

DAFTAR ISI

| | |
|--|------------|
| Halaman Judul..... | i |
| Halaman Pengesahan..... | ii |
| Halaman Motto..... | iii |
| Kata Pengantar..... | iv |
| Naskah Soal Tugas Akhir..... | vi |
| Daftar Isi..... | vii |
| Daftar Gambar..... | xii |
| Daftar Tabel..... | xiv |
| Daftar Notasi Dan Lambang..... | xv |
| Intisari..... | xxi |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1. Pengenalan Pompa..... | 1 |
| 1.2. Pemakaian Pompa..... | 2 |
| 1.3. Jenis-Jenis Pompa..... | 3 |
| 1.3.1. Pompa Torak (<i>Reciprocating Pump</i>)..... | 3 |
| 1.3.2. Pompa Putar (<i>Rotary Pump</i>)..... | 5 |
| 1.3.3. Pompa Dinamik..... | 6 |
| 1.4. Pemilihan Pompa..... | 8 |
| BAB II TINJAUAN MASALAH..... | 10 |
| 2.1. Latar Belakang Masalah..... | 10 |
| 2.2. Kapasitas Pompa..... | 11 |
| 2.2.1. Menaksir Jumlah Air Limbah..... | 11 |
| 2.2.2. Perhitungan Kapasitas Pompa..... | 12 |
| 2.3. <i>Head</i> Pompa..... | 13 |
| 2.3.1. Instalasi Pompa..... | 13 |
| 2.3.2. Rugi-Rugi Minor (<i>Minor Losses</i>)..... | 13 |
| 2.3.3. Rugi-Rugi Mayor (<i>Major Losses</i>)..... | 18 |
| 2.3.4. Rugi-Rugi Total (<i>Total Head Losses</i>)..... | 21 |



| | |
|---|-----------|
| 2.4. Pemilihan Jenis Pompa..... | 22 |
| 2.5. Pemilihan Putaran Poros..... | 24 |
| 2.6. Kecepatan Spesifik..... | 24 |
| 2.7. Daya Input Pompa..... | 26 |
| 2.8. Penggerak Pompa..... | 28 |
| 2.9. Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal..... | 30 |
| BAB III PERENCANAAN IMPELER..... | 33 |
| 3.1. Tipe Impeler..... | 33 |
| 3.2. Dimensi Impeler..... | 37 |
| 3.2.1. Poros Impeler..... | 38 |
| 3.2.2. Sisi Masuk Impeler..... | 42 |
| 3.2.2.1. Kecepatan Sisi Masuk Impeler..... | 43 |
| 3.2.2.2. Diameter Sisi Masuk Impeler..... | 45 |
| 3.2.2.3. Sudut Masuk Sudu..... | 46 |
| 3.2.2.4. Lebar Sisi Masuk..... | 47 |
| 3.2.3. Sisi Keluar Impeler..... | 49 |
| 3.2.3.1. Kecepatan Sisi Keluar Impeler..... | 49 |
| 3.2.3.2. Lebar Sisi Keluar Impeler..... | 51 |
| 3.3. Koreksi Terhadap Besaran-Besaran Yang Diambil..... | 53 |
| 3.3.1. Koreksi Terhadap Harga r_1/r_2 | 53 |
| 3.3.2. Koreksi Terhadap Jumlah Sudu..... | 53 |
| 3.4. Segitiga Kecepatan..... | 54 |
| 3.4.1. Segitiga Kecepatan Sisi Masuk..... | 54 |
| 3.4.2. Segitiga Kecepatan Sisi Keluar..... | 55 |
| 3.5. Perencanaan Sudu Impeler..... | 57 |
| 3.6. Pengecekan Kekuatan Impeler..... | 59 |
| 3.7. Rangkuman Hasil Perhitungan Ukuran Impeler..... | 61 |
| BAB IV PERENCANAAN SALURAN MASUK DAN RUMAH | |
| POMPA..... | 63 |
| 4.1. Saluran Masuk..... | 63 |
| 4.1.1. Jenis-Jenis Saluran Masuk Dan Penggunaannya..... | 63 |



