

PERANCANGAN SISTEM HIDROLIK PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO

Achmad Muhazir

Jurusan Teknik Industri

Fakultas Teknik Universitas Bhayangkara Jakarta Raya

Usep Ali Albayumi, Luthfi Airlangga

PT. Dirgantara Indonesia Bandung

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTM) merupakan pembangkit yang cukup sederhana dalam pengoperasiannya. Daya yang dikeluarkannya oleh PLTM ini kecil hanya dapat untuk menerangi perkampungan atau pedesaan. PLTM ini dikontrol oleh sistem hidrolik, agar mempermudah operator dalam pengoperasiannya. Dengan penerapan sistem hidrolik pada PLTM, daya yang dikeluarkan dapat diketahui melalui display dan control panel atau monitor, juga dapat mengatur aliran air yang akan masuk ke turbin dan dapat mengetahui langsung apabila ada gangguan atau kerusakan pada sistem. Aktuator yang didesain yaitu dengan panjang 70 cm, diameter bor 2,5 inch dan luas efektif area 4,91 inch. PLTM dengan sistem hidrolik ini menghasilkan daya listrik sebesar 155 Kw.

Kata kunci: PLTM, Mikrohidro, hidrolik, kontrol

I. PENDAHULUAN

Listrik merupakan sumber energi yang paling banyak dibutuhkan masyarakat luas. Dimana energi listrik tersebut dapat menjadikan kehidupan masyarakat menjadi lebih baik, seperti halnya untuk penerangan dan memfungsikan alat-alat elektronik lainnya. Dengan perkembangan jaman yang

begitu cepat, semua fasilitas atau alat alat yang digerakan membutuhkan energi listrik. Namun fasilitas listrik tersebut hanya dapat dinikmati di kota-kota besar dan sebagian daerah pedesaan saja. Untuk sebagian daerah tertentu yang belum tersentuh dengan adanya fasilitas listrik, hal ini menjadi daerah tersebut terhambat dalam pembangunan daerahnya.

Untuk mengatasi hal tersebut, maka pihak pemerintah maupun swasta membangun fasilitas Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTM) konvensional, dikarenakan pembangunannya lebih murah dan sederhana. Kemudian PLTM ini dikembangkan dengan menerapkan sistem hidrolik, agar dalam pengoperasiannya lebih mudah dikontrolnya oleh operator.

II. TEORI DASAR

Hidrolik

Hidrolik berasal dari kata Yunani “ *Hydro* “ yang berarti air. Pada jaman sebelum dunia berkembang begitu pesat, didefinisikan sebagai segala sesuatu yang berhubungan dengan air. Tetapi sekarang ini ”hidrolik” didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari pemindahan, pengaturan, pengkondisian fluida dan peralatan-peralatanyang digerakannya.

Hidromekanika (Mekanika Fluida) dapat dibagi menjadi :

- Hidrostatika :
yaitu penerapan acuan bidang ilmu hidrolik pada mekanika fluida (disini zat cair) yang diam (teori keseimbangan dalam cairan).
- Hidrodinamika: yaitu penerapan acuan bidang ilmu hidrolik pada mekanika fluida (disini zat cair) pada bagian yang bergerak.

Salah satu contoh dari hidrostatika adalah perpindahan gaya dalam hidrolika. Sedangkan contoh dari hidrodinamika murni adalah perpindahan energi aliran di turbin-turbin pembangkit listrik tenaga air.

Cara lain untuk memindahkan energi selain dengan energi hidrolik adalah secara mekanik (roda gigi, poros, mekanisme engkol, dll), secara elektronik (amplifier, elemen pengubah elektronik, dll) dan secara pneumatik (sama dengan hidrolik dengan udara sebagai elemen transfer).

Gaya

Setiap benda diam akan tetap diam, setiap benda yang bergerak lurus beraturan tetap bergerak lurus beraturan, selama tidak ada resultan gaya yang bekerja padanya (resultan gaya = 0).

Sedangkan gaya adalah sesuatu yang menyebabkan perubahan gerak benda atau adanya pergeseran benda dari posisi diam menjadi bergerak. Meskipun pergeseran benda tersebut sedikit tetap saja benda tersebut dikenai gaya. Jika suatu gaya bekerja pada sebuah benda maka akan timbul percepatan. Besar percepatan berbanding lurus dengan gaya dan berbanding terbalik dengan besar massanya.

$$a = \frac{F}{m} \dots\dots\dots(1)$$

dimana ; F = gaya yang bekerja pada benda
 m = massa benda
 a = percepatan yang terjadi pada benda

Berat benda (gaya berat) adalah besarnya gaya tarik bumi terhadap massa benda.

$$w = m \cdot g \dots\dots\dots(2)$$

dimana ;
 w = gaya berat yang bekerja pada benda
 m = massa benda
 g = percepatan gravitasi yang terjadi pada benda

Tekanan

Salah satu dimensi penting dalam hidrolika adalah tekanan yang didefinisikan sebagai gaya normal per satuan luas yang bekerja pada permukaan real atau imajiner dalam fluida.

$$P = \frac{F_n}{A} \dots\dots\dots(3)$$

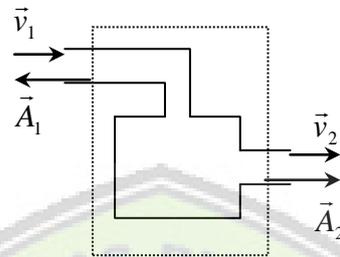
dimana ;

$P=$ tekanan yang dialami permukaan.

