

ANALISIS UNJUK KERJA POMPA SENTRIFUGAL PADA BOOSTER PUMP

SKRIPSI

OLEH :

**JOKO SUPRIANTO SIAGIAN
168130046**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2020**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 21/12/21

Access From (repository.uma.ac.id)21/12/21

ANALISIS UNJUK KERJA POMPA SENTRIFUGAL PADA BOOSTER PUMP

SKRIPSI

Diajukan Kepada Fakultas Teknik Universitas Medan Area Guna
Memenuhi Sebagian Syarat – Syarat Untuk Mendapatkan Gelar
Sarjana Teknik

JOKO SUPRIANTO SIAGIAN
168130046



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2020**

HALAMAN PENGESAHAN BUKU SKRIPSI

Judul Skripsi : Analisis Unjuk Kerja Pompa Sentrifugal Pada
Booster Pump
Nama : Joko Suprianto Siagian
NPM : 168130046
Program Studi : TEKNIK MESIN
Fakultas : TEKNIK

Disetujui Oleh Komisi Pembimbing

Pembimbing II

Pembimbing I

(Ir. Husin Ibrahim, M.T.)

NIDN : 0018106107

(Ir. H. Amirsyah Nst, M.T.)

NIDN : 0025125606

Dekan

Ka. Prodi Teknik Mesin

(Dr. Ir. Dina Maizana, M.T.)

NIDN : 0112096601

(Muhammad Faris, S.T., M.T.)

NIDN : 06058104

Tanggal Lulus : 23 September 2020

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 23 September 2020

Hormat Saya,



(Joko Suprianto Siagian)
168130046

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR/SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Medan Area, Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Joko Suprianto Siagian
NIM : 168130046
Fakultas : TEKNIK
Program Studi : TEKNIK MESIN
Jenis Karya : Tugas Akhir / Skripsi

Demi pengembangan Ilmu Pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Non eksklusif (*Non-exclusive Royalty-FreeRight*) atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisis Unjuk Kerja Pompa Sentrifugal Pada Booster Pump. Dengan Bebas Royalti Non Eksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih mediakan/formatkan, mengelola dalam bentuk perangkat data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Medan, 23 September 2020

Hormat Saya



(Joko Suprianto Siagian)
168130046

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR/SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Medan Area, Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Joko Suprianto Siagian
NIM : 168130046
Fakultas : TEKNIK
Program Studi : TEKNIK MESIN
Jenis Karya : Tugas Akhir / Skripsi

Demi pengembangan Ilmu Pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Non eksklusif (*Non-exclusive Royalty-FreeRight*) atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisis Unjuk Kerja Pompa Sentrifugal Pada Booster Pump. Dengan Bebas Royalti Non Eksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih medikan/formatkan, mengelola dalam bentuk perangkat data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Medan, 23 September 2020
Hormat Saya

(Joko Suprianto Siagian)
168130046

ABSTRAK

Dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, manusia selalu berusaha untuk menciptakan sistem pompa dengan performansi yang maksimal. pentingnya pompa dalam kehidupan manusia, terlebih pada suatu Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirtanadi untuk mengetahui perubahan tekanan yang dihasilkan. 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 nilai, kapasitas pompa, head pompa akibat pengaruh kerugian, putaran spesifik pompa, efisiensi pompa, daya pompa, dan daya penggerak pemula sehingga nantinya dapat dipilih suatu solusi yang tepat untuk mengurangi biaya operasional yang tinggi akibat dari pengaruh belokan-belokan tajam, pipa yang terlalu panjang, serta mengurangi fitting yang tidak perlu agar head lossesnya tidak terlalu besar. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa nilai kapasitas pompa $0.015388 \text{ m}^3/\text{detik}$, head total pompa 149 m, putaran spesifik pompa 66.90 rpm, efisiensi pompa 63%, daya pompa 9.77 kN/m^3 , daya motor penggerak pompa 42.66 kW, serta pompa dapat bekerja sesuai kebutuhan karena head secara aktual 149 m, lebih kecil dari yang tertera di name plate yaitu 150 m.

Kata kunci: Pompa Sentrifugal, head pompa, putaran spesifik pompa, efisiensi pompa, daya penggerak pemula.

ABSTRACT

With advances in science and technology, humans always try to create pump systems with maximum performance. The importance of pumps in human life, especially in a Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) to determine the resulting pressure changes. One of them is used to meet the need for clean water which always increases from year to year in line with population growth. This study aims to determine how much the value of the pump capacity, pump head is due to the effect of losses, pump specific rotation, pump efficiency, pump power, and starter driving power so that later an appropriate solution can be selected to reduce high operating costs due to the effect of sharp turns. pipes that are too long, and reduce unnecessary fittings so that the head losses are not too large. From the research results, it is found that the total pump capacity $0.015388 \text{ m}^3/\text{second}$, pump head value is 149 m, the specific rotation of the pump is 66.90 rpm, the pump efficiency is 63%, the pump power is $9.77 \text{ kN} / \text{m}^3$, the motor power of the pump is 42.66 kW, and the pump can work as needed because the actual head is 149 m, smaller than what is shown on the name plate which is 150 m.

Keywords: Centrifugal pump, pump head, pump specific rotation, pump efficiency, starting propulsion.

How to Cite: Siagian Joko Suprianto, Amirsyam, N, Husin, I. (2020). Analisis Unjuk Kerja Pompa Sentrifugal Pada Booster Pump.

RIWAYAT HIDUP PENULIS



Penulis bernama Joko Suprianto Siagian dilahirkan di Medan pada Tanggal 21 Februari 1990. Penulis merupakan anak terakhir dari 5 bersaudara, pasangan dari Juin Siagian dan Wagiyem. Penulis menyelesaikan pendidikan di SD Negeri 068083 Tanjung Rejo Medan dan Tamat pada Tahun 2002. Pada Tahun yang sama Tahun 2002 penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Pertama (SMP) Swasta Taman Siswa Tanjung Sari Medan dan Tamat pada Tahun 2005. Pada Tahun yang sama Tahun 2005 penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Atas (SMA) MULIA Tanjung Sari Medan Jurusan Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) dan Tamat pada Tahun 2008. Setelah delapan Tahun berhenti dari dunia pendidikan dikarenakan faktor biaya yang mengharuskan penulis untuk bekerja dahulu, Pada Tahun 2016 penulis akhirnya bertekad untuk menyambung pendidikan dan mendaftar menjadi mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area dan selesai pada tahun 2020.

KATA PENGANTAR

Assalaamu'alaikum Warahmatullaahi Wabarakaatuh

Alhamdulillah, Puji dan syukur kehadiran Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, karena dengan rahmat dan hidayah Nya maka penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Yang mana laporan tugas akhir ini sudah menjadi kewajiban yang harus dipenuhi oleh setiap mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Medan Area dan juga nantinya laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat dalam pengembangan ilmu pengetahuan yang dimiliki oleh saya dan juga sebagai bahan referensi selanjutnya. Adapun judul tugas akhir ini ialah : **“Analisis Unjuk Kerja Pompa Sentrifugal Pada Booster Pump”**.

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis sudah berusaha semaksimal mungkin untuk melakukan penyusunan dengan sebaik-baiknya. Namun penulis menyadari bahwa keterbatasan pengetahuan dan pengalaman masih banyak kekurangan yang terdapat di dalam penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan petunjuk dan saran dari semua pihak yang bersifat membangun untuk menyempurnakan skripsi ini.

Selama perkuliahan sampai dengan seterusnya skripsi ini penulis telah banyak menerima bantuan moral maupun material yang tidak dapat dinilai harganya. Untuk itu melalui tulisan ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih yang setulusnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng.,M.Sc., selaku Rektor Universitas Medan Area yang telah memberikan izin dan fasilitas untuk penyusunan tugas akhir ini.

2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area Ibu Dr. Ir. Dina Maizana, M.T., yang telah memberikan ijin dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Bapak Muhammad Idris, S.T.,M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area dan Bapak M. Yusuf Rahmansyah Siahaan, S.T.,M.T., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area yang telah banyak membantu dalam pengurusan administrasi.
4. Bapak Ir. H. Amirsyam Nst, M.T., dan Ir. Husin Ibrahim, M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak meluangkan waktunya untuk membimbing dan memberikan saran kepada penulis dalam penulisan tugas akhir ini.
5. Segenap Dosen Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area dan Birokrasi Administrasi Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
6. Jun Siagian dan Wagiyem selaku orang tua yang sangat saya sayangi dan cintai, dimana telah banyak memberikan perhatian, motivasi, nasihat, doa, dukungan moral dan materil sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
7. Kalin Novianti, S.pd., selaku Istri yang saya sayangi dan cintai dimana telah banyak memberikan perhatian, motivasi, nasihat, doa, dukungan moral dan materil sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
8. Khanza Adzkiya Siagian Anak kandung saya yang saya sayangi dan cintai dimana telah menjadikan hidup saya lebih semangat dan motivasi dalam penyusunan tugas akhir ini.
9. Drs. H. Ahmad Taufan Damanik, M.A., selaku Ketua Komnas HAM RI sebagai panutan yang sangat berjasa kepada keluarga saya dan memberi arahan agar saya melanjutkan studi Strata-1.

10. Segenap Pimpinan Perusahaan PDAM Tirtanadi yang telah memfasilitasi saya untuk melakukan penelitian tugas akhir ini.
11. Operator Booster Pump PDAM Tirtandi Perumnas Simalingkar yang telah mengizinkan dan mendampingi saya selama pengambilan data tugas akhir ini.
12. Hj. Sofwa Harahap, S.H.,M.H., yang telah memberikan semangat dan dukungan materil.
13. Rekan - rekan Seperjuangan Mahasiswa Teknik Mesin Stambuk 2016 dari kampus UMA, Serta semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang sudah banyak memberikan motivasi, masukan, dan bantuan sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih sebanyak-banyaknya dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat, terutama bagi penulis dan semua pembaca.

Aamiin yarabbal'alam.

