

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. PRESSURE DROP

Penurunan tekanan (*Pressure Drop*) merupakan istilah yang digunakan untuk mendeskripsikan penurunan tekanan disuatu titik di dalam sistem (misalnya aliran di dalam pipa) ketitik yang mempunyai tekanan lebih rendah. *Pressure drop* juga merupakan hasil dari gaya friksi terhadap fluida yang mengalir didalam pipa, yang disebabkan oleh tekanan fluida yang mengalir (Geankoplis C.J, 1993).

Adapun hal-hal yang mempengaruhi *Pressure Drop* :

1. Diameter pipa
2. Berat molekul fluida yang mengalir
3. Faktor friksi
4. Panjang pipa

2.2. FRICTION LOSS

Friction loss merupakan kerugian gesekan pada dinding pipa yang mengalir melalui pipa lurus dihitung dengan menggunakan faktor friksi. Dalam aliran fluida kerugian yang terjadi dalam suatu wadah seperti pipa karena efek dari viskositas didekat permukaan wadah. Friction Loss dapat dihitung dengan cara berikut :

$$H_f = f \cdot \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g} \quad (2.10)$$

Dimana :

- hf = kehilangan energi (m)
- f = faktor gesekan, yang tergantung dari angka Reynolds (diagram Moody), diameter, dan kekasaran pipa
- L = panjang pipa (m)
- v = kecepatan aliran fluida dalam pipa (m/s)
- d = diameter pipa (m)
- g = gaya gravitasi

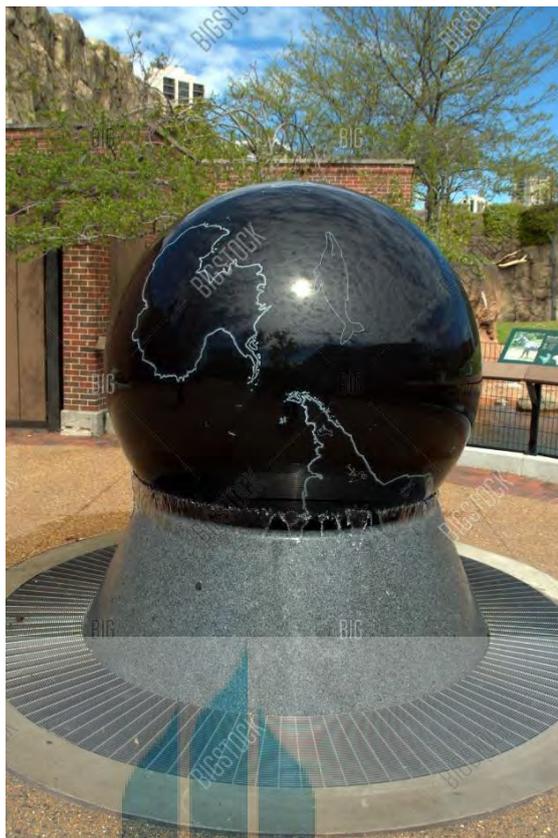
Dapat diperhatikan bahwa kehilangan energi berbanding lurus dengan kecepatan aliran ($hf : v^2$), dan kehilangan energi berbanding terbalik dengan diameter pipa ($hf : 1/d$). Semakin besar kecepatan aliran dalam pipa, semakin besar juga kehilangan energi. Semakin kecil diameter pipa, maka semakin besar kehilangan energi. Artinya, dengan debit aliran yang sama, dengan diameter pipa yang semakin kecil, kehilangan energi akan menjadi semakin besar (Humisar, S, 2014).

