

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PENGESAHAN | ii |
| HALAMAN PERNYATAAN | iii |
| NASKAH SOAL TUGAS AKHIR | iv |
| MOTTO dan HALAMAN PERSEMBAHAN | v |
| INTISARI | vi |
| KATA PENGANTAR | vii |
| DAFTAR ISI | ix |
| DAFTAR GAMBAR | xiii |
| DAFTAR TABEL | xv |
| DAFTAR NOTASI | xvi |
| DAFTAR LAMPIRAN | xvii |
| | |
| BAB I PENDAHULUAN | |
| 1.1 Sistem Hidrolik Penggerak Katup Masuk Utama Turbin Air | 1 |
| 1.1.1 Tangki Pengumpul Minyak (Oil Sump Tank) | 3 |
| 1.1.2 Pompa Sirkulasi Minyak | 4 |
| 1.1.3 Tangki Pengumpul Minyak/Udara (Air/Oil Receiver) | 5 |
| 1.1.4 Katup Kontrol | 5 |
| 1.1.5 Servomotor | 6 |
| 1.2 Tinjauan Umum Tentang Pompa | 6 |
| 1.2.1 Pemakaian Pompa Dalam Kehidupan | 7 |
| 1.2.2 Klasifikasi Pompa | 8 |
| 1.2.3 Pemilihan Pompa | 11 |
| 1.2.4 Pompa Sekrup | 12 |

BAB II TINJAUAN MASALAH

| | | |
|-------|---|----|
| 2.2 | Kondisi Kerja Pompa | 15 |
| 2.3 | Kondisi Fluida yang dipompa | 17 |
| 2.4 | Kapasitas Total Pompa | 17 |
| 2.5 | Tekanan Total Pompa | 18 |
| 2.5.1 | Tekanan pada sisi isap | 18 |
| 2.5.2 | Tekanan pada sisi tekan | 23 |
| 2.5.3 | Tekanan Diferensial | 28 |
| 2.6 | Pemilihan Jenis Pompa | 28 |
| 2.7 | Garis Besar Konstruksi Pompa Sekrup | 29 |
| 2.8 | Mekanisme Kerja | 32 |

BAB III UKURAN UTAMA POMPA

| | | |
|-------|--|----|
| 3.1 | Data-data Yang Telah Diketahui | 33 |
| 3.2 | Daya Pompa | 33 |
| 3.2.1 | Asumsi Efisiensi Pompa | 33 |
| 3.2.2 | Daya Hidrolik atau Daya Output Pompa | 34 |
| 3.2.3 | Daya Input Poros Pompa | 35 |
| 3.3 | Daya Motor Penggerak | 36 |
| 3.4 | Menentukan Ukuran Utama Pompa | 36 |
| 3.4.1 | Kapasitas Aliran Pompa | 36 |
| 3.4.2 | Menentukan Ukuran Ulir Rotor | 39 |
| 3.4.3 | Diameter Penampang Rotor Minimum | 41 |
| 3.4.4 | Putaran Rotor Maksimum | 43 |
| 3.4.5 | Panjang Kerja Rotor | 44 |
| 3.5 | Perencanaan Rotor | 45 |
| 3.5.1 | Idler Rotor | 45 |
| 3.5.2 | Driven Rotor | 49 |
| 3.5.3 | Pemilihan Bahan Rotor | 51 |
| 3.5.4 | Rumah Rotor | 61 |
| 3.5.5 | Balance Bush | 66 |

BAB IV PERENCANAAN RUMAH DAN SALURAN POMPA

| | | |
|-------|---|----|
| 4.1 | Konstruksi Rumah Pompa | 74 |
| 4.1.1 | Rumah Pemindah (Delivery Casing) | 74 |
| 4.1.2 | Penutup Rumah Rotor (Drive End Cover) | 82 |
| 4.1.3 | Rumah Isap (Suction Casing) | 86 |
| 4.2 | Saluran Pompa | 91 |
| 4.2.1 | Saluran Isap | 91 |
| 4.2.2 | Saluran Tekan | 92 |
| 4.2.3 | Saluran By Pass | 96 |

