

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pompa sebagai salah satu mesin aliran fluida hidrolis pada dasarnya digunakan untuk memindahkan fluida tak mampat (incompressible fluids) dari suatu tempat ke tempat lain dengan cara menaikkan tekanan fluida yang akan dipindahkan. Pompa akan memberikan energi mekanis pada fluida kerjanya, dan energi yang diterima fluida digunakan untuk menaikkan tekanan dan melawan tahanan-tahanan yang terdapat pada saluran-saluran instalasi pompa.

Menurut (Sularso Haruo Tahara 2006:05) bahwa komponen-komponen utama pompa sentrifugal terdiri dari mechanical seal, packing, shaft (poros), shaft-sleeve, vane, casing pompa, eye of impeller, impeller, wearing ring, bearing, dan discharge. Dimana unjuk kerja pompa merupakan salah satu yang menjadi efek langsung dari keadaan aliran cairan (air) masuk dan keluar nozzle.

Penggunaan pompa yang demikian luas dengan berbagai macam jenis dan bentuknya, memerlukan pengetahuan yang cukup untuk merancang, membuat, maupun memilih tipe pompa yang tepat sesuai dengan kondisi dan lingkungan operasi yang dilayaninya. Mulai dari tujuan penggunaannya, jenis dan sifat fluida yang dipompa, keadaan lingkungan, head, dan kapasitasnya, pemilihan penggerakannya, bahkan sampai instalasi dan perawatannya.

Menurut (Sigit Nugroho, Wibawa.E.J, Dwi Aries Himawanto 2014:05) bahwa dalam pendistribusian air (cairan) penggunaan pompa sangat diperlukan untuk memenuhi kinerja dari pompa tersebut, Pompa yang sering digunakan dalam pendistribusian air (cairan) adalah pompa sentrifugal. Masalah yang sering dihadapi dari pompa sentrifugal ini adalah perawatan pompa tersebut Sehingga mengakibatkan kecepatan, daya, dan peforma kerja yang kurang efesien. Dengan merubah variasi head pompa yang beraturan maka akan menghasilkan kecepatan, daya, dan aliran akan maksimal.

Felli ananta (2013), salah satu hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan pompa sentrifugal adanya kemungkinan terjadinya kavitasi yang dapat menyebabkan penurunan kapasitas pompa sentrifugal yang berakibat kerusakan mekanisme pada impeller pompa sentrifugal dan timbulnya getaran signifikan terhadap perubahan tekanan kearah radial, sehingga yang memegang pengaruh terhadap kavitasi adalah kenaikan tekanan uap jenuhnya. Kenaikan temperatur fluida juga berpengaruh terhadap viskositasnya. Viskositas fluida yang rendah akibat efek pemanasan menyebabkan kavitasi mudah terjadi, karena fase pembentukan uapnya semakin cepat, viskositas semakin rendah cenderung menaikkan intensitas. Pada temperatur rendah intensitas kavitasi lebih kecil disebabkan viskositas lebih besar. Viskositas rendah juga mendorong tegangan permukaan menjadi lebih kecil yang menyebabkan fluida semakin mudah pecah dan mendorong terjainya intensitas kavitasi yang lebih besar. Kondisi kavitasi ini sangat merugikan bagi pompa, karena dapat mengakibatkan kerusakan pompa, penurunan performa pompa, vibrasi serta suara bising.

Kavitasi merupakan fenomena perubahan fase uap dari zat cair pada fluida yang mengalir. Perubahan tersebut dapat diakibatkan turunnya tekanan maupun naiknya temperatur. Jika kondisi kavitasi dibiarkan terus menerus dalam jangka waktu yang lama, dapat mengakibatkan kerusakan pada komponen pompa. Kerusakan pada komponen pompa akan mengakibatkan permukaan pada pompa berlubang-lubang atau bopeng. Peristiwa tersebut disebut erosi kavitasi, oleh karena itu penulis akan mengambil judul **“Analisa Diameter Pulley Pompa Ulir PVC Dengan Daya Motor 24 Volt DC Terhadap Kapasitas Pompa.**

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat dirumusan masalah sebagai berikut:

1. Analisa Debit Aliran pada Pompa Ulir?
2. Analisa Tekanan pada Pompa Ulir?
3. Analisa Kecepatan Aliran pada Pompa Ulir?
4. Analisa Kehilangan Tekanan system pemipaan menggunakan pompa Ulir?

1.3 Batasan Masalah

Mengingat kompleksnya permasalahan yang berkaitan dengan pengaruh sistem pemipaan terhadap pompa, maka harus dilakukan pembatasan 3 masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini.

Batasan masalah pada permasalahan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Pompa yang digunakan dalam pengujian menggunakan pompa sentrifugal.

2. Penelitian hanya menggunakan 3 variasi jumlah ulir
3. Penulis hanya fokus pada kajian dan analisa tentang variasi diameter dan jumlah elbow yang dihitung berdasarkan prinsip mekanika fluida yang terjadi pada sistem pemipaan,
4. Penelitian menggunakan metode eksperimen skala laboratorium.

1.4. Tujuan Penelitian

1. Untuk Mengetahui pengaruh variasi diameter pully terhadap daya.
2. Untuk Mengetahui pengaruh variasi diameter Pully terhadap Head.
3. Untuk Mengetahui pengaruh variasi diameter pully terhadap Kecepatan Aliran
4. Untuk Mengetahui pengaruh variasi diameter Pully terhadap Debit.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dalam melakukan penelitian ini diantaranya:

1. Mendapatkan hasil pengaruh sistem pemipaan menggunakan ulir terhadap kapasitas pompa.
2. Hasil penelitian diharapkan menjadi tolak ukur untuk perencanaan sistem pemipaan yang lebih efisien.
3. Mengetahui seberapa besar kerugian energi aliran, sehingga dapat dijadikan tolak ukur untuk mengurangi biaya operasional suatu pompa.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Fluida

Fluida adalah suatu zat yang dapat mengalir bisa berupa cairan atau gas. Fluida mengubah bentuknya dengan mudah dan didalam kasus mengenai gas, mempunyai volume yang sama dengan volume yang membatasi gas tersebut. Pemakaian mekanika kepada medium kontinyu, baik benda padat maupun fluida adalah didasari pada hukum gerak newton yang digabungkan dengan hukum gaya yang sesuai. Salah satu cara untuk menjelaskan gerak suatu fluida adalah dengan membagi – bagi fluida tersebut menjadi elemen volume yang sangat kecil yang dapat dinamakan partikel fluida dan mengikuti gerak masing-masing partikel ini. Suatu massa fluida yang mengalir selalu dapat dibagi-bagi menjadi tabung aliran, bila aliran tersebut adalah lunak, waktu tabung tetap tidak berubah bentuknya dan fluida yang pada suatu saat berada didalam sebuah tabung akan tetap berada dalam tabung ini seterusnya. Kecepatan aliran didalam tabung aliran adalah sejajar dengan tabung dan mempunyai besar berbanding terbalik dengan luas penampangnya. (Pantar,s, 1997).