Medan, 23 September 2020
Penulis

(Joko Suprianto Siagian)
168130046

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN BUKU SKRIPSI	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Batasan Masalah	3
D. Tujuan Penulisan	3
E. Manfaat Penelitian	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Mesin- mesin Fluida	5
B. Pengertian Pompa	5
C. Jenis-Jenis Pompa	7
D. Pompa Sentrifugal	12
E. Cara Menghitung Unjuk Kerja Pompa	23
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	39
A. Tempat dan Waktu	39
B. Bahan dan Peralatan yang digunakan	40
C. Metode Penelitian dan Prosedur Pengujian	44
D. Variabel yang Diamati	46
E. Diagram Alir Pelaksanaan Analisa	47
BAB IV. HASIL PENELITIAN	49
A. Data Pompa yang Digunakan	49
B. Kapasitas Pompa	50
C. <i>Head</i>	50
D. Putaran Spesifik Pompa	57
E. Efisiensi Pompa	58
F. Daya Pompa	58
G. Daya Penggerak Mula	58
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	62
A. Kesimpulan	62
B. Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN	64
A. Diagram Efisiensi Standar Pompa	64
B. Gambar Instalasi Pompa Sentrifugal	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Diagram Jenis Pompa	6
Gambar 2.2.	Pompa torak (piston)	8
Gambar 2.3.	Pompa Plunyer.....	8
Gambar 2.4.	Pompa Diafragma	9
Gambar 2.5.	Pompa Roda Gigi Luar	10
Gambar 2.6.	Pompa Roda Gigi Dalam	10
Gambar 2.7.	Pompa Cuping	11
Gambar 2.8.	Pompa Sekrup.....	11
Gambar 2.9.	Pompa Baling	12
Gambar 2.10.	<i>Impeler</i> Pompa.....	14
Gambar 2.11.	<i>Shaft</i> (poros)	15
Gambar 2.12.	<i>Bearing</i>	15
Gambar 2.13.	<i>Gland Packing</i>	16
Gambar 2.14.	<i>Stuffing Box</i>	16
Gambar 2.15.	<i>Casing</i> Pompa.....	17
Gambar 2.16.	<i>Wearing Ring</i>	17
Gambar 2.17.	Pompa Sentrifugal Aliran Radial.....	18
Gambar 2.18.	Pompa Sentrifugal Aliran Campur	18
Gambar 2.19.	Pompa Sentrifugal Aliran Aksial.....	19
Gambar 2.20.	Jenis <i>Impeler</i>	20
Gambar 2.21.	Rumah <i>Volute</i>	20
Gambar 2.22.	<i>Diffuser Pump</i>	21
Gambar 2.23.	Poros Vertikal dan Poros Horizontal	22
Gambar 3.1.	Pipa <i>Steel</i>	40
Gambar 3.2.	<i>All Spigot Bend Steel 4" x 90°</i>	40
Gambar 3.3.	<i>Check Valve</i>	41
Gambar 3.6.	Pompa Sentrifugal	42
Gambar 3.9.	<i>Water Level</i>	44
Gambar 3.10.	Diagram Alir Pelaksanaan.....	47

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Jadwal Penelitian.....	39
-----------------------------------	----



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pompa adalah suatu peralatan mekanik yang digerakkan oleh tenaga mesin yang digunakan untuk memindahkan cairan (fluida) dari suatu tempat ke tempat lain, dimana cairan tersebut hanya mengalir apabila terdapat perbedaan tekanan. Pompa juga dapat diartikan sebagai alat untuk memindahkan energi dari pemutar atau penggerak ke cairan atau bejana yang bertekanan lebih tinggi. Selain dapat memindahkan cairan, pompa juga berfungsi untuk meningkatkan kecepatan, tekanan dan ketinggian cairan. [1]

Salah satu jenis pompa yang paling sering digunakan saat ini adalah pompa sentrifugal. Pompa sentrifugal ini memanfaatkan kecepatan dari putaran impeler untuk memberikan tekanan atau energi pada aliran fluida. Seiring dengan perkembangan zaman dan semakin kompleksnya kebutuhan, maka pompa ikut pula berkembang, baik bentuk maupun jenisnya. [2]

Pompa merupakan komponen utama pada system hidrolis yang berperan sebagai pembangkit tekanan. Pompa menerima tenaga mekanis yang berupa putaran yang dihasilkan oleh motor penggerak sehingga dapat memindahkan fluida cair dari tempat yang rendah ke tempat yang lebih tinggi.

Jika *Head* atau kapasitas yang diperlukan tidak dapat dicapai dengan satu pompa saja, maka dapat digunakan dua pompa atau lebih yang disusun secara seri

dan paralel. Karena itu pengoperasian pompa sentrifugal sangat diperlukan perhatian yang khusus dengan memeriksa keadaan pompa tersebut. [3]

Suatu pompa sentrifugal pada dasarnya terdiri dari satu *impeler* atau lebih yang dilengkapi dengan sudu-sudu, yang dipasangkan pada poros yang berputar dan diselubungi dengan sebuah rumah (*casing*). Fluida memasuki *impeler* secara aksial didekat poros dan mempunyai energi, baik energi kinetik maupun potensial, yang diberikan padanya oleh sudu-sudu. Begitu fluida meninggalkan *impeler* pada kecepatan yang relatif tinggi, fluida itu dikumpulkan di dalam '*volute*' atau suatu seri laluan diffuser yang mentransformasikan energi kinetik menjadi tekanan. Ini tentu saja diikuti oleh pengurangan kecepatan. Sesudah konversi diselesaikan, fluida kemudian dikeluarkan dari mesin tersebut. [4]

Unjuk kerja pompa sentrifugal banyak dipengaruhi oleh desain *impeler*, rumah pompa, laju aliran dan kecepatan sudut. Efisiensi merupakan hal yang sangat penting pada penggunaan pompa sentrifugal karena berkaitan dengan energi yang dipakai untuk menggerakkan sistem. [5]

Penelitian ini akan membahas salah satu peralatan pada PDAM Tirtanadi yaitu Pompa Sentrifugal. Pompa Sentrifugal yang digunakan di PDAM Tirtanadi pada dasarnya memiliki struktur dan penunjang. Hal itu dikarenakan penggunaan Pompa Sentrifugal disesuaikan dengan kebutuhan kerja pompa yang dihasilkan dan nilai *head* secara aktual yang digunakan sebagai bahan utama proses pengoperasian pompa pada Booster Pump. Karena pentingnya pompa dalam kehidupan manusia, terlebih pada suatu perusahaan PDAM Tirtanadi untuk mendistribusikan air ke pelanggan, maka penulis tertarik mengangkat Tugas

Akhir yang berjudul “**Analisa Unjuk Kerja Pompa Sentrifugal Pada Booster Pump.**”

B. Rumusan Masalah

1. Berapa besar nilai kapasitas pompa yang dihasilkan
2. Berapa besar nilai head pompa akibat kerugian – kerugian
3. Berapa besar nilai putaran spesifik pompa
4. Berapa besar nilai efisiensi pompa
5. Berapa besar nilai daya pompa
6. Berapa besar nilai daya penggerak mula

C. Batasan Masalah

Dalam hal ini yang akan dibahas dalam penelitian adalah:

1. Analisa unjuk kerja pompa sentrifugal

D. Tujuan Penulisan

Tujuan penelitian ini yang ingin dicapai dari penelitian tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Menganalisis kapasitas pompa yang dihasilkan
2. Menganalisis *head* pompa akibat kerugian – kerugian
3. Menganalisis putaran spesifik pompa
4. Menganalisis efisiensi pompa
5. Menganalisis daya pompa
6. Menganalisis daya penggerak mula

E. Manfaat Penelitian

Dalam penelitian ini dikemukakan untuk mengetahui unjuk kerja pompa sentrifugal dalam permasalahan yang nyata yang terjadi pada suatu pompa sentrifugal dan menerapkan ilmu yang telah dipelajari di bangku kuliah dimana air sangat penting bagi kebutuhan masyarakat, dengan menerapkan ilmu di dunia kerjadan dapat membantu perusahaan dalam menyelesaikan masalah yang terjadi pada pompa sentrifugal dan sebagai bahan pembelajaran bagi mahasiswa .



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Mesin- mesin Fluida

Mesin fluida adalah mesin yang berfungsi untuk mengubah energi mekanis poros menjadi energi potensial atau sebaliknya mengubah energi fluida (energi kinetik dan energi potensial) menjadi energi mekanik poros. Dalam hal ini fluida yang akan dimaksud berupa cair, gas dan uap. Secara umum mesin-mesin fluida dapat dibagi menjadi dua bagian besar, yaitu:

1. Mesin Tenaga : Mesin fluida yang berfungsi mengubah energi fluida (energi potensial dan energi kinetik) menjadi energi mekanis poros.

Contoh : Turbin, kincir air, kincir angin.

2. Mesin Kerja : Mesin yang berfungsi mengubah energi mekanis poros menjadi energi fluida (energi potensial dan energi kinetik).

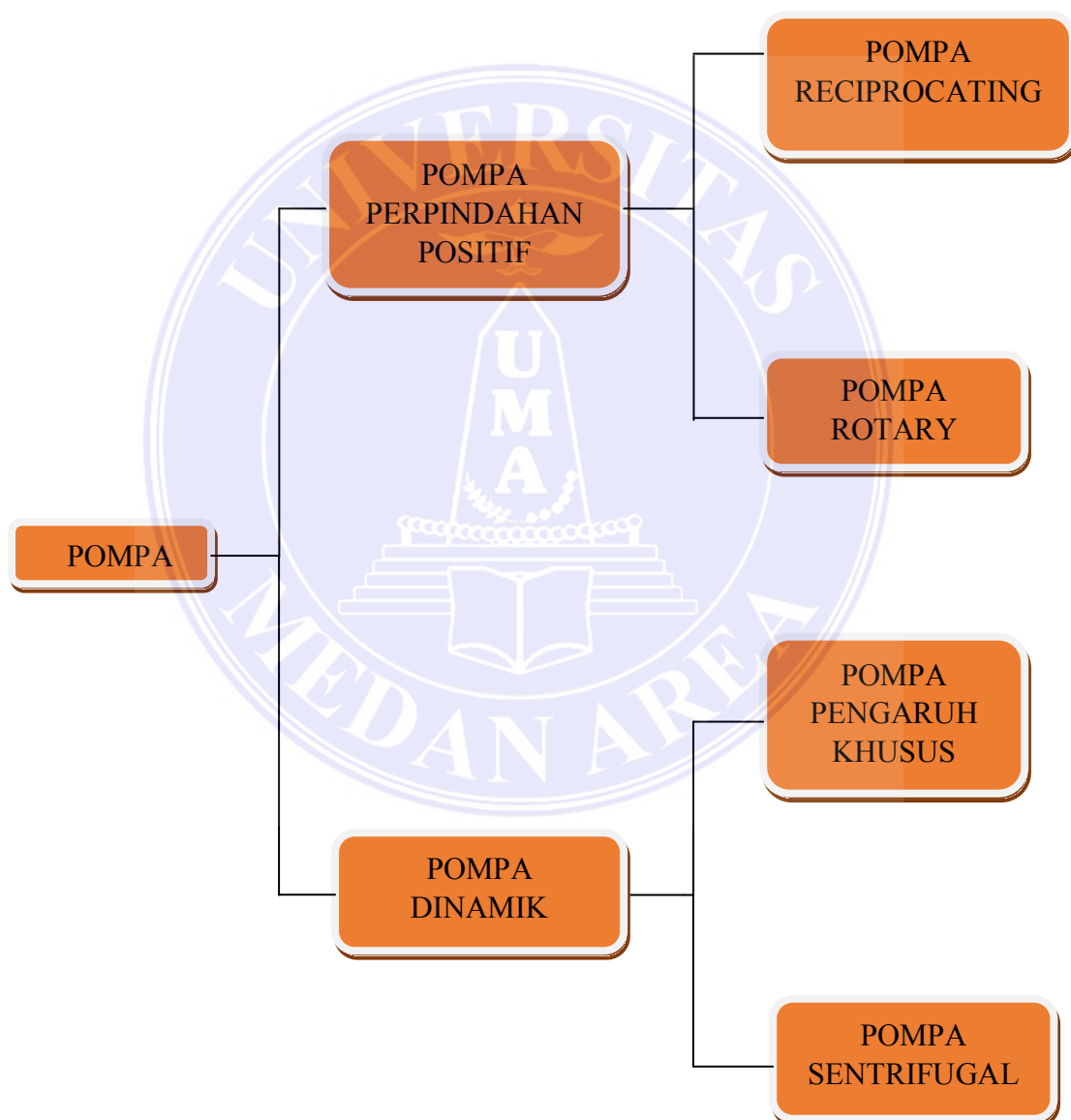
Contoh : Pompa, kompresor, kipas.

