

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Sistem Hidrolik

Sistem hidrolik adalah sistem pemindah tenaga dengan menggunakan zat cair atau fluida sebagai perantaranya. Dimana fluida penghantar ini dinaikkan tekanannya oleh pompa pembangkit tekanan yang kemudian diteruskan ke silinder kerja melalui pipa-pipa saluran dan katup-katup. Gerakan translasi batang piston dari silinder kerja yang diakibatkan oleh tekanan fluida pada ruang silinder dimanfaatkan untuk gerak maju dan mundur.

Macam-macam sistem hidrolik

Hidrolik terbagi dalam 2 bagian yaitu :

- *Hidrodinamika* : yaitu ilmu yang mempelajari tentang zat cair yang bergerak
- *Hidrostatik* : yaitu ilmu yang mempelajari tentang zat cair yang bertekanan pada *hidrostatik* adalah kebalikan dari *hidrodinamika* yaitu zat cair yang digunakan sebagai media tenaga, zat cair berpindah menghasilkan gerakan dan zat cair berada dalam tabung tertutup.

Sistem hidrolik biasanya diaplikasikan untuk memperoleh gaya yang lebih besar dari gaya awal yang dikeluarkan. Fluida penghantar dinaikkan tekanannya oleh pompa yang kemudian diteruskan ke silinder kerja melalui pipa-pipa saluran dan katup-katup. Gerakan translasi batang piston dari dari silinder kerja yang diakibatkan oleh tekanan fluida pada sebuah ruang silinder dimanfaatkan untuk

gerakan maju dan mundur maupun naik dan turun sesuai pemasangan silinder yaitu arah horizontal maupun vertikal.

2.2. Prinsip Dasar Sistem Hidrolik

Hukum pascal adalah prinsip utama pada sistem hidrolik yang berbunyi, “jika tekanan eksternal diberikan pada sistem penutup, tekanan pada setiap titik pada fluida tersebut akan meningkat sebanding dengan tekanan eksternal yang diberikan.” Hukum pascal ini menggambarkan bahwa setiap kenaikan tekanan pada permukaan fluida, harus diteruskan ke segala arah fluida tersebut. Hukum pascal hanya dapat diterapkan pada fluida, umumnya fluida cair.

Dimana tekanan dalam fluida statis harus mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

1. Tekanan bekerja tegak lurus pada permukaan bidang.
2. Tekanan disetiap titik sama untuk semua arah.
3. Tekanan yang diberikan kesebagian fluida dalam tempat tertutup, merambat secara seragam ke bagian lain fluida.

Rumus hukum pascal dalam sistem tertutup dapat disimpulkan dengan :

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

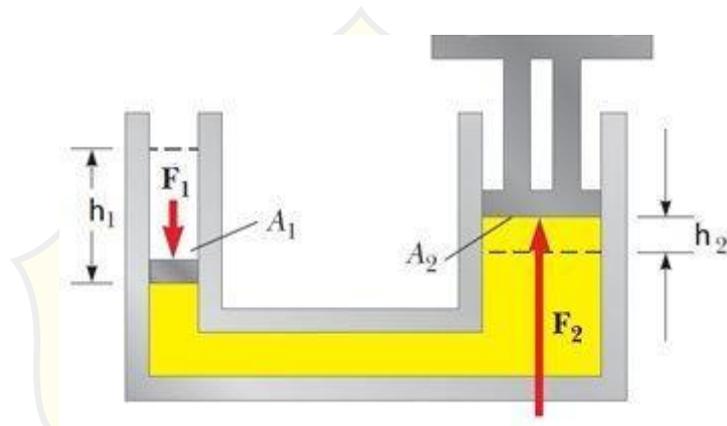
F_1 = Gaya tekan pada piston 1

F_2 = Gaya tekan pada piston 2

A_1 = Luas penampang pada piston 1

A_2 = Luas penampang pada piston 2

Besarnya keuntungan mekanis dari sistem fluida/hidrolik yang menggunakan hukum pascal dapat diketahui dari rasio gaya yang keluar dibagi gaya yang diberikan. Karena luasan penampang berbanding lurus dengan gaya, maka keuntungan mekanis juga dapat langsung diketahui dari rasio kedua luasan penampang.



