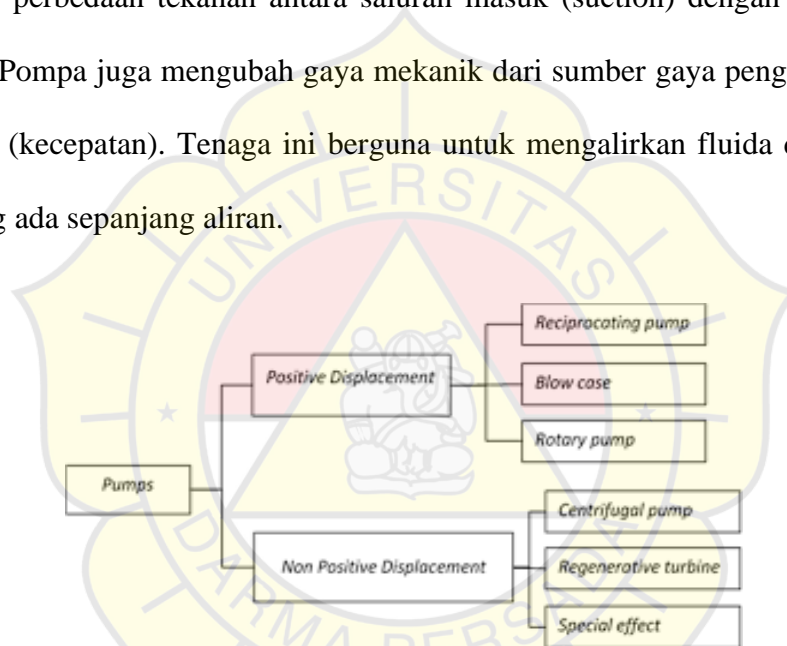


BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Pompa

Pompa adalah salah satu jenis motor fluida yang berfungsi untuk memindahkan cairan dari satu tempat ke tempat lain sesuai keinginan. Pompa bekerja dengan menciptakan perbedaan tekanan antara saluran masuk (suction) dengan bagian keluar (discharge). Pompa juga mengubah gaya mekanik dari sumber gaya penggerak menjadi gaya kinetik (kecepatan). Tenaga ini berguna untuk mengalirkan fluida dan mengatasi kendala yang ada sepanjang aliran.



Gambar 2.1 Diagram jenis – jenis pompa

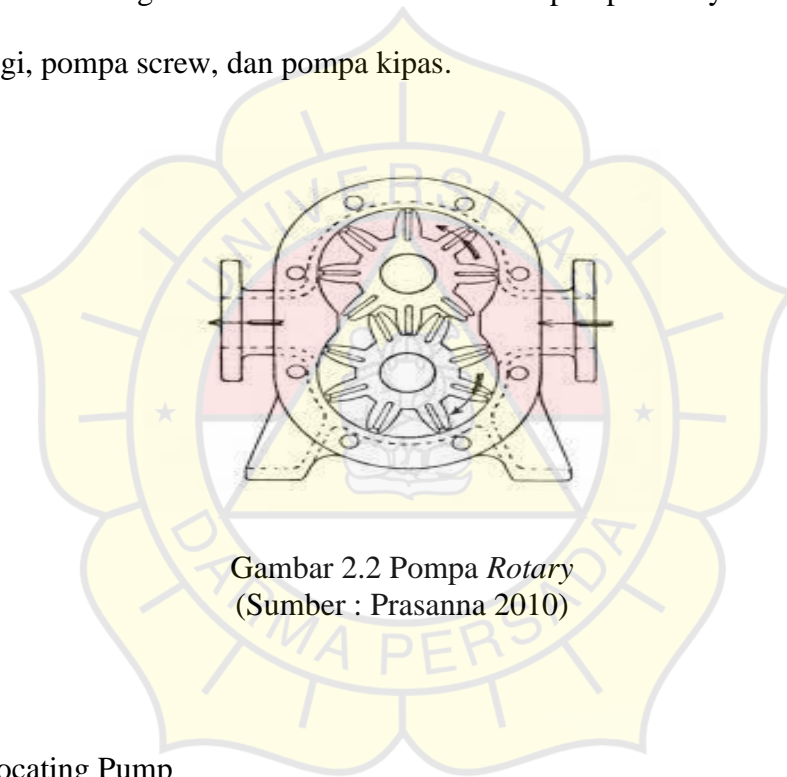
2.1.1 Pompa perpindahan positif (Positive Displacement Pump)

Pompa perpindahan positif bekerja dengan gaya tertentu untuk volume cairan tetap dari sisi masuk ke sisi outlet pompa. Manfaat Menggunakan jenis pompa ini menciptakan power density (gaya persatuan berat) yang lebih berat dan memberikan perpindahan fluida yang konstan atau stabil dengan setiap putaran. Pompa perpindahan positif lebih beragam dari pada pompa dinamis. Secara umum pompa

positive displacement terbagi menjadi dua bagian yaitu pompa jenis rotary dan jenis reciprocating.

1. Rotary Pump

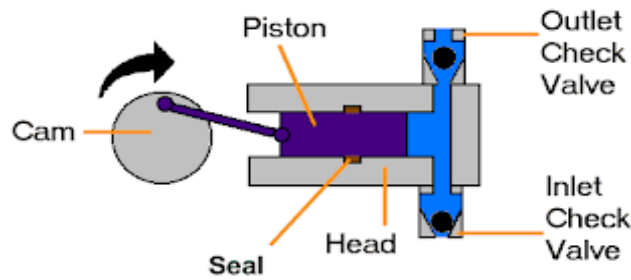
Pompa rotary ini memindahkan fluida kerja dengan mekanisme putar dengan menimbulkan efek vakum sehingga dapat menyedot fluida kerja dari sisi inlet dan memindahkannya ke sisi outlet. Dengan memerangkap udara di rotary, pompa ini secara alami mengeluarkan udara tersebut. Jenis pompa rotary antara lain pompa roda gigi, pompa screw, dan pompa kipas.



Gambar 2.2 Pompa *Rotary*
(Sumber : Prasanna 2010)

2. Reciprocating Pump

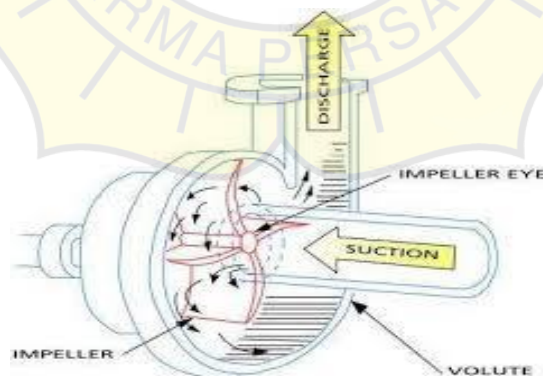
Pompa ini menggunakan piston yang bergerak maju mundur sebagai komponen kerja dan mengarahkan aliran dari fluida kerja hanya satu cara dengan check valve. Pompa reciprocating ini memiliki rongga kerja yang mengembang saat menghisap cairan dan mendorong dengan cara mempersempit rongga kerja. Check valve digunakan untuk mengatur arah aliran cairan agar terjadi aksi pemompaan yang seimbang.



