang piston dengan diameter (d) = 25 mm.

Penampang piston (A) = 490,873 mm².

Tekanan piston (F_d) :

$$\begin{aligned} F_d &= K_{\text{max}} / A \\ &= 3,732 \text{ kg/mm}^2. \end{aligned}$$

Waktu yang dibutuhkan piston untuk gerak maju sampai mekanisme rem bekerja dan terjadi pengereman = 0,1 dt.

Dengan panjang langkah piston (L) = 4 mm.

Kecepatan gerak piston (V_z) :

$$V_z = 4/0,1 = 40 \text{ mm/dt}$$

$$= 0,04 \text{ m/dt.}$$

Debit aliran fluida (Q) :

$$\begin{aligned} Q &= A \times V_z \\ &= 19634,954 \text{ mm}^3/\text{dt.} \end{aligned}$$

Dengan memberikan efisiensi kerja piston (η) = 0,9, maka daya dorong piston (P):

$$\begin{aligned} P &\geq F_d \times V_z \times \eta && \dots\dots\dots(2-91) \\ &\geq 134,352 \text{ W} \\ &\geq 0,134352 \text{ KW} \end{aligned}$$

Piston rem digerakkan oleh minyak rem yang dioperasikan dengan pedal rem.

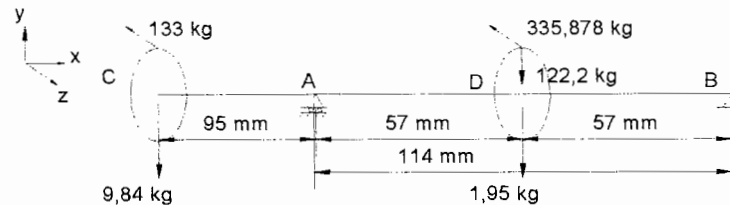
J. Perancangan Poros dan Pasak atau Spline serta Bantalan

Poros merupakan elemen untuk mendukung elemen mesin yang berputar yang walaupun ada yang diam. Poros juga digunakan untuk memindahkan momen puntir. Poros umumnya berpenampang bulat. Namun tidak menutup kemungkinan berpenampang lain seperti segitiga dan poros yang berlubang. Lubang dalam poros biasanya untuk melewatkan minyak pelumas dan minyak pendingin. Untuk poros yang mendukung beban yang diam biasanya dibebani lengkung murni.

Dalam perancangan poros transmisi pengangkat ini dibebani puntir dan lengkung karena beban yang didukung berputar. Terdapat empat poros dalam transmisi pengangkat ini dengan beban yang berbeda – beda. Pada poros terdapat pasak yang berfungsi untuk mengikat roda gigi dengan poros. Disamping itu juga adanya spline dengan fungsi sama dengan pasak.

a. perhitungan poros dan pasak poros 1.

Bentuk pembebanannya :



Gambar 2.15 Skema pembebanan poros 1 gerak angkat

dengan;

$$9,84 = \text{berat flens} \quad (\text{kg})$$

$$133 = \text{gaya tangensial flens} \quad (\text{kg})$$

$$335,878 = \text{gaya tangensial roda gigi 1 (kg)}$$

$$122,2 = \text{gaya radial roda gigi 1 (kg)}$$

Bahan flens adalah FC 20 dengan tegangan tarik bahan 20 kg/mm^2 . bahan memiliki massa jenis $7,833 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$. modulus geser bahan $8,3 \times 10^3 \text{ kg/mm}^2$.

Sedangkan roda gigi dari SNC 22 dengan tegangan tarik bahan 48 kg/mm^2 . bahan memiliki massa jenis $7,933 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$. modulus geser bahan $8,3 \times 10^3 \text{ kg/mm}^2$.

Berat flens (W_F) :

$$W_F = \frac{\pi}{4}(A)^2 \times H \times \rho_F \dots\dots\dots(2-92)$$

$$= \frac{\pi}{4}(200)^2 \times 40 \times (7,833/1000^2)$$

$$= 9,84 \text{ kg.}$$

Berat roda gigi (W_{RGD}) :

$$W_{RGD} = \frac{\pi}{4}(dk_1)^2 \times b \times \rho_{RG} \dots\dots\dots(2-93)$$

dengan dk_1 = diameter lingkaran kepala roda gigi 1. (hal.47)

$$= \frac{\pi}{4}(96)^2 \times 34 \times (7,933/1000^2)$$

$$= 1,95 \text{ kg.}$$

Berdasarkan kesetimbangan momen di titik A dalam arah sumbu y,

$$(124,15 \times 57) - (R_{B_y} \times 114) - (9,84 \times 95) = 0$$

$$R_{B_y} = 53,875 \text{ kg.}$$

$$R_{A_y} = 9,84 + 124,15 - 53,875$$

$$= 80,115 \text{ kg.}$$

Pemeriksaan momen di titik A,B,C,D.

$$M_{C_y} = 0 \text{ kg.mm}$$

$$M_{A_y} = 9,84 \times 95 = 934,8 \text{ kg.mm}$$

$$M_{D_y} = 53,875 \times 57 = 3070,875 \text{ kg.mm.}$$

$$M_{B_x} = 0 \text{ kg.mm}$$

Berdasarkan kesetimbangan momen di titik A dalam arah sumbu z,

$$(335,878 \times 57) - (R_{B_z} \times 114) - (133 \times 95) = 0$$

$$R_{B_z} = 57,1 \text{ kg.}$$

$$R_{A_z} = 335,878 + 133 - 57,1$$

$$= 411,77 \text{ kg.}$$

Pemeriksaan momen di titik A,B,C,D.

$$M_{C_z} = 0 \text{ kg.mm}$$

$$M_{A_z} = 133 \times 95 = 12635 \text{ kg.mm}$$

$$M_{D_z} = 57,1 \times 57 = 3254,7 \text{ kg.mm.}$$

$$M_{B_z} = 0 \text{ kg.mm}$$

$$M_{A_x} = (M_{A_z}^2 + M_{A_y}^2) = 12669,5 \text{ kg.mm.}$$

$$M_{Dy} = (M_{Dz}^2 + M_{Dy}^2) = 4474,74 \text{ kg.mm.}$$

Momen maksimal terdapat di titik A sebesar 12669,5 kg.mm.

Momen puntir poros (T) :

$$\begin{aligned} T &= 9,74 \times 10^5 \times 22/1450 \\ &= 14777,931 \text{ kg.mm} \end{aligned}$$

Bahan poros direncanakan dari S30C dengan kekuatan tarik bahan 48 kg/mm^2 .⁴⁹

Angka keamanan bahan (Sf1) = 3

Angka keamanan pembebanan (Sf2) = 2

Tegangan geser ijin bahan (τ_a) :

$$\tau_a = 48 / (6 \times 2) = 4 \text{ kg/mm}^2.$$

Diameter poros (d_s) didapat dengan persamaan :⁵⁰

$$\begin{aligned} d_s &\geq \left[(5,1/\tau_a) \sqrt{(k_m M)^2 + (k_t T)^2} \right]^{1/3} \dots\dots\dots (2-94) \\ &\geq \left[(5,1/4) \sqrt{(4 \times 12669,5)^2 + (3 \times 14777,931)^2} \right]^{1/3} \\ &\geq 30,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

Poros direncanakan dengan diameter 50 mm.

Defleksi puntiran poros (θ) :

$$\begin{aligned} \theta &= 584 \frac{TL}{Gd_s^4} \dots\dots\dots (2-95) \\ &= 584 \frac{14777,931 \times (95 + 57)}{8,3 \times 10^3 \times 50^4} \\ &= 0,025^\circ. \end{aligned}$$

⁴⁹ Ibid hal. 3

⁵⁰ Ibid hal. 18

Harga defleksi poros yang diijinkan adalah $< 0,25 \text{ }^\circ/\text{m}$.⁵¹

Dengan panjang poros 209 mm, berarti defleksi poros yang diijinkan

$$\text{adalah } < 114 \times (0,25/1000) = 0,05 \text{ }^\circ.$$

Defleksi lenturan (y) bentang C-A :

$$y = 3,23 \times 10^{-4} \frac{133,36 \times 95^2 \times 1^2}{50^4 \times 95}$$

$$y = 0,0654 \times 10^{-6} \text{ mm}$$

Defleksi lenturan (y) bentang A-B :

$$y = 3,23 \times 10^{-4} \frac{356,75 \times 57^2 \times 57^2}{50^4 \times 114}$$

$$y = 0,0017 \text{ mm}$$

Harga defleksi lenturan poros yang diijinkan adalah $< 0,3 - 0,35 \text{ mm/m}$.⁵²

Dengan panjang poros 209 mm, berarti defleksi lenturan poros yang diijinkan

$$\text{adalah } < 114 \times (0,3 \text{ s/d. } 0,35/1000) = 0,06 - 0,07 \text{ mm.}$$

Untuk meneruskan torsi motor ke poros digunakan pasak dan spline. Spline digunakan untuk flens, sedangkan pasak digunakan untuk roda gigi.

Adapun perancangan spline adalah dengan mengambil dari Tabel 3. 18 dengan menyesuaikan diameter poros. Didapatkan :

$$\text{Diameter dasar spline } (d_1) = 52 \text{ mm}$$

$$\text{Tekanan ijin bahan } (\bar{P}) = 7,136 \text{ kg/mm}^2.$$

$$\text{Diameter kepala spline } (d_2) = 58 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi spline } (h) = \frac{d_2 - d_1}{2} = 3 \text{ mm}$$

⁵¹ Ibid hal. 18

⁵² Ibid hal. 19

$$B = 10 \text{ mm}$$

$$d_m = \frac{d_2 + d_1}{2} = 55 \text{ mm}$$

$$i = 8$$

$$\text{Panjang spline (L)} = 100,5 \text{ mm.}$$

Pemeriksaan tekanan permukaan profil terhadap torsi poros (P) :

$$\begin{aligned} P &= \frac{2 \times T}{d_m \times L \times h \times 0,75 \times i} \dots\dots\dots(2-96) \\ &= \frac{2 \times 14777,931}{55 \times 100,5 \times 3 \times 0,75 \times 8} \\ &= 0,297 \text{ kg/mm}^2. \end{aligned}$$

Tekanan permukaan yang terjadi ini kurang dari tekanan permukaan aman bahan poros sebesar $7,136 \text{ kg/mm}^2$.

Berdasarkan Tabel 2.17 untuk ukuran pasak didapatkan :

$$d = 50 \dots 58 \text{ mm} \qquad L = 34 \text{ mm}$$

$$b = 16 \text{ mm} \qquad h = 10 \text{ mm}$$

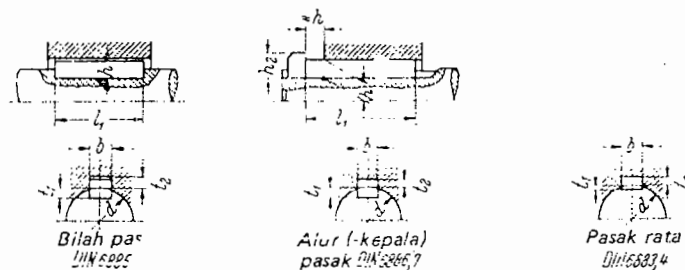
Pemeriksaan tekanan permukaan profil terhadap torsi poros (P) :

$$\begin{aligned} P &= \frac{4 \times T}{d \times L \times h} \dots\dots\dots(2-97) \\ &= \frac{4 \times 14777,931}{50 \times 34 \times 10} \\ &= 3,477 \text{ kg/mm}^2. < \bar{P} \end{aligned}$$

Tabel 2. 17 Ukuran poros spline
Sumber : Elemen Mesin jilid I hal. 346

Diameter dalam d_1 mm	Ringan DIN 5462			Menengah DIN 5463		
	Banyaknya baji i	d_2 mm	b mm	Banyaknya baji i	d_2 mm	b mm
11	-	---	---	6	14	3
13	---	---	---	6	16	3,5
14	---	---	---	6	20	4
18	-	---	---	6	22	5
21	---	---	---	6	25	5
23	6	26	6	6	28	6
26	6	30	6	6	32	6
28	6	32	7	6	34	7
32	8	36	6	8	38	6
36	8	40	7	8	42	7
42	8	43	8	8	48	8
46	8	50	9	8	54	9
52	8	58	10	8	60	10
55	8	62	10	8	65	10
62	8	68	12	8	72	12
72	10	78	12	10	82	12
82	10	88	12	10	92	12

Tabel 2. 18 Ukuran bilah pas (pasak)
Sumber : Elemen Mesin jilid 1 hal. 344



Poros d	pasak			Bilah t_2	Tinggi kepala h_2	Pasak rata		Perataan poros t_1
	b	h	t_1			t_2	h	
10--12	4	4	2,5	1,2	1,8	7		
12--17	5	5	3,0	1,7	2,3	8		
17--22	6	6	3,5	2,1	2,8	10		
22--30	8	7	4,0	2,4	3,3	11	8	5
30--38	10	8	5,0	2,4	3,5	12	10	6
38--44	12	8	5,0	2,4	3,3	12	12	6
44--50	14	9	5,5	2,9	3,8	14	14	6
50--58	16	10	6,0	3,3	4,3	16	16	7
58--65	18	11	7,0	3,4	4,4	18	18	7
65--75	20	12	7,5	3,9	4,9	20	20	8
75--82	22	13	8,0	4,1	5,4	22	22	9
82--90	25	14	9,0	4,4	5,4	22	25	9
95--110	28	16	10,0	5,4	6,4	25	28	10
110--130	32	18	11,0	6,4	7,4	28	32	11
130--150	36	20	12,0	7,1	8,4	32	36	12
150--170	40	22	13,0	8,1	9,4	36	40	14
170--200	45	25	14,0	9,1	10,4	40	45	16

Untuk bantalan poros 1, beban radial (F_r) yang harus ditumpu bantalan A adalah 413,923 kg, bantalan B adalah 89,043 kg.

Sedangkan beban aksial (F_a) = 0. putaran poros (n) adalah 1450 rpm.

Dengan melihat tabel ukuran bantalan yang terlampir direncanakan;

Diameter dalam (d) = 50 mm

Diameter luar (D) A = 130 mm, (D) B = 80 mm.

Kapasitas nominal dinamis spesifik (C) A = 5812,38 kg

B = 1274,645 kg.

Kapasitas nominal statis spesifik (C_o) = 5302,524 kg

B = 1019,716 kg.

Perbandingan (F_a / C_o) = 0 < e⁵³

Perbandingan (F_a / F_r) = 0 < e

Faktor (X) = 1 dan faktor (Y) = 0

Beban ekivalen dinamis bantalan (P) :⁵⁴

$$P = XF_r + YF_a \dots\dots\dots(2-98)$$

$$P_A = 419,49 \text{ kg.}$$

$$P_B = 78,5 \text{ kg.}$$

Faktor kecepatan bantalan (f_n) :⁵⁵

$$f_n = \left(\frac{33,3}{n} \right)^{1,3} \dots\dots\dots(2-99)$$

$$f_n = 0,28$$

⁵³ Ibid hal. 143

⁵⁴ Ibid hal. 135

⁵⁵ Ibid hal. 136

Faktor umur kedua bantalan (f_h) :

$$f_h = f_n \frac{C}{P} \dots\dots\dots(2-100)$$

$$f_{hA} = 3,237$$

$$f_{hB} = 17,299$$

Umur nominal bantalan (L_h) :

$$L_h = 500 f_h^3 \dots\dots\dots(2-101)$$

$$L_{hA} = 16958,9 \text{ jam.}$$

$$L_{hB} = 2588572,6 \text{ jam.}$$

Untuk perhitungan poros yang lain caranya sama, dan dari hasil perhitungan diperoleh seperti dalam Tabel 2.19.

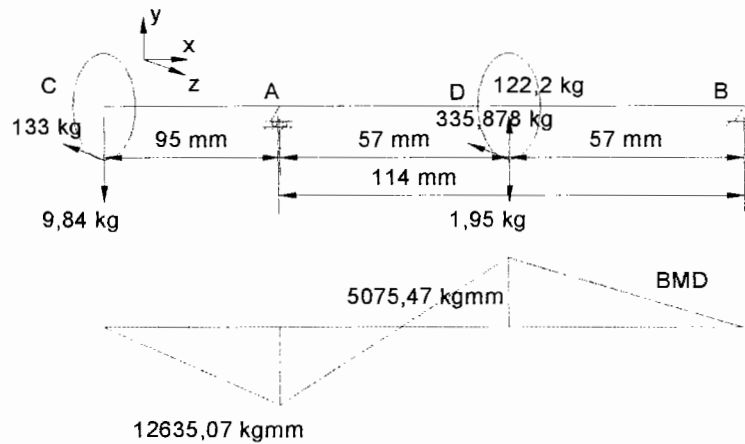
Tabel 2.19 Hasil perhitungan poros, pasak, spline dan bantalan untuk transmisi pengangkatan.

Dimensi		Poros 1	Poros 2	Poros 3	Poros 4	Satuan
Beban 1	(W_{RG1})	133,36	361,1	741,10	1823,95	Kg
Beban 2	(W_{RG2})	356,75	750,09	1801,23	6128,55	Kg
Beban total	(W_{Total})	490,11	1111,19	2542,33	7952,5	Kg
Reaksi tumpuan A	(RA)	413,923	446,14	989,85	4528,46	Kg
Reaksi tumpuan B	(RB)	89,043	665,05	1552,48	3424,04	Kg
Momen di titik A	(M_A)	12635,07	0	0	0	Kg.mm
Momen di titik B	(M_B)	0	0	0	0	Kg.mm
Momen di titik C	(M_C)	0	25430,16	60380,71	314275,15	Kg.mm
Momen di titik D	(M_D)	5075,47	40568,05	107742,11	1423476,2	Kg.mm
Momen puntir	(T)	14777,931	36944,83	103445,55	339992,07	Kg.mm
Diameter poros	(d_s)	50	60	80	100	mm
Defleksi puntiran	(θ)	0,03477	0,0594	0,057	0,025	°
Defleksi lenturan	(y)	0,00171	0,0415	0,0374	0,132	mm
Bahan poros		S30C	S30C	S30C	S30C	
Kekuatan tarik	(σ_B)	48	48	48	48	Kg/mm ²
Tegangan geser	(τ_a)	8	8	8	8	Kg/mm ²

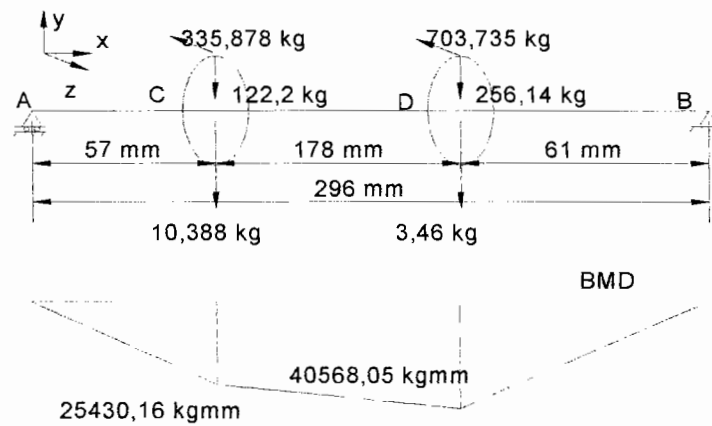
Tek. Permkn. Ijin bahan (\bar{P})	7,136	7,136	7,136	7,136	Kg/mm ²
Dia. Dalam spline/pasak (d_1)	52	62	82	102	mm
Diameter luar spline (d_2)	58	68	88	112	mm
Lebar profil spline (b)	10	12	12	16	mm
Banyaknya profil spline (i)	8	8	10	10	
Tebal pasak (h)	sp3 ,psk10	Spline 3	Spline 3	Spline 5	mm
Dia. rata – rata poros (d_m)	sp55,psk50	65	85	107	mm
Pnjg. spline/pasak beban 1 (L_1)	100,5	34	42	520,25	mm
Pnjg. Spline/pasak beban 2 (L_2)	34	42	58,8	-	mm
Tek. Permkn. Unt. spline (P_1)	0,297	1,5036	1,8397	0,8473	kg/mm ²
Tek. Permkn. Unt. Pasak. (P_2)	3,477	-	-	-	kg/mm ²
Beban radial poros (F_r)	413,923	446,14	989,85	4528,46	kg
Bantalan B	89,043	665,05	1552,48	3424,04	
Beban aksial poros (F_a)	0	0	0	0	kg
Bantalan B	0	0	0	0	
Putaran poros (n)	1450	580	207,1428	63,025	rpm
Diameter dalam bantalan (d_B)	50	55	75	160	mm
Bantalan B	50	55	75	160	
Dia. luar bantalan (D_B)	130	120	160	340	mm
Bantalan B	80	120	160	290	
Kap. Nom. Beban dyn. (C)	57	58,5	86,5	232	KN
Bantalan B	12,5	58,5	86,5	153	
Kap. Nom. Beban static (C_o)	52	45	71	285	KN
Bantalan B	10	45	71	163	
Faktor beban radial (X)	1	1	1	1	
Faktor beban aksial (Y)	0	0	0	0	
Umur nom. bantalan (L_h)	31794,36	68624,36	56875,15	37666,19	Jam
Bantalan B	33683,32	20717,1	14741,87	24991,78	
Nomor bantalan (FAG)	6410	6311	6315	6332M	
Bantalan B	16010	6311	6315	6232M	

K. Skema Pembebanan Poros Pengangkat

Poros 1

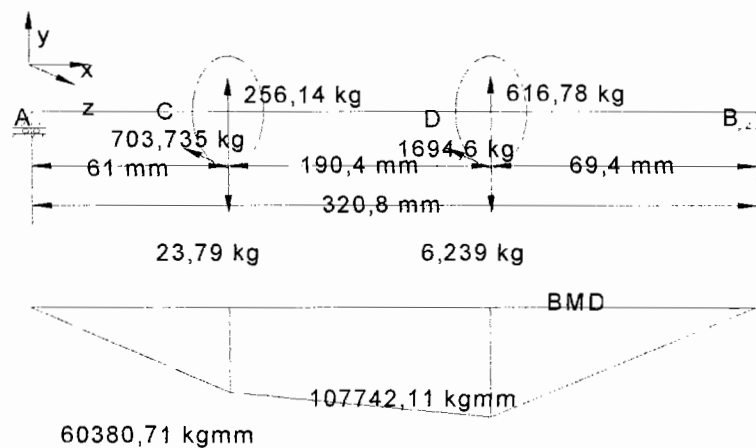


Poros 2



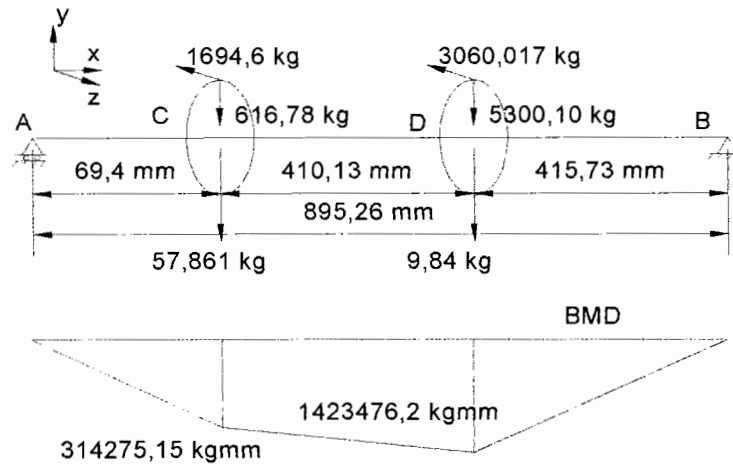
Gambar 2.17 Skema pembebanan poros 2 gerak angkat

Poros 3



Gambar 2.18 Skema pembebanan poros 3 gerak angkat

Poros 4



Gambar 2.19 Skema pembebanan poros 4 gerak angkat

BAB III

PERANCANGAN BATANG TELESKOPIK

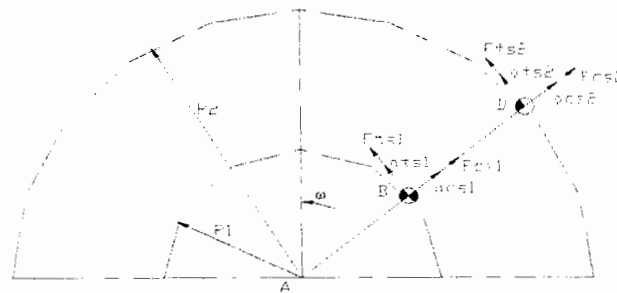
Lengan kran teleskopik mendukung operasi. Pada lengan kran ini dibuat bervariasi jangkauannya. Dengan panjang keseluruhan 24,15 meter ini, lengan di buat 3 susunan. Lengan (2) didukung dengan sistim hidrolik pendorong. Lengan ke-(3) dilipat dan di dukung dengan pin. Panjang jangkauan lengan (1) adalah 9 m, lengan (2) adalah 7 m dan lengan (3) 8,15 m.

Sebagai persyaratan perancangan bahwa kerangka lengan kran ini harus mampu menahan beban, tekanan angin (di tempat terbuka), dan lain – lain dan kerangka ini akan mentransmisikan gaya – gaya yang terjadi pada pondasi atau tumpuannya. Kerangka kran juga harus dapat menjamin kekuatan dan stabilitas konstruksi secara keseluruhan. Hal ini berarti bahwa tegangannya tidak boleh melebihi batas amannya. Kekakuan struktur kran yang cukup merupakan tuntutan utama untuk mendapatkan operasi seluruh mekanisme kerja yang dapat diandalkan dan bebas dari gangguan.

Gerakan lengan teleskopik ini terdiri atas gerakan keatas dan gerakan ke samping sehingga bila di gambar, konstruksinya seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 (a) Gerakan lengan ke atas



Gambar 3.1 (b) Gerakan lengan ke samping.

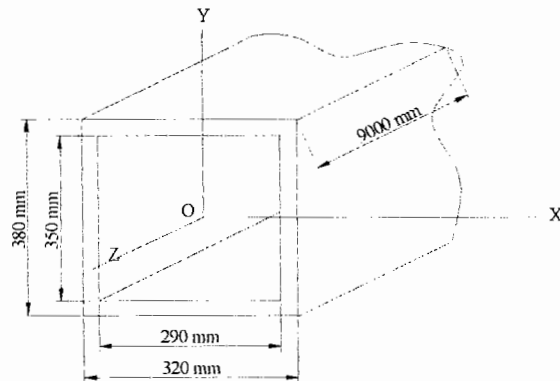
Pada perancangan ini, perhitungan beban pada radius kerja tertentu mengacu dari *Name plate* yang terdapat pada mobil kran merk Tadano TS 100.

Tabel : 3.1 Data acuan pada *Name plate*

OUTTRIGER EXTEND FULLY TO MIDDLE OVER SIDE AND OVER REAR							
Radius (m)	Panjang lengan (m)			Sudut elevasi °	8.15 m Jib	360°	
	9.0	12.5	16.0			Panjang boom (m)	
						Radius (m)	9 s/d. 16 (m)
3.0	5000 kg			75	750 kg	3.0	2300 kg
3.3	5000	4250 kg		70	750	3.3	2100
3.5	4900	4250		65	650	3.5	1900
4.2	4250	3700	3500 kg	60	600	4.2	1600
4.5	3850	3450	3300	55	550	4.5	1400
5.0	3350	3150	3000	50	475	5.0	1250
6.0	2650	2650	2500	45	425	6.0	950
7.0	2150	2200	2150	40	375	7.0	750
8.0	1750	1800	1800	30	275	8.0	550
8.5	1150	1650	1650	20	225		
10.0		1200	1200	10	200		
12.0		850	900				
14.0			650				
15.5			550				

A. Perancangan Batang Teleskopik 1

Batang teleskopik 1 ini direncanakan berbentuk balok berongga yang terbuat dari plat – plat baja paduan yang dilas. Rongga yang dibentuk adalah untuk mengurangi berat batang. Juga untuk tempat batang 2 dan piston pendorong batang 2 serta komponen – komponen yang lain.



Gambar 3.2 Skema lengan teleskopik 1.

Adapun penampang dari batang 1 seperti pada Gambar 3.2. Panjang batang 9 meter.

Bahan direncanakan dari FC 18 dengan elastisitas bahan (ε) = 210000 N/mm² = 2060100 kg/mm² dan massa jenis bahan (ρ) = 7,833 x 10⁻⁶ kg/mm³

Berat batang 1 (W1) :

$$\begin{aligned} W1 &= [(380 \times 320 \times 9000) - (350 \times 290 \times 9000)] \times \rho \\ &= 1416,9897 \text{ kg} \\ &= 13895,922 \text{ N} \end{aligned}$$

Momen Inersia Polar batang 1 terhadap sumbu Y (I_{bly}) :

$$\begin{aligned} I_{bly} &= [(380-350)^3(9000)] / 12 \dots\dots\dots(3-1) \\ &= 2025 \times 10^4 \text{ m}^4. \\ &= 2025 \times 10^{-8} \text{ m}^4. \end{aligned}$$

Momen Inersia Polar batang 1 terhadap sumbu X (I_{blx}) :

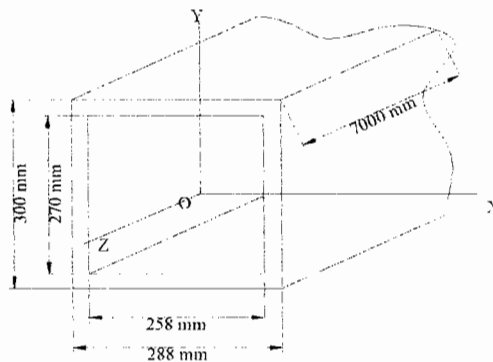
$$\begin{aligned} I_{blx} &= [(320-290)(9000)^3] / 12 \dots\dots\dots(3-2) \\ &= 1822,5 \times 10^9 \text{ mm}^4. \\ &= 1,8225 \text{ m}^4. \end{aligned}$$

B. Perancangan Batang Teleskopik 2

Batang 2 ini juga berbentuk balok yang dibuat dari plat – plat baja paduan yang dilas. Panjang batang ini 7 meter yang pemanjangannya didorong oleh hidrolik pendorong. Ketika tidak sedang digunakan, batang 2 ini berada didalam batang 1.

Bahan direncanakan dari FC 18 dengan elastisitas bahan (ϵ) = 210000 N/mm² = 2060100 kg/mm² dan massa jenis bahan (ρ) = 7,833 x 10⁻⁶ kg/mm³

Penampang dari batang 2 seperti pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Skema lengan teleskopik 2.

Berat batang 2 (W2) :

$$\begin{aligned} W2 &= [(300 \times 288 \times 7000) - (270 \times 258 \times 7000)] \times \rho \\ &= 1180,11978 \text{ kg} \\ &= 115730,02164 \text{ N} \end{aligned}$$

Momen Inersia Polar batang 2 terhadap sumbu Y (I_{b2y}) :

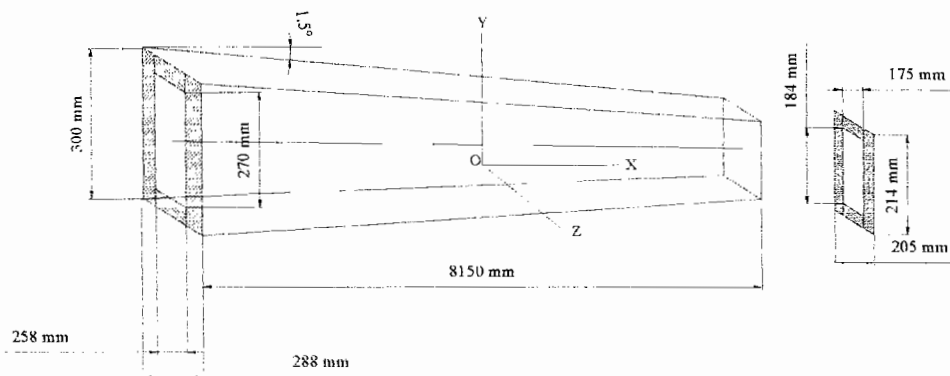
$$\begin{aligned} I_{b2y} &= [(300-270)^3(7000)] / 12 \dots\dots\dots(3-3) \\ &= 1575 \times 10^4 \text{ mm}^4. \\ &= 1575 \times 10^{-8} \text{ m}^4. \end{aligned}$$

Momen Inersia Polar batang 2 terhadap sumbu X (I_{b2x}) :

$$\begin{aligned} I_{b2x} &= [(288-258)(7000)^3] / 12 \dots\dots\dots(3-4) \\ &= 857,5 \times 10^9 \text{ mm}^4. \\ &= 0,8575 \text{ m}^4. \end{aligned}$$

C. Perancangan Batang Teleskopik 3

Batang 3 ini memiliki panjang 8,15 meter. Bila tidak sedang digunakan, batang ini dilipatkan disamping batang 1. Cara pembuatannya sama dengan batang 1 maupun batang 2.



Gambar 3.4 Skema lengan teleskopik 3.

Penampang dari batang 2 seperti pada Gambar 3.4.

Bahan direncanakan dari FC 18 dengan elastisitas bahan (ϵ) = 210000 N/mm² = 2060100 kg/mm² dan massa jenis bahan (ρ) = 7,833 x 10⁻⁶ kg/mm³

Volume lengan teleskopik 3 (V_3) :

$$\begin{aligned} V_3 &= \left[8150 \times \left(\frac{(288 \times 300) + (205 \times 214)}{2} \right) \right] - \\ &\quad \left[8150 \times \left(\frac{(258 \times 270) + (175 \times 184)}{2} \right) \right] \end{aligned}$$

$$= 115770750 \text{ mm}^3$$

Volume ini diambil pada penampang terbesar.

Berat lengan 3 menjadi

$$\begin{aligned} W_3 &= V_3 \times \rho \\ &= 115770750 \times 7,833 \times 10^{-6} \\ &= 906,833 \text{ kg} \\ &= 8892,99 \text{ N} \end{aligned}$$

Momen Inersia Polar batang 3 terhadap sumbu Y (I_{b3y}) :

$$\begin{aligned} I_{b3y} &= [(300-270)^3(8150)] / 12 \dots\dots\dots(3-5) \\ &= 18337500 \text{ mm}^4. \\ &= 183375 \times 10^{-8} \text{ m}^4. \end{aligned}$$

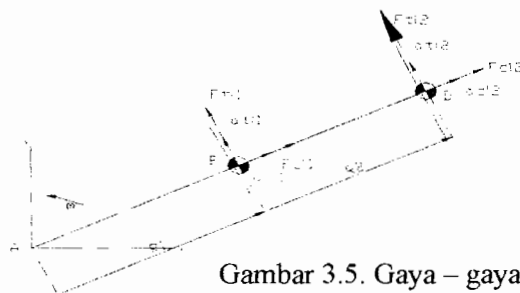
Momen Inersia Polar batang 3 terhadap sumbu Z (I_{b3z}) :

$$\begin{aligned} I_{b3z} &= [(288-258)(8150)^3] / 12 \dots\dots\dots(3-6) \\ &= 13533,58 \times 10^8 \text{ mm}^4. \\ &= 1,35 \text{ m}^4. \end{aligned}$$

D. Analisa Gerakan ke Atas (*Luffing*)

Gaya – gaya pada gerakan pengangkatan atau *Luffing* seperti terlihat pada Gambar

3.5. Kecepatan pengangkatan lengan adalah (V_{tl}) 0,15 m/dt. atau 9 m/menit.



Gambar 3.5. Gaya – gaya karena gerakan *luffing*.

dengan;

F_{t1} = Gaya tangensial karena beban lengan

F_{c1} = Gaya sentrifugal karena beban lengan

F_{t2} = Gaya tangensial karena beban angkat dan beban diujung lengan

F_{c2} = Gaya sentrifugal karena beban angkat dan beban diujung lengan

R_2 = Jarak beban angkat dan beban diujung dengan sumbu putar

R_1 = Jarak pusat massa lengan dengan sumbu putar

Batang dibagi 3 bagian dengan massa dan panjang yang berbeda – beda sehingga pada setiap posisi jangkauan lengan, (R_1) selalu berbeda.

Pada jangkauan lengan 9 meter, (R_1) dapat ditentukan sebagai berikut :

$$R_{19} = [(W_1 + W_2 + W_3) \times 4,5] / M \quad \dots\dots\dots(3-7)$$

dengan;

W_1 = massa lengan 1

W_2 = massa lengan 2

W_3 = massa lengan 3

M = total massa lengan ($W_1 + W_2 + W_3$) = 3503,94248 kg

$$\begin{aligned} R_{19} &= [(1416,9897 + 1180,11978 + 906,833) \times 4,5] / M \\ &= 4,5 \text{ meter} \end{aligned}$$

Pada jangkauan lengan 12,5 meter, (R_2) dapat ditentukan sebagai berikut :

$$R_{12,5} = [(W_1 \times 4,5) + ((W_2 + W_3) \times 10,75)] / M \quad \dots\dots\dots(3-8)$$

$$\begin{aligned} R_{12,5} &= [(1416,9897 \times 4,5) + ((1180,11978 + 906,833) \times 10,75)] / M \\ &= 8,2 \text{ meter} \end{aligned}$$

Pada jangkauan lengan 16 meter, (R_1) dapat ditentukan sebagai berikut :

$$R_{16} = [(W_1 \times 4,5) + ((W_2 + W_3) \times 12,5)]/M \quad \dots\dots\dots(3-9)$$

$$R_{16} = [(1416,9897 \times 4,5) + ((1180,11978 + 906,833) \times 12,5)]/M \\ = 9,3 \text{ meter}$$

Pada jangkauan lengan 24,15 meter, (R1) dapat ditentukan sebagai berikut :

$$R_{124} = [(W_1 \times 4,5) + (W_2 \times 12,5) + (W_3 \times 20,075)]/M \quad \dots\dots\dots(3-10)$$

$$R_{124} = [(1416,9897 \times 4,5) + (1180,11978 \times 12,5) + (906,833 \times 20,075)]/M \\ = 11,2 \text{ meter}$$

Kecepatan sudut pengangkatan (ω) : ⁴⁸

$$\omega = \frac{2 \times \pi \times n}{60} = \frac{Vt1}{R} \text{ (rad/dt)} \quad \dots\dots\dots(3-11)$$

dengan;

(R) = radius kerja pada posisi terjauh yaitu 24,15 m, diperoleh

$$\omega = \frac{0,15}{24,15} \\ = 0,0062 \text{ rad/dt}$$

Titik D pada Gambar 3.5 merupakan asumsi konsentrasi dari beban angkat dan peralatan diujung pengangkat (m2) :

Percepatan radial (a_{cl1}) : ⁴⁹

$$a_{cl1} = \omega^2 \times R1 \text{ (m/dt}^2\text{)} \quad \dots\dots\dots(3-12)$$

Percepatan radial (a_{cl2}) : ⁵⁰

$$a_{cl2} = \omega^2 \times R2 \text{ (m/dt}^2\text{)} \quad \dots\dots\dots(3-13)$$

Waktu pengereman (t_p) direncanakan 2 detik.