B. Pengertian Pompa

Pompa adalah salah satu mesin fluida yang termasuk dalam golongan mesin kerja. Pompa berfungsi untuk memindahkan zat cair dari tempat yang rendah ke tempat yang lebih tinggi karena adanya perbedaan tekanan. Pompa beroperasi dengan membuat perbedaan tekanan di bagian isap (*suction*) dan bagian keluar (*discharge*). Dengan kata lain, pompa berfungsi mengubah tekanan

mekanis dari suatu sumber tenaga (penggerak) menjadi tenaga kinetis (kecepatan), dimana tenaga ini berguna untuk mengalirkan cairan dan mengatasi hambatan yang ada disepanjang aliran. [6]

Hambatan-hambatan pengaliran itu dapat berupa perbedaan tekanan, perbedaan ketinggian atau hambatan gesek. Pompa diklasifikasikan seperti gambar 2.1 berikut :



Gambar 2.1. Diagram Jenis Pompa

C. Jenis-Jenis Pompa

Pada gambar 2.1. diagram jenis pompa telah dijabarkan pengklasifikasian pompa. Secara garis besar pompa diklasifikasikan menjadi 2 yaitu, pompa perpindahan positif dan pompa dinamik.

1. Pompa Perpindahan Positif

Pompa dengan perpindahan positif adalah pompa dengan volume ruangan yang berubah secara periodik dari besar ke kecil atau sebaliknya. Energi mekanik dari putaran poros pompa diubah menjadi energi tekanan untuk memompakan fluida. Kelebihan dari penggunaan pompa jenis ini adalah dapat menghasilkan power density (gaya persatuan berat) yang lebih berat dan memberikan perpindahan fluida yang tetap atau stabil di setiap putarannya. Pompa perpindahan positif memiliki tipe yang lebih bervariasi dari pada pompa dinamik. Secara general pompa perpindahan positif dibagi menjadi dua yaitu jenis pompa *reciprocating* dan jenis *rotary*. [7]

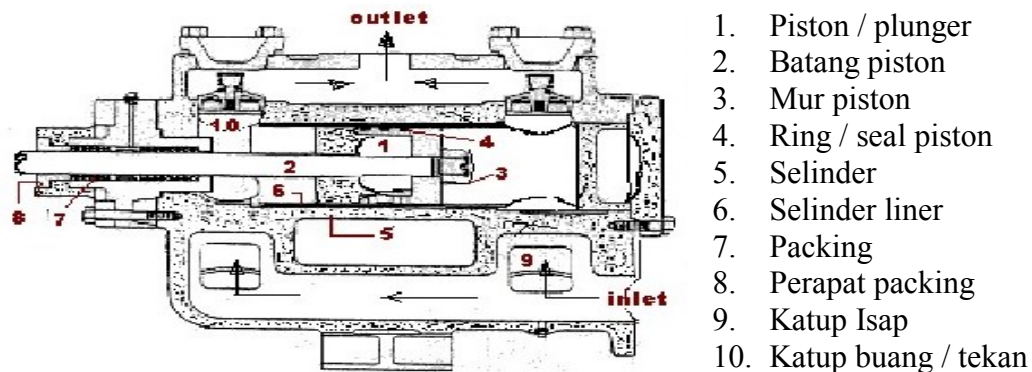
a. Pompa gerakan bolak-balik (*reciprocating*)

Pompa ini menggunakan piston yang bergerak maju mundur sebagai komponen kerjanya. Pompa reciprocating ini memiliki rongga kerja yang meluas pada saat menghisap fluida dan akan mendorong dengan mempersempit rongga kerja tersebut. Contoh tipe pompa ini adalah :

1). Pompa torak (piston)

Pompa torak mengeluarkan cairan dalam jumlah yang terbatas selama pergerakan piston sepanjang langkah. Volume cairan yang dipindahkan selama 1 langkah piston akan sama dengan perkalian luas piston dengan panjang langkah.

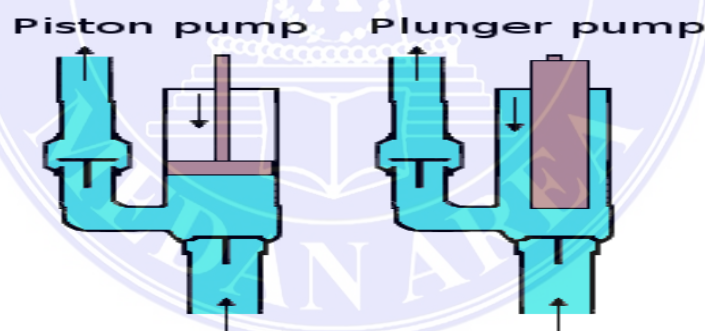
Pada gambar 2.2. merupakan gambar pompa torak (piston).



Gambar 2.2. Pompa torak (piston)

2). Pompa plunyer (*Plunger pump*)

Prinsip kerja pompa ini hampir sama dengan piston, hanya saja tidak menggunakan piston melainkan digunakan silinder baja yang panjang atau disebut plunyer. Fluida masuk melalui dua arah yang berlawanan. Yang pertama masuk melalui katup isap pada bagian bawah, sedangkan yang kedua fluida masuk ketika plunyer tersebut ditekan. Pada gambar 2.3. merupakan gambar pompa plunyer.

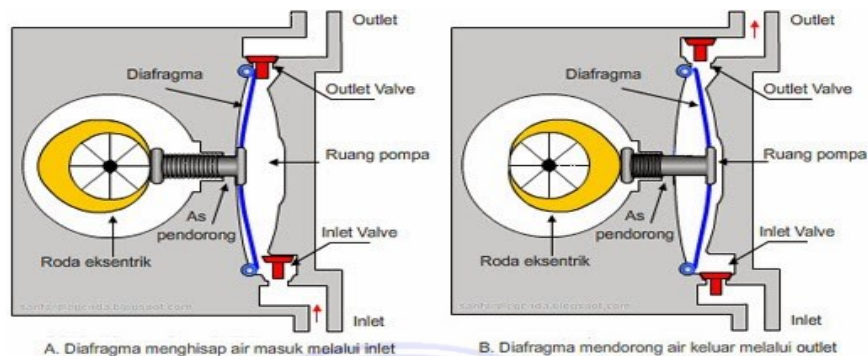


Gambar 2.3. Pompa Plunyer

3). Pompa diafragma

Pompa diafragma termasuk jenis pompa pemindah positif, dimana sebagai elemen pemindah cairan digunakan diafragma (membran) yang bergerak berubah-ubah posisi cembung, cekung. Gerakan ini terjadi disebabkan karena adanya tekanan (pada salah satu sisi diafragma) yang berubah-ubah, sedang yang lain

berhubungan dengan cairan yang dipompa. Pada gambar 2.4. merupakan gambar pompa diafragma.



Cara kerja pompa diafragma

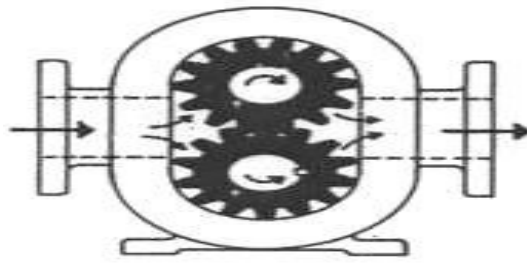
Gambar 2.4. Pompa Diafragma

b. Pompa Putar (*Rotary Pump*)

Pompa rotary ini memindahkan fluida kerja melalui mekanisme rotary dengan jalan menimbulkan efek vakum sehingga dapat menghisap fluida kerja dari sisi inlet, dan memindahkannya ke sisi outlet. Terperangkapnya udara didalam rotary, secara natural pompa ini akan mengeluarkan udara tersebut. Jenis pompa rotary antara lain pompa roda gigi, pompa cuping, pompa *screw* dan pompa baling.

1). Pompa Roda Gigi Luar (*External-gear pump*)

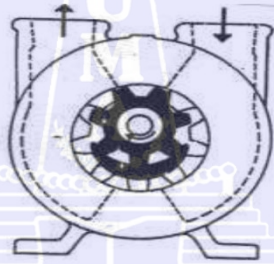
Apabila roda gigi berpisah dari sisi hisap cairan akan mengisi ruangan yang ada diantara gerigi tersebut. Kemudian cairan ini akan dibawa berkeliling dan ditekan keluar apabila geriginya bersatu lagi. Roda gigi itu dapat berupa gigi heliks-tunggal, heliks-ganda atau gigi lurus. Pada gambar 2.5. merupakan gambar pompa roda gigi luar.



Gambar 2.5. Pompa Roda Gigi Luar

2). Pompa Roda Gigi Dalam (*Internal-gear pump*)

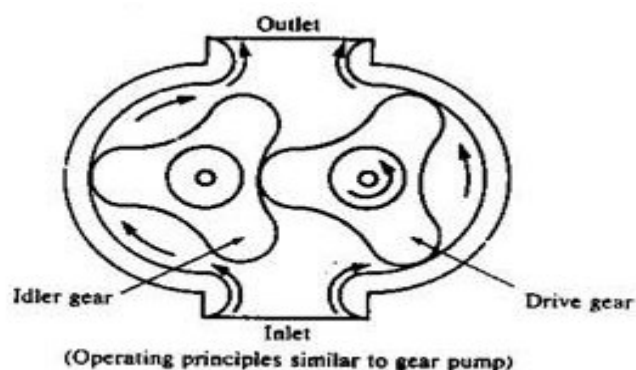
Pompa jenis ini mempunyai rotor yang mempunyai gerigi dalam yang berpasangan dengan roda gigi luar yang bebas (*idler*). Sebuah sekat yang berbentuk bulan sabit, dapat digunakan untuk mencegah cairan kembali ke sisi hisap pompa. Pada gambar 2.6. merupakan gambar pompa roda gigi dalam.



Gambar 2.6. Pompa Roda Gigi Dalam

3). Pompa Cuping

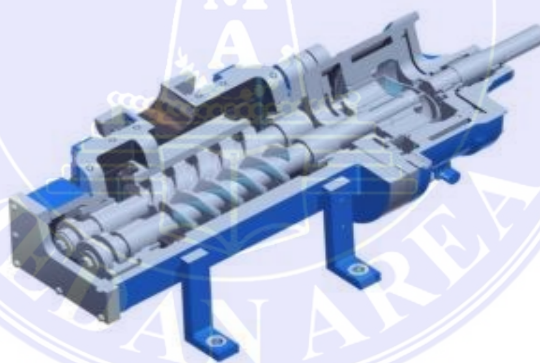
Pompa cuping (*Lobe pump*) ini mirip dengan pompa jenis roda gigi dalam hal aksinya dan mempunyai dua rotor atau lebih dengan dua sampai empat bahkan lebih pada masing-masing rotor. Oleh karena cairan dialirkan dengan frekuensi yang lebih sedikit tetapi dalam jumlah yang lebih besar dari yang dialirkan oleh pompa roda gigi, maka aliran dari jenis pompa cuping ini tidak akan konstan. Pada gambar 2.7. merupakan gambar pompa cuping.