Konsep aliran fluida yang berkaitan dengan aliran fluida dalam pipa adalah:

1. Hukum kekentalan
2. Hukum kekentalan energi
3. Hukum kekentalan momentum
4. Katup

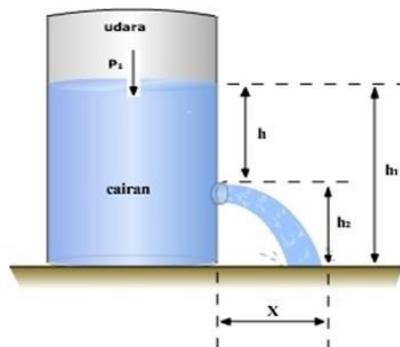
5. Orificemeter

6. Arcameter (rotarimeter)

2.1.1. Jenis - jenis Fluida

Berdasarkan wujudnya, Cengel dan Cimbala (2014:3) fluida dapat dibedakan menjadi dua yaitu:

1. Fluida gas merupakan fluida dengan partikel yang renggang dimana gaya tarik antara molekul sejenis relatif lemah dan sangat ringan sehingga dapat melayang dengan bebas serta volumenya tidak menentu,
2. Fluida cair berdasarkan pada merupakan fluida dengan partikel yang rapat dimana gaya tarik antara molekul sejenisnya sangat kuat dan mempunyai permukaan bebas serta cenderung untuk mempertahankan volumenya, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1



Gambar 2. 1 Jenis Fluida

Untuk memahami segala hal tentang aliran fluida, maka terlebih dahulu harus mengetahui beberapa sifat dasar fluida. Sifat-sifat dasar fluida tersebut yaitu: berat jenis, kerapatan, tekanan, temperatur, kekentalan.

1. Berat Jenis

Berat Jenis (specific weight) dari suatu fluida, dilambangkan dengan γ (gamma), didefinisikan sebagai berat tiap satuan volume.

2. Kerapatan

Definisi kerapatan suatu fluida adalah massa per satuan volume pada suatu temperatur dan tekanan tertentu. Kerapatan fluida bervariasi sesuai dengan jenis fluidanya. Fluida gas akan mengalami perubahan apabila temperatur dan tekanannya berubah. Sedangkan fluida cair pengaruh keduanya tidak signifikan. Jika kerapatan fluida tidak dipengaruhi oleh perubahan temperatur dan tekanan maka disebut fluida inkompresibel.

3. Kerapatan Relatif

Kerapatan relatif merupakan perbandingan antara kerapatan fluida tertentu terhadap kerapatan fluida standar, umumnya pada air adalah 40C (untuk cairan) dan udara (untuk gas).

4. Tekanan

Tekanan didefinisikan sebagai gaya (F) yang diterima fluida tiap luasan area (A). Satuan tekanan biasa disebut pascal (Pa). Definisi tersebut dinyatakan dalam satuan newton per meter kuadrat (N/m^2) atau biasa disebut pascal (Pa). Namun karena skalanya terlalu kecil, praktiknya yang umum digunakan adalah kelipatan dalam kilopascal ($1 \text{ kPa} = 10^3 \text{ Pa}$) dan megapascal ($1 \text{ MPa} = 10^6$). Satuan lain yang umum digunakan antara lain: bar ($1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$), standar atmosfer ($1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$), dan kilogram-force per centimeter persegi ($1 \text{ kgf/cm}^2 = 0.9679 \text{ atm}$).

5. Temperatur

Temperatur berkaitan dengan tingkat energi internal dari suatu fluida. Setiap atom dalam suatu benda masing-masing bergerak, baik itu dalam bentuk perpindahan maupun gerakan di tempat berupa getaran. Makin tingginya energi atom-atom penyusun benda, makin tinggi temperatur benda tersebut. Temperatur diukur dengan alat termometer. Temperature juga menjadi kuantitas fisik dasar dalam termodinamika yang bersimbol (T) dengan satuan kelvin (K), karena dalam praktik pada umumnya menggunakan aturan berbeda dari kelvin maka digunakan temperatur celcius dengan symbol t.

2.1.2. Jenis - Jenis Aliran dalam pipa

Aliran dapat diklasifikasikan (digolongkan) dalam banyak jenis seperti: turbulen, laminar, nyata, ideal, mampu balik, tak mampu balik, seragam, tak seragam, rotasional, tak rotasional. Aliran fluida melalui instalasi (pipa) terdapat 2 jenis aliran yaitu :

1. Aliran laminar
2. Aliran turbulens

Cairan dengan rapat massa yang akan lebih mudah mengalir dalam keadaan laminar. Dalam aliran fluida perlu ditentukan besarannya, atau arah vektor kecepatan aliran pada suatu titik ke titik yang lain. Agar memperoleh penjelasan tentang medan fluida, kondisi rata-rata pada daerah atau volume yang kecil dapat ditentukan dengan instrumen yang sesuai.

Pengukuran aliran adalah untuk mengukur kapasitas aliran, massa laju aliran, volume aliran. Pemilihan alat ukur aliran tergantung pada ketelitian,

kemampuan pengukuran, harga, kemudahan pembacaan, kesederhanaan dan keawetan alat ukur tersebut.