⁴⁹ Ibid, hal.98

⁵⁰ Ibid, hal.90

Percepatan sudut (α) :

$$\omega = \omega_0 + \alpha t_p,^{51} \quad \omega_0 \text{ (kecepatan sudut awal pengangkatan) } = 0$$

$$\alpha = \frac{\omega}{t_p} \text{ (rad/dt}^2\text{)} \dots\dots\dots(3-14)$$

$$= 0,0062 / 2 = 0,0031 \text{ rad/dt}^2$$

Percepatan tangensial (a_{t1}) :⁵²

$$a_{t1} = \alpha \times R1 \text{ (m/dt}^2\text{)} \dots\dots\dots(3-15)$$

Percepatan tangensial (a_{t2}) :

$$a_{t2} = \alpha \times R2 \text{ (m/dt}^2\text{)} \dots\dots\dots(3-16)$$

Gaya sentrifugal (F_{cl1}) :⁵³

$$F_{cl1} = M \times a_{cl1} \text{ (kg)} \dots\dots\dots(3-17)$$

Gaya sentrifugal (F_{cl2}) :⁵⁴

$$F_{cl2} = m2 \times a_{cl2} \text{ (kg)} \dots\dots\dots(3-18)$$

Gaya tangensial (F_{t1}) :⁵⁵

$$F_{t1} = M \times a_{t1} \text{ (kg)} \dots\dots\dots(3-19)$$

Gaya tangensial (F_{t2}) :⁵⁶

$$F_{t2} = m2 \times a_{t2} \text{ (kg)} \dots\dots\dots(3-20)$$

Tabel : 3.3 Hasil perhitungan gaya dan percepatan

		Pada 9 m		,R1 = 4,5		R2 = 9			
Radius m	m2	ac1 x 10 ⁻³	ac2 x 10 ⁻³	at1	At2	Fcl1	Fcl2	Ft1	Ft2
3	5000	0,173	0,346	0,014	0,028	0,606	1,73	48,88	139,5
3,3	5000	0,173	0,346	0,014	0,028	0,606	1,73	48,88	139,5

⁵¹ Ibid, hal.98

⁵² Ibid, hal.99

⁵³ Ibid, hal.98

⁵⁴ Ibid, hal.98

⁵⁵ Ibid, hal.98

⁵⁶ Ibid, hal.98

Pada 9 m ,R1 = 4,5 R2 = 9									
Radius m	m2	acl1 x 10 ⁻³	acl2 x 10 ⁻³	atl1	atl2	Fcl1	Fcl2	Ftl1	Ftl2
4,2	4250	0,173	0,346	0,014	0,028	0,606	1,47	48,88	118,6
4,5	3850	0,173	0,346	0,014	0,028	0,606	1,33	48,88	107,4
5	3350	0,173	0,346	0,014	0,028	0,606	1,16	48,88	93,5
6	2650	0,173	0,346	0,014	0,028	0,606	0,92	48,88	73,9
7	2150	0,173	0,346	0,014	0,028	0,606	0,74	48,88	59,98
8	1750	0,173	0,346	0,014	0,028	0,606	0,61	48,88	48,8
8,5	1150	0,173	0,346	0,014	0,028	0,606	0,40	48,88	32,1

Pada 12,5 m ,R1 = 8,2 R2 = 12,5									
Radius m	m2	acl1 x 10 ⁻³	acl2 x 10 ⁻³	atl1	atl2	Fcl1	Fcl2	Ftl1	Ftl2
3,3	4250	0,315	0,481	0,025	0,039	1,104	2,042	89,07	164,7
3,5	4250	0,315	0,481	0,025	0,039	1,104	2,042	89,07	164,7
4,2	3700	0,315	0,481	0,025	0,039	1,104	1,778	89,07	143,4
4,5	3450	0,315	0,481	0,025	0,039	1,104	1,658	89,07	133,1
5	3150	0,315	0,481	0,025	0,039	1,104	1,513	89,07	122,1
6	2650	0,315	0,481	0,025	0,039	1,104	1,273	89,07	102,7
7	2200	0,315	0,481	0,025	0,039	1,104	1,057	89,07	85,3
8	1800	0,315	0,481	0,025	0,039	1,104	0,864	89,07	69,8
8,5	1650	0,315	0,481	0,025	0,039	1,104	0,792	89,07	63,94
10	1200	0,315	0,481	0,025	0,039	1,104	0,576	89,07	46,5
12	850	0,315	0,481	0,025	0,039	1,104	0,408	89,07	32,94

Pada 16 m ,R1 = 9,3 R2 = 16									
Radius m	m2	acl1 x 10 ⁻³	acl2 x 10 ⁻³	atl1	atl2	Fcl1	Fcl2	Ftl1	Ftl2
4,2	3500	0,357	0,615	0,029	0,050	1,253	2,153	101,0	173,6
4,5	3300	0,357	0,615	0,029	0,050	1,253	2,030	101,0	163,7
5	3000	0,357	0,615	0,029	0,050	1,253	1,845	101,0	148,8
6	2500	0,357	0,615	0,029	0,050	1,253	1,538	101,0	124,0
7	2150	0,357	0,615	0,029	0,050	1,253	1,322	101,0	106,6
8	1800	0,357	0,615	0,029	0,050	1,253	1,107	101,0	89,3
8,5	1650	0,357	0,615	0,029	0,050	1,253	1,015	101,0	81,8
10	1200	0,357	0,615	0,029	0,050	1,253	0,738	101,0	59,5
12	900	0,357	0,615	0,029	0,050	1,253	0,554	101,0	44,6
14	650	0,357	0,615	0,029	0,050	1,253	0,400	101,0	32,2
15,5	550	0,357	0,615	0,029	0,050	1,253	0,338	101,0	27,3

Pada 24,15 m ,R1 = 11,2 R2 = 24,15									
Radius m	m2	acl1 x 10 ⁻³	acl2 x 10 ⁻³	atl1	atl2	Fcl1	Fcl2	Ftl1	Ftl2
3	750	0,431	0,928	0,035	0,075	1,509	0,696	121,7	56,1
3,3	750	0,431	0,928	0,035	0,075	1,509	0,696	121,7	56,1
3,5	650	0,431	0,928	0,035	0,075	1,509	0,603	121,7	48,7
4,2	600	0,431	0,928	0,035	0,075	1,509	0,557	121,7	44,9
4,5	550	0,431	0,928	0,035	0,075	1,509	0,511	121,7	41,2
5	475	0,431	0,928	0,035	0,075	1,509	0,441	121,7	35,6
6	425	0,431	0,928	0,035	0,075	1,509	0,395	121,7	31,8
7	375	0,431	0,928	0,035	0,075	1,509	0,348	121,7	28,1
8	275	0,431	0,928	0,035	0,075	1,509	0,255	121,7	20,6

		Pada 24,15 m				R1 = 11,2	R2 = 24,15			
Radius m	m2	acl1 x 10 ⁻³	acl2 x 10 ⁻³	atl1	atl2	Fcl1	Fcl2	Ftl1	Ftl2	
10	200	0,431	0,928	0,035	0,075	1,509	0,186	121,7	15,0	
12	200	0,431	0,928	0,035	0,075	1,509	0,186	121,7	15,0	

Momen dinamik gerak *luffing* ($M_{dyn-luff}$) :

$$M_{dyn-luff} = I \times \alpha \dots\dots\dots(3-21)$$

dengan;

I = Momen Inersia Masa batang terhadap sumbu X atau Z ($kg \cdot m^2$)

α = Percepatan sudut pada gerakan *luffing* dalam satuan rad/dt^2 .

Momen dinamik pada lengan 1 ($M_{dyn-luff.1}$) :

$$M_{dyn-luff.1} = 1,8225 \times 0,0031$$

$$= 0,0056 \text{ kg.m.}$$

Momen dinamik pada lengan 2 ($M_{dyn-luff.2}$) :

$$M_{dyn-luff.2} = 0,8575 \times 0,0031$$

$$= 0,0027 \text{ kg.m.}$$

Momen dinamik pada lengan 3 ($M_{dyn-luff.3}$) :

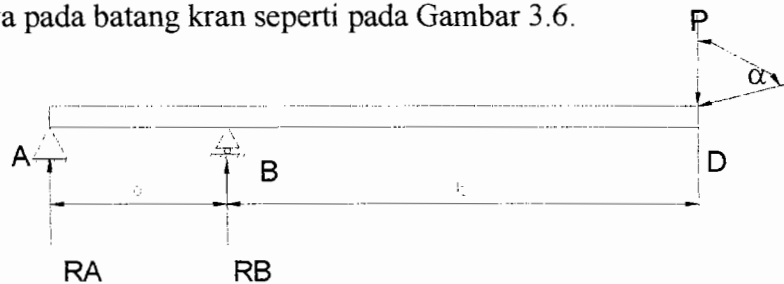
$$M_{dyn-luff.3} = 1,35 \times 0,0031 = 0,0042 \text{ kg.m.}$$

$$M_{dyn-luff} = 0,0056 + 0,0027 + 0,0042$$

$$= 0,0125 \text{ kg.m.}$$

Mencari reaksi pada tumpuan A dan tumpuan B oleh beban.

Skema gaya pada batang kran seperti pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Skema gaya batang kran

dengan;

$$P = F \cos \alpha \text{ (kg)} \quad \text{dengan membuat tumpuan A dan B}$$

a. = jarak tumpuan A – B (= 4,125 m)

b. = jarak tumpuan B – D (m), berubah – ubah sesuai panjang jangkauan yang dikehendaki.

F = beban yang diijinkan sesuai dengan tabel

α = sudut pengangkatan ($\cot \alpha = \text{radius} / \text{panjang lengan atau boom}$)

Tabel : 3.4 Beban dan tinggi pengangkatan

Radius (m)	Beban (kg)	Tinggi angkat (m)	α °	P (kg)
* GERAKAN LUFFING Pada panjang lengan 9 meter				
3.0	5000	08,50	70,53	1666,566
3.3	5000	08,40	68,50	1832,506
3.5	4900	08,30	67,10	1906,707
4.2	4250	08,00	62,20	1982,143
4.5	3850	07,80	60,00	1925,000
5.0	3350	07,50	56,30	1858,729
6.0	2650	06,70	48,20	1766,311
7.0	2150	05,60	38,90	1673,223
8.0	1750	04,10	27,30	1555,080
Pada panjang lengan 16 meter				
4.2	3500	15,40	74,80	0917,662
4.5	3300	15,40	73,70	0926,200
5.0	3000	15,20	71,80	0937,005
6.0	2500	14,80	67,90	0940,561
7.0	2150	14,40	64,10	0939,124
8.0	1800	13,90	60,00	0900,000
8.5	1650	13,60	57,90	0876,808
10.0	1200	12,50	51,30	0750,291
12.0	900	10,60	41,40	0675,100
14.0	650	07,70	28,90	0569,052
15.5	550	03,90	14,40	0532,721
Pada panjang Jib 8,15 meter				
3.0	750	23,80	75,00	0194,114
3.3	750	23,70	70,00	0256,515
3.5	650	23,70	65,00	0274,702
4.2	600	23,60	60,00	0300,000
4.5	550	23,57	55,00	0315,467
5.0	475	23,47	50,00	0305,324
6.0	425	23,20	45,00	0300,520
7.0	375	22,90	40,00	0287,267
8.0	275	22,60	30,00	0238,157
8.5	225	22,40	20,00	0211,431

Pada panjang Jib 8,15 meter				
10.0	200	21,80	10,00	0196,962
12.0	200	20,80	00,00	0200,000

E. Pemeriksaan Kekuatan Lengan Teleskopik

Pemeriksaan terhadap kekuatan lengkung.

Dengan memperhitungkan beban lebih dan berat mekanisme pendukung pada pengangkat, maka dipergunakan faktor keamanan (f_c) sebesar 1,5 untuk semua beban seperti terdapat pada Tabel 3.4

Besar gaya reaksi di titik B

$$\sum MA = 0$$

$$RB = (P \times (a + b)) / a \text{ (kg)} \dots\dots\dots(3-22)$$

Besar gaya reaksi di titik A

$$\sum MB = 0$$

$$RA = -(P \times b) / a \text{ (kg)} \dots\dots\dots(3-23)$$

Besar momen statis di titik A, B, D

$$MA = MD = 0$$

$$MB = P \times b \text{ (kg.m)} \dots\dots\dots(3-24)$$

Defleksi maksimal bentang AB (Y_1) :

$$Y_1 = \frac{P \times a \times b}{3 \times E \times I} \times \left(1 + \frac{b}{a}\right) \times Lx \text{ (mm)} \dots\dots\dots(3-25)$$

Defleksi maksimal bentang BD (Y_2) :

$$Y_2 = 0,064 \times \frac{P \times a \times b}{E \times I} \text{ (mm)} \dots\dots\dots(3-26)$$

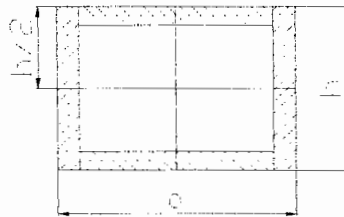
Tabel : 3.5 Defleksi batang akibat beban

Pada 9 m ,R1 = 4,5 R2 = 9					
Radius m	RA (kg)	RB (kg)	MB (kg.m)	Y ₁ (mm)	Y ₂ (mm)
3	-2954,367	05454,216	12186,76	0,26650685	1,1371E-05
3,3	-3248,533	05997,292	13400,2	0,29304294	1,25032E-05
3,5	-3380,072	06240,132	13942,79	0,30490871	1,30094E-05
4,2	-3513,799	06487,013	14494,42	0,31697196	1,35241E-05
4,5	-3412,500	06300,000	14076,56	0,30783401	1,31343E-05
5	-3295,020	06083,113	13591,96	0,29723636	1,26821E-05
6	-3131,188	05780,654	12916,15	0,28245745	1,20515E-05
7	-2966,168	05476,003	12235,44	0,2675714	1,14164E-05
8	-2756,733	05089,353	11371,52	0,24867871	1,06103E-05
8,5					

Pada 16 m ,R1 = 9,3 m R2 = 16 m					
Radius m	RA (kg)	RB (kg)	MB (kg.m)	Y ₁ (mm)	Y ₂ (mm)
4,2	-1626,764	03003,257	6710,403	0,29814287	1,27208E-05
4,5	-1641,900	03031,200	6772,838	0,30091681	1,28391E-05
5	-1661,054	03066,562	6851,849	0,30442729	1,29889E-05
6	-1667,358	03078,200	6877,852	0,30558262	1,30382E-05
7	-1664,811	03073,497	6867,344	0,30511574	1,30183E-05
8	-1595,455	02945,455	6581,25	0,29240459	1,24759E-05
8,5	-1554,341	02869,553	6411,659	0,28486965	1,21544E-05
10	-1330,061	02455,498	5486,503	0,24376504	1,04006E-05
12	-1196,768	02209,418	4936,669	0,21933593	9,35833E-06
14	-1008,774	01862,352	4161,193	0,18488157	7,88828E-06
15,5	-0944,369	01743,451	3895,522	0,17307785	7,38465E-06

Pada 24,15 m ,R1 = 11,2 m R2 = 24,15 m					
Radius m	RA (kg)	RB (kg)	MB (kg.m)	Y ₁ (mm)	Y ₂ (mm)
3	-0344,111	00635,282	1419,459	0,06306647	2,69084E-06
3,3	-0454,731	00839,504	1875,766	0,08334018	3,55585E-06
3,5	-0486,972	00899,025	2008,758	0,08924903	3,80796E-06
4,2	-0531,818	00981,818	2193,75	0,0974682	4,15864E-06
4,5	-0559,237	01032,437	2306,852	0,10249333	4,37305E-06
5	-0541,256	00999,242	2232,682	0,09919793	4,23245E-06
6	-0532,740	00983,520	2197,553	0,09763714	4,16585E-06
7	-0509,246	00940,147	2100,64	0,09333132	3,98214E-06
8	-0422,187	00779,423	1741,523	0,07737578	3,30137E-06
8,5	-0374,810	00691,956	1546,089	0,06869266	2,93089E-06
10	-0349,160	00644,603	1440,285	0,06399177	2,73032E-06
12	-0354,545	00654,545	1462,5	0,0649788	2,77243E-06

Memeriksa besar momen tahanan terhadap lengkungan (W_b) : ⁵⁷



Gambar 3.7. Penampang batang kran

$$W_b = I / (h/2) \text{ (mm}^3\text{)} \dots\dots\dots(3-27)$$

Tegangan lentur (σ_b) : ⁵⁸

$$\sigma_b = M_b / W_b \dots\dots\dots(3-28)$$

dengan;

M_b = momen terbesar yang timbul (kg.mm).

$$= M_{b\text{-statis}} + M_{\text{dyn luff}}$$

$$M_{b\text{-9 meter}} = 14506,92 \text{ kg.m}$$

$$M_{b\text{-16 meter}} = 6890,35 \text{ kg.m}$$

$$M_{b\text{-24,15 meter}} = 2306,86 \text{ kg.m}$$

Tabel : 3.6 Bahan batang dan tegangan lentur yang diijinkan

Jangkauan	I (mm ⁴)	W _b (mm ³)	σ_b (kg/mm ²)	Bahan	σ_{ijin} (kg/mm ²)
9 meter	1822,5 x 10 ⁹	9592105263	1,5	FC 18	4,0
12,5 meter	857,5 x 10 ⁹	4513157895	1,5	FC 18	4,0
16 meter	857,5 x 10 ⁹	4513157895	1,5	FC 18	4,0
24,15 meter	1353,4 x 10 ⁹	4513157895	1,5	FC 18	4,0

Pemeriksaan kekuatan tekuk lengan teleskopik.

Besar gaya horisontal yang diterima batang (F_H) :

$$F_H = 1,5 F \times \sin \alpha \text{ (kg)} \dots\dots\dots(3-29)$$

⁵⁷ A. Suroto, *Strength of Material*, hal. 19

⁵⁸ Ibid, hal.29

Besar beban tekuk (F_k) dapat diketahui dalam persamaan :⁵⁹

$$F_k = \frac{\pi^2 \times E \times I}{4 \times L^2} \dots\dots\dots(3-30)$$

Tegangan tekuk yang terjadi (σ_k) :

$$\sigma_k = F_H / A \dots\dots\dots(3-31)$$

dengan;

A adalah luas penampang minimal pada batang (mm^2)

Jari – jari kelembaman (i) :⁶⁰

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} \text{ (mm)} \dots\dots\dots(3-32)$$

Faktor kelangsingan dapat diperoleh dengan persamaan (λ) :⁶¹

$$\lambda = L_k / i \dots\dots\dots(3-33)$$

dengan;

L_k adalah panjang tekuk = $2L$ (mm).⁶²

Tegangan tekuk ijin ($\sigma_{k_{ijin}}$) :⁶³

$$\sigma_{k_{ijin}} = \frac{\pi^2 \times E}{\lambda^2} \text{ (kg/mm}^2\text{)} \dots\dots\dots(3-34)$$

Hasil dari analisa kekuatan batang terhadap tekukan disusun dalam Tabel 3.7.

⁵⁹ Ibid, hal.36

⁶⁰ Ibid, hal.37

⁶¹ Ibid, hal.37

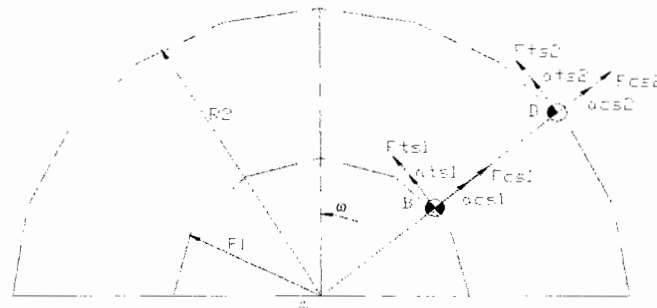
⁶³ Suroto A, *Strength of Material*, hal. 37

Tabel : 3.7 Hasil analisa kekuatan batang terhadap tekukan

Radius (m)	P Sin α (kg)	F_k Kg/mm ²	σ_k (kg/mm ²)	i (mm)	λ	$\sigma_{k_{ijin}}$ (kg/mm ²)
Pada panjang lengan 9 meter						
3.0	7071,121	8618863	0,351797	82,66	217,76	428,799139
3.3	6978,132	8618863	0,347171	82,66	217,76	428,799139
3.5	6770,713	8618863	0,336851	82,66	217,76	428,799139
4.2	5639,204	8618863	0,280557	82,66	217,76	428,799139
4.5	5001,297	8618863	0,248821	82,66	217,76	428,799139
5.0	4180,569	8618863	0,207989	82,66	217,76	428,799139
6.0	2963,267	8618863	0,147426	82,66	217,76	428,799139
7.0	2025,181	8618863	0,100755	82,66	217,76	428,799139
8.0	1203,955	8618863	0,059898	82,66	217,76	428,799139
Pada panjang lengan 16 meter						
4.2	5066,337	1342267,897	0,302649	63,55	503,56	418,91666
4.5	4751,036	1342267,897	0,283813	63,55	503,56	418,91666
5.0	4274,874	1342267,897	0,255369	63,55	503,56	418,91666
6.0	3474,482	1342267,897	0,207556	63,55	503,56	418,91666
7.0	2901,074	1342267,897	0,173302	63,55	503,56	418,91666
8.0	2338,269	1342267,897	0,139682	63,55	503,56	418,91666
8.5	2096,627	1342267,897	0,125247	63,55	503,56	418,91666
10.0	1404,775	1342267,897	0,083917	63,55	503,56	418,91666
12.0	0892,771	1342267,897	0,053332	63,55	503,56	418,91666
14.0	0471,200	1342267,897	0,028148	63,55	503,56	418,91666
15.5	0205,169	1342267,897	0,012256	63,55	503,56	418,91666
Pada panjang Jib 8,15 meter						
3.0	1086,667	589175,798	0,093116	76,11	634,61	460,07469
3.3	1057,154	589175,798	0,090587	76,11	634,61	460,07469
3.5	0883,650	589175,798	0,07572	76,11	634,61	460,07469
4.2	0779,423	589175,798	0,066789	76,11	634,61	460,07469
4.5	0675,800	589175,798	0,057909	76,11	634,61	460,07469
5.0	0545,807	589175,798	0,04677	76,11	634,61	460,07469
6.0	0450,781	589175,798	0,038627	76,11	634,61	460,07469
7.0	0361,568	589175,798	0,030983	76,11	634,61	460,07469
8.0	0206,250	589175,798	0,017674	76,11	634,61	460,07469
8.5	0115,432	589175,798	0,009891	76,11	634,61	460,07469
10.0	0052,094	589175,798	0,004464	76,11	634,61	460,07469
12.0	0000,000	589175,798		76,11	634,61	460,07469

F. Analisa Gerakan ke Samping (*Slewing*)

Gerakan putar atau *Slewing*



Gambar 3.8 Gaya – gaya karena gerakan *slewing*.

dengan;

F_{ts1} = Gaya tangensial karena beban lengan

F_{cs1} = Gaya sentrifugal karena beban lengan

F_{ts2} = Gaya tangensial karena beban angkat dan beban diujung lengan

F_{cs2} = Gaya sentrifugal karena beban angkat dan beban diujung lengan

$R2$ = Jarak beban angkat dan beban diujung dengan sumbu putar

$R1$ = Jarak pusat massa lengan dengan sumbu putar

Batang dibagi 3 bagian dengan massa dan panjang yang berbeda – beda sehingga pada setiap posisi jangkauan lengan, ($R1$) dan ($R2$) selalu berbeda.

Perhitungan ($R1$) *slewing* sama dengan ($R1$) pada *luffing*.

Kecepatan *slewing* (n) = 2,8 rpm

Kecepatan sudut (ω) : ⁶⁴

$$\omega = \frac{2 \times \pi \times n}{60} \dots\dots\dots(3-35)$$

$$= \frac{2 \times \pi \times 2,8}{60} = 0,293 \text{ rad/dt.}$$

⁶⁴ Ibid, hal.98

Waktu pengereman (t_p) direncanakan 2 detik.

Percepatan sudut (α) :

$$\omega = \omega_o + \alpha t_p, \quad \omega_o \text{ (kecepatan sudut awal slewing) = nol}$$

$$\alpha = \frac{\omega}{t_p} \text{ (rad/dt}^2\text{)} \dots\dots\dots(3-36)$$

$$= 0,293 / 2 = 0,1465 \text{ rad/dt}^2$$

Selanjutnya perhitungan sama dengan pada gerakan *luffing* dan hasilnya terdapat pada Tabel 3.8.

Tabel : 3.8 Hasil perhitungan gerakan *slewing*.

Gerakan Putar 360 derajat dengan panjang boom 9 m									
Radius m	m2	acl1	Acl2	ats1	ats2	Fcs1	Fcs2	Fts1	Fts2
3	2300	0,39	0,77	0,66	1,32	1353,6	1777,07	2309,97	3032,6
3,3	2100	0,39	0,77	0,66	1,32	1353,6	1622,55	2309,97	2768,9
3,5	1900	0,39	0,77	0,66	1,32	1353,6	1468,02	2309,97	2505,2
4,2	1600	0,39	0,77	0,66	1,32	1353,6	1236,23	2309,97	2109,6
4,5	1400	0,39	0,77	0,66	1,32	1353,6	1081,69	2309,97	1845,9
5	1250	0,39	0,77	0,66	1,32	1353,6	965,80	2309,97	1648,1
6	950	0,39	0,77	0,66	1,32	1353,6	734,01	2309,97	1252,6
7	750	0,39	0,77	0,66	1,32	1353,6	579,48	2309,97	988,9
8	550	0,39	0,77	0,66	1,32	1353,6	424,95	2309,97	725,2
8,5	500	0,39	0,77	0,66	1,32	1353,6	386,32	2309,97	659,3
10	375	0,39	0,77	0,66	1,32	1353,6	289,74	2309,97	494,4
12	225	0,39	0,77	0,66	1,32	1353,6	173,84	2309,97	296,7

Gerakan Putar 360 derajat dengan panjang boom 12,5 m									
Radius m	M2	acl1	Acl2	ats1	ats2	Fcs1	Fcs2	Fts1	Fts2
3	2300	0,70	1,07	1,20	1,83	2466,6	2468,2	4209,3	4211,88
3,3	2100	0,70	1,07	1,20	1,83	2466,6	2253,5	4209,3	3845,63
3,5	1900	0,70	1,07	1,20	1,83	2466,6	2038,9	4209,3	3479,38
4,2	1600	0,70	1,07	1,20	1,83	2466,6	1717,0	4209,3	2930,00
4,5	1400	0,70	1,07	1,20	1,83	2466,6	1502,4	4209,3	2563,75
5	1250	0,70	1,07	1,20	1,83	2466,6	1341,4	4209,3	2289,06
6	950	0,70	1,07	1,20	1,83	2466,6	1019,5	4209,3	1739,69
7	750	0,70	1,07	1,20	1,83	2466,6	804,8	4209,3	1373,44
8	550	0,70	1,07	1,20	1,83	2466,6	590,2	4209,3	1007,19
8,5	500	0,70	1,07	1,20	1,83	2466,6	536,6	4209,3	915,63
10	375	0,70	1,07	1,20	1,83	2466,6	402,4	4209,3	686,72
12	225	0,70	1,07	1,20	1,83	2466,6	241,5	4209,3	412,03

Gerakan Putar 360 derajat dengan panjang boom 16 m									
Radius m	M2	acl1	acl2	Ats1	ats2	Fcs1	Fcs2	Fts1	Fts2
3	2300	0,80	1,37	1,36	2,34	2797,5	3159,2	4773,9	5391,2
3,3	2100	0,80	1,37	1,36	2,34	2797,5	2884,5	4773,9	4922,4
3,5	1900	0,80	1,37	1,36	2,34	2797,5	2609,8	4773,9	4453,6
4,2	1600	0,80	1,37	1,36	2,34	2797,5	2197,7	4773,9	3750,4
4,5	1400	0,80	1,37	1,36	2,34	2797,5	1923,0	4773,9	3281,6
5	1250	0,80	1,37	1,36	2,34	2797,5	1717,0	4773,9	2930
6	950	0,80	1,37	1,36	2,34	2797,5	1304,9	4773,9	2226,8
7	750	0,80	1,37	1,36	2,34	2797,5	1030,2	4773,9	1758
8	550	0,80	1,37	1,36	2,34	2797,5	755,5	4773,9	1289,2
8,5	500	0,80	1,37	1,36	2,34	2797,5	686,8	4773,9	1172
10	375	0,80	1,37	1,36	2,34	2797,5	515,1	4773,9	879
12	225	0,80	1,37	1,36	2,34	2797,5	309,1	4773,9	527,4

Momen dinamik gerakan *Slewing* ($M_{\text{dyn-slew.}}$) :

$$M_{\text{dyn-slew.}} = I \times \alpha \quad \dots\dots\dots(3-37)$$

.dengan;

I = Momen Inersia Masa batang terhadap sumbu Y (kg.m^2)

α = Percepatan sudut pada gerakan *Slewing* dalam satuan rad/dt^2 .

Momen dinamik pada lengan 1 ($M_{\text{dyn-slew.1}}$) :

$$\begin{aligned} M_{\text{dyn-slew.1}} &= 2025 \times 10^{-8} \times 0,1465 \\ &= 2,966 \times 10^{-6} \text{ kg.m.} \end{aligned}$$

Momen dinamik pada lengan 2 ($M_{\text{dyn-slew.2}}$) :

$$\begin{aligned} M_{\text{dyn-slew.2}} &= 1575 \times 10^{-8} \times 0,1465 \\ &= 2,307 \times 10^{-6} \text{ kg.m.} \end{aligned}$$

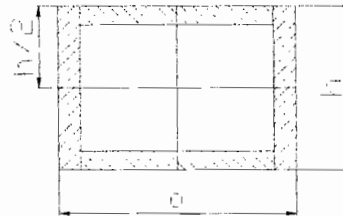
Momen dinamik pada lengan 3 ($M_{\text{dyn-slew.3}}$) :

$$\begin{aligned} M_{\text{dyn-slew.3}} &= 0,18 \times 0,1465 \\ &= 0,02637 \text{ kg.m.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{dyn-slew.}} &= 2,966 \times 10^{-6} + 2,307 \times 10^{-6} + 0,02637 \\ &= 7,58 \times 10^{-6} \text{ kg.m.} \end{aligned}$$

Untuk Momen Statis gerak *Slewing* diabaikan karena tidak ada gaya ke samping kecuali gaya angin dan gaya angin ini lebih kecil dari gaya ke bawah.

Memeriksa besar momen tahanan terhadap lengkungan (W_b) : ⁶⁵



Gambar 3.9. Penampang batang kran

$$W_b = I / (a/2) \text{ (mm}^3\text{)} \quad \dots\dots\dots(3-38)$$

Tegangan lentur (σ_b) : ⁶⁶

$$\sigma_b = M_b / W_b \quad \dots\dots\dots(3-39)$$

dengan;

$$M_b = M_{\text{dyn-slew}} = \text{momen terbesar yang timbul (kg.mm).}$$

Tabel : 3.9 Bahan batang dan tegangan lentur yang diijinkan

Jangkauan	I (mm ⁴)	W _b (mm ³)	σ_b (kg/mm ²)	Bahan	σ_{ijin} (kg/mm ²)
9 meter	2025 x 10 ⁴	126562,5	1,9 x 10 ⁻¹¹	FC 18	4,0
12,5 meter	1575 x 10 ⁴	109374,9	6,9 x 10 ⁻¹¹	FC 18	4,0
16 meter	1575 x 10 ⁴	109374,9	6,9 x 10 ⁻¹¹	FC 18	4,0
24,15 meter	18337500	127343,7	5,9 x 10 ⁻¹¹	FC 18	4,0

⁶⁵ Suroto A, *Strength of Material*, hal. 19

⁶⁶ Ibid, hal.29

BAB IV

PERANCANGAN SISTEM HIDROLIK

Hukum Pascal menjadi dasar dalam perancangan di sini. Didalam hukum ini dinyatakan bahwa suatu zat cair dalam arah manapun yang menerima sebuah tekanan luar dan tekanan itu akan menyebar secara merata ke semua arah.

Setiap fluida yang berada dalam keadaan diam akan melakukan suatu tekanan terhadap dinding yang mengelilinginya atau dinamakan tekanan hidrostatik. Sebagai contoh dalam suatu bejana yang berisi fluida ditutup dengan sebuah silinder yang dapat bergerak. Apabila pada silinder tersebut bekerja sebuah gaya, maka fluida akan mengalami pemampatan. Karena sifat fluida yang dipergunakan di sini adalah fluida yang tak mampu mampat, maka gaya diteruskan oleh fluida dengan gaya yang merata di dalam bejana. Di dasar silinder dicapai suatu tekanan, yang berdasarkan hukum perambatan tekanan, diteruskan ke fluida dalam bejana dan menyebar secara merata ke semua arah. Tekanan ini menyebar ke seluruh bidang dinding dan besarnya per satuan luas adalah sama. Tekanan dari fluida pada bidang bawah silinder pun terbagi rata.

Dasar teori ini tidak asing di bidang ilmu teknik yang dikenal sebagai perumusan $P = F/A$; yang dalam hal ini (P) dalam N/m^2 adalah tekanan fluida, (F) dalam Newton adalah gaya luar dan (A) dalam m^2 adalah bidang tekan.

Pada instalasi hidrolik ini terdiri atas hidromotor, peralatan kendali dan peralatan pengatur. Tenaga mekanis (misalnya dari sebuah motor listrik penggerak mekanis) diubah menjadi tenaga hidrolik oleh pompa hidrolik

(pembangkit fluida tekan). Tenaga hidrolik dapat diartikan sebagai tenaga potensial ataupun sebagai tenaga kinetik dari suatu medium (fluida hidrolik). Tenaga hidrolik dikendalikan oleh komponen - komponen pengendali untuk menggerakkan silinder kerja dan dapat digerakkan lagi oleh hidromotor. Tenaga yang dihasilkan oleh silinder kerja ini berupa tenaga mekanik yang kemudian menggerakkan beban. Sarana transportasi bagi fluida tekan dan juga sebagai penyambung antara berbagai bagian hidrolik ini menggunakan pipa – pipa dan selang – selang.

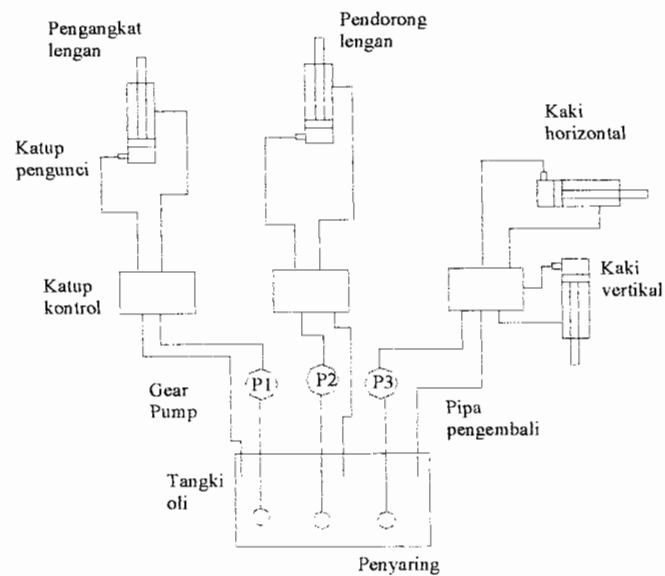
Dalam merancang sebuah sistem hidrolik adalah tidak mudah karena memerlukan perhitungan yang teliti dan pengamatan yang cermat terhadap kemungkinan – kemungkinan yang terjadi dalam sistem tersebut. Untuk meminimalkan kesalahan dalam perhitungan, maka diperlukan ketentuan mengenai suatu bagan susunan, fungsional, ekonomis, kejelasan mengenai berbagai gaya, kerugian – kerugian, dan lain sebagainya yang dapat timbul.

Namun dalam perancangan ini tidaklah begitu detail mengingat keterbatasan kemampuan perancang.

A. Bagan Susunan Sistem Hidrolik

Dalam perancangan ini terdapat pelayanan sistem hidrolik diantaranya :

1. Pelayanan sistem hidrolik pada outriger,
2. Pelayanan sistem hidrolik pada pengangkat lengan,
3. Pelayanan sistem hidrolik pada pemanjang/pemendek lengan dan
4. Pelayanan sistem hidrolik pada rem.