BAB V PERENCANAAN POROS POMPA DAN BANTALAN

| | | |
|-------|---|-----|
| 5.1 | Poros | 99 |
| 5.1.1 | Perencanaan Poros | 99 |
| 5.1.2 | Perencanaan Poros Pompa Sekrup Multi Rotor | 102 |
| 5.1.3 | Pemeriksaan Poros Terhadap Defleksi Puntiran | 110 |
| 5.1.4 | Pemeriksaan Poros Terhadap Defleksi Lengkungan | 113 |
| 5.1.5 | Pemeriksaan Poros Terhadap Kemungkinan Bukling | 114 |
| 5.1.6 | Pemeriksaan Poros Terhadap Konsentrasi Tegangan | 117 |
| 5.1.7 | Putaran Kritis | 122 |
| 5.2 | Perencanaan Bantalan | 123 |
| 5.2.1 | Pemilihan Jenis Bantalan Pompa Sekrup Multi Rotor | 124 |
| 5.2.2 | Pelumasan Bantalan | 130 |

BAB VI KOMPONEN PENDUKUNG POMPA SEKRUP

| | | |
|-------|---|-----|
| 6.1 | Kopling | 131 |
| 6.1.1 | Perencanaan Pin, Semak Karet dan Semak Kuningan | 133 |
| 6.1.2 | Perencanaan Hub | 137 |
| 6.1.3 | Perencanaan Pasak | 138 |
| 6.1.4 | Perencanaan Flens | 139 |
| 6.2 | Stuffing Box | 140 |

| | | |
|-------|--------------------------------|-----|
| 6.2.2 | Perhitungan Baut Penekan | 143 |
| 6.2.3 | Perhitungan Gland | 144 |
| 6.3 | Ring Penahan Gaya Aksial | 146 |

BAB VII TEGANGAN UAP, KAVITASI, NPSH DAN VISKOSITAS

| | | |
|-------|---|-----|
| 7.1 | Tegangan Uap | 149 |
| 7.2 | Kavitasi | 149 |
| 7.3 | NPSH | 150 |
| 7.3.1 | NPSH yang Tersedia | 151 |
| 7.3.2 | NPSH yang Diperlukan | 154 |
| 7.4 | Viskositas | 155 |
| 7.4.1 | Pengaruh Viskositas Terhadap Performansi Pompa Sekrup | 155 |
| 7.4.2 | Pemilihan Daerah Kerja Putaran Pompa | 157 |

BAB VIII EFISIENSI DAN KARAKTERISTIK POMPA

| | | |
|-------|---|-----|
| 8.1 | Efisiensi Pompa | 159 |
| 8.1.1 | Efisiensi Volumetris | 159 |
| 8.1.2 | Efisiensi Mekanis | 160 |
| 8.2 | Karakteristik Pompa Sekrup | 164 |
| 8.2 | Kenaikan Temperatur Fluida yang Dipompa | 165 |

