

SKRIPSI

**PENGARUH VARIASI DIAMETER PIPA HISAP PADA SISTEM
PERPIPAAN TUNGGAL TERHADAP DEBIT PADA POMPA**



Disusun oleh :

FIRMANSYAH
081210543

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PONTIANAK
2014**

ABSTRAK

Pengaruh Perubahan Diameter Pipa Hisap Pada Sistem Perpipaan Tunggal Terhadap Debit Pada Pompa

Oleh
Firmansyah
081210543
(Program Studi Teknik Mesin)

Dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, manusia selalu berusaha untuk menciptakan sistem pompa dengan performansi yang maksimal. Salah satunya dipakai untuk memenuhi kebutuhan akan air bersih yang selalu meningkat dari tahun ke tahun seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perubahan diameter pipa hisap terhadap debit pompa, sehingga nantinya dapat dipilih suatu solusi yang tepat dalam pemilihan instalasi pemipaan yang akan digunakan.

Dari hasil penelitian didapat bahwa semakin kecil penampang pipa hisap akan menyebabkan semakin kecil debit aliran pada pompa.

Kata kunci : Pompa, Diameter Pipa Hisap, Tinggi Tekan

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini Dosen Pembimbing Tugas Akhir dengan ini menerangkan bahwa mahasiswa :

Nama : FIRMANSYAH

Nim : 081210543

Judul : PENGARUH VARIASI DIAMETER PIPA HISAP PADA SISTEM
PERPIPAAN TUNGGAL TERHADAP DEBIT PADA POMPA

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disetujui oleh Dosen Pembimbing dan dapat disidangkan oleh Tim Penguji Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Pontianak.

Pontianak, Pebruari 2014

Pembimbing I

Pembimbing II

EKO SARWONO., ST., MT

FUAZEN, ST

Mengetahui,

Dekan

ASPIYANSYAH, ST., M.Eng

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah segala Puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan HidayahNya, sehingga Penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan tugas akhir ini. Penulis juga sangat bersyukur karena selalu mendapatkan dorongan dan do'a dari orang-orang yang sangat mencintai.

Selama penelitian dan penulisan tugas akhir ini, penulis banyak mendapatkan masukan dan arahan dari Permbimbing Pertama yaitu, **EKO SARWONO, ST., MT** dan Pembimbing Kedua yaitu **FUAZEN, ST, MT**. Untuk itu Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada beliau berdua.

Selain itu Penulis juga mengucapkan terima kasih dan penghormatan kepada :

1. **Helman Fachri, SE., MM**, Rektor Universitas Muhammadiyah Pontianak.
2. **Aspiyansyah, ST., M.Eng**, Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Pontianak dan juga sebagai Pembimbing Utama, yang telah memberikan masukan dan arahan dalam rangka perbaikan isi tulisan tugas akhir ini.
3. **Gunarto, ST., M.Eng**, KaProdi Program Studi Teknik Mesin dan juga sebagai Penguji Pembantu yang telah memberikan masukan dan arahan dalam rangka perbaikan isi tulisan tugas akhir ini.
4. Orangtua dan keluarga yang selalu memanjatkan do'a untuk kemudahan bagi saya dalam penyelesaian studi di Fakultas Teknik.
5. Dosen dan Staf dalam lingkungan Fakultas Teknik yang telah banyak membantu selama penyelesaian studi saya.
6. Rekan-rekan mahasiswa yang juga telah membantu dan memberikan semangat selama studi saya di Fakultas Teknik.

Akhirnya Penulis berharap semoga skripsi ini dapat menjadi sumbangan pemikiran dan bermanfaat bagi kita semua, Amien

Pontianak, Oktober 2014

Penulis

DAFTAR ISI

	Hal.
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR SIMBOL	ix
ABSTRAK	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Permasalahan	2
1.3. Pemecahan Masalah	2
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Tujuan	3
1.6. Manfaat	4
1.7. Metode Penelitian	5
1.8. Sistematika Penulisan	5
BAB II TEORI DASAR	7
2.1. Tinjauan Pustaka	7
2.2. Pompa	7
2.2.1. Klasifikasi pompa	7
2.3. Sistem perpipaan	16

	2.3.1. Komponen perpipaan	18
	2.3.2. Pemilihan Bahan	18
	2.3.3. Macam-macam sambungan perpipaan	18
	2.3.4. Tipe sambungan cabang	19
	2.4. Persamaan-Persamaan Dasar Aliran Fluida	19
	2.5. Kehilangan-kehilangan Energi Pada Sistem Perpipaan	22
	2.6. Sifat-Sifat Fluida	28
	2.7. Aliran Fluida Dalam Pipa	29
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	31
	3.1. Metode	31
	3.2. Bahan Dan Peralatan Penelitian	32
	3.3. Tabel Hasil Pengujian	33
	3.4. Spesifikasi Pompa	33
BAB IV	ANALISA DAN PEMBAHASAN	34
	4.1. Hasil Pengujian	34
	4.2. Analisa Dan Pembahasan	45
BAB V	PENUTUP	56
	5.1. Kesimpulan	56
	5.2. Saran	57
	DAFTAR PUSTAKA	58
	LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Hal.
Tabel 2.1 Kekasaran rata-rata pipa komersial	22
Tabel 2.2 Koefisien Hazen-Williams	24
Tabel 4.1 Hubungan diameter pipa isap terhadap waktu pengisian	35
Tabel 4.2 Hubungan diameter pipa isap terhadap waktu pengisian	38
Tabel 4.3 Hubungan diameter pipa isap terhadap waktu pengisian	41
Tabel 4.4 Hubungan diameter pipa isap terhadap waktu pengisian dan debit fluida	46
Tabel 4.5 Hubungan diameter pipa isap terhadap waktu pengisian dan debit fluida	48
Tabel 4.6 Hubungan diameter pipa isap terhadap waktu pengisian dan debit fluida	51

DAFTAR SIMBOL

V	= kecepatan aliran (m/dt)
D	= diameter hidraulik (m)
ν	= viscositas kinematis (m^2/dt)
A	= luas penampang (m^2)
g	= percepatan gravitasi (m/dt^2)
P	= tekanan pada cairan (N/m^2)
ρ	= massa jenis (kg/dt^3)
Z	= elevasi (m)
Q	= debit aliran (m^3/dt)
m	= laju aliran massa (kg/dt)
V_2	= kecepatan pada penampang 2 (m/dt)
V_1	= kecepatan pada penampang 1 (m/dt)
f	= faktor gesekan (<i>Darcy friction factor</i>)
L	= panjang pipa (m)
d	= diameter pipa (m)
$\frac{v^2}{2g}$	= head kecepatan
C	= koefisien Hazen-Williams
h_o	= kerugian pada bagian pemasukan
h_b	= kerugian karena sambungan
h_c	= kerugian karena perubahan penampang

DAFTAR GAMBAR

		Hal.
Gambar 2.1	a) Pompa putar 2 caping	
	b) Pompa putar 3 caping	
	c) Pompa putar 4 caping	9
Gambar 2.2	Pompa bolak-balik (<i>Reciprocating Pump</i>)	10
Gambar 2.3	a) Pompa aliran radial	
	b) Pompa aliran aksial	
	c) Pompa aliran campuran	10-11
Gambar 2.4	Pompa Zet	13
Gambar 2.5	Pompa Sentrifugal	15
Gambar 2.6	Bagian dari pompa sentrifugal	16
Gambar 2.7	Contoh sambungan langsung (stub in)	19
Gambar 2.8	Efek bilangan Reynolds terhadap koefisien kerugian elbow 90°	27
Gambar 4.1	Instalasi pemasangan pipa	34
Gambar 4.2	Waktu Pengisian Pipa Ø 1/2 Inchi	35
Gambar 4.3	Debit Aliran Pipa Ø 1/2 Inchi	37
Gambar 4.4	Selisih Debit Aliran Pipa Ø 1/2 Inchi	38
Gambar 4.5	Waktu Pengisian Pipa Ø 1/2 Inchi	39
Gambar 4.6	Debit Aliran Pipa Ø 3/4 Inchi	40
Gambar 4.7	Selisih Debit Aliran Pipa Ø 3/4 Inchi	41
Gambar 4.8	Waktu Pengisian Pipa Isap Ø 1 Inchi	42
Gambar 4.9	Debit Aliran Pipa Isap Ø 1 Inchi	44

Gambar 4.10	Selisih Debit Aliran Pipa Isap Ø 1 Inchi	45
Gambar 4.11	Perbandingan Debit Aliran Terhadap Diameter Pipa	54
Gambar 4.12	Perbandingan Head/Losses Terhadap Diameter Pipa	55

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Setiap hari kita semua selalu berhubungan dengan air hampir tanpa kita sadari. Kehidupan kita selalu berhubungan dengan kebutuhan akan air bersih, mulai dari kebutuhan akan mandi, mencuci, minum dan lain sebagainya.

Serangkaian kegiatan penyediaan air bersih perlu memperhatikan beberapa faktor diantaranya pertimbangan kebutuhan air bersih (*demand for water*), *layout* instalasi penyediaan air bersih dan beberapa faktor lain seperti sosial ekonomi lingkungan populasi yang akan dilayani.

Suatu wilayah dengan jumlah populasi yang lebih besar akan menggunakan lebih banyak air daripada daerah yang populasinya lebih kecil dan air yang digunakan untuk melayani suatu populasi berkaitan dengan jumlah populasi. Perkiraan penggunaan air didasarkan pada proyeksi populasi, beberapa metode dalam memproyeksikan populasi tidak selalu memuaskan. Penggunaan air juga dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti ; iklim, tingkat ekonomi, kepadatan populasi, tingkat industrialisasi, biaya, tekanan dan kualitas penyediaan. Teknik proyeksi telah dikembangkan sehubungan dengan penggunaan air.

Dewasa ini di kota pontianak dapat kita temui bahwa di areal pemukiman penduduk seperti perumahan, masyarakat sudah mulai memikirkan penyediaan air bersih secara mandiri dengan jalan membuat sumur galian yang memiliki kedalaman tertentu atau penggunaan sumur air tanah, hal ini dilakukan karena pertimbangan selain murah juga kemampuan perusahaan penyediaan air bersih yang sangat terbatas.

Sementara dalam distribusi penggunaannya ke rumah, biasanya masyarakat tinggal menyediakan satu unit pompa, satu unit tempat penampungan air (reservoir) dan sistem pemipaan. Pompa yang digunakan selama ini biasanya adalah pompa listrik dengan kapasitas tertentu, dan sistem pemipaan menggunakan pipa berjenis pralon PVC. Mereka memasang atau membuat sistem jaringan pemipaan yang sangat sederhana berdasarkan pengetahuan mereka, mulai dari sumber air hingga ke tempat penggunaan, dan ada kecenderungan dalam pemasangan jaringan pemipaan, masyarakat tidaklah mengacu pada ketentuan yang terdapat pada spesifikasi pada pompa.