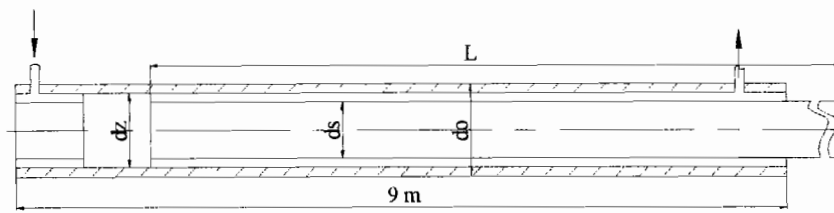


Gambar 4.1 Bagan pelayanan sistem hidrolik

Sistem hidrolik ini menggunakan model silinder diferensial kerja ganda dengan batang piston pada satu sisi sebagai pendorong beban. Penampang torak dibentuk cincin dan diperkuat dengan fluida sebagai pendorong. Keuntungannya adalah konstruksinya yang sederhana, dapat bekerja dalam ruang yang sempit serta mampu menahan beban yang cukup besar, memungkinkan dicapainya panjang langkah yang maksimal dan gaya torak yang dihasilkan besar. Kerugiannya adalah suku cadangnya harus dikerjakan dengan cermat sehingga biaya fabrikasinya menjadi mahal.

Untuk menjaga keamanan operasional, baik pipa masuk maupun pipa keluar selalu dikunci. Penguncian ini dikerjakan oleh katup pengunci.

B. Perhitungan Sistem Hidrolik pada Pelayanan Pendorong Lengan



Gambar : 4.2. Skema hidrolik pendorong lengan

Direncanakan :

Panjang langkah piston (L) 7 m.

Diameter luar silinder (d_o) 0,25 m.

Diameter torak (d_z) 0,22 m.

Tebal dinding silinder = $(0,25 - 0,22) / 2 = 0,015$ m.

Luas penampang piston (A_z) :

$$\begin{aligned}
 A_z &= \frac{\pi(d_z)^2}{4} && \dots\dots\dots(4 - 1) \\
 &= \frac{\pi(0,220)^2}{4} \\
 &= 0,0380 \text{ m}^2.
 \end{aligned}$$

Perbandingan diameter piston dengan batang piston dengan (d_z) 0,22 m , (ϕ_1) 2,5 diperoleh diameter batang piston (d_s) 0,18 m dan luas penampangnya (A_s) 0,0126 m^2 .⁶⁷

Tekanan sistem (P) direncanakan sebesar 160 bar ($1631,545 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 = 16000 \times 10^3 \text{ N/m}^2$).

Gaya dorong pada piston (F_d) :

$$F_d = P \times A_z. \quad \dots\dots\dots(4 - 2)$$

⁶⁷ Thomas Krist, *HIDRAULIKA*, hal.194

$$= 16000 \times 10^3 \times 0,0380$$

$$= 608 \times 10^3 \text{ N} = 62020,4 \text{ kg.}$$

Beban yang harus di dorong oleh piston adalah beban batang 2 + beban batang 3 + beban 5 Ton sebesar $7086,95278 \times 1,2 = 8504,34 \text{ kg}$. Harga 1,2 di sini adalah faktor keamanan untuk kemungkinan ada beban yang berlebih atau gesekan.

Gaya balik piston / saat balik (F_n) :

$$F_n = P \times (A_z - A_s) \dots\dots\dots(4 - 3)$$

$$= 16000 \times 10^3 (0,0380 - 0,0126)$$

$$= 406400 \text{ N} = 41462,92 \text{ kg.}$$

Kecepatan piston saat maju (V_z) direncanakan 0,23 m/dt.

Debit aliran fluida (Q) :

$$Q = A_z \times V \dots\dots\dots(4 - 4)$$

$$= 0,0380 \times 0,23$$

$$= 0,00874 \text{ m}^3/\text{dt.}$$

Kecepatan piston saat gerak balik (V_s) :

$$V_s = \frac{Q}{(A - A_s)} \dots\dots\dots(4 - 5)$$

$$= \frac{0,00874}{(0,0380 - 0,0126)}$$

$$= 0,344 \text{ m/dt.}$$

Waktu yang dibutuhkan untuk satu langkah maju piston (t_z) :

$$t_z = L/V_z \dots\dots\dots(4 - 6)$$

$$= 7 / 0,23$$

$$= 30,435 \text{ dt.}$$

Waktu yang dibutuhkan untuk satu langkah balik piston (t_s) :

$$\begin{aligned} t_s &= L/V_s && \dots\dots\dots(4 - 7) \\ &= 7 / 0,344 \\ &= 20,3441 \text{ dt.} \end{aligned}$$

Daya dorong piston (P) :

$$P \geq F \times V_z \times \eta \quad \dots\dots\dots(4 - 8)$$

dengan;

η = efisiensi kerja piston 0,9

$$P \geq (62020,4 \text{ kg}) \times (0,23 \text{ m/dt.}) \times (0,9)$$

$$P \geq 12,83822 \text{ KW.}$$

Momen Inersia batang piston (I) :

$$I = \frac{\pi r^4 h}{2} \quad \dots\dots\dots(4 - 9)$$

$$\begin{aligned} I &= \frac{\pi(0,09^4)7}{2} \\ &= 0,000721419 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

Batang piston direncana dibuat dari baja karburasi 42 CrMo dengan Modulus

Elastis (E) 198 GPa atau $198 \times 10^9 \text{ N/m}^2$

Besarnya beban tekuk batang piston (F_k) :

$$F_k = \frac{\pi^2 EI}{L^2} \quad \dots\dots\dots(4 - 10)$$

$$= \frac{\pi^2(198 \times 10^9)(0,000721419)}{(7)^2 \times 9,80665}$$

$$= 2933838,037 \text{ kg}$$

Besar gaya maksimal yang diterima batang piston adalah 608×10^3 N atau 62020,4 kg.

Tegangan tekuk yang terjadi pada batang piston (σ_k) :

$$\begin{aligned}\sigma_k &= \frac{62020,4}{0,0126} \\ &= 4922253,82 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

Jari – jari kelembaman (i) :

$$\begin{aligned}i &= (I/A_s)^{1/2} \dots\dots\dots(4 - 11) \\ &= (0,000721419 / 0,0126)^{1/2} \\ &= 0,239281 \text{ m}\end{aligned}$$

Faktor kelangsingan (λ) :

$$\begin{aligned}\lambda &= L / i \dots\dots\dots(4 - 12) \\ &= 7 / 0,239281 \\ &= 29,25427\end{aligned}$$

Tegangan tekuk ijin (σ_{ijin}) :

$$\begin{aligned}\sigma_{ijin} &= \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} \dots\dots\dots(4 - 13) \\ &= \frac{\pi^2 (198 \times 10^9) / 9,80665}{(29,25427)^2} \\ &= 232844288,6 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

Pemeriksaan

$$\sigma_k < \sigma_{ijin} \quad 4922253,82 \text{ kg/m}^2 < 232844288,6 \text{ kg/m}^2.$$

Pada perhitungan pelayanan sistem hidrolik yang lain terdapat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Hasil perhitungan pelayanan sistem hidrolik

Pelayanan pengangkat lengan

Dimensi		Hasil	Satuan
Panjang langkah	(L)	2,79733	.m
Diameter luar piston	(d _o)	0,18	.m
Diameter piston	(d _z)	0,16	.m
Tebal dinding silinder		0,01	.m
Luas penampang piston	(A _z)	0,0201	.m ²
Diameter batang piston	(d _s)	0,1	.m
Luas penampang batang piston	(A _s)	0,0122	.m ²
Tekanan sistem	(P)	16 000 000	N/m ²
Gaya dorong piston	(F _d)	32794,07	Kg
Gaya balik piston	(F _n)	12889,21	Kg
Kecepatan maju piston	(v _z)	0,15	.m/dt
Debit aliran	(Q)	0,003015	.m ³ /dt
Kecepatan balik piston	(v _s)	0,381646	.m/dt
Waktu satu langkah maju piston	(t _z)	18,64887	.dt
Waktu satu langkah balik piston	(t _s)	7,329654	.dt
Daya dorong piston	(P)	5	KW
Momen Inersia batang piston	(I)	0,0000274627	.m ⁴
Bahan batang piston		42 CrMo	
Modulus Elastinya	(E)	198 x 10 ⁹	N/m ²
Beban tekuk batang piston	(F _k)	69935,5	Kg
Tegangan tekuk batang piston	(σ _k)	2688038,8	Kg/m ²
Jari – jari kelembaman	(i)	0,047445	.m
Faktor kelangsingan	(λ)	58,95923	
Teg. Lentur	(σ _{lentur})	0,061	Kg/mm ²
Teg. Lentur bahan	(σ _{lentur – bahan})	9,0	Kg/mm ²
Tegangan tekuk ijin	(σ _{ijin})	57324545,6	Kg/m ²
Pemeriksaan		σ _k < σ _{ijin}	

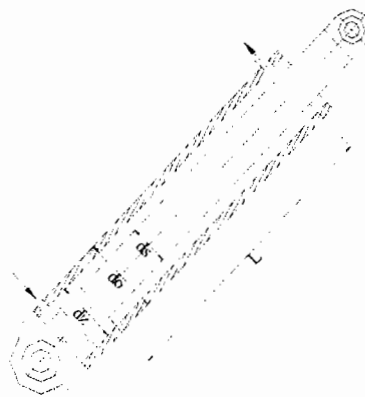
Pelayanan outrigger depan

Dimensi		Pemanjang	Penurun	Satuan
Panjang langkah	(L)	2,1	0,25	.m
Diameter luar piston	(d _o)	0,15	0,20	.m
Diameter piston	(d _z)	0,12	0,14	.m
Tebal dinding silinder		0,015	0,030	.m
Luas penampang piston	(A _z)	0,01131	0,015394	.m ²
Diameter batang piston	(d _s)	0,08	0,1	.m
Luas penampang batang piston	(A _s)	0,005	0,007854	.m ²
Tekanan sistem	(P)	16 000 000	16 000 000	N/m ²
Gaya dorong piston	(F _d)	18452,35	25115,7	Kg
Gaya balik piston	(F _n)	10251,31	12301,57	Kg
Kecepatan maju piston	(v _z)	0,15	0,1	.m/dt
Debit aliran	(Q)	0,001696	0,0015394	.m ³ /dt
Kecepatan balik piston	(v _s)	0,27	0,204	.m/dt
Waktu satu langkah maju piston	(t _z)	14	2,5	.dt
Waktu satu langkah balik piston	(t _s)	7,78	1,22	.dt
Daya dorong piston	(P)	3	3	KW
Momen Inersia batang piston	(I)	0,0000084446	0,0000024544	.m ⁴
Bahan batang piston		42 CrMo	42 CrMo	
Modulus Elastinya	(E)	198 x 10 ⁹	198 x 10 ⁹	N/m ²
Beban tekuk batang piston	(F _k)	381579,3	7825357	Kg

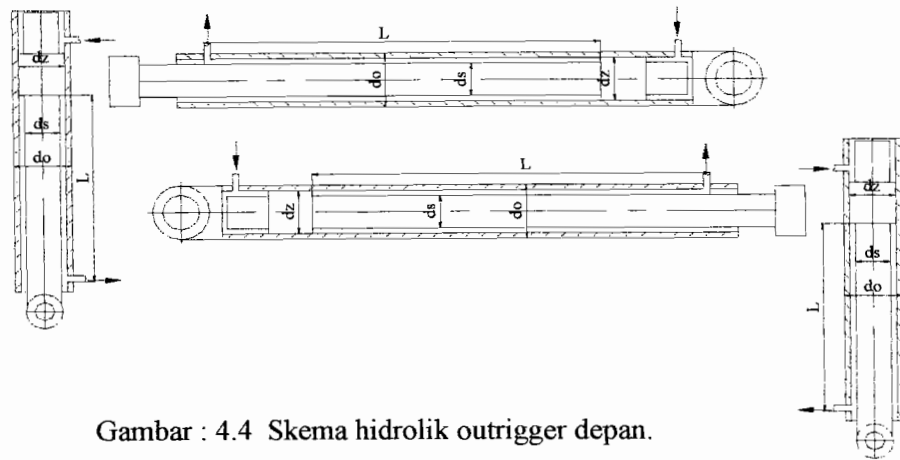
Tegangan tekuk batang piston (σ_k)	3670978,37	3197830,04	Kg/m ²
Jari – jari kelembaman (i)	0,040988	0,017578	.m
Dimensi	Pemanjang	Penurun	Satuan
Faktor kelangsingan (λ)	51,23475	14,14214	
Tegangan tekuk ijin (σ_{ijin})	75912789,8	996355367	Kg/m ²
Pemeriksaan	$\sigma_k < \sigma_{ijin}$		

Pelayanan outrigger belakang

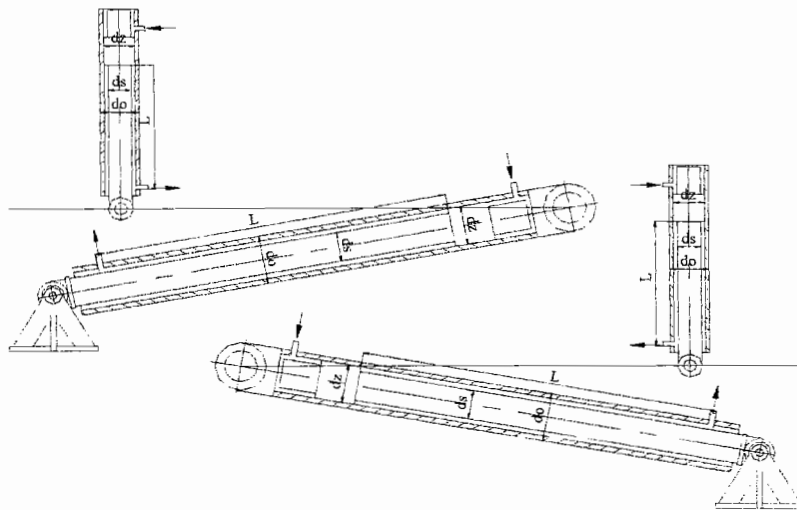
Dimensi	Pemanjang	Penurun	Satuan
Panjang langkah (L)	2,21	0,5	.m
Diameter luar piston (d_o)	0,15	0,20	.m
Diameter piston (d_z)	0,12	0,14	.m
Tebal dinding silinder	0,015	0,030	.m
Luas penampang piston (A_z)	0,01131	0,015394	.m ²
Diameter batang piston (d_s)	0,08	0,1	.m
Luas penampang batang piston (A_s)	0,005	0,007854	.m ²
Tekanan sistem (P)	16 000 000	16 000 000	N/m ²
Gaya dorong piston (F_d)	18452,35	25115,7	Kg
Gaya balik piston (F_n)	10251,31	12301,57	Kg
Kecepatan maju piston (v_z)	0,15	0,2	.m/dt
Debit aliran (Q)	0,001696	0,003079	.m ³ /dt
Kecepatan balik piston (v_s)	0,27	0,408333	.m/dt
Waktu satu langkah maju piston (t_z)	14,74804	2,5	.dt
Waktu satu langkah balik piston (t_s)	8,193354	1,22449	.dt
Daya dorong piston (P)	3	5	KW
Momen Inersia batang piston (I)	0,0000088958	0,0000049087	.m ⁴
Bahan batang piston	42 CrMo	42 CrMo	
Modulus Elastinya (E)	198×10^9	198×10^9	N/m ²
Beban tekuk batang piston (F_k)	362225,2	3912678	Kg
Tegangan tekuk batang piston (σ_k)	3670978,37	3197830,04	Kg/m ²
Jari – jari kelembaman (i)	0,042069	0,025	.m
Faktor kelangsingan (λ)	52,58571	20	
Tegangan tekuk ijin (σ_{ijin})	72062404	498177683	Kg/m ²
Pemeriksaan	$\sigma_k < \sigma_{ijin}$		



Gambar : 4.3 Skema hidrolik pengangkat lengan.



Gambar : 4.4 Skema hidrolik outrigger depan.



Gambar : 4.5 Skema hidrolik outrigger belakang.

Gaer pump yang digunakan adalah jenis pompa plunyer-radial dengan kegiatan pemompaan di dalam. Pompa ini dapat menghasilkan debit yang konstan dan juga tidak konstan. Secara ekonomis pompa ini dapat terjangkau harganya. Pada permukaan – permukaan perapatan yang berbentuk silinder memerlukan pengerjaan yang sangat rapi dan suatu toleransi yang minimal. Pompa ini dapat mencapai tekanan maksimum sampai dengan 500 bar (normal 150 s/d 400 bar) pada putaran 1000 s/d 1500 menit⁻¹. Tingkat efisiensi volumetrik antara 95-98 %.

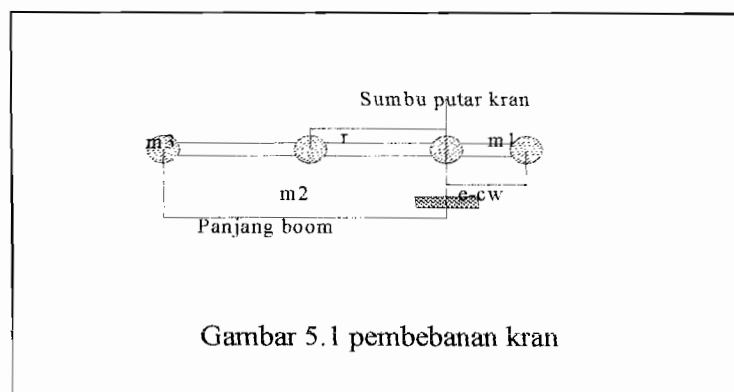
BAB V

PERANCANGAN KOMPONEN GERAK PUTAR

A. Perhitungan Beban dan Torsi pada Mekanisme Pemutar

Untuk mekanisme pemutar kran menggunakan tumpuan bantalan rol dan batang pusat untuk membuat beban yang ditumpu bantalan rol tidak miring.

Bantalan rol, batang pusat dan roda gigi besar terpasang tetap pada rangka bawah. Sedangkan beban (keseluruhan mekanisme pengangkat) terpasang tetap pada rangka atas yang dapat berputar di atas bantalan rol. Roda gigi pinion yang digerakkan motor, berputar memutar roda gigi besar.



Pembebanan kran adalah sebagai berikut :

m_1 = Massa pembalans. Merupakan gabungan dari berat mesin dan sistem transmisi. $m_1 = 3500$ kg.

m_2 = Massa lengan pengangkat. Merupakan berat dari batang pengangkat dan elemen – elemen yang ada di dalam batang pengangkat tersebut.

$m_2 = 3503,942$ kg.

m_3 = Massa dari beban yang diangkat serta peralatan pengangkat yang berada di bagian ujung lengan pengangkat dalam kg.

Momen Inersia massa total (I_o) :

$$I_o = \Sigma (m \times r^2) \quad (\text{kg.m}^2) \quad \dots\dots\dots(5-1)$$

dengan;

m = jumlah massa (kg)

r = jarak pusat massa batang terhadap titik putar (m)

$$I_o = (m_1 \times r_1^2) + (m_2 \times r_2^2) + (m_3 \times r_3^2) \text{ kg.m}^2.$$

Torsi yang terjadi (T) :

$$T = I_o \times \alpha \quad (\text{kg.m}) \quad \dots\dots\dots(5-2)$$

dengan;

α = percepatan sudut = 0,1465 rad/s².

ω = 0,293 rad/s

Tabel 5.1 Hasil perhitungan Torsi dari berbagai beban pada gerak putar

Gerakan Slewing dengan 9 meter boom			
m_3	r_1	I_o kg m ²	T kgm
2300	4,5	0307509,8	045050,19
2100	4,5	0291309,8	042676,89
1900	4,5	0275109,8	040303,59
1600	4,5	0250809,8	036743,64
1400	4,5	0234609,8	034370,34
1250	4,5	0222459,8	032590,37
950	4,5	0198159,8	029030,42
750	4,5	0181959,8	026657,12
550	4,5	0165759,8	024283,82
500	4,5	0161709,8	023690,49
375	4,5	0151584,8	022207,18
225	4,5	0139434,8	020427,20

Gerakan Slewing dengan 12,5 meter boom			
m_3	r_2	I_o kg m ²	T kgm
2300	8,2	0645235,1	094526,94
2100	8,2	0613985,1	089948,82
1900	8,2	0582735,1	085370,69
1600	8,2	0535860,1	078503,50
1400	8,2	0504610,1	073925,38
1250	8,2	0481172,6	070491,78
950	8,2	0434297,6	063624,60
750	8,2	0403047,6	059046,47
550	8,2	0371797,6	054468,35

500	8,2	0363985,1	053323,82
375	8,2	0344453,8	050462,49
225	8,2	0321016,3	047028,89

Gerakan Slewing dengan 16 meter boom			
m ₃	r ₂	I _o kg m ²	T kgm
2300	9,3	0942111,0	138019,26
2100	9,3	0890911,0	130518,46
1900	9,3	0839711,0	123017,66
1600	9,3	0762911,0	111766,46
1400	9,3	0711711,0	104265,66
1250	9,3	0673311,0	098640,06
950	9,3	0596511,0	087388,86
750	9,3	0545311,0	079888,06
550	9,3	0494111,0	072387,26
500	9,3	0481311,0	070512,06
375	9,3	0449311,0	065824,06
225	9,3	0410911,0	060198,46

B. Pemilihan Motor untuk Mekanisme Pemutar

Dari perhitungan sebelumnya didapat beberapa data pendukung diantaranya;

$$\begin{aligned} \text{Beban putar total (G)} &= 3503,94 + 5000 + 6712,9755 + 3500 \text{ kg.} \\ &= 18716,9155 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Putaran kran } n_{\text{slew}} = 2,8 \text{ rpm.}$$

Jangkauan batang kran pada gerak putar maksimal (a) 16 m.

$$\text{Efisiensi penggerak } (\eta) = 0,98$$

Kecepatan pada ujung batang kran (V_{slew}) :

$$\begin{aligned} V_{\text{slew}} &= \frac{n_{\text{slew}} \times 2 \times \pi \times a}{60} \dots\dots\dots(5-3) \\ &= \frac{2,8 \times 2 \times \pi \times 16}{60} \\ &= 4,69 \text{ m/det.} = 281,4867 \text{ m/menit.} \end{aligned}$$

Daya minimal dengan kecepatan tunak yang diperlukan motor (N_{rated}) :

$$\begin{aligned}
 N_{\text{rated}} &= (\text{Torsi} \times \omega) / 1000 \quad \dots\dots\dots(5-4) \\
 &= (138019,26 \times 0,293) / 1000 \\
 &= 40,44 \text{ KW}.
 \end{aligned}$$

Dari katalog motor dipilih motor dengan;

$$\text{Daya } (N_{\text{rated}}) = 45 \text{ KW} = 61,141 \text{ Hp. Putaran max.} = 725 \text{ rpm.}$$

$$\text{Perbandingan reduksi gigi } (i) = 258,9285714$$

Terbagi 5 tingkat dengan (i) masing – masing adalah; $(i_1) = 3,5228,$

$$(i_2) = 3,5, (i_3) = 2, (i_4) = 3, (i_5) = 3,5$$

$$\text{Momen girasi motor } (GD^2) = 4,1 \text{ kg.m}^2.$$

Momen tahanan statis yang diacu pada motor (M_{st}) :

$$M_{\text{st}} = (71620 \times N) / n \quad \dots\dots\dots(5-5)$$

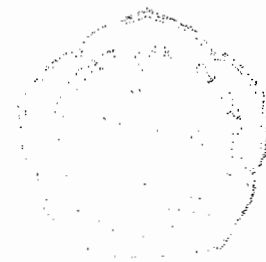
$$M_{\text{st}} = (71620 \times 61,141) / 725$$

$$= 6039,887476 \text{ kg cm.}$$

$$= 60,39887476 \text{ kg m.}$$

Dalam perencanaan ini mempergunakan kopling fleksibel dengan diameter luar kopling (D) = 400 mm.

Tabel 5.2 nilai perkiraan momen inersia kopling Sumber : Rudenko hal.295					
Diameter luar, mm	Diameter poros, mm	Panjang nap, mm	Lebar pelek, mm	Berat kg	Momen inersia kg.m/dt ²
150	30	120	60	10	0,003
200	40	160	80	20	0,01
250	50	200	100	40	0,03
300	60	240	120	70	0,08
400	70	280	140	140	0,28
500	80	320	160	250	0,78



Momen inersia kopling diperkirakan $0,28 \text{ kg.m/dt}^2$.

Momen girasi kopling $(GD^2)_{\text{coup}}$:

$$\begin{aligned} (GD^2)_{\text{coup}} &= I \times 4g && \dots\dots\dots(5-6) \\ &= 0,01 \times 4 \times 9,81 \\ &= 0,3924 \text{ kg-m}^2. \end{aligned}$$

Momen girasi pada poros motor (GD^2) :

$$\begin{aligned} GD^2 &= (GD^2)_{\text{rot}} + (GD^2)_{\text{coup}} && \dots\dots\dots(5-7) \\ &= 4,1 \text{ (kg-m}^2) + 0,3924 \text{ kg-m}^2 \\ &= 4,4924 \text{ kg-m}^2. \end{aligned}$$

Momen dinamik percepatan yang diacu pada poros motor (M_{dyn}) :

$$M_{\text{dyn}} = \frac{\delta GD^2 n}{375 t_s} + (I_{\text{muatan}} + I_{\text{cr}} + I_{\text{cw}}) \frac{\pi n_{\text{cr}}}{30 t_s \eta i} \dots\dots\dots(5-8)$$

dengan;

M_{dyn} = Momen dinamik dalam percepatan sistem yang diacu pada poros motor (kg/m).

δ = koefisien yang memperhitungkan pengaruh massa mekanisme transmisi. 1,1 s/d. 1,25.

n = kecepatan poros motor dalam gerakan tunak (rpm).

n_{cr} = putaran struktur putar kran pada kecepatan tunak (rpm).

G' = bobot penuh muatan pada pemutar (kg).

η = efisiensi total mekanisme transmisi = 0,89

t_s = waktu untuk percepatan (detik) direncanakan = 8 detik.

$I_{\text{muatan}}, I_{\text{cr}}, I_{\text{cw}}$ = Momen Inersia muatan bagian putar kran dan

pengimbang. (diambil harga terbesar dari perhitungan).

$$I_{\text{cw}} = 50255 \quad I_{\text{muatan}} = 37500 \quad I_{\text{cr}} = 56063,08$$

$$M_{\text{dyn}} = \frac{1,15 \times 4,4924 \times 725}{375 \times 8} + (37500 + 56063,08 + 50255) \frac{\pi \times 2,8}{30 \times 8 \times 0,89 \times 258,9}$$

$$= 24,1 \text{ kg-m.}$$

Momen yang diperlukan saat start motor (M_{mot}) :

$$M_{\text{mot}} = M_{\text{st}} + M_{\text{dyn}} \quad \dots\dots\dots(5-9)$$

$$= 84,5 \text{ kg-m.}$$

Beban lebih motor selama start :

$$M_{\text{mot}} / M_{\text{st}} = 1,3$$

C. Perancangan Rem

Jenis rem yang dipergunakan dalam gerakan putar kran ini adalah sama dengan rem pada gerakan pengangkatan yaitu menggunakan rem sepatu.

Rem dipasang pada poros input dengan alasan momen puntir yang harus direm kecil.

Daya statik pengereman (N_{br}) :

$$N_{\text{br}} = N_{\text{rated}} \quad \dots\dots\dots(5-10)$$

$$= 61,141 \text{ hp.}$$

$$= 45 \text{ KW.}$$

Momen statik pengereman (M'_{st}) :

$$M'_{\text{st}} = 71620 \frac{N_{\text{br}}}{n_{\text{br}}} \quad \dots\dots\dots(5-11)$$

$$\begin{aligned}
 M'_{st} &= 71620 \frac{61,141}{725} \\
 &= 6039,887476 \text{ kg-cm.} \\
 &= 60,39887476 \text{ kg-m.}
 \end{aligned}$$

Momen dinamik dalam pengereman sistem yang diacu pada poros rem (M_{dyn}) :

$$M'_{dyn} = \frac{\delta GD^2 n}{375 t_{br}} + (I_{mua tan} + I_{cr} + I_{cw}) \frac{\pi n_{cr} \eta}{30 t_{br} i} \dots\dots\dots (5-12)$$

dengan;

M'_{dyn} = Momen dinamik dalam pengereman system yang diacu pada poros rem (kg/m).

t_{br} = waktu untuk pengereman (detik)

$$= \frac{2 n_t 60}{n_{cr}} \dots\dots\dots (5-13)$$

n_t = bagian dari satu putaran kran dimulai dari saat motor dimatikan sampai kran saat mekanisme terhenti sepenuhnya.

Untuk kran pelayanan sedang, $n_t < 1/18 \text{ put-20}^\circ$.⁶⁹

Diambil $n_t = 1/428,57$ putaran.

$$\text{Sehingga } t_{br} = \frac{2(1/428,57)60}{2,8} = 0,1 \text{ detik.}$$

$$M_{dyn} = \frac{1,15 \times 4,4924 \times 725}{375 \times 0,1} + (37500 + 56063,08 + 50255) \frac{\pi \times 2,8 \times 0,5}{30 \times 0,1 \times 258,9285714}$$

$$M'_{dyn} = 914,1917709 \text{ kg-m.}$$

Momen pengereman :

⁶⁹ Rudenko N, 1994, *Mesin Pengangkat*, Penerbit Erlangga, halaman 299.

$$M_{br} = M_{st} + M_{dyn} \dots\dots\dots(5-14)$$

$$= 974,5906456 \text{ kg-m.}$$

Pemeriksaan momen pengereman dengan memakai koefisien pengereman :

$$M_{br} = M_{st} \times \beta \dots\dots\dots(5-15)$$

$$= 120,7977495 \text{ kg-m.}$$

Selanjutnya untuk perhitungan pengereman M_{br} yang dipakai untuk perhitungan adalah yang memiliki nilai terbesar yaitu

$$M_{br} = 974,5906465 \text{ kg-m.}$$

Momen pengereman $M_{br} > 974,5906465$, direncanakan sebesar 980000 kg mm.

Pegas direncanakan 2 buah dengan ukuran yang sama. Bahan pegas tarik dari baja pegas (SUP 4) dengan kekuatan tarik 115 kg/mm^2 dan regangannya 90 kg/mm^2 .

Modulus geser (G) $8 \times 10^3 \text{ kg/mm}^2$. Skema rem seperti pada Gambar 2.14.

Diameter kawat pegas (d) direncanakan 2,00 mm.

Diameter lilitan pegas rata – rata (δ) 7,2 mm.

Jari – jari lilitan rata – rata (r) 3,6 mm.

Jumlah lilitan aktif (n) 12.

Jumlah seluruh lilitan (N) 14.

Diameter roda rem (D) direncanakan 250 mm^{70}

Rem direncanakan dari asbes yang dilapisi jalinan serat kuningan ⁷¹ dengan koefisien gesek pada permukaan kering (μ) = 0,45. Lebar lapisan rem (b) direncanakan 150 mm, dan panjang lapisan rem (L) = 290 mm.

Gaya dorong sepatu rem terhadap roda yang diperlukan (P) :

⁷⁰ Ibid hal. 177

⁷¹ Ibid hal. 144

$$P \geq [M_{br} / (D \times \mu)] \times 0,5 \quad \dots\dots\dots(5-16)$$

$$= 4355,555 \text{ kg.}$$

Tarikan pegas (K) :

$$K = 2 P_b/L \quad \dots\dots\dots(5-17)$$

$$= 2 \times 4355,555 \times 150 / 290$$

$$= 4505,746 \text{ kg.}$$

Panjang pegas pratarik (f) :

$$.f = \frac{64nr^3 K}{2\delta^4 G} /2 \quad \dots\dots\dots(5-18)$$

$$= \frac{64 \times 12 \times 3,6^3}{2 \times 2^4} \frac{4505,746}{8 \times 10^3} /2$$

$$= 630,66 \text{ mm.}$$

Perpanjangan tambahan total pegas ketika melepaskan rem (f1) :

$$.f1 = 2\varepsilon L/b \quad \dots\dots\dots(5-19)$$

dengan ε adalah kelonggaran maksimal antara rem dan roda = 2 mm.

$$.f1 = 7,73 \text{ mm.}$$

Panjang total pegas (L_{total}) :

$$L_{total} = 638,39 \text{ mm.}$$

Panjang ini mencukupi kebutuhan panjang dalam konstruksi yaitu sebesar 254 mm.

Gaya untuk meregangkan pegas yang diijinkan tidak boleh lebih dari (K_{max}) :

$$K_{max} = \frac{\pi\delta^3}{16r} \times \tau \quad \dots\dots\dots(5-20)$$

$$= \frac{\pi \times 7,2^3}{16 \times 3,6} \times 90 = 1832 \text{ kg.}$$

Untuk meregangkan pegas dirancangkan piston dengan diameter (d) = 25 mm.

Penampang piston (A) = 490,873 mm².

Tekanan piston (F_d) :

$$\begin{aligned} F_d &= K_{\max} / A \\ &= 3,732 \text{ kg/mm}^2. \end{aligned}$$

Waktu yang dibutuhkan piston untuk gerak maju sampai mekanisme rem bekerja dan terjadi pengereman = 0,1 dt.

Dengan panjang langkah piston (L) = 4 mm.

Kecepatan gerak piston (V_z) :

$$\begin{aligned} V_z &= 4/0,1 = 40 \text{ mm/dt} \\ &= 0,04 \text{ m/dt.} \end{aligned}$$

Debit aliran fluida (Q) :

$$\begin{aligned} Q &= A \times V_z \\ &= 19634,954 \text{ mm}^3/\text{dt.} \end{aligned}$$

Dengan memberikan efisiensi kerja piston (η) = 0,9, maka daya dorong piston (P):

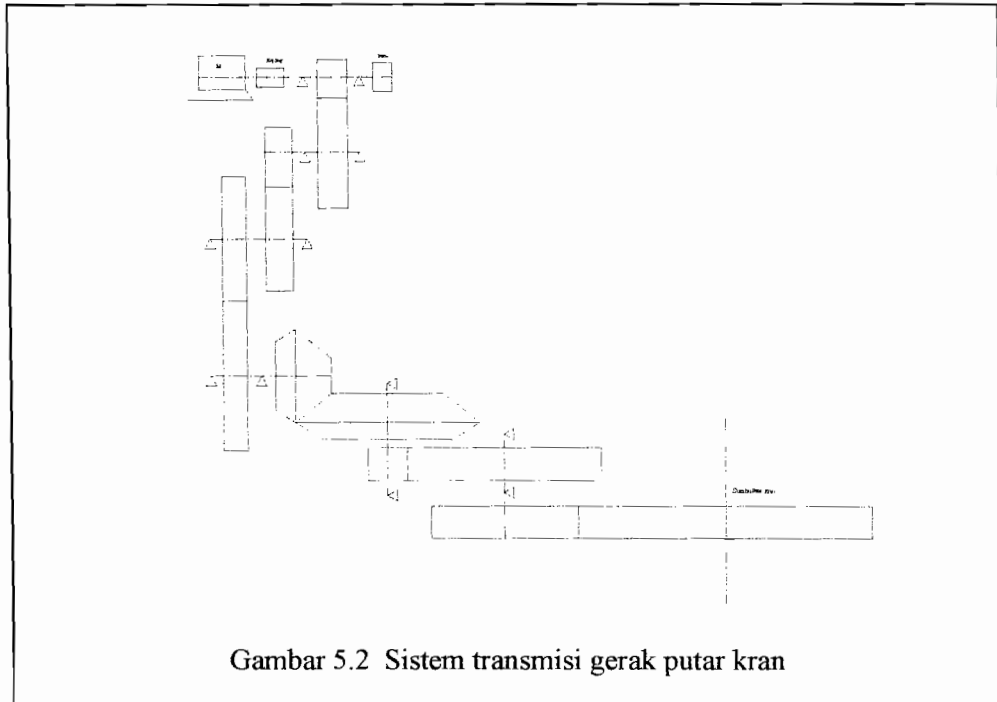
$$\begin{aligned} P &\geq F_d \times V_z \times \eta && \dots\dots\dots(5-21) \\ &\geq 134,352 \text{ W} \\ &\geq 0,134352 \text{ KW.} \end{aligned}$$

Piston rem digerakkan oleh minyak rem yang dioperasikan dengan pedal rem.

D. Perancangan Sistem Transmisi Gerak Putar Kran

Sistem transmisi untuk gerak putar kran ini dirancang untuk dapat memenuhi kebutuhan gerakan yang diperlukan. Adapun gerakan yang terjadi pada sistem ini adalah gerakan yang mampu memutar struktur kran baik dibebani maupun tidak. Struktur kran harus dapat berputar ke kanan ataupun ke kiri. Sumber gerak yang dipergunakan adalah dari motor listrik yang dikontrol dengan sistem kendali untuk gerak bolak balik.

Sistem transmisi ini berupa rangkaian dari beberapa roda gigi dengan komponen pendukungnya yang berada pada tempat yang disebut gear box. Prinsip kerjanya adalah dari motor listrik yang berputar memutar poros input yang dihubungkan dengan roda gigi dan roda gigi ini dirangkai dengan roda gigi lain untuk merubah putaran. Sistem rem dipasangkan pada poros input dengan alasan momen puntir yang direm kecil. Rem ini bertipe "*normally close*" yaitu jika transmisi tidak bekerja atau hubungan motor dengan transmisi diputus sementara oleh kopling maka secara otomatis rem akan menahan atau mengerem putaran transmisi. Demikian sebaliknya. Dengan demikian rem dan kopling dapat dikendalikan oleh satu kaki operator saja karena kerjanya yang bergantian.



