

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
HALAMAN PERSOALAN .....	vi
INTISARI .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xx
DAFTAR SIMBOL .....	xxii
 BAB 1. PENDAHULUAN .....	 1
 BAB 2. SISTEM PENGANGKATAN .....	 10
2.1. Mekanisme Perlengkapan Kerja Sistem Pengangkatan .....	11
2.2. Perencanaan Perlengkapan Kerja .....	13
2.2.1. Spreader .....	13
2.2.1.1. Perhitungan kekuatan .....	14
2.2.2. Side Shift Frame .....	17

2.2.1. Perhitungan kekuatan	18
2.2.3. Twist Lock Pin	20
2.2.3.1. Cara kerja twist lock pin (pena pengunci)	20
2.2.3.2. Perhitungan kekuatan	21
2.2.3.3. Mekanisme pemindah daya twist lock pin	26
2.2.4. Spreader Swing Reducer	28
2.2.4.1. Transmisi putaran spreader	29
2.2.4.2. Input Spline Shaft	32
2.2.4.3. Double Planetary Gear Train	35
2.2.4.4. Pemeriksaan kekuatan gigi terhadap beban dinamis dan statis	44
2.2.5. Spreader Telescopic Reducer	47
2.2.6. Roller Chain	48
2.2.6.1. Pemilihan rantai standar	50
2.2.7. B o o m	53
2.2.7.1. Perhitungan kekuatan	54
2.2.7.2. Perhitungan gerak b o o m	56
2.2.7.3. Gaya tekan silinder lengan pengangkat	59
2.3. Perancangan Penggerak Hidrolik	62
2.3.1. Boom Hoist Cylinder	63
2.3.2. Telescopic Boom Cylinder	70
2.3.3. Side Shift Cylinder	76

2.3.4. Twist Cylinder .....	81
2.3.5. Anti Rocking Cylinder .....	85
2.4. Perancangan Pena Penghubung .....	91
2.4.1. Boom Hoist Cylinder Pin .....	91
2.4.2. Rotor Head Pin .....	93
2.5. Perancangan Pin Bushing .....	94
2.6. Pemilihan Perapat .....	96
 BAB 3 SISTEM PENGANGKUTAN .....	 98
3.1. Komponen Sistem Pengangkutan .....	99
3.2. Torque Converter .....	100
3.2.1. Dasar pertimbangan .....	101
3.2.2. Mekanisme kerja .....	103
3.2.3. Perancangan torque converter .....	104
3.2.3.1. Impeller .....	105
3.2.3.2. Stator .....	108
3.2.3.3. Turbin .....	110
3.2.3.4. Torus .....	112
3.2.4. Turbine Shaft .....	114
3.2.5. Perancangan spline .....	117
3.2.5.1. Spline Turbine .....	117
3.2.5.2. Spline Universal Joint .....	118

3.2.6. Universal Joint .....	119
3.2.7. Turbine Shaft Bearing .....	121
3.3. Torqflow Transmission .....	125
3.3.1. Prinsip kerja multiple disc clutch .....	126
3.3.1.1. Konstruksi transmisi .....	128
3.3.1.2. Mekanisme kerja transmisi .....	129
3.3.2. Roda Gigi .....	131
3.3.2.1. Reduction Ratio .....	132
3.3.2.2. Ukuran roda gigi .....	135
3.3.2.3. Tinjauan kekuatan roda gigi .....	137
3.3.3. Disc Clutch .....	141
3.3.3.1. Ukuran plat dan cakra .....	141
3.3.4. Carrier Shaft .....	145
3.3.4.1. Poros Carrier 1 .....	145
3.3.4.2. Poros Carrier 2 .....	147
3.3.4.3. Poros Carrier 4 .....	147
3.3.4.4. Poros Carrier 5 .....	148
3.3.5. Planetary Gear Bearing .....	148
3.3.6. Kerugian daya transmisi .....	150
3.3.6.1. Engagement losses .....	150
3.3.6.2. Oil Churning Losses .....	151
3.3.6.3. Bearing Losses .....	152