Gambar 2.7. Pompa Cuping

4). Pompa Sekrup

Pompa sekrup tunggal mempunyai rotor spiral yang berputar didalam sebuah stator atau lapisan (*linier*) heliks-dalam (*internal-helix-stator*). Pompa dua sekrup atau tiga sekrup masing masing mempunyai satu atau dua sekrup bebas (*idler*). Pada gambar 2.8. merupakan gambar pompa sekrup.



Gambar 2.8. Pompa Sekrup

5). Pompa Baling

Pompa baling terdiri atas 2 jenis yaitu, pompa baling berayun (*swinging-vane pump*), pompa baling geser (*sliding-vane pump*). Pompa baling berayun (*swinging-vane pump*) mempunyai sederetan baling berayun yang akan keluar bila rotor berputar, menjebak cairan dan memaksannya keluar pipa buang pompa. Pompa baling geser (*slidding-vane pump*) menggunakan baling-baling yang

dipertahankan tetap menekan lubang rumah pompa oleh gaya sentrifugal bila rotor diputar. Pompa blok kumparan, mempunyai rotor bulat yang digerakkan. Pada gambar 2.9. merupakan gambar pompa baling.



Gambar 2.9. Pompa Baling

2. Pompa Dinamik

a. Pompa Pengaruh Khusus

Pompa spesial merupakan pompa dengan efek khusus dan digunakan untuk kondisi yang khusus pula di lokasi industri, misalnya *jet pump (propeller)*.

b. Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal, yaitu pompa yang prinsip kerjanya merubah energi mekanik dalam bentuk kerja poros menjadi energi tekanan fluida. Dapat diklasifikasikan menurut jenis aliran *radial flow*, *mixed flow*, dan *axial flow*.

D. Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal adalah salah satu jenis pompa kerja dinamis yang prinsip kerjanya mengubah energi kinetik (kecepatan) cairan menjadi energi potensial melalui suatu impeler yang berputar dalam casing. Pompa digerakkan oleh motor, daya dari motor diberikan kepada poros pompa untuk memutar impeler yang dipasangkan oleh poros tersebut. Zat cair yang ada dalam *impeler* akan ikut berputar karena dorongan sudu-sudu. Karena timbulnya gaya

sentrifugal, maka zat cair mengalir dari tengah impeler keluar melalui saluran diantara sudu dan meninggalkan impeler dengan kecepatan tinggi. Gaya sentrifugal adalah gaya yang timbul akibat adanya gerakan sebuah benda atau partikel yang melalui lintasan lengkung (lingkaran), prinsip-prinsip dasar pompa sentrifugal adalah sebagai berikut :

1. Gaya sentrifugal bekerja pada *impeler* untuk mendorong fluida ke sisi luar sehingga kecepatan fluida meningkat.
2. Kecepatan fluida yang tinggi diubah oleh *casing* pompa (*volute* atau *diffuser*) menjadi tekanan atau *head*.

Zat cair yang keluar dari *impeler* dengan kecepatan tinggi ini kemudian mengalir melalui saluran yang penampangnya makin membesar, sehingga terjadi perubahan dari *head* kecepatan menjadi *head* tekanan. Maka zat cair yang keluar dari *flens* keluar pompa *head* totalnya bertambah besar. Pengisapan terjadi karena setelah zat cair dilemparkan oleh *impeler*, ruang diantara sudu-sudu menjadi vakum sehingga zat cair akan terhisap masuk. Selisih energi per *flens* masuk (isap) disebut *head* total pompa.

Pompa sentrifugal dapat mengubah energi mekanik dalam bentuk kerja poros menjadi energi fluida. Energi inilah yang mengakibatkan pertambahan *head* tekanan, *head* kecepatan dan *head* potensial pada zat cair yang mengalir secara kontinyu. [7]

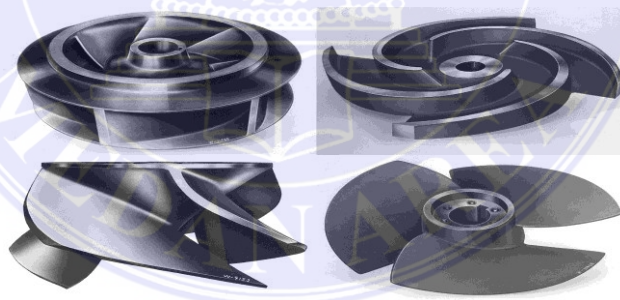
Menurut proses perpindahan energi dan benda cair sebagai bahan aliran maka pompa sentrifugal termasuk aliran fluida hidraulik. Hal ini bisa diketahui dari proses perpindahan tenaga di dalam sudu-sudu, roda jalan adalah akibat dari pembelokan arus aliran fluida. [8]

Secara umum pompa sangat dipengaruhi oleh persyaratan pekerjaan. Jadi , susunan khusus pompa sentrifugal dapat dipengaruhi oleh pemipaan, ruangan dan kondisi kerja serta faktor-faktor lainnya. Penggerak yang dipilih untuk pompa dapat kita tentukan dengan kecepatan pompa, neraca kalor pabrik (*plant heat balance*), suplai (*supply*) daya yang tersedia, atau harga bahan bakar khusus di daerah tersebut. [9]

1. Bagian-bagian Pompa Sentrifugal

a. *Impeler*

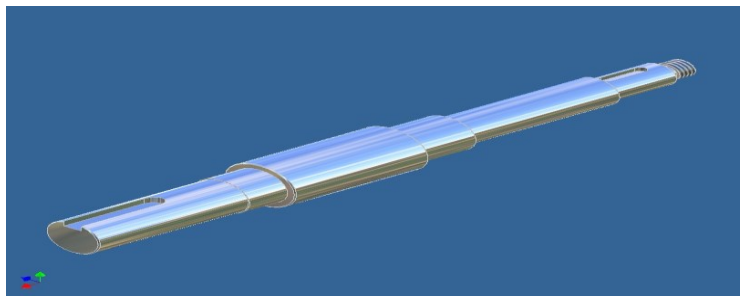
Impeler berfungsi untuk mengubah energi mekanis dari pompa menjadi energi kecepatan pada cairan yang dipompakan secara kontiniu, sehingga cairan pada sisi isap secara terus menerus akan masuk mengisi kekosongan akibat perpindahan dari cairan yang masuk sebelumnya. Pada gambar 2.10. merupakan gambar *impeler* pompa.



Gambar 2.10. *Impeler* Pompa

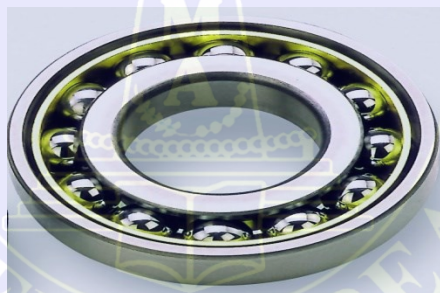
b. *Shaft* (poros)

Poros berfungsi untuk meneruskan momen puntir dari penggerak selama beroperasi dan tempat kedudukan *impeler* dan bagian bagian berputar lainnya. Pada gambar 2.11. merupakan gambar *shaft* (poros)

Gambar 2.11. *Shaft* (poros)

c. *Bearing*

Bearing (bantalan) berfungsi untuk menumpu dan menahan beban dari poros agar dapat berputar, baik berupa beban radial maupun beban aksial. *Bearing* juga memungkinkan poros untuk dapat berputar dengan lancar dan tetap pada tempatnya, sehingga kerugian gesek semakin kecil. Pada gambar 2.12. merupakan gambar *bearing*.

Gambar 2.12. *Bearing*

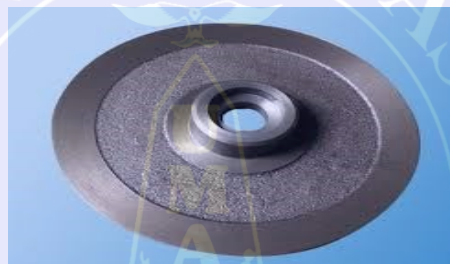
d. *Gland Packing*

Gland packing digunakan untuk mencegah dan mengurangi bocoran cairan dari *casing* pompa melalui poros. Pada gambar 2.13. merupakan gambar *Gland Packing*

Gambar 2.13. *Gland Packing*

e. *Stuffing Box*

Stuffing box berfungsi untuk mencegah kebocoran pada daerah dimana poros pompa menembus *casing*. Pada gambar 2.14. merupakan gambar *shuffling box*.

Gambar 2.14. *Stuffing Box*

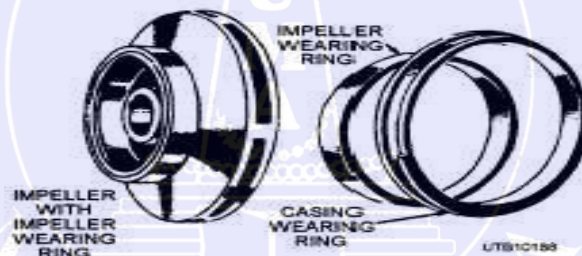
f. *Casing Pompa*

Merupakan bagian paling luar dari pompa yang berfungsi sebagai pelindung elemen yang berputar, tempat kedudukan *diffuser (guide vane)*, *inlet* dan *outlet* nozel serta tempat memberikan arah aliran dari *impeler* dan mengkonversikan energi kecepatan cairan menjadi energi dinamis (*single stage*). Pada gambar 2.15. merupakan gambar *casing* pompa.

Gambar 2.15. *Casing Pompa*

g. *Wearing Ring*

Wearing ring berfungsi untuk memperkecil kebocoran cairan yang melewati bagian depan *impeler* maupun bagian belakang *impeler* dengan cara memperkecil celah antara *casing* dengan *impeler*. Pada gambar 2.16. merupakan gambar *wearing ring*.

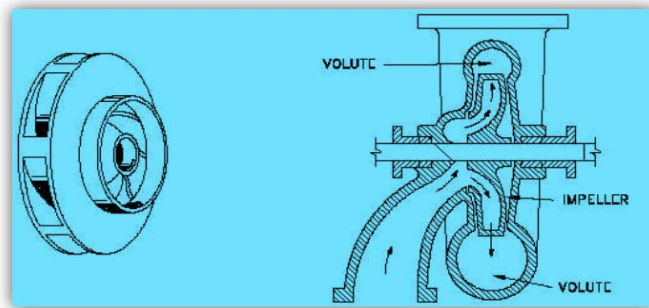
Gambar 2.16. *Wearing Ring*

2. Klasifikasi Pompa Sentrifugal

a. Menurut Jenis Aliran Dalam *Impeler*

1). Pompa Aliran Radial

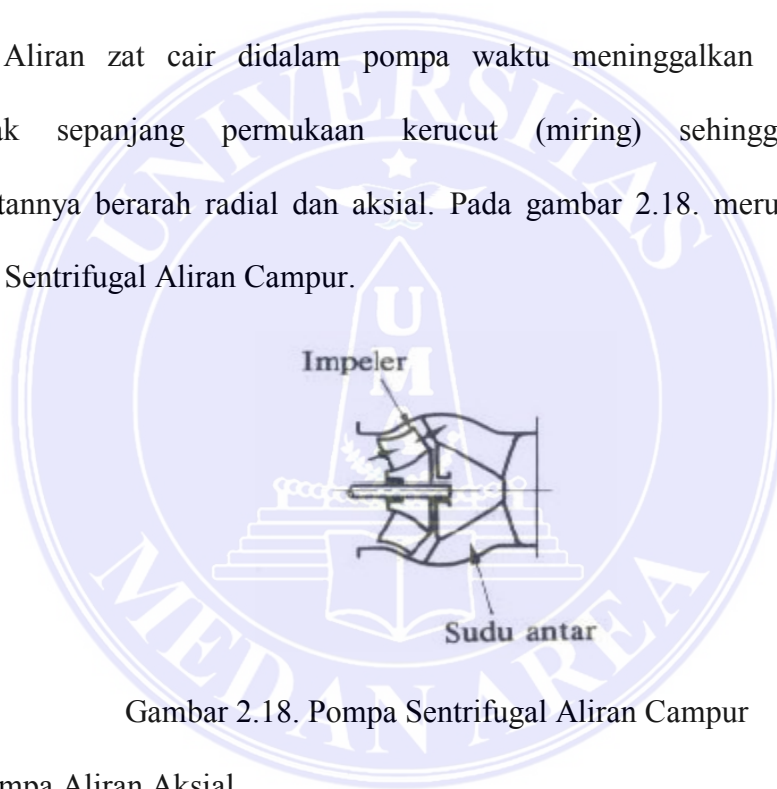
Pompa ini mempunyai konstruksi sedemikian sehingga aliran zat cair yang keluar dari *impeler* akan tegak lurus poros pompa (arah radial). Pada gambar 2.17. merupakan gambar pompa sentrifugal aliran radial.