Dalam perancangan ini menggunakan roda gigi lurus dan kerucut untuk mereduksi putaran.

Data – data yang diketahui sebelum perancangan adalah sebagai berikut :

Daya motor yang akan ditransmisikan (P) = 45 KW

Putaran poros input (n_1) = 725 rpm

Putaran poros output (n_2) = 2,8 rpm

Perbandingan reduksi (i) = $n_1/n_2 = 258,9285714$

Harga perbandingan reduksi ini cukup besar. Sehingga dilakukan tingkatan reduksi menjadi lima tingkat dengan (i_1) = 3,5228, (i_2) = 3,5, (i_3) = 2,

(i_4) = 3, (i_5) = 3,5 (f_c) = 1

Daya untuk perencanaan dapat diketahui dengan persamaan (P_d) :

$$P_d = f_c \times P \quad \dots\dots\dots(5-22)$$

$$= 1 \times 45$$

= 45 KW.

Untuk perhitungan roda gigi lurus sesuai dengan perhitungan pada gerak pengangkatan yang hasilnya diperlihatkan dalam Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Hasil perhitungan roda gigi gerak putar

	Reduksi 1	Reduksi 2	Reduksi 3	Reduksi 5
N1 (rpm)	725	205,8022028	58,80062937	9,800104895
i	3,5228	3,5	2	3,5
P (KW)	45	45	45	45
A (mm)	260	280	400	576
P _d (KW)	45	45	45	45
M	8	10	12	16
α°	20	20	20	20
Z ₁	14	12	24	16
Z ₂	49	42	48	56
Z ₂ /Z ₁	3,5	3,5	2	3,5
d _{o1} (mm)	112	120	288	256
d _{o2} (mm)	392	420	576	896
a (mm)	260	280	400	576
C _k	2	2,5	3	4
C _o	0	0	0	0
dk ₁ (mm)	128	140	312	288
dk ₂ (mm)	408	440	600	928
df ₁ (mm)	96	100	264	224
df ₂ (mm)	376	400	552	864
H (mm)	18	22,50	27	36
Y ₁	0,276	0,245	0,336	0,295
Y ₂	0,4078	0,3955	0,407	0,415
V (m/s)	4,252	1,293	0,887	0,13136
F _t (kg)	1079,588	3549,628	5176,5403	34941,64715
F _v	0,4137	0,6988	0,7719	0,9580
Bahan pinyon	S 25 C	SNC 21	SC 46	SNC 3
σ_{a1} (kg/mm ²)	21	35	19	60
H _{B1}	123-183	600 celup minyak	160	269-321
Bahan gigi besar	SC 42	SC 46	SC 42	SNC 22
σ_{a2} (kg/mm ²)	12	19	12	40
H _{B2}	140	160	140	600 celup minyak
F' _{b1} (kg)	19,1824	59,9221	48,8180	271,3196
F' _{b2} (kg)	16,1959	52,5113	45,2395	254,4580
F'H (kg)	15,4227	44,3505	44,4720	222,842
F _{min} (kg)	15,4227	44,3505	44,4720	222,842
B (mm)	70	80	116,4	156,8
B/m (6 – 10)	8,75	8	9,7	9,8
D/b > 1,5	1,6	1,54	2,47	1,632

Reduksi roda gigi tingkat 4 menggunakan roda gigi kerucut lurus.

Daya rencana (P_d)	= 45 KW
Putaran input (n_1)	= 29,40031468 rpm
Sudut poros (Σ)	= 90 °
Sisi kerucut (R)	= 300 mm
Perbandingan putaran (i_4) direncanakan	= 3
Modul (m)	= 16
Putaran output (n_2)	= 9,800104895 rpm

Besar sudut kerucut jarak bagi (δ):

$$\delta_1 = \tan^{-1} \left(\frac{1}{i} \right) (^\circ) \dots\dots\dots(5-23)$$

$$= 18,43^\circ$$

$$\delta_2 = (90 - \delta_1) \dots\dots\dots(5-24)$$

$$= 71,57^\circ$$

Diameter lingkaran jarak bagi luar (d):

$$d_1 = 2 \times R \times \sin \delta_1 \text{ (mm)} \dots\dots\dots(5-25)$$

$$= 189,74 \text{ mm}$$

$$d_2 = 2 \times R \times \sin \delta_2 \text{ (mm)} \dots\dots\dots(5-26)$$

$$= 569,21 \text{ mm}$$

Jumlah gigi roda gigi dan hasil perbandingan roda gigi

Gigi 1;

$$Z_1 = \frac{d_1}{m} \dots\dots\dots(5-27)$$

$$= 11,86 \text{ gigi}$$

Jumlah gigi 2;

$$Z_2 = \frac{d_2}{m} \dots\dots\dots(5-28)$$

$$= 35,58 \text{ gigi}$$

Perbandingan roda gigi

$$\frac{Z_2}{Z_1} = 3$$

Diambil $Z_1 = 16$ gigi, $Z_2 = 48$ gigi.

$$d_1 = 256 \text{ mm}$$

$$d_2 = 768 \text{ mm}$$

Kecepatan keliling (v):

$$v = \frac{3,14 \times d_1 \times n_1}{60 \times 1000} \dots\dots\dots(5-29)$$

$$= 0,39 \text{ m/dt}$$

Gaya tangensial (F_t):

$$F_t = \frac{102 \times P_d}{v} \dots\dots\dots(5-30)$$

$$= 11807,993200 \text{ kg}$$

Gaya aksial yang terjadi (F_x):

$$F_x = F_t \times \tan \alpha \times \sin \delta_1 \dots\dots\dots(5-31)$$

$$= 1358,718 \text{ kgf}$$

Gaya radial yang terjadi (F_r):

$$F_r = F_t \times \tan \alpha \dots\dots\dots(5-32)$$

$$= 4297,758 \text{ kgf}$$

$$\begin{aligned} \text{Kelonggaran puncak } (C_k) &= 0,188 \text{ x m} \\ &= 3.008 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Kelonggaran sisi } (C_o) = 0$$

Faktor perubahan kepala

$$x_1 = 0,46 \left[1 - \left(\frac{Z_1}{Z_2} \right)^2 \right] \dots\dots\dots(5-33)$$

$$= 0,409$$

$$x_2 = -x_1$$

$$= -0,409$$

Tinggi kepala (h_k):

$$h_{k1} = (1 + x_1) \text{ x m} \dots\dots\dots(5-34)$$

$$= 22,544 \text{ mm}$$

$$h_{k2} = (1 - x_1) \text{ x m} \dots\dots\dots(5-35)$$

$$= 9,458 \text{ mm}$$

Tinggi kaki (h_f):

$$h_{f1} = (1 - x_1) \text{ x m} + C_k \dots\dots\dots(5-36)$$

$$= 12,466 \text{ mm}$$

$$h_{f2} = (1 + x_1) \text{ x m} + C_k \dots\dots\dots(5-37)$$

$$= 25,552 \text{ mm}$$

Kedalaman gigi penuh (H):

$$H = 2 \text{ x m} + C_k \dots\dots\dots(5-38)$$

$$= 35,008 \text{ mm}$$

Sudut kepala (θ_k):

$$\theta_{k1} = \tan^{-1} \left(\frac{hk1}{R} \right) \dots\dots\dots(5-39)$$

$$= 4,297^\circ$$

$$\theta_{k2} = \tan^{-1} \left(\frac{hk2}{R} \right) \dots\dots\dots(5-40)$$

$$= 1,806^\circ$$

Sudut kaki (θ_f):

$$\theta_{f1} = \tan^{-1} \left(\frac{hf1}{R} \right) \dots\dots\dots(5-41)$$

$$= 2,379^\circ$$

$$\theta_{f2} = \tan^{-1} \left(\frac{hf2}{R} \right) \dots\dots\dots(5-42)$$

$$= 4,868^\circ$$

Sudut kerucut kepala (δ_k):

$$\delta_{k1} = \delta_1 + \theta_{k1} \dots\dots\dots(5-43)$$

$$= 22,732^\circ$$

$$\delta_{k2} = \delta_2 + \theta_{k2} \dots\dots\dots(5-44)$$

$$= 73,371^\circ$$

Sudut kerucut kaki (δ_f):

$$\delta_{f1} = \delta_1 - \theta_{f1} \dots\dots\dots(5-45)$$

$$= 16,056^\circ$$

$$\delta_{f2} = \delta_2 - \theta_{f2} \dots\dots\dots(5-46)$$

$$= 66,697^\circ$$

Diameter lingkaran kepala (d_k):

$$d_{k1} = d_1 + 2 \times h_{k1} \times \cos \delta_1 \quad \dots\dots\dots(5-47)$$

$$= 298,771 \text{ mm}$$

$$d_{k2} = d_2 + 2 \times h_{k2} \times \cos \delta_2 \quad \dots\dots\dots(5-48)$$

$$= 765,307 \text{ mm}$$

Jarak dari puncak ke puncak gigi luar (X):

$$X1 = \left(\frac{d2}{2} \right) - h_{k1} \times \sin \delta_1 \quad \dots\dots\dots(5-49)$$

$$= 376,872 \text{ mm}$$

$$X2 = \left(\frac{d1}{2} \right) - h_{k2} \times \sin \delta_2 \quad \dots\dots\dots(5-50)$$

$$= 118,639 \text{ mm}$$

Tebal lingkaran gigi

$$S_1 = (0,5 \times 3,14 + 2 \times X1 \times \tan \alpha) \times m \quad \dots\dots\dots(5-51)$$

$$= 29,895 \text{ mm} \quad S_2 = 20,370 \text{ mm}$$

Bahan roda gigi

Roda gigi Pinyon = SNCM 8

Tegangan lentur yang diijinkan (σ_{a1}) = 90 (kg/mm^2)

Perlakuan panas = pendinginan dengan minyak

(HRC1) = 352 (HB1) = 293

Roda gigi besar = SNCM 8

Tegangan lentur ijin (σ_{a2}) = 90 (kg/mm^2)

Perlakuan panas = pendinginan dengan minyak

(HRC2) = 352 (HB2) = 293

$$\text{Faktor dinamis } (f_v) = \frac{3}{3+v} = 0,88$$

$$\text{Faktor beban lebih } (k_o) = 1,25$$

$$\text{Faktor pembagian beban } (k_m) = 1,1$$

$$\text{Faktor ukuran } (K_s) = 0,893$$

$$\text{Faktor geometri } (J_1) = 0,23 \quad (J_2) = 0,3$$

Beban lentur yang diijinkan persatuan lebar penampang rata- rata

$$F'_{b1} = \sigma_{a1} \left(\frac{m \times J_1 \times k_v}{k_o \times k_s \times k_m} \right) \dots\dots\dots(5-52)$$

$$= 222,311 \text{ kg/mm}$$

$$F'_{b2} = \sigma_{b2} \left(\frac{m \times J_2 \times k_v}{k_o \times k_s \times k_m} \right) \dots\dots\dots(5-53)$$

$$= 299,101 \text{ kg/mm}$$

Harga terkecil di antara tegangan kontak

$$(\sigma_c) = 189 \text{ (kg/mm}^2\text{)}$$

$$\text{Koefisien elastis } (C_p^2) = 4212,01 \text{ (kg/mm}^2\text{)}$$

$$\text{Faktor dinamis } (C_v) = 0,85$$

$$\text{Faktor beban lebih } (C_o) = 1,25$$

$$\text{Faktor distribusi beban } (C_m) = 1,1$$

$$\text{Faktor geometri } (I) = 0,07$$

$$\text{Faktor kondisi permukaan } (C_f) = 1$$

Beban permukaan yang diijinkan persatuan lebar pada penampang rata-rata

$$F^3H = \sigma_c^2 \frac{d1xCvxI}{Cp^2xCoxCmx Cf} \dots\dots\dots(5-54)$$

$$= 93,95 \text{ (kg/mm)}$$

Beban terkecil adalah (F_{\min}):

$$= 93,95 \text{ kg/mm}$$

$$\text{Lebar gigi (b)} = \frac{F_t}{F_{\min}}$$

$$= 125,686 \text{ mm}$$

$$\text{Dicek harga } \left(\frac{b}{m} < 10\right)$$

$$= 7,86$$

E. Perancangan Kopling Plat Gesek

Sistem kopling yang dipergunakan adalah jenis kopling plat yang dipasang pada poros input setelah motor dengan tujuan untuk melepas putaran motor terhadap transmisi saat putaran direm.

$$\text{Daya yang ditransmisikan } (P_{\text{kopling}}) = 441,29925 \text{ KN} = 45 \text{ KW.}$$

$$\text{Putaran input } (n_{\text{input}}) = 725 \text{ rpm}$$

Material bidang gesek yang digunakan adalah Metal fibre hidrolik.

Koefisien gesek (μ) adalah 0,3

$$P_{\text{ijinkan}} = 0,05 - 7,848 \text{ N/mm}^2.$$

$$q_v = 167,6 \text{ mm}^3/\text{kwh}$$

Momen puntir yang terjadi (T_{kopling}):

$$T = 974 \times P_{\text{kopling}} / n_{\text{input}} \dots\dots\dots(5-55)$$

$$T_{\text{kopling}} = 592,86 \text{ N mm}$$

Momen gesek pada kopling ($T_{2 \text{ kopling}}$):

$$T_{2 \text{ kopling}} = C \times T_{\text{kopling}} \dots\dots\dots(5-56)$$

C = harga koefisien gesek, ditentukan 3

$$\begin{aligned} T_{2 \text{ kopling}} &= 3 \times 592,86 \\ &= 1,778588 \text{ kN.mm} \end{aligned}$$

Diameter rata – rata kopling (d_{kopling}):

$$d_{\text{kopling}} = \sqrt[3]{\frac{2 \times T_{2 \text{ kopling}}}{K_u \times b / d \times J}} \dots\dots\dots(5-57)$$

dengan;

K_u = faktor beban, ditentukan 0,4905 N/mm²

b/d = perbandingan lebar dengan diameter rata – rata kopling 0,8

J = Jumlah bidang gesek, ditentukan 2

$$\begin{aligned} d_{\text{kopling}} &= \sqrt[3]{\frac{2 \times T_{2 \text{ kopling}}}{K_u \times b / d \times J}} \\ &= 22,949 \text{ mm.} \\ &= 0,022949 \text{ m} \end{aligned}$$

Lebar kopling (b_{kopling}):

$$\begin{aligned} b_{\text{kopling}} &= 0,8 \times d_{\text{kopling}} \dots\dots\dots(5-58) \\ &= 18,3592 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Kerja yang terjadi akibat gesekan (F_k):

$$F_k = \frac{1}{2} \times T_{2 \text{ kopling}} \times \frac{\pi d n}{60} \times t_{\text{kopling}} \dots\dots\dots(5-59)$$

Dengan;

$$t_{\text{kopling}} = \text{waktu saat bergesakan} = 0,5 \text{ dt.}$$

$$F_k = \frac{1}{2} \times T_{2 \text{ kopling}} \times \frac{\pi d n}{60} \times t_{\text{kopling}}$$

$$= 0,4593 \text{ KW.}$$

Daya gesek yang dibutuhkan (N_R):

$$N_R = (F_k \times Z_{\text{kopling}}) / 3600 \dots\dots\dots(5-60)$$

Dengan;

$$Z_{\text{kopling}} = \text{jumlah penekanan, ditentukan } 25$$

$$N_R = 0,00319 \text{ KW.}$$

Luas bidang gesek total (V_v):

$$V_v = \pi \times d_{\text{kopling}} \times b_{\text{kopling}} \times J_{\text{kopling}} \dots\dots\dots(5-61)$$

$$= 2647,264814 \text{ mm}^2.$$

Tebal plat gesek yang boleh aus (s_v) = 2,5 mm.

Maka volume yang boleh aus (V_{sv}):

$$V_{sv} = V_v \times s_v \dots\dots\dots(5-62)$$

$$= 6618,162 \text{ mm}^3.$$

Umur rata – rata kopling (L_b):

$$L_b = \frac{V_{sv}}{qv \times N_R} \dots\dots\dots(5-63)$$

$$L_b = 12378,63332 \text{ jam.}$$

F. Perencanaan Poros Transmisi dan Bantalan untuk Pemutar Kran

Perhitungan seperti dalam perancangan poros gerak angkat dan hasilnya diperlihatkan dalam Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Hasil perhitungan poros transmisi dan bantalan untuk pemutar kran

Dimensi	Poros 1	Poros 2	Poros 3	Poros 4	Satuan
Beban 1 (W_1)	1216,092	3774,10	5485,03	5603,42	Kg
Beban 2 (W_2)	1146,461	1175,69	3811,51	12554,33	Kg
Beban 3 (W_3)	775,8462	-	-	-	Kg
Beban total (W_{Total})	-	-	1673,52	-	Kg
Reaksi tumpuan A (RA)	4050,73	3893,36	2647,48	10334,31	Kg (V)
	0	0	0	0	Kg (H)
Reaksi tumpuan B (RB)	1621,29	1294,95	973,96	17285,22	Kg (V)
	0	0	0	1358,72	Kg (H)
Momen di titik A (M_A)	42563,23	264187	0	0	Kg.mm
Momen di titik B (M_B)	124911,24	0	0	1265476	Kg.mm
Momen di titik C (M_C)	0	0	222388,32	868081,8	Kg.mm
Momen di titik D (M_D)	150638,79	103596	68177,2	0	Kg.mm
Momen di titik E (M_E)	0	-	-	-	Kg.mm
Momen puntir (T)	60455,17	212973,76	745408,16	1490816,	Kg.mm
Diameter poros (d_s)	50	55	82	100	Mm
Defleksi puntiran (θ)	0,0986	0,234	0,241	0,252	°
Defleksi lenturan (y)	0,0154	0,00536	0,0119	0,0077	Mm
Bahan poros	S35C	S35C	S30C	SNC 22	
Kekuatan tarik (σ_B)	52	52	52	100	Kg/mm ²
Tegangan geser (τ_a)	8,67	17,33	17,33	33,33	Kg/mm ²
Tek. Permkn. Ijin bahan (\bar{P})	8	8	10	10	Kg/mm ²
Dia. Dalam spline/pasak (d_1)	-	52	82	102	Mm
Diameter luar spline (d_2)	-	58	88	108	Mm
Lebar profil spline (b)	-	10	12	16	Mm
Banyaknya profil spline (i)	-	8	10	10	
Tebal pasak (h)	14 x 6	-	-	-	Mm
Dia. rata – rata poros (d_m)	50	-	-	-	Mm
Pnjg. spline/pasak beban I	18,3592	80	116,4	116,4	Mm

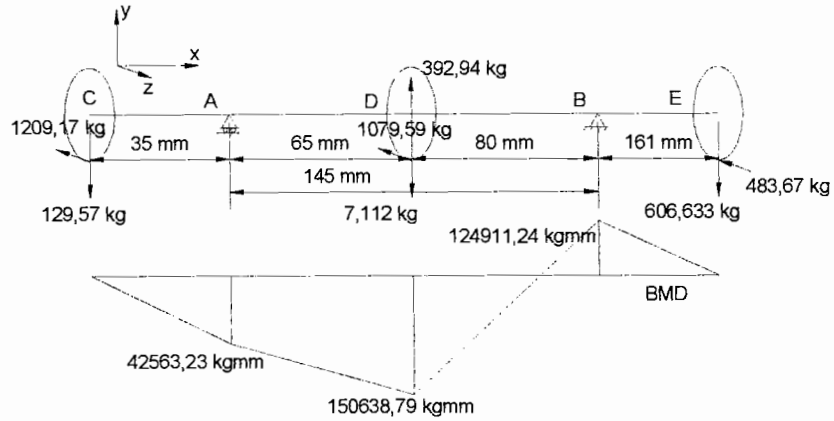
Pnjg. Spline/pasak beban 2	70	70	80	150	Mm
Putaran poros (n)	725	205,8	58,8	29,4	Rpm
Diameter dalam bantalan (d_B)	70, 50	55	80	100	Mm
Dia. luar bantalan (D_B)	150	120	125	180	Mm
	110	90	125	215	
Kap. Nom. Beban dyn. (C)	270	180	116	290	KN
	143	69,5	116	530	
Kap. Nom. Beban static (C_o)	245	163	116	275	KN
	129	54	116	510	
Faktor beban dyn (X)	1	1	1	1	
	1	1	1	1	
Faktor beban static (Y)	0	0	0	0	
	0	0	0	0,73	
Umur nom. bantalan (L_h)	7211,168	8477,166	25255,2	13269,5	Jam
	16708,61	13261,79	507254	14642,38	
Nomor bantalan (FAG)	32314A	32311A	32016x.PS	32220A	
	32310B	32011x.PS	32016x.PS	32320A	

Dimensi		Poros 5	Poros 6	Satuan
Beban 1 (W_1)		81	841,336	Kg
		37184,1	37184,127	
Beban 2 (W_2)		1661,53	77,5	Kg
		12565,8	27764,397	
Beban total (W_{Total})		1742,53	918,836	Kg
		49749,9	64948,5	
Reaksi tumpuan A (R_A)		81	77,5	Kg (V)
		22282,63	27406,39	Kg (H)
Reaksi tumpuan B (R_B)		1661,53	841,336	Kg (V)
		2335,67	36826,12	Kg (H)
Momen di titik A (M_A)		0	4164659,55	Kg.mm
Momen di titik B (M_B)		0	0	Kg.mm
Momen di titik C (M_C)		2544676,7	0	Kg.mm
Momen di titik D (M_D)		258792,236	4205542,90	Kg.mm
Momen puntir (T)		4472448,9	15653571,4	Kg.mm
Diameter poros (d_s)		145	195	Mm

Defleksi puntiran (θ)	0,269	0,276	°
Defleksi lenturan (y)	0,00718	0,00618	Mm
Bahan poros	SNCM 25	S45C	
Kekuatan tarik (σ_B)	110	58	Kg/mm ²
Tegangan geser (τ_a)	36,67	25,778	Kg/mm ²
Tek. Permkn. Ijin bahan (\bar{P})	10	10	Kg/mm ²
Dia. dalam spline/pasak (d_1)	-	-	Mm
Diameter luar spline (d_2)	-	-	Mm
Lebar profil spline (b)	-	-	Mm
Banyaknya profil spline (i)	-	-	
Tebal pasak (h)	36 x 20	40 x 22	Mm
Dia. rata – rata poros (d_m)	-	-	Mm
Pnjg. spline/pasak beban 1 (L_1)	156,8	156,8	Mm
Pnjg. Spline/pasak beban 2 (L_2)	150	156,8	Mm
Putaran poros (n)	9,8	2,8	Rpm
Diameter dalam bantalan (d_B)	140	190	Mm
Dia. luar bantalan (D_B)	300	260	Mm
	210	290	
Kap. nom. Beban dyn. (C)	610	325	KN
	300	550	
Kap. nom. Beban static (C_o)	550	405	KN
	325	520	
Faktor beban dyn (X)	1,4	0,7	
	1,3	0,7	
Faktor beban static (Y)	0,7	1,3	
	0,7	1,4	
Umur nom. bantalan (L_h)	13395,73	30176,6	Jam
	656772,8	53556,04	
Nomor bantalan (FAG)	32228A	32938	
	32228X	32038X	

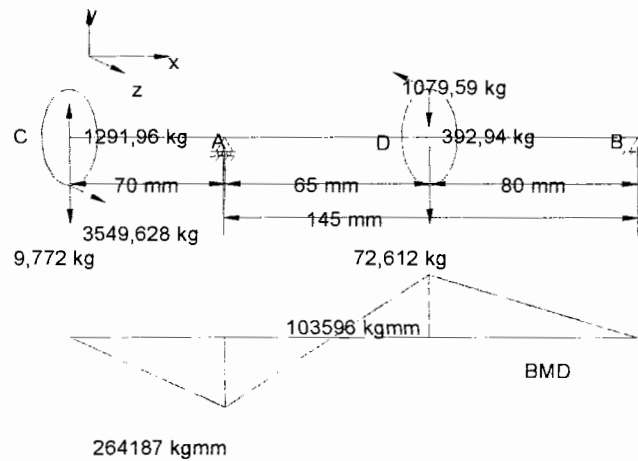
G. Skema Pembebanan Poros pada Gerak Putar

Poros 1



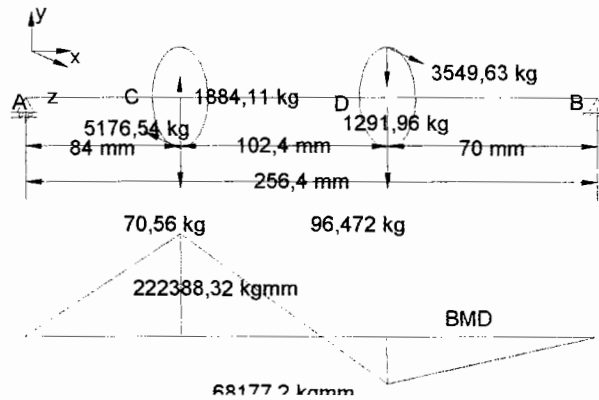
Gambar 5.3 Skema pembebanan poros 1 gerak putar

Poros 2



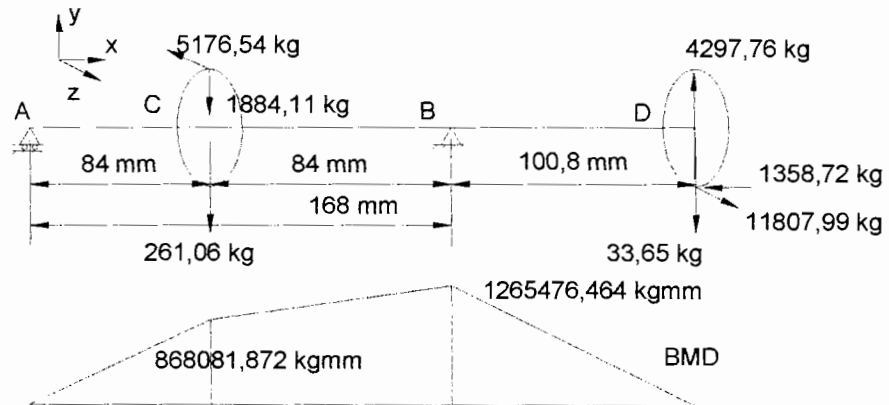
Gambar 5.4 Skema pembebanan poros 2 gerak putar

Poros 3



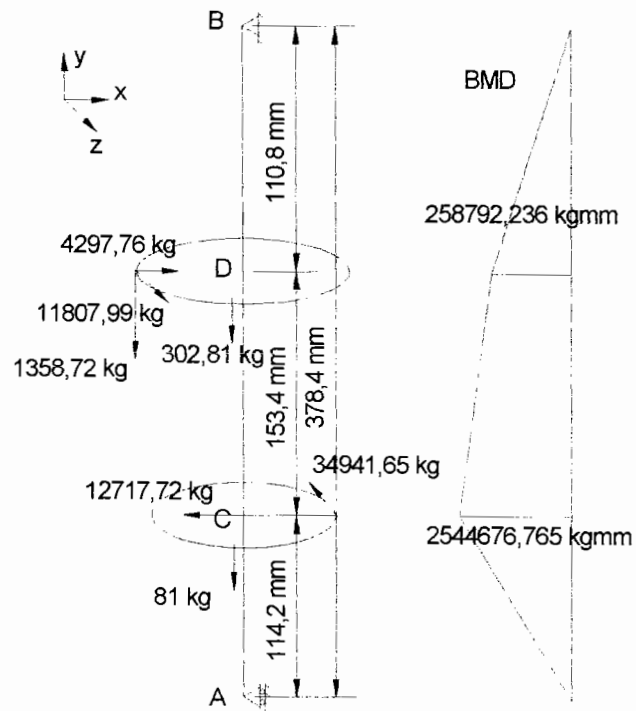
Gambar 5.5 Skema pembebanan poros 3 gerak putar

Poros 4



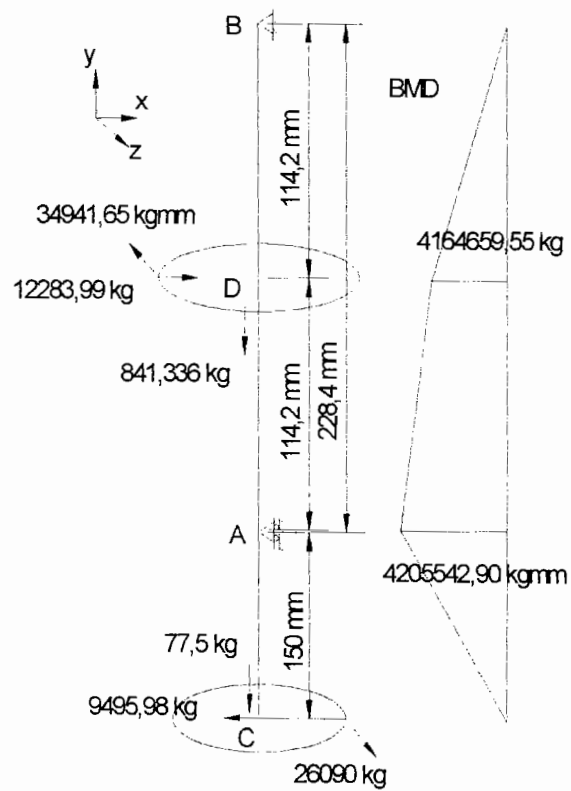
Gambar 5.6 Skema pembebanan poros 4 gerak putar

Poros 5



Gambar 5.7 Skema pembebanan poros 5 gerak putar

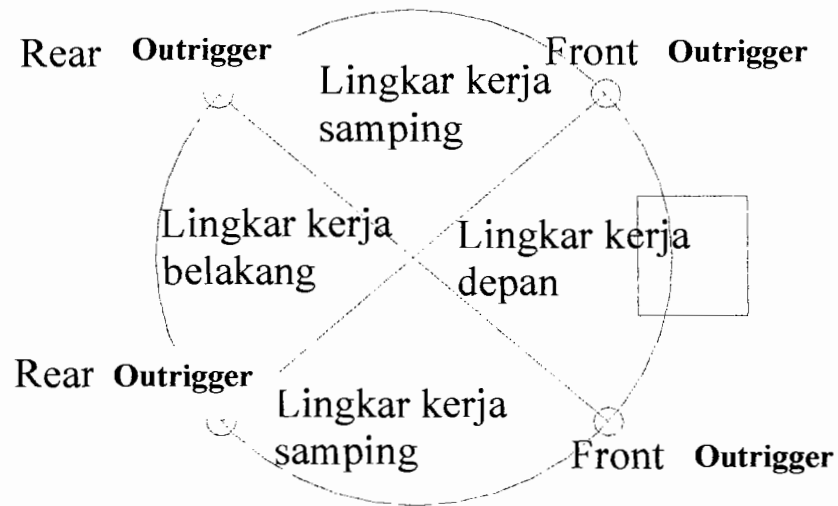
Poros 6



Gambar 5.8 Skema pembebanan poros 6 gerak putar

BAB VI
STABILITAS KRAN TELESKOPIK

Kran teleskopik ini didukung oleh *outrigger* yang menjaga kestabilan gerakan kran. Pada keadaan gerakan apapun yang terjadi pada kran, kran harus dalam keadaan stabil. Adapun kerja kran yang stabil itu adalah berada di dalam lingkaran daerah kerja kran seperti terlihat pada Gambar 6.1.



Gambar 6.1. Lingkaran daerah kerja kran

Kran direncanakan untuk keperluan di daratan dan bukan di daerah pantai. Kecepatan angin yang diperbolehkan untuk operasi kran ini di bawah 165 mi/h. tinggi angkat kran pada ketinggian maksimum adalah (h) = 23,80 m.

Velocity (q) ⁷²

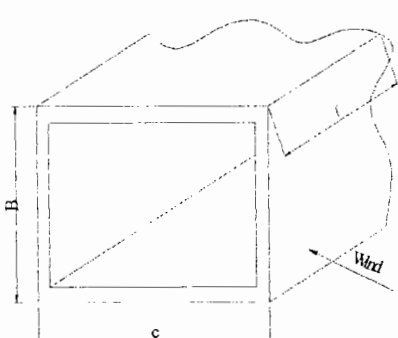
$$q = \frac{v^2}{400} \dots\dots\dots(6-1)$$

$$= \frac{165^2}{400} = 68,06 \text{ lb/ft}^2 \text{ atau } 332,5 \text{ kg/m}^2.$$

⁷² Shapiro H., PE, Mo Grow. Hil, inc, 1980, *Crane & Derricks*, halaman 114.

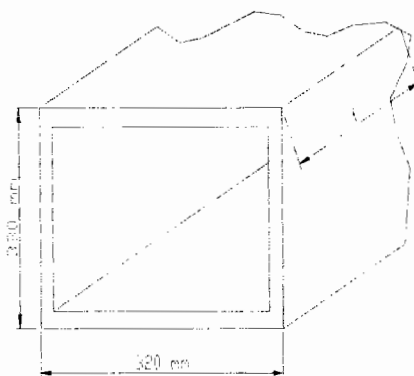
Koefisien tekanan angin terhadap permukaan beban diperoleh dari Tabel 6.1.

Tabel : 6.1 Koefisien tekanan angin
 Sumber : Shapiro H., PE, Mo Grow. Hil, inc., *Crane & Derricks*,
 hal. 118



	f/b	Cf
B/c ≥ 2	40	2.20
	30	2.10
	20	1.95
	10	1.75
	5	1.55
B/c = 1	40	1.90
	30	1.85
	20	1.75
	10	1.55
	5	1.40
B/c = 1/2	40	1.40
	30	1.35
	20	1.30
	10	1.20
	5	1.00
B/c = 1/4	40	1.00
	30	1.00
	20	0.90
	10	0.90
	5	0.80

diperoleh C_f :



$$\frac{b}{c} = \frac{380}{320} = 1,1875 \approx 1$$

$$\frac{f}{b} = \frac{24150}{380} = 63,553 \approx 64$$

Maka, $C_f \approx 2,20$; $\frac{b}{c} = 1$

Gambar : 6.2 Penampang batang teleskopik

Luasan bidang yang menerima aksi dari angin (A)

$$A = 24150 \times 380 = 9,177 \text{ m}^2 = 9177000 \text{ mm}^2$$

Gaya angin (F)⁷³

$$F = q \times A \times C_f \text{ (kg)} \dots\dots\dots(6-2)$$

⁷³ Ibid, hal. 117

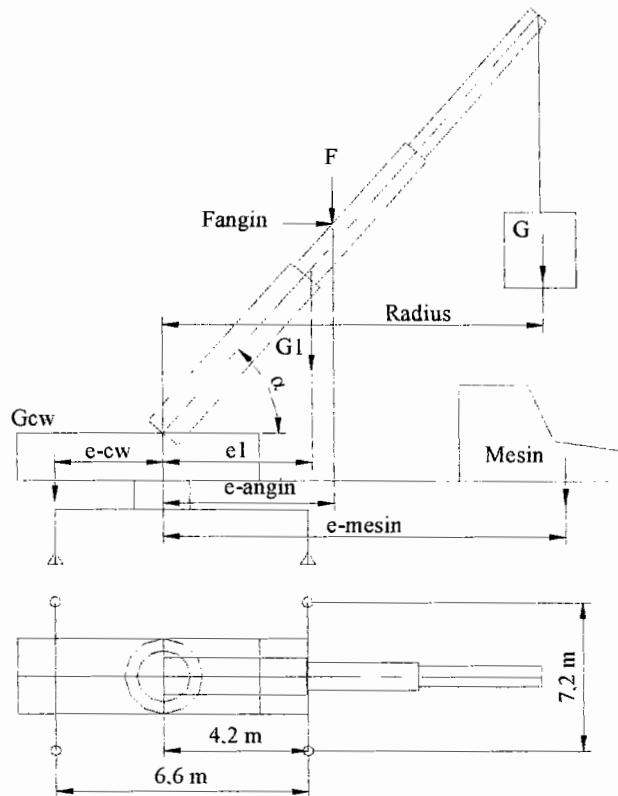
$$= 332,5 \times 9,177 \times 2,20$$

$$= 6712,9755 \text{ kg}$$

Untuk tiap meternya $F = 0,28 \text{ kg/m}^2$.

Pada analisa kestabilan kerja kran ini dianalisa pada beban penuh dimana terdapat beban angkat (G), beban angin (F), beban batang kran (G_1), beban pengimbang (G_{cw}), beban mesin mobil ($Mesin$). Juga analisa pada saat kran rawan terjungkir yaitu saat memanjangkan batang kran pada posisi belum dibebani dengan sudut pengangkatan nol derajat.

A. Kestabilan Kran Pada Lingkaran Daerah Kerja Depan



Gambar : 6.3 Skema stabilitas kran pada lingkaran daerah kerja depan

Gaya angin (F):

$$F = \tan \alpha \times F_{\text{angin}} \text{ (kg)} \dots\dots\dots(6-3)$$

Resultan gaya untuk kran dengan beban angin (V)⁷⁴

$$V = G + F + G_1 + G_{cw} + \text{Mesin} \quad \dots\dots\dots(6-4)$$

dengan; G_1 = bobot total lengan teleskopik = 3503,94248 kg.

G_{cw} = bobot pengimbang yang merupakan bobot dari mesin pengangkut dan pengangkat itu sendiri (diluar bobot truk)
= 3500 kg.

Mesin = bobot mesin mobil = 1450 kg.

