

Proyek Akhir

**ANALISIS KINERJA POMPA AIR BERSIH
PADA MALL RATU INDAH**



OLEH :

ENDANG S.R.

0035001

ARIANTO M.

0035058

**PROGRAM STUDI TEKNIK KONVERSI ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN**

**POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2005**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Analisis Kinerja Pompa Air Bersih Pada Mall Ratu Indah

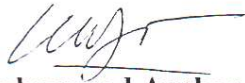
Oleh : 1. Endang Satriani (00 35 001)

2. Arianto Murti (00 35 058)

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan diterima sebagai salah satu syarat kelulusan pada Jurusan Teknik Mesin Program Studi Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, Desember 2007

Pembimbing I



Ir. Muhammad Anshar, M.Si
Nip : 131 856 651

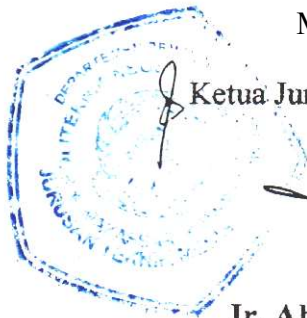
Pembimbing II



Musrady Mulyadi, S.ST
Nip : 132 297 137

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin,



Ir. Abdul Salam, MT
Nip : 131 964 659

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari Senin tanggal 28 November 2005, Panitia Ujian Sidang Tugas Akhir telah menerima dan menyetujui Tugas Akhir dengan judul : Analisis Kinerja Pompa air Bersih Pada Mall Ratu Indah.


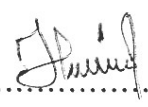
Oleh : 1. Endang Satriani (0035001)

2. Arianto Murti (0035058)

Yang diajukan sebagai sebagai salah satu syarat kelulusan studi pada program Diploma III (D3) pada program studi Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, Desember 2007

Panitia Ujian Sidang

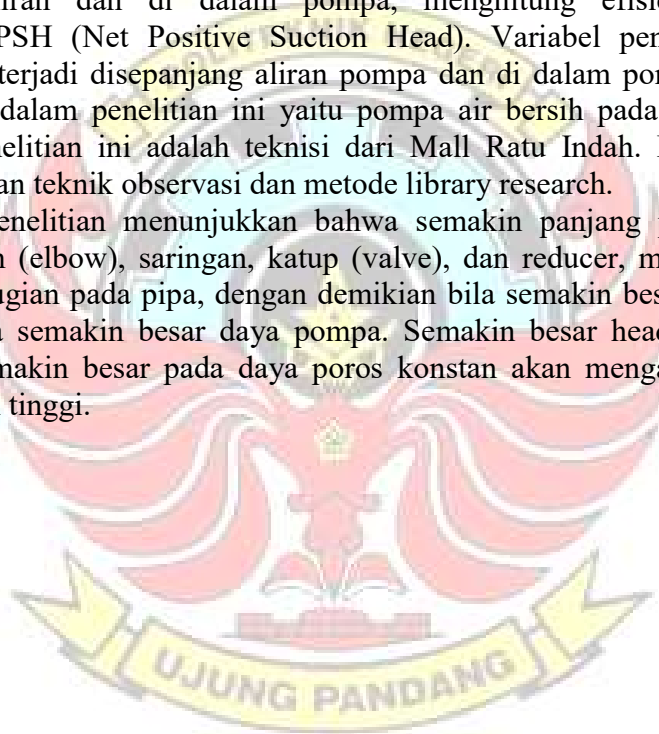
- | | | |
|--|--------------|--|
| 1. Ir. Chandra Bhuana, MT. NIP. 131 964 666 | (Ketua) | 1.  |
| 2. Ir. Andareas P. MT. NIP. 131 835 730 | (Sekretaris) | 2.  |
| 3. Ir. Nur Hamzah, MT. NIP. 131 884 847 | (Anggota) | 3.  |
| 4. Ir. Firman, MT. NIP. 131 964 665 | (Anggota) | 4.  |

ABSTRAK

ENDANG SATRIANI dan ARIANTO MURTI, 2005. Analisis Kinerja Pompa Air Bersih Pada Mall Ratu Indah. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin Program Studi Teknik Konversi Energi.

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung head kerugian (head losses) disepanjang aliran dan di dalam pompa, menghitung efisiensi pompa, dan menghitung NPSH (Net Positive Suction Head). Variabel penelitian ini adalah kerugian yang terjadi disepanjang aliran pompa dan di dalam pompa serta efisiensi pompa. Objek dalam penelitian ini yaitu pompa air bersih pada Mall Ratu Indah. Responden penelitian ini adalah teknisi dari Mall Ratu Indah. Pengumpulan data dilakukan dengan teknik observasi dan metode library research.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin panjang pipa dan semakin banyak belokan (elbow), saringan, katup (valve), dan reducer, maka akan semakin besar head kerugian pada pipa, dengan demikian bila semakin besar head total yang diperoleh maka semakin besar daya pompa. Semakin besar head total maka daya pompa pun semakin besar pada daya poros konstan akan mengakibatkan efisiensi pompa semakin tinggi.



KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis panjatkan kepada Allah S.W.T atas berkat-Nya yang berkenan memberikan kesempatan dan kesehatan kepada penulis dalam usaha untuk menyusun Proyek Akhir ini.

Penyusunan Proyek Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, karenanya penulis sangat mengharapkan kritikan dan saran dari para pembaca dengan maksud agar proyek akhir ini sesuai dengan tujuan yang dikehendaki.

Atas terwujudnya tulisan Proyek Akhir ini, maka penulis tak lupa menyampaikan terima kasih kepada :

1. Mama dan Alm. Papa yang tercinta, atas segala pengorbanan, cinta yang tulus, serta memberikan dorongan lahir batin sehingga penulis dapat menyelesaikan studi pada Politeknik Negeri Ujung Pandang.
2. Bapak Ir. Muhammad Suradi, M.Sc. selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang, yang telah memberikan kesempatan untuk mengadakan penelitian dan pengambilan data.
3. Bapak Ir. Abdul Salam, MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
4. Bapak Ir. H. Chandra Bhuana, MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang.

5. Bapak Ir. Muhammad Anshar, M.Si. selaku Pembimbing I yang telah memberikan bimbingannya selama ini.
 6. Bapak Musrady Mulyadi S.ST. selaku Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan dukungannya.
 7. Para Dosen dan Staf yang telah membekali penulis selama perkuliahan berlangsung.
 8. Bapak Ir. Muhammad Ali selaku Koordinator Engineering Mall Ratu Indah Makassar.
 9. Bapak Muhammad Daud, A.md. selaku pembimbing dalam pengambilan data di Mall Ratu Indah Makassar.
 10. Segenap rekan dan teman-teman yang membantu penulis dalam penyusunan Proyek Akhir ini, baik langsung maupun tidak langsung.
 11. Keluarga Besar Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin “*Solidarity Forever*”.
 12. Kakak – Kakakku dan Adikku yang tercinta. Spesial Kakak Sahlan SS. atas cinta, material dan pengertiannya.
- Semoga mendapat Ridho Allah S.W.T atas semua jasa-jasa yang telah diberikan selama perkuliahan berlangsung sampai penyusunan proyek akhir ini.

Makassar, November 2005

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--------------------------------------|-----|
| LEMBAR PENGESAHAN | i |
| LEMBAR PENERIMAAN | ii |
| ABSTRAK | iii |
| KATA PENGANTAR | iv |
| DAFTAR ISI | vi |
| BAB I PENDAHULUAN | |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 2 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | |
| 2.1 Tangki | 3 |
| 2.2 Pipa Distribusi | 3 |
| 2.2.1 Peralatan-Peralatan Pipa | 4 |
| 2.2.1.1 Flanges | 4 |
| 2.2.1.2 Elbow dan Tee Stick | 5 |
| 2.2.1.3 Victaulic Coupling | 5 |
| 2.2.1.4 Valve (katup) | 6 |
| 2.3 Pompa | 7 |
| 2.3.1 Klasifikasi Pompa | 8 |

| | |
|---|----|
| 2.3.2 Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal | 9 |
| 2.3.3 Pemilihan Pompa | 10 |
| 2.3.4 Head | 12 |
| 2.3.4.1 Head Total Pompa | 12 |
| 2.3.4.2 Head Kerugian | 13 |
| 2.3.5 Head Isap Positif Netto (NPSH) | 18 |
| 2.3.5.1 NPSH yang Tersedia | 19 |
| 2.3.5.2 NPSH yang Diperlukan | 20 |
| 2.3.6 Daya Poros dan Efisiensi Pompa | 21 |
| 2.3.6.1 Daya Pompa | 21 |
| 2.3.6.2 Daya Poros | 22 |
| 2.3.6.3 Efisiensi Pompa | 22 |
| 2.3.7 Karakteristik Pompa | 23 |
| 2.4 Penggerak Mula (Prime Mover) | 24 |
| 2.4.1 Motor Listrik Asinkron | 25 |
| 2.4.1.1 Rotor Lilit | 27 |
| 2.4.1.2 Rotor Sangkar | 28 |

BAB III METODE PENELITIAN

| | |
|-------------------------------|----|
| 3.1 Waktu dan Tempat | 29 |
| 3.1.1 Tempat Penelitian | 29 |
| 3.1.2 Waktu Penelitian | 29 |
| 3.2 Metode Penulisan | 30 |

| | |
|---|----|
| 3.2.1 Metode Observasi | 30 |
| 3.2.2 Metode Library Research | 30 |

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

| | |
|--|----|
| 4.1 Data | 31 |
| 4.1.1 Data Tangki | 31 |
| 4.1.2 Data Pipa | 32 |
| 4.1.3 Data Pompa | 33 |
| 4.1.4 Data Lain yang Diperlukan | 33 |
| 4.2 Perhitungan | 34 |
| 4.2.1 Perhitungan Head | 34 |
| 4.2.2 Perhitungan Daya dan Efisiensi Pompa | 44 |
| 4.2.2.1 Perhitungan Daya Pompa | 45 |
| 4.2.2.2 Perhitungan Efisiensi Pompa | 46 |
| 4.2.3 Perhitungan NPSH | 46 |
| 4.2.3.1 NPSH yang Tersedia | 46 |
| 4.2.3.2 NPSH yang Diperlukan | 48 |
| 4.3 Pembahasan | 49 |

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

| | |
|--------------------------|----|
| 5.1 Kesimpulan | 50 |
| 5.2 Saran | 50 |

| | |
|---------------------------------|-----------|
| DAFTAR PUSTAKA | 52 |
|---------------------------------|-----------|

| | |
|---------------------------|-----------|
| LAMPIRAN | 53 |
|---------------------------|-----------|

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.

Dalam kehidupan sehari-hari air merupakan sumber kehidupan yang sangat mendasar. Tanpa air semua aktifitas sehari-hari tidak bisa berjalan dengan normal. Adapun air yang dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari ada yang berupa air bersih untuk dikonsumsi, air untuk pendingin, untuk taman, dan sebagainya.

Untuk mendistribusikan air dari suatu tempat ke tempat yang lain diperlukan teknologi. Pompa merupakan alat teknologi untuk mendistribusikan air tersebut. Pompa ini beraneka macam. Penggunaan pompa harus disesuaikan dengan kapasitas dan viskositas dari fluida cair yang akan didistribusikan.

Seperti halnya dalam pendistribusian air bersih pada suatu pusat perbelanjaan, pompa yang digunakan harus sesuai dengan viskositas air. Sehingga karakteristik dan efisiensi pompa akan diketahui. Dalam hal ini pompa yang digunakan adalah pompa sentrifugal.

Dengan mengetahui efisiensi pompa maka akan terlihat berapa besar head kerugian yang terjadi disepanjang aliran dan pada pompa itu sendiri. Head yang besar akan mengakibatkan penurunan efisiensi pompa, hal ini tidak dikehendaki

dalam suatu instalasi air bersih. Jadi hendaknya dalam suatu instalasi air bersih head kerugian yang besar harus diatasi demi untuk mencapai efisiensi pompa yang maksimum.

Sehubungan dengan hal tersebut di atas maka penulis mencoba mengadakan penelitian tentang penganalisaan kinerja pompa air bersih pada suatu instalasi air bersih dengan maksud untuk menghitung head kerugian disepanjang pipa dan untuk mengetahui efisiensi suatu pompa air bersih.

1.2 Rumusan Masalah.

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

- Bagaimana cara menghitung head kerugian (head losses) disepanjang aliran dalam pipa dan dalam pompa.
- Bagaimana cara menghitung efisiensi pompa.
- Bagaimana cara menghitung NPSH.

1.3 Tujuan Penelitian.

Adapun tujuan dari penelitian adalah untuk melihat langsung kejadian yang sebenarnya dilapangan apakah sesuai dengan teori yang berlaku.

Dapat ditentukan beberapa tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah :

- Menghitung head losses disepanjang aliran dan di dalam pompa.
- Menghitung efisiensi pompa.
- Menghitung NPSH (Net Positive Suction Head).

Demikian garis-garis besar dari objek penelitian yang ingin dicapai pada proyek akhir.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tangki.

Tangki merupakan salah satu sarana pokok dalam penampungan air bersih pada pusat-pusat perbelanjaan atau Mall. Kegunaan dari tangki ini adalah untuk menampung air yang kemudian disalurkan ke konsumen.