Gambar 2. 1. Mekanisme Hidrolik
(<https://www.studiobelajar.com/hukum-pascal/>)

Pada gambar 2.1 mekanisme hidrolik. Karena cairan tidak dapat ditambahkan ataupun keluar dari sistem tertutup, maka volume cairan yang terdorong di sebelah kiri akan mendorong piston (silinder pejal) di sebelah kanan ke arah atas. Piston di sebelah kiri bergerak ke bawah sejauh h_1 dan piston sebelah kanan bergerak ke atas sejauh h_2 .

Rumus tekanan fluida :

$$P = \frac{F}{A} \text{ (N/m}^2\text{)} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

P = Tekanan (N/mm²)

F = Gaya (N)

A = Luas alas/penampang (mm²)

Rumus luas penampang :

$$A = \frac{1}{4} \pi (D^2 - d^2) \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

D = Diameter silinder hidrolis (mm)

d = Diameter silinder ram (mm)

2.3. Bagian-Bagian *Jack Hydraulic*

1. *Release Valve Lever*

Yaitu tuas pembuka pompa oli hidrolis pada saat filter pada posisi turun. Atau biasa disebut bukaan pompa.

2. *Base*

Alat penampang berbentuk persegi yang gunanya sebagai tempat berdirinya silinder hidrolis dan tuas pompa. Terbuat dari besi cor yang dikeraskan.

3. *O-ring*

O-ring adalah seal karet yang berfungsi sebagai pembatas tiap lubang dan menghindari kebocoran cairan oli hidrolis.

4. *Hydraulic Cylinder*

Tabung silinder yang berfungsi sebagai rumah oli hidrolik dan sebagai tempat terjadinya proses fluida pada saat pompa ditekan.

5. Ram

Proses utama yang bersentuhan langsung dengan benda yang akan diangkat. Kekuatan proses mengangkat tergantung besar gaya tekan yang terjadi di dalam tabung silinder.

6. *Oil-Tight Tank*

Oil-Tight Tank adalah tempat bergeseknya antara oli hidrolik dengan poros utama (ram), dimana oli hidrolik mengalami tekanan keatas setelah pompa tua bekerja. Posisi poros berada di tengah-tengah poros utama (ram) dengan memutar ulir maka poros tambahan ini akan naik sesuai tingginya.

7. *Top cap*

Penutup silinder utama atau kepala tabung yang berguna memperkuat lapisan atas silinder. Terbuat dari baja yang menyatu dengan silinder utama.

8. *Pump plunger*

Poros pemompa oli hidrolik agar proses hidrolik berlangsung.

9. *Pump Body*

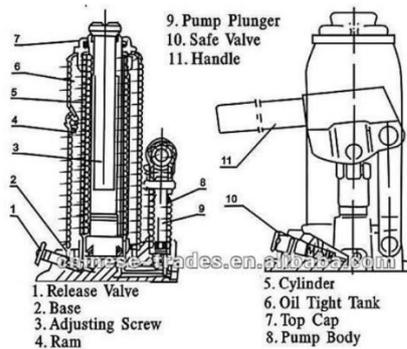
Tempat bereaksinya oli hidrolik yang dipompa oleh *pump plunger*

10. *Safe Valve*

Berfungsi sebagai pengaman saat dongkrak sedang bekerja.

11. *Handle*

Pegangan untuk menggerakkan pompa dongkrak.



Gambar 2. 2. Bagian-Bagian *Jack Hydraulic*
(Sumber: Lit.2)

2.4. Tegangan

Tegangan dapat didefinisikan sebagai gaya-normal tiap satuan luas, dan tegangan ini dianggap terbagi merata pada luas penampang melintang bagian benda.