Gambar 2.17. Pompa Sentrifugal Aliran Radial

2). Pompa Aliran Campur

Aliran zat cair didalam pompa waktu meninggalkan *impeller* akan bergerak sepanjang permukaan kerucut (miring) sehingga komponen kecepatannya berarah radial dan aksial. Pada gambar 2.18. merupakan gambar Pompa Sentrifugal Aliran Campur.

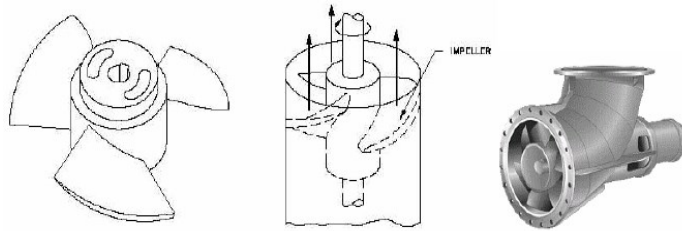


Gambar 2.18. Pompa Sentrifugal Aliran Campur

3). Pompa Aliran Aksial

Aliran zat cair yang meninggalkan impelerakan bergerak sepanjang permukaan silinder (arah aksial) atau sejajar dengan sumbu poros. Berputarnya impelerakan menghisap fluida yang dipompa dan menekannya ke sisi tekan dalam arah aksial karena tolakan *impeler*. Pompa aksial biasanya diproduksi untuk memenuhi kebutuhan *head* rendah dengan kapasitas aliran yang besar. Dalam

aplikasinya pompa aksial banyak digunakan untuk keperluan pengairan. Pada gambar 2.19. merupakan gambar pompa sentrifugal aliran aksial.



Gambar 2.19. Pompa Sentrifugal Aliran Aksial

b. Menurut Jenis *Impeler*

1). *Impeler* Tertutup

Sudu-sudu ditutup oleh dua buah dinding yang merupakan satu kesatuan, digunakan untuk pemompaan zat cair yang bersih atau sedikit mengandung kotoran.

2). *Impeler* Setengah Tertutup

Impeler jenis ini terbuka disebelah sisi masuk (depan) dan tertutup di sebelah belakangnya. Sesuai untuk memompa zat cair yang sedikit mengandung kotoran misalnya: air yang mengandung pasir, zat cair yang mengandung slurry, dll.

3). *Impeler* Terbuka

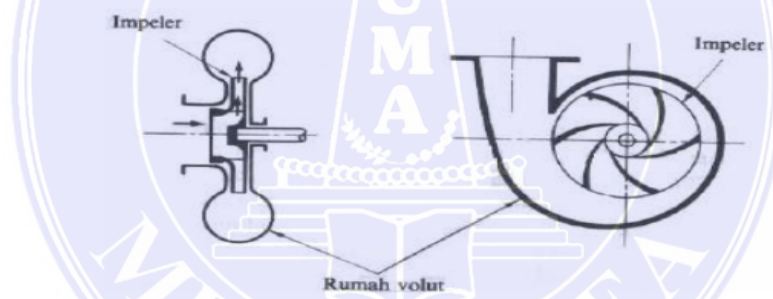
Impeler jenis ini tidak ada dindingnya didepan maupun di belakang. Bagian belakang ada sedikit dinding yang disisakan untuk memperkuat sudu. Jenis ini banyak digunakan untuk pemompaan zat cair yang banyak mengandung kotoran. Pada gambar 2.20. merupakan gambar jenis *impeler*.

Gambar 2.20. Jenis *Impeler*

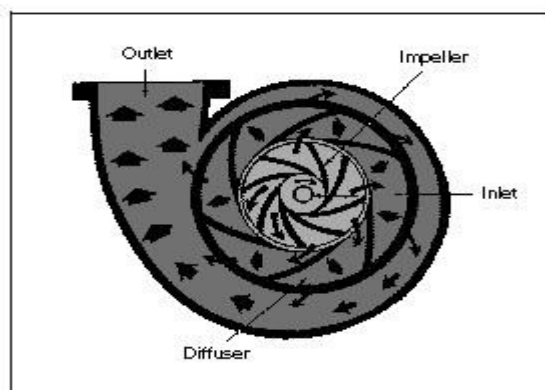
c. Menurut Bentuk Rumah

1). *Volute Pump*

Bentuk rumah pompanya seperti rumah keong/siput (*volute*), sehingga kecepatan aliran keluar bisa dikurangi dan dihasilkan kenaikan tekanan. Pada gambar 2.21. merupakan gambar rumah *volute*.

Gambar 2.21. Rumah *Volute*2). *Diffuser Pump*

Pada keliling luar impeler dipasang sudu *diffuser* sebagai pengganti rumah keong. Pada gambar 2.22. merupakan gambar *diffuser pump*.

Gambar 2.22. *Diffuser Pump*

3). Pompa Aliran Campur Jenis Volut

Pompa ini mempunyai *impeler* jenis aliran campur dan sebuah rumah volut. Pompa ini tidak mudah tersumbat dan cocok untuk pemakaian pengolahan cairan limbah.

d. Menurut Jumlah Tingkat

1). Pompa Satu Tingkat

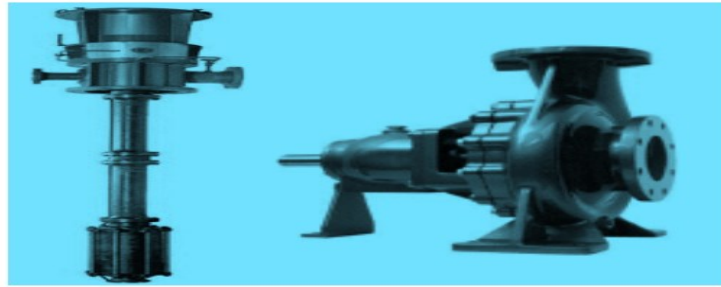
Pompa ini hanya mempunyai satu *impeler*. *Head* total yang ditimbulkan hanya berasal dari satu *impeler*, jadi relatif rendah.

2). Pompa Bertingkat Banyak

Pompa ini menggunakan beberapa *impeler* yang dipasang secara berderet (seri) pada satu poros. Zat cair yang keluar dari *impeler* pertama dimasukkan ke *impeler* berikutnya dan seterusnya hingga *impeler* terakhir. *Head* total pompa ini merupakan penjumlahan dari *head* yang ditimbulkan oleh masing-masing *impeller* sehingga relatif tinggi.

e. Menurut Letak Poros

Menurut letak porosnya pompa dapat dibedakan menjadi poros horizontal dan poros vertikal seperti pada gambar 2.23. berikut ini :



Gambar 2.23. Poros Vertikal dan Poros Horizontal

f. Menurut Jumlah Sisi Isap (*Suction*)

1). *Single suction*

Pada pompa ini fluida masuk dari sisi *impeler*. Konstruksinya sangat sederhana, sehingga sangat sering dipakai untuk kapasitas yang relatif kecil.

2). *Double Suction*

Pompa ini memasukkan fluida melalui dua sisi isap *impeler*. Pada dasarnya pompa ini sama dengan dua buah *impeler* pompa isapan tunggal yang dipasang bertolak belakang dan dipasang beroperasi secara paralel. Dengan demikian gaya aksial yang terjadi pada kedua *impeler* akan saling mengimbangi dan laju aliran total adalah dua kali laju aliran tiap *impeler*. Oleh sebab itu pompa ini banyak dipakai untuk kebutuhan dengan kapasitas yang besar.

g. Menurut Jumlah / Susunan *Impeler* dan Tingkat

Single stage : Terdiri dari satu *impeler* dan satu *casing*

Multi stage : Terdiri dari beberapa *impeler* yang tersusunseridalam satu *casing*

Multi impeler : Terdiri dari beberapa *impeler* yang tersusun paralel dalam satu *casing*.

Multi Impeler & multi stage : kombinasi *multi impeler* dan *multi stage*.

h. Kapasitas

Kapasitas rendah : $< 20 \text{ m}^3/\text{jam}$ Kapasitas menengah : $20\text{-}60 \text{ m}^3/\text{jam}$ Kapasitas tinggi : $> 60 \text{ m}^3/\text{jam}$ **E. Cara Menghitung Unjuk Kerja Pompa***1. Head*

Head pompa adalah energi per satuan berat yang harus disediakan pompa untuk memindahkan atau menaikkan fluida. Dengan kata lain *head* pompa adalah energi per satuan berat yang diberikan pompa untuk mengatasi tekanan yang mana energi tekanan ini terdiri dari kecepatan, perbedaan ketinggian, kerugian sepanjang pipa, kerugian pada belokan (*all spigot bend steel*), kerugian pada katup-katup (*flange gate valve*), dll. [7]

Persamaan head total ini ditulis dengan rumus :

$$\begin{aligned}
 H &= \text{head statis} + \text{head dinamis} \\
 &= (h_a + \Delta h_p) + \left(h_l + \frac{vd^2}{2g}\right) \dots\dots\dots (\text{Persamaan 2.1})
 \end{aligned}$$

[10]

dimana :

H_a = Perbedaan tinggi antara muka air sisi keluar dan sisi isap (m)

Tanda (+) dipakai apabila muka air sisi keluar lebih tinggi dari pada sisi isap (m)

Δh_p = Perbedaan *head* tekanan yang bekerja pada kedua permukaan air (m)

H_l = Berbagai *head* kerugian (losses) pada pipa, katup, belokan,

sambungan dan lain-lain

$$= h_{l_{\text{suction}}} + h_{l_{\text{discharge}}}$$

$$\frac{vd^2}{2g} = \text{head kecepatan keluar (m)}$$

Besarnya *head* kerugian pada sisi isap dan sisi tekan ini dapat ditentukan melalui persamaan :

$$Hl = \left(\lambda \frac{lv^2}{2g.d} \right) + Z f \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (\text{Persamaan 2.2})$$

dimana :

λ = Koefisien gesekan pipa saluran

L = Panjang pipa (m)

v = Kecepatan aliran air (m/s)

d = Diameter pipa (m)

f = Koefisien tahanan *fitting* (katup, belokan, dsb)

$\frac{v^2}{2g}$ = *Head* kecepatan keluar (m)

g = Percepatan gravitasi (m/detik²)

a. *Head* Statis (H_a)

Head statis total adalah perbedaan tinggi antara permukaan air pada sisi isap dan sisi tekan. Tanda (+) digunakan apabila muka air di sisi keluar lebih tinggi dari pada sisi isap. Pada pompa ini, *head* statis total merupakan penjumlahan *head* isap statis dengan *head* tekan statis.