BAB IX KESIMPULAN

167

DAFTAR PUSTAKA

172

LAMPIRAN

174

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|--------------|--|-----|
| Gambar 2.1. | Instalasi pompa | 18 |
| Gambar 2.2. | Monogram faktor konversi viskositas | 20 |
| Gambar 2.3. | Penurunan tekanan melewati bagian filter | 21 |
| Gambar 2.4. | Grafik penentuan jenis pompa | 29 |
| Gambar 2.5. | Pompa sekrup vertikal dengan tiga rotor | 31 |
| Gambar 2.6. | Gradien tekanan pada rotor pompa sekrup | 32 |
| Gambar 3.1. | Grafik karakteristik pompa | 34 |
| Gambar 3.2. | Penampang rotor | 38 |
| Gambar 3.3. | Bentuk awal ulir | 39 |
| Gambar 3.4. | Idler rotor | 49 |
| Gambar 3.5. | <i>Driven rotor</i> | 51 |
| Gambar 3.6. | Gaya aksi pada ulir | 52 |
| Gambar 3.7. | Diagram beban ulir trapezium..... | 53 |
| Gambar 3.8. | Sudut trapesium ulir | 57 |
| Gambar 3.9. | Skema pelebaran permukaan | 65 |
| Gambar 3.10. | <i>Balance bush</i> | 67 |
| Gambar 4.1. | Profil plat untuk pemasangan kail crane | 80 |
| Gambar 4.2. | Rumah pemindah tampak atas | 81 |
| Gambar 4.3. | Rumah pemindah tampak depan | 81 |
| Gambar 4.4. | <i>Drive end cover</i> | 82 |
| Gambar 4.5. | Rumah isap bagian luar | 88 |
| Gambar 4.6. | Rumah isap bagian dalam..... | 88 |
| Gambar 4.7. | Rugi-rugi tekanan pada pipa baja komersial baru | 93 |
| Gambar 4.8. | Bentuk sambungan pipa | 95 |
| Gambar 5.1. | Poros pompa..... | 104 |
| Gambar 5.2. | Grafik K_r sebagai fungsi n_{sf} dan kapasitas Q | 107 |
| Gambar 5.3. | Diagram beban pada poros | 109 |
| Gambar 5.4. | Faktor konsentrasi tegangan akibat poros bertingkat | 118 |
| Gambar.5.5. | Faktor konsentrasi tegangan akibat alur pasak | 121 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| Gambar 6.1. | Kopling fleksibel semak-pin | 132 |
| Gambar 6.2. | Penyusunan packing gland dan ring | 141 |
| Gambar 6.3. | Ukuran packing dan gland | 142 |
| Gambar 6.4. | Gland penekan packing | 145 |
| Gambar 6.5. | Susunan ring..... | 147 |
| Gambar 7.1. | Pengukuran NPSH | 152 |
| Gambar 7.2. | Cara pengukuran NPSH | 152 |
| Gambar 7.3 | Hubungan viskositas dan suhu zat cair | 155 |
| Gambar 7.4. | Kurva karakteristik tekanan vs kapasitas | 157 |
| Gambar 7.5. | Efek viskositas terhadap putaran pompa diijinkan | 157 |
| Gambar 8.1. | Koefisien gesek seal..... | 162 |
| Gambar 8.2. | Grafik hubungan kapasitas dengan putaran pompa | 165 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|-----------|---|-----|
| Tabel 2.1 | Ukuran penyaring yang diperbolehkan | 21 |
| Tabel 2.2 | Nilai untuk f_2 | 22 |
| Tabel 2.3 | Koefisien k | 26 |
| Tabel 3.1 | Jumlah kisar ulir | 44 |
| Tabel 3.2 | Rumus-rumus ukuran utama pompa sekrup multi rotor | 44 |
| Tabel 3.3 | Nilai faktor keamanan | 52 |
| Tabel 3.4 | Koefisien gesekan untuk berbagai kondisi | 58 |
| Tabel 3.5 | Koefisien gesek ketika gaya gesek rumah rotor dipakai | 59 |
| Tabel 3.6 | Kecepatan putar sinkron motor induksi | 72 |
| Tabel 4.1 | Saluran by pass pompa | 97 |
| Tabel 5.1 | Harga K_m dan K_t yang diperbolehkan | 101 |
| Tabel 5.2 | Faktor perhitungan untuk bantalan bola yang dipasang tunggal. | 126 |
| Tabel 5.3 | Harga faktor keandalan kerja | 128 |
| Tabel 5.4 | Harga batas d . n | 130 |
| Tabel 6.1 | Temperatur maksimum yang diijinkan untuk bahan packing | 141 |
| Tabel 8.1 | Hasil perhitungan kapasitas berdasarkan putaran pompa | 164 |