Dalam pengukuran fluida termasuk penentuan tekanan, kecepatan, debit, gradien kecepatan, turbulensi dan viskositas. Terdapat banyak cara melaksanakan pengukuran-pengukuran, misalnya: langsung tak langsung, gravimetrik, volumetrik, elektronik, elektromagnetik dan optik. Pengukuran debit secara langsung terdiri dari atas penentuan volume atau berat fluida yang melalui suatu penampang dalam suatu selang waktu tertentu. Metode tak langsung bagi pengukuran debit memerlukan penentuan tinggi tekanan, perbedaan tekanan atau kecepatan di beberapa titik pada suatu penampang dan dengan besaran perhitungan debit. Metode pengukuran aliran yang paling teliti adalah penentuan gravimetrik atau penentuan volumetrik dengan berat atau volume diukur atau penentuan dengan mempergunakan tangki yang dikalibrasikan untuk selang waktu yang diukur.

2.2. Pompa

Pompa sebagai salah satu mesin aliran fluida hidrolis pada dasarnya digunakan untuk memindahkan fluida tak mampat (*incompressible fluids*) dari suatu tempat ke tempat lain dengan cara menaikkan tekanan fluida yang akan dipindahkan. Pompa akan memberikan energi mekanis pada fluida kerjanya, dan energi yang diterima fluida digunakan untuk menaikkan tekanan dan melawan tahanan-tahanan yang terdapat pada saluran-saluran instalasi pompa.

Pompa sebagai salah satu mesin aliran fluida hidrolis pada dasarnya digunakan untuk memindahkan fluida tak mampat (*incompressible fluids*) dari suatu tempat ke tempat lain dengan cara menaikkan tekanan fluida yang akan dipindahkan. Pompa akan memberikan energi mekanis pada fluida kerjanya, dan

energi yang diterima fluida digunakan untuk menaikkan tekanan dan melawan tahanan-tahanan yang terdapat pada saluran-saluran instalasi pompa.

2.3. Pompa Ulir

Pompa ulir atau screw pump adalah pompa bergerak positif yang dapat dibangun dengan beberapa ulir. Ulir ini disambungkan untuk menekan cairan dan memindahkannya ke dalam sistem. Ulir dalam pompa mengambil cairan dan mendorong keluar dari permukaan lain sambil meningkatkan tekanannya.

Konstruksi pompa ulir konsisten dan mudah dibuat. Ia memiliki beberapa ulir spindle dimana satu ulir adalah driver dan ulir lainnya penggerak. Ulir ini memiliki jarak bebas yang baik diantara ulir tersebut dan bertanggung jawab atas aksi pemompaan cairan. Pasokan cairan ke ulir diberikan ke seluruh motor.

Pompa ulir ini memiliki akustik dengan saluran masuk serta saluran keluar, di mana saluran masuk selalu dipilih di bagian bawah pompa dan saluran keluar dipilih di sisi atas pompa. Semua ini dapat diamati dalam konstruksi. Katup Pelepas terpasang di ujung saluran keluar.

Dalam pompa tiga ulir, hanya seal poros yang diperlukan selama penggerak rotor. Rotor tambahan termasuk bantalan (bearing), yang tercakup dalam ruang pompa. Dalam pompa dua ulir sebaliknya pompa empat ulir, umumnya rotor menonjol ke seluruh wadah pompa ke dalam wadah roda gigi di manapun timing gear tertutup. Karena alasan ini, seal empat poros wajib dalam pompa ulir melalui dua rotor.

2.3.1 Jenis-jenis pompa ulir

a. Pompa ulir Satu

Pompa ulir ini disebut pompa PC atau pompa rongga progresif, dan pompa cacing. Secara umum, jenis pompa ini tidak termasuk dalam kelompok pompa ulir. Karena rotor di pompa ini tidak seperti seperti ulir biasa tetapi agak poros putaran bengkok. Pompa rongga progresif mencakup satu poros dengan sedikit bengkok dalam bentuk ulir, dan tertutup di dalam ruang pompa yang umumnya dilapisi karet.

b. Pompa ulir Dua

Pompa ini juga dinamai pompa ulir ganda, dan pompa ulir ini adalah jenis yang paling umum digunakan dengan aplikasi daya tinggi seperti transfer tabung minyak berat. Ulir pada pompa digerakkan dari motor, & timing gear umumnya disertakan untuk memutar ulir berikutnya.

c. Pompa ulir Tiga

Pompa ulir ini juga dinamai pompa triple screw, dan ini biasanya digunakan dalam aplikasi kecil seperti sistem pelumasan. Ulir dalam pompa ditentukan dari motor untuk memutar dua ulir yang tersisa di sekitarnya tanpa menggunakan roda waktu.

d. Pompa ulir Empat

Pompa ulir ini pada dasarnya adalah dua pompa ulir, namun dengan dua ulir untuk setiap rotor dalam arah yang berlawanan. Pompa ini menyerap cairan di dalam port hisap, kemudian membelah secara merata & dialihkan ke kedua ujung pompa.

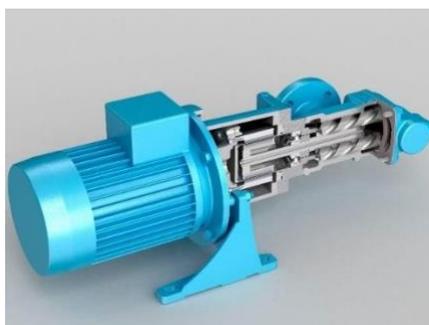
e. Pompa ulir Lima

Pompa ini sebagian besar mirip seperti pompa tiga ulir; namun dengan lima ulir, bukan tiga ulir. Mirip dengan pompa 3 ulir, pompa ini mencakup satu rotor selam yang menggerakkan semua ulir yang tersisa. Jenis pompa ini sering digunakan dalam banyak aplikasi seperti oli tabung atau hidrolik.

Kedua cairan mengalir dengan bantuan pompa menuju pusat & menghubungkan bersama lagi sebelum meninggalkan port rilis. Mirip dengan pompa ulir ganda, pompa ini mencakup mekanisme pengaturan waktu untuk membuat rotor kedua berjalan. Pompa ini sering digunakan dalam aplikasi Multi-fase & jalur pipa transportasi oli.

2.3.2 Kelebihan dan Kekurangan Pompa Ulir (*Screw Pump*)

Pompa ini memberikan kecepatan aliran maksimum pompa PD. Jadi pompa ulir ini adalah pilihan terbaik bagi orang-orang yang bekerja dengan cairan keras yang sulit digerakkan & perlu untuk menggesernya dengan cepat seperti minyak, gas, dan cairan dengan ketebalan tinggi lainnya. Pompa ulir ini adalah pilihan yang baik untuk campuran fluida 2 fase dan gas. Tetapi dengan pengecualian hanya pompa, pompa ulir ini tidak cocok untuk memindahkan cairan bebas kotoran pada tingkat yang stabil. Selain itu, kesulitan pompa ini sering kali disertai dengan perlindungan yang diperkuat dan gigi kecil yang berbeda dengan pompa yang lebih mudah.