Pompa seperti kita ketahui apakah itu pompa bertenaga penggerak listrik ataupun bertenaga penggerak yang lainnya memiliki spesifikasi yang dianjurkan oleh pabrikannya. Mulai dari batasan kemampuan tinggi hisapnya (head), kapasitas alirannya (debit), diameter pipa hisap, diameter pipa hantar, dan lain sebagainya.

1.2. Permasalahan

Dari uraian di atas tadi penulis ingin melakukan penelitian mengenai seberapa besar pengaruh perubahan diameter pipa hisap terhadap debit yang dihasilkan dalam kurun waktu tertentu.

1.3. Pemecahan Masalah

Melakukan percobaan terhadap pengaruh perubahan pemakaian pipa hisap pada sistem pemipaan tunggal dan menganalisa pengaruhnya terhadap debit yang dihasilkan dari beberapa ukuran pengecilan penampang pipa hisap.

1.4. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini agar lebih fokus terhadap permasalahan yang ada, maka penulis atau peneliti akan membatasi pada :

- a) Jaringan pemipaan yang digunakan adalah pipa pralon PVC, dengan pertimbangan bahwa jenis pipa inilah yang sering digunakan oleh masyarakat.
- b) Perubahan diameter pipa hisap yang akan dilakukan dalam hal ini akan dimulai dari standar pabrik yang dijadikan rujukan dan akan dilakukan pergantian pada pipa hisap dengan perubahan yang akan semakin mengecil, dalam hal ini ukuran yang akan digunakan adalah 1 inc, $\frac{3}{4}$ inc, dan $\frac{1}{2}$ inc.
- c) Panjang pipa hisap akan disesuaikan dengan kondisi lapangan, yaitu dalamnya kolam galian yang akan dijadikan obyek.

1.5. Tujuan

Tujuan Umum

Adapun Tujuan Umum yang ingin didapatkan dari penulisan tugas akhir ini, yaitu:

- a) Sebagai syarat untuk menyelesaikan perkuliahan di program studi teknik mesin jurusan teknik mesin fakultas teknik universitas muhammadiyah pontianak.
- b) Mengaplikasikan Ilmu yang didapat selama perkuliahan yang digunakan dalam penelitian perubahan diameter pipa hisap.
- c) Sebagai media untuk mengenal atau memperoleh kesempatan untuk melatih diri dalam melaksanakan berbagai jenis pekerjaan yang ada di lapangan.

Tujuan Khusus

Adapun Tujuan Khusus yang ingin didapatkan dari penulisan tugas akhir ini, yaitu:

- a) Menerapkan atau mengimplementasikan ilmu yang didapat selama menjalani studi di program studi teknik mesin jurusan teknik mesin fakultas teknik.
- b) Untuk menganalisa pengaruh perubahan diameter pipa hisap pada sistem perpipaan tunggal terhadap debit pada pompa

1.6. Manfaat

Bagi Mahasiswa

- a) Sebagai media untuk mengenal atau memperoleh kesempatan untuk melatih diri dalam melaksanakan berbagai jenis pekerjaan yang ada di lapangan.
- b) Sebagai media untuk mengaplikasikan ilmu atau kemampuan yang telah didapat selama perkuliahan
- c) Memperoleh kesempatan untuk melatih keterampilan dalam melakukan pekerjaan atau kegiatan lapangan.

Bagi Program Studi

- a) Sebagai sarana untuk memperkenalkan Program Studi Sarjana Teknik S1 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Pontianak, pada lingkungan masyarakat dan perusahaan.
- b) Sebagai masukan dari penerapan disiplin ilmu dari kurikulum tersebut, apakah masih ada relevansinya dengan keadaan dilapangan.

- c) Sebagai sarana untuk memperoleh kerja sama antara pihak fakultas dengan perusahaan.

1.7. Metode Penelitian

Metode penulisan yang dilakukan penulis dalam laporan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a) Metode uji coba

Penulis akan melakukan ujicoba terhadap perubahan atau variasi diameter pada pipa hisap terhadap debit yang didapat.

- b) Metode kepustakaan

Penulis mempelajari buku-buku petunjuk mengenai topik yang akan dibahas dan buku-buku referensi baik dari lapangan atau dari perpustakaan kampus dan penulis juga dalam pembahasan atau analisa menggunakan pendekatan dari referensi-referensi.

1.8. Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah mengetahui isi laporan Tugas Akhir ini maka uraian Bab tiap Bab dapat diringkas secara garis besar sebagai berikut :

- BAB I : Pendahuluan yang berisikan latar belakang, permasalahan, pemecahan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, metode penulisan dan sistematika penulisan
- BAB II : Landasan Teori yang berisikan teori tentang pompa, sifat-sifat fluida, pemipaan
- BAB III : Metode Penelitian

BAB IV : Pembahasan dan Analisa dari hasil pengujian

BAB V : Penutup yang berisikan kesimpulan dan saran

BAB II

TEORI DASAR

2.1. Tinjauan Pustaka

Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan “*studi ekperimental laju massa air berdasarkan perubahan sudut kemiringan untai pada kasus sirkulasi alamiah menggunakan untai simulasi sirkulasi alamiah*”, didapat bahwa pada sudut 30° , 40° , dan 90° dalam rentang waktu 50 menit laju aliran massa air akan memiliki harga kesatabilan 5,6 gr/s, 4,9 gr/s, dan 9,8 gr/s.

Berdasarkan penelitian “*analisa kerugian head akibat perluasan penampang dan penyempitan penampang pada sambungan 90°* ”, didapat bahwa kerugian akibat perluasan penampang lebih besar dibanding dengan kerugian yang timbul akibat pengecilan penampang elbow 90° , dengan perbandingan pada pipa galvanies untuk penyempitan = 1,3340 dan perluasannya = 1,6510, sementara untuk pipa PVC untuk penyempitan = 1,4050 dan perluasannya = 1,3029, dan untuk pipa stainless steel untuk penyempitan = 0,8494 dan perluasannya = 1,2719.

Berdasarkan penelitian “*analisa pengaruh variasi sudut sambungan belokan terhadap head losses aliran pipa*”, didapat bahwa pemakaian variasi sudut belokan menyebabkan perubahan pada head losses dan pressure drop. Semakin besar sudut belokan maka nilai head losses dan pressure drop yang dihasilkan semakin besar.

Berdasarkan penelitian “*Analisa Efisiensi Pompa Centrifugal Pada Instalasi Pengolahan Air Kampung Damai Balikpapan*” oleh Puji Saksono, didapat bahwa terjadi penurunan nilai efisiensi dari berbagai jenis merk pompa tidak sama dan terjadi

penurunan nilai efisiensi dipengaruhi diantaranya oleh kualitas material pompa, perawatan selama operasi dan pemasangan instalasi.

2.2. Pompa

Pompa adalah suatu alat untuk memindahkan fluida cair dari suatu tempat ke tempat lain dengan perubahan tekanan. Pada instalasi pompa, aliran fluida dapat menimbulkan kerugian head baik akibat gesekan maupun kecepatan aliran, perubahan luas penampang dan lain sebagainya. Kerugian head yang disebabkan aliran disebut pula kerugian minor, yaitu kerugian gesek dan kerugian dalam belokan-belokan, katup-katup serta komponen sistem perpipaan lainnya.

2.2.1. Klasifikasi Pompa

Bila ditinjau dari segi tekanan yang menimbulkan energi fluida maka pompa dapat diklasifikasikan dalam 2 jenis yaitu :

- 1) Pompa tekanan statis
- 2) Pompa tekanan dinamis

1) Pompa tekanan statis

Pompa ini disebut juga “positive displacement” dimana head yang terjadi akibat tekanan yang diberikan terhadap fluida dengan cara energi yang diberikan pada bagian utama peralatan pompa menekan langsung fluida yang di pompakan. Jenis pompa yang termasuk dalam golongan statis adalah :

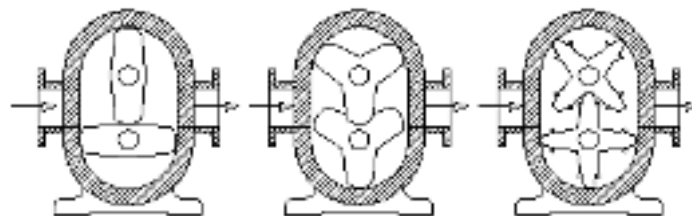
- a. Pompa putar (***Rotary Pump***)
 - Pompa rotor tunggal (***Single rotor pump***)
 - Pompa rotor ganda (***Multiple rotor pump***)
- b. Pompa bolak – balik (***Reciprocating Pump***)
 - Pompa torak

- Pompa diafragma

a. Pompa Putar (*Rotary Pump*)

Pompa rotary terdiri dari rumah pompa yang diam dan mempunyai roda gigi, baling-baling, piston, nok (*cam*), segmen, sekrup da lain sebagainya yang beroperasi dalam ruang bebas (*clearance*) yang sempit. Sebagai ganti cairan pada pompa sentrifugal, pompa rotary akan menerapkan cairan, mendorongnya melalui rumah pompa yang tertutup, hampir sama dengan piston pompa torak. Akan tetapi tidak seperti pompa torak, pompa rotary mengeluarkan cairan dengan aliran yang lancar (*smooth*). Sering dianggap pompa untuk cairan kental, pompa rotary bukan terbatas pada bagian ini saja. Pompa ini akan mengalirkan hampir setiap cairan yang tidak mengandung bahan-bahan padat atraktif dan keras.

Susunan penggerak pompa rotary untuk desain aneka poros (*multishaft*) terdiri dari dua jenis. Elemen pemompa pada poros yang digerakkan dapat menggerakkan elemen pasangannya pada poros yang bebas akan tetapi, bila bahan-bahan abrasive yang ada dalam cairan itu dapat menyebabkan keausan yang berlebihan atau bila elemen pemompa itu fleksible, roda gigi pengatur waktu (*timing gear*) akan menggerakkan poros yang bebas tadi. Ini akan memungkinkan elemen – elemen pemompa beropersi dalam ruang bebas yang sempit tanpa terjadinya persentuhan yang keras.



Gambar2.1. a) Pompa putar 2 cuping ;
 b) pompa putar 3 cuping ;
 c) pompa putar 4 cuping

b. Pompa bolak-balik (*Reciprocating Pump*)

Pompa bolak-balik mempunyai bagian utama berupa torak atau diafragma yang bergerak bolak-balik didalam selinder untuk dapat mengalirkan fluida. Pompa ini dilengkapi dengan katup-katup, dimana fluida bertekanan rendah di hisap melalui katup hisap ke ruang selinder, kemudian ditekan oleh torak atau diafragma hingga tekanan statisnya naik dan sanggup mengalirkan fluida keluar melalui katup tekan.

