

ANALISA KEBUTUHAN JENIS DAN SPESIFIKASI POMPA UNTUK SUPLAI AIR BERSIH DI GEDUNG KANTIN BERLANTAI 3 PT ASTRA DAIHATSU MOTOR

Ubaedilah

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana Jakarta
Email: 41311120016@student.mercubuana.ac.id

Abstrak -- Pada Gedung kantin berlantai 3 di PT Astra Daihatsu Motor, terdapat sistem pemipaan dan pompa air yang digunakan untuk mensuplai air bersih untuk kebutuhan sehari-hari. Berdasarkan kenyataan di lapangan dimana tidak ada data-data sekunder untuk menentukan spesifikasi pompa tersebut. Tujuan analisa ini adalah untuk mendapatkan kapasitas pompa yang sesuai dengan sistem pemipaan yang terpasang di gedung kantin berlantai 3. Dengan menggunakan metode studi lapangan dan wawancara serta penerapan rumus-rumus yang berhubungan dengan sistem pemipaan dan mencakup perhitungan pompa. Sistem pemipaan yang dihitung adalah sistem pemipaan dari tangki air di dasar lantai menuju ke tangki air yang di atas gedung. Dalam menentukan jenis dan spesifikasi pompa yang akan digunakan pada gedung tersebut meliputi debit air yang dibutuhkan, menentukan kapasitas komponen-komponen yang akan digunakan seperti diameter pipa, kapasitas tangki air di lantai dasar dan di atap gedung dan head total pada sistem pemipaan. Berdasarkan hasil perhitungan, debit air yang dibutuhkan $0,0296874 \text{ m}^3/\text{min}$ dan head total yang terjadi sebesar $15,9438 \text{ m}$. Maka spesifikasi pompa yang diperlukan adalah $40 \times 32A_2 - 50,75$. Spesifikasi pompa tersebut tidak jauh berbeda dengan yang sudah diterapkan di lapangan. Pompa tersebut tidak mengalami kavitasi karena $NPSHa (14,119 \text{ m}) > NPSHr (0,478314 \text{ m})$.

Kata kunci: sistem pemipaan, pompa sentrifugal, aliran fluida, head pompa, spesifikasi pompa

1. PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu sumber kehidupan makhluk hidup di Dunia ini. Sifat alami aliran air adalah mengalir dari tempat tinggi ke tempat rendah. Untuk mengoptimalkan aliran air agar memenuhi kebutuhan yang diinginkan, maka diperlukan sistem pemipaan dan pompa yang sesuai dan efisien dalam men-suplai air tersebut. Berdasarkan kenyataan di lapangan, dimana tidak terdapat data-data sekunder yang bisa mendukung proses maintenance, juga untuk mengetahui sejauh mana kenyataan efisiensi sistem pemompaan yang terpasang, serta kebutuhan air bersih yang diperlukan oleh Gedung kantin berlantai 3 di PT Astra Daihatsu Motor. Sistem yang akan dianalisa melingkupi reservoir (*Ground tank*), sistem pemipaannya sampai ke tangki penampungan air yang berada di atap.

1.1 Sistem Pemipaan

Sistem pemipaan adalah suatu sistem jaringan pipa yang terpasang pada suatu rangkaian yang mempunyai fungsi untuk menyalurkan fluida. Komponen dalam sistem pemipaan meliputi pipa, *flange*, *fitting*, pembautan, *gasket*, *valve*, dan bagian-bagian dari komponen pemipaan lainnya. Ini juga termasuk gantungan pipa dan suport dan item lainnya yang diperlukan untuk mencegah tekanan dan tegangan berlebih dari komponen-komponen yang bertekanan. Berikut komponen sistem pemipaan:

a) Pipa

Pipa yaitu didefinisikan sebagai lingkaran panjang dari, logam, metal, kayu dan seterusnya, yang berfungsi untuk mengalirkan fluida (air, gas, minyak dan cairan lain) dari suatu tempat ke tempat lain sesuai dengan kebutuhan yang dikehendaki.

b) Nominal Pipe Size (NPS)

Nominal Pipe Size (NPS) adalah penanda ukuran pipa berdimensi. Hal ini menunjukkan standar ukuran pipa bila diikuti dengan jumlah penunjukan ukuran tertentu tanpa simbol inch. *Diameter Nominal* (DN) juga merupakan penanda ukuran pipa berdimensi dalam satuan metric.

Tabel 1. *Pipe size designators: NPS and DN*

NPS Designator	DN Designator	Outside Diameter		Inside Diameter		Wall Thickness		Nominal Weight (Mass) per unit Length			
		(Inches)	(mm)	(Inches)	(mm)	(Inches)	(mm)	Plain End (lb/ft)	Plain End (kg/m)	Threads & Couplings (lb/ft)	Threads & Couplings (kg/m)
1/8	6	0.405	10.3	0.269	6.8	0.068	1.73	0.24	0.37	0.25	0.37
1/4	8	0.540	13.7	0.364	9.2	0.088	2.24	0.43	0.63	0.43	0.63
3/8	10	0.675	17.1	0.493	12.5	0.091	2.31	0.57	0.84	0.57	0.84
1/2	15	0.840	21.3	0.622	15.8	0.109	2.77	0.85	1.27	0.86	1.27
3/4	20	1.050	26.7	0.824	20.9	0.113	2.87	1.13	1.69	1.14	1.69
1	25	1.315	33.4	1.049	26.6	0.133	3.38	1.68	2.50	1.69	2.50
1-1/4	32	1.660	42.2	1.380	35.1	0.140	3.56	2.27	3.39	2.28	3.40
1-1/2	40	1.900	48.3	1.610	40.9	0.145	3.68	2.72	4.05	2.74	4.04
2	50	2.375	60.3	2.067	52.5	0.154	3.91	3.66	5.44	3.68	5.46
2-1/2	65	2.875	73.0	2.469	62.7	0.203	5.16	5.80	8.63	5.85	8.67
3	80	3.500	88.9	3.068	77.9	0.216	5.49	7.58	11.29	7.68	11.35
3-1/2	90	4.000	101.6	3.548	90.1	0.226	5.74	9.12	13.57	9.27	13.71
4	100	4.500	114.3	4.026	102.3	0.237	6.02	10.80	16.07	10.92	16.23
5	125	5.563	141.3	5.047	128.2	0.258	6.55	14.63	21.77	14.90	22.07
6	150	6.625	168.3	6.065	154.1	0.280	7.11	18.99	28.26	19.34	28.58
8	200	8.625	219.1	7.981	202.7	0.322	8.18	28.58	42.55	29.35	43.73
10	250	10.750	273.0	10.020	254.5	0.365	9.27	40.52	60.29	41.49	63.36
Standard Pipe											
12"	300	12.750	323.8	12.000	304.8	0.375	9.52	49.61	73.78	51.28	76.21