| | |
|---|-----------|
| 4.1.1.1. Saluran Masuk Lurus Atau Miring..... | 63 |
| 4.1.1.2. Saluran Masuk Dengan Belokan Dan Saluran Masuk Dengan Belokan Mengecil (<i>Suction Bend And Reducing Suction Bend</i>) Dengan Jari-Jari Kelengkungan Besar..... | 64 |
| 4.1.1.3. Saluran Masuk Konsentrik..... | 64 |
| 4.1.1.4. Saluran Masuk <i>Volute</i> | 65 |
| 4.1.1.5. Saluran Masuk Mulut Lonceng (<i>Bellmouth</i>)..... | 65 |
| 4.2. Rumah Pompa..... | 67 |
| 4.2.1. Bentuk <i>Volute</i> | 67 |
| 4.2.2. Perhitungan Rumah Pompa <i>Volute</i> | 68 |
| 4.2.3. Lebar Sisi Masuk <i>Volute</i> | 76 |
| 4.2.4. Tebal <i>Volute</i> | 77 |
| 4.2.5. Kenaikan Tekanan Aliran Keluar <i>Volute</i> | 78 |
| BAB V PERENCANAAN POROS DAN BANTALAN..... | 79 |
| 5.1. Poros..... | 79 |
| 5.1.1. Gaya Aksial..... | 79 |
| 5.1.2. Menyeimbangkan Gaya Aksial..... | 84 |
| 5.1.3. Gaya Radial..... | 86 |
| 5.1.3.1. Gaya Radial Dinamis..... | 86 |
| 5.1.3.2. Gaya Radial Statis..... | 88 |
| 5.1.4. Konstruksi Poros..... | 90 |
| 5.1.5. Pemeriksaan Kekuatan Poros..... | 92 |
| 5.1.6. Defleksi..... | 95 |
| 5.1.6.1. Defleksi Puntiran..... | 95 |
| 5.1.6.2. Defleksi Lengkungan..... | 98 |
| 5.1.7. Pemeriksaan Terhadap Tekukan (<i>Buckling</i>)..... | 99 |
| 5.1.8. Pemeriksaan Terhadap Putaran Kritis..... | 100 |
| 5.1.9. Pemeriksaan Terhadap Pengaruh Konsentrasi Tegangan..... | 102 |
| 5.1.9.1. Konsentrasi Tegangan Akibat Poros Bertingkat..... | 102 |



| | |
|---|------------|
| 5.1.9.2. Konsentrasi Tegangan Pada Alur Pasak..... | 105 |
| 5.2. Perencanaan Bantalan..... | 107 |
| 5.2.1. Bantalan Kiri..... | 108 |
| 5.2.2. Bantalan Kanan..... | 111 |
| 5.2.3. Pelumasan Bantalan..... | 112 |
| BAB VI KOMPONEN PENDUKUNG..... | 114 |
| 6.1. Saluran Masuk..... | 114 |
| 6.1.1. Saringan (<i>Strainer</i>)..... | 114 |
| 6.2. Kopling..... | 115 |
| 6.2.1. Pemeriksaan Kekuatan Flens Kopling..... | 117 |
| 6.2.2. Pemeriksaan Kekuatan Baut Pengikat Kopling..... | 120 |
| 6.3. Pasak..... | 121 |
| 6.4. <i>Stuffing Box</i> | 124 |
| 6.5. <i>Lock Nut</i> | 126 |
| 6.6. Ulir Pengikat Impeler..... | 128 |
| BAB VII EFISIENSI DAN KAVITASI..... | 131 |
| 7.1. Efisiensi..... | 131 |
| 7.1.1. Efisiensi Hidrolis..... | 131 |
| 7.1.2. Efisiensi Volumetris..... | 132 |
| 7.1.3. Efisiensi Mekanis..... | 132 |
| 7.1.3.1. Gesekan Pada Bantalan..... | 132 |
| 7.1.3.2. Gesekan Cakra..... | 134 |
| 7.1.3.3. Gesekan Pada <i>Stuffing Box</i> | 134 |
| 7.1.4. Efisiensi Total..... | 135 |
| 7.2. Kavitasi..... | 136 |
| 7.2.1. Tinggi Tekan Hisap (NPSH)..... | 136 |
| 7.2.1.1. Tinggi Tekan Hisap (NPSH) Yang Diperlukan..... | 137 |
| 7.2.1.2. Tinggi Tekan Hisap (NPSH) Yang Tersedia..... | 139 |
| BAB VIII KARAKTERISTIK POMPA..... | 141 |
| 8.1. Hubungan <i>Head</i> Dengan Kapasitas Pompa..... | 141 |
| 8.1.1. <i>Head Euler</i> Dengan Kapasitas Pompa..... | 141 |