Pompa bolak-balik memiliki langkah-langkah kerja, pada langkah hisap maka terjadi kevakuman di dalam ruang silinder katup hisap terbuka maka cairan masuk ke ruang silinder, pada saat langkah tekan katup hisap tertutup dan katup keluar terbuka, sehingga fluida terdesak dan tekanan menjadi naik, kemudian aliran keluar melalui saluran keluar. Proses tersebut berlangsung terus – menerus selama pompa bekerja.



Gambar 2.2. Pompa bolak-balik (*Reciprocating Pump*)

2) Pompa Tekanan Dinamis

Pompa ini disebut juga dengan “*Non Positive Displacement Pump*“, pompa tekanan dinamis terdiri dari poros, sudu-sudu impeller, rumah volut, dan saluran keluar. Energi mekanis dari luar diberikan pada poros pompa untuk memutar impeller. Akibat putaran dari impeller menyebabkan head dari fluida menjadi lebih tinggi karena mengalami percepatan. Ditinjau dari arah aliran yang mengalir melalui sudu-sudu gerak, maka pompa tekanan dinamis digolongkan atas tiga bagian, yaitu :

a. Pompa aliran aksial

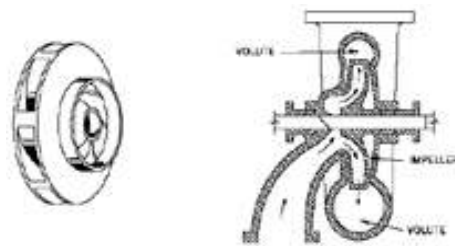
Arah aliran dalam sudu gerak pada pompa aliran radial terletak pada bidang yang tegak lurus terhadap poros dan head yang timbul akibat dari gaya sentrifugal itu sendiri. Pompa aliran radial mempunyai head yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan pompa jenis lain.

b. Pompa aliran aksial

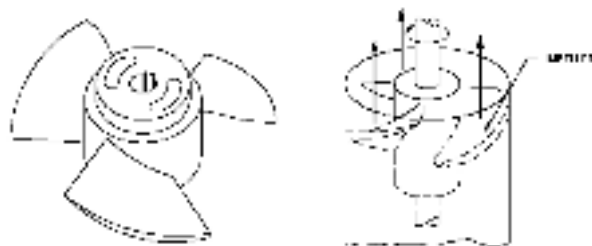
Arah aliran dalam sudu gerak pada pompa aliran aksial terletak pada bidang yang sejajar dengan sumbu poros dan head yang timbul akibat dari besarnya gaya angkat dari sudu-sudu geraknya. Pompa aliran aksial mempunyai head yang lebih rendah tetapi kapasitasnya lebih besar.

c. Pompa aliran campuran

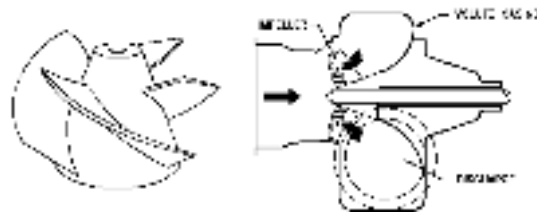
Pada pompa ini fluida yang masuk sejajar dengan sumbu poros dan keluar sudu dengan arah miring (merupakan perpaduan dari pompa aliran radial dan pompa aliran aksial). Pompa ini mempunyai head yang lebih rendah namun mempunyai kapasitas lebih besar.



(a)



(b)



(c)

- Gambar 2.3. a) Pompa aliran radial
 b) Pompa aliran aksial
 c) Pompa aliran campuran

Jadi prinsip kerja dari pompa tekan dinamis adalah dengan mengubah energi mekanis dari poros menjadi energi fluida, dan energi inilah yang menyebabkan pertambahan head tekanan, head kecepatan, dan head potensial pada fluida yang mengalir secara kontiniu.

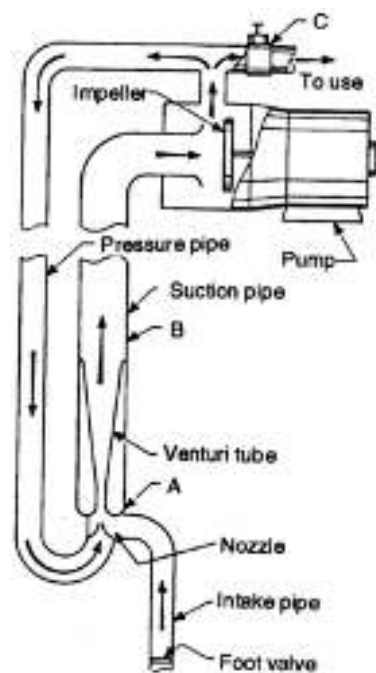
Pada pompa tekanan dinamis terjadinya aliran fluida adalah akibat dari kenaikan tekanan di dalam fluida bukan akibat pergeseran volume impeller pemindahannya seperti yang terjadi pada pompa tekanan statis. Pada pompa tekanan dinamis dijumpai poros putar dengan kurungan sudu disekelilingnya, dan melalui sudu-sudu inilah fluida mengalir secara kontiniu. Secara umum pompa tekanan dinamis dapat digolongkan atas :

Pompa efek khusus merupakan salah satu jenis pompa tekanan dinamis, dimana tekanan di dalam fluida terjadi secara spesifik. Beberapa contoh dari pompa jenis ini adalah pompa zet, pompa elektro magnetik, hidrolik pompa dan gas lift pump.

Pompa elektro magnetik menggunakan prinsip elektro magnetik untuk memindahkan fluidanya. Sehingga yang biasa dipindahkan adalah cairan metal. Pompa

jenis ini banyak digunakan dalam instalasi nklir. Kelebihan pompa jenis ini dapat memompakan fluida panas dan tidak mempunyai bagian yang bergerak sehingga tidak terlalu ibing.

Pompa zet umumnya dikombinasikan bekerja bersama sama dengan pompa sentrifugal. Karena dengan kombinasi ini diperoleh beberapa keuntungan, baik dari segi mekanis maupun hydrolis. Keuntungan mekanis adalah tidak ada bagian yang bergerak dalam sumur dimana pompa ini biasa digunakan.



Gambar 2.4. Pompa Zet

3) Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal dan instalasi pompa (sistem pemipaan, katup, dan lain-lain) adalah merupakan 2 buah sistem yang bekerja sama dan saling mempengaruhi.. Dari garis pada diagram $h - q$ pompa sentrifugal, yang sebagai garis karakteristik pompa atau juga garis peredaman (hasil pengaturan pembukaan katup) yang diketahui ketergantungan kenaikan h terhadap kapasitas q .

Untuk mengatur kapasitas q dari suatu instalasi pompa adalah sebagai berikut ;
 Perubahan karakteristik instalasi melalui (pengaturan pembukaan katup) karakteristik diubah dengan memelalui atau menggunakan katup yang dipasang didalam sistem pipa saluran dengan meningkatkan besarnya kerugian arus aliran fluida maka akan mengakibatkan perubahan dari karakteristik instalasi sehingga didapatkan titik potong yang baru dengan karakteristik pompa, gambar diatas pengaturan atau pengecilan (dengan cara memperbesar atau memperkecil pembukaan katup) ini mudah dilaksanakan, tetapi karena caranya dengan memperbesar kerugian arus aliran fluida akibatnya biaya bekerjanya adalah tinggi.

Didalam titik perencanaan dengan petunjuk notasi besarnya daya untuk alat penggerak adalah :

$$P_{yang\ perlu} = V_1 \cdot \rho \cdot g \cdot H_{B1} / \eta$$

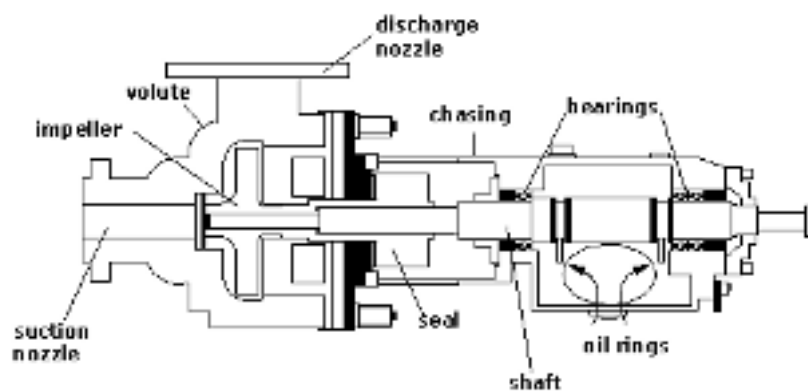
Dalam hal ini H statik + tahanan pipa. Dengan kecilnya pembekuan katup pengecilan berakibat kapasitas fluida di dalam saluran tekanan berkurang menjadi V_3 maka :

$$P_{yang\ perlu\ 3} = V_3 \cdot \rho \cdot g \cdot (H_{B1} - H_{V3}) / \eta$$

Bagaimanapun dayanya akan naik sebagai akibat pengaturan ini, tempat dari instalasi tidak berubah dan disini ada tambahan H_{V3} .

Sewaktu keadaan tidak tetap (H_{statik} yang kecil) $P_{yang\ perlu\ 3}$ akan dapat lebih besar dari $P_{yang\ perlu\ 1}$, bila diperhatikan dari sisi instalasi pada suatu kapasitas dari sisi instalasi pada suatu kapasitas V_3 tinggi kenaikan yang dibutuhkan hanya H_{B3} . Tambahan H_{V3} adalah disebabkan oleh pengecilan pembukaan katup pengecil yang merupakan bentuk dari energi yang tidak berguna.

Pengaturan dengan katup (*throttle*) terutama pada pompa radial harus hati-hati menggunakannya, karena meningkat keadaan hidrauliknya seperti yang ditunjukkan oleh gambar karakteristik pompa, bahwa pengaturan dengan sistem pengaturan katup adalah yang paling cepat untuk diijinkan guna dipakai, tetapi hal ini terutama berlaku bila penyimpangan kapasitas yang dibutuhkan kapasitas nominalnya hanya berlangsung dalam waktu yang singkat, dan bila daya yang dibutuhkan mesin penggerak pompa pada kapasitas yang lebih kecil menjadi makin turun (kurang dan tidak bertambah naik)



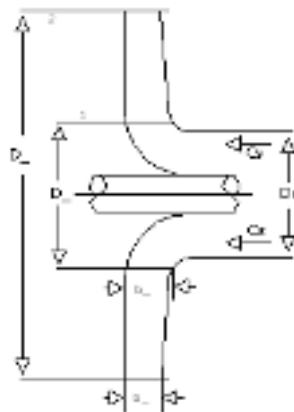
Gambar 2.5. Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal terdiri dari beberapa jenis yaitu ;

- Pompa jenis rumah keong ; pada jenis ini impeller membuang cairan dalam rumah spiral yang berangsur-angsur berkembang, ini dibuat sedemikian rupa untuk mengurangi kecepatan dapat diubah menjadi tekanan statis. Rumah keong ini akan menyeimbangkan beban-beban radial pada poros pompa sehingga beban akan saling meniadakan, dengan demikian akan mengurangi pembebanan poros dan resultant lenturan.
- Pompa jenis difuser ; Pada jenis ini baling-baling pengarah tetap akan mengelilingi runner atau impeller. Laluan-laluan yang berangsur-angsur mengembang ini akan

mengubah arah cairan dan mengkonversikannya menjadi tinggi tekan tekanan (*pressure head*).

