



BAB IX

URAIAN TUGAS KHUSUS

IX.1. Latar Belakang

Proses transportasi atau pendistribusian pada proses produksi di pabrik PT.PG Candi Baru membutuhkan suatu pompa yang digunakan untuk memindahkan fluida dari suatu unit produksi ke unit produksi lainnya melalui media perpipaian. Tentunya pemilihan pompa dalam proses perpindahan ini harus benar-benar diperhatikan dan pemilihan material pipa dari segi fungsi alat, sifat-sifat fluida, kelebihan dan kekurangan pada masing masing tipe pompa. Adapun macam-macam pompa yang ada yaitu *dynamic pump* dan *positive displacement pump*. Fluida yang akan di pindahkan adalah sebuah substansi yang terdeformasi secara terus menerus ketika terkena tekanan geser atau gaya gesek dimana fluida memiliki karakteristik yang unik dari segi aliran yang meliputi aliran laminar, transisi, turbulen maupun energi yang dihasilkan akibat perubahan tersebut. Pada saat fluida mengalir dalam sistem perpipaian terjadi kehilangan energi (*head loss*) karena turbulensi gesekan fluida dengan permukaan dinding dalam pipa (*major loss*), adanya perubahan penampang karena gangguan aliran pada *fitting*, *expansion* dan *contacstion* (*minor loss*).

Terdapat faktor yang harus diperhatikan dalam kinerja pompa yaitu adanya fitting karena dapat memperlambat tekanan pada fluida yang mengalir. Ada juga Bilangan reynoldz dipengaruhi oleh viskositas dan laju alir jika bilangan reynoldz sangat tinggi maka perlu diperhatikan perencanaan sistem perpipaian karena dapat menyebabkan kerugian gesekan. Penurunan tekanan yang sangat besar mempengaruhi kinerja suatu pompa dapat mengalirkan fluida dari suatu tempat ke tempat lain dan apabila nilai viskositas fluida sangat besar maka penurunan tekanan kinerja pompa juga harus tinggi hal ini membuat kebutuhan power pompa juga semakin besar. Demikian pada proses perpindahan fluida yang ada di PT.PG Candi Baru berhubungan dengan fluida cair yaitu nira dimana dalam tugas khusus ini mendalami dan mendesain mengenai kinerja dari pompa sentrifugal yang termasuk



ke dalam dynamic pump dan diperlukan adanya pemahaman lebih mengenai proses yang terjadi. Oleh karena itu penyelesaian tugas khusus diperoleh berdasarkan data-data yang ada di lapangan dan data desain sheet pompa yang dapat dilakukan pendalaman mengenai kinerja pompa sentrifugal pada PT.PG Candi Baru khususnya pada unit produksi peti tunggi nira mentah tertimbang ke permunian 1 atau *juice heater 1*.

IX.2. Tujuan

Adapun tujuan dari tugas khusus ini adalah mendesain pompa sentrifugal yang berfungsi sebagai alat atau mesin perpindahan nira mentah dari peti tunggu nira mentah tertimbang ke *juice heater 1* pada proses pengolahan gula berdasarkan data dari lapangan dan data desain sheet pompa yang diperoleh dari *study* literatur.

IX.3. Manfaat

Manfaat dari mendesain pompa sentrifugal dari peti tunggu nira mentah tertimbang ke *juice heater 1* pada PT PG Candi Baru dapat menghasilkan alat pompa sentrifugal yang sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan.

IX.4. Tinjauan Pustaka

IX.4.1. Pompa Sentrifugal

Pompa adalah salah satu dari mesin fluida yang termasuk kedalam golongan mesin kerja. salah satu jenis dari pompa yaitu pompa sentrifugal. Pompa Sentrifugal atau *centrifugal pumps* adalah pompa yang mempunyai elemen utama yaitu berupa motor penggerak dengan impeller yang berputar dengan kecepatan tinggi. Pompa bekerja dengan cara mengubah energi mekanis menjadi energi kinetis, kemudian fluida diarahkan kesaluran buang dengan memakai tekanan (energi kinetis sebagian fluida diubah menjadi energi tekanan) dengan menggunakan impeller yang berputar di dalam casing. Casing tersebut disambungkan dengan saluran hisap (suction) dan saluran tekan (discharge), untuk menjaga agar di dalam casing selalu terisi dengan



cairan sehingga saluran hisap harus dilengkapi dengan katup kaki (foot valve). Kelebihan pompa sentrifugal adalah memiliki efisiensi tinggi, pengoperasiannya yang mudah, konstruksi sederhana, dan harga yang relatif lebih rendah. 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
2. Impeller
3. Shaft/poros
4. Bearing/bantalan
5. Kopling
6. Packing dan Seal
7. Sistem Lubrikasi

(Rangatama, 2020)

IX.4.2. Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal

Prinsip kerja pompa sentrifugal adalah daya yang diberikan ke poros pompa untuk memutar impeler dan menimbulkan gaya sentrifugal, sehingga menyebabkan perbedaan tekanan antara sisi dalam dan sisi luar impeler. Hal tersebut berakibat cairan yang tadinya berada dibagian sisi dalam impeler bergerak ke bagian luar impeler dan masuk ke volut. Impeler pompa berfungsi memberikan kerja kepada zat cair, sehingga energi yang dikandungnya menjadi bertambah besar. Pada rumah keong atau volut kecepatan fluida diubah menjadi energi tekanan (Saidah, 2017).