Gambar 2. 2 Pompa Ulir

2.3.3 Efisiensi pompa

Ada beberapa definisi yang berhubungan dengan kerja pompa, yaitu

a. Efisiensi adalah perbandingan kerja berguna dengan kerja yang dibutuhkan mesin.

b. Daya rotor (motor penggerak) adalah jumlah energi yang masuk motor penggerak dikalikan efisiensi motor penggerak. Dirumuskan dengan persamaan:

$$P_{rotor} = \sum \text{Daya penggerak} \times \eta_{\text{motor penggerak}}$$

c. Daya poros pompa atau daya efektif pompa adalah daya yang dihasilkan dari putaran rotor motor listrik dikalikan dengan efisiensi koplingnya, dihitung dengan persamaan:

$$P_{poros} = \eta_{\text{transmisi}} \times P_{rotor} (1 \times \alpha)$$

Dimana:

$$\eta = \text{Efisiensi Transmisi (tabel)}$$

$$P_{rotor} = \text{Daya rotor (watt)}$$

$$P_{poros} = \text{Daya poros (watt)}$$

$$\alpha = \text{Faktor cadangan (tabel)}$$

d. Daya air adalah kerja berguna dari pompa persatuan waktunya, kerja berguna ini yang diterima air pada pompa, perumusan dari daya air adalah sebagai berikut. Apabila pompa dengan kapasitas aliran sebesar Q dan head total H maka energi yang diterima air persatuan waktunya, persamaan yang digunakan adalah:

$$P_{air} = \gamma \times Q \times H$$

Dimana:

$Y = \text{Berat air persatuan volume}$

$N/m^2 \quad Q = \text{Kapasitas (m}^3 \text{ /s)}$

$H = \text{Head pompa (m)}$

$P_{air} = \text{Daya air (watt)}$

e. Daya Motor penggerak (P_m).

Pompa sentrifugal umumnya beroperasi pada kecepatan tinggi dan biasanya dihubungkan langsung dengan penggeraknya sehingga kerugian transmisi menjadi kecil. Bentuk dari penggerak mulai ini dapat berasal dari motor listrik, turbin uap atau motor bakar. Untuk penggerak yang banyak digunakan adalah motor listrik. Daya nominal dari penggerak mula ini diasumsikan sama dengan daya poros.

$$P_m \approx P_h$$

f. Efisiensi pompa

didefinisikan sebagai perbandingan antara daya air dengan daya poros.

Perumusan efisiensi adalah sebagai berikut:

Efisiensi pompa merupakan rasio antara daya hidrolis (P_h) dengan daya motor penggerak (P_m), persamaan yang digunakan adalah:

$$\eta_p = \frac{P_h}{P_m}$$

Garis-garis efisiensi adalah garis yang menyatakan efisiensi yang sama untuk hubungan head dengan kapasitas atau daya dengan kapasitas pompa. Garis-garis efisiensi untuk menentukan batasan putaran maksimum dan minimum, dengan kata

lain untuk mendapatkan daerah operasi pompa yang terbaik jika dilihat dari segi putaran pompa.

Berdasarkan energi atau daya yang dibutuhkan untuk memutar poros pompa dipengaruhi oleh kapasitas pompa, tinggi tekan total pompa, berat jenis fluida yang akan dipompakan, serta efisiensi total pompa tersebut. Untuk menghitung daya yang dibutuhkan untuk memutar poros pompa (daya hidraulis) digunakan persamaan sebagai berikut:

$$Ph = \gamma \times Q \times H / 75(\text{Hp})$$

Dimana:

Ph = Daya hidraulis

Q = Kapasitas pompa

H = Tinggi tekanan total pompa

γ = Berat jenis fluida

2.3.4. Head Total Pompa

Head total pompa adalah dengan penambahan energi fluida antara ujung sisi inlet dengan sisi outlet, head total juga berarti selisih head pada sisi suction dan pada sisi discharge.

$$H = h_a + \Delta h_p + h_l + V_d^2 / 2g$$

Dimana:

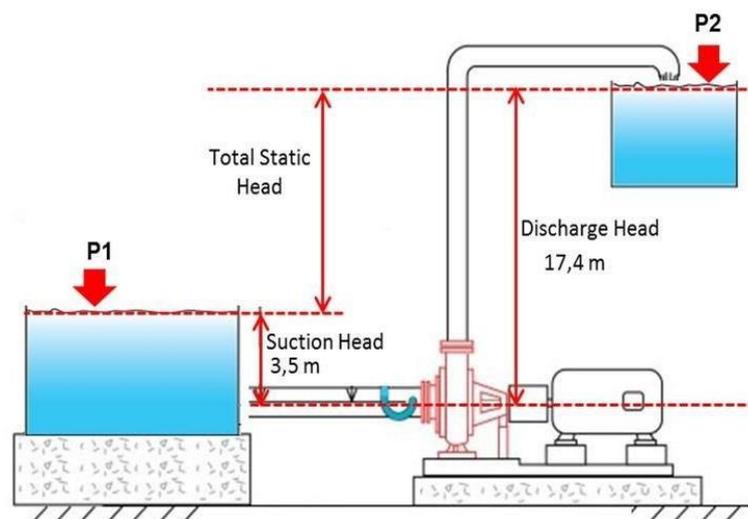
h_a = Head statis total (m).

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

$\Delta h_p = h_{p2} - h_{p1}$.

h_{p1} = Tekanan yang bekerja pada permukaan air sisi masuk (m).

h_{p2} = Tekanan yang bekerja pada permukaan air sisi keluar (m)



Gambar 2. 3 Head Total Pompa

- a. Head kerugian gesek sepanjang pipa.