Mengingat tangki ini adalah sarana pokok dalam penyediaan air bersih pada pusat-pusat perbelanjaan maka tangki tersebut harus dari bahan yang bagus dan kuat serta selalu dalam kondisi berfungsi dengan baik.

Khususnya pada Mall Ratu Indah ada tiga jenis tangki yang digunakan yaitu :

1. Ground Water Tank yaitu tangki penampungan air yang berasal dari sumber air yaitu PDAM dan sumber bor.
2. Collection Tank yaitu tangki yang digunakan untuk proses filterisasi atau penyaringan.
3. Roof Tank yaitu tangki penampungan yang berada pada tower sebelum didistribusi ke konsumen-konsumen.

2.2 Pipa Distribusi.

Pipa-pipa distribusi adalah pipa yang menyalurkan air dari tangki penampungan ke konsumen dalam hal ini kounter-kounter. Mengingat pipa ini

menyalurkan air bersih maka konstruksinya harus kuat dan bebas dari karat serta berfungsi dengan baik maka harus diadakan perawatan (meintanance) secara continue. Adapun jenis pipa distribusi yang digunakan pada pengadaan air bersih di Mall Ratu Indah adalah jenis Galvanis Medium Class.

2.2.1 Peralatan-Peralatan Pipa.

Mengingat pemasangan pipa ini tidak mungkin lurus dan rata (karena kondisi lapangannya), maka agar tujuan dari pemasangan pipa ini dapat tercapai perlu adanya peralatan-peralatan pipa lainnya (fitting).

Adapun peralatan pipa yang sering dijumpai pada pemasangan pipa saluran antara lain :

- a. Flangers
- b. Elbow
- c. Victaulic coupling
- d. Valve (katup)

2.2.1.1 Flanges.

Suatu alat yang memungkinkan penyambungan pipa agar mudah dalam perawatan atau keperluan-keperluan lainnya (perubahan arah, percabangan, dll) atau untuk penyambungan fitting-fitting lainnya (valve).

Macam-macam flanges, yaitu:

- Slip on flanges
- Neck flanges (flanges yang mempunyai leher)
- Draad flanges (untuk konstruksi penyambungan dengan draad/ulir)

- Flanges buta (blind flangers)

Yang banyak digunakan karena mudah cara penggunaannya (penyetelan) adalah jenis slip on flanges. Sedang untuk saluran-saluran pipa yang ditutup mati harus menggunakan jenis flanges buta (blind flanges).

2.2.1.2 Elbow dan Tee Stick.

Elbow adalah suatu alat yang memungkinkan pipa berubah arah (berbelok).

Macam-macam elbow (belokan) yang sering digunakan adalah :

- Elbow 90°
- Elbow 60°
- Elbow 45°
- Elbow 30°

Sedangkan Tee Stick adalah fitting yang berbentuk T juga banyak digunakan dalam system instalasi pipa.

2.2.1.3 Victaulic Coupling.

Digunakan pada tempat-tempat yang memerlukan fleksibel, misalnya pipa inlet dan outlet yang dekat dengan tangki penampungan. Hal ini diperlukan sekali guna menjaga jika ada perubahan pondasi tangki, baik pipa maupun plat tangki itu sendiri tidak mengalami perubahan.

Perawatan dan pemasangan victaulic coupling ini memerlukan ketelitian agar fungsi dari alat terjamin.

2.2.1.4 Valve (katup)

Tujuannya adalah untuk mengendalikan suatu zat di dalam pipa saluran.

Adapun valve yang digunakan banyak sekali jenis konstruksi dan ukurannya.

Jenis konstruksi valve didasarkan atas :

- Jenis fluida yang akan dikendalikan.
- Jenis pengendalian yang dikehendaki.

Jenis fluida yang dikendalikan alirannya antara lain :

- Air
- Bahan Bakar
- LPG
- Uap dan udara yang bertekanan dan bersuhu tinggi.

Arah aliran fluida atau pemindahan pengaliran, merupakan pertimbangan untuk memilih jenis konstruksi valve, misalnya :

- a. Arah aliran fluida hanya satu arah.

Macam valve yang digunakan adalah:

- Check valve
- Relief valve
- Foot valve
- Globe valve

- b. Arah aliran fluida bolak-balik.

Macam-macam valve yang digunakan adalah:

- Gate valve
 - Ball valve
 - Plug valve
 - Butterfly valve
- c. Dapat memindahkan pengaliran fluida ke suatu cabang pipa lain digunakan valve: three ways ball valve atau three ways plug valve.

Valve dapat dikendalikan menutup dan membuka dengan beberapa cara antara lain :

- Memutar roda (hand wall)
- Memindahkan arah tangki (wrench)

Hendaknya harus diperhatikan bahwa valve dengan mudah dapat dilihat dan diketahui apakah sedang berada dalam keadaan terbuka dan tertutup.

2.3 Pompa

Dalam memilih suatu pompa untuk maksud tertentu maka terlebih dahulu harus diketahui kapasitas aliran serta head yang diperlukan untuk mengalirkan fluida yang akan dipompa. Selain itu, agar pompa dapat bekerja tanpa mengalami kavitasi, maka perlu diperhitungkan berapa tekanan minimum yang tersedia pada sisi masuk pompa yang terpasang pada instalasinya.

Kapasitas aliran, head dan putaran pompa ditentukan seperti tersebut di atas, apabila aliran terjadi perubahan kondisi operasi sangat besar maka putaran dan ukuran pompa yang dipilih harus ditentukan dengan memperhitungkan head, kapasitas aliran, dan putaran pompa. Selanjutnya untuk menentukan penggerak

mula maka terlebih dahulu dilakukan penyelidikan tentang jenis sumber tenaga yang dapat dapat digunakan pada tempat yang bersangkutan.

Laju aliran untuk menentukan kapasitas pompa ditentukan menurut kebutuhan pemakainya. Jika laju aliran pompa keseluruhan dapat ditentukan maka kapasitas pompa dapat dihitung dengan membagi laju aliran total tersebut dengan jumlah pompa yang dipakai.

2.3.1 Klasifikasi Pompa

Adapun jenis-jenis klasifikasi pompa menurut kelas dan jenisnya dapat kita lihat pada bagan berikut.

KELAS

JENIS

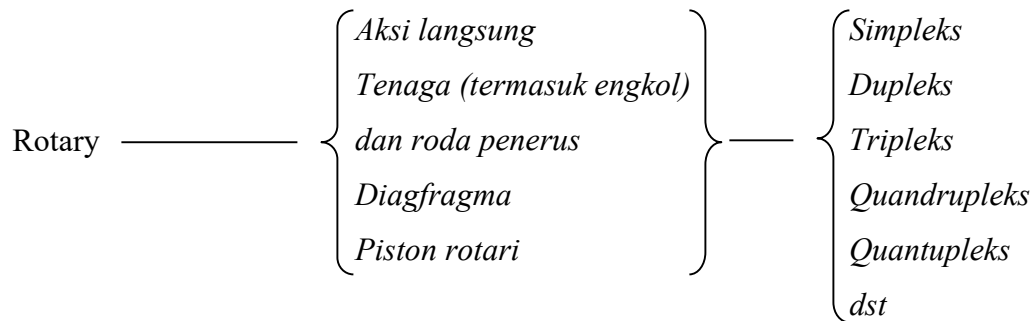
Sentrifugal

- Ikatan*
- Diffuser*
- Turbin - regeneratif*
- Turbin - vertikal*
- Aliran campuran*
- Aliran aksial*

- Satu tingkat*
- Aneka tingkat*

Rotary

- Roda gigi*
- Baling - baling*
- Kam dan piston*
- Skrup*
- Kopling*
- Kumparan blok*

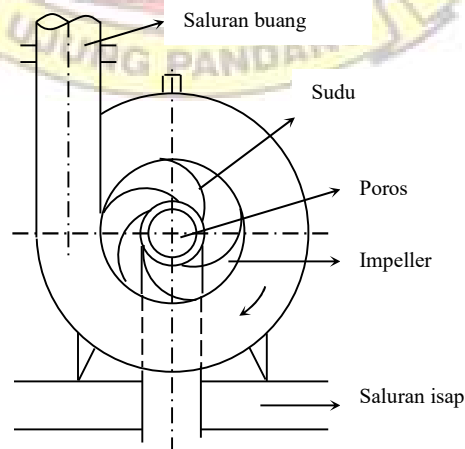


2.3.2 Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal.

Dalam instalasi yang menangani berbagai jenis fluida cair, diperlukan pompa yang menggunakan bahan bakar, konstruksi serta prinsip kerja yang khusus. Namun demikian pompa yang paling banyak dipakai adalah pompa sentrifugal isapan tunggal.

Dalam bentuk yang paling sederhana, pompa sentrifugal terdiri dari sebuah impeller yang dapat berputar dalam rumah pompa atau valute. Valute ini dihubungkan dengan saluran buang. Sebelum pompa dijalankan maka terlebih dahulu rumah pompa dan saluran isap harus di isi dengan air sampai penuh.

Prinsip kerja pompa sentrifugal dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 1. Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal.

Adanya daya dari luar yang diberikan untuk memutar impeller akan mendorong zat cair kearah sebelah luar impeller melalui saluran diantara sudu-sudu. Pada keadaan ini zat cair mengalami percepatan sehingga energi kinetik dan energi potensial tekanannya bertambah besar. Setelah meninggalkan impeller zat cair yang mempunyai kecepatan relatif tinggi selanjutnya ditampung di dalam rumah pompa (valute). Di dalam valute terjadi pengurangan kecepatan dan energi kinetik fluida di transformasikan menjadi tekanan. Selanjutnya zat cair disalurkan keluar pompa melalui nozzle. Di dalam nozzle ini sebagian kecepatan aliran diubah menjadi head tekanan. Zat cair bergerak sedemikian rupa dalam aliran yang tak terputus-putus dari saluran isap ke saluran buang melalui pompa.

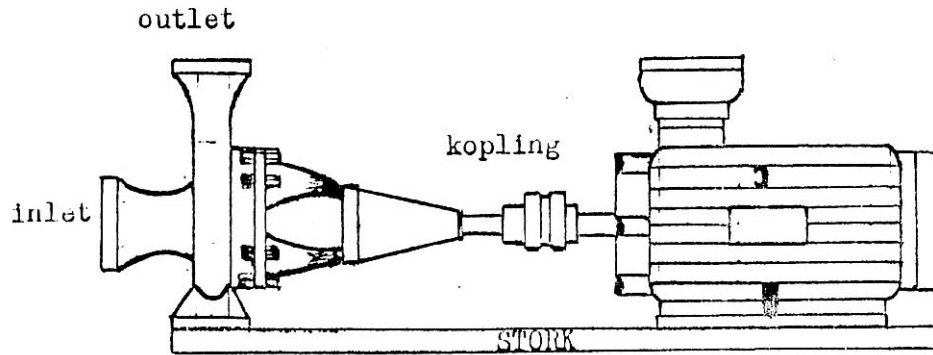
Jadi impeller pompa berfungsi memberikan kerja kepada zat cair sehingga energi yang dikandungnya menjadi bertambah besar. Selisih energi persatuan berat atau head total, zat cair antara sisi isap dan sisi tekan pompa disebut head total pompa.

Pompa sentrifugal dapat menggunakan dua macam impeller yaitu jenis isapan tunggal, dan isapan ganda. Selain itu, pompa sentrifugal dapat juga disusun dengan satu tingkat atau bertingkat lebih banyak.

2.3.3 Pemilihan Pompa

Karena pada umumnya pompa yang digunakan pada pusat perbelanjaan adalah pompa yang bertugas berat yaitu untuk memenuhi kebutuhan air bersih maka pompa yang digunakan biasanya pompa sentrifugal jenis tarik mundur isapan tunggal. Yang mempunyai head total H dan kecepatan spesifik N_s .

Adapun gambar dari pompa tarik mundur isapan tunggal adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Pompa

Apabila suatu benda mengalir dalam suatu pipa dengan volume air (V) dan waktu yang dibutuhkan (t), maka laju aliran dapat ditulis dengan persamaan:

$$Q = \frac{V}{t} \dots\dots\dots (2-1)$$

dimana, Q adalah laju aliran dalam m³/s.

Head total (H) adalah 40 ÷ 80 meter

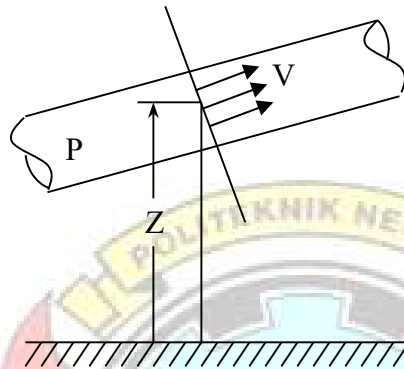
maka,

$$N_s = \frac{N\sqrt{Q}}{H^{3/4}} \text{ (Ns kira-kira 200 atau kurang) } \dots\dots\dots (2-2)$$

Dari head total H dan kecepatan spesifik Ns di atas maka untuk pemilihan pompa yang dipasang pada instalasi ini adalah pompa keong bertingkat tunggal.

