

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Umum Tentang Mesin Tekuk

Mesin tekuk adalah suatu alat atau peralatan yang akan digunakan untuk menekuk suatu bahan untuk mendapatkan profil lengkung atau bentuk lain yang diinginkan. Hasil penekukan yang sesuai dengan yang kita butuhkan, kemudian, pada saat itu, ketebalan bahan pelengkung adalah sesuai dengan kapasitas dan kekuatan mesin pelengkung. Untuk memelintir material pada mesin biasanya berupa tegangan, yang dapat diperoleh dari pegas suspensi, kekuatan aliran angin (pneumatik) dan oli (penggerak air). Mengontrol kerangka *squeezing* harus dimungkinkan secara fisik atau alami bergantung pada detail mesin *bending* yang digunakan. (Wibowo, Raharjo, and Kusharjanta 2014)

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Pembentukan Logam

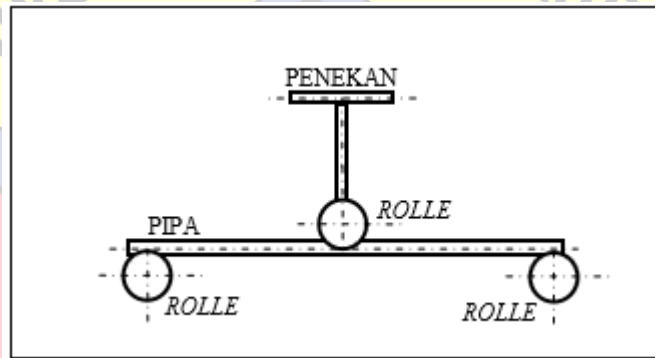
Metode yang digunakan pada pembentukan logam termasuk memutar proses *bending* atau penekukan, *squeezing*, *rolling*, *spinning*, *deed*, *drawing*, *stretching*, *crumping*, *blanking*, *press* dan sebagainya. Proses *bending* ini mampu menekuk pipa secara lurus dan rapi yang digunakan untuk peralatan perkantoran seperti, kursi, *loker*, lemari dan sebagainya. Proses pengerolan ini juga dapat dilakukan secara manual maupun dengan motor listrik. Penggerak dengan menggunakan motor listrik ini dapat memudahkan pada proses pengerolan, khususnya pengerolan pipa dengan tingkat ketelitian yang tinggi.

2.2.2 Proses *Bending* (Penekukan)

Bending merupakan salah satu proses pembengkokan dengan cara menjepitkan diantara dua roll dimana untuk keadaan ini terdapat roll penekanan dan roll prinsip yang berporos pada bantalan terbalik sehingga dapat menjepit dan menggerakkan poros. Poros yang bergerak lurus melewati roll dimana roll ini berada di bawah poros pengembangan poros sehingga garis terjepit dan berliku-liku. Setiap kali garis tertanam melalui gulungan yang meremas dengan keadaan membungkuk yang sama, rentang yang dibingkai akan menjadi setara sehingga sapuan lingkaran yang bergerak adalah sesuatu yang serupa dan diedarkan secara merata.

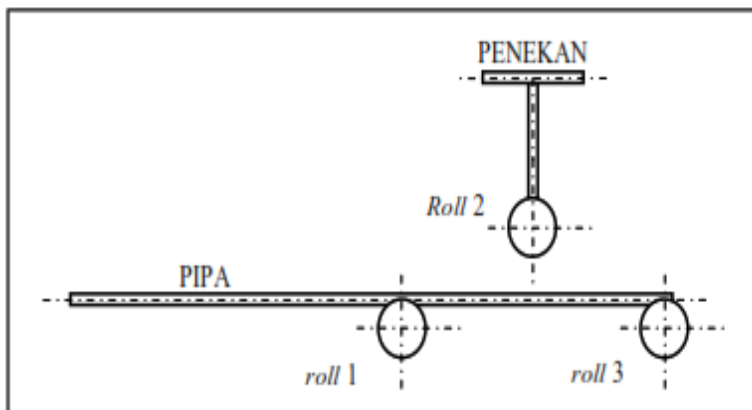
Gerakan itu sendiri harus dimungkinkan dengan memutar poros secara elektrik di mana pekerjaan untuk memutar gulungan pemerasan dilakukan secara elektrik oleh kekuatan mesin listrik. (Mardalil 2016)