$F_n =$ gaya normal yang bekerja pada permukaan

$A =$ luas permukaan.

Laju aliran massa dan volume dalam volume atur



Gambar Volume kontrol

Dari gambar dapat diformulasikan (pustaka 3)

$$\frac{dM}{dt} = 0 \dots\dots\dots (4)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_{cv} \rho \cdot dV + \int_{cs} \rho v \cdot d\vec{A} = 0 \dots (5)$$

Karena sistem merupakan *steady state*, maka yang tersisa

$$\rho \int_{cs} \vec{v} \cdot d\vec{A} = 0 \dots\dots\dots (6)$$

$$(\rho_1 v_2 A_2) - (\rho_2 v_1 A_1) = 0$$

Untuk fluida aliran inkompresibel $\rho_1 = \rho_2$, persamaan berubah menjadi

$$v_2 A_2 = v_1 A_1 \dots\dots\dots (7)$$

Persamaan Bernoulli

Suatu persamaan yang banyak dipakai yang menghubungkan tekanan, kecepatan, dan elevasi, bermula dari jaman *Leonard Euler* dalam abad ke-18.

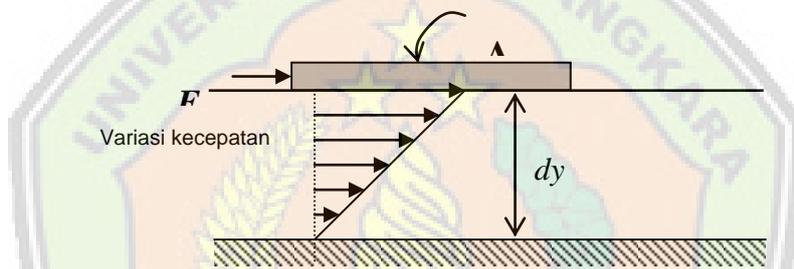
$$\frac{p}{\rho} + g z + \frac{V^2}{2} = \text{konstan} \dots\dots\dots (8)$$

Persamaan diatas memiliki idealisasi:

- Aliran *steady*.
- Aliran inkompresibel
- Aliran tanpa friksi (gesekan)
- Mengalir teratur sepanjang aliran.

Viskositas

Fluida dapat didefinisikan sebagai sebuah substansi yang berdeformasi secara kontinyu yang dikarenakan tegangan. Tanpa tegangan tidak akan ada deformasi. Fluida dapat diklasifikasikan berdasarkan hubungan antara tegangan yang diberikan dan deformasi rata-rata.



Gambar Distribusi kecepatan akibat tegangan partikel fluida

Pada gambar diatas terlihat elemen fluida dimana tegangan partikel fluida adalah, τ , variasi kecepatan fluida adalah dv/dy . Maka tegangan yang terjadi pada partikel fluida didefinisikan oleh persamaan Newton, yaitu :

$$\tau = \mu \frac{dv}{dy} \quad \text{atau} \quad F = \mu A \frac{dv}{dy} \dots\dots\dots (9)$$

dimana μ adalah viskositas absolut. Sedangkan rasio antara viskositas absolut dan massa jenis, ρ , biasa disebut dengan viskositas kinematik yang memiliki simbol, ψ .

Bilangan Reynolds

Pada sekitar tahun 1880-an, *Osborne Reynolds*, seorang insinyur asal Inggris, mempelajari transisi antara aliran laminar dan turbulen dalam sebuah pipa. Dia menemukan bahwa parameter-parameter seperti;

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} = \frac{v D}{\nu} \dots\dots\dots (10)$$

Dalam kasus aliran inkompresibel di dalam pipa aliran fluida laminar bila harga $Re \leq 1200$; dan akan turbulen bila harga $Re > 3000$. Dan diantaranya adalah aliran transisi.

Head Loss

Head loss total dapat dinyatakan dengan selisih dari dua tingkat keadaan energi pada saat masuk pipa dan pada saat keluar pipa. Tingkat keadaan energi tersebut dapat didefinisikan dengan persamaan *Bernoulli*. Head loss total, h_T , adalah jumlah dari head loss mayor, h_l , dan head loss minor, h_{lm} . Head loss mayor muncul bila fluida melalui saluran pipa lurus dan memiliki kekerasan permukaan. Head loss minor muncul bila fluida melalui belokan, sambungan, perubahan luas penampang, katup maupun saluran masuk dan saluran buang (mulut pipa saluran-saluran).

