

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|---------|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | ii |
| HALAMAN MOTTO..... | iii |
| HALAMAN PERSEMBAHAN..... | iv |
| KATA PENGANTAR..... | v |
| HALAMAN SOAL..... | vi |
| INTISARI..... | vii |
| DAFTAR ISI..... | viii |
| DAFTAR GAMBAR..... | xiii |
| DAFTAR TABEL..... | xvii |
| DAFTAR NOTASI..... | xix |
| | |
| BAB 1 PENDAHULUAN..... | 1 |
| BAB 2 PEMILIHAN PENGGERAK MULA..... | 6 |
| 2.1 Kapasitas Forklift..... | 7 |
| 2.2 Dinamika Traksi..... | 10 |
| 2.2.1 Keseimbangan Gaya..... | 10 |
| 2.2.2 Kesembangan Tenaga..... | 12 |
| 2.3 Perencanaan Gaya Traksi dan tenaga..... | 12 |
| 2.4 Pemilihan Mesin Penggerak..... | 17 |
| BAB 3 SISTEM PENGANGKATAN..... | 18 |
| 3.1 Mekanisme Kerja Bagian-bagian Sistem Pengangkatan..... | 19 |
| 3.2 Perencanaan Perlengkapan Garpu..... | 20 |
| 3.2.1 Perencanaan Garpu..... | 20 |
| 3.2.2 Perencanaan Pembawa Garpu (<i>Fork Carriage</i>)..... | 23 |
| 3.3 Perencanaan Tiang Sejajar (<i>Mast</i>)..... | 26 |



| | | |
|---------|--|----|
| 3.4 | Perencanaan Rantai | 35 |
| 3.5 | Perencanaan Roda Rantai (<i>Chain Wheel</i>) | 38 |
| 3.6 | Perencanaan Silinder Hidrolik | 39 |
| 3.6.1 | Perencanaan Silinder Angkat (<i>Lift Cylinder</i>) | 40 |
| 3.6.1.1 | Ukuran Silinder Angkat | 40 |
| 3.6.1.2 | Tebal Dinding Silinder Angkat | 42 |
| 3.6.1.3 | Diameter Batang Torak Silinder Angkat | 43 |
| 3.6.2 | Perencanaan Silinder Dorong (<i>Tilt Cylinder</i>) | 45 |
| 3.6.2.1 | Ukuran Silinder Dorong | 45 |
| 3.6.2.2 | Tebal Dinding Silinder Dorong | 47 |
| 3.6.2.3 | Diameter Batang Torak Silinder Dorong | 48 |
| BAB 4 | SISTEM PENGANGKUTAN | 49 |
| 4.1 | Torque Converter | 50 |
| 4.1.1 | Klasifikasi Torque Converter | 51 |
| 4.1.2 | Prinsip Kerja Torque Converter | 52 |
| 4.1.2.1 | Aksi Aliran Fluida | 56 |
| 4.1.2.2 | Rugi-rugi Aliran dan Hentakan | 58 |
| 4.1.3 | Perencanaan Torque Converter | 59 |
| 4.1.3.1 | Impeller | 60 |
| 4.1.3.2 | Stator | 61 |
| 4.1.3.3 | Turbin | 62 |
| 4.1.4 | Perencanaan Poros Turbin | 65 |
| 4.1.5 | Perencanaan Spline | 66 |
| 4.1.5.1 | Spline Turbin | 67 |
| 4.1.5.2 | Spline Universal Joint | 67 |
| 4.2 | Sistem Transmisi Torqflow | 68 |
| 4.2.1 | Mekanisme Kerja | 69 |
| 4.2.2 | Konstruksi Transmisi | 71 |
| 4.2.3 | Perencanaan Transmisi Roda Gigi | 74 |
| 4.2.3.1 | Roda Gigi Lurus | 75 |
| 4.2.3.2 | Perencanaan Pasangan Roda Gigi Lurus | 79 |