IX.4.3. Jenis-Jenis Pompa Sentrifugal Berdasarkan Aliran

- a. Pompa Sentrifugal aliran Radial

Fluida memasuki impeller secara aksial dan meninggalkan impeller secara radial atau aliran berubah 90°. Pada pompa ini energi yang dihasilkan adalah akibat gaya sentrifugal saja.



b. Pompa Sentrifugal aliran Campuran

Fluida memasuki impeller secara aksial dan meninggalkan impeller dalam arah perpaduan aksial dan radial. Pada pompa ini sebagian energi dihasilkan oleh gaya sentrifugal sebagian lagi akibat dorongan sudu-sudu. Impeller aliran campuran ini sering digunakan untuk pompa yang bekerja memompakan air buangan atau air limbah karena pompa ini tidak mudah tersumbat oleh benda asing yang terisap.

c. Pompa Sentrifugal aliran Aksial

Fluida masuk dan meninggalkan impeller dalam arah aksial. Pada pompa ini energi sepenuhnya dihasilkan dorongan sudu-sudu. Tujuan mendapatkan kapasitas besar dan yang rendah serta aliran fluida yang tidak berelevasi (mendaki), maka pompa aliran aksial adalah yang paling cocok digunakan.

IX.4.4. Pipa

Pipa adalah suatu benda berbentuk lubang silinder dengan lubang di tengahnya yang berfungsi sebagai sarana transportasi atau pengaliran suatu fluida (cair atau gas) dengan mempertimbangkan efek temperatur, tekanan fluida, lokasi, serta pengaruh kondisi lingkungan sekitar. Pada sistem perpipaan tentunya akan didukung oleh suatu komponen sistem perpipaan yang terdiri dari flanges, valves, boltings, gasket dan fitting. Kebutuhan akan sistem perpipaan yang efisien maka semakin banyak pula jenis-jenis fitting atau instalasi pipa yang berfungsi untuk merubah arah aliran, menyebarkan aliran, membesarkan serta mengecilkan aliran fluida. Fitting merupakan salah satu pemain utama dalam sistem perpipaan. Fitting merupakan komponen pipa yang terdiri dari elbow, reducer, flange, tee, miter bend dan lain-lainnya (Sihombing, 2017).

IX.4.5. Jenis dan Material Pipa

Berdasarkan zat yang dialirkan, jenis pipa dan bahan pipa dapat diklasifikasikan sebagai berikut, yaitu :



1. Pipa air

Pipa ini di buat dari Timah Hitam ini dilindungi terhadap kerusakan mekanis maka dapat digunakan untuk supply air laut, dapat juga untuk saluran sistem bilga, kecuali dalam ruangan yang kemungkinan mudah terkena api sehingga dapat melebar dan merusak sistem bilga.

2. Pipa minyak

Pada dasarnya, pipa baja merupakan pipa yang terbuat dari besi dengan kombinasi bahan lain, seperti karbon (C) dan mangan (Mn). Bahan gabungan besi dan karbon ini termasuk yang paling umum digunakan untuk pipa minyak.

3. Pipa Gas

Pipa ini terbuat dari Carbon Steel Material pipa jenis ini adalah yang paling banyak digunakan, spesifikasinya banyak ditemukan dalam ASTM (American Society of Testing and Materials) dan ASME (American Society of Mechanical Engineering).

4. Pipa Uap

Pada umumnya pipa uap terbuat dari baja paduan rendah seperti P11 dan P22.

5. Pipa Udara

Bahan pipa udara yang dapat digunakan bervariasi dari aluminium, tembaga, kuningan dan stainless steel.

6. Pipa lumpur

Pipa ini terbuat dari pipa baja merupakan pipa yang terbuat dari besi dengan kombinasi bahan lain, seperti karbon (C) dan mangan (Mn). Bahan gabungan besi dan karbon.

7. Pipa drainase dan lain-lain.

Faktor pemilihan pipa berdasarkan material, yaitu :

a. Sifat Fluida

Fluida mempunyai atau menunjukkan karakteristik yang penting diantaranya ialah kerapatan (*Density*), laju aliran massa, dan viskositas.

**b. Suhu Fluida**

Semakin tingginya suhu fluida maka memerlukan pipa yang tahan terhadap suhu tinggi. Pemilihan material pipa perlu diperhatikan saat terjadi kenaikan maupun penurunan suhu fluida di dalam pipa. Kenaikan atau penurunan suhu dapat menyebabkan adanya perubahan mekanis pada material pipa.

c. Tekanan zat dalam pipa

Semakin tinggi tekanan zat dalam pipa, maka material pipa juga harus memiliki kekuatan, pressure rating, dan schedule number lebih tinggi.

d. Kondisi Lingkungan

Kondisi lingkungan juga berpengaruh terhadap pemilihan material pipa. Pemilihan material pipa harus disesuaikan dengan ketahanan pipa terhadap kondisi lingkungan disekitar tempat pipa terpasang. Secara umum, jenis material pipa dapat dibagi menjadi :

- Logam besi (*Ferrous metal*) : carbon steel, stainless steel, alloy steel.
- Logam non besi (*non ferrous metal*) : copper, copper alloy, nickel, nickel alloy, aluminium.
- Non logam (non metal) : PVC, HDPE

IX.4.6. Fungsi dan Kegunaan Pipa

Fungsi pipa yaitu sebagai sarana untuk menyalurkan bahan seperti zat cair, gas, maupun uap dari suatu tempat ke tempat tertentu dengan mempertimbangkan efek, temperatur dan tekanan fluida yang dialirkan, lokasi serta pengaruh lingkungan sekitar. Selain fungsi di atas, jenis pipa tertentu bisa juga digunakan sebagai konstruksi bangunan di dalam kapal. Sistem perpipaan mengantarkan atau mengalirkan suatu fluida dari tempat yang lebih rendah ke tujuan yang diinginkan dengan bantuan mesin atau pompa. Misalnya pipa yang dipakai untuk memindahkan minyak dari tangki ke mesin, atau mentransfer air untuk keperluan pendinginan mesin maupun untuk kebutuhan sehari-hari.