Gambar 2.3 pompa *reciprocating*
(Sumber : Triantoro, 2015)

2.1.2 Pompa Dinamik

Pompa dinamik terbagi menjadi beberapa jenis yaitu pompa sentrifugal, pompa aksial, dan pompa spesial efek atau pompa pengaruh khusus. Pompa ini bekerja dengan menghasilkan kecepatan fluida tinggi dan mengubah kecepatan menjadi tekanan dengan adanya perbedaan ukuran penampang aliran fluida. Pompa jenis ini juga biasanya kurang efisien dibandingkan dengan jenis perpindahan positif tetapi perawatannya tidak mahal. Pompa dinamik juga dapat dioperasikan dengan kecepatan tinggi dan laju aliran tinggi. Berikut adalah jenis-jenis pompa dinamis.



Gambar 2.4 Pompa Dinamik
(Sumber : hariyono, 2014)

1. Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal terdiri dari impeler dan saluran masuk di tengahnya. Dengan konstruksi ini, saat impeler berputar, cairan mengalir ke casing sekitar impeler akibat

gaya sentrifugal. Rumah ini mengurangi laju aliran fluida sementara kecepatan impeler tetap tinggi. Kecepatan fluida diubah menjadi tekanan oleh casing sehingga fluida dapat mencapai titik outlet nya.



Gambar 2.5 Pompa Sentrifugal
(Sumber : Hutabarat, 2019)

2. Pompa Pengaruh Khusus/ Special Effect Pump

Pompa ini banyak digunakan untuk keperluan industri. Pompa yang termasuk dalam special effect pump adalah jet (ejector), gas lift, hydraulic cylinder dan electromagnet. Pompa jet digunakan untuk mengubah energi tekanan dari fluida menjadi energi gerak untuk menciptakan area bertekanan rendah yang dapat menyedot sisi hisap. Gas lift pump merupakan suatu cara mengangkat cairan ke dalam kolom dengan menginjeksikan gas tertentu, yang menyebabkan berat hidrostatis dari cairan tersebut turun sehingga dapat mengangkat fluida ke permukaan. Pompa elektromagnetik adalah pompa yang menggerakkan fluida dengan menggunakan gaya elektromagnetik.

2.1.3 Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal

Prinsip pengoperasian pompa ini adalah fluida masuk ke nozel di inlet menuju pusat impeler yang berputar. Saat berputar, impeler memutar cairan yang ada dan mendorongnya keluar di antara dua sirip, yang menciptakan percepatan sentrifugal.

Saat cairan meninggalkan pusat impeler, ia menciptakan area bertekanan rendah sehingga cairan di belakangnya mengalir ke saluran masuk.

Gaya ini terjadi di pompa, seperti halnya air di ember yang dipelintir di ujung tali. Intinya adalah energi yang diciptakan oleh gaya sentrifugal adalah energi kinetik. Jumlah energi yang ditambahkan ke cairan sebanding dengan kecepatan di cakram luar impeler. Semakin cepat impeler berputar, semakin banyak energi yang ditambahkan ke cairan. Energi kinetik cairan yang keluar dari impeler diperoleh dengan membangkitkan gaya terhadap aliran. Hambatan pertama dibuat oleh rumah pompa (spiral) yang menyerap cairan dan memperlambatnya. Cairan diperlambat di nosel pembuangan dan kecepatannya diubah menjadi tekanan sesuai dengan prinsip Bernoulli.

2.1.4 Kelebihan Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal juga menawarkan keuntungan antara lain:

1. Aliran halus di pompa.
2. Tekanan merata di outlet pompa.
3. Biaya rendah.
4. Dapat menangani fluida dalam jumlah besar.
5. Dapat bekerja dengan kecepatan tinggi dalam aplikasi kemudian dapat dihubungkan langsung ke turbin uap dan motor listrik.

Kapasitas Pompa

Kapasitas rendah : $< 20 \text{ m}^3/\text{s}$

Kapasitas menengah : $20 - 60 \text{ m}^3/\text{s}$

Kapasitas tinggi : $> 60 \text{ m}^3/\text{s}$

Tekanan discharge

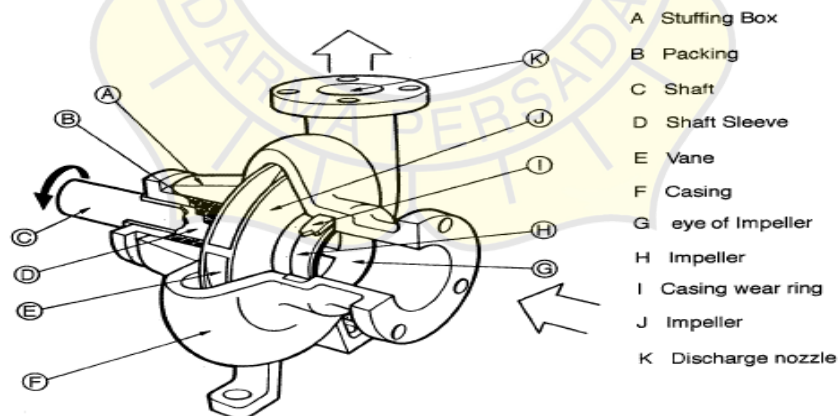
Tekanan rendah : $< 5 \text{ kg/cm}^2$

Tekanan sedang : $5 - 50 \text{ kg/cm}^2$

Tekanan tinggi : $> 50 \text{ kg/cm}^2$

2.1.5 Komponen Pompa Sentrifugal

Secara umum bagian – bagian pompa sentrifugal dari gambar di bawah ini.



Gambar 2.7 Komponen Pompa Sentrifugal
(Sumber : Pramono, 2015)

A. Stuffing box : Mencegah terjadinya kebocoran pada daerah poros pompa menembus casing.

- B. Packing : Mencegah dan mengurangi terjadinya kebocoran yang terbuat dari asbes dan teflon.
- C. Shaft (Poros) : Meneruskan momen punter dari penggerak dan tempat kedudukan impeller dan komponen berputar lainnya.
- D. Shaft sleeve : Melindungi poros dari erosi, korosi dan keausan pada stuffing box. Pada pompa multi stage dapat sebagai leakage joint, internal bearing, dan interstage atau distance sleeve.
- E. Vane : Sudut dari impeller sebagai berlalunya cairan pada impeller.
- F. Casing : Sebagai pelindung elemen berputar. Tempat kedudukan diffuser, inlet, dan outlet nozel serta tempat memberikan arah aliran dari impeller dan menkonversikan energi kecepatan cairan menjadi energi dinamis (single stage).
- G. Eye of impeller : Bagian sisi masuk pada arah isap impeller.
- H. Impeller : Mengubah energi mekanis dari pompa menjadi energi kecepatan pada cairan yang di pompakan secara berkelanjutan.
- I. Casung wearing ring : Berfungsi untuk memperkecil kebocoran cairan melewati bagian depan impeller maupun belakang impeller.
- J. Impeler : Berfungsi untuk mengubah energi mekanis dari pompa menjadi energi kecepatan pada cairan/fluida yang dipompa secara kontinu, sehingga cairan pada sisi isap secara terus menerus akan mengisi kekosongan akibat perpindahan dari cairan fluida yang masuk sebelumnya.
- K. Discharge Nozzle : Berfungsi sebagai tempat keluarnya fluida hasil pemompaan.