| | | |
|-----------|--|-----|
| 4.2.3.2.1 | Perencanaan Ukuran Roda Gigi..... | 79 |
| 4.2.3.2.2 | Pemilihan Bahan Roda Gigi | 80 |
| 4.2.3.2.3 | Tinjauan Kekuatan Bahan Roda Gigi..... | 80 |
| 4.2.3.3 | Kopling Plat | 83 |
| 4.2.3.4 | Perhitungan Perencanaan Kopling Plat..... | 85 |
| 4.2.4 | Perencanaan Poros Transmisi..... | 87 |
| 4.2.4.1 | Perhitungan Poros Transmisi Roda Gigi | 89 |
| 4.2.5 | Perencanaan Bantalan..... | 95 |
| 4.2.5.1 | Pemilihan dan Perhitungan Umur Nominal Bantalan | 98 |
| 4.2.5.2 | Pelumasan | 105 |
| 4.3 | Universal Joint..... | 108 |
| 4.3.1 | Perencanaan Poros Universal Joint..... | 109 |
| 4.4 | Unit Diferensial | 109 |
| 4.4.1 | Roda Gigi Kerucut..... | 112 |
| 4.4.2 | Roda Gigi Kerucut Lurus | 113 |
| 4.4.3 | Roda Gigi Hypoid..... | 116 |
| 4.4.4 | Perhitungan dan Perencanaan Roda Gigi Kerucut | 120 |
| 4.4.4.1 | Perencanaan Roda Gigi Kerucut Hypoid..... | 120 |
| 4.4.4.1.1 | Ukuran Roda Gigi Kerucut Hypoid | 121 |
| 4.4.4.1.2 | Ekivalensi dengan Roda Gigi Lurus | 122 |
| 4.4.4.1.3 | Kekuatan Roda Gigi Kerucut Hypoid..... | 123 |
| 4.4.4.2 | Perencanaan Roda Gigi Kerucut Lurus..... | 125 |
| 4.4.4.2.1 | Ukuran Roda Gigi Kerucut Lurus | 126 |
| 4.4.4.2.2 | Tinjauan Kekuatan Roda Gigi Kerucut Lurus ... | 127 |
| 4.4.5 | Perencanaan Pin Roda Gigi Kerucut Lurus | 121 |
| 4.4.6 | Perhitungan Pin Roda Gigi Kerucut Lurus..... | 122 |
| 4.4.7 | Perencanaan Poros Roda Gigi Diferensial..... | 123 |
| 4.4.7.1 | Perhitungan Poros Roda Gigi Kerucut..... | 130 |
| 4.4.7.2 | Pemilihan Bantalan..... | 131 |
| 4.4.7.3 | Perhitungan Bantalan..... | 131 |



| | | |
|---------|---|-----|
| 4.4.8 | Efisiensi Diferensial..... | 135 |
| 4.5 | Penggerak Akhir..... | 137 |
| 4.5.1 | Reduksi Roda Gigi Planet..... | 138 |
| 4.5.2 | Perencanaan Roda Gigi Planet..... | 140 |
| 4.5.3 | Kekuatan Roda Gigi Planet..... | 141 |
| 4.5.4 | Perencanaan Housing..... | 142 |
| 4.5.5 | Perencanaan Bantalan..... | 143 |
| 4.5.6 | Efisiensi Penggerak Akhir..... | 145 |
| BAB 5 | SISTEM PENGENDALIAN DAN STABILITAS..... | 147 |
| 5.1 | Sistem Kemudi..... | 147 |
| 5.1.1 | Kecepatan Belok Kritis..... | 150 |
| 5.1.2 | Karakteristik Pengendalian Kendaraan..... | 152 |
| 5.1.2.1 | Gaya Lateral pada Ban..... | 153 |
| 5.1.2.2 | Analisa Pengendalian Tunak..... | 154 |
| 5.1.3 | Kestabilan Kendali Kemudi..... | 157 |
| 5.1.4 | Perhitungan Sistem Kemudi Forklift..... | 158 |
| 5.1.5 | Perencanaan Silinder Hidrolik..... | 162 |
| 5.2 | Sistem Rem..... | 163 |
| 5.2.1 | Rem Kaki (Service Brake)..... | 164 |
| 5.2.1.1 | Konstruksi Service Brake..... | 164 |
| 5.2.1.2 | Mekanisme Service Brake..... | 167 |
| 5.2.2 | Rem Tangan (Parking Brake)..... | 167 |
| 5.2.2.1 | Konstruksi Rem Tangan..... | 168 |
| 5.2.2.2 | Mekanisme Rem Tangan (Parking Brake)..... | 168 |
| 5.2.3 | Perencanaan Rem Drum..... | 169 |
| 5.2.4 | Perhitungan Rem Drum..... | 173 |
| 5.3 | Stabilitas..... | 176 |
| 5.3.1 | Stabilitas Lateral..... | 176 |
| 5.3.2 | Stabilitas Longitudinal..... | 179 |
| BAB 6 | SISTEM HIDROLIK..... | 184 |
| 6.1 | Instalasi Sistem Hidrolik..... | 184 |