2.3.4 Head

Head adalah jumlah dari head tekanan (P/γ), head kecepatan ($v^2/2g$), dan head potensial (Z), dapat dirumuskan sebagai berikut :



$$H = \frac{P}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} + Z \dots\dots\dots (2-4)$$

Gambar 3. Aliran dalam pipa.

Pada pembahasan selanjutnya bahwa head yang dimaksudkan adalah head total pompa dan kerugian disepanjang aliran.

2.3.4.1 Head Total Pompa

Head total pompa yang harus disediakan untuk mengalirkan jumlah fluida sesuai dengan direncanakan adalah :

$$H = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{1}{2g}(v_d^2 - v_s^2) \dots\dots\dots (2-5)$$

Dimana : h_a = Head statis

Δh_p = Perbedaan head tekanan

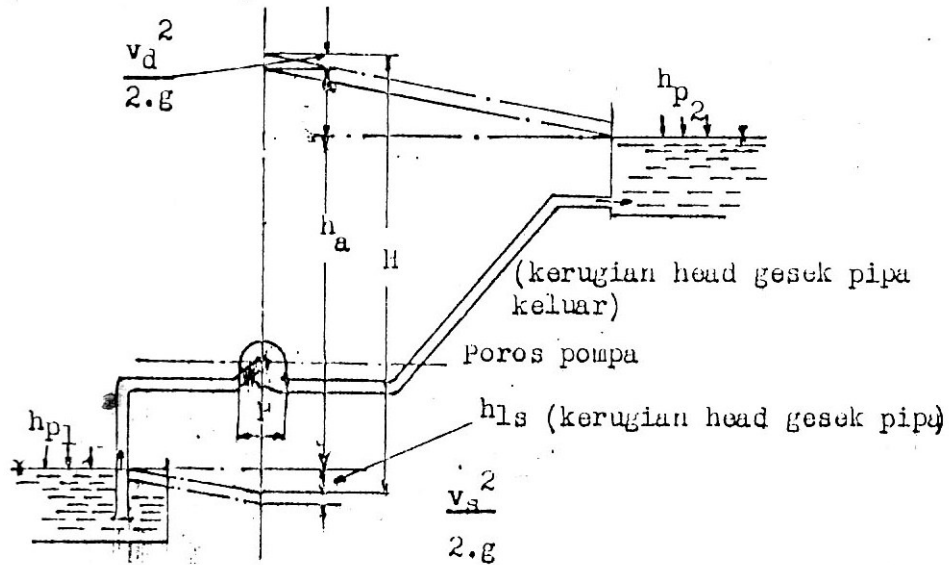
h_l = Head kerugian total

g = Gravitasi bumi

V_d = Kecepatan discharge

V_s = Kecepatan suction

Head total pompa dapat dilihat seperti gambar berikut ini :



Gambar 4. Head pompa

Hubungan antara tekanan dan head tekanan dapat diperoleh dengan persamaan berikut :

$$H_p = \frac{1}{9,8} \cdot \frac{P}{\rho} \dots\dots\dots (2-6)$$

Dimana : h_p = head tekanan
 p = tekanan
 ρ = density (massa jenis)

2.3.4.2 Head Kerugian

Untuk menghitung kerugian head yang mengalirkan fluida dalam pipa adalah mula-mula harus dihitung bilangan Reynold Re dari aliran, untuk menentukan aliran dalam fluida.

Dapat dihitung dengan rumus:

$$Re = \frac{v \cdot D}{g} \dots\dots\dots (2-7)$$

Dimana : $g = \frac{\mu}{f}$

Dengan mengetahui bilangan Reynold maka dapat ditentukan jenis aliran yang mengalir dalam pipa sebagai berikut :

- Pada $Re < 2300$, aliran bersifat laminar.
- Pada $Re > 4000$, aliran bersifat turbulen.
- Pada $Re = 2300 \div 4000$ terdapat daerah transisi, dimana aliran bersifat laminar atau turbulen tergantung pada kondisi pipa dan aliran.

Dari sifat aliran akan diketahui koefisien kerugian gsek (λ) dimana untuk :

1. Aliran laminar, dipakai rumus :

$$\lambda = \frac{64}{Re} \dots\dots\dots (2-7)$$

2. Aliran turbulen, dipakai rumus Darcy dan Hazem-Williams :

$$\text{Formula darcy : } \lambda = 0,020 + \frac{0,0005}{D} \dots\dots\dots (2-8)$$

Jika pipa telah dipakai bertahun-tahun harga koefisien (λ) akan menjadi 1,5 ÷ 2,0 kali harga barunya.

Formula Hazen-Williams :

$$V = 0,849 C R^{0,63} S^{0,54} \dots\dots\dots (2-9)$$

dimana : C = koefisien

R = jari-jari hidrolik

S = gradient hidrolik

Atau

$$h_f = \frac{10,666Q^{1,85}}{C^{1,85}D^{4,86}} \times L \dots\dots\dots (2-10)$$

dimana : h_f = head kerugian gesek

Q = kapasitas aliran

L = panjang pipa

Adapun beberapa kerugian head seperti kerugian gesek didalam pipa-pipa, didalam elbow (belokan, Reducer, katup-katup (valves), dapat dihitung dengan rumus-rumus sebagai berikut :

a. Head Kerugian Gesekan dalam Pipa

Untuk menghitung kerugian gesek di dalam pipa dapat dipakai salah satu rumus dibawah ini :

$$v = C R^r S^q \dots\dots\dots (2-11)$$

$$h_f = \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (2-12)$$

dimana $S = \frac{h_f}{L}$

b. Kerugian Head dalam Jalur Pipa

Dalam aliran melalui pipa kerugian juga akan terjadi apabila pipa, bentuk penampang, atau arah aliran berubah. Kerugian head di tempat-tempat transisi yang demikian itu dapat dinyatakan secara umum dengan persamaan berikut :

$$h_f = f \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (2-13)$$

dimana f = koefisien kerugian

Cara penulisan harga koefisien kerugian (f) untuk berbagai bentuk transisi pipa akan diperinci sebagai berikut :

1. Koefisien kerugian pada belokan (elbow) pipa.

Koefisien kerugian (f) pada belokan dapat digunakan dua cara atau metode yaitu :

- Koefisien untuk belokan lengkung dan belokan patah.
- Koefisien kerugian belokan menurut Irving Granet.

2. Kerugian karena perbesaran penampang.

- Secara Gradual.
- Secara mendadak.

Keduanya menggunakan rumus perbesaran seperti :

$$h_f = f \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g} \dots\dots\dots (2-14)$$

dimana : v_1 = Kecepatan pada diameter kecil

v_2 = Kecepatan pada pipa diameter besar

3. Pengecilan penampang pipa secara tiba-tiba, dengan menggunakan rumus.

$$h_f = f \frac{v_2^2}{2g} \dots\dots\dots (2-15)$$

4. Percabangan dan pertemuan pipa

Kerugian head untuk percabangan, dapat dinyatakan dengan rumus :

$$h_{f1-3} = f_1 \frac{v_1^2}{2g}$$
$$h_{f1-2} = f_2 \frac{v_1^2}{2g} \dots\dots\dots (2-16)$$

dimana :

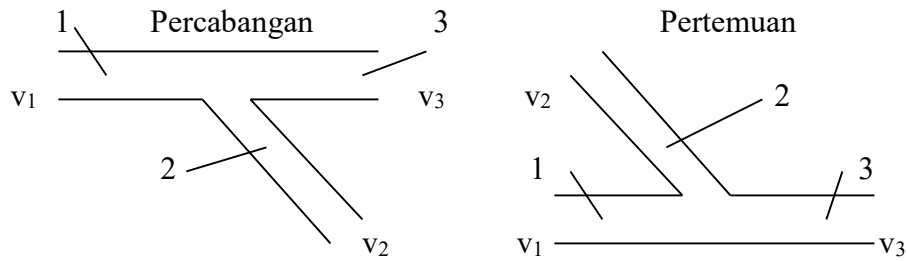
h_{f1-3} = konfigurasi head cabang (1) ke (2)

h_{f1-2} = konfigurasi head cabang (1) ke (3)

Kerugian head untuk pertemuan, dapat dinyatakan dengan rumus :

$$h_{f1-3} = f_1 \frac{v_3^2}{2g}$$
$$h_{f2-3} = f_2 \frac{v_3^2}{2g} \dots\dots\dots (2-17)$$





Gambar 5. Percabangan dan pertemuan

5. Kerugian head dan katup (valve)

Kerugian head pada katup dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$h_v = K_v \frac{v^2}{2g}$$

dimana :

h_v = Kerugian head katup

K_v = Koefisien katup

Harga K_v untuk berbagai katup dapat diberikan pada lampiran.

2.3.5 Head isap Positif Netto (NPSH)

Perlu menjadi perhatian bahwa pompa terdapat dua macam tekanan yang memegang peranan penting yaitu, tekanan yang ditentukan oleh kondisi lingkungan dimana pompa dipasang, dan tekanan yang ditentukan oleh keadaan aliran di dalam rumah pompa.

Dengan demikian maka definisi suatu NPSH (Net Positive Suction Head) yaitu ukuran suatu keamanan pompa terhadap adanya suatu kavitasi. Ada dua macam NPSH, yaitu yang tersedia pada system (instalasi) dan yang diperlukan oleh pompa.

2.3.5.1 NPSH yang Tersedia

NPSH yang tersedia adalah head yang dimiliki fluida cair pada sisi isap pompa (ekuivalen dengan tekanan mutlak pada posisi isap pompa), dikurangi dengan tekanan uap jenuh zat cair ditempat tersebut.

Dapat dilihat dalam persamaan berikut ini :

$$h_{sv} - \frac{P_a}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} - h_s - h_{ls} \dots\dots\dots (2-19)$$

dimana : h_{sv} = NPSH yang tersedia

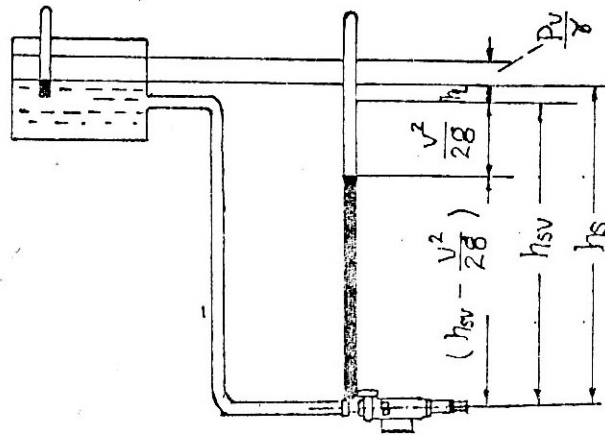
P_a = Tekanan atmosfer

P_v = Tekanan uap jenuh

h_s = Head isap statis

h_{ls} = Kerugian head dalam pipa uap





Gambar 6. NPSH, bila tekanan uap bekerja dalam tangki.

2.3.5.2 NPSH yang Diperlukan

Tekanan terendah di dalam pompa biasanya terdapat di suatu titik dekat setelah sisi masuk sudu impeller. Di tempat tersebut tekanan lebih rendah dari pada tekanan pada lubang isap pompa. Hal ini disebabkan oleh kerugian head di nozzle isap. Kenaikan kecepatan aliran karena luas penampang yang menyempit, dan kenaikan kecepatan aliran karena total sudu setempat.

Agar tidak terjadi penguapan fluida maka tekanan pada sisi isap pompa, dikurangi penurunan tekanan uap fluida. Head tekanan yang besarnya sama dengan penurunan tekanan ini disebut NPSH yang diperlukan. Besarnya NPSH yang diperlukan berubah menurut kapasitas dan putarannya.

Agar pompa dapat bekerja tanpa mengalami kavitasi, maka harus dipenuhi persyaratan berikut :

NPSH yang tersedia harus lebih besar dari NPSH yang diperlukan. NPSH yang tersedia dapat dihitung dari kondisi instalasi menurut persamaan yang ada, sedangkan NPSH yang diperlukan dapat diperoleh dari pabrik pompa yang bersangkutan.

2.3.6 Daya Poros dan Efisiensi Pompa

Untuk mencari efisiensi pompa yang diinginkan atau sesuai dengan yang dibutuhkan maka perlu diperhatikan daya input (daya poros) dan daya output (daya air), jangan sampai terjadi perbedaan yang besar sehingga efisiensi akhirnya menjadi rendah dengan kata lain bahwa idealnya pompa menjadi efisiensi yang baik jika tidak terjadi perbedaan daya input dan output yang besar, dalam hal ini kerugian-kerugian yang terjadi dapat diredam.

2.3.6.1 Daya Pompa

Head total pompa H mempunyai pengaruh terhadap besarnya ukuran pompa dan mesin penggerakannya. Daya pompa P_p adalah daya dari pompa sentrifugal yang bisa dipindahkan dan digunakan ke fluida, hal ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$P_p = \rho g Q H$$

Atau

$$P_p = \gamma Q H \dots\dots\dots (2-20)$$

Daya ini harus tersedia dan digunakan oleh fluida, serta yang paling penting adalah daya yang dibutuhkan atau daya yang harus disediakan oleh mesin penggerak pompa.