$$\left(\frac{P_1}{\gamma} + \alpha_1 \frac{v_1^2}{2g} + z_1 \right) - \left(\frac{P_2}{\gamma} + \alpha_2 \frac{v_2^2}{2g} + z_2 \right) = h_{LT} \dots\dots\dots (11)$$

$$\left(\frac{P_1}{\gamma} + \alpha_1 \frac{v_1^2}{2g} + z_1 \right) - \left(\frac{P_2}{\gamma} + \alpha_2 \frac{v_2^2}{2g} + z_2 \right) = h_{lm} + h_l \dots\dots\dots (12)$$

Panjang Ekivalen

Panjang ekivalen adalah mentransformasikan koefisien *head loss minor* menjadi panjang pipa, sehingga perhitungan *head loss* nya menggunakan *head loss mayor*. Berikut persamaanya :

$$h_{lm} = h_l$$

$$\sum K \frac{v^2}{2g} = f \frac{l_e}{d} \frac{v^2}{2g}$$

$$l_e = \sum K \frac{d}{f} \dots \dots \dots (13)$$

III. KOMPONEN KOMPONEN HIDROLIK

Hidrolik sistem dipergunakan baik sebagai signal ataupun power penggerak suatu peralatan. Sistem hidrolik terdiri dari berbagai komponen hidrolik supaya peran dan tugasnya dapat terlaksana.

Penggolongan Pompa

Ada dua jenis pompa dasar berdasarkan tenaga fluida (fluida power) yang dihasilkan, yaitu :

1. *Non positip displacement pump*
 Suatu pompa digolongkan *non positip displacement pump* apabila terjadi penambahan momentum fluida dengan cara memutar bilah-bilah, sudu-sudu atau bagian lainnya yang dirancang secara khusus dengan cepat.

2. Pompa geser positif (*Positip Displacement Pump*)

Suatu pompa digolongkan pompa geser positif apabila mempunyai batas gerakan, yang mendesak fluida dengan mengubah volumenya. Pergerakan pompa tersebut dibangkitkan oleh alat pembangkit daya antara lain : Piston, Gear dan Vane.

Pompa yang dipakai pada PLTM dengan sistem hidrolik yaitu pompa piston.

Dengan rumusan sebagai berikut :

$$Q = \frac{D \cdot A \cdot N \cdot \sin \theta}{231}$$

dimana :

D = diameter diagonal antar piston (inch)

θ = kemiringan swash plate

A = luas piston (inch²)

Y = jumlah piston

N = putaran (rpm)

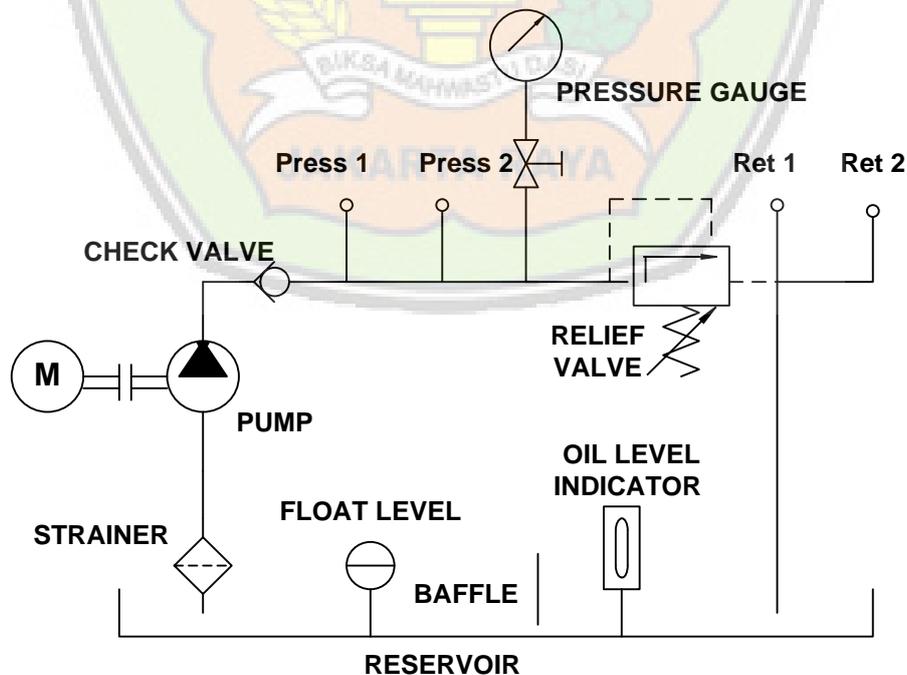
Accumulator

Accumulator merupakan salah satu komponen penting dalam sistem hidrolik. *Accumulator* menyimpan tekanan dalam bentuk beban, pegas, atau gas yang terkompresi. Apabila tekanan sistem berada dibawah potensial *accumulator pressure* maka berat beban, energi potensial pegas, dan energi potensial gas akan membantu mengembalikan tekanan dalam sistem.