DAFTAR NOTASI

| | |
|------------|--|
| a | = Tambahan tebal akibat salah cor dan karat (cm) |
| a_u | = Tinggi puncak ulir (cm) |
| a_f | = Faktor keandalan |
| a_2 | = Faktor bahan |
| a_3 | = Faktor Kerja |
| A | = Area (cm ²) |
| A_{ad} | = Luas adendum <i>driven rotor</i> (cm ²) |
| A_f | = Luas efektif yang dilewati fluida (cm ²) |
| A_r | = Penampang rotor (cm ²) |
| A_{ri} | = Luas saluran fluida pada rumah isap (cm ²) |
| A_{ring} | = Luas bidang geser pada ring (cm ²) |
| b_2 | = Lebar rotor atau ½ gang ulir pada rotor (cm) |
| c_p | = Kalor jenis fluida (kJ/kg.K) |
| C | = koefisien persamaan euler |
| C_b | = Faktor koreksi beban lentur |
| C_d | = Kapasitas normal dinamis bantalan (kg) |
| C_o | = Kapasitas normal statis bantalan (kg) |
| d_{ib} | = Diameter dalam bantalan (cm) |
| d_{pd} | = Diameter dalam pipa isap (cm) |
| d_1 | = Diameter pin (cm) |
| d_2 | = Diameter semak (cm) |
| D | = Beda elevasi ujung sisi tekan dengan sumbu rotor (cm) |
| D_{ac} | = Diameter adendum idler rotor (cm) |
| D_{ad} | = Diameter adendum <i>driven rotor</i> (cm) |
| D_b | = Diameter nominal baut (cm) |
| D_{cb} | = Diameter dalam baut (cm) |
| D_{dc} | = Diameter dedendum idler rotor (cm) |
| D_{di} | = Diameter dedendum <i>driven rotor</i> (cm) |

| | |
|-------------------|--|
| D_g | = Diameter lubang gland (cm) |
| D_h | = Diameter hub (cm) |
| D_i | = Diameter dalam (cm) |
| D_{io} | = Diameter dalam rumah isap bagian luar (cm) |
| D_m | = Diameter rata rata (cm) |
| D_o | = Diameter luar (cm) |
| D_{oi} | = Diameter luar rumah isap bagian dalam (cm) |
| D_p | = Diameter poros (cm) |
| D_{pb} | = Diameter lingkaran kerja baut (cm) |
| D_0 | = Diagonal bagian dalam permukaan silinder terbesar (cm) |
| D_1 | = Diameter lingkaran bubungan pin (cm) |
| D_{1p} | = Diameter luar packing (cm) |
| D_2 | = Diameter flens (cm) |
| E | = Modulus elastisitas bahan poros (kg/cm^2) |
| E_p | = Kalor yang diserap (kJ/s) |
| f | = Koefisien gesekan |
| f_b | = Koefisien gesekan bantalan |
| f_{frek} | = Frekuensi listrik (Hz) |
| f_l | = Koefisien gesek sesungguhnya rotor |
| F | = Luas efektif penampang rotor yang kosong (cm^2) |
| F_{ax} | = Beban aksial pada rotor (kg) |
| F_{ax1} | = Beban aksial untuk membangkitkan tekanan fluida (kg) |
| F_{ax2} | = Beban aksial karena sifat viscous fluida (kg) |
| F_b | = Beban bantalan (kg) |
| F_{fp} | = Gaya gesek pada seal (kg) |
| F_p | = Gaya penekan packing (kg) |
| F_r | = Beban radial (kg) |
| $F.S$ | = Faktor keamanan |
| g | = Percepatan gravitasi (cm/s^2) |
| G | = Modulus geser bahan poros (kg/cm^2) |