2.3.6.2 Daya Poros

Daya poros yang diperlukan untuk menggerakkan sebuah pompa adalah sama dengan daya pompa ditambah dengan kerugian daya dalam pompa. Daya ini dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$P_{pr} = P_p + \text{Kerugian daya pompa}$$

Atau

$$P_{pr} = \frac{P_p}{\eta_p} \dots\dots\dots (2-21)$$

Dimana: P_{pr} = Daya poros

η_p = Efisiensi pompa

(dalam suatu instalasi pompa daya pompa biasanya terbaca pada name plate motor listrik)

2.3.6.3 Efisiensi Pompa

Efisiensi pompa adalah jumlah daya output persatuan daya input. Daya output dalam hal ini adalah daya pompa (P_p) sedangkan daya input adalah daya poros (P_{pr}). Dengan demikian untuk mengetahui besarnya daya pompa dan daya poros maka efisiensi pipa dapat ditentukan. Hal ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\eta_p = \frac{P_p}{P_{pr}} \dots\dots\dots (2-22)$$

Karena daya poros untuk pompa yang digerakkan oleh motor listrik adalah konstan (kecepatan putar konstan), untuk mendapatkan karakteristik efisiensinya, maka yang divariabelkan adalah daya pompa dengan cara mengatur laju aliran pada katup.

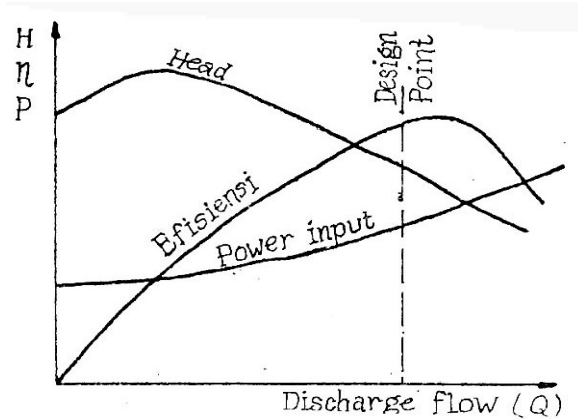
2.3.7 Karakteristik Pompa

Kebanyakan mesin penggerak dari pompa sentrifugal adalah motor asinkron atau motor sinkron yang kecepatan putarnya tidak dapat diatur. Bila kecepatan mesin penggerak konstan, kapasitas pompa diatur melalui pengecilan (throttling) yaitu dengan jalan membuka atau menutup suatu katup yang dapat diatur pembukaannya. Katup pengecilan harus ditempatkan di dalam suatu saluran tekan sebab pengecilan (pengecilan pembukaan katup) di dalam saluran isap dapat mengakibatkan timbulnya suatu kavitasi.

Karakteristik dari pompa sentrifugal menggambarkan jalannya lintasan besaran-besaran yang melalui kapasitas. Besaran-besaran tersebut adalah :

- Head total pompa H
- Daya yang dibutuhkan
- Efisiensi pompa
- Harga NPSH yang dibutuhkan

Karakteristik efisiensi pompa sentrifugal dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 7. Karakteristik pompa.

2.4 Penggerak Mula (Prime Mover)

Yang umum dipakai untuk menggerakkan pompa adalah motor bakar (internal combustion engines) dan motor listrik.

Perbedaan karakteristik dari kedua penggerak ini adalah :

- Motor bakar (internal combustion engines) lebih fleksibel karena kecepatannya mudah diatur.
- Motor listrik dimana kecepatan tetap dan RPM tertentu (1500 ÷ 3000 RPM), mudah di start dan di stop dengan menggunakan remote control.

Besar tenaga penggerak harus sesuai dengan :

- Kapasitas pompa
- Head total
- Efisiensi motor penggerak
- Jenis fluida cair yang akan dipompa

Dasar pertimbangan pemilihan motor penggerak adalah :

- Pertimbangan ekonomis yang menyangkut penanaman modal dan biaya operasional.
- Pertimbangan power supply.
- Pertimbangan teknis yang meliputi : putaran rendah (reciprocating pump) dan putaran tinggi centrifugal pump.

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan di atas dimana pada instalasi pompa penyediaan air bersih di Mall Ratu Indah menggunakan penggerak motor listrik.

Dan yang menjadi objek penelitian adalah pompa yang digerakkan oleh motor listrik AC. Karena motor listrik AC terdiri dari motor sinkron dan motor asinkron. Dimana kedua tipe motor ini penggunaannya beda antara yang satu dengan yang lain, dalam hal ini yang paling umum digunakan adalah motor asinkron.

2.4.1 Motor Listrik Asinkron

Adapun beberapa keistimewaan dari motor asinkron adalah sebagai berikut :

- Struktur sederhana.
- Mudah pengoperasiannya.
- Perawatan sederhana.
- Motor asinkron standar mempunyai karakteristik perputaran konstan.

Yang perlu diperhatikan adalah prinsip kerja dari mesin asinkron (umumnya mesin asinkron digunakan sebagai motor) adalah apabila sumber

tegangan 3 fasa dipasang pada kuparan stator, akan menimbulkan medan putar dan kecepatan poros sebesar :

$$n_s = \frac{120f}{p} \dots\dots\dots (2-23)$$

dimana: f = frekuensi

p = jumlah katup

n_s = putaran spesifik

Medan putar stator tersebut akan memotong batang konduktor pada rotor (kumparan jangkar) maka timbul tegangan induksi (ggl). Karena kumparan jangkar merupakan rangkaian yang tertutup maka ggl (E) menghasilkan arus (I). Adanya arus (I) di dalam medan magnet akan menimbulkan gaya (F) pada rotor yang akan berputar searah dengan medan putar stator. Perbedaan kecepatan poros antara rotor (n_r) dan kecepatan stator (n_s) disebut slip (S) dapat dinyatakan dengan rumus :

$$S = \frac{n_s - n_r}{n_s} \times 100\% \dots\dots\dots (2-24)$$

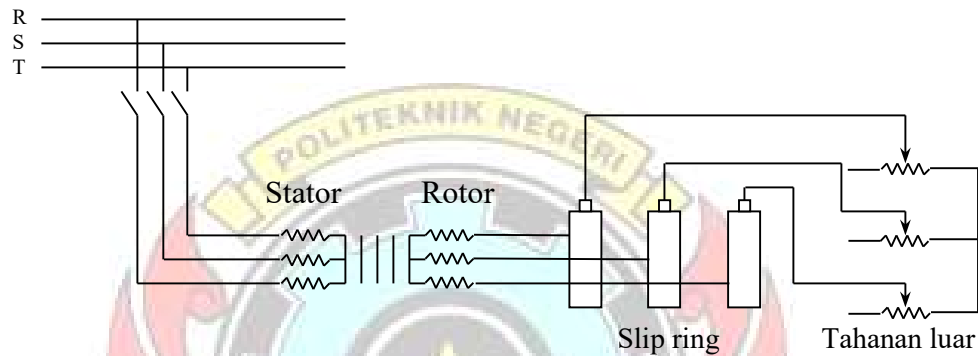
Bila $n_r = n_s$, tegangan tidak akan terinduksi dan arus tidak akan mengalir pada kumparan jangkar rotor, dengan demikian tidak dihasilkan kopel. Kopel motor akan timbul apabila n_r lebih kecil daripada n_s . Dilihat dari cara kerjanya motor asinkron disebut juga sebagai motor induksi atau motor tak serempak.

Dalam mesin-mesin asinkron dikenal dua tipe yaitu motor asinkron rotor lilit dan motor asinkron rotor sangkar.

2.4.1.1 Rotor Lilit.

Motor asinkron ini mempunyai rotor dengsn belitan kumparan tiga fasa seperti kumparan stator. Kumparan stator dan rotor juga mempunyai jumlah kutub yang sama.

Seperti yang diperlihatkan gambar berikut :

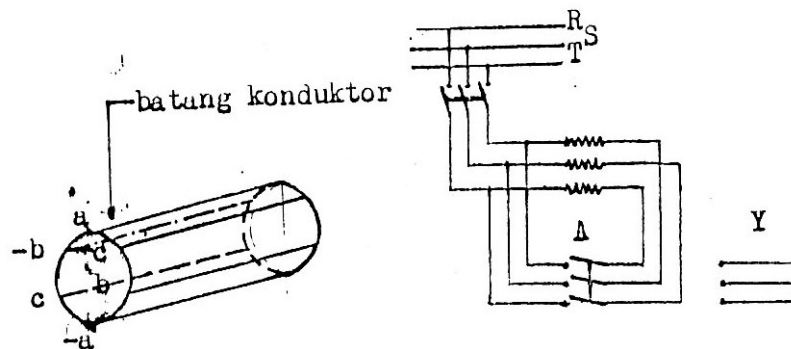


Gambar 8. Kumparan stator dan rotor

Penambahan tahanan luar sampai harga tertentu dapat memberi kopel mula mencapai harga maksimumnya (diperlukan pada saat star) motor asinkron dengan rotor lilit memungkinkan penambahan tahanan luar. Tahanan luar yang dapat diatur ini dihubungkan ke rotor melalui cincin. Selain untuk menghasilkan kopel mula yang besar, tahanan mula tersebut diperlukan untuk membatasi arus mula yang besar pada saat start. Disamping itu dengan mengubah-ubah tahanan luar, kecepatan motor dapat diatur.

2.4.1.2 Rotor Sangkar.

Motor asinkron jenis ini mempunyai rotor dengan kumparan yang terdiri dari beberapa jenis batang konduktor yang disusun sedemikian rupa hingga mempunyai sangkar. Seperti pada gambar berikut :



Gambar 9. Kumparan rotor sangkar

Konstruksi rotor seperti ini sangat sederhana jika dibanding dengan rotor mesin listrik lainnya.

Karena konstruksi yang sangat sederhana maka tidak memungkinkan untuk diberikan tahanan luar untuk pengaturannya seperti pada rotor lilit. Untuk membatasi arus mula yang besar, tegangan sumber harus dikurangi dengan menggunakan transformator atau saklar $Y - \Delta$. Tetapi berkurangnya arus mula akan mengakibatkan berkurangnya kopel mula. Untuk membatasi hal ini dapat digunakan rotor jenis sangkar ganda.

BAB III

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Tempat mengadakan penelitian sesuai dengan judul Proyek Akhir adalah Mall Ratu Indah Makassar. Adapun gambaran dari tempat dan waktu penelitian dapat diuraikan seperti di bawah ini.

Tempat Penelitian

Mall Ratu Indah terletak di jalan Ratulangi no : 35. dipandang dari segi administrasi lokasinya berada di dalam wilayah Kelurahan Mamajang Dalam, Kecamatan Mamajang, Kotamadya Makassar. Secara geografis letaknya pada posisi $7^{\circ} 55' \text{ LS} - 123^{\circ} 30'$. Dibangun di atas tanah seluas 4,5 Ha dengan pemilik PT. Kalla Inti Karsa.

Adapun batas-batas lokasi Mall Ratu Indah adalah :

- Sebelah utara : Jalan Mawas
- Sebelah selatan : Jalan Lanto Dg. Pasewang
- Sebelah timur : Jalan Amirullah
- Sebelah barat : Jalan Dr. Ratulangi

Waktu Penelitian

Waktu mengadakan penelitian merupakan pengambilan data-data yang diperlukan di dalam menghitung dan meneliti sistem distribusi air bersih. Dan efisiensi pompa secara kompleks dilakukan antara bulan juni sampai dengan

bulan agustus tahun 2004. Dengan catatan tidak dilakukan secara kontinue, maksudnya pengambilan data-data dilakukan tidak setiap hari.

Metode Penulisan

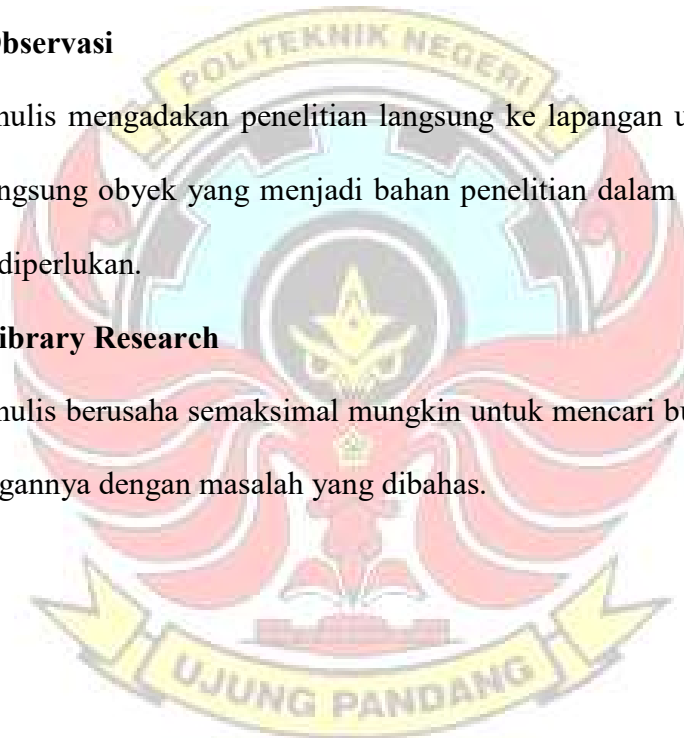
Dalam melakukan penelitian untuk penulisan proyek akhir ini, penulis menempuh beberapa cara metode yang umum dipergunakan. Adapun metode yang digunakan oleh penulis antara lain seperti di bawah ini :

Metode Observasi

Penulis mengadakan penelitian langsung ke lapangan untuk mencari dan melihat langsung obyek yang menjadi bahan penelitian dalam memperoleh data-data yang diperlukan.