Note! NPS 12 dimensions are for standard wall pipe, not schedule 40.

c) Flange

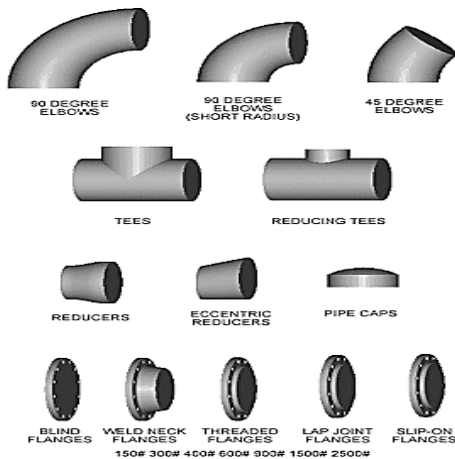
Flange adalah sebuah mekanisme, yang menyambungkan antar element pemipaan. Fungsinya *flange*, agar element tersebut lebih mudah di bongkar pasang tanpa mengurangi kegunaan untuk mengalirkan fluida pada *pressure* yang tinggi.

d) Valve

Katup atau *valve*, adalah sebuah alat untuk mengatur aliran suatu fluida dengan menutup, membuka atau menghambat laju aliran fluida, contoh katup adalah keran air.

e) Fitting

Fitting adalah salah satu komponen pemipaan yang memiliki fungsi untuk merubah, menyebarkan, membesar atau mengecilkan aliran. *Fitting* merupakan salah satu pemain utama dalam pemipaan. *Fitting* bukanlah Nama untuk individu, melainkan Nama yang digunakan untuk pengelompokan. Adapun Jenis *Fitting* antara lain: *Elbow, Cross* (Silang), *Reducer, Tee, Cap* (Penutup), *Elbowlet*.



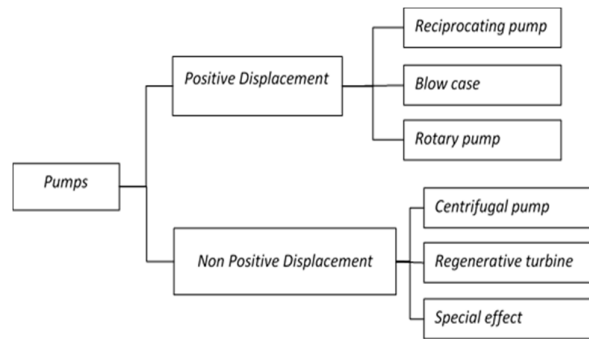
Gambar 1. *Fitting*

1.2 Pompa

Pompa adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan suatu cairan dari suatu tempat ke tempat lain dengan cara mengalirkan fluida. Kenaikan tekanan cairan tersebut dibutuhkan untuk mengatasi hambatan-hambatan selama pengaliran. Satu sumber umum mengenai *terminology*, definisi, hukum dan standar pompa adalah *Hydraulic Institute Standards* dan telah disetujui oleh *American National Standards Institute* (ANSI) sebagai standar internasional.

1.3 Klasifikasi Pompa

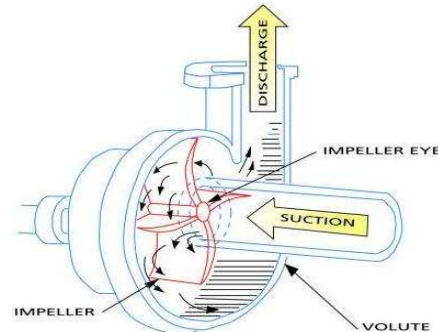
Klasifikasi pompa berdasarkan tipe didefinisikan oleh *Hydraulic Institute*.



Gambar 2. Klasifikasi Pompa

1.4 Pompa Sentrifugal (Centrifugal Pump)

Pompa Sentrifugal merupakan pompa *non positive displacement* yang menggunakan gaya sentrifugal untuk menghasilkan head untuk memindahkan zat cair.



Gambar 3. Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal memiliki konstruksi yang membuat aliran fluida yang keluar dari impeller akan melalui sebuah bidang tegak lurus poros pompa.