- Pompa jenis turbin ; Pompa ini juga dikenal dengan pompa vorteks, peri-peri, dan regeneratif, cairan pada jenis ini dipusar oleh baling-baling impeller dengan kecepatan yang tinggi selama hampir dalam satu putaran didalam saluran yang berbentuk cincin (*annular*), tempat impeller tadi berputar. Energi ditambahkan kecairan kedalam bentuk impuls. Jadi pompa trubin menambah energi pada cairan dalam sejumlah impuls.
- Jenis aliran campuran dan airan aksial ; Pompa aliran campur menghasilkan tinggi tekan (*head*) sebagian oleh pengangkatan (*lift*) baling-baling pada cairan. Diameter sisi buang baling-baling ini lebih besar dari sisi masuknya. Pompa aliran aksial menghasilkan tinggi tekan oleh propeler atau oleh aksi pengangkatan (*lift*) baling-baling pada cairan. Diameter baling-baling pada sisi hisap sama dengan pada sisi buang. Pompa propeler merupakan jenis pompa aliran aksial.



Gambar 2.6. Bagian dari pompa sentrifugal

2.3. Sistem Perpipaan

Pengetahuan perpipaan merupakan sarana dan dasar pengetahuan didalam

perhitungan, perencanaan dan pelaksanaan perpipaan berikutnya. Dalam menentukan ukuran pipa menggunakan metode ekivalensi tekanan pipa. Metoda ini didasarkan pada konsep sirkit tertutup pipa-pipa cabang yang bermula dari suatu pipa pengumpul (header) dan kembali lagi. Yang berarti kerugian gesek dalam masing-masing pipa cabang tersebut sama. Sistem pipa penyediaan air dalam gedung biasanya tidak merupakan sirkit tertutup kembali lagi ke pipa pengumpul, kerugian gesek dalam pipa cabang tidak haruslah sama. Walaupun demikian metode ini sangat praktis digunakan untuk menghitung secara kasar ukuran pipa yang melayani jumlah alat plambing yang relatif sedikit. Dalam hal ini kita dapat melihat tabel ekivalen masing-masing pipa.

Pengetahuan perpipaan merupakan sama dan dasar pengetahuan didalam perhitungan, perencanaan dan pelaksanaan perpipapan berikutnya.

Hal yang perlu diketahui pada teknik perpipaan yaitu

1. Jenis pipa
 - a. Jenis pipa tanpa sambungan (pembuatan pipa tanpa sambungan).
 - b. Jenis pipa dengan sambungan (pembuatan pipa dengan pengelasan).
2. Bahan- bahan pipa secara umum
 - a. carbon steel
 - b. Carbon moly
 - c. Galvaness
 - d. Ferro nikel
 - e. Stainless steel
 - f. PVC (paralon)
 - g. Chrome moly

2.3.1. Komponen perpipaan

Komponen perpipaan harus dibuat berdasarkan spesifikasi, standar yang terdaftar dalam simbol dan kode yang telah dibuat atau dipilih sebelumnya. Komponen ini terdiri dari :

- a. **Pipes** (pipa-pipa)
- b. **Flanges** (fiens-Hens)
- c. **Fitting** (sambungan)
- d. **Valves** (katup-katup)
- e. **Gasket**
- f. **Special items** (bagian khusus)

2.3.2. Pemilihan bahan

Pemilihan bahan perpipaan harus disesuaikan dengan pembuatan teknik perpipaan.

- a. Perpipaan pembangkit tenaga
- b. Perpipaan untuk industri bahan gas
- c. Perpipaan untuk penyulingan minyak mentah
- d. Perpipaan untuk pengangkutan minyak, perpipaan untuk proses pendinginan
- e. Perpipaan instalasi air
- f. Perpipaan untuk distribusi dan transmisi gas.

2.3.3. Macam-macam sambungan perpipaan, antara lain :

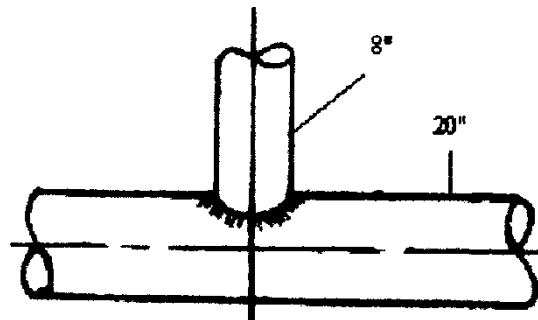
- a. Sambungan dengan menggunakan pengelasan
- b. Sambungan dengan menggunakan ulir.

Selain sambungan di atas, terdapat pula penyambungan khusus dengan menggunakan pengeleman (untuk pipa plastic dan pipa fibre glass). Pada pengilangan umumnya pipa bertekanan rendah dan pipa dibawah 2" saja yang menggunakan

sambungan ulir.

2.3.4. Tipe sambungan cabang

- a. Sambungan langsung (*stub in*)
- b. Sambungan dengan menggunakan *fittings* (slat penyambung)
- c. Sambungan dengan menggunakan *flanges*.



Gambar 2.7. Contoh sambungan langsung (*stub in*)

2.4. Persamaan-Persamaan Dasar Aliran Fluida

Dalam pengaliran air mulai dari sumber air hingga masuk kedalam wadah penampungan tidak terlepas dari persamaan-persamaan dasar aliran fluida sebagai berikut :

1. Prinsip kekekalan massa dimana berlaku Persamaan Kontinuitas
 2. Prinsip kekekalan energi dimana berlaku Persamaan Bernoulli
 3. Prinsip kekekalan momentum dimana berlaku Hukum Newton
1. Persamaan Kontinuitas

Persamaan kontinuitas diperoleh dari hukum kekekalan massa yang menyatakan bahwa untuk aliran yang stasioner massa fluida yang melalui semua bagian dalam arus fluida tiap satuan waktu adalah sama, dan dinyatakan (White, 1986) dengan :

$$m = \rho_1 \cdot Q_1 = \rho_2 \cdot Q_2 = \text{konstan} \dots\dots\dots \text{ref . 8}$$

Untuk aliran yang tidak termampatkan ($\rho = \text{konstan}$) maka persamaan di atas menjadi :

$$Q_1 = Q_2$$

$$A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2 \dots\dots\dots\text{ref. 8}$$

Dimana :

A = luas penampang (m^2)

V = kecepatan aliran di tiap penampang (m/dt)

2. Persamaan Bernoulli

Akibat dari gerakan fluida maka dapat menimbulkan atau menghasilkan energi, terutama energi mekanik yaitu sebagai akibat dari kecepatan fluida (energi kinetis) dan dari tekanannya (energi potensial) serta elevasi (energi potensial dari elevasi). Dalam mekanika fluida terutama bila memperhatikan sifat-sifat fluida dengan mengabaikan *compressibility*, Streeter (1987), maka akan didapatkan energi spesifik atau energi per satuan berat fluida (E) sebagai berikut :

$$E = \frac{V^2}{2g} + \frac{P}{\rho g} + Z \dots\dots\dots\text{ref. 8}$$

Dimana :

V = kecepatan (m/dt)

g = percepatan gravitasi (m/dt^2)

P = tekanan pada cairan (N/m^2)

ρ = massa jenis (kg/dt^3)

Z = elevasi (m)

Jika aliran tetap/tenang pada suatu fluida ideal yang terletak antara 2 titik pada suatu aliran lanar akan mempunyai energi spesifik yakni E_1 dan E_2 dari persamaan diatas maka dapat juga dituliskan sebagai berikut :

$$E_1 = E_2$$

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho g} + Z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho g} + Z_2 \dots\dots\dots\text{ref. 8}$$

Persamaan di atas biasa dikenal dengan nama Persamaan Bernoulli

Namun keadaan sebenarnya perhitungan akan berbeda karena perlu perhitungan gesekan antara fluida dengan saluran/pipa serta kerugian kecil yang terjadi pada aliran.

Maka bentuk Persamaan Bernoulli akan menjadi :

$$E_1 = E_2 + \varepsilon hf$$

Untuk mayor losses :

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho g} + Z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho g} + Z_2 + f \frac{L.V^2}{D.2g} (m) \dots\dots\dots\text{ref. 8}$$

Untuk minor losses :

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho g} + Z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho g} + Z_2 + k \frac{h_m.2g}{V^2} (m) \dots\dots\dots\text{ref. 8}$$

3. Persamaan Momentum

Menurut White (1986), hukum kedua Newton yang menyatakan perubahan momentum suatu benda itu sebanding dengan gaya yang bekerja pada benda tersebut. Dengan kata lain momentum aliran fluida terjadi karena adanya perubahan kecepatan aliran.

$$F = \rho \cdot Q \cdot (V_2 - V_1) \dots\dots\dots\text{ref. 8}$$

Dimana :

ρ = massa jenis fluida (kg/m^3)

Q = debit lairan (m^3/dt)

V_2 = kecepatan pada penampang 2 (m/dt)

V_1 = kecepatan pada penampang 1 (m/dt)

2.5. Kehilangan-kehilangan Energi Pada Sistem Perpipaan

Pada mekanika fluida telah diperlihatkan bahwa ada 2 macam bentuk kehilangan energi, yaitu :

2.5.1. Kehilangan Longitudinal (*Longitudinal Losses*)

Kehilangan longitudinal, yang disebabkan oleh gesekan sepanjang lingkaran pipa. Ada beberapa persamaan yang dapat digunakan dalam menentukan kehilangan longitudinal h_f apabila panjang pipa L meter dan diameter d mengalirkan kecepatan rata-rata V . Menurut White (1986), salah satu persamaan yang dapat digunakan adalah Persamaan Darcy-Weisbach yaitu :

$$H_L = f \frac{LV^2}{D 2g} \dots\dots\dots \text{ref. 8}$$

Dimana :

H_L = kerugian gesek sepanjang pipa (m)

f = koefisien gesek

L = panjang pipa (m)

V = kecepatan aliran fluida dalam pipa (m/dt)

g = percepatan gravitasi (m/dt²)