Persaman *head* statis ini ditulis dengan rumus :

$$H_a = H_d - H_s \dots\dots\dots (\text{Persamaan 2.3})$$

dimana :

H_a = *Head* statis total (m)

H_s = *Head* statis isap (m)

H_d = *Head* statis tekan (m)

b. Perbedaan *Head* Tekan

Perbedaan *head* tekan disebabkan adanya perbedaan tekanan permukaan pada sisi isap dengan tekanan pada sisi keluar.

Persamaan perbedaan *head* tekan ini ditulis dengan rumus :

$$\Delta H_p = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 2.4)}$$

dimana :

ΔH_p = Perbedaan *head* tekan(m)

P_1 = Tekanan sisi hisap (kgf/cm²)

P_2 = Tekanan sisi keluar (kgf/cm²)

γ = Berat per satuan *volume* zat cair yang dipompa (9.77 x 10³ kgf/dm³)

c. Kerugian *Head* pada Pipa Isap (H_{ls})

Kerugian *head* pada pipa isap dipengaruhi sebagai berikut :

$$H_{ls} = H_{ls1} + H_{ls2} + H_{ls3} + H_{ls4} + H_{ls5} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 2.5)}$$

dimana :

H_{ls} = Kerugian *head* total pada isap (m)

H_{ls1} = Kerugian *Head* Sepanjang Pipa Isap (m)

H_{ls2} = Kerugian *Head* untuk Pipa Masuk (m)

H_{ls3} = Kerugian *Head* akibat *all spigot bend steel 4" x 90°* (m)

Hls₄ = Kerugian *Head* Akibat *all spigot bend steel 4"x 45°* (m)

Hls₅ = Kerugian *Head* Akibat *flange gate valve* (m)

1). Kerugian *Head* Sepanjang Pipa Isap (Hls₁)

$$Hls_1 = \lambda \frac{L}{Di} \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 2.6)}$$

[11]

dimana :

Hls₁ = Kerugian *head* sepanjang pipa isap

λ = Koefisien kerugian gesekan

L = Panjang pipa isap (m)

Di = Diameter dalam pipa isap

g = Gravitasi (m/detik²) = 9,81 m/detik²

Diameter pipa yang dipakai di lapangan adalah 4 inci. Menurut ANSI standart B 36.10 – 1939 (*schedule* No. 60), diperoleh ukuran pipa sebagai berikut:

Diameter luar pipa = 4.500 (inci) = 0.1143 m

Diameter dalam pipa = 4.026 (inci) = 0.10226 m

Tebal pipa = 0.282 (inci) = 0.0071628 m

Kecepatan aliran di dalam pipa isap dapat dihitung dengan persamaan :

$$v = \frac{4Q}{\pi Di^2} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 2.7)}$$

[12]

dimana :

v = Kecepatan rata – rata aliran didalam pipa (m/s)

Q = Kapasitas pompa (m^3/detik)

D_i = Diameter dalam pipa (m)

Untuk menentukan harga koefisien gesek λ ini harus lebih dahulu diketahui bilangan Reynold (Re) yang dapat dihitung dengan persamaan :

$$Re = \frac{vD_i}{\mu} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.8})$$

[13]

dimana :

Re = Bilangan Reynolds

v = Kecepatan rata – rata aliran didalam pipa (m/s)

D_i = Diameter dalam pipa (m)

μ = Viskositas kinematik zat cair pada temperatur 30^0 C
 $= 0,803 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{detik}$

Faktor λ (koefisien gesekan pipa) besarnya sangat tergantung dari jenis/aliran fluida pada saluran yang bersangkutan (aliran laminar atau aliran terbuka). Kedua macam aliran ini dapat diketahui dengan menggunakan parameter Reynold *number* (Re).

Jika $Re < 2000$, maka aliran laminar dan $\lambda = \frac{64}{Re}$

Jika $Re = 2000 - 4000$, maka aliran transisi

Jika $Re > 4000$, maka aliran adalah turbulen dan nilai λ dapat dihitung dengan persamaan :

$$\lambda = 0.20 + \frac{0.0005}{D} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.9})$$

dimana :

λ = Koefisien kerugian gesekan

D = Diameter pipa

2). Kerugian *Head* untuk Pipa Masuk (H_{ls2})

Bentuk ujung pipa pada sisi isap juga akan mempengaruhi *head losses* yang terjadi, untuk itu kondisi ujung masuk pipa isap ini adalah tajam (*sharp edge*) dengan harga $f = 0.5$

Maka

$$H_{ls2} = f \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 2.10)}$$

[14]

dimana :

H_{ls2} = Kerugian *head* untuk pipa masuk (m)

f = Koefisien kerugian (0.5)

v = Kecepatan rata – rata aliran didalam pipa (m/s)

g = Gravitasi (9.81 m/detik²)

3). Kerugian *Hed* Akibat *All Spigot Bend Steel 4" x 90°* H_{ls3}

$$H_{ls3} = Z \cdot f \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 2.11)}$$

dimana :

H_{ls3} = Kerugian *head* akibat *all spigot bend steel 4" x 90°*

Z = Jumlah *all spigot bend steel 4" x 90°*

f = Koefisien kerugian akibat *all spigot bend steel 4" x 90°* (0.3)

v = Kecepatan rata – rata aliran didalam pipa (m/detik)

g = Gravitasi (9.81 m/detik²)

4). Kerugian *Head* Akibat *All Spigot Bend Steel 4" x 45°* Hls₄

$$Hls_4 = Z \cdot f \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.12})$$

dimana :

Hls₄ = Kerugian *head* akibat *all spigot bend steel 4" x 45°*

Z = Jumlah *all spigot bend steel 4" x 45°*

f = Koefisien kerugian akibat *all spigot bend steel 4" x 45°* (0.19)

v = Kecepatan rata – rata aliran didalam pipa (m/detik)

g = Gravitasi (9.81 m/detik²)

5). Kerugian *Head* Akibat *flange Gate Valve* (Hls₅)

$$Hls_5 = Z \cdot f \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.13})$$

dimana :

Hls₅ = Kerugian *head* akibat *flange gate valve*

Z = Jumlah *flange gate valve*

f = Koefisien kerugian akibat *flange gate valve* (0.16)

v = Kecepatan rata – rata aliran didalam pipa (m/detik)

g = Gravitasi (9.81 m/detik²)

d. Kerugian *Head* pada Pipa Tekan

Kerugian sepanjang pipa tekan dapat dirumuskan sebagai berikut

$$Hld = Hld_1 + Hld_2 + Hld_3 + Hld_4 + Hld_5 + Hld_6 \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.14})$$

dimana :

Hld = Kerugian *head* total pada pipa tekan (m)

Hld₁ = Kerugian *head* sepanjang pipa tekan (m)

Hld₂ = Kerugian *head* akibat saluran keluar (m)

Hld₃ = Kerugian akibat *flange gate valve* (m)

Hld₄ = Kerugian akibat *check valve* (m)

Hld₅ = Kerugian *head* akibat *all spigot bend steel 4" x 90°*

Hld₆ = Kerugian akibat katub saringan

Kerugian *head* pada pipa tekan dipengaruhi sebagai berikut :

1). Kerugian *Head* Sepanjang Pipa Tekan (Hld₁)

$$Hld_1 = \lambda \frac{L}{Di} \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 2.15)}$$

dimana :

Hld₁ = Kerugian *head* akibat *all spigot bend steel 4" x 90°*

λ = Koefisien kerugian gesekan

L = Panjang pipa tekan (m)

Di = Diameter dalam pipa tekan (m)

g = Gravitasi (m/detik²) = 9,81 m/detik²

v = Kecepatan rata – rata aliran didalam pipa (m/detik)

Diameter pipa yang dipakai di lapangan adalah 4 inci. Menurut ANSI standart B 36.10 – 1939 (*schedule* No.60), diperoleh ukuran pipa sebagai berikut :

Diameter luar pipa = 4.500 (inci) = 0.1143 m

Diameter dalam pipa = 4.026 (inci) = 0.10226 m

Tebal pipa = 0.282 (inci) = 0.0071628 m

Kecepatan aliran di dalam pipa isap dapat dihitung dengan persamaan :

$$v = \frac{4Q}{\pi D_i^2} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.16})$$

[15]

dimana :

v = Kecepatan rata – rata aliran didalam pipa (m/detik)

Q = Kapasitas pompa (m³/detik)

D_i = Diameter dalam pipa (m)

Untuk menentukan harga koefisien gesek λ ini harus lebih dahulu diketahui bilangan Reynold *number* (Re) yang dapat dihitung dengan persamaan :

$$Re = \frac{vD_i}{\mu} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.17})$$

[13]

dimana :

μ = Viskositas kinematik zat cair pada temperatur 30⁰ C
 = 0,803 x 10⁻⁶ m²/detik

Faktor λ (koefisien gesekan pipa) besarnya sangat tergantung dari jenis/aliran fluida pada saluran yang bersangkutan (aliran laminar atau aliran terbuka). Kedua macam aliran ini dapat diketahui dengan menggunakan parameter Reynold *number* (Re).

