

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Prestasi Pompa Sentrifugal

Prinsip kerja pompa sentrifugal adalah alat yang berfungsi untuk memindahkan cairan dari satu lokasi ke lokasi lain dengan cara meningkatkan tekanan cairan itu. Pompa sentrifugal dilengkapi dengan impeler untuk memindahkan cairan dari lokasi yang lebih rendah ke lokasi yang lebih tinggi. Kekuatan dari luar diterapkan pada poros pompa untuk memutar impeller di dalam cairan. Akibat dorongan sudu-sudu yang berputar, zat cair dalam impeller bergerak. Akibat gaya sentrifugal, cairan mengalir dari pusat impeler menuju keluar melalui saluran di antara bilah-bilah. Pada bagian ini, tekanan fluida menjadi lebih besar. Dengan cara yang sama, kepala kecepatannya meningkat karena cairan mengalami akselerasi. Cairan yang dihasilkan oleh impeler ditampung dalam saluran berbentuk volut (spiral) yang mengelilingi impeler dan disalurkan keluar pompa melalui nosel. Di dalam nosel ini, sebagian dari head kecepatan aliran diubah menjadi head tekanan. Impeler pompa berfungsi memberikan energi kepada cairan sehingga energi yang dimilikinya bertambah besar. Selisih energi per unit berat atau head total cairan antara flens isap dan flens keluar pompa disebut sebagai head total pompa.

Pompa memiliki banyak fungsi dan dapat mendukung proses produksi dari industri besar hingga skala rumah tangga. Pemanfaatan pompa sentrifugal dalam sektor industri juga diterapkan dalam proses pembuatan gula. Terdapat berbagai macam jenis pompa yang tersedia di pasaran, dan dengan penggunaan pompa yang luas, pengujian diperlukan untuk mengevaluasi kinerja pompa. Pompa sentrifugal merupakan salah satu jenis pompa yang paling umum digunakan di industri. Pompa sentrifugal adalah alat penghantar cairan yang cara kerjanya mengubah energi kinetik kecepatan suatu cairan menjadi energi potensial dinamis melalui impeller yang berputar dalam sebuah wadah. Secara umum, jika pompa memiliki daya angkut yang tinggi dan kemampuan hisap yang dalam, dianggap memenuhi standar sesuai kebutuhan. Bisa dikatakan bahwa pompa memiliki peran yang tak terpisahkan dalam dunia industri. Dengan baik. Secara keseluruhan, daya

pendorong pompa disebut Head pompa. Semakin tinggi ketinggian, semakin besar tenaga yang dihasilkan oleh pompa.

2.2. Rancangan Atau Desain Model Peralatan

Uji proses desain model alat pengujian pompa sentrifugal secara seri dan paralel dilakukan dengan Solidworks. Pemanfaatan Solidworks bertujuan untuk mengidentifikasi ukuran peralatan uji secara mendetail dengan memasukkan ukuran aksesoris peralatan sesuai dengan ukuran yang akurat. Aksesoris alat yang dijelaskan dalam perancangan model alat uji mencakup pompa, pipa, fitting pipa, serta perangkat tambahan untuk pengembangan sistem kontrol dan pemantauan seperti selenoid valve, sensor tekanan, dan sensor kecepatan aliran.

Dari hasil perancangan didapat spesifikasi model peralatan uji pompa sentrifugal seri dan paralel sebagai berikut: Tabel 1:

Dimensi Peralatan Uji Pompa Sentrifugal

Panjang keseluruhan	: 57 cm
Lebar keseluruhan	: 57 cm
Tinggi keseluruhan	: 120 cm
Jumlah tanki	: 1 buah
Ukuran tanki (p x l x t)	: 50x50x50
Volume tanki	: 25 liter