| | | |
|---------|---|-----|
| 6.1.1 | Pembangkit Tenaga..... | 185 |
| 6.1.1.1 | Pompa Hidrolik Pengangkatan..... | 189 |
| 6.1.1.2 | Pompa Hidrolik Power Steering..... | 190 |
| 6.1.2 | Penghasil Tenaga..... | 191 |
| 6.1.3 | Pengontrol Sistem Hidrolik..... | 193 |
| 6.1.4 | Penghantar Aliran..... | 194 |
| 6.1.4.1 | Penghantar Aliran Sistem Pengangkatan..... | 196 |
| 6.1.4.2 | Penghantar Aliran Power Steering..... | 198 |
| 6.1.5 | Media Tekan (Minyak Hidrolik)..... | 199 |
| 6.1.6 | Reservoar (Tangki Hidrolik)..... | 201 |
| 6.2 | Sistem Hidrolik Pengangkatan..... | 202 |
| 6.2.1 | Pengaturan Pengangkatan..... | 203 |
| 6.2.2 | Pengaturan Pemiringan..... | 203 |
| 6.3 | Sistem Hidrolik Transmisi Torqflow..... | 204 |
| 6.4 | Sistem Hidrolik Power Steering..... | 207 |
| BAB 7 | PRODUKSI..... | 211 |
| 7.1 | Produksi Tiap Siklus..... | 211 |
| 7.2 | Waktu Siklus..... | 212 |
| 7.3 | Kecepatan Angkat dan Angkut..... | 215 |
| 7.4 | Lebar Lorong..... | 215 |
| 7.5 | Perhitungan Produksi pada Satu Kondisi..... | 217 |
| BAB 8 | PENUTUP..... | 218 |
| | DAFTAR PUSTAKA..... | 220 |
| | LAMPIRAN..... | 222 |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|-------------|---|
| Gambar 1.1 | Forklift dengan bagian-bagian utamanya 2 |
| Gambar 1.2 | Macam-macam forklift dengan alat bantu..... 3 |
| Gambar 1.3 | Diagram Perancangan Forklift..... 5 |
| Gambar 2.1 | Beberapa kemungkinan kedudukan titik berat beban yang berpengaruh pada kapasitas Forklift..... 7 |
| Gambar 3.1 | Bagian-bagian sistem pengangkatan 19 |
| Gambar 3.2 | Garpu dan perlengkapannya 20 |
| Gambar 3.3 | Bagian-bagian garpu dan tipenya ; a) HOOK dan b) SHAFT..... 21 |
| Gambar 3.4 | Dimensi garpu tipe HOOK dari Kenhar Product Inc. 22 |
| Gambar 3.5 | Pembawa garpu (<i>fork carriage</i>)..... 23 |
| Gambar 3.6 | Penampang penyangga garpu (<i>fingerbar</i>)..... 24 |
| Gambar 3.7 | Perencanaan pembawa (<i>carriage</i>) 25 |
| Gambar 3.8 | Beban yang bekerja pada tiang sejajar 27 |
| Gambar 3.9 | Penempatan plat penghubung pada <i>outer mast</i> 28 |
| Gambar 3.10 | Perencanaan plat penghubung atas..... 29 |
| Gambar 3.11 | Pembebanan penahan rantai..... 30 |
| Gambar 3.12 | Perencanaan plat tumpuan 32 |
| Gambar 3.13 | Penempatan plat penghubung pada <i>inner mast</i> 33 |
| Gambar 3.14 | Pembebanan poros puli 34 |
| Gambar 3.15 | Sistem Puli Bebas untuk Bati Kecepatan..... 36 |
| Gambar 3.16 | Perhitungan pembebanan silinder dorong..... 45 |
| Gambar 4.1 | Sistem Pengangkutan 49 |
| Gambar 4.2 | <i>Torque Converter</i> 51 |
| Gambar 4.3 | Aliran <i>vortex</i> pada <i>Torque Converter</i> 52 |
| Gambar 4.4 | Torus (garis lingkaran putus-putus)..... 55 |
| Gambar 4.5 | Diagram aliran kecepatan sisi masuk dan keluar pada pompa/impeler (a) dan pada turbin/runner (b)..... 56 |



| | | |
|-------------|---|-----|
| Gambar 4.6 | Grafik hubungan torsi dengan kecepatan <i>Torque Converter</i> | 64 |
| Gambar 4.7 | Ukuran <i>Torque Converter</i> | 64 |
| Gambar 4.8 | Gaya pada poros turbin..... | 66 |
| Gambar 4.9 | <i>Clutch Packs</i> pada Sistem <i>Torgflow</i> | 68 |
| Gambar 4.10 | Mekanisme kerja <i>Clutch Packs</i> | 69 |
| Gambar 4.11 | Sistem <i>Synchromesh</i> | 70 |
| Gambar 4.12 | Konstruksi sistem transmisi..... | 72 |
| Gambar 4.13 | Tegangan pada akar gigi..... | 78 |
| Gambar 4.14 | Perencanaan Kopling Plat banyak..... | 83 |
| Gambar 4.15 | Perhitungan defleksi akibat berat G (kg) | 88 |
| Gambar 4.16 | Gaya pada poros transmisi roda gigi..... | 89 |
| Gambar 4.17 | Diagram 1 untuk penentuan viskositas kinematis v_1 berdasarkan diameter bantalan rata-rata dan putaran operasi..... | 106 |
| Gambar 4.18 | Diagram 2 untuk penentuan viskositas kinematik v , pada temperatur operasi | 107 |
| Gambar 4.19 | Distribusi tekanan Kopling Oldham | 108 |
| Gambar 4.20 | Bagian-bagian Unit Diferensial..... | 110 |
| Gambar 4.21 | Konfigurasi kecepatan x titik kontak roda gigi A dan B pada saat C stasioner..... | 111 |
| Gambar 4.22 | Tipe roda gigi kerucut (a) lurus, (b) miring, (c) spiral dan (d) spiral dengan pergeseran sumbu..... | 112 |
| Gambar 4.23 | Nama-nama bagian roda gigi kerucut | 112 |
| Gambar 4.24 | Kerucut Belakang dan Roda Gigi Lurus Ekuivalen | 113 |
| Gambar 4.25 | Macam roda gigi dengan perubahan sumbu pirion ; (a) pergeseran positif, (b) tanpa pergeseran (c) pergeseran negatif..... | 116 |
| Gambar 4.26 | Geometri roda gigi <i>hypoid</i> dengan pergeseran sumbu ; (a) pandangan samping (b) pandangan pada bidang proyeksi kerucut dari roda gigi (c) pandangan atas | 117 |
| Gambar 4.27 | Pola kontak pada sisi gigi Roda Gigi Kerucut Hypoid (a) pola yang diinginkan (b) dengan sisi kepala khusus..... | 118 |