Reservoir

Dalam sistem hidrolik reservoir mempunyai peranan yang sangat penting, reservoir mempunyai beberapa fungsi penting sbb:

- Storage of Oil (Tempat penampungan oli)
- Cooling of oil (Tempat pendinginan oli)
- Expansion of oil (Tempat mengembangnya oli)
- Separation of contaminations (Tempat pemisahan oli yang terkontaminasi)
- Structural support (Struktur penyangga)



Gambar Skematik hydraulic power unit sederhana

Filter

Penyaringan fluida pada suatu sistem hidrolik betul-betul penting untuk menjamin keandalan operasi dan keawetan. Partikel-partikel logam dan seal begitu juga debu dan kotoran akan bercampur dan mengotori fluida, terutama pada saat sistem sedang dioperasikan. Partikel-partikel dengan berbagai ukuran tersebut harus secara kontinyu dibersihkan karena akan menyumbat lubang-lubang dan saluran-saluran pada sistem, sehingga mengakibatkan kerusakan yang parah. Kontaminasi menyebabkan keausan pada bagian-bagian yang bergerak dalam sistem. Musuh utama komponen hidrolik adalah fluida yang terkontaminasi oleh benda asing, pada dasarnya kontaminasi adalah segala bentuk benda asing yang tercampur dalam oli hidrolik sehingga mempengaruhi kemampuan dari oli untuk melakukan tugasnya sebagai pentransfer daya. Kontaminasi bisa saja dalam bentuk cair, padat atau gas, filter dan strainer adalah suatu alat yang dapat menahan laju kontaminasi oli dengan menggunakan media berlubang kecil (dalam micron).

Hidraoulic control valve

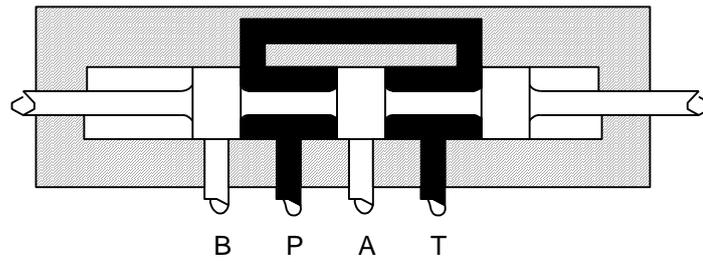
Salah satu hal terpenting dalam pengontrolan Hidrolik Sistem adalah Valve, pemilihan valve bukan hanya jenis/type dari valve saja akan tetapi juga dari ukurannya, tehnik penggerakannya, dan kemampuannya.

Ada 3 jenis dasar valve :

1. Directional Control Valve (DCV)
2. Presurre Contro Valve
3. Flow Control Valve

Directional control valve (DCV)

Directional control valve adalah valve yang berfungsi untuk mengarahkan Power Hidrolik ke suatu sistem hidrolik. Besar kecilnya valve yang digunakan menentukan besar kecilnya hidrolik power yang akan diarahkan



Check Valve

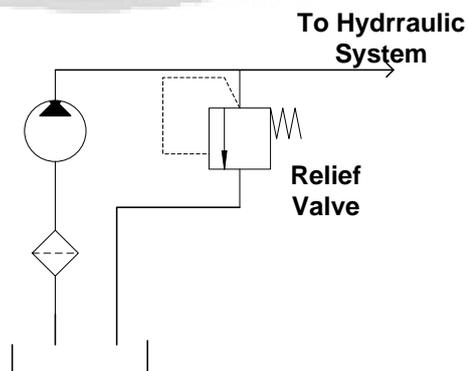
Seperti dikatakan diatas DCV digunakan untuk mengarahkan aliran hidrolik pada suatu Sistem Hidrolik, DCV yang paling sederhana ialah *Check Valve*. *Check Valve* ialah valve yang mengarahkan aliran hidrolik pada satu arah saja, pada arah kebalikannya aliran hidrolik tidak bisa mengalir, Check Valve disebut juga *One Way Directional Valve* atau *Non Return Valve*.

Pressure Control Valve

Yang paling sering digunakan dari Pressure Control Valve adalah Pressure Relief Valve, hampir disetiap sirkuit hidrolik ditemukan komponen ini. Posisi awal dari Relief Valve adalah Normally Closed dan akan terbuka saat batasan tekanan setting tercapai. Jadi fungsi utama dari Pressure Relief Valve adalah untuk membatasi tekanan operasi suatu sistem dengan melalukan kembali tekanan lebihnya ke reservoir.

Flow control valve

Flow Control Valve digunakan untuk mengatur kecepatan dari aktuator atau motor hidrolik dengan cara mengatur besarnya flow yang masuk .



Alat ini bisa sangat sederhana seperti Orifis atau Needle Valve. Needle Valve digunakan untuk mengatur aliran pada pipa yang kecil

Servo valve

Fungsi dari servo valve ialah untuk mengontrol beban hidrolik pada berbagai keadaan (posisi, force, torsi, kecepatan dan accelerasi).