3.3.7. Pelumasan	153
3.3.7.1. Kapasitas pelumas	154
3.4. Differential Unit	155
3.4.1. Spiral Bevel Gear	157
3.4.1.1. Ukuran roda gigi kerucut miring	158
3.4.1.2. Kesamaan roda gigi lurus	160
3.4.1.3. Kekuatan roda gigi kerucut miring	162
3.4.1.4. Spiral Bevel Gear Shaft	164
3.4.1.5. Efisiensi	167
3.4.2. Straight Bevel Gear	167
3.4.2.1. Ukuran roda gigi kerucut lurus	168
3.4.2.2. Kekuatan roda gigi kerucut lurus	171
3.4.2.3. Planet Gear Pin	172
3.4.2.4. Bearing Load	174
<b>BAB 4 SISTEM KEMUDI</b>	<b>178</b>
4.1. Sistem Kemudi Reach Stacker	178
4.1.1. Offset Power Steering System	179
4.1.2. Rotary Valve Flow Control	181
4.1.2.1. Mekanisme kerja Rotary Valve	182
4.2. Kecepatan Belok Kritis	185
4.3. Understeer Coefficient	189

4.3.1. Gaya lateral roda kemudi .....	194
4.4. Kestabilan Kendali Kemudi .....	194
4.5. Power Steering Cylinder .....	198
 BAB 5 SISTEM REM .....	201
5.1. Vacuum-Boosted Hydraulic Brake .....	201
5.2. Service Brake .....	203
5.2.1. Disc Brake .....	204
5.2.2. Piston Spring .....	208
5.3. Parking Brake .....	211
5.3.1. Spring Brake Actuator .....	212
 BAB 6 SISTEM HIDROLIK .....	214
6.1. Pompa Hidrolik .....	215
6.1.1. Instalasi Pompa Hidrolik .....	217
6.1.2. Perancangan pompa hidrolik .....	218
6.1.2.1. Pompa A .....	218
6.1.2.2. Pompa B .....	220
6.1.2.3. Pompa C .....	221
6.2. Sistem Hidrolik .....	222
6.2.1. Sistem hidrolik instalasi pompa A .....	223
6.2.1.1. Hydraulic Pump Controller .....	225

6.2.1.2. Sistem kemudi .....	227
6.2.1.3. Gerak telescopic boom .....	229
6.2.2. Sistem hidrolik instalasi pompa B .....	232
6.2.2.1. Spreader Swing Motor Hydraulic .....	233
6.2.2.2. Anti Rocking Accumulator .....	235
6.2.2.3. Pilot flow control .....	236
6.2.3. Sistem hidrolik instalasi pompa C .....	238
 BAB 7 PENGGERAK UTAMA .....	 242
7.1. Perhitungan daya traksi kendaraan .....	244
7.2. Pemilihan mesin .....	247
7.3. Pemilihan roda ban .....	248
7.3.1. Gaya desak permukaan jalan .....	249
 BAB 8 STABILITAS .....	 251
8.1. Lateral Stability .....	251
8.2. Longitudinal Stability .....	255
 BAB 9 PENUTUP .....	 261
 DAFTAR PUSTAKA .....	 266
LAMPIRAN .....	268

	Halaman
Gbr.1.1 Sistem lalu lintas barang / peti kemas di pelabuhan laut .....	2
Gbr.1.2. Variasi posisi pengangkatan kontainer .....	8
Gbr.1.3. Bagian utama Reach Stacker .....	9
Gbr.2.1. Tampak atas spreader .....	14
Gbr.2.2. Batang boom .....	15
Gbr.2.3. Momen maksimum batang boom .....	15
Gbr.2.4. Dimensi penampang telescopic spreader .....	16
Gbr.2.5. Rangka geser .....	18
Gbr.2.6. Gaya pada rangka geser .....	18
Gbr.2.7. Penampang rangka geser .....	19
Gbr.2.8. Twist lock pin .....	20
Gbr.2.9. Dimensi umum pena pengunci .....	21
Gbr.2.10. Pengaruh beban torsi .....	22
Gbr.2.11. Mekanisme pemindah daya .....	26
Gbr.2.12. Komponen pemutar spreader .....	29
Gbr.2.13. Spreader swing reducer .....	30
Gbr.2.14. Spline involute .....	34
Gbr.2.15. Geometri dan parameter roda gigi .....	42
Gbr.2.16. Transmisi gerak teleskopik spreader .....	48
Gbr.2.17. Sistem penggerak rantai .....	48