IX.4.7. Valve

Valve adalah alat mekanis yang mengatur aliran atau tekanan cairan. Fungsinya bisa menutup atau membuka aliran, mengontrol laju aliran, mengalihkan aliran, mencegah aliran balik, mengontrol tekanan, atau mengurangi tekanan. Valve dapat diklasifikasikan berdasarkan metode berikut antara lain; jenis operasi, alam dan kondisi fisik aliran, kebocoran dan kontrol jenis aliran, metode operasi, fungsionalitas, dan lain-lain. Valve banyak digunakan di berbagai industri terutama dalam sistem perpipaan, fungsinya adalah untuk mengendalikan laju alir. Valve mampu mengendalikan aliran cairan maupun gas dengan baik pada saat kondisi katup tertutup (full closed) atau terbuka (full open) (Arman, 2019).

IX.4.8. Jenis-Jenis Valve

1. Gate valve

Gate valve adalah jenis katup yang digunakan untuk membuka aliran dengan cara mengangkat gerbang penutupnya. Gate valve pada dasarnya bertindak sebagai stop valve, penggunaan gate valve terbuka penuh dan tertutup sepenuhnya, jangan setengah/separuh. Gate valve merupakan jenis valve yang paling sering dipakai dalam sistem perpipaan.

2. Globe valve

Globe Valve digunakan untuk mengatur besar kecilnya laju aliran fluida dalam pipa (throttling). Prinsip dasar dari operasi globe valve adalah gerakan tegak lurus disk dariudukannya besarnya aliran zat yang melewati valve bisa diatur. Dudukan Valve yang sejajar dengan aliran membuat Globe Valve efisien ketika mengatur besar kecilnya aliran globe valve tidak disarankan digunakan pada sistem yang menghindari penurunan tekanan, dan sistem yang menghindari tahanan pada aliran.

3. Ball valve

Ball valve adalah sebuah valve atau Katup dengan pengontrol aliran berbentuk disc bulat (seperti bola/belahan). Bola itu memiliki lubang, yang berada di tengah sehingga ketika lubang tersebut segaris lurus atau sejalan



dengan kedua ujung valve atau katup, maka fluida akan mengalir. Ball valve banyak digunakan karena kemudahannya dalam perbaikan dan kemampuan untuk menahan tekanan dan suhu tinggi, tergantung dari material apa dibuat. Ball valve digunakan secara luas dalam aplikasi industri karena mereka sangat serbaguna. Ukurannya biasanya berkisar 0,2-11,81 inci (0,5 cm sampai 30 cm). Ball valve dapat terbuat dari logam, plastik atau pun dari bahan keramik. Bolanya sering dilapisi chrome untuk membuatnya lebih tahan lama.

4. Butterfly valve

Butterfly valve digunakan untuk mengontrol aliran pada tekanan rendah. Prinsip kerjanya hamper sama dengan ball valve, papan penutup berbentuk bulat dengan poros ditengah yang memungkinkan valve ini memiliki putaran 90. Butterfly valve dapat dipasang pada instalasi berbagai media yang melaluinya, contohnya fluida, gas, lumpur dengan berbagai tingkat tekanan dan suhu.

5. Plug valve

Plug valve memiliki fungsi yang hamper sama dengan gate valve yaitu dengan menutup atau membuka aliran secara keseluruhan. Saat handle diputar menuju open maka posisi plug akan berputar secara rotasi terhadap seat dan bagian yang bercelah akan melewati aliran maupun sebaliknya. Plug valve digunakan untuk fluida yang berat seperti lumpur.

6. Needle valve

Needle valve digunakan untuk throttling dengan sangat akurat serta dapat digunakan pada tekanan tinggi dan temperatur tinggi. Cara kerja dari needle valve yaitu dengan memutar handle, putaran ini kemudian akan menekan needle (berbentuk kerucut) yang menutup outlet port. Saat valve menutup sempurna maka laju aliran menjadi terhenti. Laju aliran fluida dapat dikontrol dengan cara mengatur jumlah putaran sesuai kebutuhan.



7. Diaphragm valve

Diaphragm valve digunakan untuk fluida atau aliran yang bersifat koroif, viscous material, fibrous material, sludges, solid in suspensions, gas, dan udara bertekanan. Diafragma bergerak ke atas dan ke bawah dengan bantuan piston compression yang dalam perputaran lain digerakkan oleh lengan pengungkit atau pengoperasian steam. Biasanya digunakan pada material yang kasar, seperti fluida yang mengandung pasir, semen, atau lumpur yang mempunyai sifat korosif.

8. Check valve

Check valve digunakan untuk mencegah terjadinya aliran balik, Ketika laju fluida sesuai dengan arahnya maka laju aliran tersebut akan membuat plug atau disk membuka. Jika ada tekanan yang datang dari arah berlawanan maka plug atau disk tersebut akan menutup. Biasanya digunakan pada outlet atau discharge dari centrifugal pump.