1.5 Sifat Aliran Fluida Pada Pipa

• **Aliran Laminer**

Aliran fluida jenis ini akan terjadi apabila kecepatan fluida yang mengalir melalui pipa rendah, maka gerakan alirannya akan konstan (*steady*) baik besarnya maupun arahnya pada sembarang titik. Aliran laminer dapat diketahui dari perhitungan *Reynold Number*.

$$R_e = \frac{\rho.V.D}{\mu}$$

dimana:

ρ = Density fluida ($\frac{kg}{m^3}$)

V = Kecepatan aliran fluida ($\frac{m}{s}$)

D = Diameter dalam pipa (m)

μ = Viskositas dinamik ($\frac{kg}{m.s}$)

ν = Viskositas kinematik ($\frac{m^2}{s}$)

Tabel 2. Sifat-sifat Fisik Air

Physical properties for water			
T [°C]	P_{vapor} [10 ⁵ Pa]	ρ [kg/m ³]	ν [10 ⁻⁶ m ² /s]
0	0.00611	1000.0	1.792
4	0.00813	1000.0	1.568
10	0.01227	999.7	1.307
20	0.02337	998.2	1.004
25	0.03166	997.1	0.893
30	0.04241	995.7	0.801
40	0.07375	992.3	0.658
50	0.12335	988.1	0.554
60	0.19920	983.2	0.475
70	0.31162	977.8	0.413
80	0.47360	971.7	0.365
90	0.70109	965.2	0.326
100	1.01325	958.2	0.294
110	1.43266	950.8	0.268
120	1.98543	943.0	0.246
130	2.70132	934.7	0.228
140	3.61379	926.0	0.212
150	4.75997	916.9	0.199
160	6.18065	907.4	0.188

- **Aliran Turbulen**

Aliran ini terjadi apabila kecepatan fluida tinggi, aliran tidak lagi steady namun bervariasi baik besar maupun arahnya pada sembarang titik. Aliran akan bersifat turbulen jika hasil perhitungan *Reynold Number* (R_e) diatas 4000 ($Re > 4000$, aliran turbulen).

- **Head Instalasi**

Head pompa adalah energi per satuan berat fluida yang diberikan oleh pompa sehingga fluida tersebut dapat mengalir dari suction ke discharge. Head pompa disini meliputi:

- Head Statis. Head Statis Meliputi :

- *Pressure Head*: Merupakan energi yang terdapat pada fluida akibat perbedaan tekanan antara suction reservoir dengan discharge reservoir.
- *Elevation Head*: Merupakan head yang disebabkan oleh adanya perbedaan ketinggian dari permukaan fluida di suction reservoir dengan permukaan fluida di discharge reservoir dengan sumbu pompa sebagai acuannya. Ada dua macam instalasi pada pipa suction, yaitu: *Suction Head*. Suatu instalasi pipa suction dimana permukaan fluida terletak diatas sumbu pompa. Bersamanya *elevation head* adalah:

$$H_a = H_d - H_s$$

dimana:

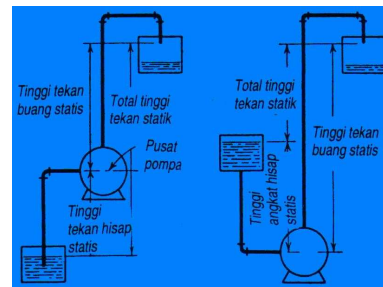
H_d = Head discharge (m)

H_s = Head suction (m)

- *Suction Lift*

Suatu instalasi pipa suction dimana permukaan fluida terletak dibawah sumbu pompa. Besarnya *elevation head* adalah:

$$H_a = H_d + H_s$$



(a) *Suction Lift* (b) *Suction Head*
Gambar 4. Instalasi Pada Pipa Suction

- **Head Dinamis**

Head dynamis merupakan head pompa yang terdiri dari:

- *Velocity Head*

Merupakan head yang disebabkan oleh adanya perbedaan kecepatan fluida di suction reservoir dengan di discharge reservoir.

- *Head Loss*

Head Loss adalah satu kerugian aliran yang terjadi sepanjang saluran pipa, baik itu pipa lurus, belokan, saringan, katup dan sebagainya. *Head Loss* dapat digolongkan menjadi dua, yaitu:

- i. *Head Loss Mayor*

Merupakan suatu kerugian aliran yang disebabkan oleh adanya gesekan antara fluida dengan dinding saluran pipa lurus. Besarnya *head loss mayor* dapat dihitung menggunakan persamaan *Darcy-Weysbah* sebagai berikut:

$$H_l = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

dimana:

f = koefisien kerugian gesek

L = Panjang pipa (m)

D = Diameter dalam pipa (m)

V = kecepatan aliran fluida ($\frac{m}{s}$)

g = Percepatan gravitasi ($\frac{m}{s^2}$)

Besarnya koefisien gesek (f) dapat diketahui dari jenis aliran yang terjadi. Untuk aliran laminer, besarnya koefisien gesek (f) dapat dihitung dengan persamaan:

$$f = \frac{64}{R_e}$$

Untuk aliran turbulen, besarnya koefisien gesek (f) dapat dihitung dengan persamaan *Darcy*. Rumus ini berlaku atas dasar kerugian head untuk panjang pipa ratusan meter.

$$f = 0,020 + \frac{0,0005}{D}$$

Dimana:

D = diameter dalam pipa (m)
 dapat juga dicari melalui *Moody Diagram* dengan menarik garis harga R_e diplotkan harga Relative Roughness $\left(\frac{\epsilon}{D}\right)$.

ii. *Head Loss Minor*

Kerugian aliran yang disebabkan oleh adanya gesekan yang terjadi pada komponen tambahan (asesoris) seperti *elbow*, katup, *fitting* dan lain sebagainya sepanjang jalur perpipaan. Besarnya *head loss minor* tergantung dari koefisien tahanan (f) asesoris yang digunakan.

$$H = f \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

dimana:

- f = Koefisien kerugian gesek
- V = Kecepatan aliran fluida $\left(\frac{m}{s}\right)$
- g = Percepatan gravitasi $\left(\frac{m}{s^2}\right)$