2.3. POMPA

Pompa merupakan salah satu mesin fluida untuk memindahkan jenis fluida melalui pipa dari suatu tempat ketempat lainnya. Pompa mengubah energi mekanik dengan menggerakkan sudut-sudut pompa menjadi sebuah energi kinetik dan energi tekanan pada suatu fluida. Dengan kata lain pompa merupakan suatu alat yang digunakan untuk memindahkan suatu cairan dengan cara menaikkan tekanan cairan tersebut untuk mengatasi hambatan-hambatan pengaliran, hambatan yang berupa perbedaan tekanan, perbedaan ketinggian maupun hambatan gesek (Rizka, 2014).

2.3. KUGEL FOUNTAIN

Kugel fountain merupakan suatu air mancur dengan bentuk unik dimana air yang seharusnya di sembur bentuk vertikal tetapi dalam penelitian ini air disemburkan membentuk diagonal dengan menciptakan gaya angkat dan rotasi pada *object* yang beratnya sekitar 1440 kg.



Gambar 2.1 Kugel Fountain
(Chicago, 2017)

2.4. KLASIFIKASI POMPA

2.4.1. Pompa Kerja Positif

Pompa kerja positif (*Positive Displacement Pump*) merupakan pompa dengan aksi impeller, impeller mekanik dari putaran poros pompa dengan aksi impeller tekanan untuk memompakan fluida, pada pompa jenis ini menghasilkan head tinggi tetapi kapasitas yang dihasilkan rendah.



Gambar 2.2 Positive Displacement Pump
(Rida Tera, 2015)

2.4.2. Pompa Sentrifugal

Pompa Sentrifugal (*Dynamic Pump / Sentrifugal Pump*) merupakan suatu pompa yang memiliki elemen utama sebuah motor dengan sudu impeller berputar dengan kecepatan tinggi, fluida masuk di percepat oleh impeller yang menaikkan kecepatan fluida maupun tekanannya dan melemparkan keluar impeller.



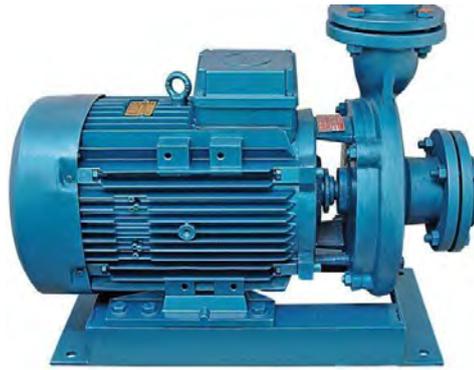
Gambar 2.3 Dynamic Pump
(Indiamart, 2014)

2.5. JENIS-JENIS POMPA

Pompa dibagi menjadi dua klasifikasi yaitu Positive Displacement Pump dan Dynamic Pump / Sentrifugal Pump, dimana masing-masing klasifikasi memiliki jenis-jenis pompa tersendiri.

2.5.1. Pompa Reciprocating

Pompa Reciprocating adalah pompa yang memiliki cara kerja dengan mengubah energi mekanis menjadi energi dinamis dari pergerakan pompa terhadap cairan yang dipindahkan. Perpindahan energi terjadi melalui element berputar / crank yang kemudian memberikan tekanan kepada fluida sehingga bisa mengalir. Pompa Reciprocating juga termasuk kedalam klasifikasi Positive Displacement pump yang banyak digunakan untuk mengalirkan fluida dengan viskositas besar, seperti minyak mentah, lumpur dll.



Gambar 2.4 Pompa Recprocatng
(Jogja Training, 2018)

2.5.2. Pompa Rotary

Pompa Rotary adalah pompa yang memiliki cara kerja dengan menggerakkan fluida dengan prinsip rotasi (perutaran pada sumbu tetap). Kelebihan dari pompa ini adalah memiliki tingkat efisiensi yang tinggi disebabkan karena adanya udara yang terdapat pada pipa yang mengalir keluar.