Proses penekukan terdiri dari dua komponen gaya yakni: Tarik dan tekan pada pipa mengalami proses pembengkokan ini terjadi peregangan, netral, dan pengkerutan, diaman daerah yang terjadi deformasi plastis atau perubahan bentuk. Peregangan ini menyebabkan pelat mengalami pertambahan panjang. Pada daerah netral tidak mengalami perubahan, artinya pipa tidak mengalami pertambahan panjang atau mengkerut. Daerah bagian sisa dalam mengalami perubahan karena mendapat penekanan, diman daerah ini mengalami pengkerutan dan penambahan ketebalan, karena disebabkan akibat gaya tekan yang dialami oleh pipa.



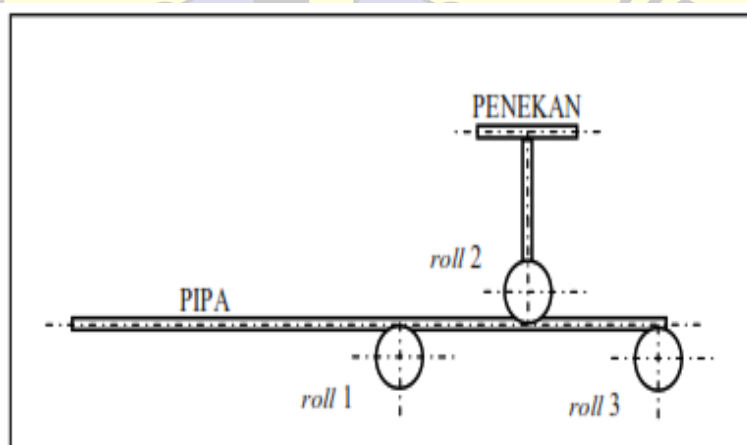
Gambar 2.1 Pengerol Pipa (Nurchahyo and Ellianto 2018)

Kemudian pipa melewati roll 2 yang beradaditengah sampai berada di atas roll 3. Pada posisi pipa ini harus benar-benar berada di tengahj dari roll 1 dan 3. Lihat pada gambar 2.2

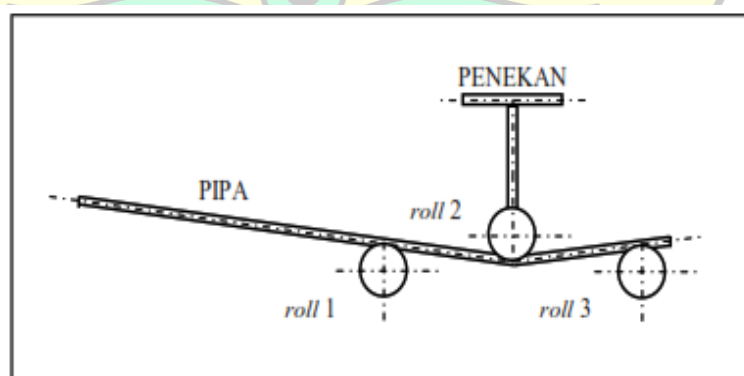


Gambar 2.2 Pipa berada diatas *roller* 1 dan *roller* 3(Mustakim 2012)

Selanjutnya penggerak atau penekan diturunkan sampai menyentuh pipa dan diputar, sehingga terjadi *bending* di titik *roll 2*.

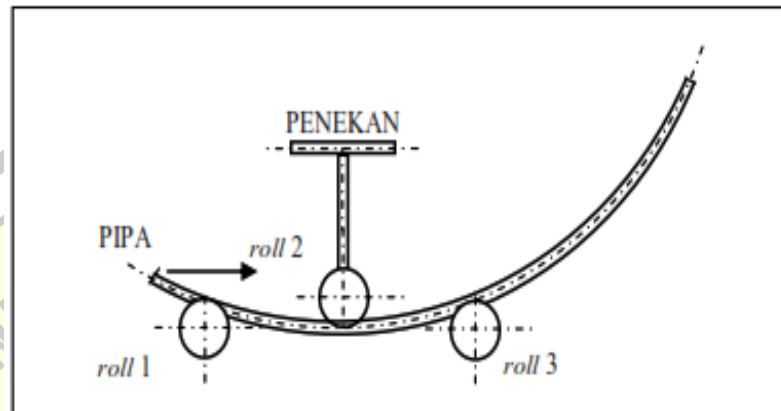


Gambar 2.3 Penggerak atau diturunkan sampai menyentuh pipa(Mustakim 2012)