- **Head Total Instalasi**

Merupakan pejumlahan dari head statis dengan head dinamis. Head ini menyatakan besarnya kerugian yang harus diatasi oleh pompa dari seluruh komponen-komponen yang ada. Head total instalasi dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$H_{tot} = h_a + \Delta h_p + h_t + \frac{V^2}{2g}$$

dimana:

- H_{tot} : Head total pompa (m)
- h_a : Head Statis total (m)
- Δh_p : Perbedaan tekanan yang bekerja pada kedua permukaan air (m)
- h_t : Berbagai kerugian head pipa, katup, belokan, sambungan, dll (m)
- $V^2/2g$: Head kecepatan keluar (m)
- g : Percepatan gravitasi $9,81(m/s^2)$

1.6 Kavitasasi

Kavitasasi adalah gejala menguapnya zat cair yang mengalir, karena tekanannya berkurang sampai dibawah tekanan uap jenuhnya sehingga akan timbul gelembung-gelembung uap zat cair. Jika pompa dijalankan terus-menerus dalam keadaan kavitasasi, akan menyebabkan kerusakan terhadap area impeler, sehingga pada akhirnya terjadi erosi. Turunnya performance, timbulnya suara

dan getaran, serta rusaknya pompa merupakan kerugian-kerugian dari timbulnya kavitasasi.

1.7 Net Positive Suction Head (NPSH)

Head isap positif net (NPSH) merupakan ukuran dari *head suction* terendah yang memungkinkan bagi cairan untuk tidak mengalami kavitasasi. Ada dua macam NPSH, yaitu:

a) *Net Positive Suction Head Available* (NPSH_A)
 NPSH_A dapat dirumuskan:

$$h_{sv} = \frac{P_a}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} - h_s - \sum H_{Ls}$$

dimana:

- h_{sv} = NPSH yang tersedia pada instalasi (m kolom air).
- $\frac{P_a}{\gamma}$ = Tekanan absolut diatas permukaan cairan pada suction reservoir (m kolom air).
- $\frac{P_v}{\gamma}$ = Tekanan uap cairan yang dipompa pada temperatur pemompaan (m kolom air).
- h_s = Head isap statis (m kolom air).
- $\sum H_{Ls}$ = Head loss pada pipa isap (m kolom air).

b) *Net Positive Suction Head Require* (NPSH_R)
 NPSH_R dapat dirumuskan:

$$H_{svn} = \sigma \times H_n$$

dimana :

- H_{svn} : NPSH yang dibutuhkan (m)
- σ : Koefisien kavitasasi
- H_n : Head total (m)

Agar pompa tidak mengalami kavitasasi NPSH_A harus lebih besar dari NPSH_R.

1.7 Kapasitas Aliran Air

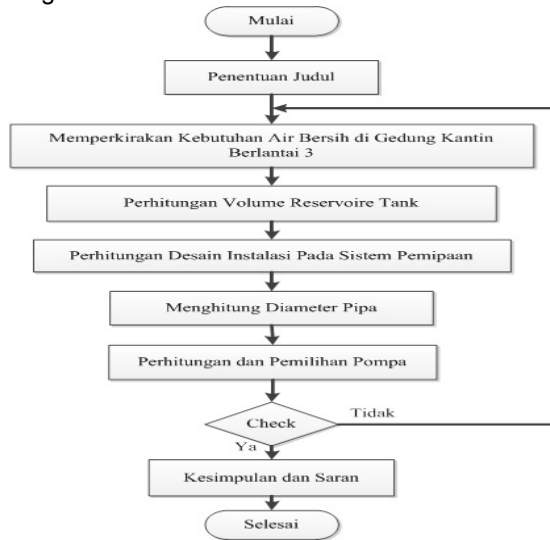
Jumlah air yang mengalir dalam satuan volume perwaktu. Besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik (m^3/s). Dalam penggunaan setiap hari, konsumsi standr perjam untuk perencanaan dapat dihitung dari konsumsi harianmaksimum perorang dibagi 24 (jam/hari) dan ditambah 50%. Harga tersebut diperlukan untuk menentukan distribusi air standar.

Tujuan dari Penelitian ini yaitu memilih spesifikasi pompa yang efisien untuk suplai air bersih pada gedung kantin berlantai 3 di PT Astra Daihatsu Motor.

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini mengetahui kapasitas pompa yang sesuai untuk gedung kantin berlantai 3 dan dapat merancang sistem pemipaan yang digunakan untuk gedung berlantai 3.

2. METODE PENELITIAN

Sistematika penelitian ini digambarkan dalam diagram alir berikut:



Gambar 5. Diagram alir

2.1 Teknik Pengumpulan Data

Teknik yang dilakukan untuk melakukan penelitian ini adalah:

a) Penelitian Kepustakaan (*Library Research*)
Mempelajari berbagai buku yang menjadi referensi khususnya dalam sistem pemipaan dan analisa pemilihan pompa, baik yang ada dalam perusahaan maupun mata kuliah sehingga diperoleh teori-teori pendukung yang digunakan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

b) Penelitian Lapangan (*Field Research*)
Kegiatan ini dimaksudkan untuk mengetahui kondisi sebenarnya perencanaan instalasi serta peralatan yang akan digunakan. Dengan didampingi pembimbing lapangan, diharapkan ada komunikasi dua arah yang dapat memberikan gambaran secara jelas dan terperinci dalam memperoleh data-data yang diperlukan untuk melakukan analisa perhitungan.

c) Diskusi

Metode ini dimaksudkan untuk mengarahkan dalam menyelesaikan laporan dan memberikan masukan dalam menentukan langkah-langkah untuk melakukan analisa. Metode ini dilakukan bersama pembimbing dan rekan-rekan penulis supaya mencapai hasil yang maksimal.