| | |
|--|------------|
| 8.1.2. <i>Head</i> Teoritis Dengan Kapasitas Pompa..... | 143 |
| 8.1.3. <i>Head</i> Aktual Dengan Kapasitas Pompa..... | 144 |
| 8.2. Hubungan <i>Head</i> Sistem Dengan Kapasitas Pompa..... | 152 |
| 8.2.1. Kerugian <i>Head</i> Pada Pipa Isap..... | 152 |
| 8.2.2. Kerugian <i>Head</i> Pada Pipa Tekan..... | 154 |
| 8.3. Hubungan Efisiensi Dengan Kapasitas Pompa..... | 158 |
| BAB IX PENUTUP..... | 166 |
| 9.1. Kesimpulan..... | 166 |
| 9.2. Saran-Saran..... | 168 |
| Daftar Pustaka..... | 172 |
| Daftar Lampiran..... | 174 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1. Instalasi pemipaan..... | 14 |
| Gambar 2.2. Macam-macam harga k pada <i>fitting</i> , <i>strainer</i> , dan katup..... | 17 |
| Gambar 2.3. Harga kekasaran rata-rata pipa yang banyak dipakai dalam bidang teknik..... | 20 |
| Gambar 2.4. Grafik penentuan jenis pompa..... | 23 |
| Gambar 2.5. Grafik penentuan efisiensi total pompa..... | 26 |
| Gambar 2.6. Diagram pengawalan <i>autotransformer</i> dengan rangkaian <i>korndorfer</i> | 29 |
| Gambar 2.7. Bagan aliran cairan di dalam pompa sentrifugal..... | 31 |
| Gambar 3.1. Tipe impeler menurut kecepatan spesifik..... | 36 |
| Gambar 3.2. Dimensi impeler..... | 38 |
| Gambar 3.3. Grafik hubungan antara N_s dengan K_{cm1} dan K_{cm2} | 44 |
| Gambar 3.4. Sisi keluar impeler..... | 51 |
| Gambar 3.5. Segitiga kecepatan pada sisi masuk..... | 55 |
| Gambar 3.6. Segitiga kecepatan pada sisi keluar..... | 56 |
| Gambar 3.7. Konstruksi sudu jalan dengan metode <i>single-arc</i> | 58 |
| Gambar 3.8. Bagian impeler yang rawan tegangan geser..... | 60 |
| Gambar 4.1. Saluran masuk lurus..... | 64 |
| Gambar 4.2. Saluran masuk dengan belokan..... | 65 |
| Gambar 4.3. Saluran masuk konsentrik..... | 66 |
| Gambar 4.4. Saluran masuk <i>volute</i> | 66 |
| Gambar 4.5. Saluran masuk mulut lonceng..... | 66 |
| Gambar 4.6. Bentuk penampang <i>volute</i> | 68 |
| Gambar 4.7. Grafik hubungan antara kecepatan spesifik N_{sq} dengan c_{thr}/u_2 | 68 |
| Gambar 4.8. Penampang <i>volute</i> | 70 |
| Gambar 4.9. Grafik hubungan antara kecepatan spesifik N_{sq} dengan A_{thr}/A_{II} | 72 |