Jika $Re < 2000$, maka aliran laminar dan $\lambda = \frac{64}{Re}$

Jika $Re = 2000 - 4000$, maka aliran transisi

Jika $Re > 4000$, maka aliran adalah turbulen dan nilai λ dapat dihitung dengan persamaan :

$$\lambda = 0.20 + \frac{0.0005}{D} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.18})$$

dimana :

λ = Koefisien kerugian gesekan

D = Diameter pipa (m)

2). Kerugian *Head* Akibat Saluran Keluar (H_{ld2})

$$H_{ld2} = Z \cdot f \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.19})$$

Untuk keadaan pipa tekan selalu dianggap kondisinya dengan $f = 1.0$

[10]

dimana :

H_{ld2} = Kerugian *head* akibat saluran keluar (m)

Z = Jumlah saluran

f = Koefisien kerugian (1.0)

g = Gravitasi (m/detik^2) = $9,81 \text{ m/detik}^2$

v = Kecepatan rata – rata aliran didalam pipa (m/detik)

3). Kerugian Akibat *Flange Gate Valve* (H_{ld3})

$$H_{ld3} = Z \cdot f \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.20})$$

dimana :

H_{ld3} = Kerugian akibat *flange gate valve* (m)

Z = Jumlah katub gerbang

f = Koefisien kerugian (0.16)

$$g = \text{Gravitasi (m/detik}^2\text{)} = 9,81 \text{ m/detik}^2$$

$$v = \text{Kecepatan rata – rata aliran didalam pipa (m/detik)}$$

4). Kerugian Akibat *Check Valve* (Hld₄)

$$\text{Hld}_4 = Z \cdot f \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.21})$$

dimana :

$$\text{Hld}_4 = \text{Kerugian akibat } \textit{check valve} \text{ (m)}$$

$$Z = \text{Jumlah } \textit{check valve}$$

$$f = \text{Koefisien kerugian (2.0)}$$

$$g = \text{Gravitasi (m/detik}^2\text{)} = 9,81 \text{ m/detik}^2$$

$$v = \text{Kecepatan rata – rata aliran didalam pipa (m/detik)}$$

5). Kerugian *Head* akibat *All Spigot Bend Steel 4" x 90°* (Hld₅)

$$\text{Hld}_5 = Z \cdot f \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.22})$$

dimana :

$$\text{Hld}_5 = \text{Kerugian } \textit{head} \text{ akibat } \textit{all spigot bend steel 4" x 90}^0 \text{ (m)}$$

$$Z = \text{Jumlaha } \textit{all spigot bend stell}$$

$$f = \text{Koefisien kerugian akibat } \textit{all spigot bend stell 4" x 90}^0 \text{ (0,3)}$$

$$g = \text{Gravitasi (m/detik}^2\text{)} = 9,81 \text{ m/detik}^2$$

$$v = \text{Kecepatan rata – rata aliran didalam pipa (m/detik)}$$

6). Kerugian akibat Katub Saringan (Hld₆)

$$\text{Hld}_6 = Z \cdot f \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.23})$$

dimana :

H_{ld6} = Kerugian akibat katub saringan (m)

Z = Jumlah katub

f = Koefisien kerugian (1.72)

g = Gravitasi (m/detik^2) = $9,81 \text{ m/detik}^2$

v = Kecepatan rata – rata aliran didalam pipa (m/detik)

Maka

$H_l = H_{ls} + H_{ld}$ (Persamaan 2.24)

dimana :

H_l = Kerugian *head* total pompa (m)

H_{ls} = Kerugian *head* isap (m)

H_{ld} = Kerugian *head* tekan (m)

7). Kerugian Head Akibat Kecepatan Aliran Fluida pada Pompa

Head akibat kecepatan aliran air keluar (m) = $\frac{v^2}{2g}$ (Persamaan 2.25)

dimana :

v = Kecepatan rata – rata aliran air didalam pipa (m/detik)

g = Gravitasi (m/detik^2) = $9,81 \text{ m/detik}^2$

2. Putaran Spesifik Pompa

Kecepatan spesifik didefinisikan sebagai kecepatan dalam putaran per menit, dimana suatu porsi *impeler* akan beroperasi secara bersamaan, umumnya apabila diperkecil akan dapat memberikan kapasitas teruji (rating). Kecepatan spesifik diberi simbol (N_s) yang dinyatakan dengan :

$$N_s = \frac{n \cdot \sqrt{Q}}{\sqrt[3]{H^4}} \text{(Persamaan 2.26)}$$

dimana :

N_s = Putaran spesifik pompa (rpm)

n = Putaran pompa (rpm)

Q = Kapasitas pompa (m^3 /menit)

H = Head pompa (m)

3. Efisiensi Pompa

Berbicara tentang efisiensi sebuah mesin apapun, kita mengacu pada seberapa baik mesin itu dapat mengubah satu bentuk energi ke bentuk energi lain. Jika satu unit energi di suplai pada sebuah mesin dan *output* nya satu setengah unit dalam satuan yang sama, maka efisiensinya adalah 50%. Penggunaan konstanta dapat memberikan persamaan meskipun dinyatakan dalam jumlah berbeda. Efisiensi merupakan parameter yang sangat penting dalam merencanakan pompa. Dengan kondisi sistem yang ada pompa harus dirancang sedemikian hingga menghasilkan efisiensi yang optimal. Efisiensi pompa merupakan perbandingan daya yang diberikan pompa kepada fluida dengan daya yang diberikan motor listrik kepada pompa.

4. Daya Pompa

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

$$P = \left(\frac{P_w}{\eta_p} \right) \dots\dots\dots \text{(Persamaan 2.27)}$$

dimana :

P = Daya poros sebuah pompa (kW)

η_p = Efisiensi Pompa

P_w = Daya air (kW)

5. Daya Penggerak Mula

Dalam merencanakan suatu instalasi pompa, sering kali dipertanyakan apakah akan dipergunakan motor listrik atau motor bakar / torak sebagai penggerak mula. Untuk menentukan mana yang tepat bagi setiap kasus harus dilihat kondisi kerja dan tempatnya, karena kedua jenis penggerak mula tersebut mempunyai keuntungan dan kerugiannya masing-masing.

Daya nominal dari penggerak mula yang dipakai untuk menggerakkan pompa harus ditetapkan dari rumus :

$$P_m = \frac{P(1 + \alpha)}{\eta_p} \dots\dots\dots \text{Persamaan 2.28)}$$

dimana :

P_m = Daya nominal penggerak mula (kW)

P = Daya pompa (kW)

α = Faktor koreksi, motor induksi

= 0.1 – 0.2

η_p = Efisiensi transmisi putaran poros

= 1 untuk poros yang dikopel langsung

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu

1. Tempat

Penelitian ini dilakukan di Booster Pump PDAM Tirtanadi yang beralamat di Perumnas Simalingkar. Booster Pump ini dipilih untuk memenuhi kebutuhan pengambilan data dalam penulisan tugas akhir.

2. Waktu

Analisa ini dimulai sejak judul tugas akhir ini disetujui oleh kedua pembimbing. Kemudian waktu yang akan digunakan dari persiapan penyusunan tugas akhir ini dapat dilihat pada tabel 3.1. sebagai berikut:

Tabel 3.1. Jadwal Penelitian

Kegiatan	Bulan								
	Januari 2020	Februari 2020	Maret 2020	April 2020	Mei 2020	Juni 2020	Juli 2020	Agustus 2020	September 2020
Penyusunan proposal skripsi									
Seminar proposal									
Pengambilan data									
Analisis data									
Seminar Hasil									
Sidang									

B. Bahan dan Peralatan yang digunakan

1. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah instalasi pemipaan untuk mengalirkan air, bahan-bahan yaitu :

a. Pipa *Steel*

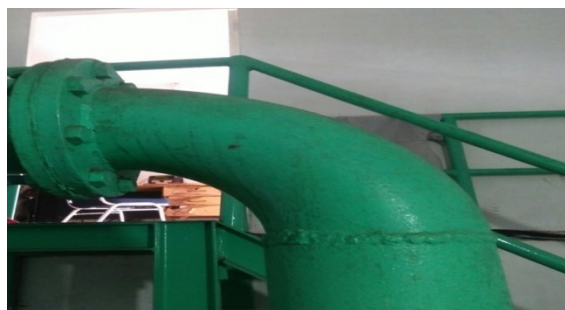
Pipa yang digunakan adalah jenis *steel* yang biasa digunakan oleh instalasi pengolahan yang ada di pabrik maupun di PDAM tirtanadi sendiri. Ukuran pipa yang digunakan untuk *outlet* $\varnothing$ 4 inci dan *inlet* $\varnothing$ 4 inci. Gambar 3.2. merupakan jenis pipa *steel* yang digunakan.



Gambar 3.1. Pipa *Steel*

b. *All Spigot Bend Steel*

All spigot bend steel yang digunakan pada instalasi Booster Pump ini adalah $\varnothing$ 4" x 90°.

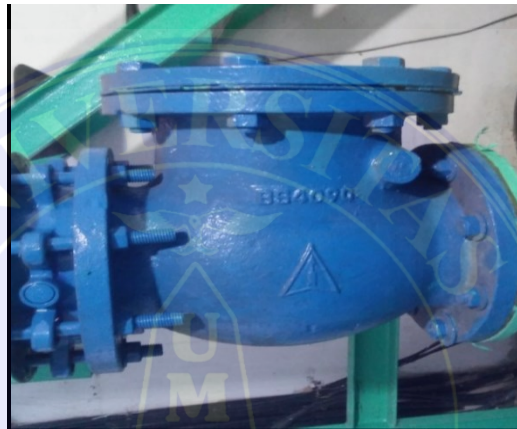


Gambar 3.2. *All Spigot Bend Steel* 4" x 90°

c. *Check Valve*

Check valve tidak menggunakan *handle* untuk mengatur aliran, tapi menggunakan gravitasi dan tekanan dari aliran fluida itu sendiri. Karena fungsinya yang dapat mencegah aliran balik (*back flow*), *Check valve* sering digunakan sebagai pengaman dari sebuah *equipment* dalam sistem perpipaan.

Gambar 3.3. merupakan *Check valve* yang digunakan.



Gambar 3.3. *Check Valve*

d. *Flange Gate Valve*

Pada instalasi ini menggunakan katub (*gate valve*) yang menggunakan tuas yang berfungsi untuk memutuskan dan menghubungkan aliran air yang dipasang pada instalasi pemipaan pada sisi tekan. Gambar 3.4. merupakan jenis *gate valve* yang digunakan.



Gambar 3.4. *Flange Gate Valve*

e. Bak penampung persediaan air (*Reservoir*)

Pada instalasi ini hasil menggunakan bak penampung persediaan air (*reservoir*). Air yang diterima dari Instalasi pengolahan ditampung di *reservoir* tersebut. Gambar 3.5. merupakan gambar *reservoir* yang digunakan.



Gambar 3.5. *Reservoir*

2. Alat

a. Pompa Sentrifugal

Pompa yang digunakan yaitu pompa sentrifugal merk EBARA type 100 x 80 FSJ.



Gambar 3.6. Pompa Sentrifugal

b. *Vacum Gauge*

Untuk mengukur tekanan fluida dibawah tekanan atmosfer yang masuk kedalam pompa melalui pipa *suction*. Gambar 3.7. merupakan jenis *vacum gauge* yang digunakan.



Gambar 3.7. *Vacum Gauge*

c. *Pressure Gauge*).

Meter tekanan yang terbuat dari tabung Bourdon sangat kuat dan dapat mengukur tekanan diatas dan dibawah tekanan atmosfer. Tabung Bourdon yang digunakan untuk mengukur tekanan diatas tekanan atmosfer lazim disebut sebagai *pressure gauge*.

Untuk mengukur tekanan fluida dibawah tekanan atmosfer yang masuk kedalam pompa melalui pipa *suction*. Gambar 3.8 merupakan jenis *pressure gauge* yang digunakan.



Gambar 3.8. Pressure Gauge

d. *Water Level*

Water level adalah alat yang dapat mengukur ketinggian air dan memantau ketinggian air dibak penampung (*reservoir*) maupun sungai yang dalam sehingga cocok untuk pengaplikasian pengukuran. Gambar 3.9. merupakan jenis *water level* yang digunakan.



Gambar 3.9. Water Level

C. Metode Penelitian dan Prosedur Pengujian

1. Langkah-Langkah Penelitian.

a. Persiapan

Sebelum melakukan penelitian terlebih dahulu melakukan persiapan.