Metode Library Research

Penulis berusaha semaksimal mungkin untuk mencari buku referensi yang ada hubungannya dengan masalah yang dibahas.



BAB IV

4.1 Data.

Ada dua cara pengambilan data yaitu dengan melihat data pustaka dan dengan cara tinjauan lapangan. Adapun data-data yang diperlukan adalah :

- a. Data Tangki.
- b. Data Pipa.
- c. Data Pompa.
- d. Data Yang diperlukan.

4.1.1 Data Tangki.

Air bersih yang digunakan di Mall Ratu Indah berasal dari dua sumber yaitu dari Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) dan sumber air bor. Untuk menampung jumlah air yang cukup besar diperlukan tipe tangki tegak atau vertical tank dengan atap tetap.

Tangki timbun yang terdapat di Mall Ratu Indah adalah :

1. Ground Tank.

Kapasitas 600 m^3 dengan cad fire protection 42 m^3 berarti air yang ada di dalam ground tank tidak boleh kurang dari 42 m^3 .

2. Roof Tank.

Roof tank terdiri atas dua tangki dengan kapasitas 600 m^3 per tangki, dimana cad fire protection sebesar 32 m^3 . Tangki ini dilengkapi dengan water level censor (WLC). Sistem WLC ini adalah sensor level ketinggian air dalam

tangki. Apabila air kurang dari level yang ditentukan maka pompa secara otomatis akan mengalirkan air dari ground tank ke roof tank.

4.1.2 Data Pipa.

a. Pipa Input.

Adalah pipa-pipa isap yang mengalirkan air ke pompa, berdiameter $\phi = 65$ cm

- Panjang pipa = 26 m
- Saringan = 1 buah
- Katub buka-tutup (gate valve) = 1 buah
- Katub searah (check valve) = 1 buah

b. Pipa Out Put.

Adalah pipa-pipa distributor atau pipa discharge yang mengalirkan air dari pompa.

- Diameter $\phi 50$ cm = 4 m
- Diameter $\phi 80$ cm = 32 m (horizontal)
- Diameter $\phi 65$ cm = 18 m (vertical)
- Diameter $\phi 65$ cm = 72 m (horizontal)
- Katup buka-tutup (gate valve) = 1 buah
- Katup searah (check valve) = 1 buah
- Elbow $\phi 80$ cm = 1 buah
- Elbow $\phi 65$ cm = 2 buah
- Sambungan T (tee stick) = 1 buah

4.1.3 Data Pompa.

Dalam mendistribusikan air bersih di Mall Ratu Indah digunakan pompa transfer (TP) yang diletakkan di ruang pompa semi basement. Pompa transfer ini yang menjadi objek penelitian dengan menggunakan objek penelitian dengan menggunakan motor listrik sebagai penggerak mula. Pompa yang digunakan ada dua unit dengan spesifikasi yang sama. Adapun spesifikasi pompa sesuai dengan name plate adalah :

- Merk : Ebora
- Tipe end section : 80 × 65 FS HS II (MS)
- Kapasitas : 40,4 m³/H = h 673 liter
- Head total : 45 m
- Efisiensi : 70 %
- RPM : 2900 putaran
- Daya : 11 kW
- Elektrasitas (volt/phase/Hz) : 380 / 3 / 50
- Jenis isolasi motor : class – H

4.1.4 Data Lain Yang Diperlukan.

Adapun data lain yang diperlukan dan terdapat pada instalasi antara lain :

Dari tangki ke pompa.

- $P = (2 - 5) \text{ kg/cm}^2$
- $P' = 3 \text{ kg/cm}^2$
- $h_a = Z_2 - Z_1$ (perbedaan ketinggian letak fluida)

- $Q = 600 \text{ Kltr/h}$ (menurut pembacaan posisi meter PDAM dan meter-sumur bor)
- $Z_1 =$ letak ground tank
- $Z_2 =$ letak roof tank
- $h_a = 17 \text{ m}$

4.2 Perhitungan

Dalam perhitungan ini yang akan dicapai adalah untuk mengetahui berapa head kerugian total disepanjang pipa, efisiensi pompa dan NPSH yang tersedia untuk menggambarkan karakteristik pompa.

4.2.1 Perhitungan Head

Adapun perhitungan head adalah kerugian disepanjang pipa dan head kerugian minor untuk mendapatkan head total.

a. Perhitungan head dari ground tank ke pompa.

❖ Kapasitas.

$Q = 600 \text{ Kltr/h}$ (menurut pembacaan posisi meter PDAM dan meter-sumur bor)

Dimana :

$$1 \text{ ltr} = 1 \text{ dm}^3$$

$$1 \text{ ltr} = 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ Kltr} = 10^3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$Q = 600 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q = 200 \cdot \frac{1\text{h}}{3600\text{s}}$$

$$Q = 0,1667 \text{ m}^3/\text{s}$$

❖ Kecepatan.

$$v = \frac{Q}{A} \quad \text{ket : } v = \text{kecepatan}$$

Q = Kapasitas aliran

A = Luas

D = Diameter pipa

$$\text{dimana : } A = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$\text{Maka, } v = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

$$\text{dimana : } \pi = 3,14$$

$$D = 65 \text{ cm} = 0,65 \text{ m}$$

$$v = \frac{4(0,1667)}{3,14(0,65)^2}$$

$$v = 0,52619 \text{ m/s}$$

❖ Bilangan Reynold.

$$Re = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu}$$

dimana : D = diameter pipa

v = kecepatan

ρ = density

μ = viscositas

Pada temperatur 20 °C (68 F) pada lampiran adalah temperatur yang standar untuk menganalisa viskositas air.

$$\rho = 998 \text{ kg/m}^3 \quad \dots\dots\dots (\text{lamp. 6})$$

$$\mu = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Ns/m}^2 \quad \dots\dots\dots (\text{lamp. 6})$$

$$\text{jadi ; } Re = \frac{0,65 \cdot 0,50262 \cdot 998}{1 \cdot 10^{-3}}$$

$$= 3,2 \cdot 10^5$$

❖ Kekasaran relative (e/D)

Kekasaran mutlak pipa yang terbuat dari galvanis iron pada lampiran.

$$e = 0,0005 \text{ ft} \quad \dots\dots\dots (\text{lamp. 1})$$

atau

$$e = 1,52 \cdot 10^{-4} \text{ m} \quad \dots\dots\dots (\text{lamp. 1})$$

sehingga

$$\frac{e}{D} = \frac{1,52 \cdot 10^{-4}}{0,65} = 0,0002338$$

Dari $Re = 3,2 \cdot 10^5$ dan $e/D = 0,0002338$ diperoleh kerugian gesek pada lampiran $\lambda = 0,014$

❖ Kerugian sepanjang pipa

Kerugian dari ground tank ke pompa

$$h_f = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

dimana : h_f = head kerugian gesek dalam pipa

λ = koefisien kerugian gesek

L = panjang pipa

D = diameter pipa

v = kecepatan

g = gravitasi bumi

catatan : panjang pipa dari ground tank ke pompa dihitung dengan perbandingan skala denah ruang.

$$h_f = 0,014 \cdot \frac{26}{0,65} \cdot \frac{(0,50262)^2}{2(9,81)}$$

$$h_f = 0,0072$$

❖ Rugi-rugi minor (head minor)

Head kerugian yang diakibatkan karena belokan (elbow), sambungan, saringan, dan katup.

$$h_m = E K \cdot v^2/2g$$

Dari ground tank ke pompa

Dimana :

- v = kecepatan
- g = gravitasi bumi

• EK =

$$\text{Gate valve} = 1 \times 0,07 = 0,07$$

$$\text{Saringan} = 1 \times 0,800 = 0,800$$

$$\text{Check valve} = 1 \times 2,000 = 2,000$$

$$\text{EK} = 2,870$$

$$\text{Jadi ; } h_m = 2,870 \cdot \frac{(0,50262)^2}{2(9,81)}$$

$$h_m = 0,0369538 \text{ m}$$

❖ Head Tekanan

$$h_p = \frac{1}{9,8} \cdot \frac{P'}{\rho}$$

ket : h_p = head tekanan

P' = tekanan

ρ = density (massa jenis)

Dimana :

$$P' = (2 - 5) \text{ kg/cm}^3$$

$$P' = 3 \text{ kg/cm}^3$$

$$\rho = 998 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Jadi ; } h_p = \frac{1}{9,8} \cdot \frac{3 \text{ kg/cm}^3 \cdot 10^4 \text{ cm}^2 / 1 \text{ m}}{998}$$

$$h_p = 3,067 \text{ m}$$

❖ Head total

$$H = h_f + h_m + h_p$$

$$= 0,0072 + 0,0369538 + 3,067$$

$$= 3,111538 \text{ m}$$

b. Perhitungan head dari pompa ke roof tank.

❖ Kapasitas outlet (dari pompa ke roof tank).

$$Q = 200 \text{ m}^3$$

Atau

$$Q = 0,0556 \text{ m}^3/\text{s}$$

❖ Kecepatan outlet

$$v_2 = \frac{Q}{A}$$

dimana : v = kecepatan

Q = Kapasitas aliran

A = Luas

D = Diameter pipa

$$\text{dimana : } A = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$\text{Maka, } v_2 = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

dimana : $\pi = 3,14$

$$D = 50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Jadi ; } v_2 = \frac{4(0,0556)}{3,14(0,5)^2}$$

$$v = 0,2833 \text{ m/s}$$

❖ Bilangan Reynold (Re)

$$\text{Re} = \frac{Dv\rho}{\mu}$$

Pada temperatur 20 °C (68F) pada lampiran 6.

$$\rho = 998 \text{ kg/m}^2$$

$$\mu = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Ns/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{jadi, } Re &= \frac{0,5 \cdot 0,2833 \cdot 998}{1 \cdot 10^{-3}} \\ &= 1,4 \cdot 10^5 \end{aligned}$$

❖ Kekasaran Relatif (e/D)

Kekasaran mutlak (e) pipa yang terbuat dari galvanis iron

$$e = 0,0005 \text{ ft}$$

$$e = 1,52 \cdot 10^{-4} \text{ m (pada lampiran 1)}$$

$$\text{jadi, } \frac{e}{D} = \frac{1,52 \cdot 10^{-4}}{0,5}$$

$$e/D = 0,000304$$

Dari $Re = 1,4 \cdot 10^5$ dan $e/D = 0,000304$ didapat koefisien gesekan. (diagram moody)

$$\lambda = 0,15$$

❖ Head Kerugian disepanjang Pipa

Untuk Pompa – Header

$$h_{f1} = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

dimana : λ = koefisien kerugian gesek

L = panjang pipa

D = diameter pipa

v = kecepatan

g = gravitasi bumi

$$\text{Jadi, } h_{f1} = 0,015 \cdot \frac{4}{0,5} \cdot \frac{(0,2833)^2}{2(9,81)}$$

$$= 0,0004908 \text{ m}$$

Untuk Header – Roof Tank

$$h_{f2} = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$\text{Jadi ; } h_{f2} = 0,015 \cdot \frac{122}{0,5} \cdot \frac{(0,2833)^2}{2(9,81)}$$

$$= 0,00115166 \text{ m}$$

❖ Head Minor

Head yang terjadi karena adanya belokan elbow, sambungan saringan dan katup.

$$h_m = EK \frac{v^2}{2g}$$

dimana :

- v = kecepatan
- g = gravitasi bumi
- EK =

$$\text{Gate Valve } 1 \times 0,525 = 0,525$$

$$\text{Saringan } 1 \times 0,800 = 0,800$$

$$\text{Check Valve } 1 \times 2,000 = 2,000$$

$$\text{EK} = 2,870$$

$$\text{Jadi, } h_{m1} = 2,870 \frac{(0,2833)^2}{2(9,81)}$$

$$= 0,01174 \text{ m}$$

Dari Header ke Roof Tank

Dimana :

| | | |
|-------------|-----------|------------|
| Elbow 90° | 3 x 0,525 | = 0,756 |
| Sambungan T | 1 x 0,580 | = 0,580 |
| Check Valve | 2 x 2,000 | = 4,000 |
| | | EK = 5,336 |

$$\text{Jadi ; } h_{m2} = 5,336 \frac{(0,2833)^2}{2(9,81)}$$

$$= 0,0218274 \text{ m}$$

❖ Head Tekanan

- Kapasitas $Q_2 = Q_3 = 0,0556 \text{ m}^3/\text{s}$

Dari data fisik pompa diperoleh:

- Suction $\phi = 80 \text{ cm} = 0,8 \text{ m}$
- Discharge $\phi = 65 \text{ cm} = 0,65 \text{ m}$