2.4.1. Tegangan Tarik

Apabila sepasang gaya tarik aksial menarik suatu batang, dan akibatnya batang ini cenderung meregang atau bertambah panjang. Maka gaya tarik aksial tersebut menghasilkan tegangan tarik pada batang di suatu bidang terletak tegak lurus atas normal terhadap sumbunya.

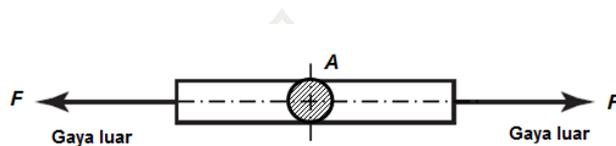
$$\sigma_t = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

σ_t = Tegangan Tarik (N/mm²)

F = Gaya (N)

A = Luas Penampang (mm²)



Gambar 2. 3. Tegangan Tarik
(Sumber: Teknikmesinpedia.blogspot.com)

2.4.2. Tegangan Tekan

Apabila sepasang gaya tekan aksial mendorong suatu batang, akibatnya batang ini cenderung untuk mempendek atau menekan batang tersebut. Maka gaya tekan aksial tersebut menghasilkan tegangan tekan pada batang di suatu bidang yang terletak tegak lurus atau normal terhadap sumbunya.

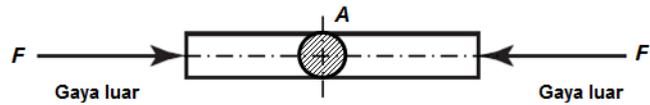
$$\sigma_c = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan :

σ_c = Tegangan Tekan (N/mm²)

F = Gaya (N)

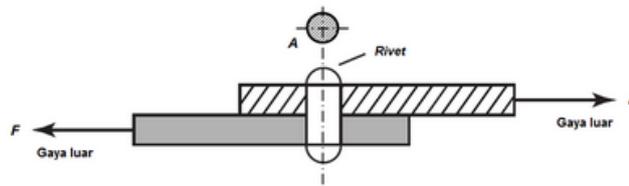
A = Luas Penampang (mm^2)



Gambar 2. 4. Tegangan Tekan
(Sumber : Teknikmesinpedia.blogspot.com)

2.4.3. Tegangan Geser

Tegangan geser adalah intensitas gaya yang bekerja sejajar dengan bidang dari luas permukaan, dilambangkan dengan τ (tau) untuk tegangan geser akibat gaya langsung dapat dirumuskan sebagai berikut :



Gambar 2. 5. Tegangan Geser
(Sumber : Teknikmesinpedia.blogspot.com)

$$\tau_s = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan :

τ_s = Tegangan Geser (N/mm^2)

F = Gaya (N)

A = Luas Penampang (mm^2)

2.5. Pegas

Pegas banyak dipakai dalam berbagai konstruksi mesin, dalam penggunaannya pegas harus memberikan gaya yang sesuai, melunakkan tumbukan, menyerap dan menyimpan energi, agar dapat mengurangi getaran. Pegas merupakan elemen yang elastis, dalam penggunaannya pegas terdeformasi pada waktu pembebanan dan menyimpan energi, bila pegas di lepas pegas akan kembali seperti sebelum terbebani.

Pegas tarik memiliki kondisi solid (lilitan satu dengan lilitan lainnya dalam keadaan rapat), pada ujung-ujungnya terdapat *hook* untuk dikaitkan.

$$k = \frac{P}{\delta} = \frac{Gd^4}{8NtD^3} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$F = k \cdot \Delta x \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

F = gaya yang bekerja pada pegas (N)

k = konstanta pegas (N/mm)

Δx = pertambahan panjang pegas (mm)

G = modulus geser elastisitas (N/mm^2)

Nt = jumlah lekuk pegas

P = Gaya tarik pegas (N)