| | |
|---|-----|
| Gambar 5.1. Gaya aksial pada impeler pompa sentrifugal dengan satu sisi masuk..... | 81 |
| Gambar 5.2. Penyeimbang gaya aksial..... | 85 |
| Gambar 5.3. Grafik hubungan K_r dengan N_{sf} dan Q | 87 |
| Gambar 5.4. Profil impeler untuk menghitung volumenya..... | 88 |
| Gambar 5.5. Konstruksi poros yang direncanakan..... | 91 |
| Gambar 5.6. Diagram gaya-gaya untuk menghitung momen lengkung..... | 92 |
| Gambar 5.7. Pembebanan pada poros bertingkat..... | 93 |
| Gambar 5.8. <i>Free body diagram</i> untuk menentukan momen lengkung..... | 93 |
| Gambar 5.9. Diagram momen lengkung..... | 94 |
| Gambar 5.10. Posisi gaya radial pada poros..... | 98 |
| Gambar 5.11. Jarak beban ke tiap-tiap bantalan..... | 101 |
| Gambar 5.12. Faktor konsentrasi tegangan poros bertingkat..... | 103 |
| Gambar 5.13. Faktor konsentrasi tegangan alur pasak..... | 105 |
| Gambar 6.1. Kopling flens luwes..... | 116 |
| Gambar 6.2. Bagian kopling yang rawan terhadap geseran..... | 118 |
| Gambar 6.3. <i>Stuffing box</i> | 125 |
| Gambar 6.4. <i>Lock nut</i> | 126 |
| Gambar 7.1. Grafik hubungan N_s dengan koefisien kavitasi thoma..... | 138 |
| Gambar 8.1. Grafik hubungan kerugian hidrolis dengan kapasitas..... | 144 |
| Gambar 8.2. Grafik hubungan antara kapasitas dengan <i>head Euler</i> pompa..... | 149 |
| Gambar 8.3. Grafik hubungan antara kapasitas dengan <i>head</i> teoritis pompa..... | 150 |
| Gambar 8.4. Grafik hubungan antara kapasitas dengan <i>head</i> aktual pompa..... | 151 |
| Gambar 8.5. Grafik hubungan antara kapasitas dengan <i>head</i> sistem pompa..... | 163 |
| Gambar 8.6. Grafik hubungan antara kapasitas dengan daya kuda rem pompa..... | 164 |
| Gambar 8.7. Grafik hubungan antara kapasitas dengan efisiensi pompa..... | 165 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|-----|
| Tabel 2.1. Kebutuhan air per orang per hari..... | 12 |
| Tabel 2.2. Putaran sinkron motor listrik..... | 24 |
| Tabel 3.1. Faktor-faktor koreksi daya yang akan ditransmisikan..... | 39 |
| Tabel 4.1. Hasil perhitungan r_v pada berbagai ϕv dengan kecepatan rata-rata konstan..... | 74 |
| Tabel 4.2. Hasil perhitungan r_v untuk aliran spiral murni..... | 75 |
| Tabel 8.1. Hasil perhitungan <i>head Euler</i> , <i>head</i> teoritis dan <i>head</i> aktual untuk berbagai harga kapasitas pompa..... | 148 |
| Tabel 8.2. Hasil perhitungan <i>head</i> sistem pada berbagai harga kapasitas pompa..... | 157 |
| Tabel 8.3. Hasil perhitungan daya kuda rem dan efisiensi pompa untuk harga kapasitas pompa yang bervariasi..... | 162 |



DAFTAR NOTASI DAN LAMBANG

| | |
|-----------|---|
| A | Luas penampang pipa, ft^2 atau m^2 . |
| A_1 | Luas penampang sisi masuk, m^2 . |
| A_2 | Luas penampang sisi keluar, m^2 . |
| A_0 | Luas penampang sisi masuk impeler, m^2 . |
| A'_0 | Luas penampang sisi masuk total, m^2 . |
| A_{thr} | Luas penampang saluran <i>throat</i> , m^2 . |
| A_v | Luas penampang <i>volute</i> , m^2 . |
| A_{II} | Luas <i>discharge</i> diantara sudu-sudu, m^2 . |
| a_h | Luas penampang <i>hub</i> , m^2 . |
| Bhp | Daya kuda rem, hp. |
| b_1 | Lebar sisi masuk impeler, m^2 . |
| b_2 | Lebar sisi keluar impeler, m^2 . |
| b_3 | Lebar sisi masuk <i>volute</i> , m^2 . |
| b_a | Lebar sudu rata-rata, m^2 . |
| C | Konstanta kesebandingan karena aliran tidak spiral murni. |
| C | Beban dinamis minimum yang diijinkan, kg. |
| C_b | Faktor koreksi momen lentur. |
| C_p | Faktor koreksi <i>Pfleiderer's</i> . |
| c_v | Kecepatan rata-rata di dalam <i>volute</i> , m/s. |
| c'_{u2} | Komponen tangensial kecepatan pada sisi keluar, m/s. |
| c_{thr} | Kecepatan rata-rata di dalam saluran <i>throat</i> , m/s. |
| c_{m2} | Komponen meridional kecepatan pada sisi keluar, m/s. |
| c_{m1} | Komponen meridional kecepatan pada sisi masuk, m/s. |
| c_0 | Kecepatan aksial pada sisi masuk, m/s. |
| D | Diameter dalam pipa, ft atau m. |
| D | Ukuran melintang terbesar <i>volute</i> , m. |
| d_{sh} | Diameter poros, m. |