Gambar 2.4 Penekanan diputar 1 kali putaran(Mustakim 2012)

Pada saat motor listrik dinyalakan dan putaran motor ditransmisikan ke kopel yang terhubung dengan reducer kemudian dari reducer akan ditransmisikan ke poros melalui sprocket dan rantai. Pada poros berputar maka poros akan ikut berputar karena terpasang penyambung pada gear dengan poros sehingga pipa akan bergerak ke arah kanan maupun arah kiri.



Gambar 2.5 Pipa bergerak dari kiri ke kanan oleh putaran (Mustakim 2012)

Pada proses ini berakhir ketika ujung pipa berada di atas roll 1 dan motor listrik dimatikan, kemudian motor dinyalakan kembali dengan putaran berlawanan sehingga pipa akan bergerak dari kanan ke kiri. Proses ini dilakukan berulang-ulang supaya pipa mencapai kelengkungan yang diinginkan.

Adapun macam-macam metode dari proses penekukan yaitu :

a. *Bending Ram*

Biasanya digunakan untuk membuat lengkungan besar untuk logam yang mudah bengkok. Dalam metode ini, plat atau pipa ditekan pada 2 poin eksternal dan ram mendorong pada besi dan poros tengah untuk menekuknya. Cara ini cenderung membentuk menjadi bentuk oval baik bagian dalam dan luar lengkungan.

b. *Bending Rotary Draw*

Digunakan untuk membengkokkan besi sebagai pegangan tangan, yang lebih keras. *Bending Rotary Draw* menggunakan 2 cetakan: cetakan bending stasioner dan cetakan bending dengan diameter tetap untuk membentuk lengkungan. Cara ini digunakan apabila plat atau pipa yang akan memiliki hasil akhir dengan diameter konstan di seluruh panjang.

c. *Bending Compression*

Selain cetakan yang digunakan dalam *rotary bending*, yakni dengan cara menggunakan support fleksibel yang ikut bengkok dengan logam untuk memastikan interior logam tidak cacat.

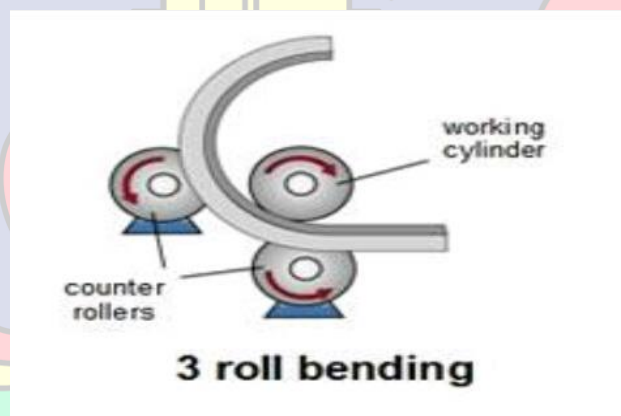
d. *Bending Roll*

Digunakan ketika diperlukan lengkungan yang besar pada logam. Banyak digunakan untuk pekerja konstruksi. *Bending roll* menggunakan 3 roller yang disusun membentuk segi tiga pada satu poros untuk mendorong dan membengkokkan logam.

e. *Bending Panas*

Sistem ini banyak digunakan dalam proses perbaikan, yaitu dengan cara logam dipanaskan didaerah penekukan sehingga menjadi lebih lunak.

Pada penelitian ini akan dilakukan pengerolan pipa dengan cara *bending roll* karena hasil yang diinginkan lengkungan pada pengerol mampu terjadi perubahan diameter pada daerah tekukan pipa yang diroll.