Gbr.3.8. Turbine shaft .....	114
Gbr.3.9. Gaya pada poros turbin .....	116
Gbr.3.10. Universal joint .....	120
Gbr.3.11. Single row ball bearing .....	123
Gbr.3.12. Planetary gear train .....	126
Gbr.3.13. Kopling terpasang. ....	127
Gbr.3.14. Kopling terlepas .....	127
Gbr.3.15. Konstruksi transmisi .....	128
Gbr.3.16. Kecepatan sesaat roda gigi A dan B .....	156
Gbr.3.17. Differential Unit .....	157
Gbr.3.18. Spiral bevel gear .....	159
Gbr.3.19. Gaya-gaya pada roda gigi .....	162
Gbr.3.20. Gaya-gaya pada poros .....	165
Gbr.3.21. Pena roda gigi planet .....	173
Gbr.3.22. Bearing load .....	174
Gbr.4.1. Offset power steering system .....	179
Gbr.4.2. Conventional manual gear box .....	180
Gbr.4.3. Gerakan offset power steering .....	181
Gbr.4.4. Rotary valve flow control .....	182
Gbr.4.5. Posisi netral .....	182
Gbr.4.6. Gerakan arah kanan .....	183
Gbr.4.7. Gerakan arah kiri .....	184

Gbr.4.8. Spool valve .....	185
Gbr.4.9. Gradien belok ban .....	187
Gbr.4.10. Basic steering geometry .....	188
Gbr.4.11. Respon kemudi kendaraan .....	193
Gbr.4.12. Power steering cylinder .....	198
Gbr.5.1. Vacuum-boosted hyd brake .....	202
Gbr.5.2. Lapisan rem cakra .....	207
Gbr.5.3. Piston spring .....	209
Gbr.5.4. Spring brake actuator .....	212
Gbr.6.1. Skema instalasi hidrolik .....	214
Gbr.6.2. External gear pump .....	215
Gbr.6.3. Arah aliran fluida gear pump .....	216
Gbr.6.4. Skema kerja pompa hidrolik .....	217
Gbr.6.5. Sistem hidrolik instalasi pompa A .....	224
Gbr.6.6. Hydraulic pump controller .....	225
Gbr.6.7. Skema hidrolik pompa paralel .....	226
Gbr.6.8. Steering circuit system .....	227
Gbr.6.9. Double relief valve .....	228
Gbr.6.10. Telescopic boom hydraulic system .....	229
Gbr.6.11. Pilot check valve symbol .....	230
Gbr.6.12. Pilot check valve .....	231
Gbr.6.13. Sistem hidrolik pemutar spreader .....	233

Gbr.6.14. Pressure sequence valve .....	234
Gbr.6.15. Sistem hidrolik anti rocking .....	235
Gbr.6.16. Pilot control flow .....	237
Gbr.6.17. Sistem hidrolik pengereman .....	238
Gbr.6.18. Katup rem .....	240
Gbr.7.1. Grafik keseimbangan gaya dengan kecepatan .....	244



Tabel 3.9. Parameter ukuran roda gigi planet .....	169
Tabel 3.10. Parameter ukuran roda gigi matahari .....	170
Tabel 4.1. Koefisien tahanan gulung .....	186
Tabel 4.2. Grip coefficient .....	187
Tabel 7.1. Daya pompa hidrolik .....	243



### Simbol Huruf Latin

$A$	= luasan yang dikenai gaya
$a$	= jarak pergeseran sumbu
$A_d$	= luas kontak pin dengan lengan
$A_b$	= luas permukaan <i>frontal</i> kendaraan
$A_L$	= luas bidang lapisan
$A_R$	= luas permukaan kontak
$A_s$	= luas penampang ujung pin
$A_{wD}$	= luasan rem pada roda depan
$B$	= jarak <i>thread</i>
$b$	= lebar gigi
$b_x$	= tinggi kerucut
$BP$	= tekanan Burst
$C$	= indeks pegas
$c$	= clearance
$d$	= diameter
$D$	= diameter rata-rata lilitan pegas
$D_1$	= diameter dalam plat gesek
$D_2$	= diameter luar plat gesek
$D_i$	= diameter dalam
$d_i$	= diameter dalam pipa
$D_o$	= diameter luar
$D_p$	= diameter pitch
$E$	= modulus elastisitas
$E_k$	= energi kinetis