2.5.3. Pompa Sentrifugal

Pompa Sentrifugal adalah jenis pompa yang terdiri dari impeller yang memiliki sebuah impeller berputar, fluida akan mengalir menuju casing di sekitaran impeller sehingga menciptakan dampak pada gaya sentrifugal. Kecepatan aliran akan dikonversikan menjadi sebuah tekanan oleh casing sehingga fluida bisa dikeluarkan melalui outlet. Kelebihan pompa ini yaitu biaya yang rendah, bekerja pada kecepatan yang tinggi, aliran yang halus dan tekanan yang seragam.

2.5.4. Pompa Aksial

Pompa Aksial adalah pompa yang menghasilkan dari sebagian besar tekanannya dari propeler dan juga menghasilkan gaya lifting pada sudut terhadap fluida. Pompa ini dibagi menjadi 2 tipe yaitu pompa aksial horizontal dan pompa aksial vertikal.

Special effect Pump (Pompa Dengan Efek Spesial).

Pompa tipe ini biasanya banyak digunakan oleh industri-industri pada kondisi tertentu dan memiliki beberapa tipe diantaranya pompa jet-eductor, Hydraulic Ram, Gas Lift dan Elektromagnetik.

2.6. GAYA APUNG

Gaya apung adalah kemampuan suatu benda untuk dapat mengapung pada cairan ataupun fluida. Suatu benda akan mengapung apabila massa jenis fluida lebih besar dari massa jenis benda. Ketika massa benda lebih besar dari massa air maka gaya apung akan 0, akan tetapi jika massa air di beri tekanan akan sangat memungkinkan untuk sebuah fluida mengangkat suatu benda yang massa jenisnya lebih besar.

Tekanan yang terintegrasi di atas area terendam memberikan gaya ke atas yang sama dengan berat bola ditambah gaya yang diberikan oleh tekanan atmosfer pada area ekuivalen. Dengan mengabaikan daya apung dan juga kontribusi kecil terhadap gaya ke atas dari tegangan geser pada permukaan kugel yang terendam. Pada penelitian terdahulu jika F_g adalah berat bola dan F_{up} gaya ke atas yang dihasilkan karena tekanan di dalam lapisan fluida, diberikan persamaan:

$$F_g = F_{up} = \iint_{A_{sub}} [P(\theta) - P_{atm}] \cos\theta \, dA \quad (2.1)$$

Dimana A_{sub} adalah area bola yang terendam air. Sudut θ muncul pada relasi ini dan mengalir dari 0 yang berada di tengah air mancur menuju titik θ_{max} ditepi air mancur.

2.7. HUKUM ARCHIMEDES

Hukum Archimedes menyatakan bahwa Setiap benda yang terendam seluruhnya atau sebagian dalam fluida yang diam akan dikenai gaya ke atas yang besarnya sama dengan berat fluida yang dipindahkan oleh benda tersebut. Volume zat cair yang dipindahkan sama dengan volume benda yang tercelup seluruhnya ke dalam zat cair atau dengan fraksi volume di bawah permukaan benda yang tercelup sebagian ke dalam zat cair. Gaya apung pada benda yang terapung dalam zat cair atau gas juga sama besarnya dengan berat benda terapung dan berlawanan arah, benda tidak naik dan tidak tenggelam. Luas area yang terendam dilambangkan dengan A dan kedalaman area terendam dilambangkan h , tekanan yang terjadi yaitu :

$$P = \rho g h \quad (2.2)$$

Dimana P adalah densitas dari fluida dan $g \approx 9,81 \text{ m/s}^2$ adalah gaya gravitasi. Besarnya tekanan permukaan diatas dinyatakan

$$F_1 = P_1 A = H_1 \rho g A \quad (2.3)$$

Gaya total yang terjadi dalam tekanan objek adalah 0. Gaya pada permukaan yang berbeda saling bertentangan dan berdampak terhadap fluida menjadi

$$\begin{aligned} F_1 &= P_1 A = H_1 \rho g A \\ F_B &= F_2 - F_1 = \rho g A (h_2 - h_1) \end{aligned} \quad (2.4)$$