Gambar 2. 6. Pegas Tarik

(Sumber : https://repository.its.ac.id/47596/1/2114030099-Non_Degree.pdf)

2.6. Mesin Tekuk

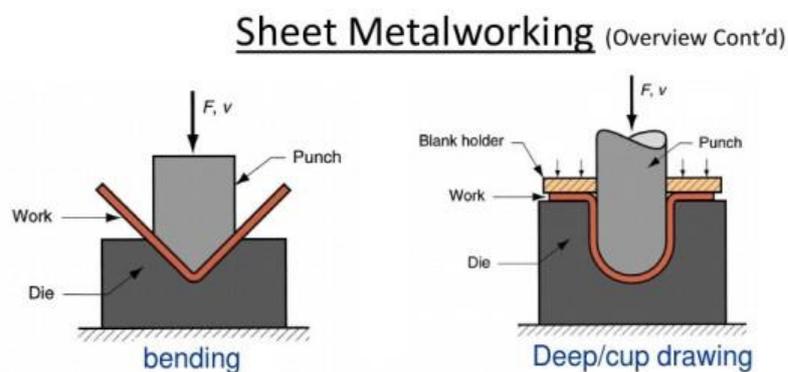
Mesin tekuk adalah suatu alat atau perkakas yang akan digunakan untuk menekuk suatu material untuk mendapatkan profil tekukan atau bentuk lain yang sesuai yang dikehendaki. Untuk mendapatkan hasil tekukan yang baik dan sesuai dengan yang dikehendaki, maka tebal material tekuk harus sesuai dengan kemampuan dan kekuatan dari mesin tekuk tersebut. Kekuatan untuk menekuk material pada mesin tekuk biasanya berupa tekanan, sumber tekanan bisa didapatkan dari suspensi pegas, kekuatan aliran angin (*pneumatic*) maupun oli (*hydraulic*). Pengontrol sistem penekan bisa dilakukan secara manual maupun otomatis tergantung pada spesifikasi mesin tekuk yang digunakan (Wibowo, dkk, 2014:64).

2.7. Teori Penekukan (*Bending*)

2.7.1. Proses *Bending*

Sulistyo (2014) menjelaskan bahwa, proses *bending* adalah salah satu proses pembentukan yang biasa dilakukan untuk membuat barang kebutuhan sehari-hari seperti pembuatan komponen mobil, pesawat, peralatan rumah tangga. Proses *bending* dilakukan dengan menekuk benda kerja hingga mengalami perubahan

bentuk yang menimbulkan peregangan logam pada sekitar daerah garis lurus (dalam hal ini sumbu netral). Proses ini tidak hanya berfungsi untuk membentuk logam tetapi juga berguna untuk meningkatkan sifat kekuatan dari suatu benda yang telah mengalami proses *bending* dengan cara menambah momen inersia benda. Sebagaimana diketahui bahwa lembaran plat dengan bentuk gelombang mempunyai kekuatan yang lebih tinggi dari pada lembaran plat yang rata.



Gambar 2. 7. Proses Bending

(<https://materialengineeringranggaagung.wordpress.com/2017/07/07/metal-formingpembentukan-logam/>)

Dalam proses *bending* sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.2 akan terjadi perubahan pada material yang dipengaruhi beberapa hal antara lain :

1. Terjadi tegangan tarik pada sisi luar dari benda kerja dan tegangan tekan pada sisi dalamnya yang dipisahkan oleh sumbu netral yang diasumsikan berada ditengah-tengah ketebalan plat. Jika tegangan tarik tersebut terlalu besar dapat menyebabkan retak, dan sebaliknya jika terlalu kecil akan menyebabkan kerutan pada bagian dalam benda kerja.
2. Jari-jari *bending* juga berpengaruh dalam proses *bending* dimana jika jari-jari terlalu kecil akan dapat menimbulkan regangan tarik yang cukup besar

pada sisi luar yang akhirnya retak sedangkan pada bagian dalam akan terjadi kerutan akibat regangan kompresi.