2.2 Sistem Perpipaan

Sistem perpipaan adalah sistem yang digunakan untuk memindahkan fluida kerja antar perangkat dalam suatu fasilitas atau dari satu lokasi ke lokasi lain. Sistem

perpipaan dilengkapi dengan komponen-komponen seperti katup, flens, belokan, percabang, nozzle, reducer, tumpuan, isolasi dan lain-lain. Dalam dunia industri biasanya dikenal berbagai istilah yang berkaitan dengan sistem perpipaan seperti piping dan pipeline. Piping adalah sistem perpipaan di suatu plant yang dapat digunakan untuk mengalirkan cairan (cairan atau gas) dari satu peralatan ke peralatan lainnya untuk melalui proses tertentu. Piping ini tidak keluar dari area plant. Sedangkan pipeline adalah sistem perpipaan yang digunakan untuk memindahkan atau mengarahkan fluida dari satu fasilitas ke fasilitas lainnya, yang biasanya melewati beberapa area. Panjang pipa biasanya lebih dari 1 km, tergantung jarak antar plant. Sistem perpipaan dapat ditemukan di hampir semua cabang industri, dari sistem pipa tunggal sederhana hingga sistem perpipaan bercabang yang sangat kompleks. Contoh sistem perpipaan adalah sistem distribusi air bersih di gedung-gedung kota, sistem pengangkutan minyak dari sumur ke waduk atau tangki penyimpanan, sistem distribusi udara pendingin di dalam gedung, sistem distribusi uap pada saat pengeringan, dll. Sistem perpipaan mencakup semua komponen dari lokasi semula sampai tujuan yaitu saringan, katup, sambungan, Nozel, dll. Dalam sistem perpipaan yang mensuplai cairan, biasanya dipasang filter dari lokasi asal cairan untuk menyaring kotoran agar tidak menyumbat aliran. Saringan dilengkapi dengan katup searah (foot valve) yang mencegah aliran kembali ke lokasi atau reservoir semula. Sedangkan sambungan dapat berupa sambungan dengan penampang tetap, sambungan dengan penampang berubah, belokan (elbow) atau sambungan T (tee).

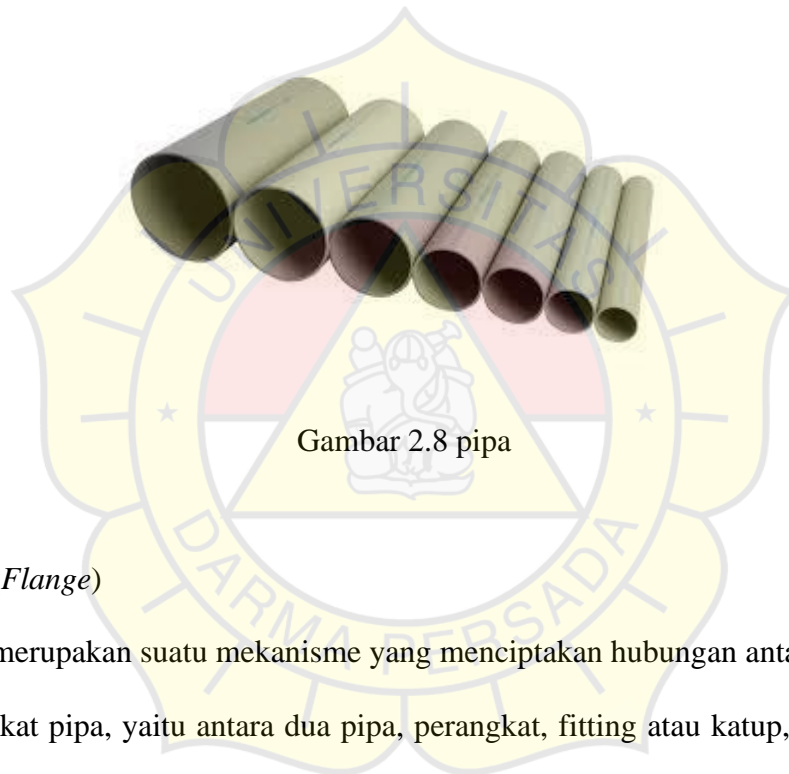
2.2.1 Komponen Sistem Pipa

Komponen perpipaan ini harus dibuat sesuai dengan spesifikasi, standar yang tercantum dalam simbol dan kode yang dibuat atau dipilih sebelumnya. Komponen

ini termasuk pipa, flens, alat kelengkapan, katup, baut, gasket, bagian khusus, dan saringan.

1. Pipa

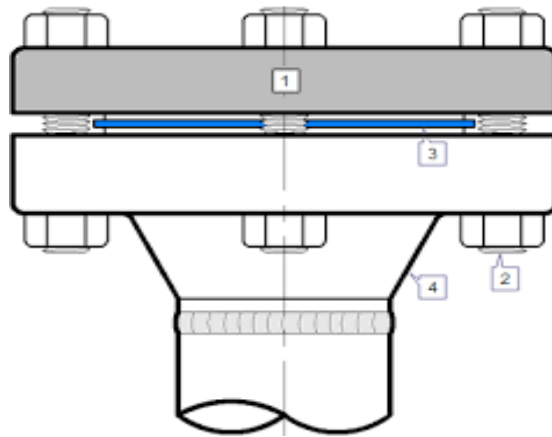
Pipa adalah saluran tertutup sebagai alat untuk mengalirkan atau mengangkut zat cair atau sebagai alat penghantar atau pengangkut energi dalam aliran. Pipa yang umum digunakan dalam industri proses dan pembangkit listrik adalah pipa baja dan pipa besi.



Gambar 2.8 pipa

2. Flens (*Flange*)

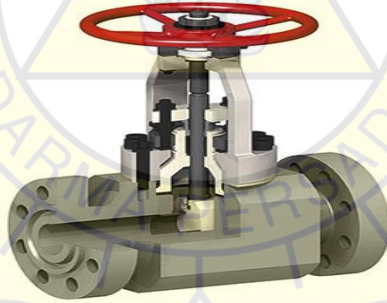
Flens merupakan suatu mekanisme yang menciptakan hubungan antar elemen atau perangkat pipa, yaitu antara dua pipa, perangkat, fitting atau katup, bejana tekan, kolom reaksi, pompa dan lain-lain yang dapat dihubungkan satu sama lain. Flens tersedia dalam berbagai bentuk, tekanan, rating dan ukuran untuk memenuhi persyaratan desain.



Gambar 2.9 Flens

3. Katup (*Valve*)

Salah satu komponen penting dalam sistem perpipaan adalah katup. Katup atau valve, yaitu suatu alat atau bagian yang digunakan untuk mengatur aliran suatu fluida dengan cara menutup, membuka, atau menghalangi sebagian aliran fluida.