2.8. MOMEN INERSIA

Momen inersia merupakan ukuran kelembaman suatu benda untuk berputar pada porosnya. Sedangkan torsi atau momen gaya merupakan suatu besaran yang diperlukan untuk membuat benda berotasi pada porosnya. Momen inersia pada suatu benda bergantung terhadap beberapa factor yaitu massa benda atau partikel, geometri benda dan letak sumbu putar benda. Pernyataan untuk momen inersia terhadap sebuah bola dapat dikembangkan dengan menjumlahkan momen – momen *disk* yang sangat tipis terhadap sumbu Z. momen inersia pada sebuah *disk* tipis yaitu:

$$\begin{aligned} dl &= \frac{1}{2} y^2 dm \\ &= \frac{1}{2} y^2 \rho dv \\ &= \frac{1}{2} y^2 \rho \pi y^2 dz \end{aligned} \quad (2.5)$$

Kemudian diintegrasikan menjadi

$$\begin{aligned} I &= \frac{1}{2} \rho \pi \int_{-R}^R y^4 dz \\ &= \frac{1}{2} \rho \pi \int_{-R}^R (R^2 - Z^2) dz \\ &= \frac{8}{15} \rho \pi R^2 \end{aligned} \quad (2.6)$$

Dimana:

R = Radian

M = Massa

ρ = Densitas

Hasil pengintegrasian dari persamaan yang dipaparkan penelitian dalam jurnal Jacco. H, gaya inersia yang dilibatkan menghasilkan $\frac{8}{15} \rho \pi R^2$ dimana $\frac{8}{15}$ merupakan area yang terendam fluida dari area yang tidak terkena fluida.

2.9. AREA TEKANAN DAN KECEPATAN PADA FLUIDA

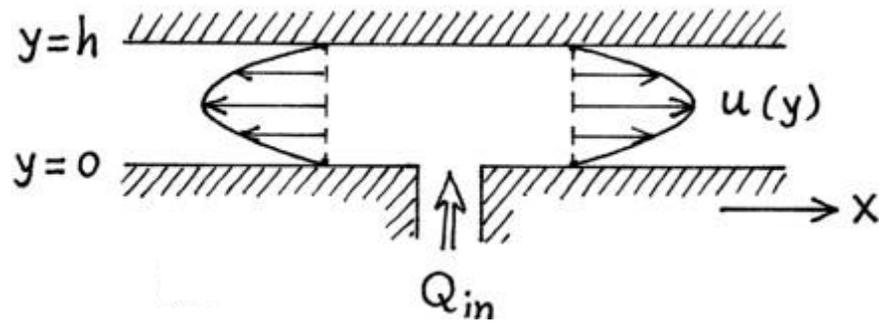
Area yang terkena tekanan fluida dengan kecepatan fluida u (y) bergantung pada posisi tegak lurus didalam lapisan air. Dimana :

$$\begin{aligned} \frac{\partial P}{\partial x} &= \mu \frac{d^2 u}{dy^2} \\ \frac{\partial P}{\partial y} &= 0 \\ \frac{\partial P}{\partial z} &= 0 \end{aligned} \quad (2.7)$$

Persamaan diatas menganggap tekanan hanya terjadi pada fungsi x saja karena fungsi y dan z adalah konstan, maka kita dapat menyelesaikan persamaan dengan pemisahan variabel. Pada persamaan diatas, konstan seharusnya negatif dengan penambahan $-\mu K$, tekanan yang mengalir dari nozzle menuju tepian harus dkecilkan sehingga pressure gradient $dP/d\theta$ pasti bernilai negatif.

$$\frac{d^2 u}{dy^2} = -K \quad (2.8)$$

Dengan mengintegrasikan persamaan diatas ditemukan bahwa kecepatan memiliki bentuk $u(y) = A + By - (1/2) Ky^2$, dimana A dan B adalah konstanta integrasi yang ditentukan dari kondisi batas. Jika bola tidak berputar ini menandakan bahwa dikedua sisi kecepatannya menghilang, jika kita berikan nilai $A = 0$ dan $B = (1/2)Kh$ maka kita sampai pada sisi dengan kecepatan dari gaya parabola.