Bending biasanya memakai die berbentuk V,U,W atau yang lainnya. *Bending* menyebabkan logam pada sisi luar sumbu netral mengalami tarikan, sedangkan pada sisi lainnya mengalami tekanan. Klasifikasi pada proses *bending* dibagi menjadi 8 proses yaitu :

1. *Angle Bending*

Angle bending pembentukan plat atau besi dengan menekuk bagian tertentu plat untuk mendapatkan hasil tekukan yang diinginkan. Selain menekuk, dengan pekerjaan ini dapat memotong plat yang disisipkan dan juga dapat membuat lengkungan dengan sudut sampai $\pm 150^\circ$ pada lembaran logam. Dan hasil plat berbentuk L, V, dan U.

2. *Press Brake Bending*

Adalah suatu pekerjaan bending yang menggunakan penekan dan sebuah cetakan (*die*). Proses ini membentuk plat yang diletakkan diatas die lalu ditekan oleh penekan dari atas sehingga mendapatkan hasil tekukan yang serupa dengan bentuk die. Umumnya die berbentuk U, W dan ada juga mempunyai bentuk tertentu.

3. *Draw Bending*

Yaitu pekerjaan mencetak plat dengan menggunakan roll penekan dan cetakan. Roll yang berputar menekan plat dan terdorong kearah cetakan. Pembentukan dengan draw bending ini sangat cepat dan menghasilkan hasil

banyak, tetapi kelemahannya adalah pada benda yang terjadi *springback* yang besar sehingga hasil menjadi kurang maksimal.

4. *Roll Bending*

Yaitu bending yang biasanya digunakan untuk membentuk silinder, atau bentuk lengkung lingkaran dari plat logam yang disisipkan pada suatu roll yang berputar. Roll tersebut mendorong dan membentuk plat yang berputar secara terus menerus hingga terbentuklah silinder.

5. *Roll Forming*

Dalam roll pembentukan, bahan memiliki panjang dan masing bagian dibengkokkan secara individual oleh roll. Untuk menekuk bahan yang panjang, menggunakan sepasang roll yang berjalan. Dalam proses ini juga dikenal sebagai *forming* dengan membentuk kontur melalui pekerjaan dingin (*cold working*) dalam membentuk logam.

6. *Seaming*

Adalah operasi bending yang digunakan untuk menyambung ujung lembaran logam sehingga membentuk benda kerja, sambungan dibentuk dengan rol-rol kecil yang disusun secara berurutan. Contoh hasil pengerjaan seaming seperti kaleng, drum, dan ember.

7. *Straightening*

Merupakan proses yang berlawanan dengan bending, digunakan untuk meluruskan lembaran logam. Pada umumnya *straightening* dilaksanakan sebelum benda kerja dibending. Proses ini menggunakan rol-rol yang dipasang sejajar dengan ketinggian sumbu rol yang berbeda.

8. *Flanging*

Proses *flanging* sama dengan *seaming* hanya saja ditunjukkan untuk melipat dan membentuk suatu permukaan yang lebih besar. Contoh hasilnya adalah cover cpu pada komputer dan seng berpengait.

2.7.2. Gaya *Bending*

Wibowo, dkk (2014:65) menjelaskan bahwa, besarnya gaya *bending* yang diperlukan untuk melakukan proses pembentukan material pada umumnya bisa diperkirakan dengan mengasumsikan bahwa proses *bending* terjadi pada batang rektanguler (*rectangular beam*). Dalam hal ini gaya *bending* merupakan fungsi dari “*strength of material*”, panjang batang, tebal batang serta jarak terbukanya die (*die opening*) sehingga gaya tersebut dapat diketahui dengan rumus :

$$F = \frac{1,2 \cdot b \cdot s^2 Rm}{dw} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

F = Gaya tekuk / bending (N)

Rm = *tensile strength* dari material (N/mm^2)

b = Lebar benda kerja (mm)

s = Tebal benda kerja (mm)

dw = Lebar *die* (mm)

2.7.3. Gaya

Gaya dihasilkan dari beban yang bekerja pada suatu batang atau struktur.