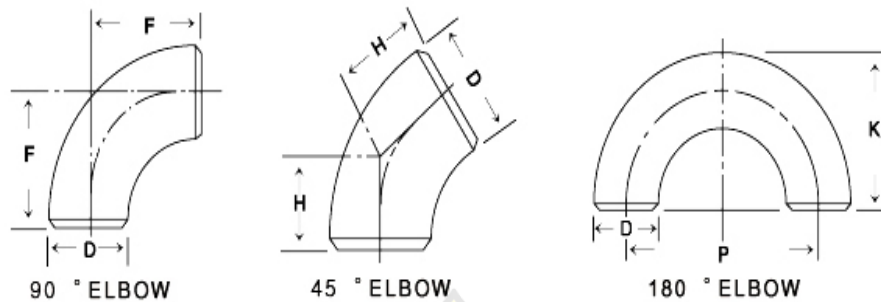
Gambar 2.10 Katup

4. Sambungan (*Fitting*).

Sambungan (fitting) adalah bagian dari instalasi perpipaan yang berfungsi sebagai sambungan antar pipa dan sebagai ujung sambungan pipa atau outlet.

A. Siku (*Elbow*)

Sambungan siku adalah jenis fitting yaitu komponen pipa yang digunakan untuk mengubah arah aliran fluida. Siku terdiri dari 3 jenis yang paling sering digunakan yaitu siku 45° , 90° dan 180° .



Gambar 2.11 *Elbow* 90° 45° 180°

B. Sambungan *tee*

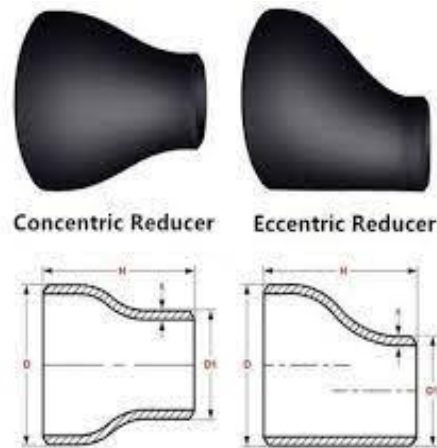
Tee pada *fitting* digunakan untuk membagi aliran. Biasanya cabang ini memiliki diameter yang sama dengan diameter pipa utama, nama lainnya adalah straight tee dengan ukuran diameter yang sama. Jika ukurannya berbeda, maka namanya tee reducer.



Gambar 2.12 *Tee*

C. Sambungan *reducer*

Pemasangan fitting reducer, seperti namanya digunakan untuk mengurangi aliran fluida. Pengurangan di sini bukan seperti katup (*valve*), tetapi mengurangi ukuran pipa. Reducer ini digunakan untuk menghubungkan pipa yang berdiameter lebih besar ke pipa dengan diameter yang lebih kecil.



Gambar 2.13 Reducer

2.3 Rumus Analisa Perhitungan Pemilihan Pompa

Di bawah ini adalah persamaan – persamaan yang akan digunakan untuk melakukan analisa perhitungan pemilihan pompa.

2.3.1 Perhitungan Kapasitas Aliran Air

Berdasarkan referensi dari hasil kajian Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman, Dep. Kimpraswil 2010 dan Permen Kesehatan RI No : 986 / Menkes / Per / XI / 1992, maka cara penghitungan total kapasitas aliran dapat dihitung berdasarkan tabel.

Tabel 2.1 Standar kebutuhan per hari

NO	Penggunaan Gedung	Pemakaian	
		Air	Satuan
1	Rumah tinggal	120	Liter/penghuni/hari
2	Rumah susun	100	Liter/penghuni/hari
3	Asrama	120	Liter/penghuni/hari

4	Rumah sakit	500	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 / Rumah Kantor	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	Gedung pertunjukan, Bioskop	10	Liter/kursi
15	Gedung serba guna	25	Liter/kursi
16	Stasiun terminal	3	Liter/penumpang tiba dan pergi
17	Peribadahan	5	Liter/orang(belum dengan air Wudhu)

(Sumber : Ubaedilah, 2016)

Jumlah air yang mengalir dalam satuan volume perwaktu. besarnya debit langsung dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik (m³/s). dalam penggunaan setiap hari, standar konsumsi perjam untuk perencanaan dapat dihitung dari konsumsi harian maksimum perorang dibagi 24 (jam / hari). Harga tersebut diperlukan untuk menentukan distribusi air standard.

$$Q = \frac{\text{Jumlah} \times \text{Pemakaian air (tabel 2.1)}}{24 \text{ jam}} \times 1,5 \quad (2.1)$$

(Sumber : Ubaedilah “Analisa Kebutuhan Jenis Dan Spesifikasi Pompa Untuk Suplai Air Bersih Di Gedung Kantin Berlantai 3 Pt Astra Daihatsu Motor” 2016)

Keterangan :

$$Q = \text{Debit, m}^2/\text{s}$$

2.3.2 Perhitungan Bak Penampung Air Bersih

Saat menghitung reservoir atas dan bawah, digunakan rencana untuk memenuhi kebutuhan air dalam satu (1) hari.

1. Bak Penampung Bawah (*Ground Water Tank*)

Bak penampung bawah di rancang untuk memenuhi kebutuhan air di Perumahan Cluster setiap harinya dengan melakukan perencanaan dengan persamaan di bawah.

$$V_b = Q \times 24 \text{ jam} \times 1,25 \dots \dots \dots \text{Pers 2.2}$$

Keterangan :

$$V_b = \text{Volume resevoir bawah, m}^2$$

2.3.3 Nominal Pipe Size (NPS)

Ukuran pipa nominal (NPS) adalah metode penamaan pipa berdasarkan ukuran diameter pipanya, tetapi penamaan pipa tersebut bukan dari ukuran pipa sebenarnya. Ini menunjukkan ukuran pipa standar diikuti dengan sejumlah ukuran - ukuran tertentu tanpa simbol inci.

Tabel 2.2 *Nominal Pipe Size*

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	158.2	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

Note¹ NPS 12 dimensions are for standard wall pipe, not schedule 40.

(Sumber : Ubaedilah 2016)

Diameter nominal (DN) juga merupakan tanda ukuran pipa berdimensi dalam satuan metrik. Untuk NPS 1/8 hingga 12, nilai NPS dan OD berbeda. Misalnya, diameter luar pipa NPS 12 sebenarnya 324 mm (12,75 inci). Untuk NPS 14 dan lebih tinggi, nilai NPS dan OD sama. Dengan kata lain, pipa NPS 14 sebenarnya memiliki diameter luar 360mm. Alasan perbedaan NPS dan 12 inci adalah karena nilai NPS tersebut semula diset untuk memberikan diameter dalam (ID) yang sama berdasarkan standar tebal dinding saat itu. Namun, seiring bertambahnya set ketebalan dinding yang tersedia, ID berubah dan NPS hanya terkait secara tidak langsung dengan ID dan OD.

2.3.4 Persamaan Kontinuitas

Prinsip dasar persamaan kontinuitas adalah bahwa massa tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan. Dengan demikian, massa dalam sistem konstan dapat dinyatakan dalam rumus:

$$\rho_1 V_1 dA_1 = \rho_2 V_2 dA_2 \quad (2.4)$$

Ini adalah persamaan kontinuitas aliran dalam kondisi stabil. Jika aliran memiliki sifat aliran mampat dan stabil, persamaannya adalah sebagai berikut

$$Q = A_1 V_1 = A_2 V_2 \quad (2.5)$$

Keterangan :

Q = Debit persatuan waktu, m^3/s

A_1 = Luas penampang 1, m^2

V_1 = Kecepatan aliran masuk sistem, m/s

A_2 = Luas penampang 2, m^2

V_2 = Kecepatan aliran sistem, m/s

2.3.5 Persamaan Bernoulli

Ada hubungan antara tekanan, kecepatan, dan ketinggian yang ditunjukkan oleh persamaan:

$$\frac{P}{\rho} + \frac{V^2}{2} + gz_1 = \text{konstan} \quad (2.6)$$

(sumber : Yunus A.cengel, *fluid Mechanich Fundamental and Application*, hal : 188)

Keterangan :

$P = \text{Tekanan, Pa}$

$\rho = \text{Massa jenis fluida, kg/m}^3$

$V = \text{Kecepatan fluida, m/s}$

$g = \text{Percepatan gravitasi, m/s}^2$

$Z = \text{Tinggi pipa, m}$

Persamaan ini yang dikenal sebagai persamaan Bernoulli untuk aliran tak temampatkan, berlaku di sepanjang garis aliran atau saat aliran irrotasional di semua titik di bidang aliran.