Tabel 2.1. Kekasaran rata-rata pipa komersial

Permukaan	Koefisien Kekasaran Mutlak	
	(M) 10 ⁻³	(Kaki)
Tembaga, Timbal, Kuningan, Aluminium (baru)	0,001-0,002	(3,33-6,7)10 ⁻⁶
Pipa PVC dan Plastik	0,0015-0,007	(0,5-2,33)10 ⁻⁵
Stainless Steel	0,015	5 x 10 ⁻⁵
Baja komersial pipa	0,045-0,09	(1,5-3)10 ⁻⁴
Membentang baja	0,015	5 x 10 ⁻⁵
Weld baja	0,045	1,5 x 10 ⁻⁴
Baja galvanis	0,15	5 x 10 ⁻⁴
Berkarat baja (korosi)	0,15-4	(5-133)10 ⁻⁴
Baru besi cor	0,25-0,8	(0,82-2,62)10 ⁻⁴
Dikenakan besi cor	0,8-1,5	(2,7-5)10 ⁻³
Rusty besi cor	1,5-2,5	(5-8,3)10 ⁻³
Lembar besi cor atau aspal	0,01-0,015	(3,33-5)10 ⁻⁵
Merapikan semen	0,3	1 x 10 ⁻³
Biasa beton	0,3-1	(1-3,33)10 ⁻³
Beton kasar	0,3-5	(1-16,7)10 ⁻³
Terencana kayu	0,18-0,9	0,59-2,59
Biasa kayu	5	16,7 x 10 ⁻³

Sedangkan untuk menghitung kerugian tekanan dalam pipa yang relatif sangat panjang, menurut Sularso (2004) umumnya digunakan persamaan Hazen-Williams :

$$H_L = \frac{10,666 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,85}} \times L \dots\dots\dots \text{ref. 8}$$

Dimana :

L = panjang pipa (m)

D = diameter pipa (m)

Q = debit aliran (m³/h)

C = koefisien Hazen-Williams

Tabel 2.2. Koefisien Hazen-Williams

Bahan Pipa	Koefisien Hazen-William (C)
Baja atau besi tempa :	
a. Baru	120 – 140
b. Sedang (mean)	120
c. Umur 20 tahun	80 - 100
Beton	100 – 140
Semen-asbes (Asbestos-Cement)	140
Pipa sangat halus	135 - 140

2.5.2. Kehilangan Lokal (*Local Losses*)

Kerugian lokal adalah kerugian head yang disebabkan karena sambungan, belokan, katup, pembesaran/pengecilan penampang, sehingga oleh Messina (1986) dirumuskan dengan :

$$h_l = h_o + h_b + h_c \dots\dots\dots \text{ref. 8}$$

a) Kerugian pada bagian pemasukan

Untuk menghitung kerugian head pada bagian pemasukan digunakan rumus dari (Messina, 1986) :

$$h_o = k_o \frac{V^2}{2g} \quad (m)$$

Dimana :

k_o = koefisien gesek pada mulut pemasukan

b) Kerugian karena sambungan

Untuk menghitung kerugian head karena belokan digunakan rumus Fuller (Sularso, 2002) :

$$h_b = f \frac{V^2}{2g} \quad (m)$$

Dimana :

f = koefisien kehilangan karena sambungan

$$f = \left[0,131 + 1,847 \left(\frac{D}{2R} \right)^{3,5} \right] \left(\frac{\theta}{90} \right)^{0,5}$$

Dimana :

R = jari-jari lengkungan sumbu sambungan

c) Kerugian karena perubahan penampang

Kerugian menghitung kerugian head karena perubahan penampang digunakan rumus dari (Saleh, 2002) :

$$h_c = k_c \frac{V^2}{2g} \quad (m)$$

2.5.3. Kerugian Minor

Untuk setiap sistem pipa, selain kerugian tipe moody yang dihitung untuk seluruh panjang pipa, ada pula yang dinamakan kerugian kecil (kerugian minor). Kerugian kecil ini disebabkan hal antara lain lubang masuk atau lubang keluar pipa, pembesaran atau pengecilan secara tiba-tiba, belokan, sambungan, katup dan pengecilan dan pembesaran secara berangsur-angsur.

Karena pola aliran dalam katup maupun sambungan cukup rumit, teorinya sangat lemah. Kerugian ini biasanya diukur secara eksperimental dan dikorelasikan dengan

parameter-parameter aliran dalam pipa. Kerugian kecil terukur biasanya diberikan sebagai nisbah kerugian hulu.

Belokan pada pipa menghasilkan kerugian head yang lebih besar dari pada jika pipa lurus. Kerugian-kerugian tersebut disebabkan daerah-daerah aliran yang terpisah didekat sisi dalam belokan (khususnya jika belokan tajam) dan aliran sekunder yang berpusar karena ketidak seimbangan gaya-gaya sentripetal akibat kelengkungan sumbu pipa.

Ada dua macam belokan pipa, yaitu belokan lengkung atau belokan patah (mitter atau multipiece bend). Untuk belokan lengkung sering dipakai rumus Fuller (Sularso, 1983), dimana nilai dari koefisien kerugian dinyatakan sebagai :

$$k_{kb} = \left[0,131 + 1,847 \left(\frac{D}{2R} \right)^{3,5} \right] \left(\frac{\theta}{90} \right)^{0,5}$$

Dimana :

k_{kb} = koefisien kerugian belokan

R = jari-jari belokan pipa (m)

D = diameter pipa (m)

θ = sudut belokan (derajat)

Dan untuk belokan lengkung dimana nilai dan koefisien kerugian secara teoritis dan koefisien kerugian secara aktual dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$k_{kb-th} = 0,0175 \times \lambda \left(\frac{R}{D} \right) \theta$$

Dimana :

$$\lambda = \frac{5}{Re^{0,45}} \left(\frac{D}{2R} \right)$$

Dan

$$1400 < \text{Re} \sqrt{\frac{D}{2R}} < 5000$$

Untuk koefisien kerugian belokan secara actual sebagai berikut :

$$k_{kb-act} = \frac{\Delta h \times 2g}{V^2}$$

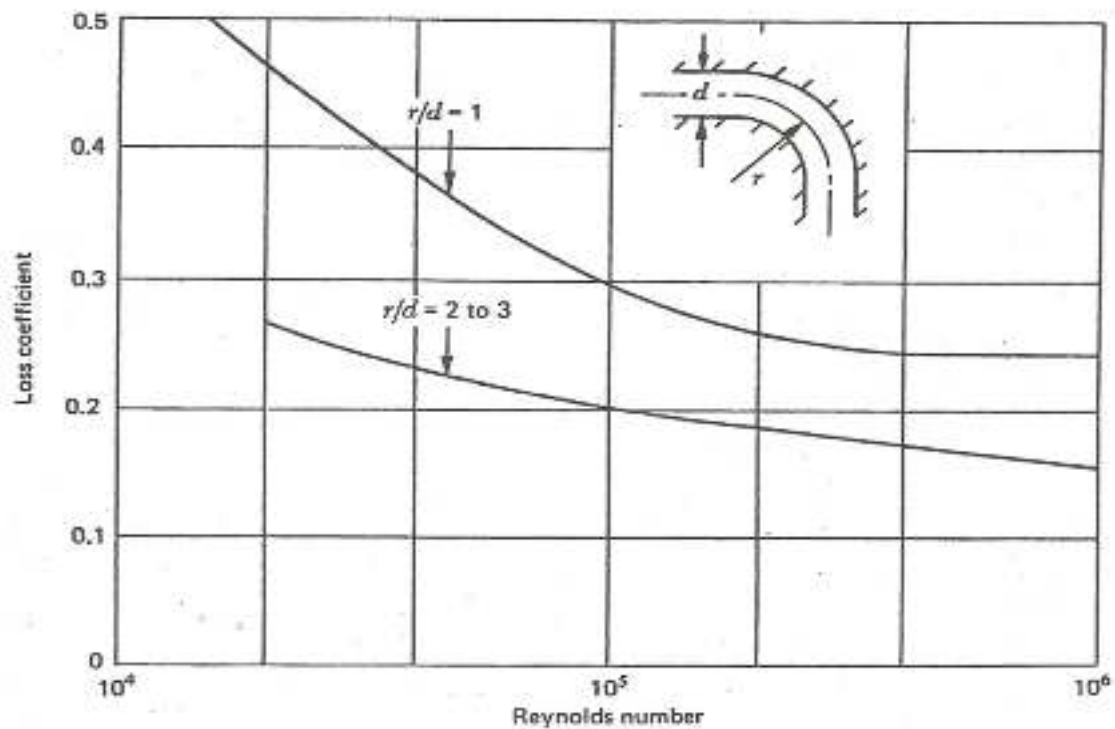
Dan untuk menghitung koefisien koreksi kerugian belokan digunakan persamaan sebagai berikut :

$$C_{kb} = \frac{K_b - th}{K_b - act}$$

Kemudian untuk mengetahui kerugian head dapat menggunakan persamaan di bawah ini :

$$H_L = (Kf + 2 K_{b-th} \left(\frac{V^2}{2g} \right))$$

Berikut adalah gambar rerugi kelokan tambahan, dimana terjadi variasi koefisien kerugian karena pengaruh perubahan bilangan Reynoldsnnya. Sebagaimana terlihat pada gambar 2.8, perbandingan jari-jari kelokan dengan diameter (r/d) juga mempengaruhi besar reruginya.



Gambar 2.8. Efek bilangan Reynolds terhadap koefisien kerugian elbow 90°

Kerugian karena perubahan penampang dapat berupa pembesaran tiba-tiba, pembesaran perlahan, pengecilan tiba-tiba dan pengecilan perlahan-lahan.

Kerugian yang terjadi karena perubahan penampang pipa secara mendadak (kontraksi tiba-tiba) seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2 mempunyai koefisien kerugian ($KL = hL/(V^2/2g)$), adalah fungsi dari rasio A_2/A_1 . Nilai KL berubah secara gradual dari satu kondisi ekstrim dengan sisi masuk bertepi tajam ($A_2/A_1 = 0$ dengan $KL = 0.50$) sampai kondisi ekstrim lainnya tanpa adanya perubahan luas ($A_2/A_1 = 1$ dengan $KL = 0$)

Untuk aliran akibat perbesaran mendadak serupa dengan aliran sisi keluar. Fluida meninggalkan pipa yang lebih kecil dan pada awalnya membentur struktur seperti jet sewaktu memasuki pipa yang lebih besar. Setelah jarak beberapa diameter dihilir dari perbesaran, jet menjadi tersebar diseluruh penampang pipa dan aliran berkembang penuh terbentuk kembali.