Keseimbangan kran tanpa beban (e):⁷⁵

$$e = \frac{(F \times e_{\text{angin}}) + (G_1 \times e_1) + (\text{Mesin} \times e_{\text{mesin}}) - (G_{cw} \times e_{cw})}{V} \quad (6-5)$$

Pemeriksaan keamanan keseimbangan

$e < e_r$ dengan; e_r = jarak *outrigger* depan ke pusat putaran = 4,2 m

Tabel 6.2 Hasil perhitungan stabilitas kran daerah lingkaran kerja depan

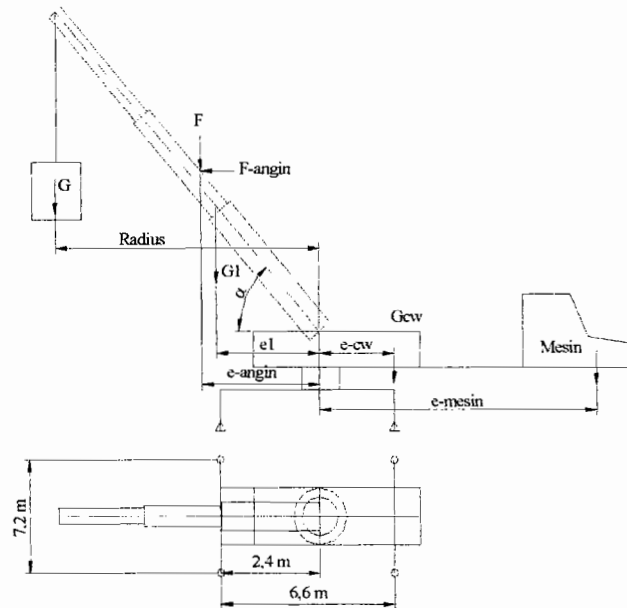
Gerak angkat							
Stabilitas kran dengan panjang boom 9 m							
Radius m	G kg	α °	F	e-1	e-angin	V	e
3	5000	70,5	18988,45	1,00	1,0	32542,39	1,33
3,3	5000	68,5	17041,88	1,10	1,1	30595,82	1,47
3,5	4900	67,1	15891,84	1,17	1,2	29345,78	1,55
4,2	4250	62,2	12732,29	1,40	1,4	25536,23	1,82
4,5	3850	60,0	11627,21	1,50	1,5	24031,16	1,91
5	3350	56,3	10065,68	1,67	1,7	21969,62	2,06
6	2650	48,2	07508,05	2,00	2,0	18712,00	2,34
7	2150	38,9	05416,69	2,33	2,3	16120,63	2,58
8	1750	27,3	03464,83	2,67	2,7	13768,77	2,79
Stabilitas kran dengan panjang boom 16 m							
Radius m	G kg	α °	F	e-1	e-angin	V	e
4,2	3500	74,8	24707,85	1,40	1,4	36761,80	1,63
4,5	3300	73,7	22956,59	1,50	1,5	34810,53	1,73
5	3000	71,8	20417,63	1,67	1,7	31971,57	1,90
6	2500	67,9	16532,07	2,00	2,0	27586,01	2,21
7	2150	64,1	13824,83	2,33	2,3	24528,77	2,50
8	1800	60,0	11627,21	2,67	2,7	21981,16	2,75

⁷⁴ Rudenko N., 1994, *Mesin Pengangkat*, Penerbit Erlangga, halaman 343.

⁷⁵ Ibid, hal. 344

Stabilitas kran dengan panjang boom 16 m							
Radius m	G kg	α °	F	e-1	e-angin	V	e
10	1200	51,3	08379,16	3,33	3,3	20905,34	2,87
12	900	41,4	05918,28	4,00	4,0	18133,11	3,17
14	650	28,9	03705,76	4,67	4,7	15372,23	3,53
15,5	550	14,4	01723,60	5,17	5,2	12909,70	3,76
Stabilitas kran dengan panjang boom 24,15 m							
Radius m	G kg	α °	F	e-1	e-angin	V	e
3	750	75,0	25053,17	1,00	1,0	34357,11	1,07
3,3	750	70,0	18443,75	1,10	1,1	27747,69	1,17
3,5	650	65,0	14396,02	1,17	1,2	23599,96	1,23
4,2	600	60,0	11627,21	1,40	1,4	20781,16	1,42
4,5	550	55,0	09587,12	1,50	1,5	18691,07	1,49
5	475	50,0	08000,21	1,67	1,7	17029,16	1,61
6	425	45,0	06712,98	2,00	2,0	15691,92	1,83
7	375	40,0	05632,86	2,33	2,3	14561,80	2,04
8	275	30,0	03875,74	2,67	2,7	12704,68	2,18
8,5	225	20,0	02443,32	2,83	2,8	11222,27	2,19
10	200	10,0	01183,68	3,33	3,3	9937,62	2,36
12	200	00,0	00000,00	4,00	4,0	8753,94	2,54
Panjang penuh tanpa beban							
24,15	0	0	0	8,05	8,1	8553,94	3,98
Gerakan putar							
Stabilitas kran dengan panjang boom 9 m							
Radius m	G kg	α °	F	e-1	e-angin	V	e
3	2300	70,5	18988,45	1,00	1,0	29842,39	1,18
3,3	2100	68,5	17041,88	1,10	1,1	27695,82	1,28
3,5	1900	67,1	15891,84	1,17	1,2	26345,78	1,33
4,2	1600	62,2	12732,29	1,40	1,4	22886,23	1,54
4,5	1400	60,0	11627,21	1,50	1,5	21581,16	1,61
5	1250	56,3	10065,68	1,67	1,7	19869,62	1,74
6	950	48,2	07508,05	2,00	2,0	17012,00	1,97
7	750	38,9	05416,69	2,33	2,3	14720,63	2,16
8	550	27,3	03464,83	2,67	2,7	12568,77	2,29
8,5	500	19,1	02336,39	2,83	2,8	11390,33	2,34
Stabilitas kran dengan panjang boom 16 m							
Radius m	G kg	α °	F	e-1	e-angin	V	e
3	2300	79,2	35157,31	1,00	1,0	46011,25	1,12
3,3	2100	78,1	31855,35	1,10	1,1	42509,29	1,21
3,5	1900	77,4	29933,95	1,17	1,2	40387,89	1,27
4,2	1600	74,8	24707,85	1,40	1,4	34861,80	1,49
4,5	1400	73,7	22956,59	1,50	1,5	32910,53	1,57
5	1250	71,8	20417,63	1,67	1,7	30221,57	1,72
6	800	67,9	16532,07	2,00	2,0	25886,01	1,96
7	750	64,1	13824,83	2,33	2,3	23128,77	2,23
8	550	60,0	11627,21	2,67	2,7	20731,16	2,44
8,5	500	57,9	10701,40	2,83	2,8	19755,34	2,55
10	375	51,3	08379,16	3,33	3,3	17308,11	2,84
12	225	41,4	05918,28	4,00	4,0	14697,23	3,14

B. Kestabilan Kran Pada Lingkaran Daerah Kerja Belakang



Gambar : 6.4 Skema stabilitas kran pada lingkaran daerah kerja belakang

Resultante gaya untuk kran dengan beratnya sendiri V^{76}

$$V = G + F + G_1 + G_{cw} + \text{Mesin} \dots\dots\dots(6-6)$$

Keseimbangan krannya e^{77}

$$e = \frac{(F \times e_{\text{angin}}) + (G_1 \times e_1) - (\text{Mesin} \times e_{\text{mesin}}) - (G_{cw} \times e_{cw})}{V} \quad (6-7)$$

Pemeriksaan keamanan keseimbangan

$$e < e_r$$

dengan; e_r = jarak *outrigger* belakang ke pusat putaran = 2,4 m.

Tabel 6.3 Hasil perhitungan stabilitas kran daerah lingkaran kerja belakang

Gerak angkat							
Stabilitas kran dengan panjang boom 9 m							
Radius m	G kg	α °	F	e-1	e-angin	V	e
3	5000	70,5	18988,45	1,00	1,0	32542,39	0,76
3,3	5000	68,5	17041,88	1,10	1,1	30595,82	0,86
3,5	4900	67,1	15891,84	1,17	1,2	29345,78	0,92
4,2	4250	62,2	12732,29	1,40	1,4	25536,23	1,09

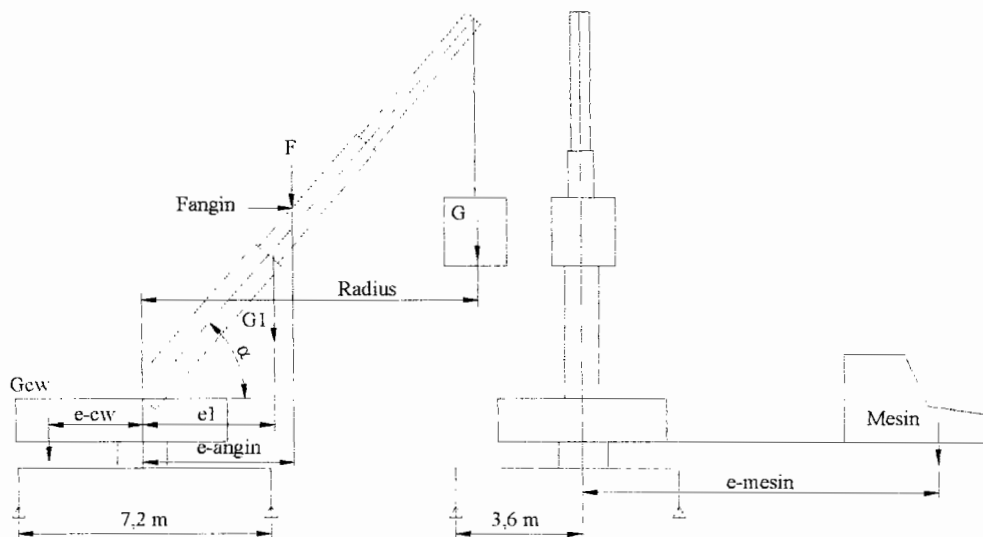
⁷⁶ Ibid, hal. 343

⁷⁷ Ibid, hal. 344

Gerak angkat							
Stabilitas kran dengan panjang boom 9 m							
Radius m	G kg	α °	F	e-1	e-angin	V	e
5	3350	56,3	10065,68	1,67	1,7	24031,16	1,13
6	2650	48,2	07508,05	2,00	2,0	21969,62	1,21
7	2150	38,9	05416,69	2,33	2,3	18712,00	1,34
8	1750	27,3	03464,83	2,67	2,7	16120,63	1,43
Stabilitas kran dengan panjang boom 16 m							
Radius m	G kg	α °	F	e-1	e-angin	V	e
4,2	3500	74,8	24707,85	1,40	1,4	36761,80	1,13
4,5	3300	73,7	22956,59	1,50	1,5	34810,53	1,20
5	3000	71,8	20417,63	1,67	1,7	31971,57	1,32
6	2500	67,9	16532,07	2,00	2,0	27586,01	1,53
7	2150	64,1	13824,83	2,33	2,3	24528,77	1,74
8	1800	60,0	11627,21	2,67	2,7	21981,16	1,91
8,5	1650	57,9	10701,40	2,83	2,8	20905,34	1,98
10	1200	51,3	08379,16	3,33	3,3	18133,11	2,14
12	900	41,4	05918,28	4,00	4,0	15372,23	2,32
14	650	28,9	03705,76	4,67	4,7	12909,70	2,32
15,5	550	14,4	01723,60	5,17	5,2	10827,54	2,10
Stabilitas kran dengan panjang boom 24,15 m							
Radius m	G kg	α °	F	e-1	e-angin	V	e
3	750	75,0	25053,17	1,00	1,0	34357,11	0,52
3,3	750	70,0	18443,75	1,10	1,1	27747,69	0,50
3,5	650	65,0	14396,02	1,17	1,2	23599,96	0,44
4,2	600	60,0	11627,21	1,40	1,4	20781,16	0,52
4,5	550	55,0	09587,12	1,50	1,5	18691,07	0,50
5	475	50,0	08000,21	1,67	1,7	17029,16	0,51
6	425	45,0	06712,98	2,00	2,0	15691,92	0,65
7	375	40,0	05632,86	2,33	2,3	14561,80	0,77
8	275	30,0	03875,74	2,67	2,7	12704,68	0,71
8,5	225	20,0	02443,32	2,83	2,8	11222,27	0,53
10	200	10,0	01183,68	3,33	3,3	9937,62	0,49
12	200	00,0	00000,00	4,00	4,0	8753,94	0,41
Panjang penuh tanpa beban							
24,15	0	0	0	8,05	12,1	8553,94	1,80
Gerakan putar							
Stabilitas kran dengan panjang boom 9 m							
Radius m	G kg	α °	F	e-1	e-angin	V	e
3	2300	70,5	18988,45	1,00	1,0	29842,39	0,56
3,3	2100	68,5	17041,88	1,10	1,1	27695,82	0,60
3,5	1900	67,1	15891,84	1,17	1,2	26345,78	0,63
4,2	1600	62,2	12732,29	1,40	1,4	22886,23	0,73
4,5	1400	60,0	11627,21	1,50	1,5	21581,16	0,75
5	1250	56,3	10065,68	1,67	1,7	19869,62	0,81
6	950	48,2	07508,05	2,00	2,0	17012,00	0,88
7	750	38,9	05416,69	2,33	2,3	14720,63	0,90
8	550	27,3	03464,83	2,67	2,7	12568,77	0,81
8,5	500	19,1	02336,39	2,83	2,8	11390,33	0,70

Stabilitas kran dengan panjang boom 16 m							
Radius m	G kg	α °	F	e-1	e-angin	V	e
3	2300	79,2	35157,31	1,00	1,0	46011,25	0,71
3,3	2100	78,1	31855,35	1,10	1,1	42509,29	0,78
3,5	1900	77,4	29933,95	1,17	1,2	40387,89	0,81
4,2	1600	74,8	24707,85	1,40	1,4	34861,80	0,96
4,5	1400	73,7	22956,59	1,50	1,5	32910,53	1,01
5	1250	71,8	20417,63	1,67	1,7	30221,57	1,10
6	800	67,9	16532,07	2,00	2,0	25886,01	1,24
7	750	64,1	13824,83	2,33	2,3	23128,77	1,42
8	550	60,0	11627,21	2,67	2,7	20731,16	1,54
8,5	500	57,9	10701,40	2,83	2,8	19755,34	1,60
10	375	51,3	08379,16	3,33	3,3	17308,11	1,77
12	225	41,4	05918,28	4,00	4,0	14697,23	1,88

C. Kestabilan Kran Pada Lingkaran Daerah Kerja Samping



Gambar : 6.5 Skema stabilitas kran pada daerah kerja samping

Resultan gaya untuk kran dengan beban maksimal (V)⁷⁸

$$V = G + F + G_1 + G_{cw} \dots\dots\dots(6-8)$$

Keseimbangan kran tanpa beban e⁷⁹

$$e = \frac{(F \times e_{angin}) + (G_1 \times e_1) - (G_{cw} \times e_{cw})}{V} \quad (6-9)$$

⁷⁸ Ibid, hal. 343

⁷⁹ Ibid, hal. 344

Pemeriksaan keamanan keseimbangan

$$e < e_r$$

dengan; e_r = jarak *outrigger* samping ke pusat putaran = 3,6 m

Tabel 6.4 Hasil perhitungan stabilitas kran daerah lingkaran kerja samping

Gerak angkat							
Stabilitas kran dengan panjang boom 9 m							
Radius m	G kg	α °	F	e-1	e-angin	V	e
3	5000	70,5	18988,45	1,00	1,0	30992,39	1,10
3,3	5000	68,5	17041,88	1,10	1,1	29045,82	1,23
3,5	4900	67,1	15891,84	1,17	1,2	27795,78	1,31
4,2	4250	62,2	12732,29	1,40	1,4	23986,23	1,55
4,5	3850	60,0	11627,21	1,50	1,5	22481,16	1,62
5	3350	56,3	10065,68	1,67	1,7	20419,62	1,76
6	2650	48,2	07508,05	2,00	2,0	17162,00	2,01
7	2150	38,9	05416,69	2,33	2,3	14570,63	2,22
8	1750	27,3	03464,83	2,67	2,7	12218,77	2,38
Stabilitas kran dengan panjang boom 16 m							
Radius m	G kg	α °	F	e-1	e-angin	V	e
4,2	3500	74,8	24707,85	1,40	1,4	35211,80	1,44
4,5	3300	73,7	22956,59	1,50	1,5	33260,53	1,53
5	3000	71,8	20417,63	1,67	1,7	30421,57	1,69
6	2500	67,9	16532,07	2,00	2,0	26036,01	1,98
7	2150	64,1	13824,83	2,33	2,3	22978,77	2,26
8	1800	60,0	11627,21	2,67	2,7	20431,16	2,51
8,5	1650	57,9	10701,40	2,83	2,8	19355,34	2,62
10	1200	51,3	08379,16	3,33	3,3	16583,11	2,90
12	900	41,4	05918,28	4,00	4,0	13822,23	3,25
14	650	28,9	03705,76	4,67	4,7	11359,70	3,45
15,5	550	14,4	01723,60	5,17	5,2	9277,54	3,45
Stabilitas kran dengan panjang boom 24,15 m							
Radius m	G kg	α °	F	e-1	e-angin	V	e
3	750	75,0	25053,17	1,00	1,0	32807,11	0,83
3,3	750	70,0	18443,75	1,10	1,1	26197,69	0,88
3,5	650	65,0	14396,02	1,17	1,2	22049,96	0,89
4,2	600	60,0	11627,21	1,40	1,4	19231,16	1,05
4,5	550	55,0	09587,12	1,50	1,5	17141,07	1,09
5	475	50,0	08000,21	1,67	1,7	15479,16	1,17
6	425	45,0	06712,98	2,00	2,0	14141,92	1,38
7	375	40,0	05632,86	2,33	2,3	13011,80	1,57
8	275	30,0	03875,74	2,67	2,7	11154,68	1,65
8,5	225	20,0	02443,32	2,83	2,8	9672,27	1,58
10	200	10,0	01183,68	3,33	3,3	8387,62	1,68
12	200	00,0	00000,00	4,00	4,0	7203,94	1,79
Panjang penuh tanpa beban							
24,15	0	0	0	8,05	8,1	7003,94	3,53

Gerakan putar							
Stabilitas kran dengan panjang boom 9 m							
Radius m	G kg	α °	F	e-1	e-angin	V	e
3	2300	70,5	18988,45	1,00	1,0	28292,39	1,16
3,3	2100	68,5	17041,88	1,10	1,1	26145,82	1,26
3,5	1900	67,1	15891,84	1,17	1,2	24795,78	1,32
4,2	1600	62,2	12732,29	1,40	1,4	21336,23	1,54
4,5	1400	60,0	11627,21	1,50	1,5	20031,16	1,62
5	1250	56,3	10065,68	1,67	1,7	18319,62	1,77
6	950	48,2	07508,05	2,00	2,0	15462,00	2,02
7	750	38,9	05416,69	2,33	2,3	13170,63	2,24
8	550	27,3	03464,83	2,67	2,7	11018,77	2,40
8,5	500	19,1	02336,39	2,83	2,8	9840,33	2,47
Stabilitas kran dengan panjang boom 16 m							
Radius m	G kg	α °	F	e-1	e-angin	V	e
3	2300	79,2	35157,31	1,00	1,0	44461,25	1,10
3,3	2100	78,1	31855,35	1,10	1,1	40959,29	1,20
3,5	1900	77,4	29933,95	1,17	1,2	38837,89	1,27
4,2	1600	74,8	24707,85	1,40	1,4	33311,80	1,49
4,5	1400	73,7	22956,59	1,50	1,5	31360,53	1,58
5	1250	71,8	20417,63	1,67	1,7	28671,57	1,73
6	800	67,9	16532,07	2,00	2,0	24336,01	1,99
7	750	64,1	13824,83	2,33	2,3	21578,77	2,28
8	550	60,0	11627,21	2,67	2,7	19181,16	2,52
8,5	500	57,9	10701,40	2,83	2,8	18205,34	2,64
10	375	51,3	08379,16	3,33	3,3	15758,11	2,97
12	225	41,4	05918,28	4,00	4,0	13147,23	3,34

BAB VII

PERANCANGAN RUMAH OUTRIGGER

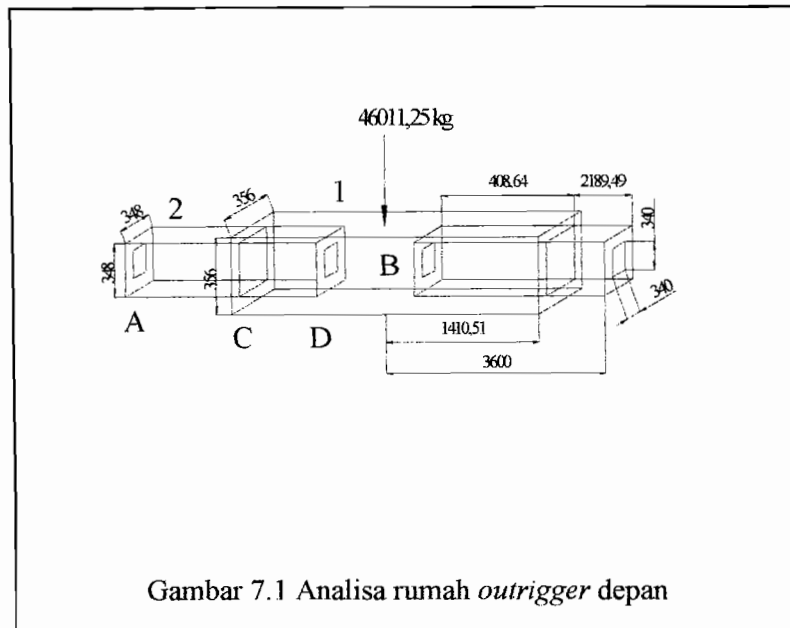
Rumah *outrigger* adalah berfungsi untuk melindungi sistem hidrolik yang ada di dalamnya. Selain itu, fungsi utamanya adalah sebagai kaki – kaki kran pada saat kran beroperasi. Rumah ini harus kuat menahan kran dan beban – beban yang ada. Maka kekuatan konstruksi dan bahan yang dipergunakan haruslah mencukupi semua itu.

Sebagaimana telah dikemukakan pada bab sebelumnya bahwa kran ini memiliki empat buah *outrigger* dengan skema seperti pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5. Untuk mengetahui bahan yang digunakan, terlebih dahulu menganalisa beban yang harus ditanggung oleh masing – masing *outrigger*.

Pada *outrigger* depan harus mampu menanggung beban maksimal yang terjadi antara daerah lingkaran kerja depan dan daerah lingkaran kerja samping. Demikian pula untuk *outrigger* belakang harus mampu menanggung beban maksimal yang terjadi antara daerah lingkaran kerja belakang dan daerah lingkaran kerja samping. Dari Tabel 6.2, 6.3, 6.4 diperoleh beban maksimal untuk daerah lingkaran kerja depan dan samping sebesar 46011,25 kg. Beban ini mempengaruhi kekuatan lengkung *outrigger* yang posisinya memanjang (*sliding*) dan kekuatan tekuk pada *outrigger* yang posisinya menurun (*jack*).

A. Perancangan Rumah *Outrigger* Depan

Perancangan untuk *outrigger* yang posisinya memanjang (*sliding*).



Dengan mengasumsikan bahwa konstruksi utuh maka :

$$R_A = R_B = 46011,25/2 = 23005,625 \text{ kg.}$$

Dengan memberikan angka keamanan terhadap kemungkinan adanya beban tambahan sebesar 1,2, maka $R_A = R_B = 27606,75 \text{ kg}$.

Momen maksimalnya sebesar $27606,75 \times 3,6 = 99384,3 \text{ kg.m}$

Pada batang 2 dengan analisa seperti Gambar 7.1

$$R_D = (27606,75 \times 2,18949)/0,40864 = 147916,76 \text{ kg.}$$

$$R_C = 175523,51 \text{ kg.}$$

Momen di titik C sebesar $147916,76 \times 0,40864 = 71070,807 \text{ kg.m}$

Berat batang 1 (W_1) :

$$\begin{aligned} W_1 &= [(356 \times 356 \times 2821) - (348 \times 348 \times 2821)] \times 7,833 \times 10^{-6} \\ &= 124,4497 \text{ kg.} \end{aligned}$$

Momen Inersia Masa batang 1 (I_1) :

$$I_1 = [124,4497 \times 356 \times 2821]/3$$

$$= 41,6606 \text{ kg.m}^2.$$

Berat batang 2 (W_1) :

$$W_1 = [(348 \times 348 \times 2598,13) - (340 \times 340 \times 2598,13)] \times 7,833 \times 10^{-6}$$

$$= 112,0127 \text{ kg.}$$

Momen Inersia Masa batang 1 (I_2) :

$$I_2 = [112,0127 \times 348 \times 2598,13]/3$$

$$= 33,7587 \text{ kg.m}^2.$$

Momen tahanan lengkung (W_b) :

$$W_b = 41,6606 / (356/2)$$

$$= 234,0484 \text{ m}^3.$$

Tegangan lentur bahan (σ_b) :

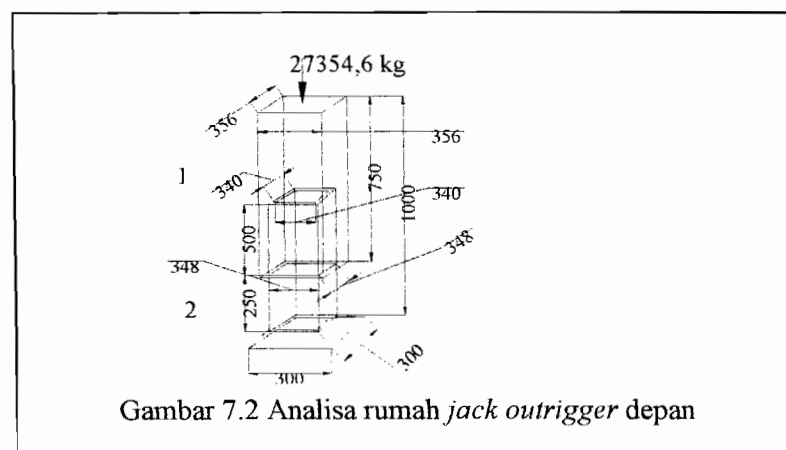
$$\sigma_b = 99384,3 / 234,0484$$

$$= 424,6314 \text{ kg/m}^2.$$

$$= 0,00042 \text{ kg/mm}^2.$$

Bahan batang yang dipakai adalah FC 18 dengan tegangan lentur sebesar 4,0 kg/mm^2 .

Perancangan untuk *outrigger* yang posisinya menurun (*jack*).



Berat batang 1 (W_1) :

$$\begin{aligned} W_1 &= [(356 \times 356 \times 750) - (348 \times 348 \times 750)] \times 7,833 \times 10^{-6} \\ &= 33,0866 \text{ kg.} \end{aligned}$$

Momen Inersia Masa batang 1 (I_1) :

$$\begin{aligned} I_1 &= [33,0866 \times 356 \times 356]/3 \\ &= 1,3978 \text{ kg.m}^2. \end{aligned}$$

Berat batang 2 (W_1) :

$$\begin{aligned} W_1 &= [(348 \times 348 \times 750) - (340 \times 340 \times 750)] \times 7,833 \times 10^{-6} \\ &= 32,335 \text{ kg.} \end{aligned}$$

Momen Inersia Masa batang 1 (I_2) :

$$\begin{aligned} I_2 &= [32,335 \times 348 \times 348]/3 \\ &= 1,3053 \text{ kg.m}^2. \end{aligned}$$

Jari – jari kelembaman (i) :

$$\begin{aligned} i &= (I/A)^{1/2} \\ &= (1,3053/(0,348 \times 0,348))^{1/2} \\ &= 3,397 \text{ m.} \end{aligned}$$

Faktor kelangsingan (λ) :

$$\begin{aligned} \lambda &= (2 \times 1,5) / 3,397 \\ &= 0,883 \end{aligned}$$

Tegangan tekuk ijin (σ_{ijin}) :

$$\sigma_{ijin} = \frac{\pi^2 \times E}{\lambda^2}$$

$$= \frac{\pi^2 \times 2060100}{0,883^2}$$

$$= 23026468,89 \text{ kg/mm}^2.$$

Tegangan tekuk yang terjadi (σ_k) :

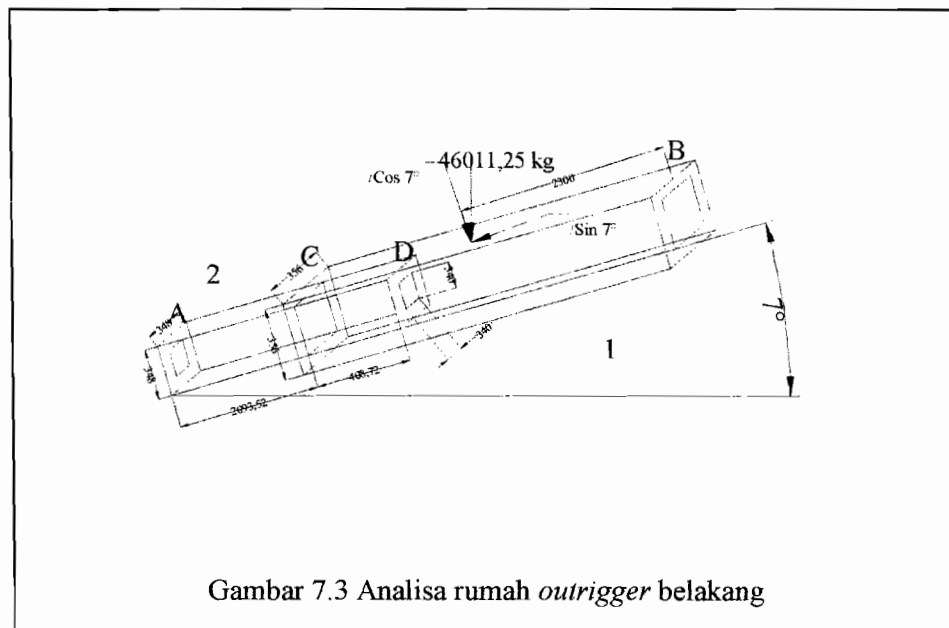
$$\sigma_k = 27354,6 / [(356^2) - (340^2)]$$

$$= 2,45641 \text{ kg/mm}^2.$$

Bahan batang yang dipakai adalah FC 18 dengan tegangan lentur sebesar 4,0 kg/mm².

B. Perancangan Rumah *Outrigger* Belakang

Perancangan untuk *outrigger* yang posisinya memanjang (*sliding*).



Dengan mengasumsikan bahwa konstruksi utuh maka :

$$R_A = 55628,144 \times 2300 / 4531,19$$

$$= 28236,4525 \text{ kg.}$$

$$R_B = 27391,6915 \text{ kg.}$$

Momen maksimalnya sebesar $27391,6915 \times 2,3 = 63000,89045 \text{ kg.m}$

Pada batang 2 dengan analisa seperti Gambar 7.3

$$R_D = (28236,4525 \times 2093,52) / 408,72 = 144630,9895 \text{ kg.}$$

$$R_C = 116394,537 \text{ kg.}$$

Momen di titik C sebesar $144630,9895 \times 0,40872 = 59113,578 \text{ kg.m}$

Berat batang 1 (W_1) :

$$\begin{aligned} W_1 &= [(356 \times 356 \times 2437,67) - (348 \times 348 \times 2437,67)] \times 7,833 \times 10^{-6} \\ &= 107,54 \text{ kg.} \end{aligned}$$

Momen Inersia Masa batang 1 (I_1) :

$$\begin{aligned} I_1 &= [107,54 \times 356 \times 2437,67] / 3 \\ &= 31108114,44 \text{ kg.mm}^2. \end{aligned}$$

Berat batang 2 (W_2) :

$$\begin{aligned} W_2 &= [(348 \times 348 \times 2502,24) - (340 \times 340 \times 2502,24)] \times 7,833 \times 10^{-6} \\ &= 107,8786 \text{ kg.} \end{aligned}$$

Momen Inersia Masa batang 1 (I_2) :

$$\begin{aligned} I_2 &= [107,8786 \times 348 \times 2502,24] / 3 \\ &= 31312825,18 \text{ kg.mm}^2. \end{aligned}$$

Momen tahanan lengkung (W_b) :

$$\begin{aligned} W_b &= 31312825,18 / (356/2) \\ &= 175914,7482 \text{ mm}^3. \end{aligned}$$

Tegangan lentur bahan (σ_b) :

$$\begin{aligned} \sigma_b &= 63000,89045 / 175914,7482 \\ &= 0,358 \text{ kg/mm}^2. \end{aligned}$$

Jari – jari kelembaman (i) :

$$\begin{aligned} i &= (I/A)^{1/2} \\ &= (31,31282518 / (0,348 \times 0,348))^{1/2} \\ &= 16,0798 \text{ m.} \end{aligned}$$

Faktor kelangsingan (λ) :

$$\begin{aligned} \lambda &= (2 \times 4,53119) / 16,0798 \\ &= 0,5636 \end{aligned}$$

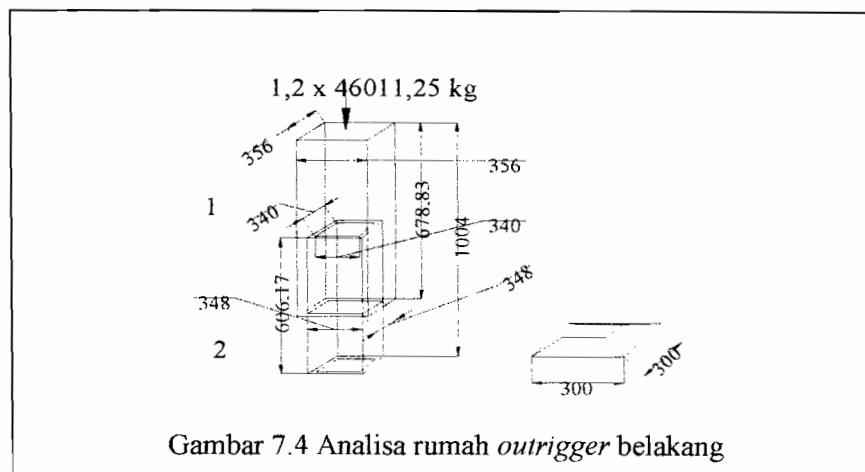
Tegangan tekuk ijin (σ_{ijin}) :

$$\begin{aligned} \sigma_{ijin} &= \frac{\pi^2 \times E}{\lambda^2} \\ &= \frac{\pi^2 \times 2060100}{0,5636^2} \\ &= 64009742,28 \text{ kg/mm}^2. \end{aligned}$$

Tegangan tekuk yang terjadi (σ_k) :

$$\begin{aligned} \sigma_k &= 55628,144 / [(356^2) - (340^2)] \\ &= 4,995 \text{ kg/mm}^2. \end{aligned}$$

Perancangan untuk *outrigger* yang posisinya menurun (*jack*).



Berat batang 1 (W_1) :

$$\begin{aligned} W_1 &= [(356 \times 356 \times 678,83) - (348 \times 348 \times 678,83)] \times 7,833 \times 10^{-6} \\ &= 29,947 \text{ kg.} \end{aligned}$$

Momen Inersia Masa batang 1 (I_1) :

$$\begin{aligned} I_1 &= [29,947 \times 356 \times 356]/3 \\ &= 1265120,997 \text{ kg.mm}^2. \end{aligned}$$

Berat batang 2 (W_1) :

$$\begin{aligned} W_1 &= [(348 \times 348 \times 606,17) - (340 \times 340 \times 606,17)] \times 7,833 \times 10^{-6} \\ &= 26,1337 \text{ kg.} \end{aligned}$$

Momen Inersia Masa batang 1 (I_2) :

$$\begin{aligned} I_2 &= [26,1337 \times 348 \times 348]/3 \\ &= 1054965,202 \text{ kg.mm}^2. \end{aligned}$$

Jari – jari kelembaman (i) :

$$\begin{aligned} i &= (I/A)^{1/2} \\ &= (1,265120997 / (0,348 \times 0,348))^{1/2} \\ &= 3,232 \text{ m.} \end{aligned}$$

Faktor kelangsingan (λ) :

$$\begin{aligned} \lambda &= (2 \times 1,004) / 3,232 \\ &= 0,62 \end{aligned}$$

Tegangan tekuk ijin (σ_{ijin}) :

$$\sigma_{ijin} = \frac{\pi^2 \times E}{\lambda^2}$$

$$= \frac{\pi^2 \times 2060100}{0,62^2}$$

$$= 52893787,79 \text{ kg/mm}^2.$$

Tegangan tekuk yang terjadi (σ_k) :

$$\sigma_k = 55213,5 / [(356^2) - (340^2)]$$

$$= 4,9581 \text{ kg/mm}^2.$$

Bahan batang yang dipakai adalah FC 18 dengan tegangan lentur sebesar 4,0 kg/mm².

C. Kondisi Tanah

Keadaan tanah juga berpengaruh terhadap kestabilan kran. Pada tanah yang lembek sangat rawan terhadap turunnya permukaan kaki kran karena tanah tidak mampu menahan beban kran.

Untuk mengetahui keadaan tanah yang diijinkan untuk mengoperasikan kran, harus mengetahui keadaan tanah dan konstruksi dari kaki – kaki kran.

Tabel 7.1 Jenis tanah
Sumber : Imam Subarkah, 1979, *Teknik Pondasi*,
Cetakan ke-2, hal.47

Jenis tanah	.fs (lb/sq.ft)
Silta dan lempung lembek	150 – 600
Lempung sangat kaku	1000 – 4000
Pasir lepas - lepas	250 – 700
Pasir rapat	700 – 1400
Kerikil rapat	1000 – 2000

Tabel 7.2 Pelapisan untuk tanah
 Sumber : Imam Subarkah, 1979, *Teknik Pondasi*,
 Cetakan ke-2, hal.52

Pelapisan	Beban yg. Diiijinkan (Ton)
Kayu	15 – 25
Tersusun	20 – 30
Beton dicor langsung ditempat	30 – 40
Beton bertulang pra cetak	30 – 45
Baja H	30 – 45

Pada kaki – kaki kran dilapisi dengan kayu – kayu yang tersusun untuk mendapatkan permukaan tanah yang rata.