| | | |
|-------------|---|-----|
| Gambar 4.28 | Pasangan Roda Gigi Hypoid | 121 |
| Gambar 4.29 | Pasangan Roda Gigi Kerucut Lurus | 126 |
| Gambar 4.30 | Gaya tangensial yang bekerja pada ujung pin | 128 |
| Gambar 4.31 | Pembebanan pada bantalan Roda Gigi Pinion | 132 |
| Gambar 4.32 | Pembebanan pada bantalan Roda Gigi Mahkota | 133 |
| Gambar 4.33 | Penggerak Akhir | 137 |
| Gambar 4.34 | Roda Gigi Planet (a), dan perhitungan reduksi (b) | 139 |
| Gambar 5.1 | Sistem Kemudi | 148 |
| Gambar 5.2 | <i>Ball and nut tipe steering gear</i> | 149 |
| Gambar 5.3 | Mekanisme belok kiri dan kanan | 150 |
| Gambar 5.4 | Geometri dasar sistem kemudi | 151 |
| Gambar 5.5 | Respon kemudi kendaraan | 152 |
| Gambar 5.6 | Gaya samping dan sudut slip | 153 |
| Gambar 5.7 | Penyederhanaan pengendalian tunak | 155 |
| Gambar 5.8 | Gaya dan momen pada roda kemudi | 157 |
| Gambar 5.9 | Konstruksi rem drum | 164 |
| Gambar 5.10 | <i>Hydramaster</i> | 165 |
| Gambar 5.11 | Kerja sistem pengereman | 167 |
| Gambar 5.12 | Konstruksi Rem Tangan | 168 |
| Gambar 5.13 | Gaya-gaya pada rem drum | 169 |
| Gambar 5.14 | Hubungan koefisien gesek dengan Faktor Efektifitas Rem | 171 |
| Gambar 5.15 | Radius putar poros belakang (poros depan untuk forklift) | 177 |
| Gambar 5.16 | Sudut kemiringan jalan (<i>hillside</i>) maksimum | 178 |
| Gambar 5.17 | Posisi-posisi berat terhadap titik berat | 180 |
| Gambar 5.18 | Pergeseran titik berat kendaraan, x_{TB} dan titik berat beban ditambah <i>mast</i> , x_{BM} | 182 |
| Gambar 6.1 | Skema instalasi hidrolik | 185 |
| Gambar 6.2 | Pompa roda gigi | 187 |
| Gambar 6.3 | Skema sirkuit hidrolik sistem pengangkatan | 202 |
| Gambar 6.4 | Skema sirkuit hidrolik transmisi <i>torqflow</i> | 204 |



| | | |
|-------------|--|-----|
| Gambar 6.5 | <i>Deceleration valve</i> | 205 |
| Gambar 6.6 | <i>Regulator valve</i> | 206 |
| Gambar 6.7 | <i>Inching valve dan directional valve</i> | 206 |
| Gambar 6.8 | Sirkuit sistem hidrolik power steering | 207 |
| Gambar 6.9 | Posisi silinder saat jalan lurus | 208 |
| Gambar 6.10 | Posisi silinder saat belok kanan | 208 |
| Gambar 6.11 | Posisi silinder saat belok kiri..... | 209 |
| Gambar 6.12 | <i>Pressure control valve</i> | 209 |
| Gambar 6.13 | Pengaturan jika aliran minyak berlebih | 210 |
| Gambar 7.1 | Grafik hubungan kapasitas dengan jarak dari pusat beban..... | 212 |
| Gambar 7.2. | Posisi pemindahan muatan untuk perhitungan waktu siklus tetap ; (a) sejajar, (b) berlawanan arah (c) menyudut tanpa berputar, (d) menyudut dengan berputar | 214 |
| Gambar 7.3 | <i>Lay out</i> untuk perhitungan lebar lorong..... | 216 |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|--|---------|
| Tabel 2.1 Beberapa ukuran perbandingan motor bensin dan motor diesel | 6 |
| Tabel 4.1 Ukuran-ukuran roda gigi..... | 80 |
| Tabel 4.2 Tinjauan kekuatan roda gigi | 81 |
| Tabel 4.3 Kekuatan akar gigi | 82 |
| Tabel 4.4 Tenaga yang hilang dan efisiensi..... | 82 |
| Tabel 4.5 Kombinasi gaya yang bekerja pada poros transmisi roda gigi | 89 |
| Tabel 4.6 <i>Shearing Force Diagram (SFD)</i> dan <i>Bending Moment Diagram (BMD)</i> beban tangensial pada poros transmisi roda gigi..... | 90 |
| Tabel 4.7 <i>Shearing Force Diagram (SFD)</i> dan <i>Bending Momen Diagram (BMD)</i> beban radial pada poros transmisi roda gigi..... | 91 |
| Tabel 4.8 Perhitungan diameter poros..... | 94 |
| Tabel 4.9 Perhitungan puntiran..... | 94 |
| Tabel 4.10 Berat roda gigi dan poros | 94 |
| Tabel 4.11 Perhitungan defleksi dan putaran kritis | 95 |
| Tabel 4.12 Faktor radial, x dan aksial, y untuk bantalan gelinding..... | 97 |
| Tabel 4.13 Faktor radial, x_o dan aksial, y_o untuk bantalan radial..... | 97 |
| Tabel 4.14 Kekuatan roda gigi <i>hypoid</i> terhadap beban lentur dan beban permukaan, (ekivalensi roda gigi lurus)..... | 124 |
| Tabel 4.15 Tinjauan tegangan pada akar gigi roda gigi <i>hypoid</i> | 125 |
| Tabel 4.16 Kekuatan lentur roda gigi kerucut lurus..... | 127 |
| Tabel 4.17 Rugi-rugi daya karena perubahan sifat-sifat minyak pelumas pada sistem diferensial..... | 136 |
| Tabel 4.18 Rugi-rugi daya karena gesekan bantalan diferensial | 136 |
| Tabel 4.19 Rugi-rugi daya karena gesekan roda gigi diferensial | 136 |
| Tabel 4.20 Tinjauan kekuatan roda gigi planet terhadap beban lentur dan beban permukaan..... | 141 |
| Tabel 4.21 Tinjauan kekuatan pada akar gigi roda gigi planet..... | 142 |