Gambar 2.6 *Roll Bending* (Marsis and Toro 2007)

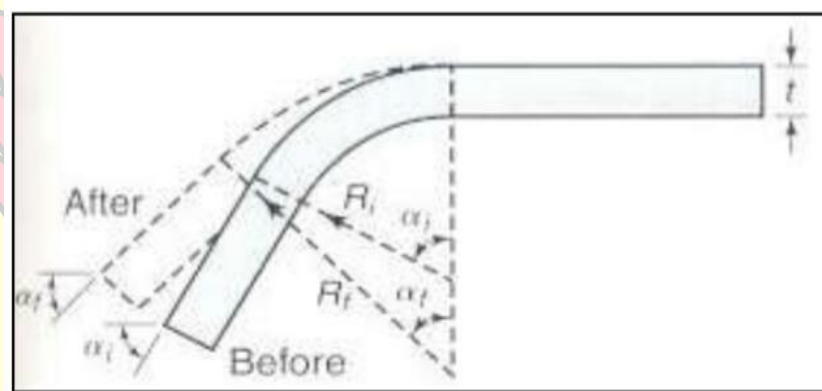
2.2.3 *Buckling*

Geraldine, dkk 2016 menjelaskan bahwa *buckling* dapat didefinisikan sebagai fenomena kegagalan yang terjadi secara tiba-tiba akibat tekanan atau gangguan yang terjadi pada sebuah struktur sehingga menyebabkan terjadinya perubahan bentuk berupa *defleksi* kebentuk yang lain.

Buckling pada pipa dapat diartikan sebagai perataan atau ovalisasi pada penampang pipa yang terjadi pada salah satu atau seluruh bagian pipa. *Buckling* bisa berupa "*Buckling* kering" dan "*Buckling* basah". *Buckling* disebut kering jika pipa tidak retak dan basah jika pipa retak maka retakan tersebut terisi air.

2.2.4 Spring Back

Springback (gaya balik) merupakan fenomena proses metal forming dengan metode dingin. *Springback* terjadi karena paengaruh elastisitas bahan pada saat pembentukan. *Springback* terjadi pada semua pembentukan material dengan *proses bending, folding, roll forming* dan *roll bending*. Contoh pada saat proses pembengkokan apabila diinginkan untuk pembentukan bending dengan sudut 90° maka besarnya sudut tekan pada saat dilepas harus diperkecil dari 90° ($<90^\circ$). Sehingga pada saat dilepas akan menghasilkan sudut pembentukan menjadi sama dengan 90° .(Sukarman et al. 2020)



Gambar 2.7 Fenomena spring back pada proses bending(Marisi and Sufiyanto 2012)

Faktor-faktor yang mempengaruhi spring back yaitu :

1. Jenis Material

Modulus Elastisitas suatu bahan sangat mempengaruhi *spring back* yang terjadi, semakin besar modulus elastisitas suatu bahan maka *spring back* yang terjadi akan semakin besar.

2. Pada proses pembentukan sudut *bending* sangat berpengaruh pada *spring back*. Apabila sudut bending besar maka *spring back* yang terjadi akan semakin besar. Apalagi sudut *bending* terlalu kecil maka benda kerja akan terjadi retakan dan rusak.

2.2.5 Pengertian Elastisitas dan Plastisitas

Sifat mekanik material adalah kemampuan untuk menahan tegangan pada saat beban ditahan struktur molekul dalam keadaan seimbang, gaya yang terjadi proses penarikan, pengerolan, penekanan dan pembengkokan akan mengakibatkan material mengalami tegangan perubahan bentuk dan ukuran (deformasi).

Suatu pipa dikenai beban eksternal maka pipa akan mengalami deformasi pada beban eksternal akan melampaui titik luluh, pipa akan kembali berubah bentuk semula jika beban dihilangkan. Fenomena ini dikenal dengan elastis. Pipa tidak mengalami bentuk karena sifat elastis material.