Hydraulic Actuator

Ada beberapa tipe *actuator* yang digunakan dalam sistem hidrolik yaitu silinder hidrolik, motor hidrolik, dll. Silinder hidrolik adalah alat yang mengkonversikan tekanan fluida menjadi gaya dan gerakan mekanik linear. Silinder hidrolik biasanya terdiri dari bagian yang bergerak seperti piston dan piston rod, ram atau lengan. Sebaliknya, motor hidrolik memberikan gerak rotasional dan sering digunakan dalam sistem hidrolik yang membutuhkan gerakan rotasi. Dalam laporan ini tidak akan dibahas tentang *actuator* jenis ini, sehingga untuk selanjutnya yang dimaksud dengan *actuator* oleh penulis adalah silinder hidrolik.

Kenyataannya tidak semua tekanan fluida yang dikompresikan kedalam *actuator* menjadi gaya dan gerakan mekanik linear, ada yang hilang karena gesekan piston dengan dinding silinder atau sering disebut dengan friksi. Maka untuk keadaan normal ditetapkan gaya friksi sebesar 2 sampai 5 % atau paling tinggi 8 % dari gaya total teoritis atau menurut ANSI diperlukan tambahan pressure 5%-10% untuk mengatasi gesekan ini dengan koefisien gesek μ berkisar antara 0,15 sampai 0,2 (Pustaka 1). Selama tahap askelerasi, gaya total yang terjadi pada *actuator* adalah

$$F_a = F_s + F_d$$

Dimana: F_a = gaya maksimum piston yang dihasilkan

F_s = gaya gesek statik

F_r = gaya friksi dikarenakan gesekan antara silinder dengan seal piston dan seal rod, juga karena *back pressure* F_d = gaya gesek dinamik

F_g = gaya tekanan balik (*back pressure force*)

hubungan-hubungan faktor-faktor tadi dinyatakan persamaan berikut

$$\Sigma F_r = F_p + \mu P A_c$$

Dimana:

ΣF_r = gaya gesek total

μ = koefisien gesek (0,1 – 0,2) (Pustaka 1)

A_c = luas keliling dari seal = $\pi D l$

l = tebal seal

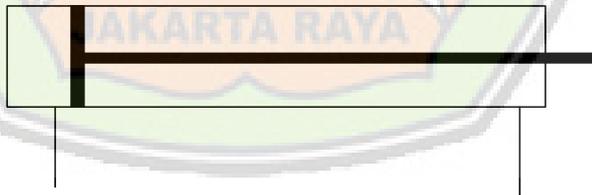
D = diameter silinder

F_p = gaya *pre-load*

Besar gaya *pre-load* (F_p) setiap *seal* ring sebesar 0,5 – 1,0 *bar* (Pustaka 1) untuk kebanyakan *actuator*.

Double Acting Cylinder

Silinder Aktuator Double Acting digunakan untuk menggerakkan gaya pada dua arah, baik saat maju (*extend*) ataupun mundur (*retract*). Untuk menghasilkan gerak lurus bolak balik, yaitu bila pada langkah balik piston juga mendapat beban



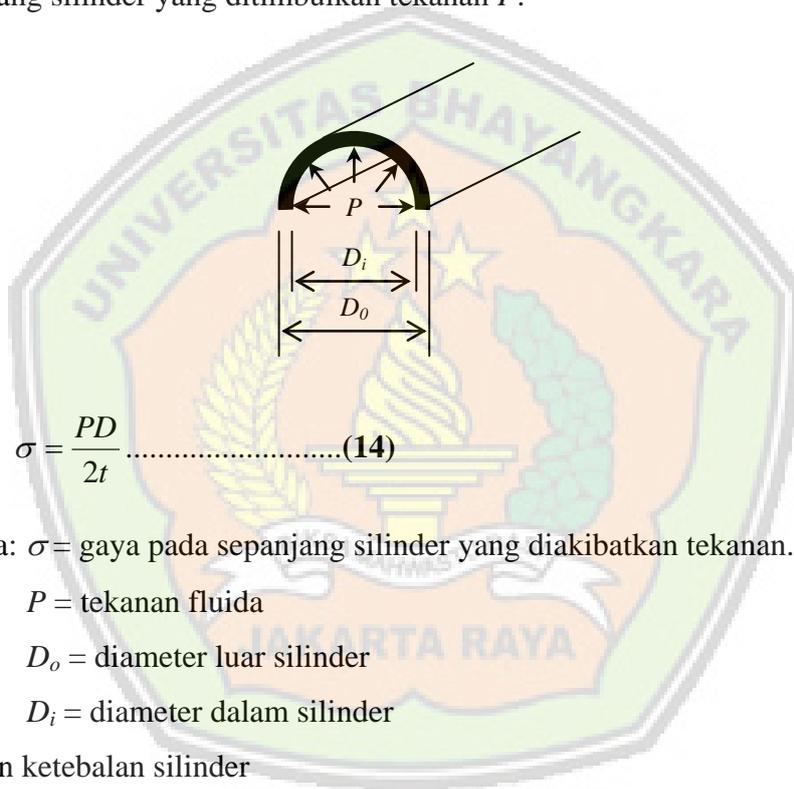
Gambar 2.55 Simbol ISO 1219

Double acting cylinder berfungsi sebagai pengubah aliran fluida bertekanan menjadi gerakan dan gaya yang arahnya dapat dipilih.