- d_h Diameter *hub*, m.
- d_0 Diameter sisi masuk impeler, m.
- d_1 Diameter ujung sisi masuk impeler, m.
- d_2 Diameter pada sisi keluar impeler, m.
- d_u Diameter dalam ulir, m.
- d Diameter dalam bantalan, m.
- E Modulus elastisitas bahan, kg/cm^2 .
- e Kekasaran rata-rata bahan pipa.
- F Gaya geser yang terjadi pada bagian impeler yang paling rawan, kg.
- F Gaya radial, kg.
- F Beban pada bantalan, kg.
- F_a Gaya aksial, kg.
- f Koefisien gesekan.
- f_c Faktor koreksi daya yang akan ditransmisikan.
- fhp Daya kuda fluida, hp.
- G Modulus geser bahan, kg/cm^2 .
- g Percepatan gravitasi, ft/s^2 atau m/s^2 .
- H *Head* total pompa, ft atau m.
- H_{th} *Head* teoritis, m.
- $H_{th\infty}$ *Head Euler*, m.
- H_{act} *Head* aktual, m.
- H_{sys} *Head* sistem, m.
- h_h Kerugian hidrolis yang disebabkan *shock losses*, m.
- h_{mi} Rugi-rugi minor, ft atau m.
- h_{ma} Rugi-rugi mayor, ft atau m.
- h_l Rugi-rugi total, ft atau m.
- h_s *Turbulence losses*, m.
- h_s *Head* isap statis, ft atau m.
- h_{fd} *Friction and diffusion losses*, m.
- h_{ls} Kerugian *head* sepanjang pipa isap, m.
- hp_{DF} Kerugian akibat gesekan cakram, hp.



- hp_L Daya kuda yang dibutuhkan untuk mengatasi kebocoran, hp.
- hp_{HY} Daya kuda yang dibutuhkan untuk mengatasi kerugian hidrolis, hp.
- hp_M Daya kuda yang dibutuhkan untuk mengatasi kerugian mekanis, hp.
- J Momen inersia, cm^4 .
- K_t Faktor koreksi momen puntir.
- K_{cm1} Koefisien kecepatan pada sisi masuk.
- K_{cm2} Koefisien kecepatan pada sisi keluar.
- K_m Koefisien momen lengkung.
- K_r Koefisien eksperimental yang tergantung pada kecepatan spesifik dan kapasitas.
- K_t Koefisien momen puntir.
- k_t Konstanta pegas puntir.
- k_{2cu} Koefisien sirkulasi.
- k_{sh} *Experimental factor*.
- k Koefisien tahanan pada pipa dan sambungan.
- L Panjang pipa total, ft atau m.
- L Panjang poros yang menerima beban puntir, m.
- L_s Panjang sudu, m.
- L_h Umur bantalan, jam.
- M Momen lengkung, kg.cm.
- M Kerugian gesekan pada bantalan, hp.
- M_t Momen puntir, kg.cm.
- N_{sq} Kecepatan spesifik kinematis.
- N_{sp} Kecepatan spesifik dinamis.
- N_{sf} Kecepatan spesifik yang menyatakan bilangan bentuk.
- n Putaran poros, rpm.
- n_{cr} Putaran kritis poros, rpm.
- P Tekanan atmosfer, atm.
- P Beban dinamis ekivalen, kg.
- P_{cr} Gaya tekukan kritis, kg.
- P_b Kerugian daya akibat gesekan bantalan dengan poros, hp.