2.3.6 Jenis aliran

Aliran cairan dalam pipa dapat bersifat laminar, transisi, dan turbulen. Parameter untuk menentukan jenis aliran adalah bilangan *Reynolds*(Re). Berikut hasil persamaan dari hasil analisis dimensional :

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{V D}{\nu} \quad (2.7)$$

(sumber : Yunus A.cengel, *fluid Mechanich Fundamental and Application*, hal : 324)

Keterangan :

$\rho = \text{massa jenis, kg/m}^3$

V = kecepatan rata – rata, m/s

D = diameter, m

μ = viskositas dinamik, $\frac{kg}{m.s}$

ν = viskositas kinematic,

1. Aliran Laminar

Aliran yang bergerak beaturan tidak mendahului lapisan satu dengan lainnya. Pada aliran laminar ini, viskositas berfungsi untuk menahan kecenderungan pergerakan relatif antar lapisan

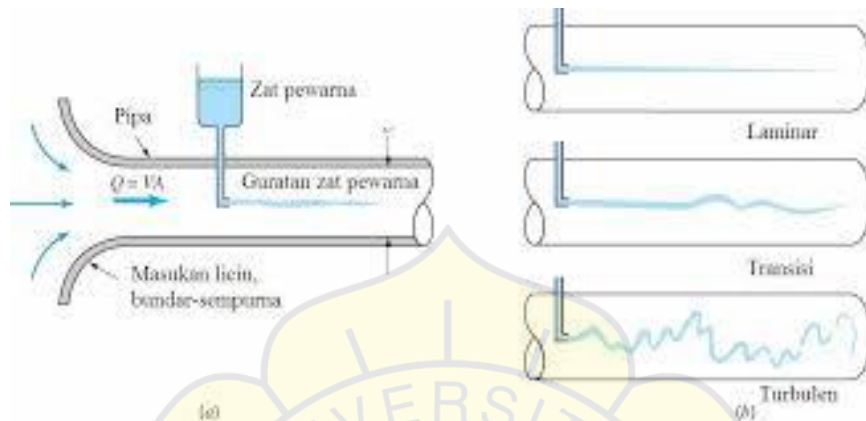
2. Aliran Turbulen

Dalam aliran tersebut, pergerakan partikel fluida sangat tidak beraturan karena adanya pencampuran dan perputaran partikel antar lapisan, yang menyebabkan terjadinya pertukaran momentum dari satu bagian fluida ke bagian lainnya dalam skala yang besar. Pada kondisi ini aliran turbulen, turbulensi yang terjadi menimbulkan tegangan geser yang merata di dalam fluida sehingga terjadi kehilangan aliran.

3. Aliran Transmisi

Aliran transmisi adalah aliran transisi dari aliran laminar ke aliran turbulen. Konsep dasar bilangan *Reynold*, yaitu bilangan yang tak berdimensi yang dapat membedakan suatu aliran, disebut laminar, transisi atau turbulen. Bilangan *Reynolds* adalah bilangan yang tidak berdimensi.

Titik kritis untuk aliran inkompresibel pada saluran adalah $Re = 2000$. Jika aliran memiliki $Re < 2000$ disebut aliran laminar, dan jika aliran $Re = 4000$ disebut aliran turbulen.



Gambar 2.14 Aliran laminar turbulen transisi
(Sumber : Yunus A. Cengel, 2006)

2.3.7 Head loss

Head loss dibagi menjadi dua jenis, *head loss mayor* dan *head loss minor*. Kehilangan tekanan merupakan fenomena kehilangan aliran dalam sistem perpipaan. Kehilangan aliran selalu terjadi pada sistem perpipaan yang menggunakan berbagai macam cairan seperti cairan dan gas.

1. Head loss mayor

Head loss mayor dapat terjadi karena gesekan antara fluida yang mengalir dan dinding pipa. Secara umum, rugi-rugi ini dipengaruhi oleh panjang pipa. Untuk dapat menghitung *Head loss mayor*, awal dari jenis fluida yang mengalir harus diketahui dengan lebih dahulu. Kecepatan fluida (V) pada *Reynold* number dapat dicari dengan rumus:

$$\dot{m} = \rho v A \quad (2.8)$$

(sumber : Yunus A.cengel, *fluid Mechanich Fundamental and Application*, hal : 323)

Keterangan :

\dot{m} = Laju aliran massa fluida, kg/s

ρ = massa jenis fluida, kg/m³

v = kecepatan fluida, m/s

A = Luas penampang, m²

Perhitungan *head loss* menurut *Darcy-Weisbach* dapat dilakukan menggunakan rumus :

$$H_L = f \frac{L v^2}{D 2g} \quad (2.9)$$

(sumber : Yunus A.cengel, *fluid Mechanich Fundamental and Application*, hal : 330)

Keterangan :

H_L = *head loss mayor*, m

f = faktor gesekan (dapat diketahui dengan diagram *Moody*)

L = panjang pipa, m

D = diameter pipa, m

v = kecepatan aliran, m/s²

2. Head loss minor

Sedikit kehilangan tekanan dapat terjadi karena sambungan pipa (*fitting*) seperti *valve*, *elbow*, *strainer*, *tee*, losses pada saluran masuk, losses pada saluran keluar, pembesaran pipa (*expansion*) dan pengecilan Pipa (*contraction*), dll.

$$H_1 = K_L \frac{v^2}{2g} \quad (2.10)$$

(Sumber ; Ubaedillah “Analisa Kebutuhan Jenis Dua Spesifikasi Pompa Untuk Suplai Air Bersih Di Gedung Kantin Berlantai 3 Pt Astra Daihatsu Motor” 2016)

Dimana :

h_1 = Head loss minor, m

K_L = Koefisien kerugian gesek

v = Kecepatan aliran fluida, m/s²

g = Gravitasi, m/s²


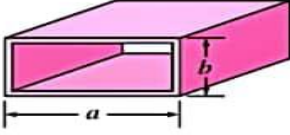
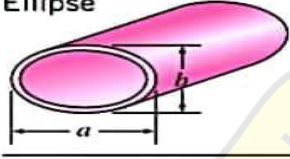
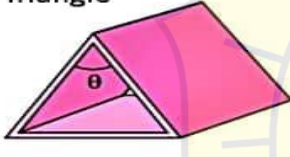
2.3.8 Faktor gesekan (*Friction factor*)