2.6. Sifat-Sifat Fluida

Terdapat beberapa sifat fluida antara lain :

1. Kerapatan

Besarnya kerapatan adalah :

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Dimana :

ρ = kerapatan massa (kg/m³)

m = massa zat cair (kg)

V = volume (m³)

Hubungan antara kerapatan dengan berat jenis adalah :

$$\gamma = \rho \times g$$

Dimana :

γ = berat jenis (kg/m³.dt²)

ρ = kerapatan massa (kg/m³)

g = percepatan gravitasi (m/dt²)

Hubungan antara kerapatan dengan volume jenis (v) adalah :

$$v = \frac{1}{\rho}$$

2. Kekentalan

Dalam beberapa masalah mengenai gerak zat cair, kekentalan absolute atau dianmik dihubungkan dengan rapat massa dalam bentuk :

$$vk = \frac{\mu}{\rho}$$

Dimana :

ν = Kekentalan kinematik (m²/s)

μ = Kekentalan dinamik (Ns/m²)

ρ = kerapatan massa (kg/m³)

2.7. Aliran Fluida Dalam Pipa

Terdapat beberapa aliran fluida dalam pipa yaitu aliran mantap dan aliran pada pipa lurus. Pada pipa lurus diklasifikasikan menjadi aliran laminar, aliran transisi dan aliran turbulen. Untuk menentukan apakah suatu aliran itu laminar, transisi atau turbulen dapat dipakai bilangan reynolds :

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu}$$

Dimana :

Re = bilangan reynold

V = kecepatan rata-rata aliran dalam pipa (m/dt)

D = diameter dalam pipa (m)

ν = kekentalan kinematik (m²/dt)

Jika $Re < 2.300$; aliran bersifat laminar

Jika $Re > 4.000$; aliran bersifat turbulen

Jika $Re = 2.300 - 4000$; terdapat daerah transisi dimana aliran dapat bersifat laminar atau turbulen tergantung pada kondisi pipa dan aliran.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metode

Dalam penelitian ini, terdapat beberapa tahapan yang dimulai dengan pembuatan instalasi pompa, pengaturan pipa iisap yang dimulai dari ukuran 1 inchi , lalu 3/4 inchi, dan terakhir 1/2 inchi, dan semua perubahan ini akan dilihat debit air atau kapasitas air yang dihasilkan berdasarkan waktu yang sudah ditentukan.



3.2. Bahan Dan Peralatan Penelitian

Dalam penelitian ini bahan dan peralatan yang digunakan antara lain :

1. Air
2. Pipa
3. Pompa
4. Sambungan Pipa
5. *Stop watch*
6. Bak penampung air
7. Kran Air
8. Pipa PVC, dengan variasi diameter ($1/2'$, $3/4'$, $1'$)

3.3. Tabel Hasil Pengujian

1. Tabel Pengujian untuk diameter pipa $1/2$ Inc

Pengujian ke -	Diameter Pipa $1/2$ Inc	
	Waktu	Debit
1
2
3

2. Tabel Pengujian untuk diameter pipa $3/4$ Inc

Pengujian ke -	Diameter Pipa $3/4$ Inc	
	Waktu	Debit
1
2
3

3. Tabel Pengujian untuk diameter pipa 1 Inc

Pengujian ke -	Diameter Pipa 1 Inc	
	Waktu	Debit
1
2
3

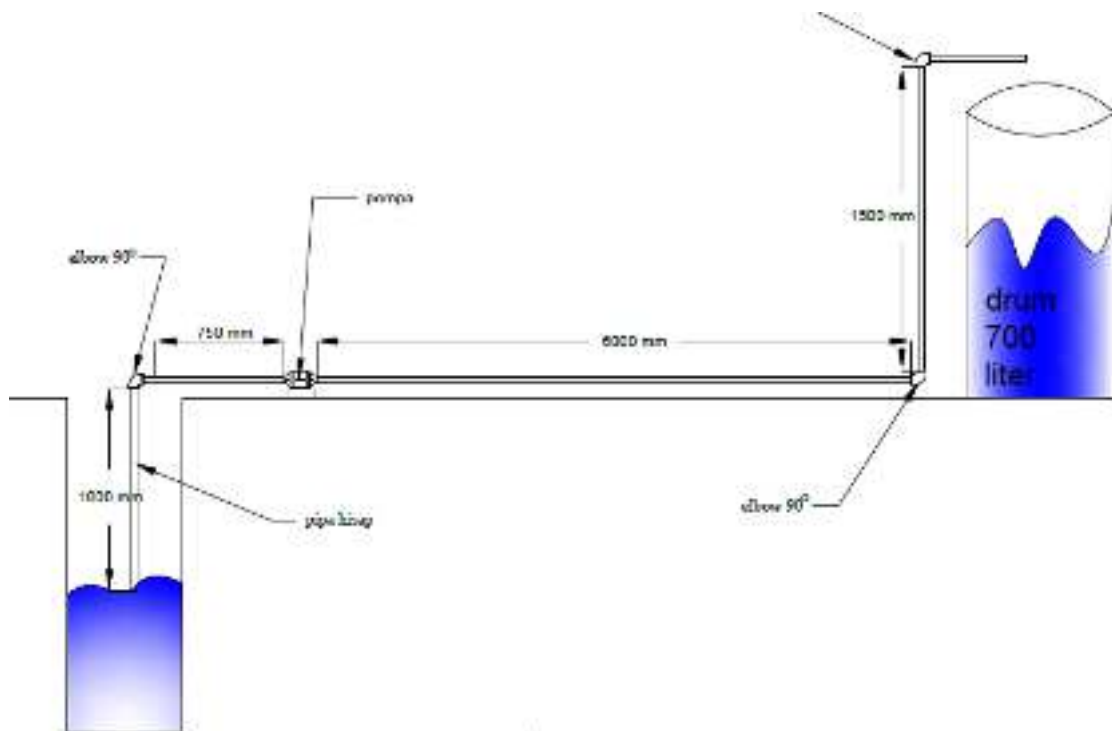
3.4. Spesifikasi Pompa

- Merk : Dabori (Italy)
- Debit (Q) : 34 liter/menit
- Suction Head : 9 meter
- Discharg Head : 24 meter
- Total Head : 33 meter
- Pipa Size : 1 inchi x 1 inchi
- V/HZ/PH : 220/50/1
- Output : 125 watt
- Rpm : 2850
- IP : 44 Waending Class B

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian



Gambar 4.1. Instalasi pemasangan pipa

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah bertujuan untuk mendapatkan hubungan perubahan diameter pipa isap terhadap waktu yang dibutuhkan untuk mencapai pengisian fluida air dalam kapasitas tertentu. Penelitian yang dilakukan adalah merubah diameter pipa isap pada penggunaan pompa rumah tangga, yang meliputi ; ukuran 1/2 inchi, 3/4 inchi dan 1 inchi, dengan instalasi pemipaan seperti gambar di atas.

4.1.1. Data Hasil Pengujian untuk diameter pipa isap 1/2 Inchi (12,7 mm)

Tabel 4.1. Hubungan diameter pipa isap terhadap waktu pengisian

Pengujian Ke -	Panjang Pipa		Diameter Pipa		Kapasitas Pengisian (liter)	Waktu Pengisian (menit)
	Isap (mm)	Tekan (mm)	Isap (mm)	Tekan (mm)		
1	1750	7500	12,7	12,7	700	50
2	1750	7500	12,7	12,7	700	45
3	1750	7500	12,7	12,7	700	49
Rata2	1750	7500	12,7	12,7	700	48

Dari data di atas untuk ketiga sampel pengujian pada pipa isap dengan diameter 1/2 inchi (12,7 mm) dan pipa tekan dengan diameter 1/2 inchi (12,7 mm) didapat waktu pengisian rata-rata 48 menit.

Pada pengujian pipa isap dengan diameter 1/2 inchi (12,7 mm) dan pipa tekan 1/2 inchi (12,7 mm) waktu yang dibutuhkan untuk pengisian fluida air dengan kapasitas 700 liter sebesar 48 menit, sehingga didapat debit aliran untuk pipa isap 1/2 inchi (12,7 mm) sebesar :

$$Q = V / T$$

Dimana :

Q = Debit Aliran (liter/menit)

V = Volume pengisian fluida (liter)

T = waktu yang dibutuhkan selama pengisian (menit)

Maka :

$$Q = 700 \text{ liter} / 48 \text{ menit}$$

$$Q = 14,61 \text{ liter/menit}$$

Seperti kita ketahui bahwa debit pompa berdasarkan spesifikasi pabrik adalah 34 liter/menit sementara dari perhitungan didapat untuk debit aliran dengan

penggunaan pipa isap 1/2 inchi (12,7 mm) dan pipa tekan 1/2 inchi (12,7 mm) adalah 14,61 liter/menit, memiliki selisih dengan debit pompa yang sebenarnya sebesar 19,39 liter/menit.

4.1.2. Data Hasil Pengujian untuk diameter pipa isap 3/4 Inchi (19,05 mm)

Tabel 4.2. Hubungan diameter pipa isap terhadap waktu pengisian

Pengujian Ke -	Panjang Pipa		Diameter Pipa		Kapasitas Pengisian (liter)	Waktu Pengisian (menit)
	Isap (mm)	Tekan (mm)	Isap (mm)	Tekan (mm)		
1	1750	7500	19,05	12,7	700	47
2	1750	7500	19,05	12,7	700	40
3	1750	7500	19,05	12,7	700	45
Rata2	1750	7500	19,05	12,7	700	44

Dari data di atas untuk ketiga sampel pengujian pada pipa isap dengan diameter 3/4 inchi (19,05 mm) dan pipa tekan dengan diameter 1/2 inchi (12,7 mm) didapat waktu pengisian rata-rata 44 menit.

Pada pengujian pipa isap dengan diameter 3/4 inchi (19,05 mm) dan pipa tekan 1/2 inchi (12,7 mm) waktu yang dibutuhkan untuk pengisian fluida air dengan kapasitas 700 liter sebesar 44 menit, sehingga didapat debit aliran untuk pipa isap 3/4 inchi (19,05 mm) sebesar :

$$Q = V / T$$

Dimana :

Q = Debit Aliran (liter/menit)

V = Volume pengisian fluida (liter)

T = waktu yang dibutuhkan selama pengisian (menit)

Maka :

$$Q = 700 \text{ liter} / 44 \text{ menit}$$

$$Q = 15,98 \text{ liter/menit}$$

Seperti kita ketahui bahwa debit pompa berdasarkan spesifikasi pabrik adalah 34 liter/menit sementara dari perhitungan didapat untuk debit aliran dengan penggunaan pipa isap 3/4 inchi (19,05 mm) dan pipa tekan 1/2 inchi (12,7 mm) adalah 15,98 liter/menit. memiliki selisih dengan debit pompa yang sebenarnya sebesar debit sebesar 18,02 liter/menit.

4.1.3. Data Hasil Pengujian untuk diameter pipa isap 1 Inchi (25,4 mm)

Tabel 4.3. Hubungan diameter pipa isap terhadap waktu pengisian

Pengujian Ke -	Panjang Pipa		Diameter Pipa		Kapasitas Pengisian (liter)	Waktu Pengisian (menit)
	Isap (mm)	Tekan (mm)	Isap (mm)	Tekan (mm)		
1	1750	7500	25,4	12,7	700	40
2	1750	7500	25,4	12,7	700	40
3	1750	7500	25,4	12,7	700	37
Rata2	1750	7500	25,4	12,7	700	39

Dari data di atas untuk ketiga sampel pengujian pada pipa isap dengan diameter 1 inchi (25,4 mm) dan pipa tekan dengan diameter 1/2 inchi (12,7 mm) didapat waktu pengisian rata-rata 39 menit.