| | |
|---|-----|
| Tabel 4.22 Bantalan roda yang digunakan..... | 144 |
| Tabel 4.23 Perhitungan beban ekuivalen dinamis bantalan roda..... | 144 |
| Tabel 4.24 Rugi-rugi daya karena perubahan sifat-sifat pelumas pada sistem penggerak akhir..... | 145 |
| Tabel 4.25 Rugi-rugi daya karena gesekan bantalan roda..... | 146 |
| Tabel 4.26 Rugi-rugi daya karena gesekan roda gigi penggerak akhir..... | 146 |
| Tabel 5.1 Perhitungan momen terhadap titik acuan..... | 181 |
| Tabel 5.2 Selisih momen karena berat kendaraan dan muatan untuk beberapa sudut turunan jalan..... | 183 |
| Tabel 7.1 Faktor kecepatan..... | 215 |



DAFTAR NOTASI

- A** : luas penampang yang dikenai gaya, luas permukaan sepatu rem, luasan akar gigi, kecepatan angkat, lebar lorong
- A_d** : luas kontak pin dengan lengan
- A_h** : luas *head* kendaraan
- A_L** : luas bidang lapisan rem
- A_e** : luas penampang ujung pin
- A_{WD}** : luas penampang piston roda rem
- a** : jarak roda penggerak terhadap pusat berat, jarak antar poros, perbandingan antara berat kendaraan dengan gaya traksi
- B** : jarak poros (*wheelbase*), jarak titik tengah forklift ke titik pusat radius putar
- (BD)_D** : perbandingan distribusi gaya rem
- BP** : tekanan Burst
- b** : lebar roda gigi, lebar bantalan, lebar pelat gesek, jarak roda yang digerakkan terhadap pusat berat
- b_e** : lebar roda gigi ekuivalen
- b_f** : lebar sepatu rem
- C** : koefisien tergantung bahan dan sudut tekan roda gigi, beban dinamis spesifik bantalan, jarak sela
- c_k** : kelonggaran puncak roda gigi
- C_m** : waktu satu siklus
- C_o** : beban statis spesifik bantalan
- C_{sr}** : perbandingan kecepatan *torque converter*
- C_t** : waktu siklus tetap
- C_{tr}** : perbandingan torsi *torque converter*
- C_α** : kekakuan belokan
- C_γ** : kekakuan *camber*



- D** : diameter, diameter roda, diameter dalam drum rem, diameter luar bantalan, jarak tempuh forklift
- D** : diameter torus
- D_f, d_f** : diameter lingkaran kaki
- D_i** : diameter dalam bidang gesek kopling plat, diameter dalam konduktu (*tube*)
- D_o, d_o** : diameter lingkaran kepala, diameter luar bidang gesek kopling plat, diameter luar konduktor (*tube*)
- D_p, d_p** : diameter jarak bagi
- D_R** : diameter roda
- d** : diameter poros, diameter lingkaran jarak bagi (*pitch*), diameter dalam bantalan, diameter batang torak
- d_e** : diameter ekivalen roda gigi kerucut
- d_i** : diameter dalam silinder, diameter kaki roda gigi, diameter dalam housing
- d_m** : diameter rata-rata roda gigi
- d_o** : diameter luar silinder, diameter luar housing, diameter kepala roda gigi
- d_s** : diameter poros roda
- d_{sm}** : diameter *case*
- d_w** : diameter piston silinder roda rem
- d_α** : sudut slip
- d_γ** : sudut *camber*
- E** : modulus elastisitas bahan, efisiensi kerja
- E_k** : energi kinetik kendaraan total
- E_{kB}** : energi kinetik untuk percepatan kopling gesek
- E_{kR}** : energi kinetik selama gesekan
- E⁰** : viskositas minyak pelumas (derajat Engler)
- e** : eksentrisitas, error gigi, faktor overlap roda gigi
- e_s** : titik kunci sinkron
- F** : gaya reaksi, gaya pada permukaan rem
- F_a** : gaya aksial, gaya yang harus didukung silinder
- F_{air}** : gaya tahanan angin