Aliran fluida cair yang mengalir didalam pipa adalah viskos sehingga faktor gesekan fluida dengan dinding pipa tidak dapat diabaikan, untuk menghitung kerugian gesek dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$h_f = f L D x V^2 2g$$

Dimana:

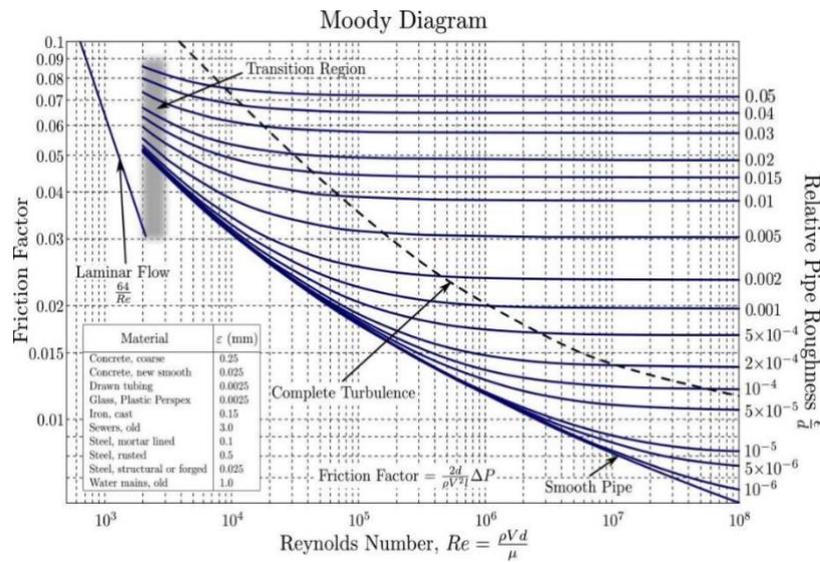
hf = Kerugian gesek dalam pipa

f = Faktor gesek

v = Kecepatan rata-rata aliran didalam pipa

g = Percepatan gravitasi

L = Panjang pipa



Gambar 2. 4 Diagram Moody

b. Kerugian head dalam jalur pipa.

Kerugian head jenis ini terjadi karena aliran fluida mengalami gangguan aliran sehingga mengurangi energi alirannya, secara umum rumus kerugian head menurut persamaan.

$$hf = f V^2$$

Dimana:

f = Koefisien kerugian

c. Kerugian Head Ketika Aliran Keluar

Keterangan gambar:

1. Reentrant, $KL = 0,78 KL$
2. Tepi Tajam, $KL = 0,4-0,5$
3. Sedikit dibulatkan, $KL = 0,2-0,25$
4. Dibulatkan, $KL = 0,05$

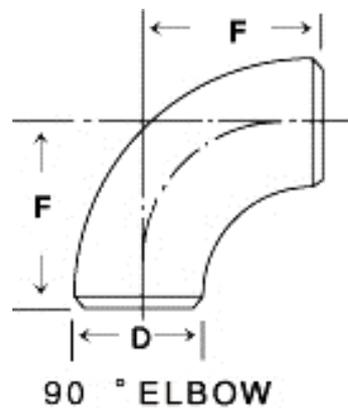
d. Pada Belokan (Elbow).

Untuk belokan lengkung koefisien kerugian dihitung dengan persamaan,

- a. Rumus untuk mencari belokan:

$$hf = f \times V^2 / 2g$$

- b. Rumus mencari nilai



Gambar 2. 5 elbow 90°

e. Pada Perkatupan (Valve).

Pemasangan katup (Valve) pada instalasi pompa adalah untuk pengontrolan kapasitas, tetapi dengan pemasangan katup tersebut akan mengakibatkan kerugian

energi aliran karena aliran dicekik. Perumusan untuk menghitung kerugian head karena pemasangan katup dapat diketahui dengan persamaan.

$$h_f = f_v \times \frac{V^2}{2g}$$

Dimana:

f_v = Koefisien kerugian katup

2.3.5 Head Kerugian pada Pipa PVC.

Head kerugian (yaitu head untuk mengatasi kerugian-kerugian) terdiri dari head kerugian gesek di dalam pipa-pipa, dan head kerugian di dalam belokan belokan, katup-katup, dan sebagainya. Untuk aliran laminar dan turbulenta, terdapat rumus yang berbeda. Sebagai patokan apakah suatu aliran itu laminar atau turbulenta, sehingga dipakai persamaan bilangan Reynold sebagai berikut:

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

Dimana:

Re = Bilangan Reynold

V = Kecepatan aliran fluida (m/s)

ν = Viskositas kinematika air (m^2/s)

D = Diameter dalam pipa (m)

Jika aliran fluida bersifat laminar maka persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

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

Dimana:

$f =$ Kerugian gesek

$Re =$ Bilangan Reynold

2.3.6. Kavitasasi Pompa

Sebagai pendekatan pompa, orang umumnya mengandaikan bahwa bila tekanan mutlak pada suatu titik dalam zat cair mencapai tekanan uap untuk temperatur bersangkutan, rongga-rongga dan gelembung-gelembung akan terbentuk, rongga-rongga ini akan mengandung uap fluida gas bebas. Gejala pembentukan rongga dan pecahnya rongga itu disebut dengan kavitasasi, kavitasasi yang sudah membahayakan akan mengurangi untuk kerja pompa atau menambah rugi-rugi mekanik menjadi berisik, meningkatkan getaran dan mengerosikan logam dari impeller.

Akan ada sebagian titik dalam zat cair didalam pompa dimana tekanan minimum umumnya didaerah sparasi aliran dan begitu tekanan sekeliling berkurang, tekanan uap akan tercapai dan kavitasasi dimulai dititik tersebut. Sehubungan dengan kondisi ini akan terjadi tekanan mutlak tetap dibagian muka masukan pompa untuk debit tertentu melalui pompa itu:

1. Faktor-faktor penyebab kavitasasi.
 - a. Tekanan hisap (HS) terlalu tinggi
 - b. Penampang pipa (poros impeller) terlalu kecil
 - c. Adanya getaran dan lekukan pada pipa hisap
 - d. Kecepatan putaran impeller lebih besar dari kecepatan aliran fluida

- e. Temperatur fluida yang terlalu tinggi
2. Pengaruh kavitasi
 - a. Terjadinya erosi dan korosi pada bagian ini dimana kavitasi terjadi sehingga elemen-elemen pompa menjadi rusak
 - b. Perubahan energi kecepatan menjadi energi tekan oleh sudu-sudu kurang sempurna dan akibatnya efisiensi akan turun
 - c. Terjadinya gesekan pada sudu-sudu impeller
 3. Pencegahan kavitasi

Untuk menghindari terjadinya kavitasi pada pompa maka dengan mengusahakan agar kecepatan aliran masuk impeller sedikit besar dari pada kecepatan pada sisi hisap. Seperti telah kita ketahui bahwa gesekan yang terjadi sebanding dengan harga kecepatan aliran pangkat dua, berarti kecepatan aliran air terjadi semakin kecil maka diameter dari eye of impeller akan menjadi tidak sempurna.