2.2 Tempat Pengambilan Data

Tempat yang dan waktu penelitian dilakukan pada:

- Tempat: PT Astra Daihatsu Motor, Gedung Kantin *Assembly Plant*.

- Waktu: September 2015–Desember 2016

2.3 Analisa Data

Analisa data yang dipakai menggunakan metode sebagai berikut:

- Perhitungan teoristis
- Perhitungan teoristis dibandingkan dengan actual di lapangan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan Kapasitas Aliran Air

Berdasarkan acuan dari hasil pengkajian Puslitbang Permukiman Dep. Kimpraswil tahun 2010 dan Permen Kesehatan RI No.: 986/Menkes/Per/XI/1992, maka cara perhitungan total kapasitas aliran dapat dihitung berdasarkan standar tabel kebutuhan air per orang per hari:

Tabel 3. Kebutuhan Air Per Orang Per Hari

No.	Penggunaan gedung	Pemakaian air	Satuan
1	Rumah tinggal	120	Liter/penghuni/hari
2	Rumah susun	100 ¹⁾	Liter/penghuni/hari
3	Asrama	120	Liter/penghuni/hari
4	Rumah Sakit	500 ²⁾	Liter/tempat tidur pasien /hari
5	Sekolah Dasar	40	Liter/siswa/hari
6	SLTP	50	Liter/siswa/hari
7	SMU/SMK dan lebih tinggi	80	Liter/siswa/hari
8	Ruko/Rukan	100	Liter/penghuni dan pegawai/hari
9	Kantor / Pabrik	50	Liter/pegawai/hari
10	Toserba, toko pengecer	5	Liter/m ²
11	Restoran	15	Liter/kursi
12	Hotel berbintang	250	Liter/tempat tidur /hari
13	Hotel Melati/ Penginapan	150	Liter/tempat tidur /hari
14	Gd. pertunjukan, Bioskop	10	Liter/kursi
15	Gd. Serba Guna	25	Liter/kursi
16	Stasiun, terminal	3	Liter/penumpang tiba dan pergi
17	Peribadatan	5	Liter/orang, (belum dengan air wudhu)

Perencanaan sistem pemipaan ini ditujukan pada gedung Restoran dengan jumlah kursi orang. Sesuai dengan buku acuan dari Sularso maka untuk perhitungan kebutuhan air per jam harus dibagi 24 dan kemudian ditambah 50%, sehingga didapat debit air sebagai berikut:

$$Q = \frac{1900 \text{ (orang)} \times 15 \left(\frac{\text{ltr}}{\text{kursi/hari}} \right)}{24} \times 1,5$$

$$= 1.781,25 \text{ (ltr/jam)}$$

$$= 0,00049479 \text{ (m}^3\text{/s)}$$

3.2 Perhitungan Reservoir

Perhitungan reservoir bawah menggunakan perencanaan agar mampu menyediakan kebutuhan air dalam 1 (satu) hari dan ditambahkan faktor safety 0.25, sehingga didapat:

$$a) \text{ Volume Reservoir Bawah}$$

$$V_b = Q \times 24 \text{ jam} \times 1,25$$

$$= 0,00049479 \frac{\text{m}^3}{\text{sec}} \times 3600 \text{ sec} \times 24 \times 1,25$$

$$= 53,4373 \text{ m}^3$$

Desain reservoir bawah yang sudah dibuat untuk gedung tersebut terdiri dari 3 buah Reservoir total kapasitasnya 350 m³ sehingga reservoir bawah ini mencukupi untuk kebutuhan air bersih.

Sedangkan untuk volume reservoir yang ada di atap gedung beban puncak yang terjadi selama 60 menit, sehingga tangki atap harus mampu menyediakan air selama 60 menit :

b) Volume Reservoir Atas

$$V_a = Q \times 1 \text{ jam}$$

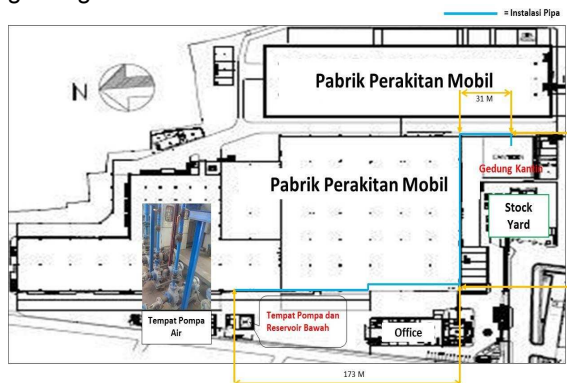
$$= 0,00049479 \frac{m^3}{sec} \times 3600 \text{ sec}$$

$$= 1,7810 \text{ m}^3 = 1781 \text{ ltr}$$

Menyesuaikan ukuran tangki yang ada dipasaran maka dipilih tangki dengan kapasitas 2000 ltr dan diberikan cadangan 2 buah tangki lagi. Reservoir atas mencukupi untuk sistem tersebut.

3.3 Perhitungan Desain Instalasi Sistem Pemipaan

Desain instalasi pipa ini adalah desain sistem pemipaan dari tempat penampungan air di lantai dasar menuju ketempat reservoir yang ada di atap gedung.