IX.4.9. Fitting

Kebutuhan akan sistem perpipaan yang efisien maka semakin banyak pula jenis-jenis fitting atau instalasi pipa yang berfungsi untuk merubah arah aliran, menyebarkan aliran, membesarkan serta mengecilkan aliran fluida. Fitting merupakan salah satu pemain utama dalam sistem perpipaan. Fitting merupakan komponen pipa yang terdiri dari elbow, reducer, flange, tee, miter bend dan lain-lainnya. *Fitting* bukanlah nama untuk induvidu melainkan nama yang digunakan untuk pengelompokkan. Adapun jenis *fitting*, antara lain: *Elbow*, *Cross* (Silang), *Reducer*, *Tee*, *Cap* (Penutup), *Strainer*, dan *flanges*.

a) *Elbow*

Elbow adalah fitting pipa besi yang digunakan untuk mengubah arah pipa. *Elbow* tersedia dalam dua tipe standard, yaitu 90° dan 45°. Terdapat pula yang digunakan untuk mengubah aliran balik dengan ukuran mencapai 180°. *Elbow* tersedia dalam dua jenis radius, yakni short radius (1D) dan long radius (1,5D). dua jenis radius ini dibedakan pada ukuran diameternya.



Short radius memiliki ukuran 1 kali diameter dari diameter pipa, sementara long radius memiliki ukuran 1,5 kali dari diameter pipa.

b) *Cross*

Cross berbentuk seperti + digunakan untuk percabangan aliran. *Cross* jarang digunakan karena pemasangannya memerlukan ketelitian yang tinggi serta perlu biaya yang mahal.

c) *Reducer*

Reducer adalah jenis fitting yang mengubah ukuran pipa menjadi lebih kecil. Terdapat dua jenis reducer yang digunakan dalam perpipaan, yaitu reducer concentric dan reducer eccentric.

d) *Tee*

Tee adalah fitting pipa besi yang digunakan untuk mendistribusikan fluida pada pipa. Bentuk fitting ini pendek dengan cabang 90° di tengahnya. Terdapat dua jenis *tee* yang digunakan dalam perpipaan, yaitu *tee equal* atau *straight* dan *tee reducing* atau *unequal*.

e) *Cap*

Cap fitting berfungsi untuk menghentikan aliran pada ujung pipa, fitting ini di las langsung pada pipa utama. Terdapat penutup aliran fluida yang dapat dibongkar dan dilepas, tetapi biasanya menggunakan sambungan flange atau lebih tepatnya blind flange.

f) *Strainer*

Strainer merupakan komponen yang dipasang di jalur pipa. Fungsinya yaitu sebagai penyaring dari kotoran berbentuk padat, gas, atau cairan. *Strainer* digunakan dalam jalur suction line, beberapa tipe *strainer* digunakan pada jalur discharge keluaran pompa sehingga aliran yang diproses mutunya menjadi lebih baik.

g) *Flange*

Flange adalah sebuah mekanisme yang menyambungkan antar elemen pemipaan. Fungsi dari *flange* agar elemen tersebut lebih mudah dibongkar



pasang tanpa mengurangi kegunaan untuk mengalirkan fluida pada pressure yang tinggi. *Flange* memiliki beberapa jenis diantaranya yaitu :

- Welded neck flange

Flange jenis ini cocok digunakan untuk tekanan tinggi, temperatur ekstrim, shear impact maupun getaran tinggi, konfigurasi tidak menimbulkan gangguan pada sistem.

- Slip on flange

Flange jenis ini mempunyai ketahanan kejutan dan getaran yang rendah. *Flange* jenis ini sangat ideal untuk aplikasi tekanan rendah karena kekuatannya pada tekanan internal sekitar sepertiga dari welded neck flange, serta konfigurasi menimbulkan gangguan aliran di dalam pipa. Las-las an bagian dalam cenderung lebih mdah terkorosi dibandingkan welded neck flange.

- Lap joint flange

Jenis flange ini mirip dengan slip on flange tetapi terdapat dua perbedaan yaitu pada jari-jari di akhir flange dan pada face flange datar atau flat. Flange ini digunakan jika material stub end dan flange harus dibedakan, jika pada saat instalasi pipa pemasangan baut menemui kesulitan karena keterbatasan ruang, maka jenis flange ini dapat digunakan

- Blind flanges

Flange yang berfungsi untuk menutup aliran, seperti cap dalam fitting. Jenis flange ini rata, tidak berlubang karena berfungsi untuk menutup.

IX.4.10. Persamaan Bernoulli

Prinsip Bernoulli adalah teori penting dalam mekanika fluida yang mencangkup banyak informasi mekanika fluida. Persamaan Bernoulli memecahkan masalah gaya dan energi yang sering terlibat dalam praktik *engineering* yang menempatkan dasar teoritis ini untuk memecahkan perhitungan hidrolik dari rekayasa sebenarnya. Penerapan persamaan ini berjalan melalui kasus mekanika hidrolik. Fluida ideal pada aliran *steady* di dalam medan gravitasi adalah dengan



mengambil tabung aliran tipis dan luas kedua penampang dan tinggi bidang referensi horizontal relatifnya. Karena fluida ideal tidak dapat dimampatkan maka kualitas fluida di antara keduanya sama dengan massa diantaranya. Adapun pertambahan energi mekanik yakni terjadi pada proses posisi antara aliran ke posisi.

$$\begin{aligned} \Delta E &= (Ek + Ep)_2 - (Ek + Ep)_1 \\ &= \left[\frac{1}{2} (\Delta m) V_2^2 + (\Delta m) g \cdot h_2 \right] - \left[\frac{1}{2} (\Delta m) V_1^2 + (\Delta m) g \cdot h_1 \right] \\ &= \left(\frac{1}{2} V_2^2 + g \cdot h_2 - \frac{1}{2} V_1^2 - g \cdot h_1 \right) \Delta m \dots \dots \dots (1) \end{aligned}$$

Ketika tekanan di sekitar fluida adalah total dari kerja fluida block

$$\begin{aligned} \Delta A &= \Delta A_1 + \Delta A_2 \\ &= PS_1 V_1 \Delta t - PS_2 V_2 \Delta t \dots \dots \dots (2) \end{aligned}$$