Dimensi kaki – kaki kran bagian depan dan belakang adalah 30 cm x 30 cm.

Pada kaki depan, tekanan permukaan akibat beban kran adalah

$$46011,25/(30 \times 30) = 51,1236 \text{ kg/cm}^2.$$

Pada kaki belakang, tekanan permukaan akibat beban kran adalah

$$28236,4525/(30 \times 30) = 31,3738 \text{ kg/cm}^2.$$

BAB VIII

KESIMPULAN DAN PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan-perhitungan yang telah dilakukan di atas, maka klasifikasi komponen-komponen transmisi yang akan dipergunakan dalam mesin kran ini adalah sebagai berikut:

1. Motor

i. Gerak pengangkatan.

- Jenis motor : kurungan, tiga fasa,
DC, (200 v, 50/60 Hz) 4 kutub

- Daya : 22 KW

- Putaran : 1450 rpm

ii. Gerak memutar.

- Jenis motor : kurungan, tiga fasa,
AC, 4 kutub

- Daya : 45 KW

- Putaran : 725 rpm

iii. Sistem hidrolik.

- Jenis motor : kurungan, tiga fasa,
DC, (200 v, 50/60 Hz) 4 kutub

- Daya : 37 KW

- Putaran : 2900 rpm

2. Mekanisme pengangkat

i. Tali.

- Tali baja anti puntir dengan posisi anyaman tali sejajar 6 x 37 + 1.
- Bahan kawat : baja stainless dengan kekuatan tarik 180 kg/mm².
- Diameter 1 kawat : 0,55 mm.
- Diameter tali : 15 mm.
- Umur tali : 27 bulan.

ii. Kait.

- Bahan : SC42
- Jenis kait : tunggal

iii. Puli.

- Jenis puli : majemuk.
- Jumlah lengkungan : 18 lengkungan
- Puli bawah : 3 buah
- Puli atas : 3 buah
- Diameter puli kompensasi: 160 mm

iv. Drum.

- Jumlah drum : 2 buah
- Diameter : 650 mm
- Panjang alur heliks drum : 244,8 mm
- Panjang total drum : 329,8 mm
- Tebal dinding drum : 16,9 mm
- Bahan drum : FC 20

3. Transmisi

i. Roda gigi.

- Gerak pengangkatan

Dimensi	Reduksi tingkat 1	Reduksi tingkat 2	Reduksi tingkat 3	Satuan
N1	1450	580	207,1428	Rpm
i	2,5	2,8	3,2866	
A	150	200	261	
P_d	22	22	22	(KW)
M	4	5	6	
α°	20	20	20	
Z ₁	22	21	20	
Z ₂	54	59	65	
d _{o1}	88	105	120	(mm)
d _{o2}	216	295	390	(mm)
Dk ₁	96	115	132	(mm)
dk ₂	224	305	402	(mm)
df ₁	80	95	108	(mm)
df ₂	208	285	378	(mm)
H	16	20	24	(mm)
F _t	335,878	703,735	1694,6	(kg)
Bahan pinyon	SNC 22	SNC 22	S 15 CK	(kg/mm ²)
σ_{a1}	48	48	30	
H _{B1}	500	500	350	
Bahan gigi besar	S 15 CK	S 15 CK	S 15 CK	(kg/mm ²)
σ_{a2}	30	30	30	
H _{B2}	350	350	350	
F _{min}	10	16,75	28,82	(kg)
B	33,5	42	58,8	(mm)
8,5	8,4	9,8		B/m (6 - 10) D/b > 1,5
2,58	2,5	2,04		

- Gerak pemutar

	Reduksi 1	Reduksi 2	Reduksi 3	Reduksi 5
N1 (rpm)	725	205,8022028	58,80062937	9,800104895
i	3,5228	3,5	2	3,5
A (mm)	260	280	400	576
P _d (KW)	45	45	45	45
M	8	10	12	16
α°	20	20	20	20
Z ₁	14	12	24	16
Z ₂	49	42	48	56
d _{o1} (mm)	112	120	288	256
d _{o2} (mm)	392	420	576	896
dk ₁ (mm)	128	140	312	288
dk ₂ (mm)	408	440	600	928
df ₁ (mm)	96	100	264	224
df ₂ (mm)	376	400	552	864
H (mm)	18	22,50	27	36
F _t (kg)	1079,588	3549,628	5176,5403	34941,64715
Bahan pinyon	S 25 C	SNC 21	SC 46	SNC 3
σ _{a1} (kg/mm ²)	21	35	19	60
H _{B1}	123-183	600 celup minyak	160	269-321
Bahan gigi besar	SC 42	SC 46	SC 42	SNC 22
σ _{a2} (kg/mm ²)	12	19	12	40
H _{B2}	140	160	140	600 celup minyak
F _{min} (kg)	15,4227	44,3505	44,4720	222,842
B (mm)	70	80	116,4	156,8
B/m (6 – 10)	8,75	8	9,7	9,8
D/b > 1,5	1,6	1,54	2,47	1,632

Roda gigi kerucut lurus.

- Modul : 16
- Sudut tekanan : 20
- Jumlah gigi pinyon : 16
- Jumlah gigi besar : 48
- Sudut kerucut jarak bagi pinyon : 18,43°.
- Sudut kerucut jarak bagi besar : 71,57°.
- Lebar sisi pinyon : 125,686 mm

- Diameter jarak bagi pinyon : 189,74 mm
- Diameter jarak bagi besar : 569,21 mm
- Bahan gigi pinyon : SNCM 8
- Bahan gigi besar : SNCM 8

ii. Poros, pasak/spline dan bantalan.

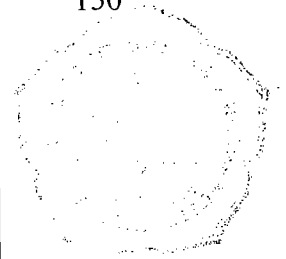
- Gerak pengangkatan.

Dimensi	Poros 1	Poros 2	Poros 3	Poros 4	Satuan
Momen maksimal	12635,07	40568,05	107742,11	1423476,2	Kg.mm
Momen puntir (T)	14777,931	36944,83	103445,55	339992,07	Kg.mm
Diameter poros (d_s)	50	60	80	170	Mm
Bahan poros	S30C	S30C	S30C	S30C	
Dia. Dalam spline/pasak (d_1)	52	62	82	-	Mm
Diameter luar spline (d_2)	58	68	88	-	Mm
Lebar profil spline (b)	10	12	12	-	mm
Banyaknya profil spline (i)	8	8	10	-	
Tebal pasak (h)	Sp3 ,psk10	Spline 3	Spline 3	13,1	mm
Dia. rata – rata poros (d_m)	Sp55,psk50	65	85	170	mm
Pnjg. spline/pasak beban 1 (L_1)	100,5	34	42	520,25	mm
Pnjg. Spline/pasak beban 2 (L_2)	34	42	58,8	-	mm
Putaran poros (n)	1450	580	207,1428	63,025	rpm
Umur nom. bantalan (L_h)	31794,36	68624,36	56875,15	37666,19	Jam
Bantalan B	33683,32	20717,1	14741,87	24991,78	
Nomor bantalan (FAG)	6410	6311	6315	6332M	
Bantalan B	16010	6311	6315	6232M	

- Gerak pengangkatan

Dimensi	Poros 1	Poros 2	Poros 3	Poros 4	Satuan
Momen maksimal	150638,79	264187	222388,32	1265476	Kg.mm
Momen puntir (T)	60455,17	212973,76	745408,16	1490816,	Kg.mm
Diameter poros (d_s)	50	55	82	100	Mm
Bahan poros	S35C	S35C	S30C	SNC 22	
Dia. Dalam spline/pasak (d_1)	-	52	82	102	Mm
Diameter luar spline (d_2)	-	58	88	108	Mm
Lebar profil spline (b)	-	10	12	16	Mm
Banyaknya profil spline (.i)	-	8	10	10	
Tebal pasak (h)	14 x 6	-	-	-	Mm
Dia. rata – rata poros (d_m)	50	-	-	-	Mm
Pnjg. spline/pasak beban 1	18,3592	80	116,4	116,4	Mm
Pnjg. Spline/pasak beban 2	70	70	80	150	Mm
Putaran poros (n)	725	205,8	58,8	29,4	Rpm
Diameter dalam bantalan (d_B)	50	55	80	100	Mm
Dia. luar bantalan (D_B)	150	120	125	180	Mm
	110	90	125	215	
Umur nom. bantalan (L_h)	7211,168	8477,166	25255,2	13269,5	Jam
	16708,61	13261,79	507254	14642,38	
Nomor bantalan (FAG)	32314A	32311A	63016x.PS	32220A	
	32310B	32011x.PS	63016x.PS	63320A	

Dimensi	Poros 5	Poros 6	Satuan
Momen maksimal	2544676,7	4205542,90	Kg.mm
Momen puntir (T)	4472448,9	15653571,4	Kg.mm
Diameter poros (d_s)	140	190	Mm
Bahan poros	SNM 25	S45C	
Dia. dalam spline/pasak (d_1)	-	-	Mm
Diameter luar spline (d_2)	-	-	Mm
Lebar profil spline (b)	-	-	Mm
Banyaknya profil spline (.i)	-	-	
Tebal pasak (h)	36 x 20	40 x 22	Mm



Dia. rata – rata poros (d_m)	-	-	Mm
Pnjg. spline/pasak beban 1 (L_1)	156,8	156,8	Mm
Pnjg. Spline/pasak beban 2 (L_2)	150	156,8	Mm
Putaran poros (n)	9,8	2,8	Rpm
Diameter dalam bantalan (d_B)	140	190	Mm
Dia. luar bantalan (D_B)	300	260	Mm
	210	290	
Umur nom. bantalan (L_n)	13395,73	30176,6	Jam
	656772,8	53556,04	
Nomor bantalan (FAG)	32228A	32938	
	32228X	32038X	

4. Rem

- Jenis rem sepatu ganda digerakkan dengan pegas dengan sistem *normally close*.
- Bahan gesek : asbes yang dilapisi jalinan serat kuningan
- waktu pengereman : 0,021 detik
- Diameter pegas : 12 mm
- Jumlah lilitan aktif : 12

5. Kopling

Jenis kopling flens

- Diameter luar kopling flens : 200 mm
- Diameter poros : 50 mm
- Jumlah baut : 6
- Bahan baut : S20C
- Bahan flens : FC20

Jenis kopling plat gesek

- Bahan : Metal fiber hidrolik
- Lebar kopling : 18,3592 mm
- Diameter rata – rata kopling : 22,949 mm.
- Tebal plat kopling yang boleh aus: 2,5 mm.
- Luas bidang gesek : 2647,264814 mm².
- Umur rata – rata kopling : 12378,63332 j

6. Sistem hidrolik

i. Pendorong batang

Dimensi	Hasil	Satuan
Panjang langkah (L)	7	.m
Diameter luar piston (d _o)	0,25	.m
Diameter piston (d _z)	0,22	.m
Tebal dinding silinder	0,015	.m
Diameter batang piston (d _s)	0,18	.m
Kecepatan maju piston (v _z)	0,23	.m/dt
Kecepatan balik piston (v _s)	0,344	.m/dt
Waktu satu langkah maju piston (t _z)	30,435	.dt
Waktu satu langkah balik piston (t _s)	20,3441	.dt
Daya dorong piston (P)	< 12,83822	KW
Bahan batang piston	42 CrMo	

ii. Pengangkat batang

Dimensi	Hasil	Satuan
Panjang langkah (L)	2,79733	.m
Diameter luar piston (d _o)	0,18	.m
Diameter piston (d _z)	0,16	.m
Tebal dinding silinder	0,01	.m
Diameter batang piston (d _s)	0,1	.m
Kecepatan maju piston (v _z)	0,15	.m/dt
Kecepatan balik piston (v _s)	0,381646	.m/dt
Waktu satu langkah maju piston (t _z)	18,64887	.dt
Waktu satu langkah balik piston (t _s)	7,329654	.dt
Daya dorong piston (P)	5	KW
Teg. Lentur (σ _{lentur})	0,061	Kg/mm ²
Bahan batang piston	42 CrMo	
Teg. Lentur bahan (σ _{lentur-bahan})	9,0	Kg/mm ²

iii. Outrigger depan

Dimensi		Pemanjang	Penurun	Satuan
Panjang langkah	(L)	2,1	0,25	.m
Diameter luar piston	(d_o)	0,15	0,20	.m
Diameter piston	(d_z)	0,12	0,14	.m
Tebal dinding silinder		0,015	0,030	.m
Diameter batang piston	(d_s)	0,08	0,1	.m
Kecepatan maju piston	(v_z)	0,15	0,1	.m/dt
Kecepatan balik piston	(v_s)	0,27	0,204	.m/dt
Waktu satu langkah maju piston	(t_z)	14	2,5	.dt
Waktu satu langkah balik piston	(t_s)	7,78	1,22	.dt
Daya dorong piston	(P)	3	3	KW
Bahan batang piston		42 CrMo	42 CrMo	

iv. Outrigger belakang

Dimensi		Pemanjang	Penurun	Satuan
Panjang langkah	(L)	2,21	0,5	.m
Diameter luar piston	(d_o)	0,15	0,20	.m
Diameter piston	(d_z)	0,12	0,14	.m
Tebal dinding silinder		0,015	0,030	.m
Diameter batang piston	(d_s)	0,08	0,1	.m
Kecepatan maju piston	(v_z)	0,15	0,2	.m/dt
Kecepatan balik piston	(v_s)	0,27	0,408333	.m/dt
Waktu satu langkah maju piston	(t_z)	14,74804	2,5	.dt
Waktu satu langkah balik piston	(t_s)	8,193354	1,22449	.dt
Daya dorong piston	(P)	3	5	KW
Bahan batang piston		42 CrMo	42 CrMo	

7. Batang teleskopik

i. Batang 1

- Panjang batang : 9 m
- Bahan : FC 18
- Tebal batang : 30 mm
- Lebar batang : 320 mm – 290 mm
- Tinggi batang : 380 mm – 350 mm
- Berat batang : 1416,9897 kg

ii. Batang 2

- Panjang batang : 7 m
- Bahan : FC 18
- Tebal batang : 30 mm
- Lebar batang : 288 mm – 258 mm
- Tinggi batang : 300 mm – 270 mm
- Berat batang : 1180,11978 kg

iii. Batang 3

- Panjang batang : 8,15 m (Konstruksi tirus)
- Bahan : FC 18
- Tebal batang : 30 mm
- Lebar batang : 288 mm – 258 mm
- Tinggi batang : 300 mm – 270 mm
- Berat batang : 906,833 kg

8. Stabilitas kran

- Kecepatan angin maksimal yang diijinkan : < 165 mi/h
- Ketinggian maksimum : 27,56 m
- Jarak outrigger depan dan belakang : 6,6 m
- Jarak outrigger kanan dan kiri : 7,2 m
- Jarak outrigger depan dengan sumbu putar : 4,2 m
- Jarak outrigger belakang dengan sumbu putar : 2,4 m

9. Rumah outrigger

i. Rumah outrigger depan

- Sliding

Bahan = FC 18

Dimensi = 356 x 356 x 2368,07 dan 348 x 348 x 2598,13 mm

Tebal plat = 4 mm.

- Jack

Bahan = FC 18

Dimensi = 356 x 356 x 750 dan 348 x 348 x 750 mm.

Tebal plat = 4 mm.

ii. Rumah outrigger belakang

- Sliding

Bahan = FC 18

Dimensi = 356 x 356 x 2437,67 dan 348 x 348 x 2502,24 mm.

Tebal plat = 4 mm.

- Jack

Bahan = FC 18

Dimensi = 356 x 356 x 678,83 dan 348 x 348 x 606,17 mm.

Tebal plat = 4 mm.

10. Engine

Mitsubishi 6D16 – TLEA – 247 Hp.

Max. Travel Speed = 29,3 MPH.

B. Penutup

Demikian proses pembuatan Tugas Akhir saya mengenai “*Telescopic Crane* berkapasitas 5 Ton”. Sekali lagi penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang membantu penulis di dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini sehingga sangatlah tepat jika penulis minta maaf sekiranya dalam penyusunan ini ada kesalahan. Kritik dan saran yang bersifat membangun dari setiap pembaca sangatlah diharapkan oleh penulis.

Kiranya karya ini berguna bagi setiap pembaca. Amin !

DAFTAR PUSTAKA

- Niemann G., Winter H., 1994, *Elemen Mesin*, Jilid I, Penerbit Erlangga.
- Niemann G., Winter H., 1990, *Elemen Mesin*, Jilid II, Penerbit Erlangga.
- Rudenko N., 1994, *Mesin Pengangkat*, Penerbit Erlangga.
- STOLK Jack. (*IR WE*), KROS C. (*IR WE*), 1994, *ELEMEN MESIN*, Edisi ke-21, Penerbit Erlangga.
- Sularso, Kiyokatsu Suga, 1991, *Dasar-Dasar Perancangan dan Pemilihan Elemen Mesin*, cetakan ke-7, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Shapiro H., PE, Mo Grow. Hil, inc, 1980, *Crane & Derricks*.
- Takeshi Sato G., N. Sugiarto H., 1999, *MENGGAMBAR MESIN MENURUT STANDAR ISO*, cetakan ke-8, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.

L A M P I R A N

Lampiran A

Tabel – tabel tambahan untuk mendukung perancangan

Lampiran A-1 : JIS G 4051. Baja karbon untuk konstruksi mesin

(a) Unsur kimia

Lambang	Unsur kimia (%)				
	C	Si	Mn	P	S
S 30 C	0,27-0,33	0,15-0,35	0,60-0,90	0,030	0,035
S 35 C	0,32-0,38				
S 40 C	0,37-0,43				
S 45 C	0,42-0,48				
S 50 C	0,47-0,53				
S 55 C	0,52-0,58				
S 15 CK	0,13-0,18	0,15-0,35	0,30-0,60	0,025	0,025

(b) Ukuran standar baja batang yang dirol panas (Ukuran dalam kurung sedapat mungkin dihindari pemakalannya)

9	(10)	11	(12)	13	(14)	(15)	16	(17)	(18)	19	(20)	22	(24)	25	(26)
28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	55	60	65	70
75	80	90	95	100	(105)	110	(115)	120	130	140	150	160	(170)	180	(190)
200															

(c) Sifat-sifat mekanis standar

Lambang	Temperatur transformasi		Perlakuan panas			Sifat mekanis			
	A, (C)	A, (C)	Penormalan (N)	Celup dingin (H)	Temper (H)	Perlakuan panas	Batas mulur (kg/mm ²)	Kekuatan tarik (kg/mm ²)	Kekerasan (H _B)
S30C	720-815	780-720	850-900 Pendinginan udara	850-900 Pendinginan air	550-650 Pendinginan cepat	N	29	48	137-197
						H	34	55	152-212
S35C	720-800	770-710	840-890 Pendinginan udara	850-900 Pendinginan air	550-650 Pendinginan cepat	N	31	52	149-207
						H	40	58	167-235
S40C	720-790	760-700	830-880 Pendinginan udara	830-880 Pendinginan air	550-650 Pendinginan cepat	N	31	55	156-217
						H	45	62	179-255

S45C	720-760	750-680	820-870 Pendinginan udara	820-870 Pendinginan air	550-650 Pendinginan cepat	N			
						H	50	70	201-269
S50C	720-770	740-680	810-860 Pendinginan udara	810-860 Pendinginan air	550-650 Pendinginan cepat	N	37	61	179-235
						H	55	75	212-277
S55C	720-765	740-680	800-850 Pendinginan udara	800-850 Pendinginan air	550-650 Pendinginan cepat	N	40	66	185-255
						H	50	80	229-285
S15CK	720-880	845-770	880-930 Pendinginan udara	*	150-200 Pendinginan udara	H	35	50	143-235

* Primer 880-920 pendinginan minyak/air
Sekunder 750-800 pendinginan air

Lampiran A-2 : JIS G 3123. Batang baja karbon difinis dingin (untuk poros)

Lambang	Perlakuan panas	Diameter (mm)	Kekuatan tarik (kg/mm ²)	Kekerasan	
				H _{RC} (H _{KB})	H _B
S35C-D	Dilunakkan	20 atau kurang 21-80	58-79 53-69	(84)-23 (73)-17	144-216
	Tanpa dilunakkan	20 atau kurang 21-80	63-82 58-72	(87)-25 (84)-19	160-225
S45C-D	Dilunakkan	20 atau kurang 21-80	65-86 60-76	(89)-27 (85)-22	166-238
	Tanpa dilunakkan	20 atau kurang 21-80	71-91 66-81	12-30 (90)-24	183-253
S55C-D	Dilunakkan	20 atau kurang 21-80	72-93 67-83	14-31 10-26	188-260
	Tanpa dilunakkan	20 atau kurang 21-80	80-101 75-91	19-34 16-30	213-285

Lampiran A-3 : JIS G 4102. Baja khrom nikel

(a) Unsur kimia.

Lambang	Unsur kimia (%)						
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
SNC2	0,27-0,35	0,15-0,35	0,35-0,65	0,030 atau kurang	0,030 atau kurang	2,50-3,00	0,60-1,00
SNC3	0,32-0,40					3,00-3,50	0,60-1,00
SNC21	0,12-0,18					2,00-2,50	0,20-0,50
SNC22	0,12-0,18					3,00-3,50	0,70-1,00

(b) Sifat mekanis

Lambang	Perlakuan panas		Batas muur (kg/mm ²)	Kekuatan tarik (kg/mm ²)	Kekerasan (H _B)	Keterangan
	Celup dingin (C)	Temper (C)				
SNC2	820-880 Pendinginan minyak	550-650 Pendinginan cepat	70	85	248-302	
SNC3	820-880 Pendinginan minyak	550-650 Pendinginan cepat	80	95	269-321	
SNC21	Primer 850-900 Pendinginan minyak Sekunder 740-790 Pendinginan air (780-830) Pendinginan minyak	150-200 Pendinginan udara	..	80	235-341	Untuk pengerasan kulit
SNC22	Primer 830-880 Pendinginan minyak Sekunder 750-800 Pendinginan minyak	150-200 Pendinginan udara		100	285-388	..

Lampiran A-4 : JIS G 4103. Baja nikel khrom molibden

(a) Unsur kimia

Lambang	Unsur kimia							
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
SNCM1	0,27-0,35	0,15-0,35	0,60-0,90	0,030 atau kurang	0,030 atau kurang	1,60-2,00	0,60-1,00	0,15-0,30
SNCM2	0,20-0,30		0,35-0,60			3,00-3,50	1,00-1,50	
SNCM7	0,43-0,48		0,70-1,00			0,40-0,70	0,40-0,65	
SNCM8	0,36-0,43		0,60-0,90			1,60-2,00	0,60-1,00	
SNCM22	0,12-0,18		0,40-0,70			1,60-2,00	0,40-0,65	
SNCM23	0,17-0,23		0,40-0,70			1,60-2,00	0,40-0,65	
SNCM25	0,12-0,18		0,30-0,60			4,00-4,50	0,70-1,00	

(b) Sifat mekanis

Lambang	Perlakuan panas (°C)				Batas mulur (kg/mm ²)	Kekuatan tarik (kg/mm ²)	Kekerasan (H _B)	Keterangan
	Celup dingin		Temper					
SNCM1	820-870	Pendinginan minyak	570-670	Pendinginan cepat	70	85	248-302	
SNCM2	820-870	"	570-670	"	85	95	269-321	
SNCM7	820-870	"	580-680	"	90	100	293-352	
SNCM8	820-870	"	580-680	"	90	100	293-352	
SNCM22	Primer 850-900 Sekunder 780-830	" "	150-200	Pendinginan udara	-	90	255-341	Untuk pengerasan kulit
SNCM23	Primer 850-900 Sekunder 770-820	" "	150-200	"	-	100	293-375	"
SNCM25	Primer 830-880 Sekunder 750-800	" "	150-200	"	-	110	311-375	"

Lampiran A-5 : JIS G 4104. Baja khrom

(a) Unsur kimia

Lambang	Unsur kimia (%)					
	C	Si	Mn	P	S	Cr
SCr3	0,33-0,38	0,15-0,35	0,60-0,85	0,030 atau kurang	0,030 atau kurang	0,90-1,20
SCr4	0,38-0,43					
SCr5	0,43-0,48					
SCr21	0,13-0,18					
SCr22	0,18-0,23					

(b) Sifat mekanis

Lambang	Perlakuan panas (°C)		Batas mulur (kg/mm ²)	Kekuatan tarik (kg/mm ²)	Kekerasan (H _B)	Keterangan
	Celup dingin	Temper				
SCr3	830-880 Pendinginan minyak	550-650 Pendinginan cepat	75	90	255-311	
SCr4	830-880 "	"	80	95	269-321	
SCr5	830-880 "	"	85	100	285-341	
SCr21	Primer 850-900 Sekunder 800-850 (Pendinginan air)	150-200 Pendinginan udara	-	80	217-302	Untuk pengerasan kulit
SCr22	Primer 850-900 Sekunder 800-850 (pendinginan air)	"	-	85	235-321	"

Lampiran A-6 : JIS G 4105. Baja khrom molibden

(a) Unsur kimia

Lambang	Unsur kimia (%)						
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
SCM2	0,28-0,33	0,15-0,35	0,60-0,85	0,030 atau kurang	0,030 atau kurang	0,90-1,20	0,35-0,30
SCM3	0,33-0,38						
SCM4	0,38-0,43						
SCM5	0,43-0,48						
SCM21	0,13-0,18						
SCM22	0,18-0,23						
SCM23	0,17-0,23						

(b) Sifat mekanis

Lambang	Perlakuan panas (°C)				Batas mulur (kg/mm ²)	Kekuatan tarik (kg/mm ²)	Kekerasan (H _v)	Keterangan
	Celup dingin		Temper					
SCM2	830-880	Pendinginan minyak	550-650	Pendinginan cepat	70	85	241-293	
SCM3	830-880	-	550-650	-	80	95	269-321	
SCM4	830-880	-	550-650	-	85	100	285-341	
SCM5	830-880	-	550-650	-	90	105	302-363	
SCM21	Primer Sekunder	850-900 800-850	150-200	Pendinginan udara	-	85	235-321	Pengerasan kulit
SCM22	Primer Sekunder	850-900 800-850	150-200	"	-	95	262-341	
SCM23	Primer Sekunder	850-900 800-850	150-200	"	-	100	285-363	

Lampiran A-7 : JIS E 4502. Gandar untuk kendaraan rel

Lambang	Unsur Kimia		Pengujian	Batas mulur (kg/mm ²)	Kekuatan tarik (kg/mm ²)	Tekukan	
	P	S				sudut	Jatikan dalam (mm)
SFA 55A	0,035 atau kurang	0,040 atau kurang	Pemeriksaan cacat ultra sonik, dan cacat permukaan	28	55	180°	16
SFA 55B	0,045 atau kurang	0,045 atau kurang	"				

SFA 60A	0,035 atau kurang	0,040 atau kurang	"	30	60	180	22
SFA 60B	0,045 atau kurang	0,045 atau kurang	"				
SFA 65A	0,035 atau kurang	0,040 atau kurang	"	35	65		16
SFA 65B	0,045 atau kurang	0,045 atau kurang	"				
SFA QA	0,035 atau kurang	0,040 atau kurang	"	30	60		22
SFA QB	0,045 atau kurang	0,045 atau kurang	"				

Lampiran A-8 : JIS G 3210. Baja karbon tempa

Lambang	Unsur Kimia		Batas mulur (kg/mm ²)	Kekuatan tarik (kg/mm ²)	Tekukan	
	P	S			Sudut	Jari-Jari dalam (mm)
SF 40	0,035 atau kurang	0,40 atau kurang	20	40-50	180°	6
SF 45			23	45-55		12
SF 50			25	50-60		20
SF 55			28	55-65		32
SF 60			30	60-70		44

Lampiran A-9 : JIS G 5501. Besi cor kelabu

Lambang	Tebal utama coran (mm)	Kekuatan tarik (kg/mm ²)	Kekerasan (kg/mm ²)
FC 20	4-8	24	255 atau kurang
	8-15	22	235 "
	15-30	20	223 "
	30-50	17	217 "
FC 25	4-8	28	269 "
	8-15	26	248 "
	15-30	25	241 "
	30-50	22	229 "
FC 30	8-15	31	269 "
	15-30	30	262 "
	30-50	27	248 "
FC 35	15-30	35	277 "
	30-50	32	269 "

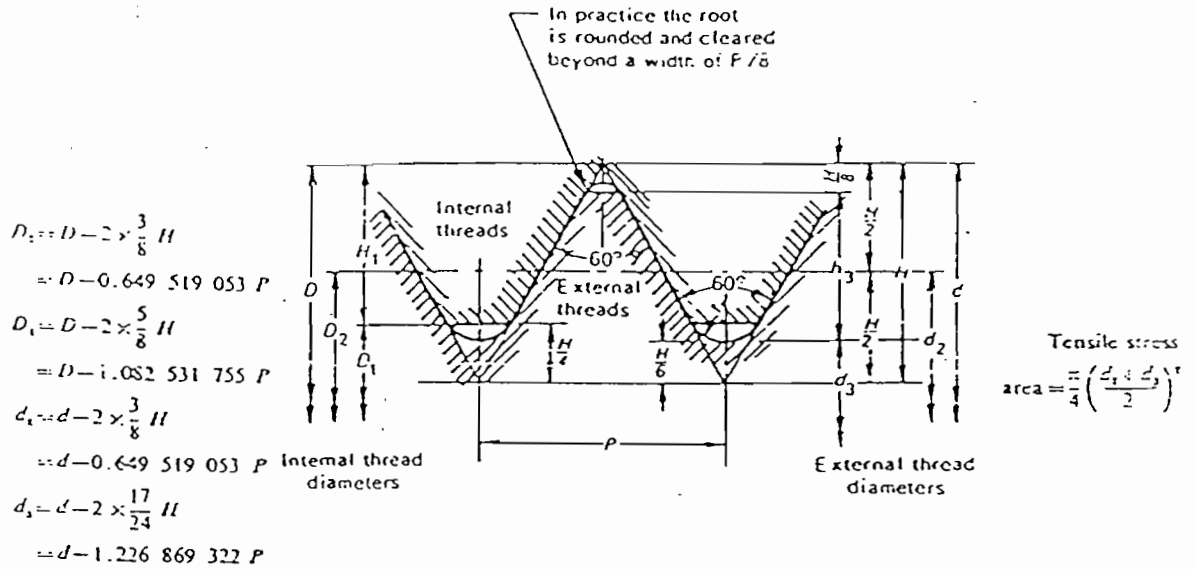
Lampiran A-10 : JIS G 5502. Baja cor grafit bulat










Lambang	Batas mulur (kg/mm ²)	Kekuatan tarik (kg/mm ²)
FCD 40	26	40
FCD 45	30	45
FCD 50	35	50
FCD 60	40	60
FCD 70	45	70

Lampiran A-11 : JIS G 5101. Baja karbon cor

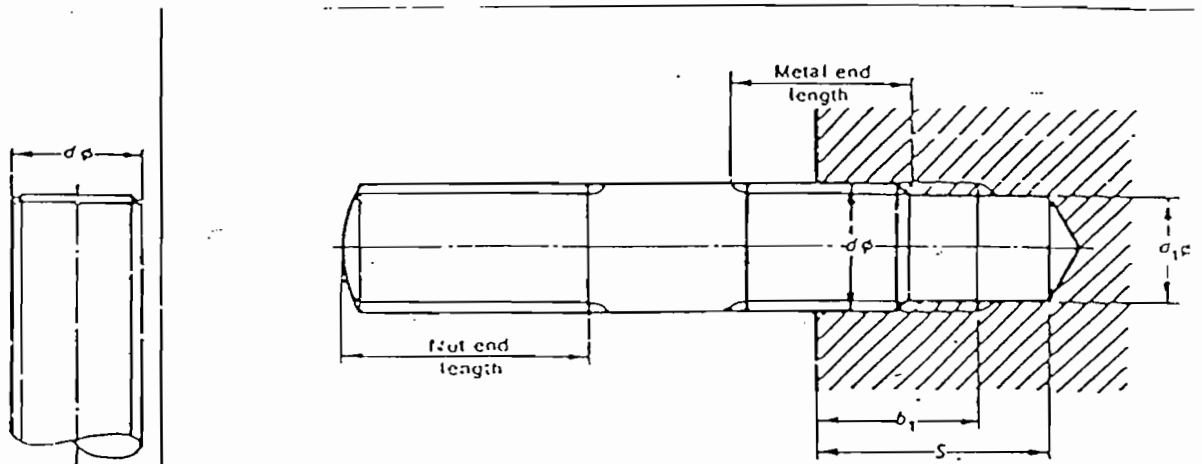
Lambang	Batas mulur (kg/mm ²)	Kekuatan tarik (kg/mm ²)	Keterangan
SC 37	18	37	Untuk bagian motor
SC 42	21	42	Untuk konstruksi umum
SC 46	23	46	"
SC 49	25	49	"

Lampiran A-12 : Ukuran baut dan mur ISO Metrik



Thread size	BOLT				NUT			WASHER	
	Minor dia "  d, D mm	Tensile stress area  mm ²	Pitch P  mm	Thickness of head  mm	Thickness of nut  mm	Width across flats  mm	Width across corners  Min mm	Outside dia  mm	Thick-ness of washer  mm
M1.6	1.171	1.27	0.35	1.1	1.5	3.2	3.48	4	0.3
M2	1.509	2.07	0.4	1.4	1.6	4	4.38	5	0.3
M2.5	1.948	3.39	0.45	1.7	2	5	5.51	6.5	0.5
M3	2.387	5.03	0.5	2	2.4	5.5	6.08	7	0.5
M4	3.141	8.78	0.7	2.8	3.2	7	7.74	9	0.8
M5	4.018	14.2	0.8	3.5	4	8	8.87	10	1.0
M6	4.773	20.1	1	4.0	5	10	11.05	12.5	1.6
M8	6.466	36.6	1.25	5.5	6.5	13	14.38	17	1.6
M10	8.160	58.0	1.5	7.0	8	17	18.90	21	2
M12	9.853	84.3	1.75	8.0	10	19	21.10	24	2.5
M16	13.546	157	2	10	13	24	26.75	30	3
M20	16.933	245	2.5	13	16	30	33.53	37	3
M24	20.319	353	3	15	19	36	39.98	44	4
M30	25.706	561	3.5	19	24	46	51.28	56	4
M36	31.092	817	4	23	29	55	61.31	66	5

Lampiran A-13 : Panjang ulir sekrup ISO Metrik



Nominal size d_ϕ in mm	Tap drill d_1	STUD			HOLE			
		IS: 1862-1967			IS: 4499-1968			
		Nut end length	Threaded length		Threaded end b_1 of the thread		Depth S of the threaded hole	
Metal end length	Type A		Type B	Stud type A	Stud type B	Stud type A	Stud type B	
M3	2.5	12	3.00- 4.00	4.50- 5.70	3	4.5	6	8
M4	3.3	14	4.00- 5.20	6.00- 7.20	4	6	8	10
M5	4.2	16	5.00- 6.20	7.50- 9.00	5	7.5	9	12
M6	5	18	6.00- 7.20	9.00-10.50	6	9	11	14
M8	6.75	22	8.00- 9.50	12.00-13.80	8	12	13	17
M10	8.5	26	10.00-11.50	15.00-16.80	10	15	16	21
M12	10.25	30	12.00-13.80	18.00-19.80	12	18	18	24
M16	14	38	16.00-17.80	24.00-26.10	16	24	23	31
M20	17.5	46	20.00-22.10	30.00-32.10	20	30	28	38
M24	21	54	24.00-26.10	36.00-38.50	24	36	33	45
M30	26.5	66	30.00-32.10	45.00-47.50	30	45	40	55
M36	32	78	36.00-38.50	54.00-67.00	36	54	47	65

Lampiran A-14 : Material bidang gesek

For Group I, $\mu_s = 0,125$ to $0,2$ for dry running, $\mu_s = 0,05$ for oil lubricated running against smooth surfaces, for Group III: $\mu_s = 0,025$

Group	Friction pairing	Coefficient of friction μ		$\frac{v_{rel}}{\text{continuous}} \text{ mm/s}$ °C	$\frac{p}{\text{kg/cm}^2}$	Cost
		dry	wet			
I	Grey iron, cast steel or steel with: Phenolic plastic	0,25	0,1 --- 0,15	100 150	0,5 --- 7	II
	Cotton fabric with plastic	0,4 --- 0,55	0,1 --- 0,2	100 150	0,5 --- 12	III
	Asbestos fabric with plastic	0,3 --- 0,5	0,1 --- 0,2	200 300	0,5 --- 20	III
	Asbestos pressed hydraulically with plastic	0,2 --- 0,35	0,1 --- 0,15	250 500	0,5 --- 80	III
	Metal fibre pressed with Buna	0,40 --- 0,55	0,1 --- 0,2	250 300	0,5 --- 80	III
	Graphitic carbon/steel	0,25	0,05 --- 0,1	350 550	0,5 --- 20	III
II	Grey iron, cast steel or steel with: Poplar wood	0,2 --- 0,35	0,1 --- 0,15	100 160	0,5 --- 5	I
	Leather	0,3 --- 0,5	0,12 --- 0,15	100	0,5 --- 2	I
	Cork	0,3 --- 0,5	0,15 --- 0,25	100	0,5 --- 1	I
	Felt	0,22	0,15	140	0,3 --- 7	I
	Vulkan fibre, paper	0,22	0,15	140	0,5 --- 3	I
III*	Hard steel/hard steel or Sintered metal wet with oil film	$\mu_s = 0,12 \dots 0,17$	$\mu_o = 0,06 \dots 0,11$	100	5 --- 30	III
	Hard steel/hard steel or sintered metal with oil flow	$\mu_s = 0,05 \dots 0,12$	$\mu_o = 0,03 \dots 0,07$	100	5 --- 40	III
IV	Grey iron/steel	0,15 --- 0,2	0,03 --- 0,06	250	5 --- 14	I
	Grey iron/grey iron	0,15 --- 0,25	0,02 --- 0,1	300	10 --- 15	I
V ^{1,4}	Steel shots/grey iron or steel, graphited	0,4 --- 0,5		350		II
	Steel balls/grey iron or steel, graphited	0,2 --- 0,3		300		III