2.3. Pompa Sentrifugal

2.3.1 Definisi Pompa sentrifugal

Pompa merupakan alat yang berfungsi untuk memindahkan fluida dengan meningkatkan tekanan melalui konversi energi mekanik menjadi energi kinetik. Terdapat dua kategori utama pompa: perpindahan positif, yang memindahkan volume fluida yang konsisten pada setiap siklus operasi, dan pompa dinamis, yang menggunakan impeller berputar untuk meningkatkan kecepatan dan tekanan fluida. Pompa sentrifugal merupakan jenis pompa dinamis, bekerja dengan memutar impeller untuk menghasilkan gaya sentrifugal yang mendorong cairan keluar, biasanya digunakan untuk memindahkan cairan dengan tekanan

rendah dan volume besar. Keunggulan pompa sentrifugal termasuk efisiensi tinggi dan kemudahan operasional, meskipun tidak ideal untuk cairan kental atau berbahaya. Komponen utama dari pompa sentrifugal meliputi casing, impeller, shaft, bearing, kopling, packing & seal, serta sistem pelumasan, yang semuanya berperan penting dalam memastikan operasi dan kinerja pompa yang optimal (Salmon & Pattykayhattu, 2024)

2.3.2 Prinsip kerja pompa sentrifugal

Cairan terhisap melalui sisi isap, karena tekanan pada pompa lebih rendah dibandingkan tekanan atmosfer, kemudian masuk dan ditampung di dalam rumah keong. Karena adanya putaran impeller, fluida keluar melalui sisi pembuangan dengan arah radial. Komponen-komponen pompa sentrifugal: 1. Impeller digunakan untuk menarik fluida dari sisi isap dan mendorongnya secara aksial ke sisi buang. Sudu bagian dari impeller yang berfungsi untuk memindahkan fluida sehingga menciptakan gaya sentrifugal pada. *Casing* Disebut juga rumah keong, berfungsi menampung cairan yang terlempar dari sudu-sudu impeller.

Komponen Komponen Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal telah banyak digunakan di berbagai macam industri seperti minyak dan gas, pertanian, kimia, dan sektor –sektor lainnya umumnya pompa ini tersusun atas beberapa bagian penting yaitu:

1) *Casing*



Gambar 2. 1 Casing pompa sentrifugal

Casing biasanya berbentuk seperti cangkang atau rumah pompa, berfungsi untuk melindungi bagian dalam pompa dan mengarahkan aliran fluida. Tugas utama casing adalah untuk menahan dan mengatur aliran fluida yang keluar dari *impeller* (Tama & Pranoto, 2020)

Fungsi Utama *Casing* Pompa Sentrifugal

1. Mengatur Aliran Fluida

Casing mengumpulkan aliran fluida dari impeller dan mengarahkannya ke saluran keluar (discharge) pompa. Bentuk casing yang terdesain khusus membantu dalam menjaga tekanan dan aliran fluida secara efisien.

2. Melindungi Komponen *Internal*

Casing juga berfungsi sebagai pelindung bagi komponen internal pompa dari kerusakan yang disebabkan oleh lingkungan luar, seperti benturan atau korosi.

3. Meningkatkan Tekanan

Casing berperan dalam meningkatkan tekanan fluida dengan mengonversi energi kecepatan yang diberikan impeller menjadi energi tekanan. Proses ini dikenal sebagai difusi.

2) *volute*

Volute berbentuk seperti spiral atau cangkang melingkar, adalah salah satu bagian penting dari *casing* pompa sentrifugal. *Volute* memainkan peran penting dalam meningkatkan efisiensi kerja pompa sentrifugal dan mengatur dan mengontrol aliran fluida. Berikut adalah penjelasan rinci tentang *volute* pompa sentrifugal.

Fungsi Utama *Volute* pada Pompa Sentrifugal :

1. Mengubah Energi Kinetik Menjadi Energi Tekanan

2. Mengumpulkan Aliran dari Impeller dan Mengarahkan ke *discharge*

3. Mengurangi Gaya Radial pada *Impeller*

Prinsip Kerja *Volute* dalam Pompa Sentrifugal

- Ketika impeller berputar, fluida terdorong keluar ke arah casing dengan kecepatan tinggi. Di sinilah *volute* berperan.

- Bagian *volute* yang melebar secara bertahap (bentuk spiral) memungkinkan fluida melambat, sehingga energi kinetik berkurang dan diubah menjadi tekanan.
- Proses *difusi* ini (pengubahan kecepatan menjadi tekanan) berlangsung saat fluida bergerak dari sisi *impeller* menuju area yang lebih luas di dalam *volute*.