Berdasarkan beberapa pertimbangan diatas maka harga kecepatan aliran masuk impeller diambil sedikit lebih besar dari pada kecepatan aliran air pada sisi hisap, dan masih berada dalam batasan yang diizinkan.

- a. Ketinggian letak pompa terhadap permukaan zat cair yang dihisap harus dibuat serendah atau sedekat mungkin agar head hisap statis menjadi rendah pula.
- b. Pipa suction pompa harus dibuat sependek mungkin jika terpaksa dipakai pipa hisap yang panjang, sebaliknya diambil pipa yang berdiameter satu nomor lebih besar untuk mengurangi kerugian gesekan.

- c. Tidak dibenarkan sama sekali untuk memperkecil laju aliran dengan menghambat aliran sisi hisap.
- d. Jika pompa memiliki head total yang berlebihan maka pompa akan bekerja dengan kapasitas aliran yang berlebihan pula sehingga kemungkinan akan terjadinya kavitasi menjadi lebih besar karena itu head total pompa harus ditentukan sedemikian sehingga sesuai dengan yang diperlukan pada kondisi operasi yang sesungguhnya.

2.4 Perancangan

Perancangan adalah suatu proses yang bertujuan untuk menganalisis, menilai memperbaiki dan menyusun suatu sistem, baik sistem fisik maupun non fisik yang optimum untuk waktu yang akan datang dengan memanfaatkan informasi yang ada. Pengertian perancangan lainnya menurut bin Ladjamudin (2005:39) “Perancangan adalah tahapan perancangan (design) memiliki tujuan untuk mendesain sistem baru yang dapat menyelesaikan masalah-masalah yang dihadapi perusahaan yang diperoleh dari pemilihan alternatif sistem yang terbaik”. Sedangkan perancangan menurut Kusri (2007:79) “perancangan adalah proses pengembangan spesifikasi sistem baru berdasarkan hasil rekomendasi analisis sistem”. Berdasarkan pengertian di atas penulis dapat menyimpulkan bahwa perancangan adalah suatu proses untuk membuat dan mendesain sistem yang baru[7].

2.4.1. Kriteria perancangan

Meskipun kriteria yang digunakan oleh seorang perancang adalah banyak, namun semuanya tertuju pada kriteria berikut ini[7]:

- a. Function (fungsi/pemakaian)
- b. Safety (keamanan)
- c. Reliability (dapat diandalkan)
- d. Cost (biaya)
- e. Manufacturability (dapat diproduksi)
- f. Marketability (dapat dipasarkan)

2.4.2. Prosedur dalam Perancangan

Dalam perancangan mesin di sini tidak ada aturan yang baku. Masalah perancangan mungkin bisa diselesaikan dengan banyak cara. Jadi, prosedur umum untuk menyelesaikan masalah perancangan adalah sebagai berikut:

a. Mengenali kebutuhan dengan Survey Pelanggan.

Pertama adalah membuat tahapan yang menunjukkan, maksud/usulan dari mesin yang akan dirancang, dalam tahap ini dapat dilakukan dengan membuat survey pelanggan agar mengetahui kebutuhan dan keinginan calon konsumen.

1) Membuat kusioner

Kebutuhan/keinginan pelanggan dapat diketahui dengan membuat pertanyaan-pertanyaan didalam kusioner yang akan menjawab kebutuhan pelanggan dengan syarat tidak memihak, jelas, bersih dan singkat.

2) Mengevaluasi Survey pelanggan

Setelah mendapat jawaban pertanyaan-pertanyaan dari responden di kusioner, selanjutnya mengevaluasi jawaban kedalam diagram batang.

3) Konfigurasi Rumah Kualitas

Selanjutnya data dari diagram batang tersebut dimasukkan kedalam Rumah kualitas yang Efisien dan dihubungkan dengan karakteristik teknik, dan di beri penilaian.

4) Membuat tabel Morfologi

Tabel ini berfungsi untuk mempermudah dalam membuat pilihan Konsep-konsep alat yang akan dirancang, penulis akan membuat 3 konsep perancangan yang akan dipilih berdasarkan efektifitasnya.

5) Membuat sketsa Konsep

Pada tahapan ini adalah membuat sketsa setiap konsep yang telah didapatkan dari tabel morfologi baik menggunakan gambar tangan maupun menggunakan software.

6) Memilih Konsep terbaik

Memilih konsep rancangan dapat dilakukan dengan menggunakan : Metode matrik keputusan (Pugh Chart) ditemukan oleh Stuart Pugh, adalah teknik kualitatif yang digunakan untuk menentukan peringkat opsi multi-dimensi dari satu set opsi. Kedua dengan Matrik keputusan pemberat (Weighted Decision Matrix) Matriks keputusan adalah daftar nilai dalam baris dan kolom yang memungkinkan seorang analis untuk secara sistematis mengidentifikasi, menganalisis, dan menilai kinerja hubungan antara kumpulan nilai dan informasi. Ketiga menggunakan AHP (analytic hierarchy process) ditemukan oleh Thomas L. Saaty, adalah teknik terstruktur untuk mengatur dan menganalisis keputusan yang kompleks, berdasarkan matematika dan psikologi.