1. Faktor gesekan aliran laminar

Besarnya koefisien gesekan (f) dapat dilihat dari jenis aliran yang terjadi. Untuk aliran laminar, besarnya koefisien gesekan (f) dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$f = \frac{64}{Re} \quad (2.11)$$

Dibawah ini adalah tabel 2.3 faktor gesekan aliran dapat diamati pada gambar dibawah

Tube Geometry	a/b or θ°	Nusselt Number		Friction Factor <i>f</i>
		$T_s = \text{Const.}$	$\dot{q}_s = \text{Const.}$	
Circle 	—	3.66	4.36	64.00/Re
Rectangle 	a/b 1 2 3 4 6 8 ∞	2.98 3.39 3.96 4.44 5.14 5.60 7.54	3.61 4.12 4.79 5.33 6.05 6.49 8.24	56.92/Re 62.20/Re 68.36/Re 72.92/Re 78.80/Re 82.32/Re 96.00/Re
Ellipse 	a/b 1 2 4 8 16	3.66 3.74 3.79 3.72 3.65	4.36 4.56 4.88 5.09 5.18	64.00/Re 67.28/Re 72.96/Re 76.60/Re 78.16/Re
Triangle 	θ 10° 30° 60° 90° 120°	1.61 2.26 2.47 2.34 2.00	2.45 2.91 3.11 2.98 2.68	50.80/Re 52.28/Re 53.32/Re 52.60/Re 50.96/Re

(Sumber : Yunus A. Cengel, 2006)

1. Faktor gesekan aliran turbulen

Untuk aliran turbulen, besar kecilnya koefisien gesekan (*f*) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan *Darcy*. Rumus ini berlaku untuk panjang pipa ratusan meter berdasarkan kerugian *head*.

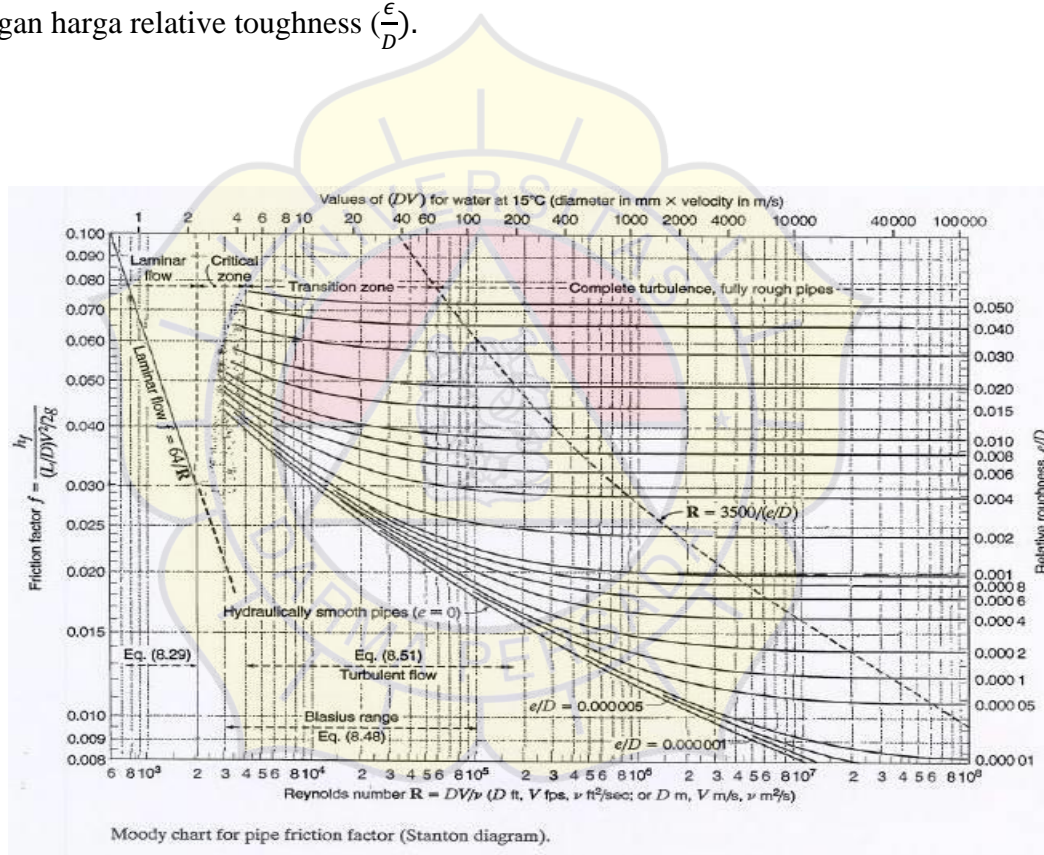
$$f = 0,020 + \frac{0,0005}{D} \dots \dots \dots \text{Pers 2.12}$$

(Sumber ; Ubaedillah “Analisa Kebutuhan Jenis Dua Spesifikasi Pompa Untuk Suplai Air Bersih Di Gedung Kantin Berantai 3 Pt Astra Daihatsu Motor” 2016)

Dimana :

$D = \text{Diameter, } m$

Faktor gesekan (f) untuk aliran turbulen dapat juga di tentukan dengan menggunakan *Moody Diagram* dengan menarik garis dari harga Di bawah ini adalah *moody* diagram dimana diagram ini digunakan untuk mendapatkan nilai bilangan *Reynold* Re dengan harga relative toughness ($\frac{\epsilon}{D}$).



Gambar 2.15 moody diagram

Tabel 2.4 Resistance Coefficient

Friction Losses in Pipe Fittings														
Resistance Coefficient K (use in formula $hf = Kv^2/2g$)														
Fitting	LD	Nominal Pipe Size												
		½	¾	1	1¼	1½	2	2½-3	4	6	8-10	12-16	18-24	
K Value														
Angle Valve	55	1.48	1.38	1.27	1.21	1.16	1.05	0.99	0.94	0.83	0.77	0.72	0.66	
Angle Valve	150	4.05	3.75	3.45	3.30	3.15	2.85	2.70	2.55	2.25	2.10	1.95	1.80	
Ball Valve	3	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	
Butterfly Valve							0.86	0.81	0.77	0.68	0.63	0.35	0.30	
Gate Valve	8	0.22	0.20	0.18	0.18	0.15	0.15	0.14	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10	
Globe Valve	340	9.2	8.5	7.8	7.5	7.1	6.5	6.1	5.8	5.1	4.8	4.4	4.1	
Plug Valve Branch Flow	90	2.43	2.25	2.07	1.98	1.89	1.71	1.62	1.53	1.35	1.26	1.17	1.08	
Plug Valve Straightway	18	0.48	0.45	0.41	0.40	0.38	0.34	0.32	0.31	0.27	0.25	0.23	0.22	
Plug Valve 3-Way Thru-Flow	30	0.81	0.75	0.69	0.66	0.63	0.57	0.54	0.51	0.45	0.42	0.39	0.36	
Standard Elbow	90°	30	0.81	0.75	0.69	0.66	0.63	0.57	0.54	0.51	0.45	0.42	0.39	0.36
	45°	16	0.43	0.40	0.37	0.35	0.34	0.30	0.29	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19
	long radius 90°	16	0.43	0.40	0.37	0.35	0.34	0.30	0.29	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19
Close Return Bend	50	1.35	1.25	1.15	1.10	1.05	0.95	0.90	0.85	0.75	0.70	0.65	0.60	
Standard Tee	Thru-Flow	20	0.54	0.50	0.46	0.44	0.42	0.38	0.36	0.34	0.30	0.28	0.26	0.24
	Thru-	60	1.62	1.50	1.38	1.32	1.26	1.14	1.08	1.02	0.90	0.84	0.78	0.72
90 Bends, Pipe Bends, Flanged Elbows, Butt-Welded Elbows	r/d=1	20	0.54	0.50	0.46	0.44	0.42	0.38	0.36	0.34	0.30	0.28	0.26	0.24
	r/d=2	12	0.32	0.30	0.28	0.26	0.25	0.23	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16	0.14
	r/d=3	12	0.32	0.30	0.28	0.26	0.25	0.23	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16	0.14
	r/d=4	14	0.38	0.35	0.32	0.31	0.29	0.27	0.25	0.24	0.21	0.20	0.18	0.17
	r/d=6	17	0.46	0.43	0.39	0.37	0.36	0.32	0.31	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20
	r/d=8	24	0.65	0.60	0.55	0.53	0.50	0.46	0.43	0.41	0.36	0.34	0.31	0.29
	r/d=10	30	0.81	0.75	0.69	0.66	0.63	0.57	0.54	0.51	0.45	0.42	0.39	0.36
	r/d=12	34	0.92	0.85	0.78	0.75	0.71	0.65	0.61	0.58	0.51	0.48	0.44	0.41
	r/d=14	38	1.03	0.95	0.87	0.84	0.80	0.72	0.68	0.65	0.57	0.53	0.49	0.46
	r/d=16	42	1.13	1.05	0.97	0.92	0.88	0.80	0.76	0.71	0.63	0.59	0.55	0.50
r/d=18	45	1.24	1.15	1.06	1.01	0.97	0.87	0.83	0.78	0.69	0.64	0.60	0.55	