Gambar 2.5 Laju Aliran dalam Nozzle
(Snoeijer, 2014)

Aliran didalam lapisan fluida pada dasarnya lurus karena $h \gg R$. Setelah melewati Q_{in} Velocity Profile $u(y)$ dengan cepat menjadi bentuk gaya parabola.

$$u_0(y) = \frac{1}{2} K y (h - y) \quad (2.9)$$

Konstanta K menentukan kekuatan medan kecepatan dan berhubungan langsung, seperti yang akan kita lihat, dengan aliran fluida Q_{in} di *nozzle*.

2.10. PERHITUNGAN BOLA KUGEL

Dalam proses pembuatan alat tersebut terhadap bola sangat diperlukan untuk mendapatkan aspek - aspek yang dapat menyempurnakan dalam berjalannya alat ini dengan baik, ada beberapa persamaan berdasarkan penelitian dalam jurnal Ahmad Waguih Y.E untuk mendukung perancangan ini seperti :

2.10.1. ORIFICE RESTRICTOR CONSTANT

Orifice restrictor merupakan lubang pembatas yang digunakann untuk mengurangi tekanan fluida yangdirancang sedikit berbeda dari plat lubang yang digunakan untuk mengukur laju aliran. Konstanta pada pembatas antara lubang aliran dan bola sangat berpengaruh terhadap permulaan laju aliran dimana ini merupakan kontrol pada parameter laju aliran (Prisma, 2012). Diberikan persamaan :

$$K_{or} = \frac{\pi C_d d o^2}{\sqrt{8 \rho a i r}}$$

Dimana

- π = Phi
- Cd = Koefisien drag
- d = Diameter pipa
- ρ = Densitas air

2.10.2. SUPPLY PRESSURE

Supply pressure atau tekanan pasokan terhadap laju aliran fluida dalam proses air mancur dapat bekerja dan untuk menentukan *supply pressure* dibutuhkan gaya levitasi (L) ataupun *load capacity* (L), persamaannya menjadi :

$$P_s = \frac{D \rho g r}{L} \quad (2.10)$$

Dimana :

D = Diameter bola

$\rho g r$ = Densitas Bola

L = Gaya Levitasi $\frac{1}{\pi R^2}$

2.10.3. KECEPATAN ROTASI BOLA

Kecepatan rotasi pada bola di hitung karena gaya levitasi tidak terdistribusi secara merata disepanjang busur *nozzle*, dengan persamaan berikut :

$$N = \frac{\rho q^2 (\theta_i - \theta_e)}{16 \pi^3 R^4 M (\cos \theta_i)} \quad (2.11)$$

$$M = \frac{m e}{2 \pi \mu w R^4} \quad (2.12)$$

Dimana :

- ρ = Densitas air
- q = Volume aliran fluida
- θ_i = Sudut dalam
- θ_e = Sudut luar
- M = Torsi tanpa dimensi
- m = Torsi
- e = Eccentricity
- μ = Lubricant Viscosity
- w = Berat bola