- P_s Kerugian gesekan pada *stuffing box*, hp.
- P_v Tekanan uap jenuh fluida, kgf/m^2 .
- P_{sh} Daya input poros pompa, metrik hp atau watt.
- P Daya nominal output motor penggerak, kW.
- P_d Daya yang direncanakan, kW.
- p Tekanan terbesar di dalam laluan *volute*, kg/cm^2 .
- Q Kapasitas pompa, ft^3/s atau m^3/s .
- Q' Jumlah aliran total fluida di dalam impeler, m^3/s atau gpm.
- Q_s Kapasitas pompa tanpa *shock losses*, gpm atau m^3/s .
- q_a Tekanan yang diijinkan pada bahan ulir, kg/cm^2 .
- Re Bilangan *Reynold*.
- R_A Gaya reaksi pada bantalan kiri, kg.
- R_B Gaya reaksi pada bantalan kanan, kg.
- r Jari-jari penampang *volute*, m.
- r_v Jari-jari *volute*, m.
- r_t Jari-jari lidah *volute*, m.
- r_{wr} Jari-jari luar cincin aus, m.
- r_{sh} Jari-jari poros, m.
- r_{thr} Jari-jari saluran *throat*, m.
- r_2 Jari-jari sisi keluar impeler, m.
- r_4 Jarak dari pusat penampang saluran *throat* ke pusat impeler, m.
- Sf_1 Faktor keamanan berdasarkan bahan poros.
- Sf_2 Faktor keamanan untuk poros bertingkat.
- s Tebal sudu, m.
- s Tebal minimum rumah *volute*, m.
- T Suhu kerja fluida, °C.
- T Momen puntir, kg.mm.
- T_1 Gaya aksial yang bekerja pada luasan *annular*, kg.
- T_2 Gaya aksial yang timbul akibat perubahan arah aliran fluida, kg.
- T_a Resultan gaya aksial, kg.
- T_r Gaya radial dinamis, kg.



| | |
|-----------|--|
| T_{rs} | Gaya radial statis, kg. |
| T_{rt} | Gaya radial total, kg. |
| t | Jarak dari impeler ke lidah <i>volute</i> , m. |
| t_1 | <i>Pitch</i> pada sisi masuk, m. |
| t_2 | <i>Pitch</i> pada sisi keluar, m. |
| t_f | Tebal flens kopling, m. |
| u_1 | Kecepatan keliling pada sisi masuk, m/s. |
| u_2 | Kecepatan keliling pada sisi keluar, m/s. |
| V_{imp} | Volume impeler, cm^3 . |
| V_{sh} | Volume poros, cm^3 . |
| V | Kecepatan aliran fluida, m/s. |
| ν | Kekentalan kinematis fluida, m^2/s . |
| W_{imp} | Berat impeler, kg. |
| W_{sh} | Berat poros, kg. |
| W_2 | Kecepatan relatif pada sisi keluar, m/s. |
| z | Elevasi permukaan fluida, ft atau m. |
| z | Jumlah sudu. |
| z_{min} | Jumlah lilitan ulir minimum. |

Notasi Dalam Huruf Yunani

| | |
|-------------|---|
| ρ | Massa jenis fluida, lb/ft^3 . |
| γ | Berat jenis fluida, kp/m^3 . |
| τ_a | Tegangan geser yang diijinkan, kg/mm^2 . |
| τ_{sm} | Tegangan geser yang terjadi pada poros, kg/mm^2 . |
| σ_B | Kekuatan tarik bahan, kg/mm^2 . |
| σ | Koefisien kavitasi thoma. |
| μ | Koefisien gesekan pada bantalan. |
| β_1 | Sudut sudu pada sisi masuk, $^\circ$. |
| β_2 | Sudut antara pada sisi keluar, $^\circ$. |



- β'_1 Sudut sudu pada sisi masuk setelah dikoreksi, $^\circ$.
- ψ Koefisien untuk menentukan harga faktor koreksi *Pfleiderer's*.
- φ_1 Koefisien konstiksi pada sisi masuk.
- φ_2 Koefisien restriksi pada sisi keluar.
- φ_v Sudut sentral, $^\circ$.
- $\delta_h \text{ min}$ Tebal dinding minimum impeler, m.
- δ_h Tebal dinding *shroud*, m.
- δ_1 Sudut jatuh pada sisi masuk, $^\circ$.
- ϕ_t° Sudut lidah *volute*, $^\circ$.
- ϕ Defleksi puntiran, $^\circ$.
- ω Kecepatan angular, rad/s.
- η_m Efisiensi mekanis.
- η_h Efisiensi hidrolis.
- η_v Efisiensi volumetris.
- η_t Efisiensi total.