- F_{bij} : gaya pada permukaan rem untuk putaran berlawanan arah jarum jam
- F_c : gaya tekan pada silinder rem
- F_d : beban dinamis roda gigi
- FER : faktor efektifitas rem
- F_F : gaya traksi roda depan
- F_f : berat forklift kosong
- F_g : gaya tahanan tanjakan jalan
- F_{in} : gaya percepatan jalan
- F_L : berat beban
- F_n : gaya normal
- F_R : gaya traksi roda belakang
- F_r : gaya tahanan gulung, gaya radial
- F_{rd} : gaya tahanan jalan
- F_s : gaya sentrifugal
- F_{sji} : gaya pada permukaan rem untuk putaran searah jarum jam
- F_t : gaya traksi
- F_t : gaya tangensial
- F_u : kekuatan tarik minimum yang ditetapkan pada elektroda
- F_v : gaya perlambatan
- F_v : tegangan geser ijin untuk logam las
- F_w : gaya pada roda yang ditahan rem
- F_y : gaya lateral
- F_{yf} : gaya belokan roda depan
- F_{yr} : gaya belokan roda belakang
- F_{ya} : gaya belokan
- $F_{y\ell}$: gaya lateral *camber* (*camber thrust*)
- f : koefisien tahanan gulung, tegangan geser bahan ijin, koefisien gesekan pelat kopling, gaya gesekan kontak rem, luas sebuah ruang desak
- f : defleksi
- f_k : faktor kejut



- f_s : tegangan geser ijin bahan universal joint
- f_v : faktor dinamis roda gigi
- G : berat kendaraan keseluruhan, modulus geser bahan
- G_a : berat kendaraan pada beban tertentu
- G_f : berat kendaraan pada roda depan
- G_r : berat kendaraan pada roda belakang
- G_l : distribusi beban pada roda kemudi
- g : percepatan gravitasi
- H : tinggi angkat, tinggi gigi roda gigi kerucut
- H_v : derajat rugi gigi
- h : tinggi, tinggi spline
- h_f : tinggi kaki
- h_{gc} : tinggi titik berat kendaraan
- h_k : kedalaman kerja
- I : momen inersia
- i : perbandingan transmisi
- i_1 : angka transmisi pada gigi 1
- i_2 : angka transmisi pada gigi 2
- i_t : angka transmisi total
- i_{dif} : angka transmisi pada unit diferensial
- i_{TC} : angka transmisi pada unit *torque converter*
- j : percepatan kendaraan, jumlah plat dan *clutch*
- K_c : faktor beban lebih
- K_L : kapasitas energi lapisan
- K_m : faktor distribusi beban
- K_s : faktor ukuran
- K_{tc} : faktor kapasitas *torque converter*
- K_{us} : *understeer coefficient*
- K_v : faktor dinamis roda gigi kerucut
- k : radius girasi, perbandingan antara diameter luar dan dalam housing



- k_{air} : koefisien tahanan udara (*streamlining coefficient*)
- k_H : faktor tegangan kontak
- k_l : faktor distribusi beban/muatan
- L : jarak pijak, panjang minimum *spline*, umur nominal bantalan (dalam jumlah putaran), panjang muatan
- L_h : umur nominal bantalan (dalam jam operasi), umur sepatu rem
- L_k : panjang tekuk bebas
- L_p : lebar sudu keluaran
- L_p' : lebar sudu masukan
- L_s : umur nominal bantalan (dalam jutaan kilometer)
- l_{kn} : panjang pena setir
- M : momen tekuk, momen lengkung poros
- M_{tk} : momen lengkung ekivalen
- M_{pt} : momen puntir, momen penyeimbang akibat *pneumatic trail*
- M_s : momen puntir pada batang setir
- M_v : momen resultan penyeimbang
- M_x : momen penyeimbang akibat gaya roda kemudi pada sumbu x
- m : massa kendaraan, modul roda gigi lurus
- m : modul gigi roda gigi kerucut
- m_{en} : modul normal ekivalen roda gigi kerucut
- m_{mn} : modul normal roda gigi kerucut
- N : putaran mesin (x 100 rpm)
- N_{bl} : *bearing losses*
- N_e : daya mesin
- N_{el} : *engagement losses*
- N_{oc} : *oil churning losses*
- N_f : daya yang dilepaskan tiap jam akibat gesekan pengereman
- n : putaran poros, putaran roda gigi, putaran mesin
- n_e : putaran mesin
- n_K : putaran kritis