2.11. GRANIT

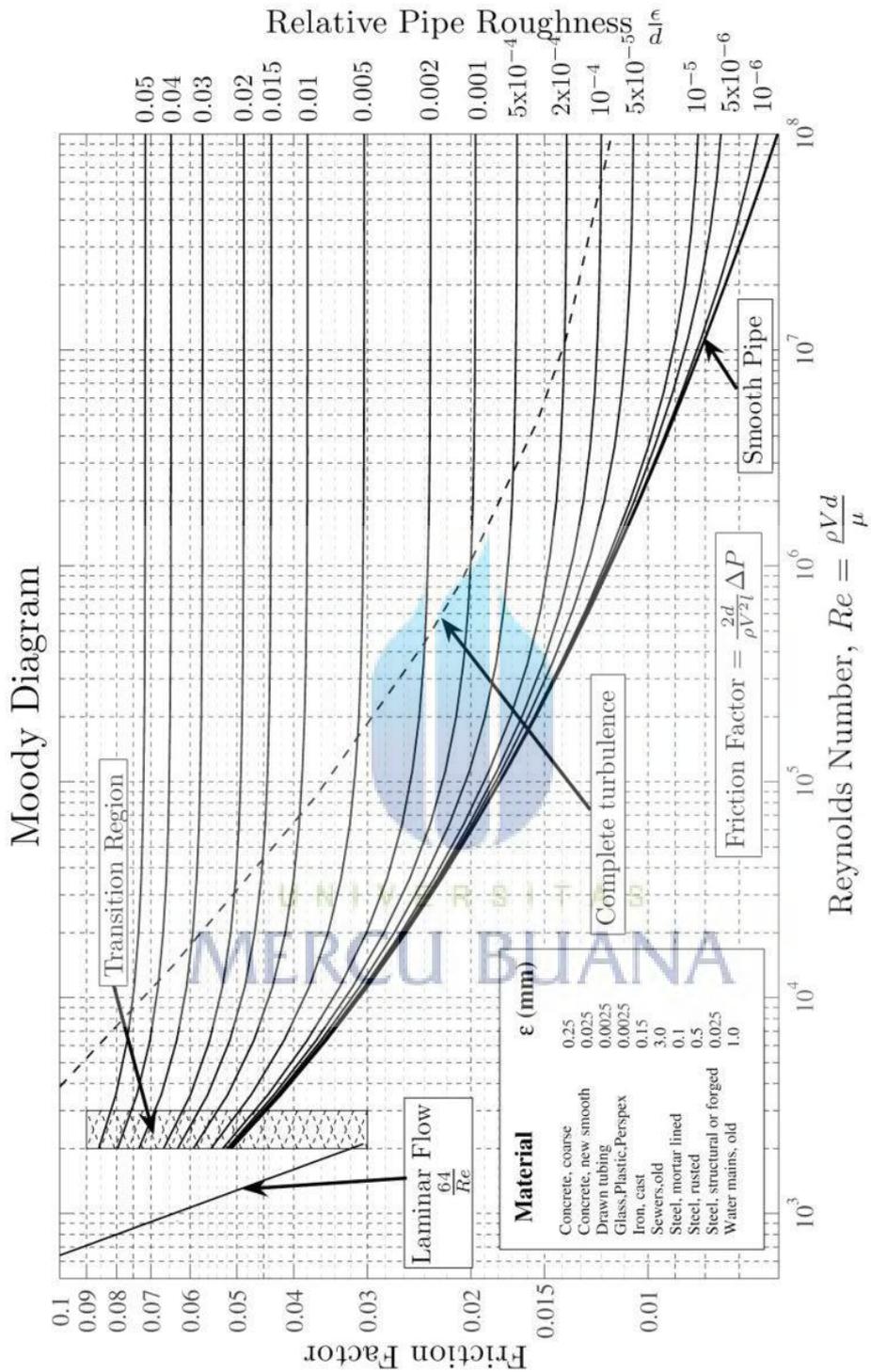
Granit merupakan batuan beku dalam yang bertekstur holokristalin, taneritik, butiran kasar yang mengandung mineral-mineral seperti kuarsa 10-50%, feldspar kalium 65-90%. Kata granit sendiri berasal dari bahasa latin granum yang memiliki arti butiran, hal ini dikarenakan adanya butiran mineral gelap yang terlihat dipermukaan batuan. Batuan ini yang terbentuk dari kristalisasi magma yang lambat dibawah permukaan bumi.