Gaya dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$F = m \cdot a \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

F = Gaya (N)

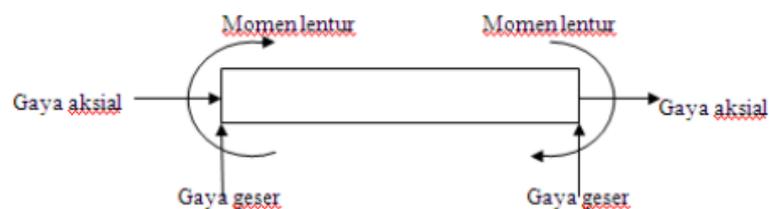
m = Massa (kg)

a = Percepatan gravitasi (m/s)

setiap komponen gaya merefleksikan pengaruh beban terpasang yang berbeda pada struktur dan diberikan nama khusus sebagai berikut :

1. Gaya aksial (*aksial force*)
2. Gaya geser (*shear force*)
3. Momen lentur (*bending moment*)

Secara umum gaya dan momen lentur pada batang dapat digambarkan seperti dibawah ini :



Gambar 2. 8. Gaya yang Bekerja pada Batang Sederhana
(Sumber: Prasetyo, 2010)

2.8. Analisa Pembengkokkan

Beberapa istilah penting dalam operasi pembengkokkan plat baja karbon yang memiliki ketebalan (t) dibengkokkan dengan sudut tertentu yang disebut sudut tekuk bengkok (α) atau (bend angel α).

2.8.1. Gaya Pembengkokkan

Gaya yang dibutuhkan untuk membengkokkan baja karbon plat tergantung pada geometri *punch* dan *die*, kekuatan, ketebalan dan lebar plat baja karbon. Gaya pembengkokkan maksimum dapat diperkirakan dengan persamaan berikut :

$$F = \frac{K_{bf} (TS)wt^2}{D} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :

F = Gaya tekuk / Pembengkokkan (N)

TS = Kekuatan tarik baja karbon (MPa)

w = Lebar baja karbon plat (mm)

t = Tebal baja karbon plat (mm)

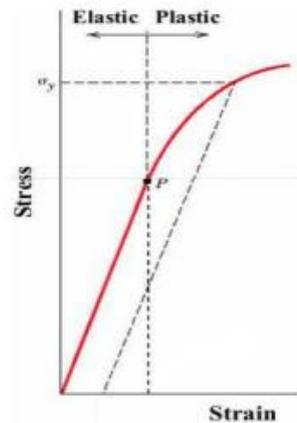
D = Dimensi pembukaan cetakan (mm)

K_{bf} = Konstanta gaya tekuk (1.33)

2.8.2. Deformasi Plastis

Callister & Wiley, (2006 : 143) menjelaskan bahwa deformasi plastis merupakan proses perubahan bentuk yang terjadi diakibatkan dari tegangan yang melampaui kekuatan dari bahan tersebut sehingga mengakibatkan penampang /

permukaan bahan mengalami tarikan atau tekukan permukaan bagian luar mengalami perpanjangan dan permukaan pada bagian dalam terjadi tekukan akibat tarikan / gaya yang bekerja pada bahan tersebut. Deformasi plastis inilah yang terjadi pada proses penekukan plat. (Hengki, 2018 : 5) Perubahan bentuk pada benda saat diberi tekanan melebihi batas *Yield streingthnya*, sehingga mengakibatkan putusya ikatan atom satu dengan yang lainnya sehingga benda tidak dapat kembali ke bentuk semula.



Gambar 2. 9. Diagram Tegangan dan Regangan Deformasi Plastis
(Sumber: Hengki trio antoni, 2018)