Kekuatan silinder pada pipa dan actuator

Ketebalan silinder dari *pipe* dan *actuator* merupakan faktor yang sangat penting. Kekuatan silinder dari *pipe* dan *actuator* dipengaruhi oleh ketebalan silinder. Silinder yang terlalu tebal atau terlalu tipis dapat mendatangkan pengaruh dalam operasinya. Untuk silinder dengan rasio ketebalan terhadap diameter silinder sekitar 1:6 (Pustaka 1), ketebalan silinder dapat dihitung dengan menggunakan persamaan *Barlow* dibawah ini.

material silinder dengan ketebalannya harus dapat menahan gaya sepanjang silinder yang ditimbulkan tekanan *P*.



$$\sigma = \frac{PD}{2t} \dots\dots\dots(14)$$

dimana: σ = gaya pada sepanjang silinder yang diakibatkan tekanan.

P = tekanan fluida

D_o = diameter luar silinder

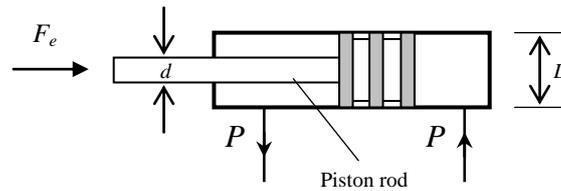
D_i = diameter dalam silinder

Dengan ketebalan silinder

$$t = \frac{D_o - D_i}{2} \dots\dots\dots(15)$$

Piston rod

Letak dari piston rod dapat dilihat dalam gambar. Besar pembebanan maksimum (*buckling load*) dari piston rod tergantung dari diameter piston rod, gaya yang ditimbulkan tekanan oli maupun dari luar, dan panjang langkah. Untuk menghitung pembebanan maksimum dari piston rod dapat menggunakan persamaan *Euler* berikut.



Gambar Pembebanan piston rod

$$F_c = \frac{\pi^2 E I}{S^2} \dots\dots\dots (16)$$

$$F_e = \frac{F_c}{s} \dots\dots\dots (17)$$

dimana: F_c = Pembebanan maksimum (*buckling load*)

F_e = Pembebanan sebenarnya pada piston rod

S = panjang langkah

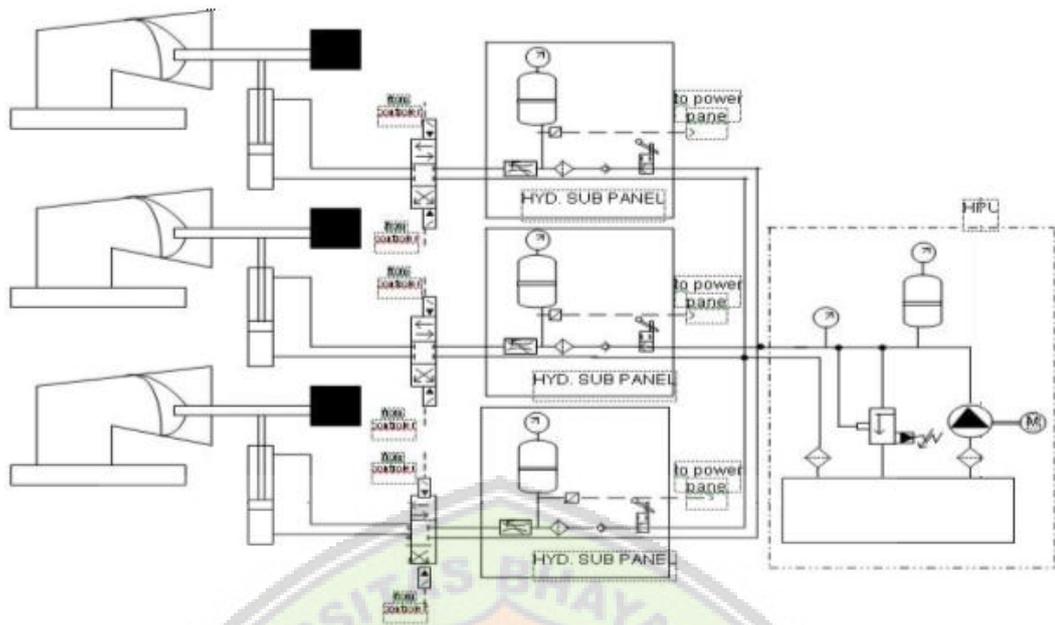
E = modulus elastisitas ($21 \times 10^5 \text{ N/cm}^2$ untuk baja)

I = Momen inersia ($\frac{\pi d^4}{64}$)

s = *safety factor* biasanya bernilai 3

Prinsip kerja sistem hidrolik

Pada saat *hydraulic power unit* (HPU) dihidupkan, sumber daya hidrolik terdistribusi pada tiga sistem idrolik dan tertahan di *servo valve*, pada saat bersamaan sumber daya hidrolik masuk pada *accumulator* dan menjadi hidrolik *potensial pressure*. Saat tekanan hidrolik mencapai tekanan maksimum di ketiga sistem, *pressure switch- pressure switch* tersebut akan mengirimkan signal ke relay-relay di *power panel* untuk mematikan HPU.