$F_a$  = gaya aksi

$f$  = koefisien gesekan

$F_{ar}$  = gaya tahanan udara

$F_f$  = berat forklift kosong

$F_{in}$  = gaya percepatan kendaraan

$f_k$  = faktor kejut

$F_L$  = berat beban

$f_n$  = koefisien putaran

$F_r$  = gaya traksi *rear wheel*

$F_{rd}$  = gaya tahan jalan

$F_s$  = gaya lateral

$F_t$  = gaya tangensial

$f_t$  = koefisien suhu

$f_v$  = faktor dinamis

$F_{y\alpha}$  = gaya belokan

$g$  = gaya gravitasi

$G$  = modulus geser

$G_s$  = resultan gaya berat forklift (ke bawah)

$G_{ra}$  = resultan gaya traksi (ke bawah)

$h$  = tinggi elevasi kolom zat cair

$H$  = viskositas (SUS) suatu minyak 100-VI pada suhu 100 °F

$h_n$  = tinggi kaki pinion

$h_n$  = tinggi kaki gear

$h_{gc}$  = tinggi letak titik berat

$h_k$  = kedalaman kerja

$h_{k1}$  = tinggi kepala pinion



## I = momen inersia

- $i$  = reduksi kesehuruhan
- $J$  = percepatan kendaraan
- $K$  = faktor tegangan dari Wahl
- $k_{\text{air}}$  = koefisien hambatan udara
- $k_t$  = faktor tegangan kontak
- $K_m$  = faktor distribusi beban
- $k_{\text{mod}}$  = modulus elastisitas minyak
- $K_o$  = faktor beban lebih
- $K_s$  = faktor ukuran
- $K_{us}$  = merupakan *understeer coefficient*
- $K_v$  = faktor dinamis
- $L$  = jarak *wheel base*
- $\ell$  = panjang poros
- $l$  = panjang pipa
- $L$  = jarak *wheelbase*
- $L_k$  = panjang tekuk bebas yang tergantung penjepitan batang
- $m$  = massa aliran minyak hidrolik
- $M$  = modul gigi
- $m_2$  = koefisien perbedaan reaksi normal
- $M_s$  = massa kendaraan
- $M_b$  = momen akibat gaya tangensial terhadap titik *fulcrum*
- $M_s$  = modul sisi *transverse*
- $M_{\text{nn}}$  = modul *normal section*
- $M_k$  = momen yang bekerja
- $N$  = tenaga yang ditransmisikan.
- $n$  = putaran poros



$p$  = tekanan

$P$  = daya atau tenaga

$p_a$  = beban aksial

$p_c$  = tekanan pada accumulator sebelum suhu naik

$p_{dm}$  = tekanan dinamis

$P_e$  = tenaga mesin (*engine power*)

$p_h$  = tekanan pada accumulator apabila minyak dalam keadaan panas

$p_i$  = tekanan pada accumulator ketika minyak pertama kali masuk

$p_m$  = tekanan maksimum

$p_r$  = beban radial

$P_t$  = tenaga traksi

$P_{tr}$  = tenaga hilang pada transmisi

$P_w$  = tekanan minyak

$Q$  = debit aliran

$q$  = faktor tegangan maksimum

$Q_{th}$  = jumlah aliran teoritis

$Q_w$  = jumlah aliran sebenarnya

$R$  = radius kemudi

$r$  = jari-jari fillet

$R_a$  = gaya tahanan udara

$r_D$  = jari-jari drum

$Re$  = angka Reynold

$R_s$  = gaya tahanan jalan menanjak

$R_m$  = gaya percepatan kendaraan

$R_r$  = gaya tahanan gulung pada ban

$S_f$  = faktor keamanan

$T_B$  = titik berat

$t_r$  = waktu rem

$t_h$  = tebal konduktor

$U$  = viskositas yang ingin diketahui pada suhu 100 °F

$v$  = kecepatan

$V_c$  = volume spesifik minyak pada suhu pengisian

$v_k$  = kecepatan pada permukaan pendinginan

$v_o$  = kecepatan kritis maksimal gerakan membelok pada kurva didasarkan momen kendaraan mulai roboh.