- n_t : putaran turbin
- P : tenaga, beban titik, beban ekivalen dinamis
- P_e : daya efektif pompa
- P_{in} : daya masukan
- P_o : daya keluaran
- P_o : beban ekivalen statis
- P_R : tenaga gesek
- P_V : tenaga hilang keseluruhan
- P_{VZ} : rugi gesek transmisi gaya
- P_{VZ0} : rugi putaran tanpa kerja roda gigi
- P_{VB} : rugi dari beban bantalan
- P_{VB0} : rugi putaran tanpa kerja bantalan
- P_{VD} : rugi sil
- P_{VX} : rugi tanpa kerja lain
- P_W : tekanan minyak hidrolik pada piston rem
- p : tekanan pada permukaan, tekanan kerja minyak hidrolik, tekanan pada bantalan, *circular pitch* roda gigi
- p_a : tekanan maksimum ijin bahan, tekanan permukaan ijin
- p_m : tekanan kerja maksimum
- Q : debit aliran fluida kerja, gaya tekan kontak rem, produksi forklift tiap jam
- Q_a : jumlah aliran sebenarnya
- Q_{th} : debit teoritis pompa
- q : faktor tegangan maksimum, produksi forklift tiap siklus
- q_v : keausan spesifik sepatu rem
- R : radius putar, jarak kemudi
- R' : radius putar poros depan
- R_m : jari-jari rata-rata spline
- R_p : radius keluaran impeller
- R_p' : radius masukan impeller
- R_s : radius keluaran stator



- R_t : radius trubin
- r : jari-jari drum rem
- r_i : jari-jari dalam pelat gesek
- r_o : jari-jari luar pelat gesek
- r_w : jari-jari efektif ban
- S : kecepatan fluida arah tangensial masuk turbin, tebal lingkaran gigi
- S' : kecepatan fluida keluar impeller
- S_p : kecepatan pusaran fluida keluar impeller
- S_s : kecepatan pusaran fluida keluar stator
- S_s' : kecepatan pusaran fluida masuk stator
- S_t : kecepatan pusaran fluida keluar turbin
- SF : angka keamanan
- S_v : tebal keausan sepatu rem
- s : panjang langkah
- T : torsi keluaran, torsi yang dibutuhkan, torsi pengereman, kecepatan turun garpu
- TB : titik berat
- T_B : selisih torsi gesek dan torsi tunak kopling gesek
- T_e : torsi mesin
- T_H : torsi tunak kopling gesek
- T_p, T_i : torsi pompa, torsi impeller
- TR : titik pusat radius putar
- T_R : torsi gesek
- T_s : torsi stator
- T_{sf} : *self aligning torque*
- T_t : torsi turbin
- T_{tc} : Torsi keluaran *torque converter*
- t : waktu, tebal dinding silinder, tebal pelat, jarak bagi lingkaran
- t_a : waktu untuk melakukan angkat bebas
- t_b : waktu untuk berbelok



- t_c : waktu pengereman
- t_f : waktu untuk menempatkan garpu di bawah beban
- t_g : waktu untuk melakukan perpindahan gigi
- t_h : tebal konduktor (*tube, hose*)
- t_p : *pneumatic trail*, waktu untuk mengatur jarak putar
- U : kecepatan tangensial fluida(sudu) keluar impeller
- U' : kecepatan sudu
- V : kecepatan absolut keluaran impeller
- V' : kecepatan absolut masukan sudu
- V_{crit} : kecepatan kritis dalam kondisi *oversteer*
- V_d : *displacement* pompa
- V_{st} : kecepatan kritis belokan
- V_v : volume material sepatu rem yang mengalami keausan
- v : kecepatan, kecepatan kendaraan, kecepatan pitch roda gigi
- v_b : kecepatan rata-rata forklift bermuatan
- v_c : kecepatan kritis maksimal gerakan membelok berdasarkan momen kendaraan yang dapat menyebabkan *skidding*
- v_f : kecepatan keliling roda gigi *hypoid*
- v_G : kecepatan *sliding* roda gigi *hypoid*
- v_K : kecepatan pada permukaan pendinginan
- v_n : kecepatan arah normal roda gigi *hypoid*
- v_p : kecepatan keliling fluida
- v_s : kecepatan kritis maksimal gerakan membelok didasarkan saat kendaraan mulai roboh
- v_t : kecepatan rata-rata forklift tanpa muatan
- W : berat kendaraan yang disangga tiap roda, kecepatan relatif keluaran sudu impeller, lebar muatan
- W' : kecepatan relatif masukan sudu impeller
- W_b : berat beban
- W_c : berat pengimbang