Kemudian menurut prinsip kontinuitas

$$\Delta m = PS_1 V_1 \Delta t = PS_2 V_2 \Delta t \dots \dots \dots (3)$$

Jadi :

$$\Delta A = (P_1 + P_2) \frac{\Delta m}{\rho} \dots \dots \dots (4)$$

Maka prinsip fungsi, $\Delta E = \Delta A$

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho V_1^2 + \rho \cdot g \cdot h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho V_2^2 + \rho \cdot g \cdot h_2 \dots \dots \dots (5)$$

Maka hubungan berikut ini selalu benar untuk setiap bagian dari tabung aliran yang sama. Turunan rumus dari persamaan ini dapat digunakan untuk menyelesaikan perhitungan head pompa yaitu :

$$P + \frac{1}{2} \rho V^2 + \rho \cdot g \cdot h = Constant \dots \dots \dots (6)$$

Keduanya dikenal sebagai persamaan Bernoulli dan itu mendeskripsikan dasar dari hukum fluida ideal untuk aliran stasioner (persamaan 6 dan 7).

$$P + \frac{1}{2} \rho V^2 = Constant \dots \dots \dots (7)$$

Keterangan:

P = Tekanan



- V = Kecepatan aliran
- ρ = Massa jenis aliran
- g = Gaya gravitasi
- h = Tinggi
- S = Jarak
- Δt = Perubahan waktu
- E_k = Energi kinetik
- E_p = Energi potensial
- ΔA = Perubahan luas penampang
- ΔE = Perubahan energy

(Qin, 2017)

IX.4.11. Bilangan Reynolds

Bilangan Reynold merupakan bilangan tidak berdimensi yang dapat membedakan suatu aliran yang dinamakan laminar atau turbulen. Dalam menyimak 2 situasi aliran yang serupa secara geometrik Reynolds menyimpulkan bahwa aliran-aliran tersebut akan serupa secara dinamik. Jika persamaan-persamaan diferensial umum yang menggambarkan aliran-aliran tersebut *identic*, bentuk persamaannya dapat digambarkan sebagai berikut:

$$Re = \frac{V \cdot D \cdot \rho}{\mu} \dots\dots\dots(8)$$

$$v = \frac{\mu}{\rho} \dots\dots\dots(9)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (8) ke dalam persamaan (9) maka didapatkan:

$$Re = \frac{V \cdot D}{v} \dots\dots\dots(10)$$

Keterangan:

- V = Kecepatan fluida mengalir (m/s)
- D = Diameter dalam pipa (m)
- ρ = Massa jenis fluida (Kg/m³)
- μ = Viskositas dinamik fluida (Kg/m.s) atau (N.s/m²)
- v = Viskositas Kinematik fluida (m²/s)



Pada fluida air suatu aliran diasumsikan laminar apabila aliran tersebut mempunyai bilangan Reynold kurang dari 2.300 untuk aliran tinggi berada pada bilangan Reynold 2.300 kurang dari 4.000 Sedangkan untuk aliran turbulen mempunyai bilangan Reynold lebih dari 4.000 (Riyanto, 2014).

IX.4.12. Tipe-Tipe Aliran

a. Aliran Laminar

Aliran laminar didefinisikan sebagai aliran dengan fluida yang bergerak dalam lapisan-lapisan atau lamina-lamina dengan satu lapisan meluncur secara lancar. Dalam aliran laminar ini viskositas berfungsi untuk meredam kecenderungan terjadinya gerakan relatif antara lapisan sehingga aliran laminar memenuhi Hukum viskositas Newton. Aliran laminar ini mempunyai nilai bilangan Reynold kurang dari 2.300.

b. Aliran Transisi

Aliran transisi merupakan aliran peralihan dari aliran laminar ke dalam turbulen. Ketika Kecepatan aliran itu Bertambah atau viskositasnya berkurang dapat disebabkan karena temperatur yang meningkat maka gangguan-gangguan akan terus teramati dan semakin besar serta kuat yang akhirnya suatu keadaan peralihan tercapai. Keadaan peralihan ini tergantung pada viskositas fluida kecepatan dan lain-lain yang menyangkutt geometri aliran di mana nilai bilangan Reynolds-nya antara 2.300 sampai dengan 4.000.

c. Aliran Turbulen

Aliran turbulen didefinisikan sebagai aliran yang di mana pergerakan dari partikel-partikel fluida sangat tidak menentu karena mengalami pencampuran serta putaran partikel antar lapisan yang mengakibatkan saling tukar momentum dari satu bagian fluida ke bagian fluida yang lain dalam skala yang besar di mana nilai bilangan Reynolds-nya lebih besar dari 4.000. Dalam keadaan aliran turbulen maka turbulensi yang terjadi membangkitkan tegangan geser yang merata diseluruh fluida sehingga menghasilkan kerugian-kerugian aliran.



IX.4.13. Head Pompa

Head pompa adalah besarnya energi yang ditambahkan ke fluida persatuan berat fluida. Head total yang dihasilkan pompa dihitung dengan persamaan 11 yang diturunkan berdasarkan persamaan energi sebagai berikut :

$$H_p = \left(\frac{p_d - p_s}{\gamma} \right) + \left(\frac{v_d^2 - v_s^2}{2g} \right) = (Z_d - Z_s) + h_L \dots \dots \dots (11)$$

Keterangan :

- H_p = Total head yang dihasilkan pompa (m)
- p_d, s = Tekanan sisi discharge (d) dan suction (s) dari instalasi (Pa)
- v_d, s = Kecepatan aliran fluida pada sisi discharge dan suction (m/s)
- z_d, s = Ketinggian saluran discharge (d) dan suction (s) terhadap datum (m)
- h_L = Total head loss pada sistem (m)
- g = Gravitasi (m)

Saat fluida dipompakan dalam sistem perpipaan, terdapat energi yang hilang karena adanya gesekan antara fluida dengan permukaan pipa dan adanya gangguan aliran pada fitting. Kehilangan energi ini disebut dengan head loss. Head loss dibagi menjadi dua, yaitu major head losses dan minor head losses.