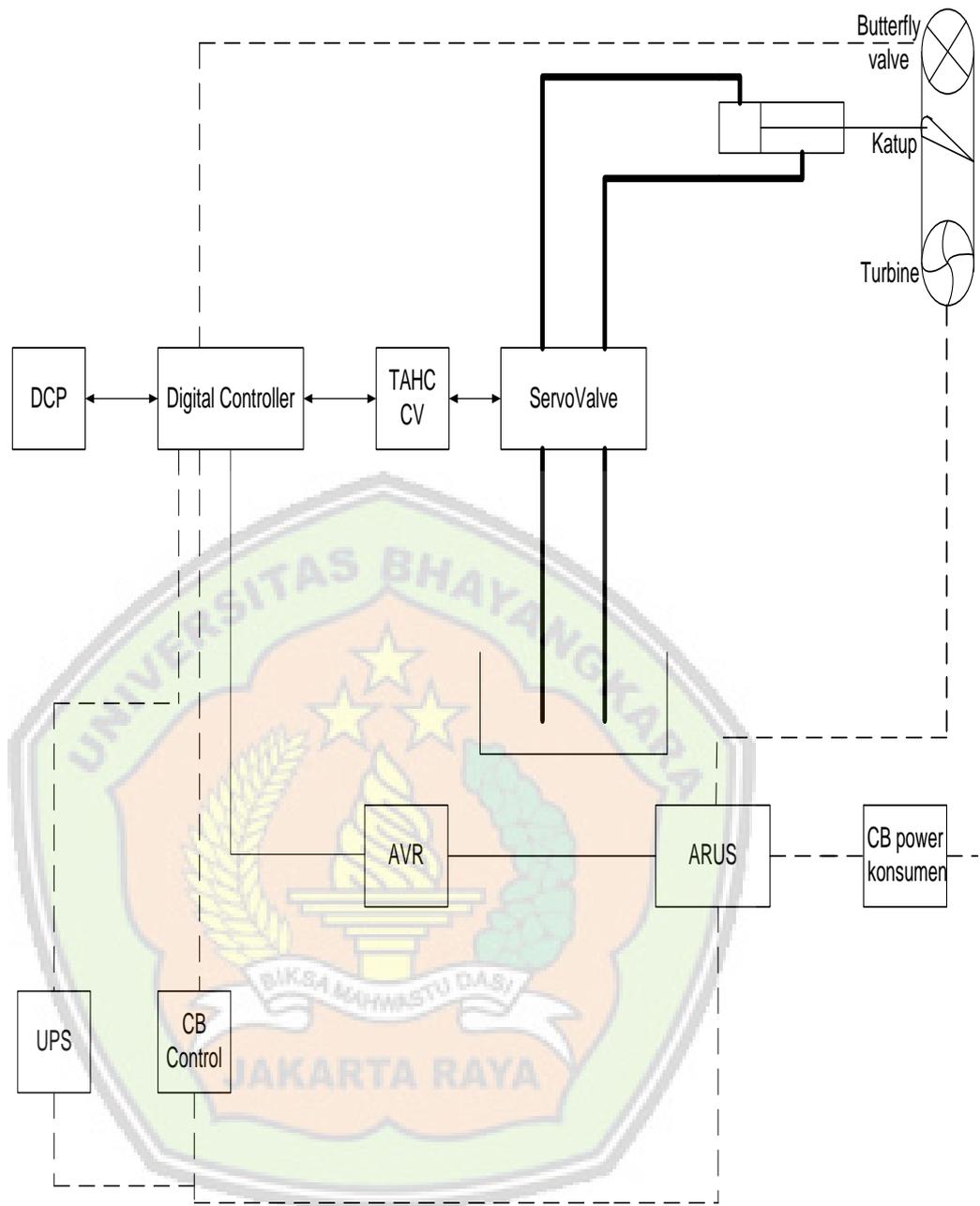


Gambar sistem hidrolik

Pada saat demand berubah (sumber daya elektrik, kecepatan, Posisi), hidrolik *actuator* harus digerakan oleh energi potensial hidrolik dari *accumulator* melalui *servo valve*. Saat energi potensial hidrolik disalah satu sistem hidrolik berada dibawah harga limitasi, *pressure switch* di salah satu sistem akan mengirimkan signal ke *power panel* untuk menghidupkan HPU sampai tekanan di sistem tersebut mencapai tekanan makisimum sistem.

Sistem hidrolik dilengkapi pula oleh *filter* (1a,1g, 1h dan 4), sebagai *filter return*, *filter suction* dan *filter* yang dipasang pada hidrolik *sub panel*.