Typical data for frequency of operation λ and Using life L_s for brakes for lifting equipment:

Type of equipment	λ (1/h)	L_s (h)
Lifts	60 --- 70	10000
Overhead travelling cranes	up to 120	10000
Cargo cranes (Harbour)	50 --- 120	15000
Grabbing cranes	100 --- 200	1500
Tub cranes	200 --- 300	1000
Foundry cranes	80 --- 150	5000
Stripper and soaking pit cranes	up to 600	200

Lampiran A-15 : Harga – harga kopling

Type	Figure refer table	μ	$k_c = \frac{1}{\mu \cdot d}$ kg/cm ²	$k_p = \frac{G_w}{\mu \cdot d}$ kg/cm ²	$k_f = \frac{F_A \cdot 10^3}{4 \cdot d \cdot r^2}$ HP 10 ³ mm ² /min	Other remarks
Clutches: Shoe, band, cone disc, j = 1 to 2	Table 29.1	0,15 --- 0,3	2 --- 5		1,0 --- 1,6	j = 1
Plate, j = 4 to 20		0,1 --- 0,25	0,8 --- 3,5		0,45 --- 0,65	dry running wet (oil) oil flow
Automobile wheel brakes	29.17	0,1 --- 0,15	3 --- 5,5			$b_s = 3,2 \dots 4,6 \text{ m/s}^2$ $G_w = \text{weight of the vehicle per brake}$
Passenger car		0,1 --- 0,15	3 --- 5,5	4,8 --- 5		
Truck		0,1 --- 0,15	3 --- 5,5	4 --- 6		
Crane brakes	29.32	0,3 --- 0,4	0,2 --- 0,5		0,8 --- 1,4	for: Load $b_s < 1,4 \text{ m/s}^2$ $t_d = 0,5 \dots 5 \text{ sec.}$ = end L_d (Table 29.5)
Holding brakes	to	0,3 --- 0,4	0,75			
Stopping brakes	29.34	0,3 --- 0,4	0,2 --- 0,4			
Lowering brakes		0,3 --- 0,4	0,25			
Dynamometer brakes	29.18	0,2 --- 0,5			1,1 --- 1,5	for $\theta_{sk} = 60^\circ \text{ C}$ Dry running and air cooling
					6,5 --- 11	Dry running and water cooling
					22 --- 25	Water lubrication and water cooling

Empirical values for $C = M_c/M_M$

For friction clutches between	for brakes	C	Remarks
Electric motor/centrifugal pump		1,3 --- 1,5	
Electric motor/light machine tools		1,3 --- 1,5	
Electric motor/press, punching machine		1,4 --- 1,5	
Steam turbine/turbo compressor		1,4 --- 1,8	
Electric motor/size reduction machine		2 --- 2,5	
Water turbine mill drive		2 --- 2,5	
Electric motor/centrifuges, roller bed		2,5 --- 3	
Diesel engine excavator drive		2,5 --- 3	
Drive/rolling mill, ball mill		3 --- 5	
Drive/automobile		2 --- 3	$M_M = \text{engine torque}$
	Hoist brake	2 --- 4	$M_M = \text{load torque}$
	Travel and revolving brake	0,5 --- 2	$M_M = \text{load torque}$

mpiran A-16 : Motor listrik tiga fase, tipe kurungan (200 v, 50/60 Hz)

Frekuensi	50 Hz												60 Hz												Motor GD			
	Kecepatan perputaran beban penuh	Kopel				Arus		Efisiensi			Faktor daya			Kopel				Arus		Efisiensi			Faktor daya					
		Kopel beban penuh	Kopel asut	Kopel pengunci	Kopel persipatan	Arus nominal	Arus asut	50% beban	75% beban	100% beban	50% beban	75% beban	100% beban	Kecepatan perputaran beban penuh	Kopel beban penuh	Kopel asut	Kopel pengunci	Kopel persipatan	Arus nominal	Arus asut	50% beban	75% beban	100% beban	50% beban		75% beban	100% beban	
																												(rpm)
2	2	2.920	7,34	200	225	170	81,1	390	85	88	88	84	88	89	3.510	6,10	170	195	145	80,2	330	83	86	87	89	91	91	0,4
	4	1.450	14,8	210	230	200	87,0	410	89	90	89	70	78	82	1.740	12,3	170	200	165	82,0	350	88	89	88	81	86	88	0,5
	6	965	22,2	190	220	185	83,1	370	92	92	91	72	80	84	1.160	18,5	160	190	160	81,2	320	92	92	91	79	85	86	1,4
	8	720	29,8	160	200	160	92,8	350	91	91	90	59	71	76	865	24,8	130	170	135	88,2	310	92	92	90	69	77	80	1,8
0	2	2.930	9,97	225	250	190	109	630	87	89	89	80	86	89	3.510	8,32	200	230	170	106	530	86	88	89	88	91	92	0,5
	4	1.440	20,1	210	230	200	112	570	90	90	89	76	83	86	1.730	16,9	180	200	170	109	500	89	90	89	83	88	89	0,8
	6	965	30,3	200	230	195	115	560	92	92	91	70	79	83	1.160	25,2	170	200	165	109	480	92	92	91	78	85	87	1,7
	8	720	40,6	160	190	160	131	470	90	90	89	58	69	74	865	33,8	130	170	135	125	470	91	91	90	62	72	77	2,1
7	2	2.900	12,4	220	250	190	128	770	90	91	91	88	91	92	3.490	10,3	190	220	165	128	650	87	89	89	92	93	94	0,8
	4	1.450	24,9	200	230	195	132	660	92	93	92	79	85	88	1.740	20,7	170	200	165	130	580	92	92	91	86	89	90	1,2
	6	965	37,3	190	230	190	141	650	91	91	90	70	79	84	1.160	31,1	160	200	160	132	560	92	92	91	81	87	89	1,8
	8	720	50,1	180	210	175	158	670	91	92	91	56	68	74	865	41,7	150	180	150	145	580	92	92	91	69	77	81	3,6
5	2	2.920	15,0	220	250	190	153	890	89	90	90	91	93	94	3.510	12,5	190	220	165	155	580	87	89	89	93	94	94	0,9
	4	1.450	30,2	200	230	195	162	820	93	93	92	80	85	87	1.740	25,2	170	200	165	157	690	93	93	92	86	90	90	1,4
	6	965	45,4	190	220	185	172	790	91	91	90	72	81	84	1.160	37,8	160	190	160	164	690	92	91	90	82	87	88	2,9
	8	725	60,5	150	190	155	189	710	91	91	90	61	72	76	865	50,7	120	160	130	178	620	93	92	90	72	79	81	4,1

Lampiran B

File out Fortran 90 "Program Roda Gigi Lurus"

! Last change: DH 8 Sep 2003 8:19 am
program RG_LURUS

! NAMA : DIDIK
! JURUSAN : TEKNIK MESIN
! N I M : 99 5214 092

IMPLICIT NONE
REAL

P,an1, reduksi,a,fc,Pd,d1_aksen,d2_aksen,pmodul,alfa0,z1,z2,perbandingan,&
z1bulat,z2bulat,banding,d01,d02,a0,ck,C0,dk1,dk2,df1,df2,H,Y1,Y2,v,Ft,&
fv,sigma_a1,sigma_a2,kH,Fb1_aksen,Fb2_aksen,FH_aksen,Fmin_aksen,b, &
bbulat,sigmaB,Sf1,Sf2,Tau_a,T1,T2,aKt,Cb,ds1,ds2,ds1bulat,ds2bulat, &
t2_ukuran,Sk1,bbulperm,d01bbul,Sk1perm

REAL, DIMENSION(2) :: sigma_B,HB
INTEGER i
CHARACTER (LEN=15) :: JUDUL="RODA GIGI LURUS"
CHARACTER (LEN=10) BHNPRS,BHNPSK,PNSPRS,PNSPSK,bh
CHARACTER (LEN=10), DIMENSION(2) :: BahanRG
CHARACTER (LEN=35), DIMENSION(2) :: PPB

open (1,FILE='DI-LURUS.DAT')
!---- J U D U L ----
CALL SYSTEM("CLS")
PRINT 1,JUDUL
1 FORMAT (32X,A15)
PRINT*
PRINT*
PRINT*

!----- STEP 1 -----
!PRINT*,"Daya yang akan ditransmisikan (P,satuan KW) : "
!READ (*,*) P
P=45
WRITE (1,*)"Daya yang akan ditransmisikan (P,satuan KW) : ",P
!PRINT*,"Putaran poros (n1,satuan rpm) : "
!READ (*,*) an1
an1=58.80062937
WRITE (1,*)"Putaran poros (n1,satuan rpm) : ",an1
!PRINT*,"Perbandingan reduksi (i) : "
!READ (*,*) reduksi
reduksi=2
WRITE (1,*)"Perbandingan reduksi (i) : ",reduksi
PRINT*,"Jarak sumbu poros (a,satuan mm) : "
READ (*,*) a

```

!----- STEP 2 -----
PRINT*
!PRINT*,"Faktor koreksi          (fc) : "
!read (*,*) fc
fc=1
WRITE (1,*)"Faktor koreksi          (fc) : ",fc
!----- STEP 3 -----
PRINT*
Pd=P*fc
PRINT 2,Pd
2 format (1X,"Daya rencana",27X,"(Pd) : ",F8.2,1X,"KW")
WRITE (1,2)Pd
!----- STEP 4 -----
PRINT*
d1_aksen=(2*a)/(1+reduksi)
d2_aksen=(2*a*reduksi)/(1+reduksi)
PRINT 3,d1_aksen,d2_aksen
3 format (1X,"Diameter sementara lingkaran jarak bagi RG 1 (d'1) : ",F6.2,1X,"mm",/,&
          1X,"Diameter sementara lingkaran jarak bagi RG 2 (d'2) : ",F6.2,1X,"mm")
WRITE (1,3)d1_aksen,d2_aksen
pause

!----- STEP 5 -----
100 PRINT*,"Modul pahat (m,satuan mm) : "
read (*,*) pmodul
PRINT*,"Sudut tekanan (derajat) : "
read (*,*) alfa0

!----- STEP 6 -----
z1=d1_aksen/pmodul
z2=d2_aksen/pmodul
perbandingan=z2/z1
PRINT 4,z1,z2,perbandingan
4 format (1X,"Jumlah gigi RG 1 (z1) : ",F5.1,1X,"mm",/,&
          1X,"Jumlah gigi RG 2 (z2) : ",F5.1,1X,"mm",/,&
          1X,"Perbandingan (z2/z1) ",F4.2)
WRITE (1,4)z1,z2,perbandingan
PRINT*
PRINT*,"Pembulatan z1 : "
read (*,*) z1bulat
PRINT*,"Pembulatan z2 : "
read (*,*) z2bulat
banding=z2bulat/z1bulat
PRINT 5,banding

```

5 format (1X,"Perbandingan : ",F4.2)

WRITE (1,5)banding

pause

!----- STEP 7 -----

d01=z1bulat*pmodul

d02=z2bulat*pmodul

a0=(d01+d02)/2.

PRINT 6,d01,d02,a0

6 format (1X,"Diameter lingkaran jarak bagi RG 1 (d01) : ",F6.2,1X,"mm",/,&

1X,"Diameter lingkaran jarak bagi RG 2 (d02) : ",F6.2,1X,"mm",/,&

1X,"Jarak sumbu poros (a0) : ",F6.2,1X,"mm")

WRITE (1,6)d01,d02,a0

pause

!----- STEP 8 -----

PRINT*,"Kelonggaran sisi (ck,satuan mm) : "

read (*,*) ck

PRINT*,"Kelonggaran belakang (C0,satuan mm) : "

read (*,*) C0

!----- STEP 9 -----

PRINT*

dk1=(z1bulat+2)*pmodul

dk2=(z2bulat+2)*pmodul

df1=(z1bulat-2)*pmodul

df2=(z2bulat-2)*pmodul

H=2*pmodul+ck

PRINT 7,dk1,dk2,df1,df2,H

7 format (1X,"Diameter kepala RG 1 (dk1) : ",F6.2,1X,"mm",/,&

1X,"Diameter kepala RG 2 (dk2) : ",F6.2,1X,"mm",/,&

1X,"Diameter kaki RG 1 (df1) : ",F6.2,1X,"mm",/,&

1X,"Diameter kaki RG 2 (df2) : ",F6.2,1X,"mm",/,&

1X,"Kedalaman pemotongan (H) : ",F6.2,1X,"mm")

WRITE (1,7)df1,df2,H

pause

!----- STEP 10 -----

PRINT*

PRINT*,"Faktor bentuk gigi RG 1 (Y1) : "

read (*,*) Y1

WRITE (1,*)"Faktor bentuk gigi RG 1 (Y1) : ",Y1

PRINT*,"Faktor bentuk gigi RG 2 (Y2) : "

read (*,*) Y2

WRITE (1,*)"Faktor bentuk gigi RG 2 (Y2) : ",Y2

!----- STEP 11 -----

```

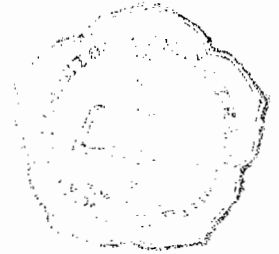
PRINT*
v=((3.14)*d01*an1)/(60*1000)
Ft=(102*Pd)/v
PRINT 8,v,Ft
8 format (1X,"Kecepatan keliling (v) : ",F5.2,1X,"m s",",.&
      1X,"Gaya tangensial (Ft) : ",F20.9,1X,"kg")
WRITE (1,8)v,Ft
pause

!----- STEP 12 -----
PRINT*
if (v.ge.0.5.or.v.le.10) then
  fv=3/(3+v)
elseif (v.ge.10.or.v.le.20) then
  fv=6/(6+v)
elseif (v.ge.20.or.v.le.50) then
  fv=5.5/(5.5+SQRT(v))
end if
PRINT 9,fv
9 format (1X,"Faktor dinamis (fv) : ",F6.3)
WRITE (1,9)fv
pause

!----- STEP 13 -----
do i=1,2
  PRINT*
  PRINT 10,i
  10 format (1X,"Untuk Roda Gigi ",I1,1X,":")
  PRINT*,"-----"
  PRINT*,"Bahan : "
  read (*,*) bahanRG(i)
  PRINT*,"Perlakuan panas : "
  read (*,*) PPB(i)
  PRINT*,"Kekuatan tarik (kg/mm2) : "
  read (*,*) sigma_B(i)
  PRINT 11,i
  11 format (1X,"Kekerasan permukaan sisi gigi ",4X,"(HB",I1,") : ")
  read (*,*) HB(i)
end do

!----- STEP 14 -----
PRINT*
PRINT*,"Tegangan lentur RG 1 yang diizinkan (kg/mm2) : "
read (*,*) sigma_a1
WRITE (1,*)"Tegangan lentur RG 1 yang diizinkan (kg/mm2) : ",sigma_a1
PRINT*,"Tegangan lentur RG 2 yang diizinkan (kg/mm2) : "

```



```
read (*,*) sigma_a2
WRITE (1,*)"Tegangan lentur RG 2 yang diizinkan      (kg/mm2) : ",sigma_a2
PRINT*,"Faktor tegangan kontak      (kH,satuan kg/mm2) : "
read (*,*) kH
WRITE (1,*)"Faktor tegangan kontak      (kH,satuan kg/mm2) : ",kH
!----- STEP 15 -----
PRINT*
Fb1_aksen=sigma_a1*pmodul*Y1*fv
Fb2_aksen=sigma_a2*pmodul*Y2*fv
FH_aksen =fv*kH*d01*((2*z2bulat)/(z1bulat+z2bulat))
Fmin_aksen=MIN(Fb1_aksen,Fb2_aksen,FH_aksen)
PRINT 12,Fb1_aksen,Fb2_aksen,FH_aksen,Fmin_aksen
12 format (1X,"Beban lentur izin RG 1 (F'b1) : ",F10.3,1X,"kg/mm",/,&
          1X,"Beban lentur izin RG 2 (F'b2) : ",F10.3,1X,"kg/mm",/,&
          1X,"Beban permukaan izin (F'H) : ",F10.3,1X,"kg/mm",/,&
          1X,"Harga minimum      (F'min) : ",F10.3,1X,"kg/mm")
WRITE (1,12)Fb1_aksen,Fb2_aksen,FH_aksen,Fmin_aksen
pause

!----- STEP 16 -----
PRINT*
b=Ft/Fmin_aksen
PRINT 13,b
13 format (1X,"Lebar sisi (b) : ",F15.7,1X,"mm")
WRITE (1,13)b
PRINT*
PRINT*,"Pembulatan b (mm) : "
read (*,*) bbulat

!----- STEP 17 -----
PRINT*
PRINT*,"Bahan poros      : "
read (*,*) BHNPRS
PRINT*,"Perlakuan panas      : "
read (*,*) PNSPRS
PRINT*,"Kekuatan tarik (kg/mm2) : "
read (*,*) sigmaB
WRITE (1,*)"Kekuatan tarik (kg/mm2) : ",sigmaB
PRINT*
PRINT*,"Faktor keamanan : "
PRINT*,"-----"
PRINT*,"Sf1 : "
read (*,*) Sf1
WRITE (1,*)"Sf1 : ",Sf1
PRINT*,"Sf2 : "
read (*,*) Sf2
```

```

WRITE (1,*)"Sf2 : ",Sf2
Tau_a=sigmaB/(Sf1*Sf2)
PRINT*
PRINT*,"Bahan pasak      : "
read (*,*) BHNPSK
PRINT*,"Perlakuan panas  : "
read (*,*) PNSPSK

!----- STEP 18 -----
PRINT*
T1=9.74*10**5*(P/an1)
T2=9.74*10**5*(P*banding/an1)
PRINT*,"Faktor koreksi ASME (Kt) : "
read (*,*) aKt
WRITE (1,*)"Faktor koreksi ASME (Kt) : ",akt
PRINT*,"Faktor pembebanan lentur (Cb) : "
read (*,*) Cb
WRITE (1,*)"Faktor pembebanan lentur (Cb) : ",Cb
ds1=((5.1/Tau_a)*aKt*Cb*T1)**(1/3.)
ds2=((5.1/Tau_a)*aKt*Cb*T2)**(1/3.)
PRINT 14,ds1,ds2
14 format (1X,"Diameter poros (ds1) : ",F6.2,1X,"mm"/,&
          1X,"Diameter poros (ds2) : ",F6.2,1X,"mm")
WRITE (1,14)ds1,ds2
pause
PRINT*,"Pembulatan ds1      : "
read (*,*) ds1bulat
PRINT*,"Pembulatan ds2      : "
read (*,*) ds2bulat
PRINT*,"Ukuran nominal pasak (bxh) : "
read (*,*) bh
PRINT*,"Ukuran standar (t2,satuan mm) : "
read (*,*) t2_ukuran
Sk1=df1/2.-(ds1/2.+t2_ukuran)
PRINT 15,Sk1
15 format (1X,"Tebal antara dasar alur pasak dan dasar kaki gigi (Sk1) :
",F5.2,1X,"mm")
WRITE (1,15)Sk1
pause

!----- STEP 19 -----
bbulperm=bbulat/pmodul
d01bbul=d01/bbulat
Sk1perm=Sk1/pmodul
if (bbulperm.ge.6.or.bbulperm.le.10.and.d01bbul.gt.1.5.and.Sk1perm.gt.2.2) then
  continue

```

```

else
  PRINT*,"Dari Hasil perhitungan : "
  PRINT*,"-----"
  PRINT 16,bbulperm,d01bbul,Sk1perm
  16 format (1X,"Harga b/m ( syarat :  $6 < (b/m) < 10$  ) : ",F6.2,/,&
    1X,"Harga d01/b ( syarat :  $(d01/b) < 1.5$  ) : ",F5.2,/,&
    1X,"Harga Sk1/m ( syarat :  $(sk1/m) > 2.2$  ) : ",F5.2)
  WRITE (1,16)bbulperm,d01bbul,Sk1perm
  PRINT*
  PRINT*,"Salah satu syarat tidak terpenuhi, maka kembali ke STEP 5"
  pause
  goto 100
end if

```

!----- STEP 20 -----!

```

PRINT 17,ck,C0,pmodul,alfa0,z1bulat,z2bulat,a,dk1,dk2,bbulat,&
bahanRG(1),sigma_B(1),HB(1),PPB(1),bahanRG(2),sigma_B(2),HB(2), &
PPB(2), BHNPRS,PNSPRS,ds1bulat,ds2bulat,BHNPSK,PNSPSK,bh

```

```

17 format (1X,"Kelonggaran sisi (ck) : ",F4.2,/,&
  1X,"Kelonggaran sisi (C0) : ",F4.2,/,&
  1X,"Modul pahat (m) : ",F4.1,/,&
  1X,"Sudut tekanan pahat : ",F4.1,1X,"derajat",/,&
  1X,"Jumlah gigi (z1) : ",F5.1,/,&
  1X,"Jumlah gigi (z2) : ",F5.1,/,&
  1X,"Jarak sumbu poros (a) : ",F6.2,1X,"mm",/,&
  1X,"Diameter kepala (dk1) : ",F6.2,1X,"mm",/,&
  1X,"Diameter kepala (dk2) : ",F6.2,1X,"mm",/,&
  1X,"Lebar gigi (b) : ",F6.2,1X,"mm",/,&
  1X,"Bahan roda gigi 1 : ",A10,/,&
  1X,"Kekuatan tarik roda gigi 1 : ",F4.1,1X,"kg/mm2",/,&
  1X,"Kekerasan permukaan sisi gigi roda gigi 1 : ",F5.1,/,&
  1X,"Perlakuan panas roda gigi 1 : ",A35,/,&
  1X,"Bahan roda gigi 2 : ",A10,/,&
  1X,"Kekuatan tarik roda gigi 2 : ",F10.3,1X,"kg/mm2",/,&
  1X,"Kekerasan permukaan sisi gigi roda gigi 2 : ",F5.1,/,&
  1X,"Perlakuan panas roda gigi 1 : ",A35,/,&
  1X,"Bahan poros : ",A10,/,&
  1X,"Perlakuan panas roda gigi 2 : ",A35,/,&
  1X,"Diameter poros (ds1) : ",F10.3,1X,"mm",/,&
  1X,"Diameter poros (ds2) : ",F10.3,1X,"mm",/,&
  1X,"Bahan pasak : ",A10,/,&
  1X,"Perlakuan panas pasak : ",A35,/,&
  1X,"Ukuran nominal pasak (bxh) : ",A10)

```

!-----!


```
WRITE (1,17)ck,C0,pmodul,alfa0,z1bulat,z2bulat,a,dk1,dk2,bbulat,&  
bahanRG(1),sigma_B(1),HB(1),PPB(1),bahanRG(2),sigma_B(2),HB(2), &  
PPB(2), BHNPRS,PNSPRS,ds1bulat,ds2bulat,BHNPSK,PNSPSK,bh
```

```
close (1)
```

```
stop
```

```
end program RG_LURUS
```

Lampiran C

File out Fortran 90 "Program Kopling Flens"

! Last change: DH 25 Oct 2003 6:30 pm
program flens

! NAMA : DIDIK
! JURUSAN : TEKNIK MESIN
! N I M : 99 5214 092

implicit none

REAL V,DS1

CHARACTER (LEN=15) BP,PP,BB,PPB,BF

CHARACTER (LEN=15) :: JUDUL="KOPLING FLENS"

!.....JUDUL.....

CALL SYSTEM("CLS")

PRINT 1,JUDUL

1 FORMAT (16X,A15)

PRINT*

PRINT*

PRINT*

!.....STEP 1.....

PRINT *,'DAYA YANG DITRANSMISIKAN P(Kw)..... ='

READ(*,*)P

PRINT *,'PUTARAN INPUT n1(rpm)..... ='

READ(*,*)N1

!.....STEP 2.....

PRINT *,'FAKTOR KOREKSI Fc..... ='

READ(*,*)FC

!.....STEP 3.....

PD=FC*P

PRINT 2,PD

2 FORMAT (1X,'DAYA RENCANA Pd =',F6.3,1X,'KW')

!.....STEP 4.....

T=9.74*(10**5)*(PD/N1)

PRINT 3,T

3 FORMAT (1X,'MOMEN RENCANA T =',F10.3,1X,'(kg mm³)')

PAUSE

!.....STEP 5.....

PRINT *,'BAHAN POROS..... ='

READ(*,*)BP

PRINT *,'PERLAKUAN PANASNYA..... ='

READ(*,*)PP

PRINT *,'KEKUATAN TARIK BAHAN (kg/mm²)..... ='

READ(*,*)TAUB

```

PRINT *,'FAKTOR KEAMANAN sf1..... ='
READ (*,*)SF1
PRINT *,'FAKTOR KEAMANAN sf2..... ='
READ (*,*)SF2

!.....STEP 6.....
TSA = TAUB:(SF1*SF2)
PRINT 4,TSA
4 FORMAT (1X,'TEG. GESER POROS YG. DIJINKAN ....
-'F7.3,1X,'(kg,mm2)')

!.....STEP 7.....
PRINT *,'FAKTOR KOREKSI PUNTIRAN Kt..... ='
READ (*,*)KT
PRINT *,'FAKTOR KOREKSI LENTURAN Cb..... ='
READ (*,*)CB

!.....STEP 8.....
DS1 = ((5.1/TSA)*KT*CB*T)**(1./3)
PRINT 5,DS1
5 FORMAT (1X,'DIAMETER POROS Ds..... ='F7.3,1X,'mm')
PRINT *,'PEMBULATAN DIAMETER POROS Ds (mm)... ='
READ (*,*)DS
PAUSE

!.....STEP 9.....
100 PRINT *,'DIAMETER LUAR KOPLING FLENS A (mm).. ='
READ (*,*)A
PRINT *,'DIAMETER NAF (BOS) C (mm)..... ='
READ (*,*)C
PRINT *,'PANJANG NAF L (mm)..... ='
READ (*,*)L
PRINT *,'DIAMETER PUSAT BAUT B (mm)..... ='
READ (*,*)B
PRINT *,'DIAMETER BAUT a (mm)..... ='
READ (*,*)A1
PRINT *,'JUMLAH BAUT n..... ='
READ (*,*)N

!.....STEP 10.....
PRINT *,'NILAI EFEKTIF BAUT e..... ='
READ (*,*)E
NE=E*N
PRINT 6,NE
6 FORMAT (1X,'JUMLAH BAUT EFEKTIF Ne..... ='I3,1x,'buah')

!.....STEP 11.....

```

```

TB=(8*T)/(3.14*(A1**2)*NE*B)
PRINT 7,TB
7 FORMAT (1X,'TEG. GESER BAUT TB..... =' ,F7.3,1X,'(kg/mm2)')
PAUSE
!.....STEP 12.....
PRINT *,'BAHAN BAUT..... ='
READ (*,*)BB
PRINT *,'PERLAKUAN PANASNYA..... ='
READ (*,*)PPB
PRINT *,'KEKUATAN TARIK BAHAN (kg/mm2)..... ='
READ (*,*)TAUBB
PRINT *,'FAKTOR KEAMANAN Sfb..... ='
READ (*,*)SFB
PRINT *,'FAKTOR KKOREKSI Kb..... ='
READ (*,*)Kb

!.....STEP 13.....
TBB=TAUBB/(SFB*Kb)
PRINT 8,TBB
8 FORMAT (1X,'TEG. GESER BAUT IJIN..... =' ,F7.3,1X,'(kg/mm2)')

!.....STEP 14.....
IF (TB.LT.TBB) THEN
else
    PRINT *,'-----PERHITUNGAN KURANG FALIT-----'
    GOTO 100
END IF
    PRINT *,'-----PERHITUNGAN BAIK, LANJUTKAN-----'
PAUSE
!.....STEP 15.....
200 PRINT *,'BAHAN FLENS..... ='
READ (*,*)BF
PRINT *,'TEBAL FLENS F (mm)..... ='
READ (*,*)F
PRINT *,'KEKUATAN TARIK BAHAN (kg/mm2)..... ='
READ (*,*)TAUBF
PRINT *,'FAKTOR KEAMANAN Sff..... ='
READ (*,*)SFF
PRINT *,'FAKTOR KKOREKSI Kf..... ='
READ (*,*)Kf

!.....STEP 16.....
TBF=TAUBF/(SFF*KF)
PRINT 9,TBF
9 FORMAT (1X,'TEG. GESER FLENS IJIN ..... =' ,F7.3,1X,'(kg/mm2)')

```

```

!.....STEP 17.....
TF=(2*T)/(3.14*(N1**2)*F)
PRINT 10,TF
10 FORMAT (1X,'TEG. GESER FLENS TF..... =',F7.3,1X,'(kg/mm2)')

!.....STEP 18.....
V=TF*Kf
IF (V.LT.TBF) THEN
else
    PRINT *,'----PERHITUNGAN KURANG FALIT-----'
    GO TO 200
END IF
    PRINT *,'-----PERHITUNGAN BAIK-----'
PAUSE
!.....STEP 19.....
PRINT 11,BP,PP,TAUB,SF1,SF2,TSA,KT,CB,DS,&
    BB,PPB,TAUBB,SFB,Kb,TBB,B,A1,N,E,NE,TB,&
    BF,F,TAUBF,SFF,KF,TBF,TF,A,L,C
11 FORMAT (1X,'BAHAN POROS ..... =',A10,/,&
    1X,'PERLAKUAN PANASNYA..... =',A10,/,&
    1X,'KEKUATAN TARIK BAHAN ..... =',F7.3,1X,'(kg/mm2)',/,&
    1X,'FAKTOR KEAMANAN 1..... =',F7.3,/,&
    1X,'FAKTOR KEAMANAN 2..... =',F7.3,/,&
    1X,'TEG. GESER POROS YG. DIJINKAN =',F7.3,1X,'(kg/mm2)',/,&
    1X,'FAKTOR KOREKSI PUNTIRAN Kt.... =',I3,/,&
    1X,'FAKTOR KOREKSI LENTURAN Cb..... =',F6.3,/,&
    1X,'DIAMETER POROS Ds ..... =',F7.3,1X,'(mm)',/,&
    1X,'BAHAN BAUT..... =',A10,/,&
    1X,'PERLAKUAN PANASNYA..... =',A10,/,&
    1X,'KEKUATAN TARIK BAHAN ..... =',F6.3,1X,'(kg/mm2)',/,&
    1X,'FAKTOR KEAMANAN Sfb..... =',F6.3,/,&
    1X,'FAKTOR KKOREKSI Kb..... =',I3,/,&
    1X,'TEG. GESER BAUT IJIN ..... =',F6.3,1X,'(kg/mm2)',/,&
    1X,'DIAMETER PUSAT BAUT B ..... =',F7.3,1X,'(mm)',/,&
    1X,'DIAMETER BAUT a ..... =',F6.3,1X,'(mm)',/,&
    1X,'JUMLAH BAUT n..... =',I3,/,&
    1X,'NILAI EFEKTIF BAUT e..... =',F6.3,/,&
    1X,'JUMLAH BAUT EFEKTIF Ne..... =',I3,/,&
    1X,'TEG. GESER BAUT TB ..... =',F6.3,1X,'(kg/mm2)',/,&
    1X,'BAHAN FLENS..... =',A10,/,&
    1X,'TEBAL FLENS F ..... =',F6.3,1X,'(mm)',/,&
    1X,'KEKUATAN TARIK BAHAN ..... =',F6.3,1X,'(kg/mm2)', .&
    1X,'FAKTOR KEAMANAN Sff..... =',F6.3,/,&
    1X,'FAKTOR KKOREKSI Kf..... =',I3,/,&
    1X,'TEG. GESER FLENS IJIN ..... =',F6.3,1X,'(kg/mm2)',/,&
    1X,'TEG. GESER FLENS TF ..... =',F6.3,1X,'(kg/mm2)',/,&

```

```
1X,'DIAMETER LUAR KOPLING FLENS A.. ='F7.3,1x,'(mm)'/,&  
1X,'PANJANG NAF L ..... ='I3,1x,'(mm)'/,&  
1X,'DIAMETER NAF (BOS) C ..... ='F7.3,1x,'(mm)')
```

```
!..... STEP 20.....
```

```
OPEN (1,FILE 'DI-FLENS.DAT')
```

```
WRITE (1,11)BP,PP,TAUB,SF1,SF2,TSA,KT,CB,DS,&  
BB,PPB,TAUBB,SFB,Kb,TBB,B,A1,N,E,NE,TB,&  
BF,F,TAUBF,SFF,KF,TBF,TF,A,L,C
```

```
CLOSE (1)
```

```
!.....
```

```
STOP
```

```
END
```

Lampiran D

File out Fortran 90 "Program Roda Gigi Kerucut Lurus"

! Last change: DH 25 Oct 2003 7:19 am
program kerucut

! NAMA : DIDIK
! JURUSAN : TEKNIK MESIN
! NIM : 99 5214 092

implicit none

REAL

phi,P, reduksi, sigma, R, f, Pd, sigrad, delta1, delta2, d1, d2, amodul, alfa0, z1, z2, &
z2perz1, z1_2, z2_2, z2_2perz1_2, delta1_2, delta2_2, delta1_der, delta2_der, &
delta1_2der, delta2_2der, x1_faktor, x2_faktor, hk1, hk2, hf1, hf2, H, d1_2, d2_2, &
v, Ft, ck, Co, teta_k1, teta_k2, teta_f1, teta_f2, teta_k1_der, teta_k2_der, &
teta_f1_der, teta_f2_der, delta_k1, delta_f1, delta_k1_der, &

delta_k2_der, delta_f1_der, delta_f2_der, dk1, dk2, X1_jarak, X2_jarak, alfa0rad, &
s1, s2, aKv, aJ1, aJ2, aK0, aKm, aKs, Fb1_aksen, Fb2_aksen, sigma_c, Cp, Cv, gml, &
C0, Cm, Cf, FH_aksen, Fmin_aksen, b, b2, b2peramodul, Rperb2

REAL, DIMENSION(2) :: sigma_b, HB

INTEGER n1, i

CHARACTER (LEN=1) pembulatan, bulat

CHARACTER (LEN=25) :: judul="RODA GIGI KERUCUT LURUS"

CHARACTER (LEN=10), DIMENSION(2) :: BahanRG

CHARACTER (LEN=35), DIMENSION(2) :: panas

call system("cls")

!-----JUDUL-----

PRINT 1, judul

1 format (27X, A25)

PRINT*

PRINT*

PRINT*

!---- NILAI PHI ----

phi=4*ATAN(1.0)

PRINT 111, phi

111 format (1x, 'nilai phi =', f10.2)

!----- STEP 1 -----

PRINT*, "Daya yang akan ditransmisikan (KW) : "

read (*, *) P

PRINT*, "Putaran poros penggerak (rpm) : "

read (*, *) n1

PRINT*, "Perbandingan reduksi : "

read (*, *) reduksi

```

PRINT*,"Sudut poros (derajat) : "
read (*,*) sigma
PRINT*,"Sisi kerucut (mm) : "
read (*,*) R

!----- STEP 2 -----
PRINT*,"Faktor koreksi : "
read (*,*) fc

!----- STEP 3 -----
Pd=P*fc
PRINT 5,Pd
5 format (1X,"Daya rencana : ",F20.9,1X,"KW")
pause

!----- STEP 4 -----
PRINT*
  sigrad=(sigma/180)*phi !KONVERSI DERAJAT KE RADIAN
  delta1=ATAN(1/reduksi)
  delta2=sigrad-delta1
  d1=2*R *SIN(delta1)
  d2=2*R*SIN(delta2)
delta1_der=(delta1*180)/phi !KONVERSI RADIAN KE DERAJAT
delta2_der=(delta2*180)/phi !-----"-----
print 10,delta1_der,delta2_der,d1,d2
10 format (1X,"Sudut kerucut jarak bagi ujung luar RG 1 : ",F5.2,1X,"derajat",/,&
  1X,"Sudut kerucut jarak bagi ujung luar RG 2 : ",F5.2,1X,"derajat",/,&
  1X,"Diameter jarak bagi ujung luar RG 1 : ",F6.2,1X,"mm",/,&
  1X,"Diameter jarak bagi ujung luar RG 2 : ",F6.2,1X,"mm")
pause

!----- STEP 5 -----
PRINT*
PRINT*,"Modul (mm) : "
read (*,*) amodul
PRINT*,"Sudut tekanan (derajat) : "
read (*,*) alfa0

!----- STEP 6 -----
PRINT*
  z1=d1/amodul
  z2=d2/amodul
z2perz1=z2/z1
100 PRINT 15,z1,z2,z2perz1
15 format (1X,"Jumlah gigi RG 1 : ",F5.2,/,&
  1X,"Jumlah gigi RG 2 : ",F5.2,/,&