Maka kecepatan fluida

$$v_2 = \frac{4Q}{\pi D_2^2}$$

dimana : v = kecepatan

Q = Kapasitas aliran

D = Diameter pipa

$$\begin{aligned} \text{Jadi ; } \quad v_2 &= \frac{40,0559}{\pi(0,80)^2} \\ &= 0,110687 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Karena $Q_2 = Q_3$ sama maka :

$$\begin{aligned} v_3 &= \frac{4Q}{\pi D_3^2} \\ &= \frac{40,0559}{\pi(0,65)^2} \\ &= 0,1676402 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Sesuai dengan hukum Bernoulli yang ada:

$$\begin{aligned} \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + Z_2 &= \frac{P_3}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + Z_3 \\ \frac{P_2}{\gamma} + \frac{(0,1106687)^2}{2(9,81)} + 17 &= \frac{P_3}{\gamma} + \frac{(0,1676402)^2}{2(9,81)} + 1 \\ \frac{P_2}{\gamma} + 17,000624 &= \frac{P_3}{\gamma} + 1,0014323 \\ \frac{P_2}{\gamma} &= \frac{P_3}{\gamma} - 15,999192 \end{aligned}$$

Karena,

$$\frac{P_3}{\gamma} = h_p = \frac{1}{9,8} \cdot \frac{p'}{\rho}$$

Dimana :

$$P' = (2 \div 5) \text{ kg/cm}^2$$

$$P' = 3 \text{ kg/cm}^2$$

$$\rho = 998 \text{ kg/cm}^2$$

Maka;

$$\frac{P_3}{\gamma} = h_p = \frac{1}{9,8} \cdot \frac{3 \text{ kg/cm}^2 \cdot 10^4 \text{ cm}^2 / 1 \text{ m}}{998}$$

$$\frac{P_3}{\gamma} = h_p = 3,0673586 \text{ m}$$

$$\frac{P_2}{\gamma} = 3,0673586 - 15,999192$$

$$\frac{P_2}{\gamma} = -12,931834 \text{ (tanda negatif berarti Roof Tank lebih tinggi dari pompa)}$$

❖ Head Total

Head Total dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} H &= h_{f1} + h_{f2} + h_{m1} + h_{m2} + h_p \\ &= 0,0004908 + 0,00115166 + 0,01174 + 0,0218274 + 12,931834 \\ &= 12,955326 \text{ m} \end{aligned}$$

4.2.2 Perhitungan Daya dan Efisiensi Pompa

Perhitungan Head di atas adalah bertujuan untuk menghitung energi yang dikandung oleh fluida, dalam hal ini daya pompa dimana daya poros telah diketahui dari name plate pompa.

Dengan mengetahui daya poros dan daya pompa maka efisiensi dari pompa dapat dihitung.

4.2.2.1 Perhitungan Daya Pompa

Ada dua jenis daya yang bekerja pada pompa, yaitu daya mekanik yang diakibatkan oleh motor listrik dengan putaran yang konstan melalui poros, dikenal dengan daya poros. Daya fluida pada pompa ditentukan oleh kekentalan (viskositas) dan juga dikenal sebagai daya pompa. Adapun perhitungan adalah sebagai berikut :

❖ Daya Poros

Perhitungan secara akurat untuk daya poros tidak dapat dilakukan karena tidak adanya alat untuk mengukur putaran poros (tachometer) dan torsi (torsimeter). Sebab setiap perubahan laju aliran Q akan mempengaruhi putaran poros dan torsi mesin penggerak yang pada prinsipnya semakin besar laju aliran maka putaran dan torsi juga besar. Sehingga perhitungan daya dan efisiensi pompa dipakai daya pada name plate pompa.

$$P_{\text{prs}} = 11 \text{ kW} \quad (\text{dari name plate})$$

❖ Daya Fluida Pompa

$$P_p = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

dimana : ρ = density (massa jenis)

g = gravitasi bumi

Q = Kapasitas aliran

H = head total

$$\begin{aligned}
 \text{Jadi ; } P_p &= 998 \cdot 9,81 \cdot 0,0566 \cdot 12,955326 \\
 &= 7179,0056 \text{ W} \\
 &= 7,1790056 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

4.2.2.2 Perhitungan Efisiensi Pompa

Efisiensi pompa diperoleh dari jumlah daya fluida dibagi dengan jumlah daya poros yang ditransmisikan oleh motor listrik dapat dihitung sebagai berikut :

$$\eta = \frac{P_p}{P_{prs}} \times 100 \%$$

dimana : P_p = daya fluida pompa

P_{prs} = daya pompa

$$\begin{aligned}
 \text{Jadi ; } &= \frac{7,1790056}{11} \times 100 \% \\
 &= 65,26368 \%
 \end{aligned}$$

4.2.3 Perhitungan NPSH

Untuk perhitungan head isap positif netto NPSH (Nett Possitive Suction Head), ada dua macam yaitu NPSH yang tersedia dan NPSH yang diperlukan.

4.2.3.1 NPSH yang Tersedia

NPSH yang tersedia adalah head yang dimiliki oleh fluida cair pada sisi isap pompa dikurangi dengan tekanan uap jenuh fluida cair di tempat tersebut. Yang dimaksud dengan tekanan uap jenuh adalah tekanan 1 atm. Air akan mendidih pada 100°C dan akan menjadi uap. Tetapi jika tekanannya diturunkan atau dibawah 1 atm,

maka temperatur kamar pun air akan mendidih. Jadi untuk menghitung NPSH yang tersedia dipakai beberapa rumus yang sama-sama dapat dipakai dalam perhitungan :

$$\text{NPSH} = \frac{P}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + (-h) - h_L = h_p$$

atau ;

$$h_{sv} = \frac{P_a}{\gamma} + \frac{P_v}{\gamma} - h_s - h_{ls}$$

Dalam perhitungan ini yang akan dipakai adalah rumus yang kedua karena sesuai dengan persamaan (2-19) adalah sebagai berikut :

$$\text{a.) } \frac{P_a}{\gamma} = \frac{P_2}{\gamma} = h_p = \frac{1}{9,8} \cdot \frac{p'}{f}$$

$$\frac{P_a}{\gamma} = -12,931834 \text{ m}$$

b.) $\frac{P_a}{\gamma}$ adalah head yang tergantung pada tekanan jenuhnya pada temperatur

20°C (68F).

$$\rho = 998 \text{ kg/m}^3$$

$$P_v = 2,34 \cdot 10^3$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

sehingga;

$$\gamma = \rho \cdot g$$

$$= 998 \cdot 9,81$$

$$= 9790,38 \text{ N/m}^3$$

Maka;

$$\frac{P_v}{\gamma} = \frac{2,34 \cdot 10^3}{9790,38}$$

$$= 0,2390101 \text{ m}$$

c.) h_s adalah head static pompa

Untuk roof tank – pompa

$$h_s = 17 \text{ m}$$

Untuk Ground tank – pompa

$$h_s = 0 \text{ (karena posisi tangki sama dengan posisi pompa)}$$

d.) h_{1s} adalah head kerugian didalam pipa isap

$$h_{1s} = h_f + h_m$$

$$= 0,0072 + 0,0040647$$

$$= 0,0112647$$

Sehingga NPSH yang tersedia adalah :

$$h_{sv} = \frac{P_a}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} - h_s - h_{1s}$$

$$= -12,931834 - 0,2390101 - 17$$

$$= -13,170844 \text{ m}$$

4.2.3.2 NPSH yang Diperlukan

NPSH yang diperlukan adalah head tekanan yang besarnya sama dengan tekanan. Harga NPSH yang diperlukan harus diperoleh dari pabrik yang

bersangkutan. Namun untuk penaksiran secara kasar NPSH yang diperlukan dapat dihitung dari konstanta kavitasi r seperti berikut ini.

Jika head total pompa pada titik efisiensi maksimum dinyatakan sebagai H_N , dan NPSH yang diperlukan untuk titik ini H_{svN} , maka r didefinisikan sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{H_{svN}}{H_N} \quad \text{dimana : } H_{svN} = \text{NPSH yang diperlukan}$$

$H_N = \text{head pada titik efisiensi maksimum}$

Bilangan σ ini disebut koefisien kavitasi.

Jadi untuk mengetahui NPSH pompa yang diperlukan dapat dilihat manual dari pabrik pembuatnya.

4.3 Pembahasan

Dari hasil analisa diperoleh bilangan Reynold Re sebesar $3,2 \cdot 10^5$ aliran dalam pipa distribusi bersifat turbulen. Dan efisiensi yang diperoleh adalah 65,2636 %, jika dibandingkan dengan efisiensi pompa pada name plate yaitu sebesar 70 % maka dapat dikategorikan pompa dapat bekerja dengan efisien.

Head tekanan yang diperoleh sebesar $-12,931834$ m, bernilai negatif berarti posisi roof tank lebih tinggi dari pompa.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun beberapa kesimpulan yang diperoleh setelah mengadakan penelitian pada Mall Ratu Indah adalah :

1. Bahwa semakin panjang pipa dan semakin banyak belokan (elbow), saringan, katup (valve), dan reducer maka akan semakin besar head kerugian di pipa, dengan demikian bila semakin besar head total yang diperoleh maka semakin besar daya pompa. Dengan kata lain beban pompa untuk mendistribusikan air ke konsumen semakin besar.
2. Semakin besar head total maka daya pompa pun semakin besar pada daya poros konstan akan mengakibatkan efisiensi pompa semakin tinggi.
3. Dari hasil perhitungan mengenai efisiensi pompa diperoleh nilai 65,2636 %, jika dibandingkan dengan efisiensi pompa pada name plate yaitu 70 % maka dapat dikategorikan pompa dapat bekerja efisien.
4. Adanya head yang terjadi pada pipa dan pada pompa sendiri mengakibatkan kecilnya laju aliran air sehingga biaya bertambah.

5.2 Saran

1. Untuk menghasilkan perhitungan yang akurat dan untuk pengembangan penelitian maka perlu dipasang manometer untuk mengukur tekanan dan laju aliran atau kapasitas aliran pada groun tank.

2. Untuk menutup kemungkinan adanya arus bolak balik perlu dipasang kontrol otomatis pada motor listrik untuk langsung mematikan atau meng-off-kan motor menjalankan pompa demi mempertahankan kerja yang efisien dari pompa.
3. Karena sesuai dengan letak lokasinya yang memerlukan pipa-pipa yang panjang maka penyambungannya diusahakan tidak banyak menggunakan katup atau valve yang tidak diperlukan dan mengurangi sambungan-sambungan pada pipa yang lurus sehingga tidak mempunyai kerugian gesek yang besar.



DAFTAR PUSTAKA

- Church, A. H. 1976. *Centrifugal Pumps and Blowers*, New York ; I Wiley and Sons Inch.
- Granet, Irving. 1989. *Fluid Mechanics for Engineering Technology*. New York; Queensbororough Community College New York Institute Technology.
- Martowo, Artidi. 1990. *Pipa dan Fitting*, Kursus Operator Teknik PDN.
- Nonwen. Ing A, Anwir, B. S. 1986. *Pompa*. Jakarta Bhrata Karya Aksara,
- Raswari, Ir. 1986. *Teknologi dan Perencanaan Sistem Perpipaan*. Jakarta; Universitas Indonesia.
- Soetedjo, Ign, Ir. 1982. *Fluid Flow*. Bandung; Angkasa Bandung.
- Sularso, Ir, MSME, DR, Prof. Tahara, Haruo, DR, Prof.1987. *Pompa dan Kompresor*, Jakarta; Pradya Paramita.



Lampiran 1 : Kekasaran Mutlak dan Relatif

TABLE 6.1 Absolute Roughness of Pipes

| Material | Absolute Roughness, ϵ | |
|---|--------------------------------|---|
| | ft | m |
| Glass, new commercial pipe surfaces, drawn tubing (brass, copper, lead) | 0.000005 | 1.52×10^{-6} |
| Commercial steel or wrought iron | 0.00015 | 4.57×10^{-3} |
| Asphalted cast iron | 0.0004 | 1.22×10^{-4} |
| Galvanized iron | 0.0005 | 1.52×10^{-4} |
| Cast iron | 0.00085 | 2.59×10^{-4} |
| Wood stave | 0.0006-0.0003 | 1.83×10^{-4} - 9.14×10^{-5} |
| Concrete | 0.001-0.01 | 3.05×10^{-4} - 3.05×10^{-3} |
| Riveted steel | 0.003-0.03 | 9.14×10^{-4} - 9.14×10^{-3} |

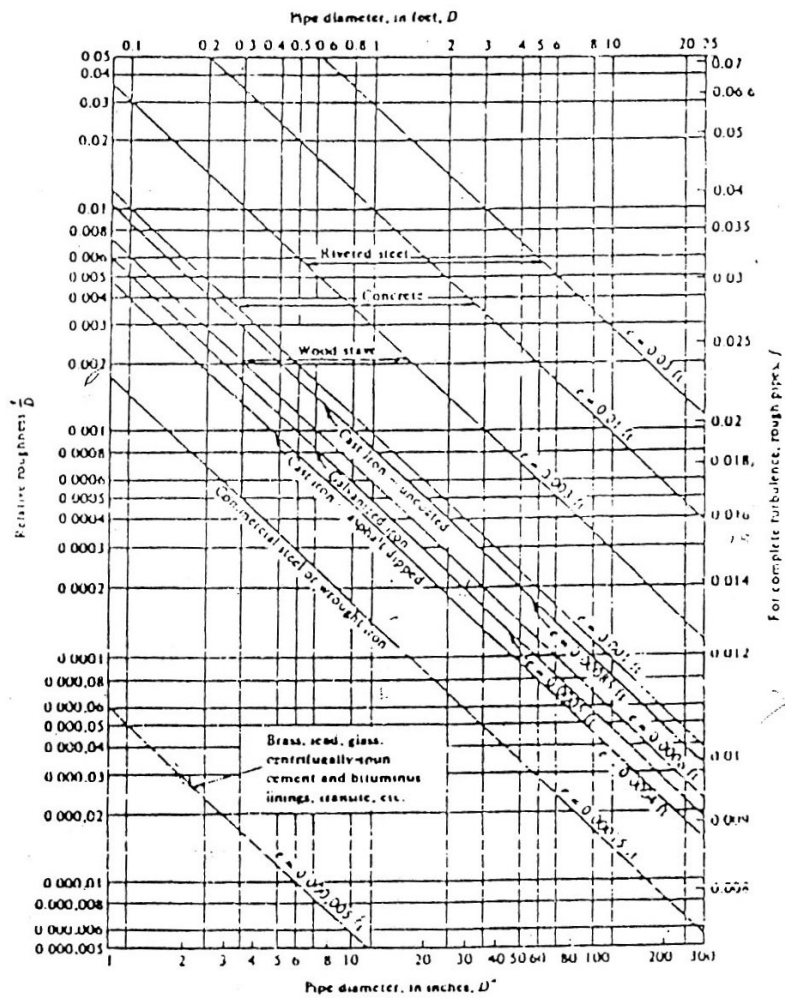


FIGURE 6.8 Relative roughness factors for new clean pipes. (Reproduced with permission from *Pipe Friction Manual*, 3rd ed., Hydraulic Institute, New York, 1961.)