2.4.3. Rancangan menentukan Debit, Head, Daya teoritis dan kecepatan aliran

Dalam merancang pompa ulir tentunya penulis harus menentukan Debit, Head, Daya teoritis pompa untuk menentukan ukuran dimensi pompa, agar ulir yang dirancang dapat di buat dengan minimalnya kegagalan.

a. Debit air

Untuk menghitung Debit air Q (m^3/s) dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q = V \times A \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

$$Q = \text{Debit aliran } (m^3 /s)$$

$$V = \text{Kecepatan aliran rata-rata } (m/s)$$

$$A = \text{Luas penampang } (m^2)$$

Turbin air merupakan alat konversi energi air menjadi energi mekanik, lalu energi mekanik diubah menjadi energi listrik oleh generator. Besarnya energi yang digunakan untuk mengkonversikan energi air menjadi energi listrik, tergantung dari besarnya debit air (Q) yang menumbuk sudu turbin, luas penampang sudu yang terkena air (A) untuk menghasilkan daya (P)[8].

b. Tinggi Jatuh Air (Head)

Tinggi jatuh air merupakan selisih antara tinggi permukaan air atas (TPA) dengan tinggi permukaan air bawah (TPB).Ketinggian jatuh air dapat mempengaruhi kecepatan aliran air, hal ini sesuai dengan persamaan Bernoulli pada tangki berlubang yaitu :

$$V = \sqrt{2gxH} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

V = kecepatan aliran air (m/s)

g = gravitasi (m/s)

H = ketinggian jatuh air (m)

c. Daya teoritis

Untuk menghitung Daya teoritis Ph (Watt) dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

$$Ph = \rho g Q H \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana : Ph = Daya hidrolis (W)

Q = Debit aliran (m^3 / s)

ρ = massa jenis air (kg/m^3)

H = Head (m)

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

d. Sudut pompa

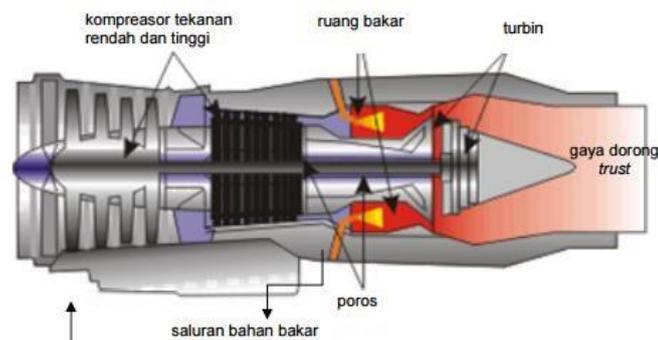
Sudut turbin (θ) adalah sudut kemiringan poros dan blade yang merupakan parameter penting dalam perancangan ukuran dimensi pada turbin, maka penulis menentukan sudut turbin sebesar 37° , nilai ini ditentukan berdasarkan penelitian sebelumnya, seperti Lyons M W K (2014) dan Vitruvius (1999) yang membuktikan bahwa sudut yang paling optimal untuk turbin jenis ulir adalah sebesar 35° sampai 40° .

e. Sudu pada pompa

Berdasarkan prinsip kerja pompa, dimana sudu adalah komponen yang menerima tekanan aliran air, maka dari pada itu semakin banyak sudu maka aliran air akan menekan sudu semakin banyak dan itu akan mempengaruhi putaran turbin. Tetapi ada hal penting lain yang harus diperhatikan dalam pemilihan sudu, yaitu memperhatikan berat penambahan sudu turbin, jika menggunakan 1 sudu, putaran turbin kurang efektif karena alasan diatas, jika menggunakan 3 sudu, berat dari penambahan sudu juga mempengaruhi putaran, maka penulis memilih 2 sudu turbin karena dinilai lebih efektif untuk peningkatan putaran yang akan dihasilkan oleh pompa ulir.

2.4.4. Analisis elemen mesin utama Turbin ulir

Analisis elemen mesin atau menentukan ukuran dimensi turbin meliputi : panjang turbin, diameter luar turbin, diameter dalam, jarak antar blade, jumlah ulir, dan penentuan sudut turbin[8].



Gambar 2.6 dimensi turbin ulir

1. Panjang pompa ulir : L (mm)

Panjang turbin ini ialah panjang ulir turbin yang akan dipasang pada poros, Panjang turbin dapat dihitung dengan persamaan:

$$L = \frac{Z_1 - Z_2}{\sin Q} = \frac{H}{\sin Q} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana :

L = Panjang turbin (m)

θ = Sudut turbin ($^{\circ}$)

H = Head (m)

pada Jumlah sudu atau $N = 2$, dipilih berdasarkan efektifitas kinerja turbin yang telah diteliti pada penelitian sebelumnya.

2. Diameter luar pompa ulir : D_e (mm)

Diameter luar adalah diameter keseluruhan dari poros turbin dengan ulir turbin yang telah disatukan. Diameter luar turbin dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$D_e = \frac{18,63 K \cdot Q}{N (1 - \delta^3)} 3^7 \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana :

Q = Debit (m^3 / s)

δ = Delta

K = Konstanta

N = jumlah sudu

Nilai perbandingan Diameter atau Delta (δ) = 0,54 dan untuk nilai Konstanta K atau $\tan \theta = 0,7536$, pada Jumlah sudu atau $N = 2$, dipilih berdasarkan efektifitas kinerja turbin.

3. Diameter dalam pompa ulir : D_i (mm)

Diameter dalam adalah diameter dari poros turbin yang akan dipasang ulir turbin, Untuk perbandingan diameter dalam turbin terhadap diameter luar turbin ditentukan:

$$\delta = \frac{D_i}{D_e} \dots\dots\dots (2.6)$$

Maka:

$$D_i = \delta \times D_e \dots\dots\dots (2.7)$$

4. Jarak pitch : p (mm)

Pitch ialah jarak antara ulir 1 dengan ulir 2 dan seterusnya dengan persamaan:

$$p = \frac{\pi D}{n} \cdot \tan \theta \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :

p = jarak antar ulir (mm)

d = diameter luar ulir (mm)

n = jumlah ulir

θ = sudut heliks (derajat)

5. Jumlah ulir : Z

Ulir atau blade ialah plat baja yang dibentuk untuk dipasang pada poros turbin screw

$$Z = \frac{L}{\phi} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

Z = jumlah ulir

L = panjang turbin

Δ = jarak antar ulir

6. Kecepatan putaran pompa ulir

Kecepatan putaran teoritis pada pompa ulir dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$n = \frac{9314 \cdot K \cdot Q}{N D^3 (\tau - \delta^3)} \quad (2.10)$$

Dimana:

K = konstanta

Q = Debit

N = Jumlah sudu

D_e = diameter luar

δ = Delta

7. Kecepatan putaran limit pompa ulir

Kecepatan putaran limit diperlukan agar mengetahui batas dari kecepatan putaran turbin, yang mana pada perhitungan hasil perancangan harus kecepatan $n_{lim} > n$.

$$n_{lim} = \frac{50}{D_e^2} \quad (2.11)$$

D_e = diameter luar

8. Efisiensi pompa : η

Efisiensi pompa ulir pada perancangan dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_H} \times 100\% \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana :

P_{out} = Daya generator

P_H = Daya Hidrolis

2.4.5. Analisis Komponen Pendukung pompa Ulir

Komponen pendukung turbin ulir adalah komponen-komponen yang akan melengkapi Pembangkit listrik agar turbin lebih efisien.