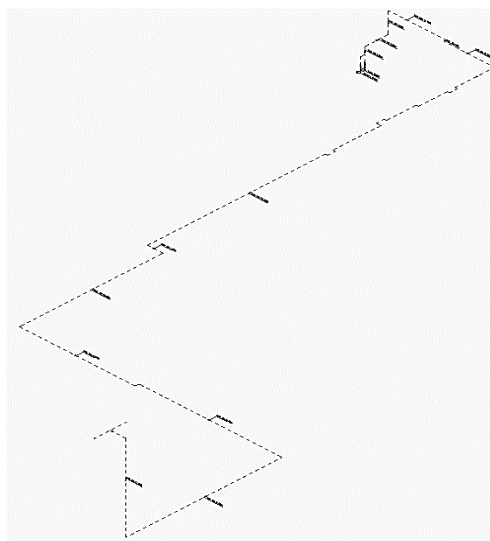


Gambar 6. Lay Out Sistem Pemipaan
Ukuran pipa yang terpasang di sistem pemipaan.

Tabel 4. Total Panjang Pipa

NO.	PANJANG PIPA (m)	UKURAN (Ø) inch
1	1	1 1/2
2	1,5	1 1/2
3	1	1 1/2
4	1	1 1/2
5	1	3
6	3	1 1/2
7	2	1 1/2
8	11	1 1/2
9	0,5	1 1/2
10	10,5	1 1/2
11	12,5	1 1/2
12	6	1 1/2
13	18,5	1 1/2
14	12,5	1 1/2
15	0,3	1 1/2
16	16	1 1/2

17	6	1 1/2
18	12	1 1/2
19	8	1 1/2
20	12,5	1 1/2
21	0,2	1 1/2
22	1	1 1/2
23	0,2	1 1/2
24	18	1 1/2
25	12	1 1/2
26	6,5	1 1/2
27	12,5	1 1/2
28	0,3	1 1/2
29	12,5	1 1/2
30	4	1 1/2
31	12,5	1 1/2
32	16	1 1/2
33	0,2	1 1/2
34	12	1 1/2
35	12	1 1/2
36	12	1 1/2
37	0,3	1 1/2
38	12,5	1 1/2
39	12,5	1 1/2
40	12,5	1 1/2
41	12	1 1/2
42	0,2	1 1/2
43	6	1 1/2
44	8	1 1/2
45	3	1 1/2
	335,7	



Gambar 7. Rancangan Sistem Pemipaan
Gedung Kantin Berlantai 3

3.4 Perencanaan dan Perhitungan Diameter Pipa Air

Perencanaan diameter pipa ini, untuk kecepatan aliran V, asumsi kecepatan aliran V = 1.0 m/s, sehingga didapat Diameter pipa sebagai berikut:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}}$$

dimana:

D = Diameter dalam pipa (m)

Q = Kapasitas aliran (m³/s)

V = Kecepatan aliran (m/s)

Sehingga:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0,00049479 \frac{m^3}{sec}}{3,14 \times 1,0 \frac{m}{sec}}} = 0,0251059 \text{ m}$$

$$= 0,99 \text{ inch}$$

Dengan menyesuaikan pipa yang terpasang, maka *diameter nominal* (DN) pipa yang digunakan = 1 ½ inch dan ukuran nominal pipa (NPS) = 40 dengan *inside diameter* (ID) = 40,9 mm = 0,0409 m (*Standard Pipe Schedule 40 ASTM A53*). Maka kecepatan aliran dalam pipa sebenarnya adalah:

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4 \times 0,00049479}{\pi \times 0,0409^2} = 0,377 \frac{m}{sec}$$

Tabel 5. Perhitungan Head Loss Pipa Hisap (*Suction Pipe*)

NO	HEAD LOSS	PANJANG (m) / JUMLAH (pcs)	Rumus	f (Koefisien Gesek)	Hf	Hf Total
					(m)	(m)
Pipa Hisap (Suction Pipe)						
1	Gesekan pada Pipa (Ø 1 1/2 inch)	3 m	$H_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$	$f = 0,020 + \frac{0,0005}{0,0409} = 0,0322$ <i>Re 17266,85 > 4000, maka aliran bersifat turbulen.</i>	0.005703	0.017109
2	Gate Valve	1 pcs	$H_f = f \frac{V^2}{2g}$	$f = 0,19$ (dari ASHRAE Handbook (2001, p. 35.1))	0.00138	0.00138
3	Katup hisap dengan saringan	1 pcs	$H_f = f \frac{(V1)^2}{2g}$	$f = 2.04$ (dari buku Sularso Pompa & Kompresor hal.39)	0.01478	0.01478
4	Belokan pipa (Elbow 90°)	3 pcs	$H_f = f \frac{V^2}{2g}$	$f = 0,15$ (dari buku Sularso Pompa & Kompresor hal.34)	0.00109	0.003261
Total						0.03653

Tabel 6. Perhitungan Head Loss Pipa Buang (*Discharge Pipe*)