3) *Discharge Nozzle*

Nozzle, berfungsi sebagai saluran keluaran untuk fluida yang telah dipompa dari *impeller* dan melewati *casing*, mengarahkan aliran fluida dari pompa ke sistem pipa atau saluran distribusi yang membawa fluida ke lokasi yang dimaksud. Penjelasan lengkap tentang discharge nozzle pompa sentrifugal tersedia di sini:

Fungsi Utama *Discharge Nozzle*

1. Mengalirkan Fluida dari Pompa.
2. Mengontrol Laju Aliran dan Tekanan
3. Membantu Mengurangi Getaran
4. Mengurangi Kehilangan Energi

Komponen dan Desain *Discharge Nozzle*

1. Diameter *Nozzle*
2. Sudut *Nozzle*
3. Orientasi *Nozzle*

Material *discharge nozzle* biasanya disesuaikan dengan jenis fluida yang dipompa dan kondisi operasi. Material umum yang digunakan meliputi:

1. Besi Cor atau Baja Karbon: Cocok untuk fluida yang bersih dan non-korosif.
2. *Stainless Steel*: Umum digunakan untuk fluida korosif atau untuk industri yang memerlukan kebersihan, seperti makanan dan farmasi.
3. Plastik atau Bahan Komposit: Digunakan untuk fluida yang sangat korosif atau kondisi di mana logam konvensional dapat cepat terdegradasi.

Cara Kerja Discharge *Nozzle* dalam Pompa Sentrifugal

1. Aliran dari *Impeller* ke *Casing*

Ketika fluida melewati *impeller*, ia bergerak dengan energi kinetik tinggi ke *casing* pompa, di mana sebagian energi ini dikonversi menjadi tekanan.

2. Keluar melalui *Discharge Nozzle*

Fluida bertekanan tinggi kemudian diarahkan ke *discharge nozzle*, yang mengendalikan dan mengarahkan aliran ke luar dari pompa ke saluran distribusi. Desain *nozzle* akan memastikan aliran tetap stabil dan sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan.

3. Transisi ke Sistem Pipa atau Saluran Distribusi

Fluida kemudian dialirkan dari *discharge nozzle* ke sistem pipa utama, di mana fluida bergerak menuju lokasi yang diinginkan, baik untuk aplikasi industri, proses produksi, atau distribusi.

4) *Suction nozzle*

Suction nozzle adalah komponen pada pompa sentrifugal yang berfungsi sebagai saluran masuk (*inlet*) untuk fluida yang akan dipompa. Melalui *suction nozzle*, fluida mengalir dari sumber atau tangki ke *impeller*, di mana proses peningkatan energi kinetik dan tekanan terjadi. Desain *suction nozzle* yang tepat sangat penting untuk memastikan aliran fluida masuk secara lancar, tanpa hambatan atau gangguan yang dapat menurunkan efisiensi pompa.

Fungsi Utama *Suction Nozzle*

1. Mengalirkan Fluida ke *Impeller*
2. Mengatur Tekanan Masuk Fluida
3. Mengurangi Kehilangan Energi
4. Mengatur Aliran Fluida

5) *Impeller*



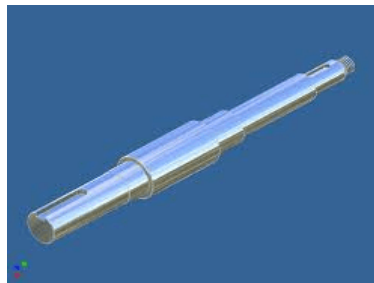
Gambar 2.2 Impeler

Impeller adalah komponen utama dalam pompa yang berfungsi untuk mengirim energi dari motor penggerak ke fluida. Dengan putaran yang cepat, *impeller* menghasilkan gaya sentrifugal yang mendorong fluida keluar dari pusat *impeller* menuju casing pompa, meningkatkan tekanan dan laju aliran fluida. *Impeller* adalah elemen penting yang menentukan kinerja dan efisiensi pompa sentrifugal.

Fungsi Utama *Impeller*

1. Mentransfer Energi ke Fluida
2. Menghasilkan Gaya Sentrifugal
3. Mengontrol Laju Aliran dan Tekanan

6) *Shaft*/Poros



Gambar 2.3 *Shaft*/poros pompa sentrifugal

Poros berfungsi untuk meneruskan putaran dari penggerak selama operasi dari tempat kedudukan *impeller* dan bagian - bagian berputar lainnya.