- W_f : gaya normal statis roda depan, berat frame dan bodi
- W_{fw} : berat roda dan poros depan
- W_m : berat *mast* dan perlengkapannya
- WP : tekanan kerja yang diijinkan
- W_p : berat sistem penggerak
- W_{pt} : momen tahanan terhadap puntir
- W_r : gaya normal statis roda belakang
- W_{rw} : berat roda dan poros belakang
- W_{sh} : kecepatan hantakan
- W_t : kecepatan relatif keluaran turbin
- W_{up} : kecepatan relatif keluaran impeller arah tangensial
- W_{ur}, W_{us} : kecepatan relatif keluaran reaktor/stator arah tangensial
- W_{ut} : kecepatan relatif keluaran turbin arah tangensial
- W_{ut}' : kecepatan relatif masukan turbin arah tangensial
- W_x : momen tahanan lengkung (*modulus section*)
- w : lebar roda gigi, lebar spline
- X : jarak pusat beban ke garpu
- $X_{in,out}$: gaya normal karena tahanan gulung
- x : faktor beban radial dinamis
- x_f : jarak titik berat
- x_o : faktor beban radial statis
- Y : faktor Lewis
- $Y_{in,out}$: gaya normal pada roda belakang
- Y_n : faktor Lewis berdasar jumlah gigi ekuivalen
- Y_{TB} : jarak titik berat terhadap poros depan
- YZ : jarak pergeseran titik berat karena kemiringan jalan dalam sumbu z
- y : faktor beban aksial dinamis
- y_o : faktor beban aksial statis
- Z : reaksi normal, jumlah gigi roda gigi
- z : jumlah spline, jumlah pengereman per jam



- Z_c : jumlah gigi ekivalen
- α : sudut kemiringan jalan, sudut tekan roda gigi, sudut belok kendaraan
- α_f : sudut selip roda depan
- α_k : koefisien perpindahan panas pada permukaan kontak
- α_n : sudut tekan normal
- α_r : sudut selip roda belakang
- α_{rd} : kemiringan jalan
- α_{rk} : sudut kritis kenaikan jalan atau gradien kenaikan
- α_t : sudut keluaran turbin
- α_t' : sudut masukan turbin
- α_v : perlambatan kendaraan
- β : sudut kemiringan
- β_m : sudut *helix* roda gigi
- β_o : sudut kritis kemiringan jalan (*hillside*)
- β_s : sudut kemiringan jalan maksimum agar forklift tidak tergelincir
- β_t : sudut inklinasi *king pin* arah longitudinal
- γ : berat jenis bahan, sudut *camber*
- γ_t : sudut inklinasi *king pin* arah longitudinal
- δ : defleksi, sudut kerucut jarak bagi roda gigi (*pitch cone angle*)
- δ_f : sudut kerucut kaki gigi
- δ_i : sudut *steer* dalam
- δ_k : sudut kerucut kepala roda gigi (*tip cone angle*)
- δ_o : sudut *steer* luar
- δ_r : sudut *steer*
- δ_{rot} : koefisien koreksi massa yang bergerak
- δ_s : sudut antar poros
- δ_{vz} : derajat rugi tanpa putaran kerja



- ε : faktor *reverse fluida*
- η : efisiensi
- η_{mek} : efisiensi mekanis pompa
- η_p : efisiensi pompa/impeller
- η_r : efisiensi reaktor/stator
- η_t : efisiensi turbin
- η_{tr} : efisiensi transmisi
- η_{vol} : efisiensi volumetris pompa
- λ : angka kelangsingan (*slenderness ratio*)
- μ : koefisien gesekan roda gigi, koefisien gesek roda dengan jalan, koefisien gesek sepatu rem, faktor titik pemakaian beban
- μ_m : angka gesek gigi rata-rata
- θ : puntiran poros, sudut rata-rata *steering*
- θ_i : sudut puntir ijin
- θ_k : sudut kepala roda gigi (*tip angle*)
- σ_A : kekuatan tarik bahan ijin
- σ_a : tegangan lengkung ijin
- σ_B : kekuatan tarik bahan
- σ_b : tegangan tekuk poros
- σ_{bW} : kekuatan berganti beban lentur (batang percobaan diameter tertentu tidak bertakik dan dipoles)
- σ_{bWK} : kekuatan lentur berganti pada pengaruh takik untuk diameter tertentu
- σ_c : tegangan permukaan ijin
- σ_d : desakan ke lantai
- σ_{ijin} : tegangan yang diijinkan
- σ_{lk} : tegangan lengkung
- σ_m : tegangan yang diterima akibat beban momen
- σ_m : tegangan muka ijin



- σ_t : **tegangan tarik**
- σ_y : **tegangan luluh bahan**
- τ : **tegangan geser**
- τ_a : **tegangan geser bahan ijin**
- τ_d : **tegangan geser dinamis**
- τ_{pt} : **tegangan karena puntiran**
- τ_s : **tegangan geser statis, tegangan geser poros**
- υ : **koefisien gesekan roda gigi**
- ψ : **faktor ketidakmerataan distribusi gaya, besar sudut lapisan sepatu rem**
- φ_A : **sudut pergeseran roda gigi *hypoid***
- φ_x : **koefisien cengkraman jalan**
- \mathcal{S} : **kenaikan suhu akibat gesekan kopling**
- ν : **viskositas kinematik**
- ϕ : **koefisien *grip***