Alasan digunakannya batu granit dalam penelitian ini yaitu daya tahan batuan ini sangat bagus dengan perawatan yang tepat, perawatannya tidak memerlukan usaha tertentu dan permukaannya akan tetap dalam kondisi baik dalam jangka tahunan. Batu granit juga memiliki kelebihan tahan terhadap panas.



Gambar 2.6 Batuan Granit
(Farah, 2016)

2.12. DIAGRAM MOODY



Gambar 2.7 Diagram Moody
(S Beck and R Collin, 2008)

2.13. PENELITIAN TERDAHULU

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No.	Judul Jurnal	Penulis Jurnal	Sumber	Hasil
1	Physics of the granite sphere fountain	Jacco H. Snoeijer	https://dx.doi.org/10.1119/1.4886365	Faktanya, air mancur kugel dapat dianggap sebagai bantalan bola raksasa. Tekanan di dalam cairan tipis lapisan (ketebalan h) berskala $1/h^3$ dan sangat mampu membawa bola granit yang berat. Untuk laju aliran tertentu Q , biasanya sekitar 1 L/s, lapisan air secara otomatis menyesuaikan sendiri dengan ketebalan yang dibutuhkan untuk mengangkat beban. Air bertindak sebagai pelumas dan bertanggung jawab atas rendahnya gesekan yang dialami bola.
2.	Kugel Ball As An Interest	Ahmad Waguih Y. E	http://www.sciencepublishinggroup.com/ijmea	Berdasarkan konsepsi hidrosfer utama ini, a teknik desain baru umum akan ditawarkan

<p>ing Applic ation ofDesi gning the Hydros phere.</p>	<p>secara sederhana merancang hidrostatik bola dorong dorong bertekanan eksternal bantalan menghindari kesulitan dalam desain sebelumnya dan meningkatkan metode pemilihan bantalan yang tepat.</p>	
<p>3. Analys is of h the Journal Bearin g Frictio n Losses in a Heavy- Duty Diesel Engine</p>	<p>Christop h Knauder. et. al https://www.researchg ate.net/publication/27 5220875_Analysis_of _the_Journal_Bearing _Friction_Losses_in_a _Heavy- Duty_Diesel_Engine.</p>	<p>Hasilnya mengungkapkan potensi pengurangan gesekan sekitar 8% pada bantalan jurnal menggunakan oli viskositas ultra-rendah 0W20 dengan viskositas HTHS (viskositas HTHS didefinisikan sebagai viskositas dinamis pelumas yang diukur pada 150 °C dan pada laju geser 106s.</p>
<p>4. Analys is of Head Losses Conseq uent Section Diamet</p>	<p>Am. Mufarrih , Saut Kasdiard i Silalahi , Irwan Setyowi</p> <p>https://iptek.its.ac.id</p>	<p>Pipa PVC memiliki head losses yang tinggi dibandingkan dengan pipa PE. Karena konstruksi pipa PE lebih baik atau lebih halus dari PVC pipa. Ini adalah</p>

<p>er, Pipe dodo Materi al and Flow Debit Using Contra st Test (Scheff e's Metho d) at 900 Elbow Joint.</p>	<p>penelitian oleh Brickstand. B yang menjelaskan kekasaran permukaan pipa dapat mempengaruhi debit aliran.</p>
<p>5. Analys Divyesh is of A. Patel, Frictio Vimal N. n Chaudha Losses ri, & in Pipe Deep R. with Patel Analyti cal Metho d.</p>	<p>https://www.iosrjournals.org/iosr-jmce/papers/vol16-issue2/Series-4/H1602046368.pdf Persamaan Colebrook dapat diterapkan pada rentang bilangan Reynolds dan kekasaran relatif yang sangat luas nilai-nilai; persamaan ini menjadi standar akurasi yang diterima untuk menghitung faktor gesekan hidrolis.</p>