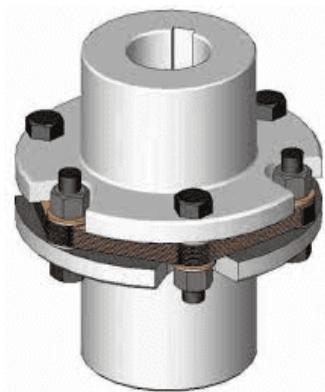
7) *Bearing*/Bantalan



Gambar 2.4 Bearing/bantalan pmpa sentrifugal

Bearing pada pompa berfungsi untuk menumpu dan menahan beban dari poros agar dapat berputar dengan baik.

8) Kopling



Gambar 2.5 Kopling pompa sentrifugal

Kopling dalam pompa sentrifugal adalah mekanisme yang digunakan untuk menghubungkan dan memutuskan transmisi daya antara motor penggerak dan pompa itu sendiri.

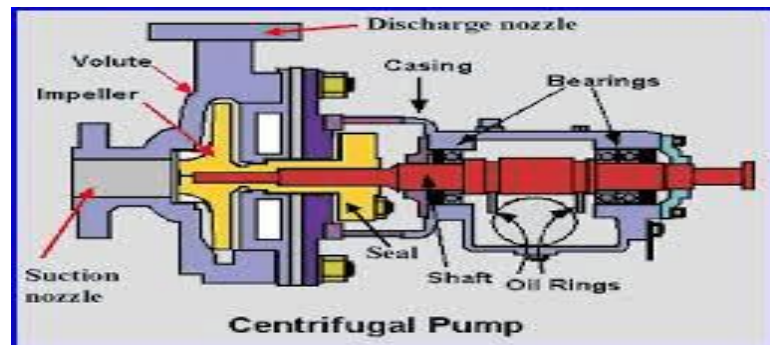
9) *Packing & Seal*



Gambar 2.6 Packing dan seal pompa sentrifugal

Sistem packing pada pompa adalah untuk mengontrol kebocoran fluida yang mungkin terjadi pada sisi casing pompa dengan poros pompa.

10) Sistem *Lubrikas*



Gambar 2. 7 Sistem lubrikasi pompa sentrifugal

2.4.Komponen dalam pemasangan pipa

Komponen pada pemasangan pompa memiliki peran krusial dalam instalasi pompa, di mana komponen yang wajib ada dalam sistem perpipaan dan alat uji tekan adalah sebagai berikut:

a) Pipa *PVC*

Pipa *PVC* (polivinil klorida) adalah jenis produk termoplastik yang pertama kali diterapkan untuk pipa, dan pipa PVC menjadi tipe pipa yang

paling umum digunakan. Berikut adalah gambar pipa PVC yang akan digunakan



Gambar 2.8 Pipa pvc

b) Manometer (*pressure gauge*)

Alat pengukur tekanan adalah instrumen yang memanfaatkan kolom cairan untuk mengukur tekanan. Alat vakum yang dipakai untuk mengukur tekanan. Pada alat pengukur vakum, dibagi menjadi dua sub kategori, yaitu vakum tinggi dan vakum rendah (vakum rendah kadang bahkan vakum ultra tinggi). Satuan dari alat ukur pada tekanan ini biasanya berupa psi (*pound per square inch*), psf (*pound per square foot*), mm/Hg (*millimeter of mercury*), in/Hg (*inch of mercury*), bar, atm (*atmosphere*), N/m² (Pascal). Saat memilih pressure gauge yang berkualitas, penting untuk memperhatikan hal-hal seperti: Bahan, Skala maksimum, Tingkat akurasi, dan Ukuran dial. Pada gambar 4 terlihat perangkat pengukur tekanan



Gambar 2.9 Pressure Gauge

c) Vacuum Pressure

Vacuum gauge merupakan alat ukur pneumatic yang digunakan untuk mengetahui nilai kevakuman mesin . Alat ini menunjukkan perbedaan antara tekanan atmosfer luar dan nilai kevakuman yang teruji pada saluran udara masuk (*intake manifold*). Sama seperti memilih pressure gauge, Dalam memilih vacuum pressure yang berkualitas perlu diperhatikan hal-hal seperti: Material, Skala maksimum, Akurasi, dan Ukuran dial. Gambar 5 menunjukkan perangkat pengukur tekanan vakum.