1. Major head loss

Major head loss adalah kerugian yang disebabkan karena gesekan antara fluida dengan dinding pipa horizontal yang memiliki luas penampang konstan pada aliran fully develop. Besarnya major head loss dirumuskan dalam persamaan 12 sebagai berikut :

$$h_l = f \left(\frac{l}{D} \right) + \left(\frac{v^2}{2g} \right) \dots \dots \dots (12)$$

Keterangan :

- h_l = Major head loss (m)
- f = Koefisien gesek
- L = Panjang pipa (m)
- D = Diameter pipa (m)
- v = Kecepatan fluida (m/s)



2. Minor head loss

Minor head loss adalah kerugian yang disebabkan oleh adanya gangguan aliran fluida pada fitting – fitting yang ada pada sistem perpipaan. Besarnya minor head loss dirumuskan dalam persamaan 13 sebagai berikut :

$$h_{lm} = k \left(\frac{v^2}{2g} \right) = f \left(\frac{v^2}{2g} \right) \left(\frac{L_e}{D} \right) \dots \dots \dots (12)$$

Keterangan :

- h_{lm} = Minor head loss (m)
- L_e = Panjang ekuivalen pipa lurus (m)
- K = Minor head loss coefficient

3. Total losses

Total head loss dari sistem perpipaan merupakan penjumlahan dari major head loss dan minor head loss seperti dirumuskan pada persamaan 14 sebagai berikut :

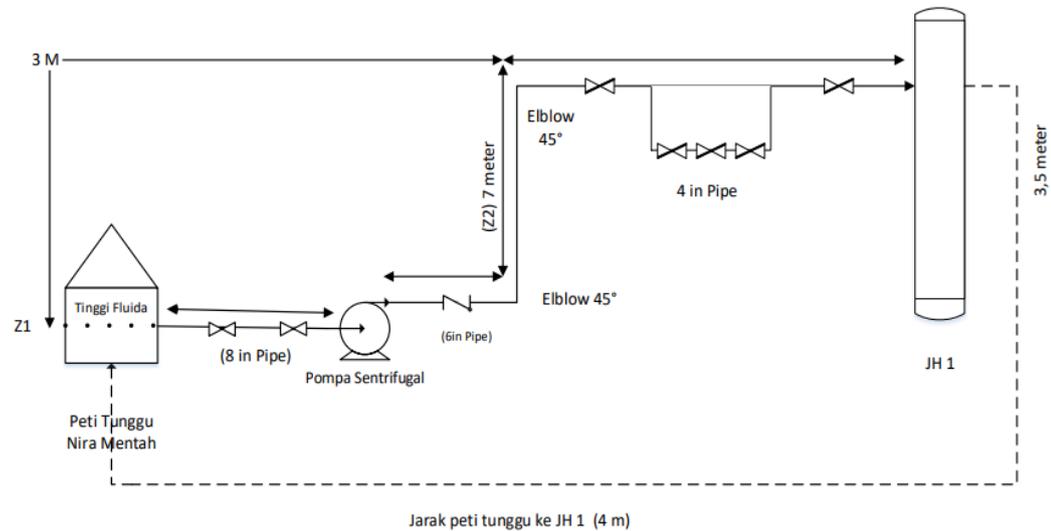
$$h_L = h_l + h_{lm} \dots \dots \dots (14)$$

Keterangan :

- h_L = Total losses
- h_l = Major head loss (m)
- h_{lm} = Minor head loss (m)

IX.5. Hasil Perhitungan

1. PID pompa nira mentah tertimbang terpasang



Gambar IX.1 PID Pompa Nira Mentah Tertimbang Terpasang

2. Spesifikasi pompa nira mentah tertimbang

Spesifikasi Desain Pompa:			
Bahan	:	Commercial steel	
Rate Volumetrik	:	201,8213	m ³ /jam
Kecepatan Aliran	:	1,3012	m/s
Total Dynamic Head	:	15,6155	m
Effisiensi Pompa	:	65%	
Effisiensi Motor	:	87%	
Power Motor	:	20,6661	Kw
Power Pompa	:	13,8304	kW

Spesifikasi Pompa Terpasang:			
Bahan	:	Commercial steel	
Jumlah	:	3 buah	
Kapasitas pompa	:	280	m ³ /jam
Effisiensi pompa	:	80	%
Nm+ nira tapis % tebu	:	123	%
Jam giling	:	24	Jam
Kapasitas pompa Nm	:	4367	TCD



3. Perhitungan

$$\rho \text{ nira mentah} = 1,0461 \text{ ton/m}^3 = 65,3059 \text{ lb/ft}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Rate massa} &= (110\% + 20\%) \times 3.000 \text{ ton/hari} \\ &= 3.900 \text{ ton/hari} \\ &= 3.900 \times 1.000/24 \\ &= 162.500 \text{ kg/jam} = 358.253,0479 \text{ lb/jam} = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetric (qf)} &= \frac{\text{rate massa}}{\rho \text{ nira mentah}} \\ &= \frac{358253,0479 \text{ lb/jam}}{65,3059 \text{ lb/ft}^3} \times 1,3 \text{ (SF)} \\ &= 7.131,4957 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 1,9810 \text{ ft}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen :

Untuk aliran turbulen nilai $NRe > 2100$ digunakan persamaan dari *Stanley m walas*; page 100 pers. 6.32 didapatkan :

$$\begin{aligned} \text{Diameter optimum} &= 3,9 \times qf^{0,45} \times \rho^{0,13} \\ \text{dengan} \quad : \quad qf &= \text{fluid flow rate ; cuft/dt (cfs)} \\ \rho &= \text{fluid density ; lb/cuft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter optimum} &= 3,9 \times 1,3602 \times 1,7216 \\ &= 9,1328 \text{ inch} \end{aligned}$$

Dipilih pipa 8 in, sch 20 (Brwonell & young; page 387)

$$\begin{aligned} \text{OD} &= 10,750 \text{ in} = 8,625 \times 0,0833 \\ &= 0,8955 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ID} &= 9,230 \text{ in} = 8,125 \times 0,0833 \\ &= 0,7689 \text{ ft} \\ &= 0,7689 \times 0,3048 = 0,2343 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= (1/4 \times \pi \times \text{ID}^2) \\ &= 0,25 \times 3,14 \times 0,5911 \\ &= 0,4640 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$



Menghitung kecepatan aliran

$$= \frac{Qf}{A}$$

$$= \frac{1,9810 \text{ ft}^3/\text{s}}{0,4640 \text{ ft}^2} = 4,2689 \text{ ft/s}$$

Menghitung Nre :

μ berdasarkan sg bahan :			
Dari Kern Table 6 ; Page 808 didapat sg reference = 1			
Dari literatur penelitian (Rahayu, 2022) didapatkan μ reference 3 cP			
μ nira	=	sg reference x μ reference	
μ nira	=	3	cP
μ nira	=	0,0020	lb/ft.s

$$\text{NRe} = \frac{D v \rho}{\mu}$$

$$= \frac{0,7689 \text{ ft} \times 4,2689 \text{ ft/s} \times 65,3059 \text{ lb/ft}^3}{0,0020}$$

$$= 106.326,9233 \text{ (asumsi turbulen benar)}$$

Dipilih pipa steel

$$\varepsilon = 0,0000046 \text{ m}$$

$$\varepsilon/D = 2,2\text{E-}05 \quad (\text{geankoplis 3ed; Page 88})$$

$$f = 0,0025 \quad (\text{geankoplis; Figure 2.10-3})$$

$$g = 32 \text{ ft/s}^2$$

$$gc = 32,174 \text{ ft.lbm/s}^2.\text{lb}$$

digunakan persamaan Bernoulli

$$-Wf = \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha gc} + \Sigma F$$

Perhitungan friksi berdasarkan **Peters, 4ed ; Tabel 1 Page 484** meliputi :

Sambungan/fitting (Le/D) berdasarkan (**Geankoplis 3ed ; Tabel 2.10-1**) (**Coulson ; Tabel 5.3 Page 204**)

Elbow standard 45°	17	Gate valve wide open	9
Check valve swing	100	Batterflay valve (plup)	18



Panjang ekuivalen suction, L_e

ID pipa = 0,7689 ft

Jarak peti tunggu ke nira mentah ke JH 1 = 4m

$$= 4 \times 3,28 = 13,1200 \text{ ft}$$

Panjang pipa masuk ke JH 1 = 7m

$$= 7 \times 3,28 = 22,9600 \text{ ft}$$

Tinggi JH 1 = 3,5m

$$= 3,5 \times 3,28 = 11,4800 \text{ ft}$$

Taksiran panjang pipa lurus = 13,1200+22,9600+11,4800

$$= 47,5600 \text{ ft}$$

2 Elbow $45^\circ = 2 \times 17 \times 0,7689 = 26,1412 \text{ ft}$

1 Check valve swing = 1 x 100 x 0,7689 = 76,8859 ft

2 Gate valve wide open = 2 x 9 x 0,7689 = 13,8395 ft

5 Butterfly valve (plup) = 5 x 18 x 0,7689 = 69,1973 ft

Didapatkan panjang total pipa = (26,1412 + 76,8859 + 13,8395 + 69,1973) + 47,5600

$$= 233,6239 \text{ ft}$$

Friksi pada head, K_f (Geankoplis 3ed ; Tabel 2.10-1) (Coulson ; Tabel 5.3 Page 204)

2 Elbow $45^\circ = 0,35$

Gate valve wide open = 0,17

Check valve swing = 2

Batterflay valve (plup) = 0,4

Friksi yang terjadi :

a. friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$F_1 = \frac{2f \times v^2 \times L_e}{g_c \times D} \quad (\text{Geankoplis 3ed ; Pers. 2.10-6})$$

$$= \frac{2 \times 0,0034 \times 18,2234 \times 233,6239}{32,174 \times 0,7689}$$

$$= \frac{28,9505}{24,7373}$$

$$= 0,8605 \text{ ft.lbf/lbm}$$



b. friksi karena kontraksi dari peti tunggu nira mentah tertimbang ke pompa menuju JH 1

$$F2 = \frac{K X v^2}{2 x \alpha x gc} \text{ (Peters 5ed ; Page 490)}$$

$$= \frac{0,1875 x 4,2689^2}{2 x 1 x 32,174}$$

$$= \frac{0,1875 x 4,2377^2}{2 x 1 x 32,174}$$

$$= 0,0531 \text{ ft.lbf/lbm}$$

A peti tunggu > A JH1 (inch)		
A peti tunggu (A ₂)	=	8
A JH-1 (A ₁)	=	6

Pembuktian nilai K = 6 inch/8 inch = 0,75 > 0,715

Maka, Nilai K = 0,75 (1-0,75) = 0,1875

c. friksi karena enlargement (ekspansi) dari pompa ke JH 1

$$F3 = \frac{\Delta v^2}{2 x \alpha x gc}$$

$$= \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 x \alpha x gc}$$

$$= \frac{4,2689^2 - 0}{2 x 1 x 32,174}$$

$$= \frac{18,2234}{64,348}$$

$$= 0,2832 \text{ f t.lbf / lbm}$$

$$= 0,2832 \text{ f t.lbf / lbm}$$

A peti tunggu > A JH1 (inch)		
A peti tunggu	=	8
A JH-1	=	6

d. friksi karena Elbow 45° (Geankoplis 3ed ; halaman 93 pers. 2.10-17)