1. Bantalan

Poros pulley yang berputar dan menimbulkan momen gesek yang besarnya (9)

$$T = \mu \cdot W \cdot r \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana :

T = Momen gesek (N)

W = Beban pada bantalan dalam satuan (N)

r = Jari jari poros bantalan dalam satuan (m)

μ = Koefisien gesek.

Nilai $\mu = \sin \theta = \tan \theta$ Daya yang hilang akibat gesekan jika poros berputar dengan putaran n putaran tiap detik dan momen geseknya T [N] maka daya yang hilang akibat gesekan ialah[9] :

$$P=2.\pi.n.T \dots \dots \dots (2.14)$$

Dimana :

T = Momen gesek (N)

n = Putaran poros dalam satuan (rpm)

P = Daya yang hilang akibat gesekan dalam satuan (W)

2. Pemilihan dan perhitungan diameter puli

Pemilihan puli harus ada dasar pemilihan dan tidak bisa asal-asal, untuk itu dibutuhkan perhitungan diameter puli yang jelas, perhitungan dapat menggunakan persamaan berikut.

$$\frac{i=n1}{n2} = \frac{D1}{D2} \dots \dots \dots (2.15)$$

Dimana :

i = Velocity ratio

$D1$ = diameter puli penggerak dalam satuan (m)

$D2$ = Diameter puli yang digerakan dalam satuan (m)

$n1$ = putaran puli penggerak dalam satuan (rpm)

$n2$ = Putaran puli yang di gerakan dalam satuan (rpm)

3. Panjang Belt (L)

Untuk mengetahui panjang belt dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$L = \sqrt{4C^2 - (D - d)^2} + \frac{1}{2}(D\theta_d + d\theta_d) \dots \dots \dots (2.16)$$

Dimana:

L = Panjang belt yang dibutuhkan

C = Jarak antara poros

D = Diameter puli penggerak (m)

d = Diameter puli yang digerakan (m)

C = 1,5 sampai 2 kali pulley besar

$$\theta_d = \pi + 2 \frac{\sin^{-1} \left(\frac{D-d}{2C} \right)}{D} \quad D = 6,281$$

4. Jarak antar sumbu pulley

Setelah mendapat hasil panjang belt, selanjutnya menentukan jarak kedua sumbu, dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$C = \frac{\sqrt{b^2 + 8(D1 + D2)^2}}{8} \dots \dots \dots (2.17)$$

Dimana:

C = jarak antar sumbu pulley (m)

$$b = 2L - \pi (D1 + D2)^2$$

5. Analisis kekuatan kerangka

Rumus perhitungan yang digunakan pada kerangka pompa ulir yaitu :

- a. perhitungan berat konstruksi

$$P \times L \times T \times BJ \dots\dots\dots (2.18)$$

Dimana :

P = Panjang (m)

L = Lebar (m)

T = Tebal (m)

BJ = Berat jenis

- b. Perhitungan luas penampang

$$A = t \cdot l \dots\dots\dots (2.20)$$

Dimana:

A = Luas penampang (m²)

t = Tebal material (m)

l = Luas material (m)

- c. Tegangan geser

$$FS = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (2.21)$$

Dimana :

FS= Tegangan geser (kg/m²)

P = Beban total yang ditopang kerangka (kg)

$A = \text{Luas penampang kg/m}^2$

d. F total

$$F_{\text{tot}} = \sqrt{(F_s)^2 + (F_t)} \dots \dots \dots (2.23)$$

Dimana :

$F_{\text{tot}} = F \text{ total}$

$F_s = \text{Tegangan geser (kg/m}^2)$

$F_t = \text{Tegangan sambungan kg/m}^2)$

e. Tegangan ijin

$$F_{\text{tijin}} = \frac{\sigma_t}{SF} \dots \dots \dots (2.24)$$

Dimana :

$\sigma_t = \text{Tegangan tarik bahan} = 37 \text{ kg/m}^2$

$SF = \text{Safety Factor} = 6$

6. Perhitungan Kecepatan Aliran

Menghitung kecepatan aliran fluida tergantung pada beberapa konteks. Berikut adalah rumus dasar yang digunakan untuk menghitung kecepatan aliran pada berbagai situasi:

2.4.6 Rumus Kecepatan Aliran

$$(Q = A \times v)$$

Digunakan dalam aliran melalui pipa atau saluran tertutup.

$$Q = A \times v$$

Keterangan:

$$Q = \text{debit aliran (m}^3/\text{s)}$$

$$A = \text{luas penampang (m}^2\text{)}$$

$$v = \text{kecepatan aliran (m/s)}$$

$$\text{Untuk mencari kecepatan alirann: } = v \frac{Q}{A}$$

2.4.7 Persamaan Kontinuitas (Aliran fluida ideal)

Jika aliran fluida konstan, kecepatan aliran di dua titik dapat dihitung menggunakan persamaan kontinuitas:

$$A_1 \times v_1 = A_2 \times v_2$$

Keterangan:

$$v_1, v_2 = \text{kecepatan aliran di dua titik (m/s)}$$

2.4.8 Persamaan Bernoulli

Digunakan untuk menghitung kecepatan aliran pada aliran fluida yang tidak viskos, tidak mengalami gesekan, dan inkompresibel.

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2$$

Keterangan:

$$P = \text{tekanan (Pa)}$$

$$\rho = \text{massa jenis fluida (kg/m}^3\text{)}$$

v = kecepatan aliran (m/s)

g = gravitasi (9.81 m/s²)

h = tinggi dari titik referensi (m)

Pada aliran umum, rumus $v = \frac{Q}{A}$ adalah yang paling sering digunakan untuk menghitung kecepatan aliran.