Gambar 2.10 Pressure Vacuum

d) Valve

Valve atau yang biasa dikenal sebagai katup bisa menjadi perangkat yang mengatur, mengarahkan atau mengontrol aliran cairan (gas, cairan, padatan ter fluidisasi) dengan celah, menutup, atau menutup sekitar jalur aliran. Kriteria dalam pemilihan ball valve meliputi berbagai aspek antara lain: Port, Kapasitas aliran, Kecepatan membuka dan menutup pipa.



Gambar 2.11 Valve

e) Flow Meter

Flow meter merupakan perangkat pengukur untuk menentukan volume fluida atau kecepatan aliran yang bergerak di saluran terbuka maupun pipa tertutup. *Flow meter* berfungsi untuk mengukur kecepatan aliran volume atau debit air pada uji pompa tunggal, baik secara seri maupun paralel. Parameter dalam memilih *flow meter* ada dua hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

1. Diketahui laju aliran nominal dan maksimum.
2. Viscosity dari fluida, Kebersihan/kekotoran dari fluid (lumpur, banyak kotoran atau bersih) yang mengalir ke *flow meter*.
3. Sistem instalasi flow meter: vertikal atau horizontal
4. Material yang digunakan.
5. Perlunya tidaknya display pada *flow meter* (*local display* atau *remote display*) (S



Gambar 2.12 Flow meter

2.6. Pengujian Efisiensi Pompa Sentrifugal

1. Konsep efisiensi pompa sentrifugal

Sebelum memutuskan desain yang akan dibuat, langkah pertama yang dilakukan adalah menetapkan konsep desain yang akan diterapkan. Dalam merumuskan konsep terdapat dua tahapan yang dapat membantu dalam pengembangan sebuah konsep desain yaitu:

1. Identifikasi

Identifikasi yang dilakukan dalam penelitian ini melalui observasi langsung terhadap aspek-aspek yang terkait dengan penelitian ini. Identifikasi dilakukan dengan mengamati jurnal yang telah tersedia.

2. Deskripsi

Setelah memperoleh hasil dari identifikasi, langkah selanjutnya adalah mendeskripsikan aspek yang berkaitan dengan konsep alat yang dirancang, dengan memperhatikan fungsi dan manfaat dalam perancangan konsep alat tersebut. Kriteria perangkat yang akan dikembangkan, yaitu:

- a) Alat dapat memperlihatkan aliran air dalam rumah pompa.
- b) Alat dapat menunjukkan karakteristik pompa yaitu menghasilkan Q (debit air), H (head pompa) dan Δp (tekanan) pada suction dan discharge.
- c) Alat dapat digunakan sebagai alat peraga.

2. Metode pengukuran efisiensi pompa

1. Perakitan secara bergantian dari tiga macam pompa yaitu diffuser, rumah keong dan turbin. Pipa isap dan pipa keluar dipasang pada pompa dan pompa dihubungkan dengan motor listrik melalui transmisi sabuk puli, sedangkan pada pipa keluar dipasang orifice.
2. Variasi putaran n : 1500 rpm, 1750 rpm, 2000 rpm, 2500 rpm dan 2800 rpm. Variasi bukaan katup BK : 0 %, 15 %, 30 %, 45 %, 60 %, 75 % dan 100 %. Pasangan variasi pengujian.
3. Pengujian debit dan head dengan variasi putaran motor listrik dan bukaan katup seperti Tabel 1, dan untuk mengetahui besar debit, maka dilakukan pengukuran langsung dengan pembacaan selisih ketinggian air pada rangkaian pompa sedangkan untuk mengetahui besar tinggi isap (head) dengan membaca skala ukur pada alat ukur isap dan tekanan pada rangkaian pompa. (Djalmono, 2010; Septiani, Rozi, & Tamtomo, 2023)