| | |
|-----------|---|
| h_e | = Rugi-rugi belokan (cm) |
| h_{fs} | = Rugi-rugi gesekan sepanjang pipa isap (cm) |
| h_{ft} | = Rugi-rugi gesekan sepanjang pipa tekan (cm) |
| h_i | = Rugi-rugi pada sisi masuk (cm) |
| h_m | = Tekanan mutlak atau ukuran tinggi kolam zat cair (cm) |
| h_v | = Rugi-rugi katup (cm) |
| h_{vd} | = Rugi-rugi karena kecepatan pada sisi tekan (cm) |
| H_s | = <i>Suction lift</i> (cm) |
| H_t | = Head total pompa (cm) |
| I | = Momen inersia (cm ⁴) |
| J | = Momen inersia polar (cm ⁴) |
| k | = konstanta untuk poros |
| k_1 | = Konstanta, tergantung jenis pompa sekrup |
| k_2 | = Konstanta, tergantung jenis pompa sekrup |
| K | = Konstanta |
| K_p | = <i>Least radius of gyration</i> (cm) |
| K_m | = Faktor kombinasi kejutan dan kelelahan untuk momen |
| K_r | = Experimental coefficient |
| K_t | = Faktor kombinasi kejutan dan kelelahan untuk torsi |
| l_p | = Panjang packing (cm) |
| l_s | = Panjang semak pada flens (cm) |
| l_t | = Lebar tangki (cm) |
| L | = Panjang kerja rotor (cm) |
| L_b | = Panjang lubang (cm) |
| L_h | = Umur nominal bantalan (jam) |
| L_{hub} | = Panjang hub (cm) |
| L_{ir} | = Panjang kerja rotor (cm) |
| L_n | = Umur bantalan terkoreksi (jam) |
| L_p | = Panjang pasak (cm) |
| L_{pa} | = Panjang poros yang menderita beban aksial (cm) |

| | |
|------------|---|
| L_r | = Jarak gaya radial terhadap bantalan (cm) |
| M | = Momen lengkung (kg.cm) |
| M_e | = bending momen equivalen (kg.cm) |
| M_f | = Momen gesek (kg.cm) |
| M_l | = Momen tahanan pada kupingan flange (kg.cm) |
| n | = Putaran rotor (rpm) |
| n_{cr} | = Putaran kritis poros pompa (rpm) |
| n_{mt} | = Kecepatan putar motor listrik induksi (rpm) |
| n_p | = Jumlah pin |
| N | = Gaya normal (kg) |
| p | = Jumlah kutub motor listrik |
| p_b | = <i>Bearing pressure</i> pada semak atau pin (kg/cm ²) |
| p_d | = Tekanan maksimum (tekanan discharge) (bar) |
| p_t | = Panjang tangki (cm) |
| p_{td} | = Tekanan yang dibangkitkan pompa (bar) |
| P_a | = Tekanan atmosfer (kg/cm ²) |
| P_{hid} | = Daya hidrolik pompa (kW) |
| P_i | = Daya input poros pompa (kW) |
| P_m | = Daya motor penggerak (kW) |
| P_v | = Tekanan uap jenuh zat cair (kgf/cm ²) |
| Q | = Kapasitas aktual pompa (cm ³ /s) |
| Q_{th} | = Kapasitas aliran teoritis (cm ³ /s) |
| R_{ac} | = Jari-jari adendum ulir (cm) |
| Re | = Bilangan Reynolds |
| R_i | = Jari-jari dalam silinder (cm) |
| R_o | = Jari-jari luar silinder (cm) |
| s_p | = Tebal packing (cm) |
| s_{slip} | = Slip |
| S | = Rugi-rugi bocor atau slip (cm ³ /s) |
| S_h | = Head statis (cm) |

| | |
|------------|---|
| t | = Kisar ulir atau <i>lead</i> rotor (cm) |
| t_b | = Tebal dinding (cm) |
| t_{ds} | = Tebal dinding silinder (cm) |
| t_f | = Tebal flens (cm) |
| t_g | = Tebal flens packing gland (cm) |
| t_m | = Tinggi level minyak (cm) |
| t_p | = Tebal pasak (cm) |
| t_r | = tebal ring (cm) |
| T | = Torsi (kg.cm) |
| T_e | = Momen equivalen (kg.cm) |
| U | = Gaya keliling rotor (kg) |
| v_d | = kecepatan fluida melewati pipa tekan (cm/s) |
| v_s | = kecepatan fluida melewati pipa isap (cm/s) |
| V | = Aliran volume (cm ³ /put) |
| V_{ax} | = Kecepatan aksial fluida (cm/s) |
| V_k | = Volume setengah bagian kopling (cm ³) |
| V_{mt} | = Volume minyak dalam tangki (cm ³) |
| V_p | = Volume total poros (cm ³) |
| V_{ps} | = Volume pasak (cm ³) |
| w | = Lebar pasak (cm) |
| W_{kp} | = Berat kopling dan pasak (kg) |
| W_p | = Berat poros pompa (kg) |
| W_r | = Berat rotor (kg) |
| W_s | = Berat lengan rotor (kg) |
| y | = Defleksi lenturan (cm) |
| z | = Jumlah kisar rotor |
| z_f | = Section modulus pada potongan flange (cm ²) |
| α | = Sudut ulir atau sudut helix |
| α_f | = <i>column factor</i> |
| α_i | = Faktor cadangan |