Pada pengujian pipa isap dengan diameter 1 inchi (25,4 mm) dan pipa tekan dengan diameter 1/2 inchi (12,7 mm) waktu yang dibutuhkan untuk pengisian fluida air dengan kapasitas 700 liter sebesar 39 menit, sehingga didapat debit aliran untuk pipa isap 1 inchi sebesar :

$$Q = V / T$$

Dimana :

Q = Debit Aliran (liter/menit)

V = Volume pengisian fluida (liter)

T = waktu yang dibutuhkan selama pengisian (menit)

Maka :

$Q = 700 \text{ liter} / 39 \text{ menit}$

$Q = 17,97 \text{ liter/menit}$

Seperti kita ketahui bahwa debit pompa berdasarkan spesifikasi pabrik adalah 34 liter/menit sementara dari perhitungan didapat untuk debit aliran dengan penggunaan pipa isap 1 inchi (25,4 mm) dan pipa tekan dengan diameter 1/2 inchi (12,7 mm) adalah 17,97 liter/menit. memiliki selisih dengan debit pompa yang sebenarnya sebesar debit sebesar 16,03 liter/menit.

4.2. Analisa Dan Pembahasan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, dapat kita lihat hubungan perubahan diameter pipa isap terhadap debit fluida. Di sini terlihat seperti tabel di bawah ini :

1. Analisa pada diameter pipa 1/2 Inchi (12,7 mm)

Pada hasil pengujian untuk diameter pipa 1/2 Inchi (12,7 mm) dapat kita buat hubungan seperti tabel di bawah ini.

Tabel 4.4. Hubungan diameter pipa isap terhadap waktu pengisian dan debt fluida

Sampel	Panjang Pipa		Diameter Pipa		Kapasitas Pengisian (liter)	Waktu Pengisian (menit)	Debit Aliran (ltr/mnt)	Debit Pompa (ltr/mnt)	Selisih Debit Aliran (ltr/mnt)
	Isap (mm)	Tekan (mm)	Isap (mm)	Tekan (mm)					
1	1750	7500	12,7	12,7	700	50	14	34	20
2	1750	7500	12,7	12,7	700	45	15,56	34	18,44
3	1750	7500	12,7	12,7	700	49	14,29	34	19,71
Rata2	1750	7500	12,7	12,7	700	48	14,61	34	19,39

Pada pengujian pipa isap dengan diameter 1/2 inchi (12,7 mm) dengan pipa tekan diameter 1/2 inchi (12,7 mm) waktu yang dibutuhkan untuk pengisian fluida air dengan kapasitas 700 liter sebesar 48 menit, sehingga didapat debit aliran untuk pipa isap 1/2 inchi sebesar 14,61 liter/menit.

1.1. Kecepatan aliran fluida yang melewati pipa :

$$Q = v \cdot A$$

Dimana :

$$Q = \text{Debit Aliran (m}^3/\text{menit)}$$

$$= 14,61 \text{ liter/menit}$$

$$= 0,01461 \text{ m}^3/\text{menit}$$

v = kecepatan aliran fluida dalam pipa (m/menit)

A = Luas peampang pipa (m²)

$$= 3,14/4 \cdot (d^2)$$

$$= 0,785 \cdot (0,0127^2)$$

$$= 0,000127 \text{ m}^2$$

Maka :

$$Q = v \cdot A$$

$$v = Q / A$$

$$v = 0,01461 / 0,000127 \text{ m/menit}$$

$$v = 115,3913 \text{ m/menit}$$

Jadi dari hasil perhitungan didapat bahwa kecepatan aliran fluida sebesar 115,3913 m/menit.

1.2. Losses yang terjadi pada sepanjang pipa isap adalah :

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

Dimana :

H_L = kerugian gesek sepanjang pipa (m)

$$= 1750 \text{ mm} = 1,75 \text{ m}$$

f = koefisien gesek

Aliran dalam pipa yang terjadi, dimana kekentalan kinematik (ν) adalah

$1,01 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{dt}$, sehingga :

$$Re = \frac{V \times D}{\nu}$$

Dimana :

V = kecepatan aliran fluida

$$= 115,3913 \text{ m/menit} = 1,9232 \text{ m/dt}$$

D = diameter pipa

$$= 12,7 \text{ mm} = 0,0127 \text{ m}$$

Maka :

$$Re = \frac{1,9232 \times 0,0127}{1,01 \times 10^{-6}}$$

$$Re = 0,02418 \times 10^6$$

Maka aliran yang terjadi adalah $0,02418 \times 10^6 > 4000$; adalah aliran turbulen

Sehingga didapat koefisien gesek pada pipa adalah 0,58

$$L = \text{panjang pipa (m)}$$

$$= 1750 \text{ mm} = 1,75 \text{ m}$$

$$V = \text{kecepatan aliran fluida dalam pipa (m/dt)}$$

$$g = \text{percepatan gravitasi (m/dt}^2\text{)}$$

Maka losses yang terjadi sepanjang panjang pipa hisap adalah :

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

$$H_L = 0,58 \frac{1,75 \cdot 1,9232^2}{0,0127 \cdot 2(10)}$$

$$H_L = 14,78 \text{ m}$$

2. Analisa pada diameter pipa 3/4 Inchi (19,05 mm)

Pada hasil pengujian untuk diameter pipa 3/4 Inchi (19,05 mm) dapat kita buat hubungan seperti tabel di bawah ini.

Tabel 4.5. Hubungan diameter pipa isap terhadap waktu pengisian dan debit fluida

Sampel	Panjang Pipa		Diameter Pipa		Kapasitas Pengisian (liter)	Waktu Pengisian (menit)	Debit Aliran (ltr/mnt)	Debit Pompa (ltr/mnt)	Selisih Debit (ltr/mnt)
	Isap (mm)	Tekan (mm)	Isap (mm)	Tekan (mm)					
1	1750	7500	19,05	12,7	700	47	14,89	34	19,11
2	1750	7500	19,05	12,7	700	40	17,5	34	16,5
3	1750	7500	19,05	12,7	700	45	15,56	34	18,44
Rata2	1750	7500	19,05	12,7	700	44	15,98	34	18,02

Pada pengujian pipa isap dengan diameter 3/4 inchi (19,05 mm) dengan pipa tekan diameter 1/2 inchi (12,7 mm) waktu yang dibutuhkan untuk pengisian fluida air

dengan kapasitas 700 liter sebesar 44 menit, sehingga didapat debit aliran untuk pipa isap 3/4 inchi sebesar 15,98 liter/menit.

2.1. Kecepatan aliran fluida yang melewati pipa :

$$Q = v \cdot A$$

Dimana :

$$Q = \text{Debit Aliran (m}^3\text{/menit)}$$

$$= 15,98 \text{ liter/menit}$$

$$= 0,01598 \text{ m}^3\text{/menit}$$

v = kecepatan aliran fluida dalam pipa (m/menit)

A = Luas peampang pipa (m²)

$$= 3,14/4 \cdot (d^2)$$

$$= 0,785 \cdot (0,019^2)$$

$$= 0,000283 \text{ m}^2$$

Maka :

$$Q = v \cdot A$$

$$v = Q / A$$

$$v = 0,01598 / 0,000283 \text{ m/menit}$$

$$v = 56,38972 \text{ m/menit}$$

Jadi dari hasil perhitungan didapat bahwa kecepatan aliran fluida sebesar 56,38972 m/menit.

2.2. Losses yang terjadi pada sepanjang pipa isap adalah :

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

Dimana :

H_L = kerugian gesek sepanjang pipa (m)

$$= 1750 \text{ mm} = 1,75 \text{ m}$$

f = koefisien gesek

Aliran dalam pipa yang terjadi, dimana kekentalan kinematik (ν) adalah

$1,01 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{dt}$, sehingga :

$$Re = \frac{V \times D}{\nu}$$

Dimana :

V = kecepatan aliran fluida

$$= 56,38972 \text{ m/menit} = 0,9398 \text{ m/dt}$$

D = diameter pipa

$$= 19,05 \text{ mm} = 0,01905 \text{ m}$$

Maka :

$$Re = \frac{0,9398 \times 0,01905}{1,01 \times 10^{-6}}$$

$$Re = 0,0177 \times 10^6$$

Maka aliran yang terjadi adalah $0,0177 \times 10^6 > 4000$; adalah aliran turbulen

Sehingga didapat koefisien gesek pada pipa adalah 0,538

L = panjang pipa (m)

$$= 1750 \text{ mm} = 1,75 \text{ m}$$

V = kecepatan aliran fluida dalam pipa (m/dt)

g = percepatan gravitasi (m/dt^2)

Maka losses yang terjadi sepanjang panjang pipa hisap adalah :

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

$$H_L = 0,538 \frac{1,75 \cdot 0,9398^2}{0,01905 \cdot 2(10)}$$

$$H_L = 2,1826 \text{ m}$$

3. Analisa pada diameter pipa 1 Inchi (25,4 mm)

Pada hasil pengujian untuk diameter pipa 1 Inchi (25,4 mm) dapat kita buat hubungan seperti tabel di bawah ini.

Tabel 4.6. Hubungan diameter pipa isap terhadap waktu pengisian dan debit fluida

Sampel	Panjang Pipa		Diameter Pipa		Kapasitas Pengisian (liter)	Waktu Pengisian (menit)	Debit Aliran (ltr/mnt)	Debit Pompa (ltr/mnt)	Selisih Debit Aliran (ltr/mnt)
	Isap (mm)	Tekan (mm)	Isap (mm)	Tekan (mm)					
1	1750	7500	25,4	12,7	700	40	17,5	34	16,5
2	1750	7500	25,4	12,7	700	40	17,5	34	16,5
3	1750	7500	25,4	12,7	700	37	18,92	34	15,08
Rata2	1750	7500	25,4	12,7	700	39	17,97	34	16,03

Pada pengujian pipa isap dengan diameter 1 inchi (25,4 mm) dengan pipa tekan diameter 1/2 inchi (12,7 mm) waktu yang dibutuhkan untuk pengisian fluida air dengan kapasitas 700 liter sebesar 39 menit, sehingga didapat debit aliran untuk pipa isap 3/4 inchi sebesar 17,97 liter/menit.