3. Pengaruh variasi tekanan dan debit terhadap efisiensi

Pengumpulan data prototipe pompa dilakukan dengan menggunakan air sebagai media fluida, dengan variasi bentuk sudu impeller yang ditunjukkan pada. Baik casing pompa maupun impeller-nya terbuat dari bahan PLA yang dicetak melalui 3D Printing. Pompa ini digerakkan oleh

dinamo tipe 775 DC 24V, alat pengukur tekanan menggunakan pressure gauge berkapasitas 1 bar, dan sumber daya listriknya memakai power supply 24V. Untuk mengontrol rpm motornya, digunakan mini dimmer DC 24V dan volt-ampere meter digital untuk mengukur ampere yang digunakan selama uji coba prototipe pompa serta saklar untuk memutuskan arus listriknya. Proses pengambilan datanya dilakukan pada putaran 3000, 4000, dan 5000 rpm. Pada setiap rpm, dilakukan tiga percobaan untuk mendapatkan rata-rata waktu dan tekanan yang dihasilkan untuk mengisi 25 ml air. Saluran keluar pompa menggunakan selang sepanjang 1 meter yang terhubung dengan alat pengukur tekanan dan di ujungnya dipasang keran.

perbedaan kecepatan putar dan perbedaan desain geometri impeller menghasilkan beberapa grafik untuk membandingkan performanya. Di samping itu, perhitungan daya air dan efisiensi pompa juga dilakukan untuk menentukan desain impeller yang optimal. Pengujian dilaksanakan dengan keadaan keran setengah tertutup sehingga diperoleh tekanan output dengan resistansi yang sama untuk setiap variasi. Sementara itu, tekanan isap dianggap tidak ada karena pompa terletak di permukaan air.

Hal ini sejalan dengan karakteristik pompa sentrifugal di mana kecepatan diubah menjadi tekanan melalui adanya casing berbentuk bulat. Namun, grafik menunjukkan adanya perbedaan karakter antara impeller I dan IV dibandingkan dengan impeller II dan III. Impeller I dan IV menghasilkan grafik yang melengkung ke atas, sementara impeller II dan III menghasilkan grafik yang melengkung ke bawah. Hal ini disebabkan karena pada impeller I dan IV, sudu berbentuk melengkung, menghasilkan kecepatan absolut yang lebih rendah di sisi keluaran sehingga tekanan yang dihasilkan lebih sedikit pada kecepatan putar menengah. Pada kecepatan rotasi 4000 rpm, impeller II menghasilkan tekanan tertinggi sebesar 0,193 bar. Pada kecepatan putar 5000 rpm, impeller I menghasilkan tekanan tertinggi sebesar 0,25 bar. Pada kecepatan putar tinggi, impeller I menciptakan tekanan tertinggi karena sudu melengkung

dengan kelengkungan yang lebih kecil dibandingkan impeller IV. Menciptakan kecepatan absolut yang cukup tinggi di sisi outlet dan kecepatan absolut yang cukup rendah di sisi inlet, disebabkan oleh sudut kecepatan relatif yang kecil di sisi output dan sudut kecepatan relatif yang besar di sisi input. Hal ini sejalan dengan persamaan, $H_{ideal} = (Cw2.U2 - Cw1.U1)/g$ (3) Di mana $Cw1$ dan $Cw2$ adalah proyeksi kecepatan absolut di sisi masuk dan keluar, sementara $U1$ dan $U2$ adalah kecepatan tangensial di sisi masuk dan keluar. Impeller III menghasilkan aliran tertinggi pada kecepatan 3000 hingga 5000 rpm, dengan aliran maksimum sebesar 117,23 mL/s pada 5000 rpm. Debit terendah dihasilkan oleh impeller I dengan nilai maksimum 59,83 mL/s pada kecepatan 5000 rpm. Pada Gambar 3, juga terlihat bahwa impeller dengan sudu lurus menawarkan keuntungan debit yang lebih besar dibandingkan impeller dengan sudu melengkung pada kecepatan putar 3000 hingga 5000 rpm. Hal ini disebabkan oleh karena impeller lurus memiliki panjang bilah yang secara relatif lebih pendek dibandingkan dengan impeller melengkung. (Riantio, Fahrudin, & Belo, 2022)