$V_o$  = volume mula-mula

$v_s$  = kecepatan kritis maksimal gerakan membelok pada kurva didasarkan momen kendaraan yang menyebabkan *skidding*

$V_s$  = volume accumulator

$W$  = berat zat cair

$W_b$  = berat beban

$W_B$  = reaksi beban roda belakang

$W_c$  = berat pengimbang (*counter weight*)

$W_D$  = reaksi beban roda depan

$W_f$  = berat frame dan bodi

$W_{fw}$  = berat roda dan poros depan

$W_m$  = berat tiang sejajar (*mast*) dan perlengkapannya

$W_p$  = berat sistem penggerak

$W_{rw}$  = berat roda dan poros belakang

$W_x$  = modulus momen section

$x$  = angka keamanan beban radial

$x_p$  = faktor kemampumampatan

$Y$  = faktor lewis



$y$  = defleksi pada poros

$Z$  = jumlah gigi

$z_1$  = jumlah gigi roda gigi penggerak

$z_2$  = jumlah gigi roda gigi yang digerakkan

$Z_{\text{enl}}$  = jumlah gigi (sisi normal)

$Z_v$  = jumlah gigi dari roda gigi lurus khayal

## Simbol Huruf Yunani

$\gamma$  = berat jenis zat cair

$\mu$  = harga koefisien gesek.

$\rho$  = massa jenis zat cair

$\sigma$  = tegangan tarik

$\mu$  = viskositas dinamik

$\theta$  = derajat per meter panjang poros

$\eta$  = efisiensi

$\alpha$  = koefisien ekspansi

$\lambda$  = koefisien gesek pipa

$\phi$  = sudut kontak

$\delta$  = sudut kerucut jarak bagi

$\tau$  = tegangan geser

$\varepsilon$  = overlap faktor untuk roda gigi lurus

$\zeta_1$  = koefisien kehilangan pada saat lubang aliran seluas  $A_1$

$\rho_{20}$  = massa jenis saat temperatur 20 °C

$\sigma_s$  = tegangan lentur bahan

$\varphi_A$  = sudut pergeseran dan sudut kontak

$\sigma_t$  = gaya tekan pada lantai

$\delta_1$  = sudut steer dalam



$\alpha_t$  = koefisien perpindahan panas pada permukaan kontak

$\sigma_m$  = tegangan yang diterima akibat beban momen

$\beta_{m1}$  = sudut *helix pinion*

$\beta_{m2}$  = sudut *helix roda gigi besar*

$\eta_{mek}$  = efisiensi mekanis

$\alpha_n$  = sudut tekanan normal

$\beta_o$  = sudut kritis kemiringan didasarkan momen roda mulai roboh

$\delta_o$  = sudut steer luar

$\varphi_p$  = dengan penambahan sudut pergeseran

$\rho_p$  = massa jenis saat tekanan

$\Delta_p$  = perubahan tekanan

$\alpha_{rd}$  = kemiringan jalan (*grade*)

$\delta_{rot}$  = koefisien perhitungan massa bergerak

$\beta_s$  = sudut kritis maksimal kemiringan (*hill side*) yang didasarkan momen roda mulai slip

$\beta_t$  = koefisien koreksi temperatur

$\rho_t$  = massa jenis pada suhu tertentu,  $t$  °C dan tekanan 1 bar

$\Delta v$  = perbedaan volume spesifik minyak pada suhu kerja dan suhu pengisian

$\eta_{vol}$  = efisiensi volumetris

$\Delta V_p$  = perubahan volume sampai kenaikan tekanan  $p$  bar

$\varphi_x$  = koefisien cengkeraman jalan