| | |
|---------------|---|
| Δp_e | = penurunan tekanan saat melewati elemen filter (bar) |
| Δp_h | = penurunan tekanan saat melewati rumah filter (bar) |
| Δp_t | = penurunan tekanan total (bar) |
| ΔT | = Kenaikan temperatur fluida maksimum ($^{\circ}\text{C}$) |
| η_m | = Efisiensi mekanis pompa |
| η_{ov} | = Efisiensi overal pompa |
| η_t | = Efisiensi transmisi |
| η_v | = Efisiensi volumetris pompa |
| f_1 | = faktor konversi viskositas |
| f_2 | = faktor lingkungan |
| γ | = Berat jenis fluida (kg/cm^3) |
| ρ | = Massa jenis fluida (kg/cm^3) |
| ρ_b | = Massa jenis bahan rotor (kg/cm^3) |
| ρ_p | = Massa jenis bahan poros (kg/cm^3) |
| ρ_k | = Massa jenis bahan kopling (kg/cm^3) |
| ρ_{ps} | = Massa jenis bahan pasak (kg/cm^3) |
| σ_{bi} | = tegangan tarik atau tekan bahan poros diijinkan (kg/cm^2) |
| σ_c | = Tegangan keliling (kg/cm^2) |
| σ_{cn} | = Tegangan keliling bersih (kg/cm^2) |
| σ_l | = Tegangan longitudinal (kg/cm^2) |
| σ_{ln} | = Tegangan longitudinal bersih (kg/cm^2) |
| σ_{ti} | = Tegangan tarik ijin (kg/cm^2) |
| σ_y | = Tegangan luluh bahan poros (kg/cm^2) |
| θ | = Sudut gesekan |
| θ_p | = Defleksi puntiran (rad) |
| τ_i | = Tegangan geser bahan poros yang diijinkan (kg/cm^2) |
| μ | = Viskositas dinamis fluida (Pa . s) |
| ν | = Viskositas kinematis fluida (m^2/s) |

DAFTAR LAMPIRAN

| | | |
|--------------|--|-----|
| Lampiran 1. | Surat permohonan penelitian | 174 |
| Lampiran 2. | Surat jawaban dari perusahaan | 175 |
| Lampiran 3. | Surat bukti telah melakukan penelitian | 176 |
| Lampiran 4. | Data hasil penelitian | 177 |
| Lampiran 5. | Foto instalasi pompa | 178 |
| Lampiran 6. | Foto idler rotor..... | 179 |
| Lampiran 7. | Foto <i>driven rotor</i> | 180 |
| Lampiran 8. | Foto rumah rotor | 181 |
| Lampiran 9. | Foto rumah pemindah | 182 |
| Lampiran 10. | Foto rumah isap | 183 |
| Lampiran 11. | Foto motor penggerak pompa | 184 |
| Lampiran 12. | Diagram sistem hidrolik servomotor | 185 |
| Lampiran 13. | Ukuran baut dan mur | 186 |
| Lampiran 14. | Tabel properti beberapa bahan teknik | 191 |
| Lampiran 15. | Ukuran flens | 194 |
| Lampiran 16. | Tabel properti fluida kerja | 196 |
| Lampiran 17. | Tabel ukuran pipa | 198 |
| Lampiran 18. | Ukuran poros | 199 |
| Lampiran 19. | Ukuran bantalan | 200 |
| Lampiran 20. | Ukuran pasak..... | 201 |