2.3.9 Head statis total

Elevation head merupakan *head* yang disebabkan oleh perbedaan ketinggian fluida pada permukaan fluida di bagian isap pompa dengan bagian buang dengan posisi pompa sebagai acuan. Ada dua jenis pemasangan pada suction :

Suction head = instalasi pipa dimana sumbu pompa berada di atas permukaan air.

$$H_a = H_d + H_s \quad (2.13)$$

(Sumber ; Ubaedillah “Analisa Kebutuhan Jenis Dua Spesifikasi Pompa Untuk Suplai Air Bersih Di Gedung Kantin Berlantai 3 Pt Astra Daihatsu Motor” 2016)

Keterangan :

H_a = Head statis total, m

H_d = Discharge head, m

H_s = Suction head, m

Suction lift = instalasi pompa dimana permukaan fluida berada di bawah sumbu pompa

$$H_a = H_d - H_s \dots \dots \dots \text{Pers 2.14}$$

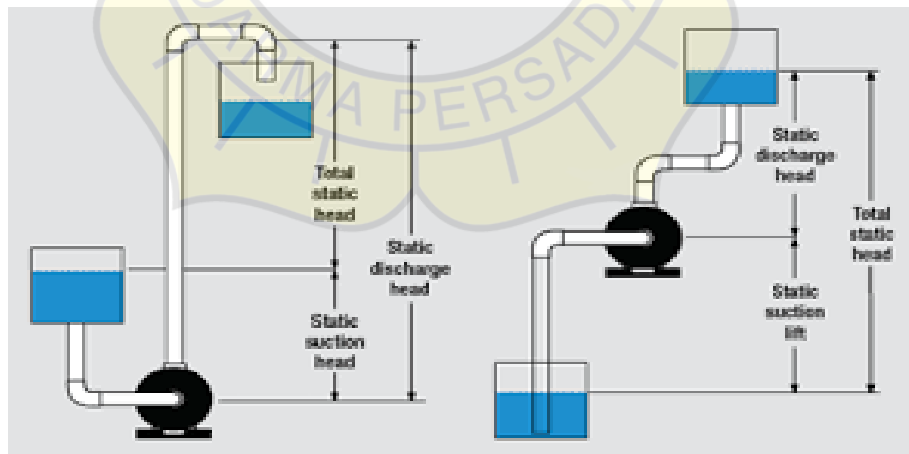
(Sumber ; Ubaedillah “Analisa Kebutuhan Jenis Dua Spesifikasi Pompa Untuk Suplai Air Bersih Di Gedung Kantin Berlantai 3 Pt Astra Daihatsu Motor” 2016)

Keterangan :

H_a = Head statis total, m

H_d = Discharge head, m

H_s = Suction head, m



a.Suction head

b.Suction lift

Gambar 2.16 Suction head dan Suction lift

(Sumber : Ubaedillah, 2016)

2.3.10 Head loss total

Head loss total itu sendiri (H_{tot}) merupakan penjumlahan dari *Head loss mayor* dan

Head loss minor, seperti yang tertulis pada rumus berikut :

$$H_{tot} = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{v^2}{2g} \quad (2.14)$$

(Sumber ; Ubaedillah “Analisa Kebutuhan Jenis Dua Spesifikasi Pompa Untuk Suplai Air Bersih Di Gedung Kantin Berlantai 3 Pt Astra Daihatsu Motor” 2016)

Keterangan :

H_{tot} = Headloss total pompa, m

h_a = Head statis total, m

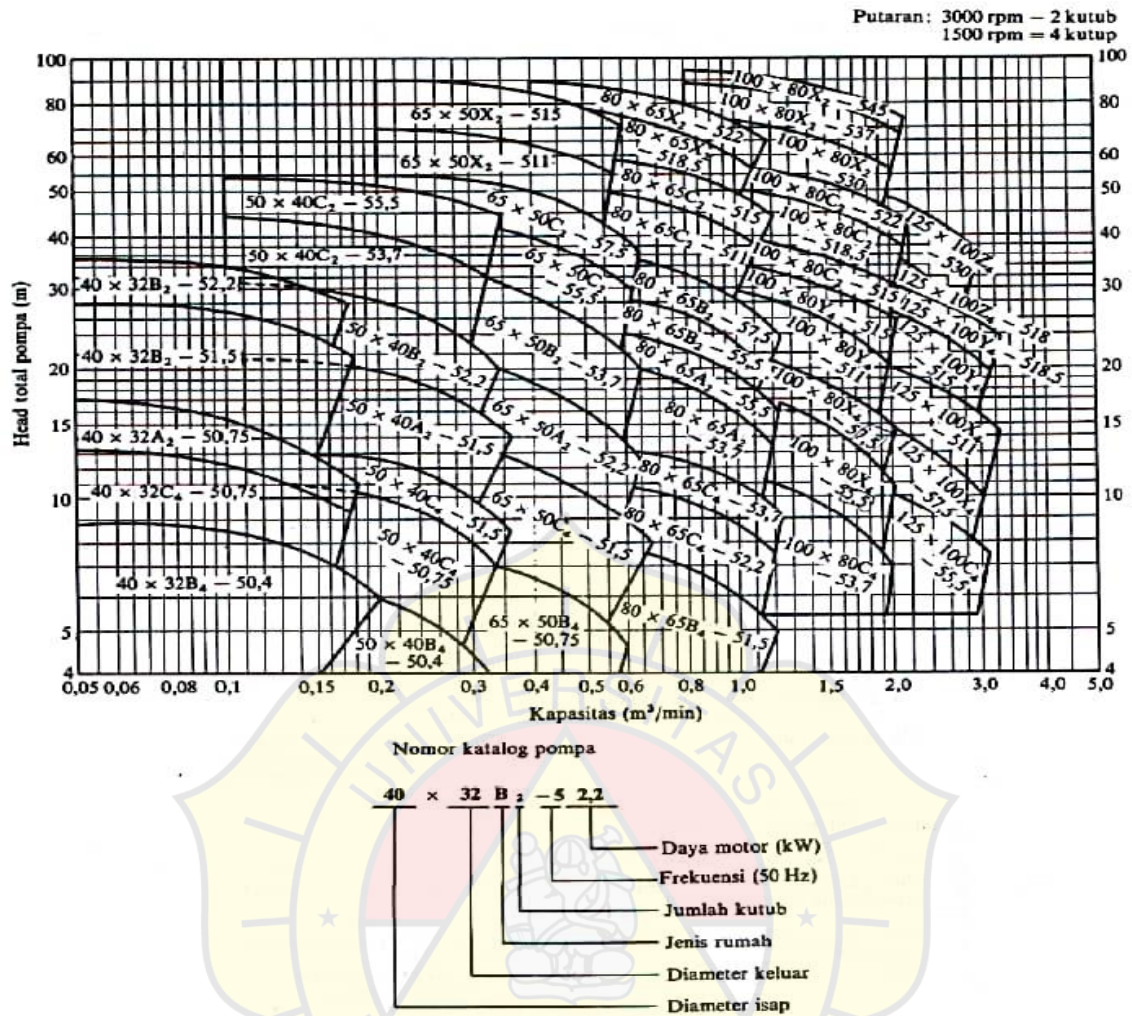
Δh_p = Perbedaan tekanan yang bekerja pada kedua permukaan air, m