```

```

1X,"Perbandingan gigi : ",F7.4)
PRINT*
17 PRINT*,"Apakah perlu pembulatan (Y.T) ? "
read (*,*) pembulatan
if (pembulatan.eq."y".or.pembulatan.eq."Y") then
  PRINT*,"Jumlah gigi RG 1 : "
  read (*,*)z1_2
  PRINT*,"Jumlah gigi RG 2 : "
  read (*,*)z2_2
  z2_2perz1_2=z2_2/z1_2
  PRINT 20,z2_2perz1_2
  20 format (1X,"Perbandingan : ",F8.6)
elseif (pembulatan.eq."t".or.pembulatan.eq."T") then
  continue
else
  GOTO 17
end if
pause

!----- STEP 7 -----
PRINT*
  delta1_2=ATAN(z1_2/z2_2)
  delta2_2=sigma-delta1_2
delta1_2der=delta1_2*(180/phi) !KONVERSI RADIAN KE DERAJAT
delta2_2der=sigma-delta1_2der !-----"-----
  d1_2=z1_2*amodul
  d2_2=z2_2*amodul
  ! d1_2=2*R*SIN(delta1_2)
  ! d2_2=2*R*SIN(delta2_2)
  PRINT 25,delta1_2der,delta2_2der,d1_2,d2_2
  25 format (1X,"Sudut kerucut jarak bagi RG 1 : ",F10.3,1X,"derajat",/,&
    1X,"Sudut kerucut jarak bagi RG 2 : ",F10.3,1X,"derajat",/,&
    1X,"Diameter lingkaran jarak bagi RG 1 : ",F7.3,1X,"mm",/,&
    1X,"Diameter lingkaran jarak bagi RG 2 : ",F7.3,1X,"mm")

pause

!----- STEP 8 -----
PRINT*
v=(phi*d1_2*n1)/(60*1000)
Ft=(102*Pd)/v
PRINT 30,v,Ft
30 format (1X,"Kecepatan keliling : ",F4.2,1X,"m/s",/,&
  1X,"Gaya tangensial : ",F15.6,1X,"kg")
pause

```

```

!----- STEP 9 -----
PRINT*
PRINT*,"Kelonggaran puncak (mm) : "
read (*,*) ck
PRINT*,"Kelonggaran belakang (mm) : "
read (*,*) Co

!----- STEP 10 -----
PRINT*
x1_faktor=0.46*(1-(z1_2/z2_2)**2)
x2_faktor=-x1_faktor
PRINT 35,x1_faktor,x2_faktor
35 format (1X,"Faktor perubahan kepala RG 1 : ",F6.3,",&
          1X,"Faktor perubahan kepala RG 2 : ",F6.3)
pause

!----- STEP 11 -----
PRINT*
hk1=(1+x1_faktor)*amodul
hk2=(1-x1_faktor)*amodul
hf1=((1-x1_faktor)*amodul)+ck
hf2=((1+x1_faktor)*amodul)+ck
H=(2*amodul)+ck
PRINT 40,hk1,hk2,hf1,hf2,H
40 format (1X,"Tinggi kepala RG 1 : ",F5.3,1X,"mm"/,",&
          1X,"Tinggi kepala RG 2 : ",F5.3,1X,"mm"/,",&
          1X,"Tinggi kaki RG 1 : ",F5.3,1X,"mm"/,",&
          1X,"Tinggi kaki RG 2 : ",F5.3,1X,"mm"/,",&
          1X,"Kedalaman gigi penuh : ",F6.3,1X,"mm")
pause

!----- STEP 12 -----
PRINT*
!DALAM SATUAN RADIAN
teta_k1=ATAN(hk1/R)
teta_k2=ATAN(hk2/R)
teta_f1=ATAN(hf1/R)
teta_f2=ATAN(hf2/R)
delta_k1=delta1_2+teta_k1
delta_f1=delta1_2-teta_f1

!KONVERSI RADIAN KE DERAJAT
teta_k1_der=teta_k1*(180/phi)
teta_k2_der=teta_k2*(180/phi)
teta_f1_der=teta_f1*(180/phi)
teta_f2_der=teta_f2*(180/phi)

```

```
delta_k1_der=delta_k1*(180/phi)
delta_k2_der=delta2_2der+teta_k2_der
delta_f1_der=delta_f1*(180/phi)
delta_f2_der=delta2_2der-teta_f2_der
```

```
PRINT 45,teta_k1_der,teta_k2_der,teta_f1_der,teta_f2_der,&
      delta_k1_der,delta_k2_der,delta_f1_der,delta_f2_der
```

```
45 format (1X,"Sudut kepala RG 1 : ",F6.3,1X,"derajat",/,&
          1X,"Sudut kepala Rg 2 : ",F6.3,1X,"derajat",/,&
          1X,"Sudut kaki RG 1 : ",F6.3,1X,"derajat",/,&
          1X,"Sudut kaki RG 2 : ",F6.3,1X,"derajat",/,&
          1X,"Sudut kerucut kepala RG 1 : ",F6.3,1X,"derajat",/,&
          1X,"Sudut kerucut kepala RG 2 : ",F10.3,1X,"derajat",/,&
          1X,"Sudut kerucut kaki RG 1 : ",F6.3,1X,"derajat",/,&
          1X,"Sudut kerucut kaki RG 2 : ",F10.3,1X,"derajat")
```

pause

```
!----- STEP 13 -----
```

```
PRINT*
```

```
dk1=d1_2+(2*hk1*COS(delta1_2))
dk2=d2_2+(2*hk2*COS(delta2_2))
X1_jarak=(d2_2/2)-(hk1*SIN(delta1_2))
X2_jarak=(d1_2/2)-(hk2*SIN(delta2_2))
alfa0rad=(alfa0/180)*phi      !KONVERSI DERAJAT KE RADIAN
s1=(0.5*phi+2*x1_faktor*TAN(alfa0rad))*amodul
s2=(0.5*phi-2*x1_faktor*TAN(alfa0rad))*amodul
PRINT 50,dk1,dk2,X1_jarak,X2_jarak,s1,s2
```

```
50 format (1X,"Diameter lingkaran kepala RG 1 : ",F7.3,1X,"mm",/,&
          1X,"Diameter lingkaran kepala RG 2 : ",F7.3,1X,"mm",/,&
          1X,"Jarak dari puncak sampai puncak gigi luar RG 1 : ",F7.3,1X,"mm",/,&
          1X,"Jarak dari puncak sampai puncak gigi luar RG 2 : ",F7.3,1X,"mm",/,&
          1X,"Tebal lingkaran gigi Rg 1 : ",F10.3,1X,"mm",/,&
          1X,"Tebal lingkaran gigi RG 2 : ",F10.3,1X,"mm")
```

pause

```
!----- STEP 14 -----
```

```
PRINT*
```

```
do i=1,2
```

```
PRINT*,'Gunakan tanda " _ " atau "- " sebagai pengganti spasi kosong !'
```

```
PRINT 55,i
```

```
55 format (1X,"Untuk Roda Gigi ",I1)
```

```
PRINT*,"Bahan : "
```

```
read (*,*) BahanRG(i)
```

```
PRINT*,"Perlakuan panas : "
```

```

    read (*,*) panas(i)
    PRINT*,"Tegangan lentur izin Ta(kg/mm2) : "
    read (*,*) sigma_b(i)
    PRINT*,"Kekerasan permukaan gigi HB: "
    read (*,*) HB(i)
    PRINT*
end do

!----- STEP 15 -----
PRINT*,"Faktor dinamis Kv: "
read (*,*) aKv
PRINT*,"Faktor geometri RG 1 J1: "
read (*,*) aJ1
PRINT*,"Faktor geometri RG 2 J2: "
read (*,*) aJ2
PRINT*,"Faktor beban lebih Ko: "
read (*,*) aK0
PRINT*,"Faktor distribusi beban Km: "
read (*,*) aKm

if (amodul.ge.1.5) then
    aKs=amodul**0.25/2.24
elseif (amodul.lt.1.5) then
    aKs=0.5
end if

PRINT 60,aKs
60 format (1X,"Faktor ukuran : ",F6.3)
pause

!----- STEP 16 -----
PRINT*
Fb1_aksen=sigma_b(1)*amodul*((aKv*aJ1)/(aK0*aKs*aKm))
Fb2_aksen=sigma_b(2)*amodul*((aKv*aJ2)/(aK0*aKs*aKm))
65 format (1X,"Beban lentur izin RG 1 (F'b1) : ",F10.3,1X,"kg/mm",/,&
    1X,"Beban lentur izin RG 2 (F'b2) : ",F10.3,1X,"kg/mm")
pause

!----- STEP 17 -----
PRINT*
PRINT*,"Tegangan kontak izin minimum Tc (kg/mm2) : "
read (*,*) sigma_c
PRINT*,"KOefisien elastis (kg/mm2) Cp2: "
read (*,*) Cp
PRINT*,"Faktor dinamis Cv: "
read (*,*) Cv

```

```

PRINT*,"Faktor geometri l. "
read (*,*) gml
PRINT*,"Faktor beban lebih Co: "
read (*,*) C0
PRINT*,"Faktor distribusi beban Cm. "
read (*,*) Cm
PRINT*,"Faktor kondisi permukaan Cf. "
read (*,*) Cf

!----- STEP 18 -----
PRINT*
FH_aksen=(sigma_c**2)*(d1_2/Cp)*((Cv*gml)/(C0*Cm*Cf))
PRINT 70,FH_aksen
PRINT 65,Fb1_aksen,Fb2_aksen
70 format (1X,"Beban permukaan (F'H) : ",F5.2,1X,"kg/mm")

!----- STEP 19 -----
PRINT*
Fmin_aksen=MIN(Fb1_aksen,Fb2_aksen,FH_aksen)
PRINT 75,Fmin_aksen
75 format (1X,"Harga terkecil (F'b1,F'b2,F'H) : ",F5.2,1X,"kg/mm")
pause

!----- STEP 20 -----
PRINT*
b=Ft/Fmin_aksen
PRINT 80,b
80 format (1X,"Lebar gigi : ",F15.6,1X,"mm")
85 PRINT*,"Apakah perlu pembulatan (Y/T)? "
read (*,*) bulat
if (bulat.eq."Y".or.bulat.eq."y") then
    PRINT*,"Lebar gigi : "
    read (*,*)b2
elseif (bulat.eq."t".or.bulat.eq."T") then
    continue

    goto 85
end if

!----- STEP 21 -----
PRINT*
b2peramodul=b2/amodul
Rperb2=R/b2
if (b2peramodul.lt.10.or.Rperb2.le.3) then
    continue

```

```

PRINT*,"Perhitungan tidak valid."
goto 100
end if

```

```

!----- STEP 22 -----

```

```

call system("cls")
PRINT 90,amodul,alfa0,ck,Co,z1_2,z2_2,delta1_der,delta2_der,&
dk1,dk2,X1_jarak,X2_jarak,delta_k1_der,delta_k2_der,&
delta_f1_der,delta_f2_der,BahanRG(1),panas(1),BahanRG(2),&
panas(2),HB(1),HB(2)

```

```

90 format (1X,"Modul (m) : ",F5.2,1X,"mm",/,&
1X,"Sudut tekanan : ",F7.3,1X,"derajat",/,&
1X,"Kelonggaran puncak (ck) : ",F5.3,1X,"mm",/,&
1X,"Kelonggaran belakang (C0) : ",F5.3,1X,"mm",/,&
1X,"Jumlah gigi RG 1 (z1) : ",F4.1,/,&
1X,"Jumlah gigi RG 2 (z2) : ",F4.1,/,&
1X,"Sudut kerucut jarak bagi RG 1 : ",F5.2,1X,"derajat",/,&
1X,"Sudut kerucut jarak bagi RG 2 : ",F5.2,1X,"derajat",/,&
1X,"Diameter lingkaran kepala RG 1 : ",F7.3,1X,"mm",/,&
1X,"Diamater lingkaran kepala RG 2 : ",F7.3,1X,"mm",/,&
1X,"Jarak dari puncak ke puncak luar RG 1 : ",F7.3,1X,"mm",/,&
1X,"Jarak dari puncak ke puncak luar RG 2 : ",F7.3,1X,"mm",/,&
1X,"Sudut kerucut kepala RG 1 : ",F6.3,1X,"derajat",/,&
1X,"Sudut kerucut kepala RG 2 : ",F6.3,1X,"derajat",/,&
1X,"Sudut kerucut kaki RG 1 : ",F6.3,1X,"derajat",/,&
1X,"Sudut kerucut kaki RG 2 : ",F10.3,1X,"derajat",/,&
1X,"Bahan RG 1 : ",A10,/,&
1X,"Perlakuan panas : ",A35,/,&
1X,"Bahan RG 2 : ",A10,/,&
1X,"Perlakuan panas : ",A35,/,&
1X,"Kekerasan permukaan gigi RG 1 : ",F10.3,/,&
1X,"Kekerasan permukaan gigi RG 1 : ",F10.3)

```

```

!-----

```

```

95 continue
OPEN (1,FILE='DI-KERUCUT.DAT')
WRITE (1,90)amodul,alfa0,ck,Co,z1_2,z2_2,delta1_der,delta2_der,&
dk1,dk2,X1_jarak,X2_jarak,delta_k1_der,delta_k2_der,&
delta_f1_der,delta_f2_der,BahanRG(1),panas(1),BahanRG(2),&
panas(2),HB(1),HB(2)
CLOSE (1)

```

```

!-----

```

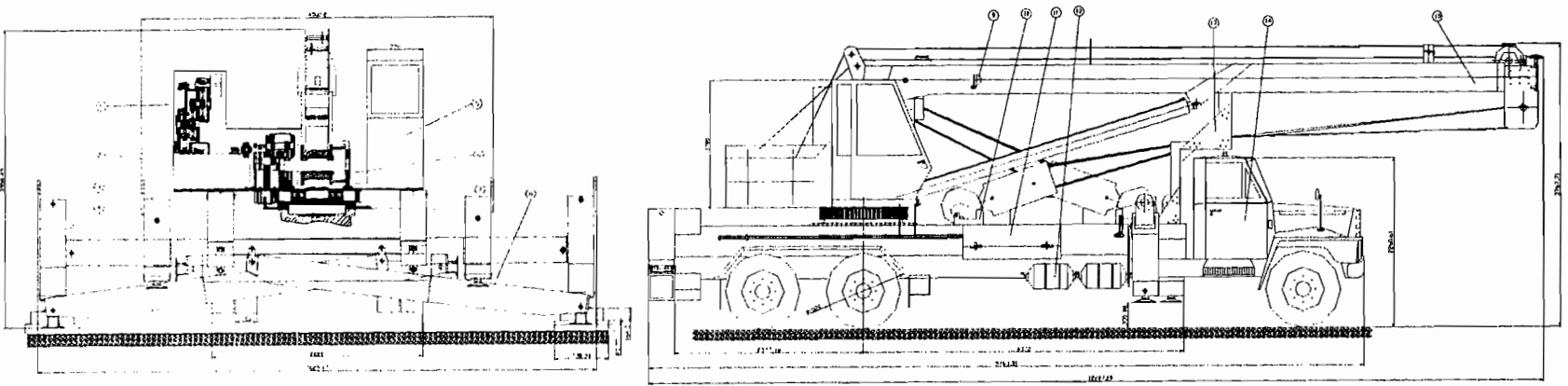
```

stop
end program kerucut

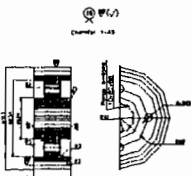
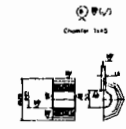
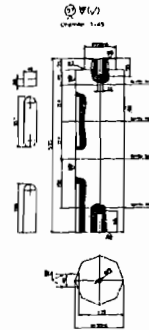
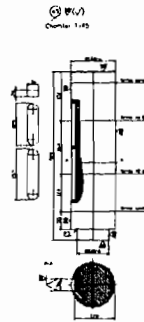
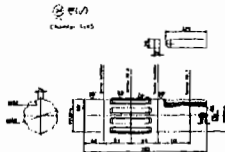
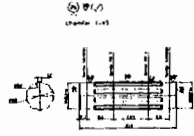
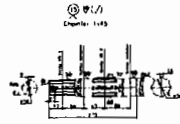
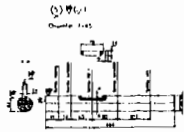
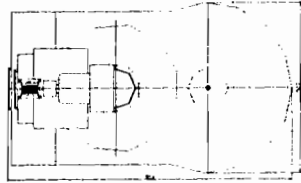
```


Lampiran E

Design hasil perancangan

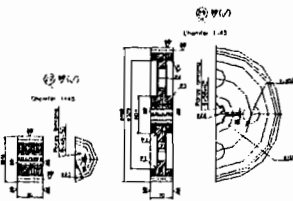
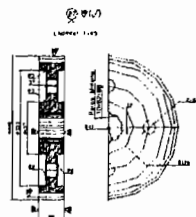
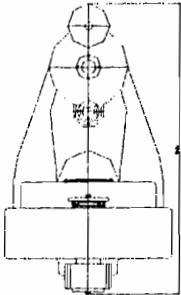
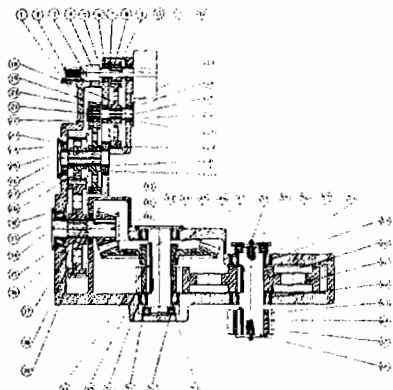


10	Bumi Asamida			
11	Caran Asamida			
12	Bumi Asam			
13	Caran Asam			
14	Caran Asam			
15	Caran Asam			
16	Caran Asam			
17	Caran Asam			
18	Caran Asam			
19	Caran Asam			
20	Caran Asam			
21	Caran Asam			
22	Caran Asam			
23	Caran Asam			
24	Caran Asam			
25	Caran Asam			
26	Caran Asam			
27	Caran Asam			
28	Caran Asam			
29	Caran Asam			
30	Caran Asam			
31	Caran Asam			
32	Caran Asam			
33	Caran Asam			
34	Caran Asam			
35	Caran Asam			
36	Caran Asam			
37	Caran Asam			
38	Caran Asam			
39	Caran Asam			
40	Caran Asam			
41	Caran Asam			
42	Caran Asam			
43	Caran Asam			
44	Caran Asam			
45	Caran Asam			
46	Caran Asam			
47	Caran Asam			
48	Caran Asam			
49	Caran Asam			
50	Caran Asam			
51	Caran Asam			
52	Caran Asam			
53	Caran Asam			
54	Caran Asam			
55	Caran Asam			
56	Caran Asam			
57	Caran Asam			
58	Caran Asam			
59	Caran Asam			
60	Caran Asam			
61	Caran Asam			
62	Caran Asam			
63	Caran Asam			
64	Caran Asam			
65	Caran Asam			
66	Caran Asam			
67	Caran Asam			
68	Caran Asam			
69	Caran Asam			
70	Caran Asam			
71	Caran Asam			
72	Caran Asam			
73	Caran Asam			
74	Caran Asam			
75	Caran Asam			
76	Caran Asam			
77	Caran Asam			
78	Caran Asam			
79	Caran Asam			
80	Caran Asam			
81	Caran Asam			
82	Caran Asam			
83	Caran Asam			
84	Caran Asam			
85	Caran Asam			
86	Caran Asam			
87	Caran Asam			
88	Caran Asam			
89	Caran Asam			
90	Caran Asam			
91	Caran Asam			
92	Caran Asam			
93	Caran Asam			
94	Caran Asam			
95	Caran Asam			
96	Caran Asam			
97	Caran Asam			
98	Caran Asam			
99	Caran Asam			
100	Caran Asam			



RG LURUS 1 (mm)	
Bentuk dip	Standar
Bentuk dip	lebar penuh
model	8
jumlah tetapan	20
jumlah dip	14 buah
lingkaran luar dip	117 mm

RG LURUS 2 (mm)	
Bentuk dip	Standar
Bentuk dip	lebar penuh
model	8
jumlah tetapan	20
jumlah dip	14 buah
lingkaran luar dip	292 mm



RG LURUS 3 (mm)	
Bentuk dip	Standar
Bentuk dip	lebar penuh
model	8
jumlah tetapan	20
jumlah dip	12 buah
lingkaran luar dip	170 mm

RG LURUS 4 (mm)	
Bentuk dip	Standar
Bentuk dip	lebar penuh
model	8
jumlah tetapan	20
jumlah dip	12 buah
lingkaran luar dip	170 mm

RG LURUS 5 (mm)	
Bentuk dip	Standar
Bentuk dip	lebar penuh
model	8
jumlah tetapan	20
jumlah dip	24 buah
lingkaran luar dip	288 mm

10	Pemutar roda gigi 11	330K		Daftar
11	Bulid 1/4"			Daftar
12	Papan roda gigi 11	330K		Daftar
13	Roda gigi 11	330K		Daftar
14	Berlian roda 6		No. 3234	Daftar
15	Sh. ing	330K		Daftar
16	Papan roda gigi 10	330K		Daftar
17	Papan roda gigi 10	330K		Daftar
18	Berlian roda 8		No. 3234	Daftar
19	Papan 8	330K		Daftar
20	Berlian roda 6			Daftar
21	Pemutar roda 8	330K		Daftar
22	Bulid 1/4"			Daftar
23	Berlian roda 5			Daftar
24	Berlian roda 5		No. 3234	Daftar
25	Sh. ing	330K		Daftar
26	Papan roda gigi 8	330K		Daftar
27	Papan gigi 8	330K		Daftar
28	Sh. ing	330K		Daftar
29	Papan gigi 8	330K		Daftar
30	Papan roda gigi 8	330K		Daftar
31	Papan 5	330K		Daftar
32	Berlian roda 5		No. 3234	Daftar
33	Tutup tekanan	330K		Daftar
34	Papan gigi 7	330K		Daftar
35	Papan roda gigi 7	330K		Daftar
36	Sh. ing	330K		Daftar
37	Berlian roda 4		No. 3234	Daftar
38	Sh. ing	330K		Daftar
39	Papan gigi 8	330K		Daftar
40	Sh. ing	330K		Daftar
41	Sh. ing	330K		Daftar
42	Berlian roda 4		No. 3234	Daftar
43	Sh. ing	330K		Daftar
44	Papan gigi 2	330K		Daftar
45	Papan gigi 2	330K		Daftar
46	Sh. ing	330K		Daftar
47	Sh. ing	330K		Daftar
48	Papan gigi 2	330K		Daftar
49	Sh. ing	330K		Daftar
50	Berlian roda 3		No. 3234	Daftar
51	Sh. ing	330K		Daftar
52	Papan gigi 4	330K		Daftar
53	Sh. ing	330K		Daftar
54	Papan gigi 3	330K		Daftar
55	Papan 2	330K		Daftar
56	Sh. ing	330K		Daftar
57	Berlian roda 3		No. 3234	Daftar
58	Tutup tekanan	330K		Daftar
59	Papan gigi 2	330K		Daftar
60	Berlian roda 2		No. 3234	Daftar
61	Sh. ing	330K		Daftar
62	Papan gigi 2	330K		Daftar
63	Sh. ing	330K		Daftar
64	Berlian roda 1		No. 3234	Daftar
65	Sh. ing	330K		Daftar
66	Papan roda gigi 1	330K		Daftar
67	Papan gigi 1	330K		Daftar
68	Sh. ing	330K		Daftar
69	Berlian roda 1		No. 3234	Daftar
70	Papan 1	330K		Daftar
71	Sh. ing	330K		Daftar
72	Papan gigi	330K		Daftar
73	Bulid 1/4"			Daftar
74	Papan gigi	330K		Daftar
75	Sh. ing	330K		Daftar
76	Papan gigi	330K		Daftar
77	Sh. ing	330K		Daftar
78	Papan gigi	330K		Daftar
79	Sh. ing	330K		Daftar
80	Papan gigi	330K		Daftar
81	Sh. ing	330K		Daftar
82	Papan gigi	330K		Daftar
83	Sh. ing	330K		Daftar
84	Papan gigi	330K		Daftar
85	Sh. ing	330K		Daftar
86	Papan gigi	330K		Daftar
87	Sh. ing	330K		Daftar
88	Papan gigi	330K		Daftar
89	Sh. ing	330K		Daftar
90	Papan gigi	330K		Daftar
91	Sh. ing	330K		Daftar
92	Papan gigi	330K		Daftar
93	Sh. ing	330K		Daftar
94	Papan gigi	330K		Daftar
95	Sh. ing	330K		Daftar
96	Papan gigi	330K		Daftar
97	Sh. ing	330K		Daftar
98	Papan gigi	330K		Daftar
99	Sh. ing	330K		Daftar
100	Papan gigi	330K		Daftar

RG LURUS 6 (mm)	
Bentuk dip	Standar
Bentuk dip	lebar penuh
model	8
jumlah tetapan	20
jumlah dip	14 buah
lingkaran luar dip	170 mm

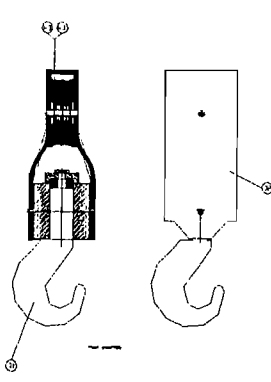
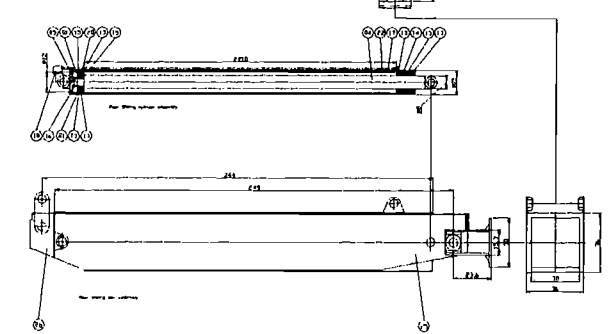
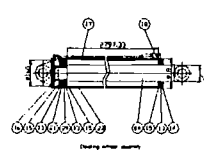
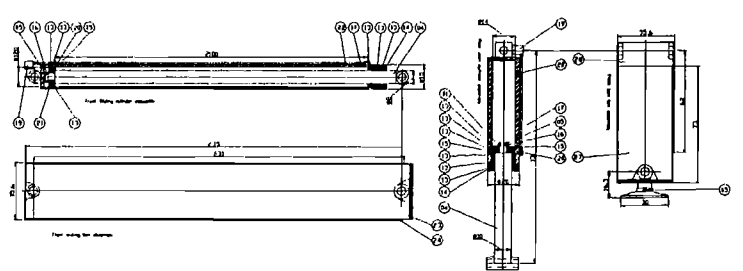
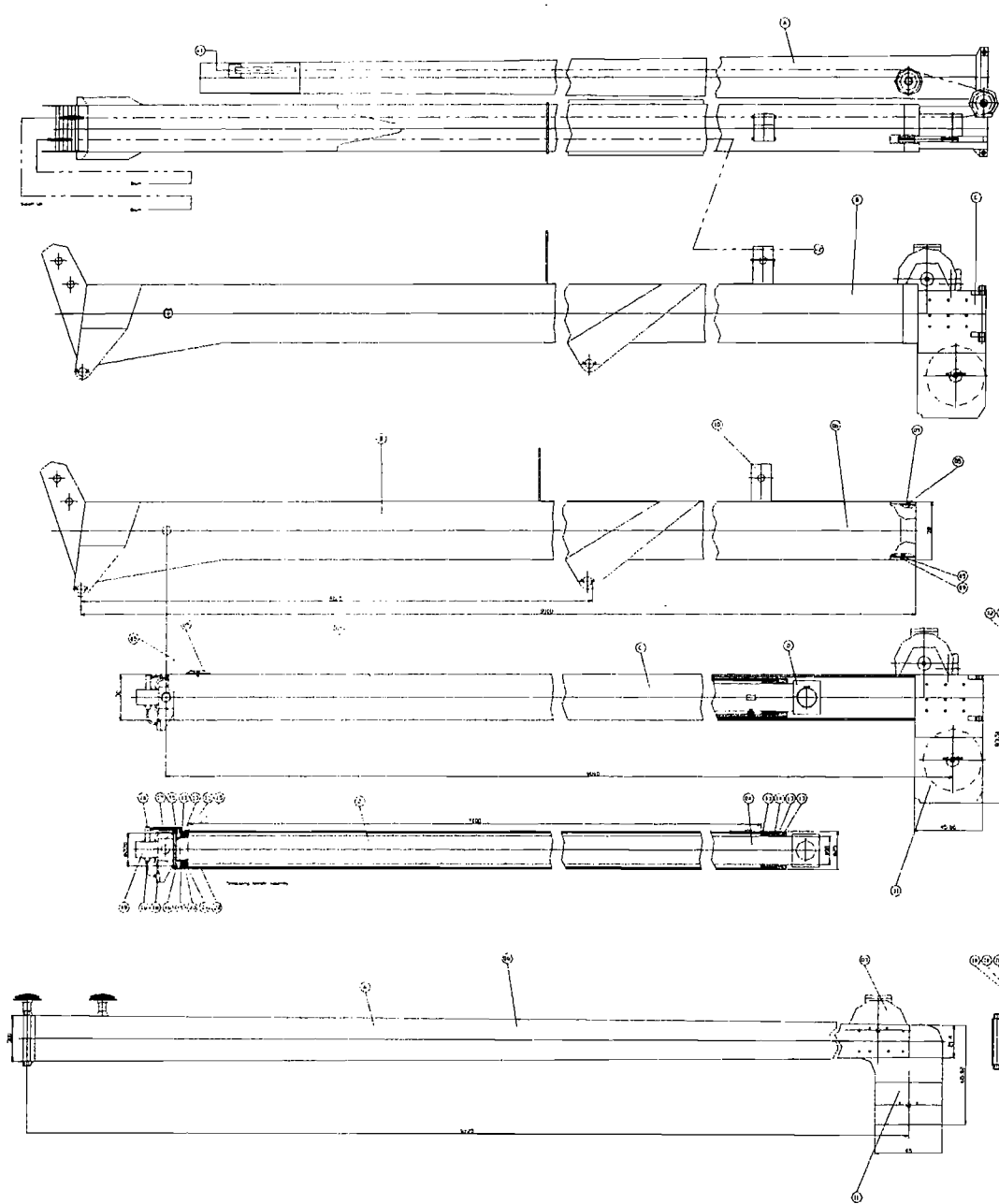
RG LURUS 7 (mm)	
Bentuk dip	Standar
Bentuk dip	lebar penuh
model	8
jumlah tetapan	20
jumlah dip	14 buah
lingkaran luar dip	170 mm

RG LURUS 8 (mm)	
Bentuk dip	Standar
Bentuk dip	lebar penuh
model	8
jumlah tetapan	20
jumlah dip	14 buah
lingkaran luar dip	170 mm

RG LURUS 9 (mm)	
Bentuk dip	Standar
Bentuk dip	lebar penuh
model	8
jumlah tetapan	20
jumlah dip	14 buah
lingkaran luar dip	228 mm

RG LURUS 10 (mm)	
Bentuk dip	Standar
Bentuk dip	lebar penuh
model	8
jumlah tetapan	20
jumlah dip	14 buah
lingkaran luar dip	296 mm

RG LURUS 11 (mm)	
Bentuk dip	Standar
Bentuk dip	lebar penuh
model	8
jumlah tetapan	20
jumlah dip	14 buah
lingkaran luar dip	238 mm



30	Part 30, No. 2			
29	Part 29, No. 1			
28	Part 28, No. 1			
27	Part 27, No. 1			
26	Part 26, No. 2			
25	Part 25, No. 1			
24	Part 24, No. 2			
23	Part 23, No. 1			
22	Part 22, No. 1			
21	Part 21, No. 1			
20	Part 20, No. 1			
19	Part 19, No. 1			
18	Part 18, No. 1			
17	Part 17, No. 1			
16	Part 16, No. 1			
15	Part 15, No. 1			
14	Part 14, No. 1			
13	Part 13, No. 1			
12	Part 12, No. 1			
11	Part 11, No. 1			
10	Part 10, No. 1			
9	Part 9, No. 1			
8	Part 8, No. 1			
7	Part 7, No. 1			
6	Part 6, No. 1			
5	Part 5, No. 1			
4	Part 4, No. 1			
3	Part 3, No. 1			
2	Part 2, No. 1			
1	Part 1, No. 1			
100	Part 100, No. 1			
101	Part 101, No. 1			
102	Part 102, No. 1			
103	Part 103, No. 1			
104	Part 104, No. 1			
105	Part 105, No. 1			
106	Part 106, No. 1			
107	Part 107, No. 1			
108	Part 108, No. 1			
109	Part 109, No. 1			
110	Part 110, No. 1			
111	Part 111, No. 1			
112	Part 112, No. 1			
113	Part 113, No. 1			
114	Part 114, No. 1			
115	Part 115, No. 1			
116	Part 116, No. 1			
117	Part 117, No. 1			
118	Part 118, No. 1			
119	Part 119, No. 1			
120	Part 120, No. 1			
121	Part 121, No. 1			
122	Part 122, No. 1			
123	Part 123, No. 1			
124	Part 124, No. 1			
125	Part 125, No. 1			
126	Part 126, No. 1			
127	Part 127, No. 1			
128	Part 128, No. 1			
129	Part 129, No. 1			
130	Part 130, No. 1			
131	Part 131, No. 1			
132	Part 132, No. 1			
133	Part 133, No. 1			
134	Part 134, No. 1			
135	Part 135, No. 1			
136	Part 136, No. 1			
137	Part 137, No. 1			
138	Part 138, No. 1			
139	Part 139, No. 1			
140	Part 140, No. 1			
141	Part 141, No. 1			
142	Part 142, No. 1			
143	Part 143, No. 1			
144	Part 144, No. 1			
145	Part 145, No. 1			
146	Part 146, No. 1			
147	Part 147, No. 1			
148	Part 148, No. 1			
149	Part 149, No. 1			
150	Part 150, No. 1			
151	Part 151, No. 1			
152	Part 152, No. 1			
153	Part 153, No. 1			
154	Part 154, No. 1			
155	Part 155, No. 1			
156	Part 156, No. 1			
157	Part 157, No. 1			
158	Part 158, No. 1			
159	Part 159, No. 1			
160	Part 160, No. 1			
161	Part 161, No. 1			
162	Part 162, No. 1			
163	Part 163, No. 1			
164	Part 164, No. 1			
165	Part 165, No. 1			
166	Part 166, No. 1			
167	Part 167, No. 1			
168	Part 168, No. 1			
169	Part 169, No. 1			
170	Part 170, No. 1			
171	Part 171, No. 1			
172	Part 172, No. 1			
173	Part 173, No. 1			
174	Part 174, No. 1			
175	Part 175, No. 1			
176	Part 176, No. 1			
177	Part 177, No. 1			
178	Part 178, No. 1			
179	Part 179, No. 1			
180	Part 180, No. 1			
181	Part 181, No. 1			
182	Part 182, No. 1			
183	Part 183, No. 1			
184	Part 184, No. 1			
185	Part 185, No. 1			
186	Part 186, No. 1			
187	Part 187, No. 1			
188	Part 188, No. 1			
189	Part 189, No. 1			
190	Part 190, No. 1			
191	Part 191, No. 1			
192	Part 192, No. 1			
193	Part 193, No. 1			
194	Part 194, No. 1			
195	Part 195, No. 1			
196	Part 196, No. 1			
197	Part 197, No. 1			
198	Part 198, No. 1			
199	Part 199, No. 1			
200	Part 200, No. 1			



JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK - UNIVERSITAS SANATA DHARMA

Kampus III, Paingan Maguwoharjo, Sleman – Yogyakarta
Telp. (0274) 883037, 886530; Fax. (0274) 886529; Email: teknik@usd.ac.id

LEMBAR KONSULTASI TUGAS AKHIR

Nomor: 380/FT/USD/IM Oktober 2003

Tabelahan ke-1

Nama Mahasiswa : Didi Hartono

Nomor Pendaftaran : 02030000000000000000

NPM : 09090511231000000000

Jenis-jenis : TEKNIK MESIN

Fakultas : TEKNIK

Materi : Rancang bangun crane

Judul masalah soal

Rancang sebuah Telescopic Crane kapasitas 5 ton. Rencanakan juga gambar dengan lengkap disertai detailnya.

Tanggal dimula : 13 Maret 2003

Penyamping Ura : H. Gresi Hartono

Penyamping : Didi Hartono

TGL	URAIAN	KETERANGAN	TANDA TANGAN
13/11/03	BAB I, II	✓	
20/11/03	BAB III, IV	✓	
11/11/03	BAB V, VI	✓	
5/03/04	BAB VII, VIII + Gambar	✓	
7/03/04	Analisis & Gambar keseluruhan naskah	✓	



UJIAN PENDADARAN TUGAS AKHIR / SKRIPSI
TANGGAL : 19 Maret 2004

NAMA Mhs. : DIDIK HARMANTO
NIM : 995214092
JUDUL :
" Telescopic Crane Kapasitas 5 Ton "

Pembimbing Utama : Ir. Greg. Harjanto

Pembimbing Kedua : RB. Dwiseno Wihadi, S. T., M. SI

USULAN REVISI DARI DOSEN PENGUJI

1. 1 lembar untuk mahasiswa
2. 1 lembar untuk dosen pembimbing

- * Jumlah puli z hal 28
- * Angka keamanan n_f beban, hal 8
- * Pembulatan ukuran se wajar nya
- * Penulisan lambang dengan subscript
- * Efisiensi total mek. transmisi hal (100-)
- * Momen perlawanan ? (hal 17)
- * Editorial lain dala naskah