$$F4 = \frac{Kf \quad x \quad V_1^2}{2}$$

$$= \frac{0,35 \quad x \quad 18,2234}{2}$$

$$= 3,1891 \text{ ft.lbf / lbm}$$



e. friksi karena Check Valve (Geankoplis 3ed ; halaman 93 pers. 2.10-17)

$$\begin{aligned} F5 &= \frac{K_f \times V_1^2}{2} \\ &= \frac{2 \times 18,2234}{2} \\ &= 18,2234 \text{ ft.lbf / lbm} \end{aligned}$$

f. friksi karena Gate Valve

$$\begin{aligned} F6 &= \frac{K_f \times V_1^2}{2} \\ &= \frac{0,17 \times 18,2234}{2} \\ &= 1,5490 \text{ ft.lbf / lbm} \end{aligned}$$

g. friksi karena Batterflay Valve

$$\begin{aligned} F7 &= \frac{K_f \times V_1^2}{2} \\ &= \frac{0,4 \times 18,2234}{2} \\ &= 3,6447 \text{ ft.lbf / lbm} \\ \Sigma F &= F1+F2+F3+F4+F5+F6+F7 \\ &= 28,1128 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

Energi Tekanan (Geankoplis 3ed; page 97)

$$1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi} = 2116,8 \text{ lb/ft}^2$$

$$P = 1 \text{ atm} = 2116,8 \text{ lbf/ft}^2$$

$$P1 = P + P \text{ hidrostatik}$$

$$= 1 \text{ atm} + \rho \text{ bahan} \times g/gc \times H_{\text{bahan}}$$



$$\begin{aligned}
 &= 2116,8 + 65,3059 \times 0,995 \times 10 \\
 &= 2766,3275 \text{ lbf/ft}^2 \\
 P2 &= 1 \text{ atm} = 2116,8 \text{ lbf/ft}^2 \\
 \Delta P &= P1 - P2 \\
 &= 2766,3275 - 2116,8 \\
 &= 649,5275 \text{ lbf/ft}^2 \\
 \Delta P &= 649,5275 \text{ lbf/ft}^2 \\
 \rho &= 65,3059 \text{ lbf/ft}^3 \\
 &= 9,9459 \text{ ft.lbf/lb}
 \end{aligned}$$

Energi kinetik

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 Z1 &= 10 \text{ ft} \quad (\text{asumsi}) \\
 Z2 &= 22,9600 \text{ ft} \\
 g/gc &= 0,995 \text{ lbf/lbm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc} &= \frac{18,2234}{2 \times 1 \times 32,174} \\
 &= 0,2832 \text{ ft.lbf / lbm}
 \end{aligned}$$

Energi potensial (Geankoplis 3 ed ; halaman 97)

$$\begin{aligned}
 \Delta Z &= (Z2 - Z1) \times \frac{g}{gc} \\
 &= 22,9600 - 10 \times 0,995 \\
 &= 12,8899 \text{ ft.lbf / lbm}
 \end{aligned}$$

Persamaan Bernoulli (Peters 4ed ; Persamaan 10 Page 486)

Program Studi S-1 Teknik Kimia

Fakultas Teknik dan Sains UPN "Veteran" Jawa Timur



$$\begin{aligned} -W_f &= \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha gc} + \Sigma F \\ &= 9,9459 + 12,8899 + 0,28322 + 28,1128 \\ &= 51,2319 \text{ ft.lbf / lbm} \end{aligned}$$

$$\text{Sg campuran (Himmelblau : Berdasarkan Sg bahan)} = 65,3059$$

$$\text{Rate volumetrik} = 201,8213 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\begin{aligned} \text{HHp} &= \frac{-W_f \times \text{flowrate}(\text{cuft/s}) \times \text{sg}}{550} \quad (\text{Perry 6ed ; Pers 6-11}) \\ &= \frac{51,2319 \times 1,9810 \times 65,3059}{550} \\ &= 12,0506 \text{ Hp} = 8,9897 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\text{Effisiensi Pompa} = 65\% \quad (\text{Peters 5ed ; Figure 12-17 Page 516})$$

$$\begin{aligned} \text{Power Pompa} &= \frac{\text{HHp}}{\eta \text{ pompa}} \\ (\text{BHp}) &= \frac{12,0506}{65\%} \\ &= 18,5394 \text{ Hp} \\ &= 18,5394 \times 0,746 \\ &= 13,8304 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\text{Effisiensi motor} = 87\% \quad (\text{Peters 5ed ; Figure 12-18 Page 516})$$

$$\begin{aligned} \text{Power motor} &= \frac{\text{Power pompa}}{\eta \text{ motor}} \\ &= \frac{18,5394}{87\%} \\ &= 21,3096 \text{ Hp} \end{aligned}$$



LAPORAN PRAKTEK KERJA LAPANG
PT. PABRIK GULA CANDI BARU
UPN “VETERAN” JAWA TIMUR

PG Candi Baru
member of **IDFOOD**

$$= 21,3096 \times 0,746 \times 1,3 \text{ (SF)}$$

$$= 20,6661 \text{ kW}$$