Untuk keperluan *maintenance* sistem hidrolik diperlengkapi pula oleh *manual shut off valve* yang harus terbuka saat sistem hidrolik beroperasi dan tertutup saat *maintenance* dilakukan. Untuk keperluan hidrolik *trap* (mendapatkan Energi *potensial pressure*) di *accumulator*. Sistem hidrolik diperlengkapi dengan *pressure relief valve*, yang berfungsi mengalirkan aliran hidrolik pada saat tekanan sistem di bawah harga tekanan minimum dan menjebak aliran tersebut untuk kembali, sehingga didapatkan energi *potensial pressure*. Aliran hidrolik dapat diatur besarnya dengan menggunakan hidrolik *restrictor*, yang pada sisi *discharge* dan *return*.



Sistem hidrolik control

Semua aktivitas sistem, gangguan atau bila terjadinya kerusakan dapat dilihat dari display dan control panel atau monitor. Energi awal atau power suplai yang dihasilkan dari baterai basah yang menghasilkan arus dan tegangan listrik tersimpan dalam UPS. UPS ini berfungsi sebagai penyimpan energi listrik dimana pada saat tegangan listrik turun atau mati yang akan mengakibatkan gangguan pada sistem control, maka UPS tersebut akan berfungsi agar tegangan listrik tetap hidup sehingga tidak mengganggu terhadap sistem yang sedang beroperasi. Setelah itu UPS mensuplai tenaga ke digital control, digital control ini dapat mengontrol ke seluruh sistem yang tampilannya dapat dilihat pada display dan control panel (DCP) atau monitor. Pada DCP akan terlihat tampilan frekuensi, tegangan dan fasa. Sumber air yang diambil dari sungai akan dialirkan melalui penstock atau pipa pesat. Butterfly valve berfungsi untuk membuka atau menutup aliran air ke turbin. Butterfly valve tersebut bisa dicontrol bukannya secara otomatis oleh digital control dan juga secara manual dengan cara diputar oleh manusia. Digital control tidak hanya mengontrol butterfly valve tetapi juga mengontrol *turbine actuator* dan *hydraulic control unit* (TAHCU), yang nantinya akan mengontrol servo. Servo valve berfungsi untuk mengontrol beban hidrolik pada berbagai keadaan (posisi, force, torsi, kecepatan dan akselerasi). Pengaturan kontrol servo valve dapat dilakukan dengan menggunakan signal electric. Dimana servo tersebut akan menggerakkan *actuator*. *Actuator* ini yang akan mengatur bukaan katup, dimana bukaan katup yang akan mengontrol aliran air yang masuk pada turbin. Semakin besar air yang masuk pada turbin semakin cepat juga putaran yang dikeluarkan oleh turbin yang nantinya akan menghasilkan energi listrik yang dikeluarkan oleh generator akan semakin besar. Untuk mengatur tegangan yang dikeluarkan dari generator diperlukan suatu alat yaitu AVR (*Automatic Voltage Regulator*). Dalam pengoperasiannya AVR dapat merubah tegangan tanpa harus mengganggu kestabilan tegangan sistem yang dapat merusak berbagai peralatan listrik seperti halnya digital control dan mengatur besarnya tegangan yang masuk pada sistem kontrol sehingga tegangannya ada dalam range yang disyaratkan. Energi listrik yang keluar dari generator juga akan melewati CB control. CB control tersebut berfungsi hanya sebagai proteksi saja, jika terjadi gangguan dari dalam atau luar maka CB control ini akan bekerja dengan cara memutuskan energi listrik secara otomatis untuk melindungi sistem control.

IV. ANALISA

- Memperhitungkan bahan material yang tepat pada sebuah pipa agar dapat menahan tekanan fluida, dikarenakan sifat fluida menekan ke segala arah.
- Pemilihan pompa harus sesuai dengan yang dibutuhkan pada sistem ini, sebab tekanan yang dihasilkan oleh pompa akan mempengaruhi kerja aktuator.
- Fluida yang digunakan pada sistem ini harus sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.
- Debit yang dihasilkan harus dikali 3 untuk mengatasi apabila hanya satu sistem saja yang bekerja, sehingga pengaruhnya terhadap pemilihan pipa agar mampu mengalirkan debit tersebut.
- Pendesainan actuator sangat berpengaruh terhadap tekanan kerja pada actuator tersebut.
- Daya pada pompa sebelum menggunakan accumulator dan sesudah menggunakan accumulator hasilnya sangatlah berbeda.

V. KESIMPULAN

- PLTM hanya dapat diterapkan pada daerah terpencil yang cakupannya tidak luas.
- Setelah dilakukan perhitungan, sistem yang dirancang dapat dipergunakan karena efisiensi sistem berada diatas 70%.

DAFTAR PUSTAKA

1. Womack Educational Publication, “*Fluid Power Data Book*”, Ninth Edition, Second Printing, June 1990. Dallas.
2. Parker Hannifin Corp., “*Design Engineers Hand Book Bulletin 0224-BI*”.
3. Majumdar. S.R.,”*Oil Hydraulic System Principles and Maintenance*”, McGraw – Hill, New Delhi, 2001.
4. Esposito. Anthony., “*Fluid Power With Applications*”, Second edition, New Jersey