Lampiran 2. Diagram Moody

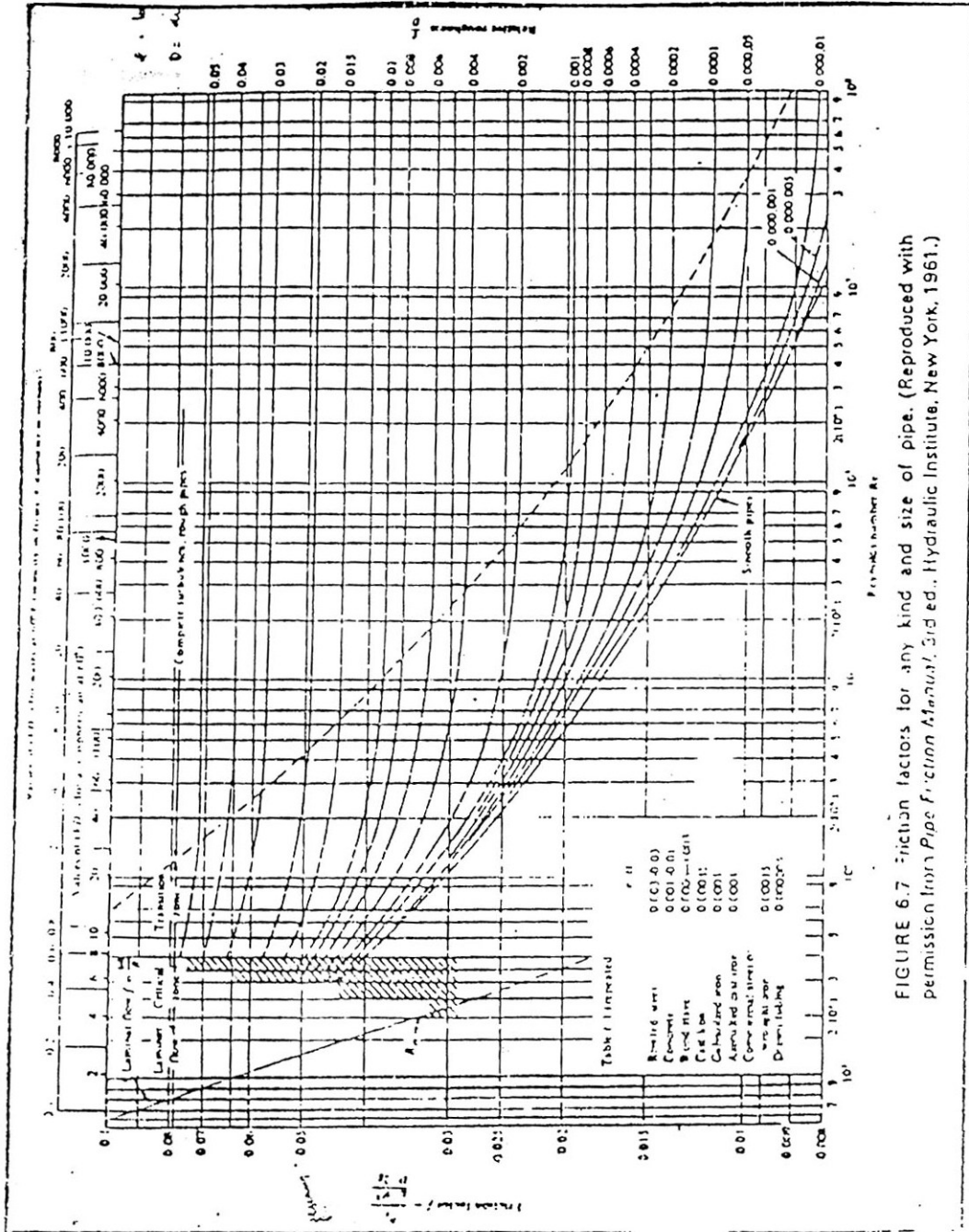


FIGURE 6.7 Friction factors for any kind and size of pipe. (Reproduced with permission from *Pipe Friction Manual*, 3rd ed., Hydraulic Institute, New York, 1961.)

Lampiran 3 : Koefisien Gesek Katup dan Elbow

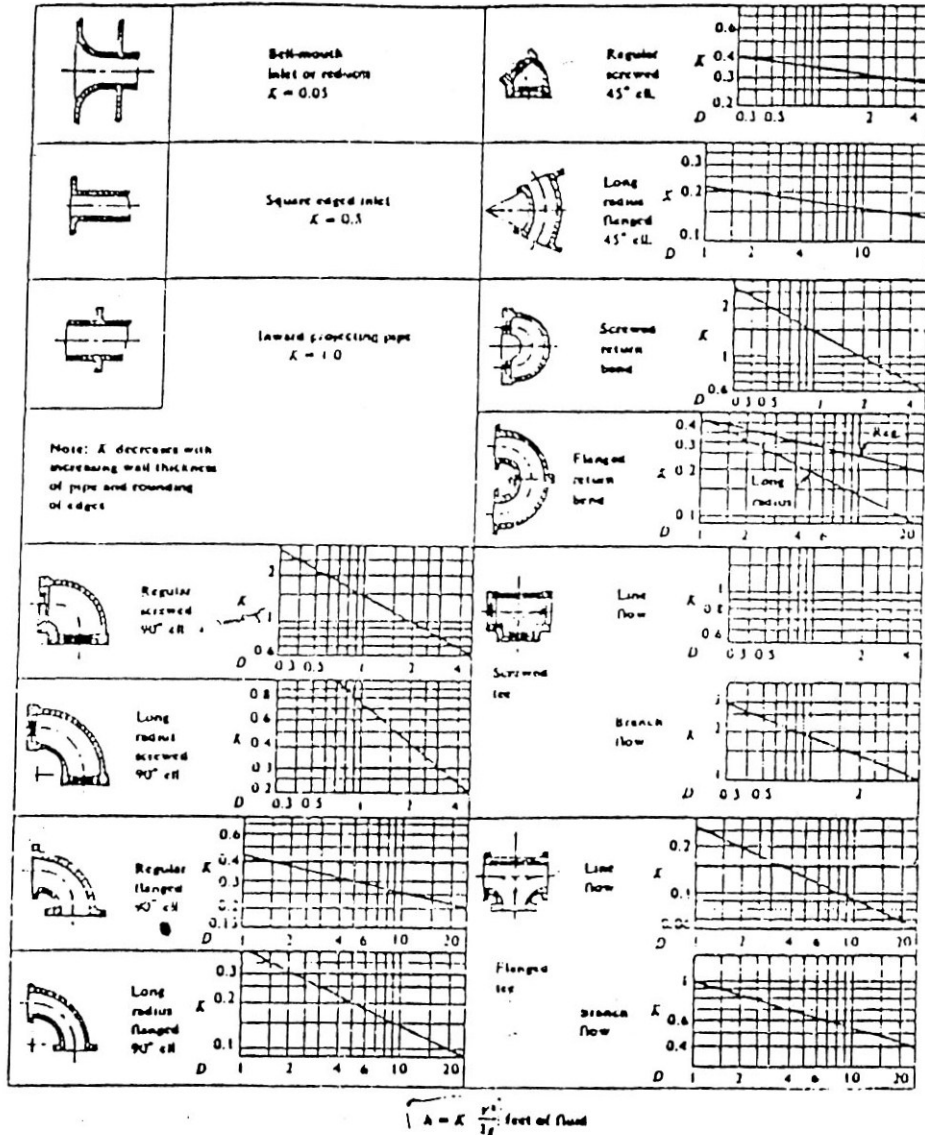


FIGURE 6.10 Resistance coefficients for valves and fittings. The value of D is nominal iron pipe size. For velocities below 15 ft/sec, check valves and foot valves will be only partially open and will exhibit higher values of K than that shown. (Reproduced with permission from *Pipe Friction Manual*, 3rd ed., Hydraulic Institute, New York, 1961.)

Lampiran 4 : Koefisien Gesek Katup dan Elbow

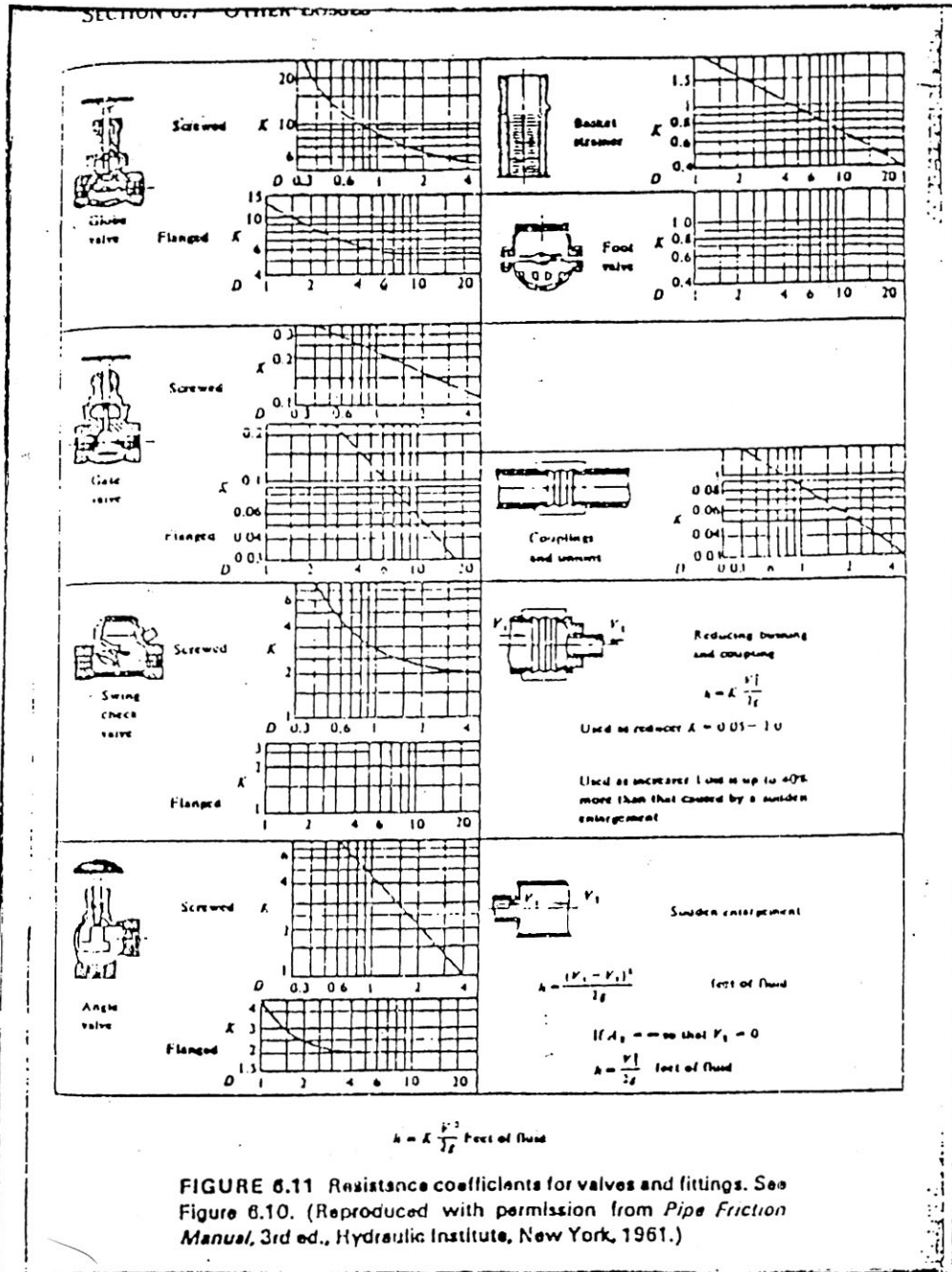


FIGURE 6.11 Resistance coefficients for valves and fittings. See Figure 6.10. (Reproduced with permission from *Pipe Friction Manual*, 3rd ed., Hydraulic Institute, New York, 1961.)