Sebuah material luas penampang melintang A yang ditarik padaujung-ujungnya oleh gaya F yang sama besar dan berlawanan arah. Peristiwa ini disebutkan bahwa logam dalam keadaan tegang. Kedua besar gaya adalah sama, tetapi saling berlawanan agar batang tidak bergeser ke kanan atau ke kiri. Gaya yang bekerja dalam keadaan tegak lurus terhadap penampang melintang. Tegangan adalah perbandingan dari gaya F terhadap luas penampang yang melintang.

$$r = \frac{F}{A}$$

Keterangan :

r = Tegangan ($\text{N}/\text{m}^2 = \text{Pa}$)

F = Gaya (N)

A = Luas Penampang (m^2)

Selain dalam keadaan tegang material juga mengalami regangan. Regangan terjadi

ketika sebuah material dengan panjang sebelum ditarik L_0 yang kemudian memanjang menjadi $L = L_0 + \Delta L$ saat gaya F yang sama besarnya dan arahnya berlawanan dilakukan pada ujung-ujungnya. Perpanjangan ΔL tidak hanya terjadi pada ujung-ujungnya, akan tetapi setiap material akan memanjang dengan perbandingan yang sama. Regangan perbandingan antara penambahan panjang ΔL terhadap panjangnya semula.

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

Keterangan :

r = Tegangan ($\text{N/m}^2 = \text{Pa}$)

F = Gaya (N)

A = Luas Penampang (m^2)

Hasil percobaan menunjukkan bahwa gaya tarik yang kecil, tegangan sebanding dengan regangan. Modulus elastis atau sering disebut modulus young (Y).

$$F = \frac{\text{tegangannya}}{\text{regangannya}} = \frac{F/A}{\Delta l/l_0}$$

Atau,

$$F = \frac{YA}{l_0} \Delta l$$

k merupakan konstanta. Jadi gaya tarik sebanding dengan pertambahan panjang ΔL (hukum hooke).

2.2.6 Hukum Hooke

(Hurnita 2019) Suatu hukum tentang gaya pegas dapat dinyatakan besarnya gaya yang diberikan pada pegas sebanding dengan tetapan pegas (k) dan perubahan panjangnya (x). Hukum Hooke pada pegas dirumuskan sebagai berikut:

$$F = -k\Delta x$$

Keterangan:

F = Gaya tarik atau tekan (N)

X = Perubahan panjang pegas (m)

k = Tetapan (konstanta) pegas (N/m)

k adalah konstanta (tetapan) yang menunjukkan kekakuan pegas. Tanda negatif (-) menunjukkan gaya pemulih selalu berlawanan arah dengan pergeseran Δx . Hubungan antara gaya F dan pertambahan panjang Δx dapat dijelaskan pada grafik berikut”



Gambar 2.8 Grafik Hubungan Regangan dan Tegangan (Hurnita 2019)

2.2.7 Defleksi

Menurut (Kristian Selleng 2017) bahwa eksperimen yang diperoleh secara teoritis lebih menonjol dari pada hipotetis, dan defleksi paling ekstrim pada umumnya akan terjadi di batang untuk penyangga. Faktor yang paling kuat dalam menentukan defleksi adalah elastisitas. Sifat elastisitas ini diurutkan menjadi dua, khususnya, elastisitas parsial dan elastisitas sempurna. Sebuah ilustrasi dari benda yang benar-benar kembali ke posisi semula seharusnya menjadi elastisitas yang luar biasa, di mana daya yang diterapkan selama deformitas diubah sepenuhnya menjadi energy regangan. Sementara benda yang tidak kembali ke posisi semula seharusnya memiliki fleksibilitas, di mana kekuatan yang diterapkan selama disfigurment diubah menjadi jenis panas yang muncul di artikel selama putaran non-serbaguna.

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{EI} \quad (\text{Beer, Johnston, and DeWolf 1999})$$

di mana M momen lentur, E adalah modulus elastisitas dan I momen inersia penampang terhadap sumbu netralnya.