v = Kecepatan rata – rata, m/s

g = Percepatan gravitasi, m/s²

2.3.11 Pemilihan Pompa

Pompa yang di butuhkan untuk Perumahan Cluster Rolling Hills Karawang didapatkan setelah mengetahui debit dan head loss total dari sistem pompa dan perpipaan yang ada pada gedung, setelah didapatkan parameter tersebut maka pemilihan pompa dapat dilaksanakan dengan menggunakan diagram head dan debit di bawah ini.

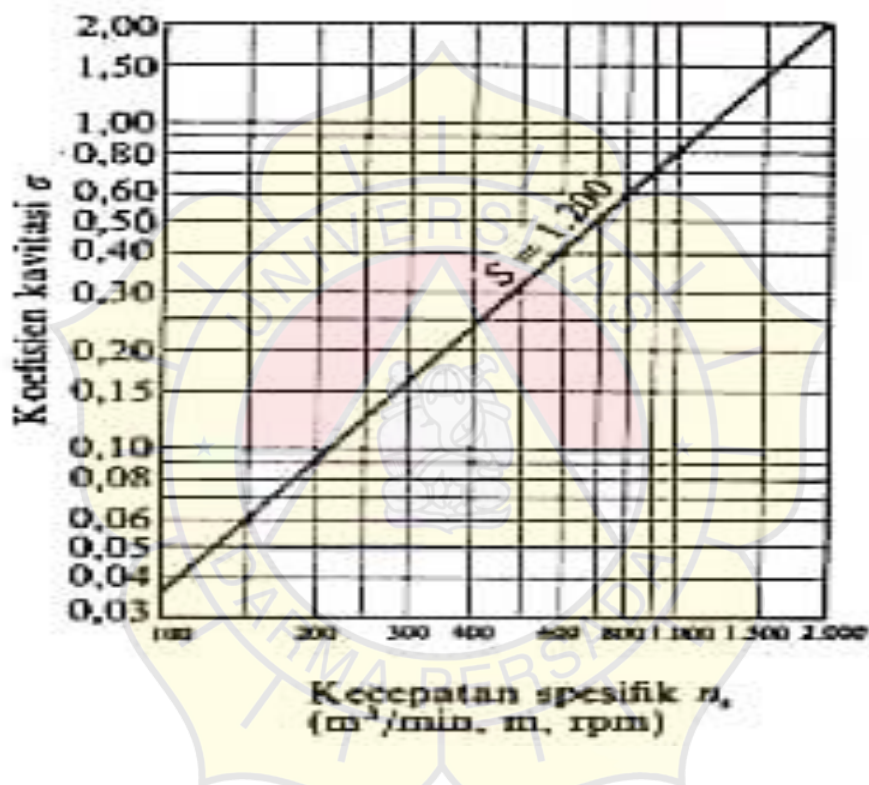


Gambar 2.17 Diagram pemilihan pompa standar
(Sumber : Sularso, Tahara, 2000)

2.3.12 Kavitasasi

Kavitasasi merupakan indikator penting dari kondisi operasi pompa. Fenomena kavitasasi ditandai dengan terbentuknya gelembung udara, yang kemudian tiba-tiba pecah akibat perubahan tekanan pada sisi hisap pompa. Kavitasasi dapat merusak komponen pompa secara serius, terutama sudut atau impeller. Kavitasasi biasanya dapat diidentifikasi dengan kebisingan dan getaran yang berlebihan. Ketika cairan tersedot di sisi hisap pompa, tekanan pada permukaan cairan akan turun. Ketika tekanan turun menjadi tekanan uap jenuh, cairan menguap dan membentuk gelembung uap. Saat

bergerak di sepanjang impeler, kenaikan tekanan menyebabkan gelembung uap meledak dan menghantam permukaan pompa. Jika permukaan saluran / pipa terus menerus terkena benturan gelembung uap tersebut dalam jangka waktu yang lama, maka akan tercipta lubang pada dinding saluran atau sering disebut sebagai erosi kavitasi. Efek lain dari kavitasi adalah terjadinya suara bising, getaran dan penurunan kinerja pompa.



Gambar 2.18 Gravik n_s dan koefisien kavitasi
(Sumber : Sularso, 2000)

1. Net Positive Suction Head (NPSH)

Seperti dijelaskan di atas, kavitasi terjadi ketika tekanan aliran cairan turun di bawah tekanan uapnya. Untuk menghindari kavitasi, harus diperhatikan bahwa tidak ada bagian aliran dalam sistem pompa yang memiliki tekanan di bawah tekanan uap

jenuh cairan pada suhu yang dimaksud. Begitu pula sebaliknya, untuk membuat kavitasi.

A. NPSH_A yang tersedia

$$H_{SV} = \frac{Pa}{\gamma} + \frac{Pv}{\gamma} - hs - hls \dots \dots \dots \text{Pers 2.15}$$

Keterangan :

- H_{SV} = NPSH_A yang tersedia, m
- Pa = Tekanan pada permukaan air, kgf /m²
- Pv = Tekanan uap jenuh, kgf /m² ,
- γ = Berat jenis air, kgf /m³
- hs = Head isap statis, m
- hls = Kerugian dalam pipa hisap, m

B. NPSH_R yang dibutuhkan

$$H_{svn} = \sigma \times Hn \tag{2.16}$$

Keterangan :

- H_{svn} = NPSH_R yang dibutuhkan, m
- σ = koefisien kavitasi

$$Hn = \text{Headttotal}, m$$