Persiapan-persiapan yang harus dilakukan antara lain :

- 1). Melakukan survey terlebih dahulu dan melakukan studi pustaka untuk merencanakan apa yang akan diteliti.
- 2). Menyediakan alat ukur, bahan, dan perlengkapannya dengan melakukan survey bahan-bahan yang diperlukan dilapangan.

b. Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian termasuk diantaranya persiapan awal dimana pelaksanaan pengujian dapat diuraikan dalam point-point sebagai berikut :

- 1). Menyalakan pompa sentrifugal dengan kecepatan putaran maksimum hingga aliran fluida menghilangkan gelembung udara yang terjebak dalam saluran sirkulasi.
- 2). Mengamati semua peralatan pengujian pompa sentrifugal.
- 3). Mencatat hasil pengukuran tekanan hisap (P_s) dari alatukur *vacum gauge* dengan cara melihat jarum yang bergerak pada *vacum gauge* ketika pompa dihidupkan.
- 4). Mencatat hasil pengukuran tekanan buang (P_d) dari alat ukur *pressure gauge* dengan cara melihat jarum yang bergerak pada *pressure gauge* ketika pompa dihidupkan.
- 5). Setelah pengujian selesai dilakukan, bersihkan dan rapikan semua peralatan yang digunakan.

c. Indikasi yang dilakukan

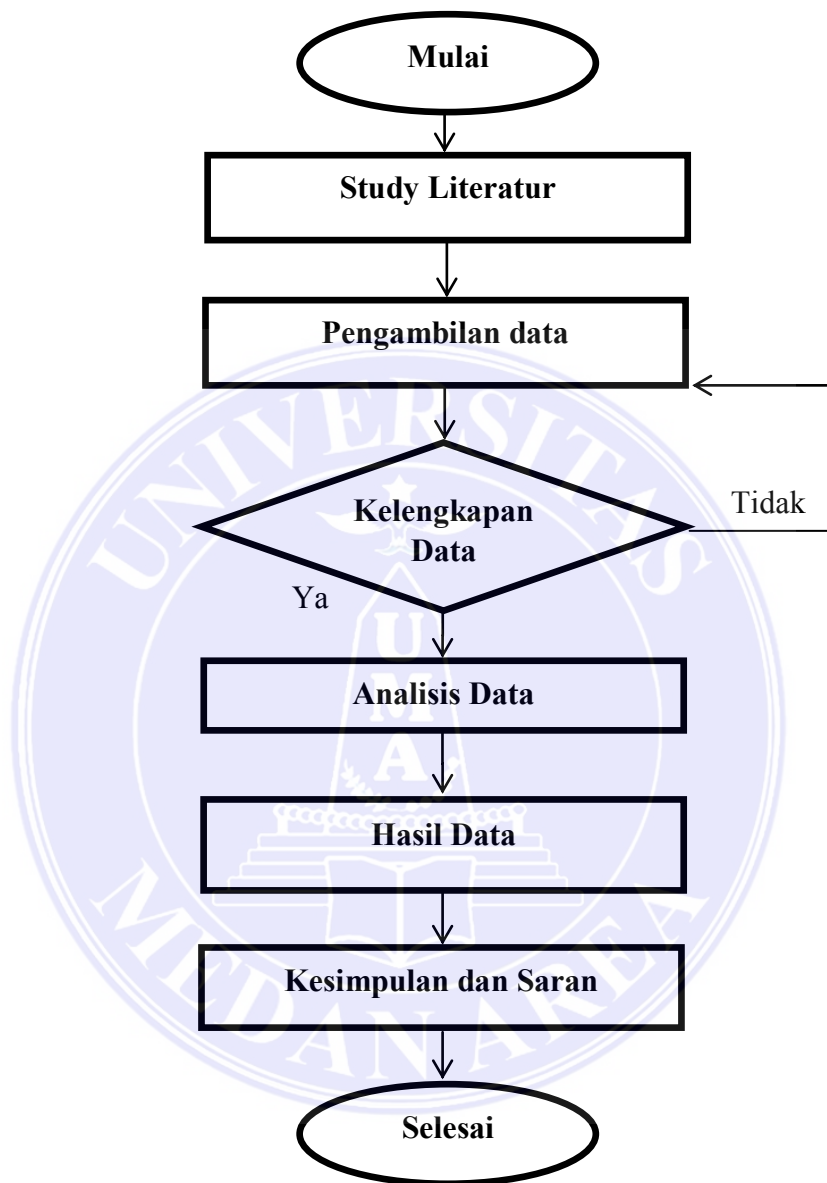
Adapun indikasi yang dilakukan pada pengujian ini dapat dilihat pada alat ukur yang tersedia. Seperti *pressure gauge* untuk mengetahui tekanan fluida dan *water level* untuk mengetahui ketinggian air pada *reservoir*. Dengan pengambilan data kemudian dilanjutkan perhitungan dengan menggunakan rumus yang ada.

D. Variabel yang Diamati

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengujian pompa dengan menghitung berapa besar nilai kapasitas pompa yang dihasilkan, *head* pompa akibat pengaruh kerugian – kerugian, putaran spesifik pompa, efisiensi pompa, daya pompa dan daya penggerak pemula sehingga nantinya pompa dapat bekerja sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan.

E. Diagram Alir Pelaksanaan Analisa

Diagram alir pada pelaksanaan penelitian tugas akhir sebagai berikut:



Gambar 3.10. Diagram Alir Pelaksanaan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Dari data yang diperoleh di lapangan dan dilakukan perhitungan dengan rumus - rumus, maka diketahui :
 - a. *Head* total pompa (H) = 149 m
 - b. Putaran spesifik (n_s) = 66.90rpm
 - c. Efisiensi pompa (η_p) = 63%
 - d. Daya motor penggerak pompa (P) = 42.66kW
 - e. Pompa dapat bekerja sesuai kebutuhan karena *head* secara aktual 149 m, lebih kecil dari yang tertera di name plate yaitu 150 m.

B. Saran

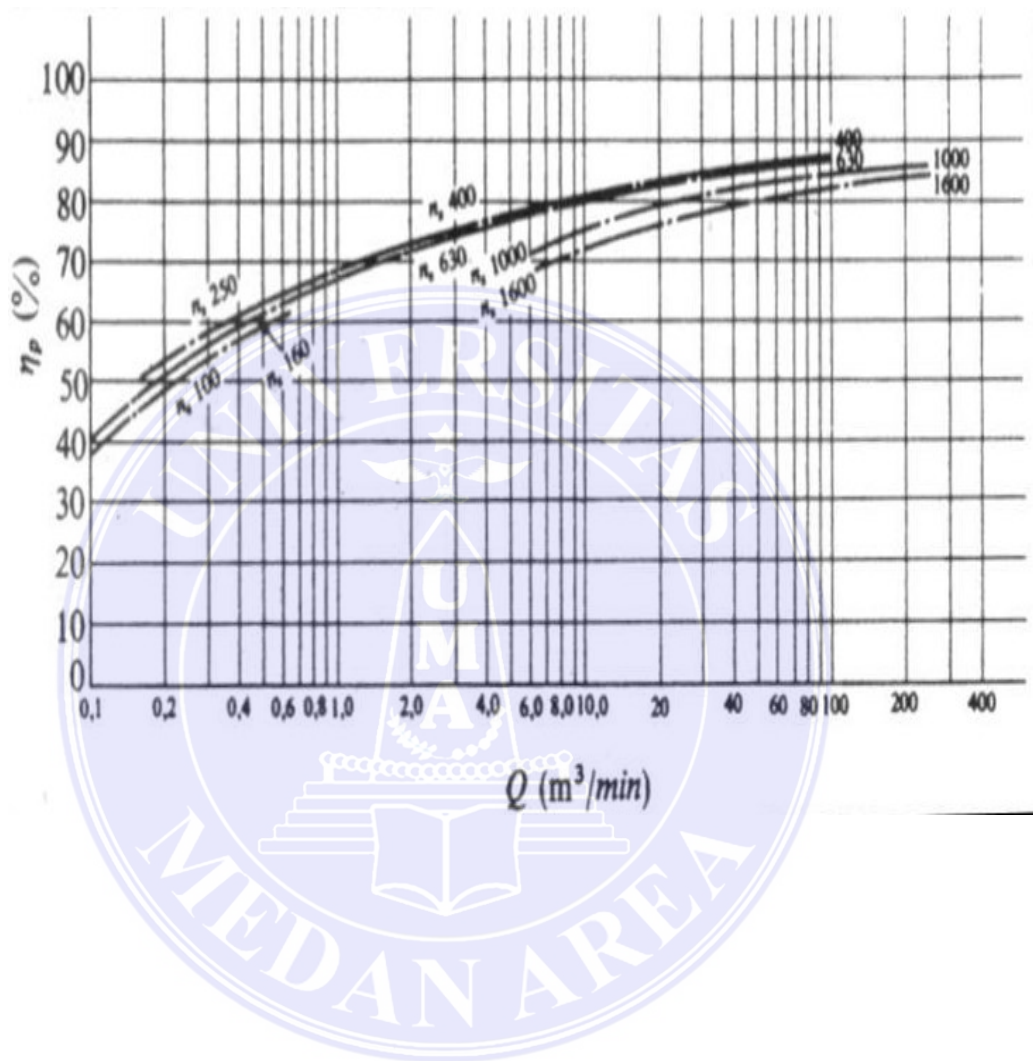
Dalam penginstalasian pompa, diusahakan menghindari belokan-belokan tajam, pipa yang terlalu panjang, serta mengurangi fitting yang tidak perlu agar *head losses* nya tidak terlalu besar.

DAFTAR PUSTAKA

1. Thoharudin, A. S. Nugroho dan S. Unjanto, "Optimasi Tinggi Tekan dan Efisiensi Pompa Sentrifugal dengan Perubahan Jumlah Sudu Impeller dan Sudut Sudu Keluar Impeller Menggunakan Simulasi Computational Fluis Dynamics," *Prosiding Seminar Nasional Aplkasi Sains & Teknologi*, 2014.
2. T. G. Hicks dan T. Edwards, *Teknologi Pemakaian Pompa*, Jakarta: Erlangga, 2018.
3. Supardi dan M. M. Renwarin, "Pengaruh Variasi Debit Aliran dan Pompa Pipa Isap (Section) Terhadap Karakteristik Pompa Sentrifugal yang Dioperasikan Secara Paralel," *Mekanika Jurnal Teknik Mesin*, p. Volume 1 No. 1, 2015.
4. A. H. Chruch, *Pompa dan Blower Sentrifugal*, Jakarta: Erlangga, 2019.
5. Mustakim, "Pengaruh Kecepatan Sudut Terhadap Efisiensi Pompa Sentrifugal Jenis Tunggal," *Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro*, p. Vol. 4 No.2, 2015.
6. S. Nugroho, W. E.J dan D. A. Himawanto, "Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja dan Kavitasi Pompa Sentrifugal," *Mekanika*, pp. Volume 12, No. 2, 2014.
7. Sularso dan H. Tahara, *Pompa dan Kompresor*, Jakarta: P.T. Pradnya Paramita, 2018.
8. F. Dietzel, *Turbin, Pompa dan Kompresor*, Jakarta: Erlangga, 1993.
9. T. G. Hicks dan T. Edwards, *Teknologi Pemakaian Pompa*, Jakarta: Erlangga, 2018.
10. F. M. White, *Mekanika Fluida*, Jakarta: Erlangga, 1988.

LAMPIRAN

A. Diagram Efisiensi Standar Pompa



B. Gambar Instalasi Pompa Sentrifugal