Lampiran 5 : Koefisien Gesek Reduser

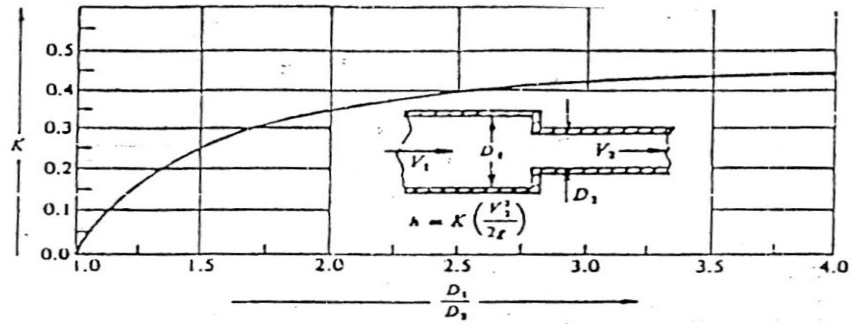


FIGURE 6.12 Resistance coefficients for reducers. (Reproduced with permission from *Pipe Friction Manual*, 3rd ed., Hydraulic Institute, New York, 1961.)

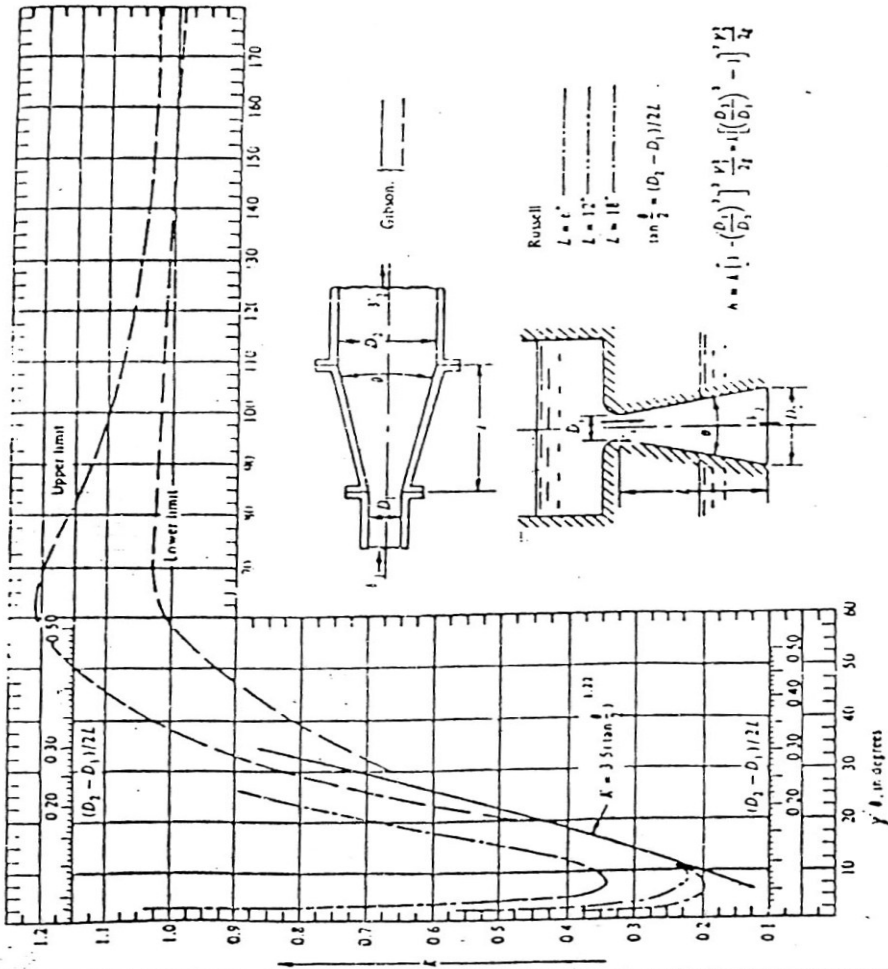


FIGURE 6.13 Resistance coefficients for increasers and diffusers. (Reproduced with permission from *Pipe Friction Manual*, 3rd ed., Hydraulic Institute, New York, 1961)

Lampiran 6 : Daftar Viskositas

Table A.3
PROPERTIES OF COMMON LIQUIDS AT 1 atm AND 20°C (68°F)

| Liquid | ρ , kg/m ³ | μ , (N·s)/m ² | γ , N/m† | ρ_v , N/m ² | Bulk modulus N/m ² |
|----------------------|----------------------------|------------------------------|-----------------|-----------------------------|----------------------------------|
| Ammonia | 608 | 2.20 E-4 | 2.13 E-2 | 9.10 E+5 | |
| Benzene | 881 | 6.51 E-4 | 2.88 E-2 | 1.01 E+4 | 1.05 E+9 |
| Carbon tetrachloride | 1,590 | 9.67 E-4 | 2.70 E-2 | 1.20 E+4 | 9.65 E+8 |
| Ethanol | 789 | 1.20 E-3 | 2.28 E-2 | 5.7 E+3 | 8.96 E+8 |
| Gasoline | 680 | 2.92 E-4 | 2.16 E-2 | 5.51 E+4 | 9.58 E+8 |
| Glycerin | 1,260 | 1.49 | 6.33 E-2 | 1.4 E-2 | 4.34 E+9 |
| Kerosine | 804 | 1.92 E-3 | 2.8 E-2 | 3.11 E+3 | 1.43 E+9 |
| Mercury | 13,550 | 1.56 E-3 | 4.84 E-1 | 1.1 E-3 | 2.55 E+10 |
| Methanol | 791 | 5.98 E-4 | 2.25 E-2 | 1.34 E+4 | 8.27 E+8 |
| SAE 10 oil | 917 | 1.04 E-1 | 3.6 E-2 | | 1.31 E+9 |
| SAE 30 oil | 917 | 2.90 E-1 | 3.5 E-2 | | 1.38 E+9 |
| Water | 998 | 1.00 E-3 | 7.28 E-2 | 2.34 E+3 | 2.19 E+9 |
| Seawater | 1,025 | 1.07 E-3 | 7.28 E-2 | 2.34 E+3 | 2.28 E+9 |

† In contact with air.

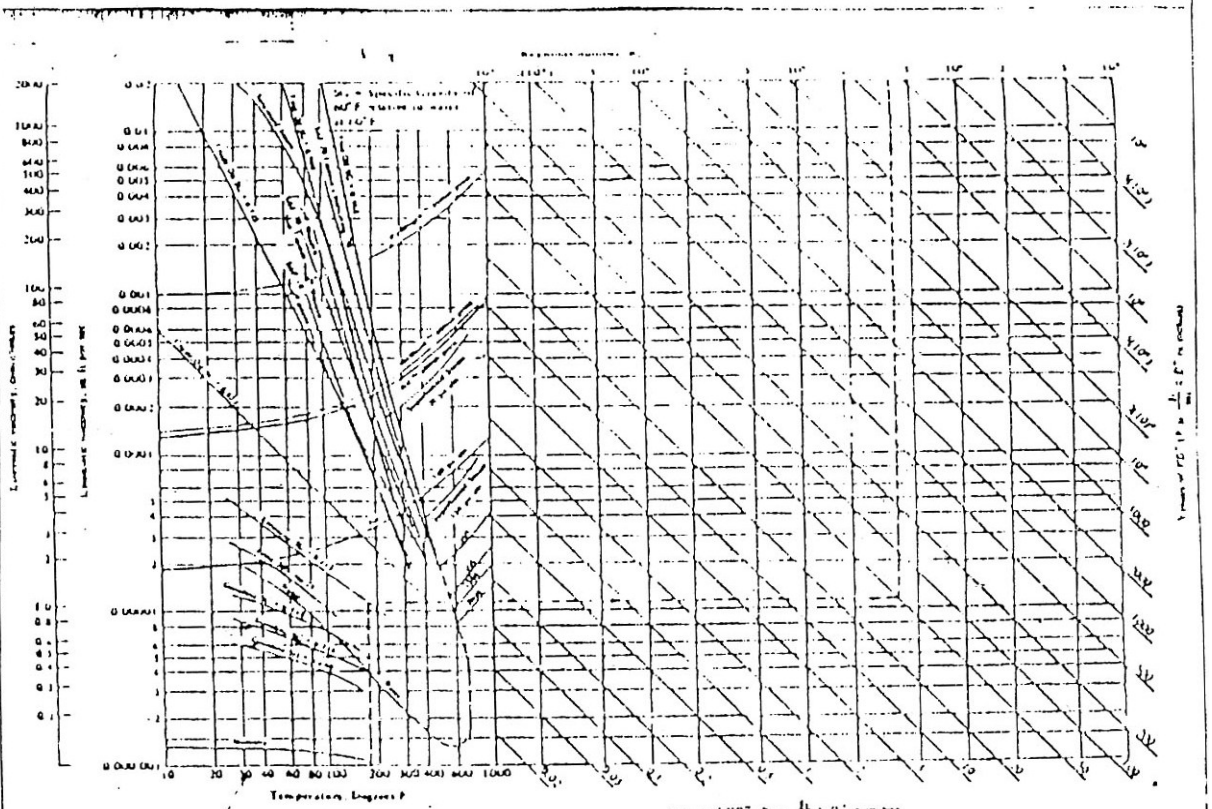


FIGURE 6.9 Kinematic viscosity and Reynolds number chart. (reproduced with permission from *Pipe Friction Manual*, 3rd ed., Hydraulic Institute, New York, 1981.)

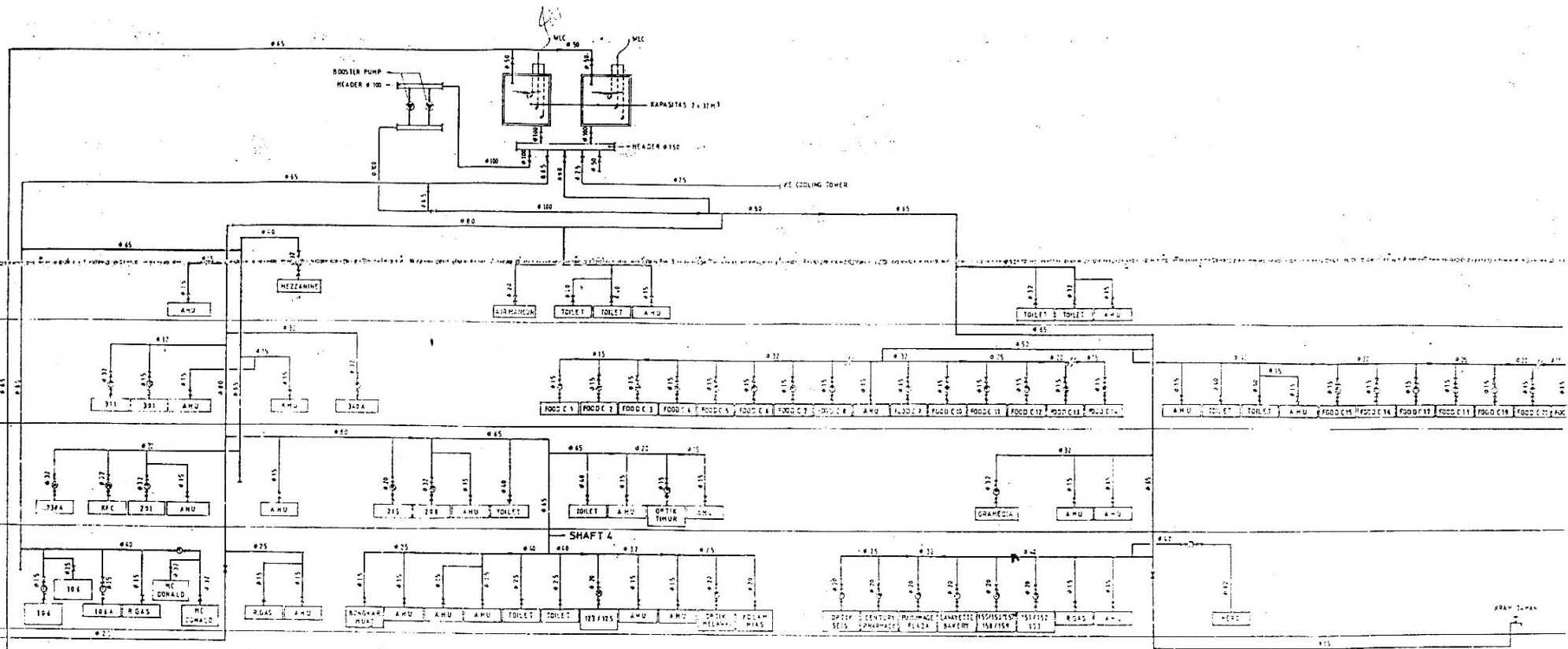


DIAGRAM INSTALASI AIR BERSIH
 SKALA: NTS