Pipa Buang (Discharge Pipe)						
NO	HEAD LOSS	PANJANG (m) / JUMLAH (pcs)	Rumus	f (Koefisien Gesek)	Hf	Hf Total
					(m)	(m)
1	Gate Valve	1 pcs	$H_f = f \frac{V^2}{2g}$	$f = 0,19$ (dari ASHRAE Handbook (2001, p. 35.1))	0,00206	0.00206
2	Gesekan pada Pipa (Ø 1 1/2 inch)	334,7 m	$H_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$	$f = 0,020 + \frac{0,0005}{0,0409} = 0,0322$ <i>Aliran bersifat turbulen.</i>	0.0057	1.9088
3	Gesekan pada Pipa (Ø 3 inch)	1 m			0.0002	0.0161
4	Pembesaran Pipa (Ø 1 1/2 - 3 inch)	1 pcs	$H_f = f \frac{(V1 - V2)^2}{2g}$	$f = 1$ (dari buku Sularso Pompa & Kompresor hal.36)	0.0038	0.0038
5	Pengecilan Pipa (Ø 3 - 1 1/2 inch)	1 pcs	$H_f = f \frac{(V1)^2}{2g}$	$D1/D2 = 0,5$, maka $f = 0,29$ (dari buku Sularso Pompa & Kompresor hal.36)	0.0021	0.0021
6	Belokan pipa (Elbow 90°)	28 pcs	$H_f = f \frac{V^2}{2g}$	$f = 0,15$ (dari buku Sularso Pompa & Kompresor hal.34)	0.00109	0.03044
7	Percabangan Tee (Pipa 1-2)	1 pcs	$H_{f1-2} = f_1 \frac{V_1^2}{2g}$	Karena $Q2/Q3 = 1,0$ maka $f1$ dan $f2 = 1,29$ (dari buku Sularso Pompa & Kompresor hal.38)	0.00934	0.009344
8	Percabangan Tee (Pipa 1-3)	1 pcs	$H_{f1-3} = f_2 \frac{V_1^2}{2g}$		0.00934	0.009344
9	Check Valve	1 pcs	$H_f = f \frac{V^2}{2g}$	$f = 2,5$ (dari ASHRAE Handbook (2001, p. 35.1))	0,0181	0,0181
Total						2.00001
Total Head Loss (HI)						2.03654

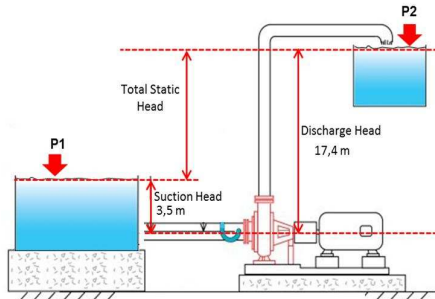
3.5 Perhitungan dan Pemilihan Pompa

a) Head Total

Untuk menghitung head total pompa digunakan rumus sebagai berikut:

$$H_{tot} = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{v^2}{2g}$$

b) Head Statis Total (Suction Head)



Gambar 8. Head Total Pompa

$$h_a = h_d + h_s = 17,4 + (-3,5) = 13,9 \text{ m}$$

$\Delta h_p = 0$ (Reservoir bawah dan Reservoir atas tekanan air-nya sama)

c) Head Loss

Pada sistem pemipaan di Gedung Kantin berlantai 3 Head Loss yang diukur sebagai berikut:

1. Head Kerugian Dalam Pipa
2. Head Kerugian Pembesaran & Pengecilan Pipa
3. Head Kerugian Pada Belokan
4. Head Kerugian Pada Percabangan Tee Head Kerugian Pada Valve (Gate, Check)
5. Head Kerugian Pada Strainer

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan maka Head Total yang terjadi:

$$H_{tot} = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{v^2}{2g}$$

$$H_{tot} = 13,9 + 0 + 2,036539 + \frac{0,377^2}{2 \times 9,81} = 15,9438 \text{ m}$$

d) Pemilihan Pompa

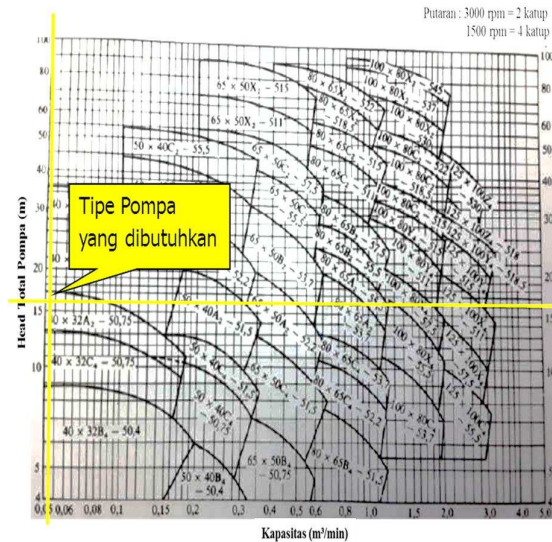
diketahui:

$$Q = 0,00049479 \text{ m}^3/\text{s} = 0,0296874 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$H_{tot} = 15,9438 \text{ m}$$

Berdasarkan Diagram Pemilihan Pompa Standard maka didapat Pompa dengan spesifikasi seperti ditunjukkan pada Gambar 9. Pompa yang dipilih adalah: 40 x 32A₂ - 5 0,75. Arti dari kode tersebut adalah:

- 40 = Diameter isap (40 mm)
- 32 = Diameter buang (32 mm)
- A = Type rumah
- Jumlah katub = 2, katubnya 2 dan 3000rpm
- 5 = Frekuensi (50 Hz)
- Daya motor = 0,75 kW (= 1,0058 HP)



Gambar 9. Diagram Pemilihan Pompa Standard (Buku Solarso Pompa & Kompresor hal.52)

Pompa yang terpasang pada sistem pemipaan gedung tersebut adalah Pompa Sentrifugal:

- Merk: EBARA
- Kapasitas: 100 Ltr/min
- Power: 3HP / 50Hz / 3Phase / 2870Rpm / 380 V
- Head: 30 m

Jumlah pompa yang terpasang pada sistem total ada 2 unit (1 pompa utama, dan yang 1 pompa cadangan).

e) Perhitungan NPSH

NPSH dihitung untuk mengetahui kinerja pompa untuk problem kavitasi. Syarat kerja Pompa tidak mengalami kavitasi adalah **NPSH yang tersedia > NPSH yang diperlukan.**

H_{sv} (NPSH yang tersedia)

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

dimana:

- H_{sv} : NPSH yang tersedia (m)
- P_a : Tekanan pada permukaan cairan (1 atm = 10332,274 kgf/m²)
- P_v : Tekanan uap jenuh (25°C = 322,85 kgf/m²)
- γ : Berat jenis air (1000 kgf/m³)
- h_s : Head isap statis (-3,5 m)
- h_{ls} : Kerugian head dalam pipa isap (0,03653 m)

$$H_{sv} = \frac{10332,275 \text{ kgf/m}^2}{1000 \text{ kgf/m}^3} + \frac{322,85 \text{ kgf/m}^2}{1000 \text{ kgf/m}^3} - (-3,5) \text{ m} - 0,03653 \text{ m} = 14,119 \text{ m}$$

H_{svn} (NPSH yang diperlukan)

$$H_{svn} = \sigma \times H_n$$

Q = Kapasitas 0,00049479 m³/s = 0,0296874 m³/min

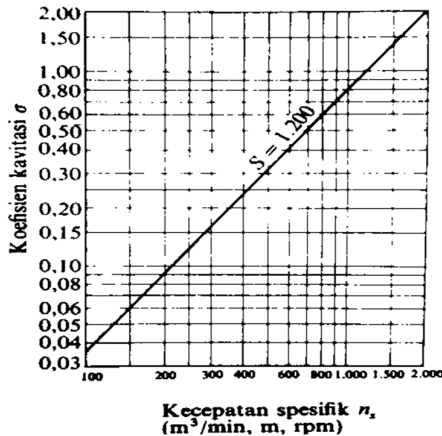
$$n_s = n \times \frac{Q^{0,5}}{Hn^{0,75}}$$

$$= 2870 \times \frac{0,0296874^{0,5}}{15,9438^{0,75}}$$

$$= 61,9064$$

Nilai besaran σ (koefisien kavitasi)

Karena $n_s = 61,97404 < 100$, maka $\sigma = 0,03$



Gambar 10. Grafik n_s & Koefisien Kavitasi (Sularso, hal.46)

$H_{svn} = 0,03 \times 15,9438 \text{ m} = 0,478314 \text{ m}$

$NPSHa (14,119 \text{ m}) > NPSHr (0,478314 \text{ m})$

Sehingga pompa tersebut dapat **bekerja tanpa mengalami kavitasi**.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dari sistem pemipaan air bersih yang ada di gedung kantin lantai 3 PT Astra Daihatsu Motor maka, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Untuk memenuhi kebutuhan air bersih pada gedung kantin lantai 3 yang berisi 1.900 pegawai, debit air yang dibutuhkan adalah 0,0296874 m³/min.
- Kebutuhan reservoir atas 1.781 ltr dan reservoir bawah 53.437,3 ltr, sedangkan reservoir atas yang tersedia 2 unit dengan ukuran masing – masing 2.000 ltr dan reservoir bawah ada 3 unit dengan total 350.000 ltr.
- Total head loss yang terjadi pada sistem pemipaan tersebut sebesar 2,0136539 m.
- Berdasarkan hasil perhitungan, spesifikasi pompa yang sesuai untuk sistem pemipaan pada gedung tersebut adalah 40 x 32 A₂ – 5 0,75. Yang berarti sebagai berikut:
 - Diameter isap = 40 mm
 - Diameter buang = 32 mm
 - Type rumah = A

- Jumlah katub = 2 (berarti katubnya 2 dan 3000 rpm)
 - Frekuensi = 50 Hz
 - Daya motor = 0,75kW (=1,0058 HP)
 - Pompa yang terpasang adalah Pompa centrifugal merk “EBARA” kapasitas 100 ltr/min, Power 3HP / 50 Hz / 2870 rpm / 380 V, dan Head sebesar 30 m.
- Head total hasil perhitungan sebesar 15,94 m. Sedangkan pompa yang terpasang berjumlah 2 unit. Sehingga pompa tersebut dapat memenuhi kebutuhan pada sistem.
 - NPSHa yang tersedia (14,119 m) > NPSHr yang dibutuhkan (0,47763 m) Sehingga pompa bekerja tanpa mengalami kavitasi.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil dari perhitungan sistem dan pompa yang sudah tersedia, penulis memberikan saran bahwa:

- Untuk pemeliharaan pompa pada gedung kantin berlantai 3, apabila terjadi kerusakan dan harus dilakukan penggantian, maka pompa dapat diganti menggunakan pompa tipe 40 x 32A₂ – 5 0,75.
- Dalam pemilihan pompa air bersih, harus memperhitungkan Debit air yang dibutuhkan, perencanaan sitem pemipaan, kerugian yang terjadi pada setiap komponen, sehingga dapat mengetahui head total pompa yang dibutuhkan.
- Dengan hasil laporan tugas akhir ini, diharapkan bisa menjadikan referensi untuk mendesign sistem pemipaan dan memilih pompa air bersih untuk gedung berlantai 3.

DAFTAR PUSTAKA

- Tahara, Haruo., dan Sularso. 2000. *Pompa dan Kompresor*. Jakarta: PT. Pradaya Paramita.
- Dietzel, Fritz. 1996. *Turbin Pompa dan Kompresor*. Aih Bahasa Dakso Sriyono. Jakarta: Erlangga.
- Hertanto, Teguh Puji Ir. 2013. *Sistem Pemipaan*. Jakarta: Universitas Mercubuana Fakultas Teknik.
- Sirawan, Yudi. 2008. *Sistem Pemipaan*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Selecting Centrifugal Pump*. 2005. Frankenthal, Germany: KSB Aktiengesellschaft.
- Kusuma, Yuriadi Ir. 2014. *Perancangan Sistem Plumbing*, Jakarta: Universitas Mercu Buana.
- SNI 03-7065-2005 *Tata Cara Perencanaan Sistem Plumbing*
- ASTM A53 Grade A and B Standard Pipe Schedule 40.