3.1. Kecepatan aliran fluida yang melewati pipa :

$$Q = v \cdot A$$

Dimana :

$$Q = \text{Debit Aliran (m}^3\text{/menit)}$$

$$= 17,97 \text{ liter/menit}$$

$$= 0,01797 \text{ m}^3/\text{menit}$$

v = kecepatan aliran fluida dalam pipa (m/menit)

A = Luas peampang pipa (m^2)

$$= 3,14/4 \cdot (d^2)$$

$$= 0,785 \cdot (0,0254^2)$$

$$= 0,000506 \text{ m}^2$$

Maka :

$$Q = v \cdot A$$

$$v = Q / A$$

$$v = 0,01797 / 0,000506 \text{ m/menit}$$

$$v = 35,48224 \text{ m/menit}$$

Jadi dari hasil perhitungan didapat bahwa kecepatan aliran fluida sebesar 35,48224 m/menit.

3.2. Losses yang terjadi pada sepanjang pipa isap adalah :

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

Dimana :

H_L = kerugian gesek sepanjang pipa (m)

$$= 1750 \text{ mm} = 1,75 \text{ m}$$

f = koefisien gesek

Aliran dalam pipa yang terjadi, dimana kekentalan kinematik (ν) adalah

$1,01 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{dt}$, sehingga :

$$Re = \frac{V \times D}{\nu}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} V &= \text{kecepatan aliran fluida} \\ &= 35,48224 \text{ m/menit} = 0,5914 \text{ m/dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= \text{diameter pipa} \\ &= 25,4 \text{ mm} = 0,0254 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka :

$$Re = \frac{0,5914 \times 0,0254}{1,01 \times 10^{-6}}$$

$$Re = 0,0146 \times 10^6$$

Maka aliran yang terjadi adalah $0,0146 \times 10^6 > 4000$; adalah aliran turbulen

Sehingga didapat koefisien gesek pada pipa adalah 0,518

$$\begin{aligned} L &= \text{panjang pipa (m)} \\ &= 1750 \text{ mm} = 1,75 \text{ m} \end{aligned}$$

$$V = \text{kecepatan aliran fluida dalam pipa (m/dt)}$$

$$g = \text{percepatan gravitasi (m/dt}^2\text{)}$$

Maka losses yang terjadi sepanjang panjang pipa hisap adalah :

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

$$H_L = 0,518 \frac{1,75 \cdot 0,5914^2}{0,0254 \cdot 2(10)}$$

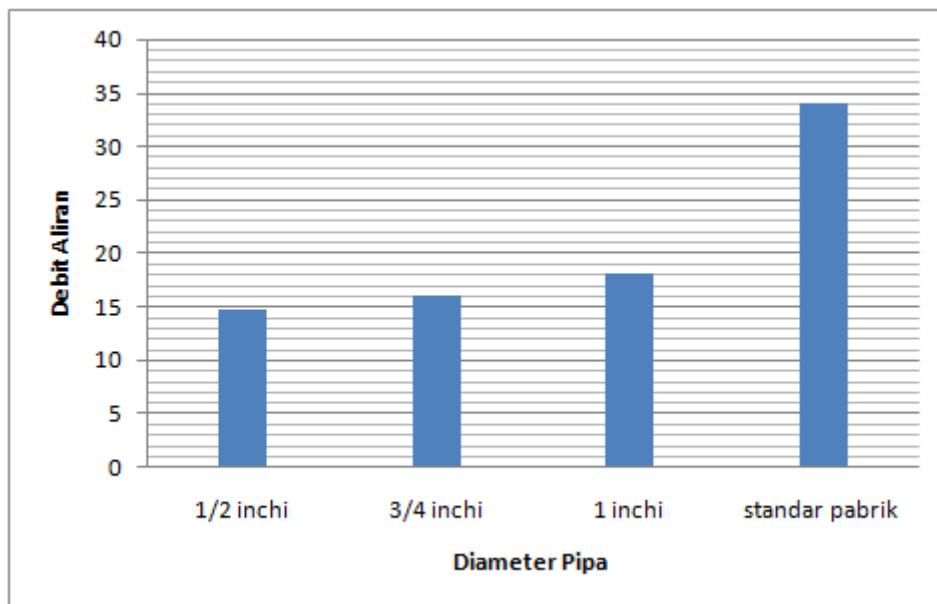
$$H_L = 0,62412 \text{ m}$$

Dapat kita lihat ternyata pengecilan penampang sangat mempengaruhi debit aliran pada pompa, dimana kecepatan aliran fluida juga berubah (seperti analisa di atas),

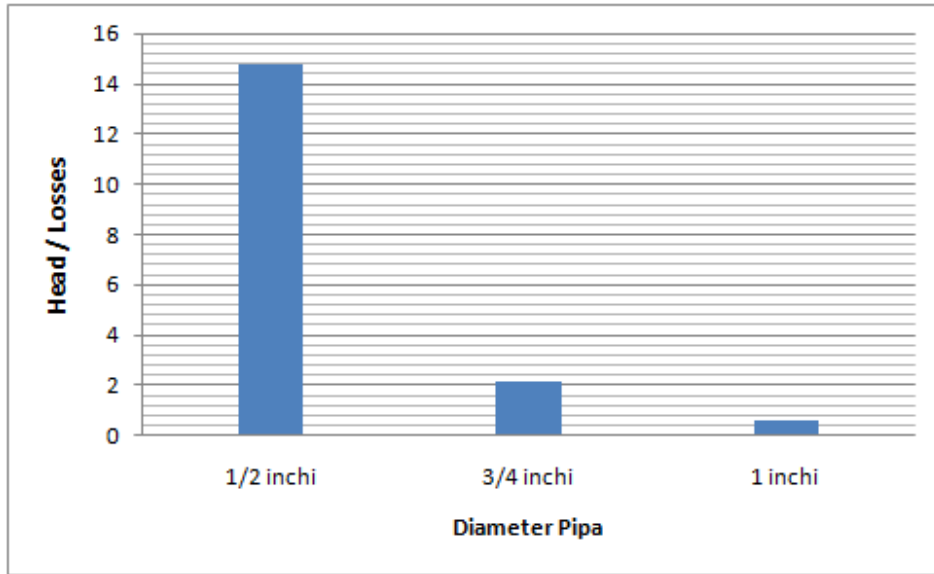
sehingga waktu yang dibutuhkan untuk pengisian kapasitas tertentu akan semakin membutuhkan waktu yang relatif lama.

Dan kerugian tekan yang terjadi juga memperlihatkan bahwa semakin kecil penampang maka akan menyebabkan faktor gesekan yang juga semakin besar, sedangkan nilai kehilangan energi atau kerugian head angkat pada aliran pipa tersebut juga terlihat bahwa semakin kecil penampang pipa akan menyebabkan terjadi kenaikan kerugian head dan begitu sebaliknya.

Ini dapat kita lihat perbandingannya seperti ditampilkan pada grafik di bawah ini :



Gambar 4.11. Perbandingan Debit Aliran Terhadap Diameter Pipa



Gambar 4.12. Perbandingan Head/Losses Terhadap Diameter Pipa

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari pembahasan tentang pengujian terhadap pengaruh perubahan diameter pipa isap terhadap debit dan kecepatan pompa yang telah dilakukan dimana meliputi pada pipa dengan diameter 1/2 inchi, 3/4 inchi dan 1 inchi dapat disimpulkan bahwa :

1. Diameter pipa isap 1/2 inchi didapat waktu pengisian untuk kapasitas pengisian 700 liter sebesar 48 menit, yang berarti debit aliran sebesar 14,61 liter/menit dengan selisih sebesar 19,39 liter/menit dari debit pompa rujukan pabrikan.
2. Diameter pipa isap 3/4 inchi didapat waktu pengisian untuk kapasitas pengisian 700 liter sebesar 44 menit, yang berarti debit aliran sebesar 145,98 liter/menit dengan selisih sebesar 18,02 liter/menit dari debit pompa rujukan pabrikan.
3. Diameter pipa isap 1 inchi didapat waktu pengisian untuk kapasitas pengisian 700 liter sebesar 39 menit, yang berarti debit aliran sebesar 17,97 liter/menit dengan selisih sebesar 16,03 liter/menit dari debit pompa rujukan pabrikan.

Dapat kita lihat ternyata pengecilan penampang sangat mempengaruhi debit aliran pada pompa, sehingga waktu yang dibutuhkan untuk pengisian kapasitas tertentu akan semakin membutuhkan waktu yang relatif lama. Dan ini dapat kita lihat perbandingannya seperti ditampilkan tabel di bawah ini :

Debit (liter/menit)	Diameter Pipa Isap		
	1/2 Inchi	3/4 Inchi	1 Inchi
Debit Percobaan	14,61	15,98	17,97
Debit Pompa	34,00	34,00	34,00
Selisih	19,39	18,02	16,03

Dan dapat juga kita lihat bahwa pengecilan penampang sangat mempengaruhi faktor gesekan yang terjadi, semakin kecil penampang maka gesekan yang terjadi juga akan semakin besar, sehingga nilai kehilangan energi atau kerugian head angkat pada aliran pipa tersebut juga terlihat bahwa semakin kecil penampang pipa akan menyebabkan terjadi kenaikan kerugian head dan begitu sebaliknya. Ini dapat dilihat seperti tabel di bawah ini :

Diameter Pipa Hisap (inchi)	Head/Losses (m)
1/2	14,78
3/4	2,1826
1	0,62412

5.2. Saran

Diharapkan penelitian dapat bermanfaat bagi penulis atau peneliti sendiri maupun bagi instansi terkait serta bagi khalayak akademisi umumnya, namun tetaplah dalam sebuah penelitian masih terdapat kekurangan-kekurangan. Untuk itulah harapan penulis atau peneliti agar penelitian ini ditindaklanjuti dengan penelitian atau kajian-kajian yang lebih mengarah selain perubahan diameter pipa isap juga pada pipa tekan serta losses-losses yang terjadi, karena kita ketahui bahwa dari hasil pengujian ini didapat perbedaan yang begitu besar dari debit pompa dengan debit hasil percobaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Austine H. Church, Zulkifli Harahap, “Pump and Blower Centrifugal” , 1994
- Diezel Friz, “Turbin Pompa dan Kompresor”, Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta, 1993
- E. Shashi Menon, “Piping Calculations Manual”, McGraw-Hill Professional, 2004.
- I. Karasik, “Pump Handbook”, McGrawhill USA, 1975
- K. Holyenberger, “Centrifugal Pump”, Lexicon, KSB.Jerman, 1990
- Khairul Umurani, Rahmatullah, “Analisa Daya Pompa Sentrifugal Dengan Metode Keseimbangan Momen”, Laporan Penelitian Dosen Muda UMSU Medan, 2006
- Mukesh Sahdev, “Centrifugal Pumps: Basics Concepts of Operation, Maintenance, and Troubleshooting”, Part I
- Sularso, Haruo Tahara, “Pompa dan Kompresor: Pemilihan, Pemakaian, dan Pemeliharaan”, PT Pradnya Paramita, Jakarta, 1994
- Sularso, Haruo Tahara, “Pompa dan Kompresor”, Edisi Ketujuh, Pradnya Paramitha, Jakarta, 2000