Ketika balok dikenai beban transversal, dengan persamaan bernilai berlaku untuk setiap bagian melintang, asalkan prinsip salt.venant berlaku namun, baim momen lentur dan kelengkungan permukaan netral bervariasi dari bagian ke bawah. Dilambangkang dengan x

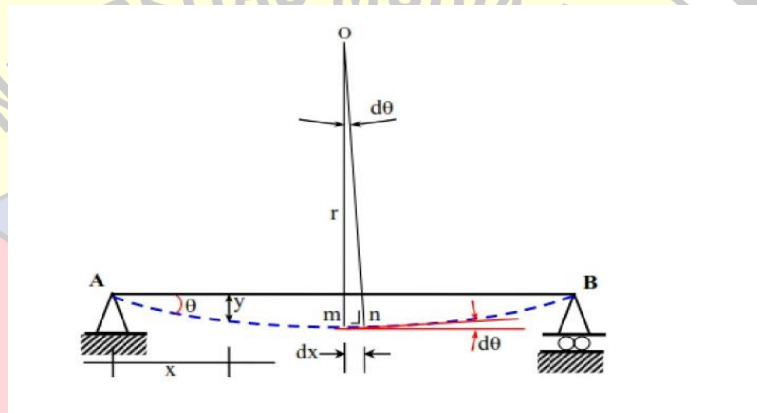
jarak dari ujung kiri balok.

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M(x)}{EI} \quad (\text{Beer, Johnston, and DeWolf 1999})$$

Mengetahui kelengkungan diberbagai titik balok akan membantu menggambarkan kesimpulan tentang deformasi balok dibawah beban. Untuk menentukan kemiringan dan defleksi balok pada titik persamaan diferensial linier kedua curve balok yang terdeformasi.

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{M(x)}{EI} \quad (\text{Beer, Johnston, and DeWolf 1999})$$

Jika momen lentur dapat direpresentasikan untuk nilai x oleh a fungsi tunggal M(x), seperti gambar yang ditunjukkan dibawah ini.



Gambar 2.9 Material mengalami lenturan (Kristian Selleng 2017)

2.2.8 Regangan

(Agus Adi, Dantes, and Nugraha 2018) Regangan atau strain dilambangkan dengan ϵ . Regangan terjadi jika benda mengalami perubahan Panjang akibat diberi beban secara aksial. Regangan mengalami tekanan dan tarikan, jika batang ditarik maka regangannya disebut regangan Tarik karena mengalami perpanjangan benda. Jika bebab mengalami tekanan, maka regangannya disebut dengan regangan tekan yang menunjukkan benda tersebut mengalami pemendekan. Regangan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} \dots\dots\dots$$

Dimana :

ϵ = Regangan

ΔL = Pertambahan panajang (mm)

L = Panjang mula-mula (mm)

2.2.9 Tegangan

Tegangan atau sering disebut dengan stress dilambangkan dengan σ yang memiliki satuan N/m^2 . Tegangan dapat diilustrasikan dalam bentuk yang paling mendasar seperti pada sebuah batang prismatis yang diberikan atau mengalami gaya aksial. Sedangkan gaya aksial yaitu baban yang memiliki arah yang sama dengan sumbu elemen, sehingga pada batang tersebut akan mengalami tarikan ataupun tekanan. (Agus Adi, Dantes, and Nugraha 2018)

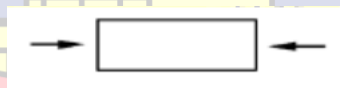
Secara umum tegan dibagi menjadi 2 jenis yaitu :

1. Tegangan Normal

Tegangan normal yaitu tegangan yang berkerja (tegak lurus) terhadap permukaan yang mengalami tegangan.



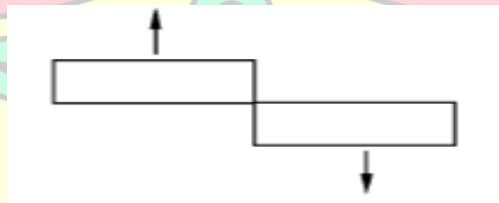
Gambar 2.10 Gaya Positif



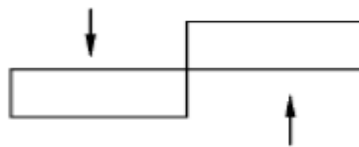
Gambar 2.11 Gaya Negatif

2. Tegangan Geser

Tegangan geser yaitu tegangan yang bekerja sejajar terhadap permukaan yang mengalami tegangan.



Gambar 2.12 Gaya Geser Positif

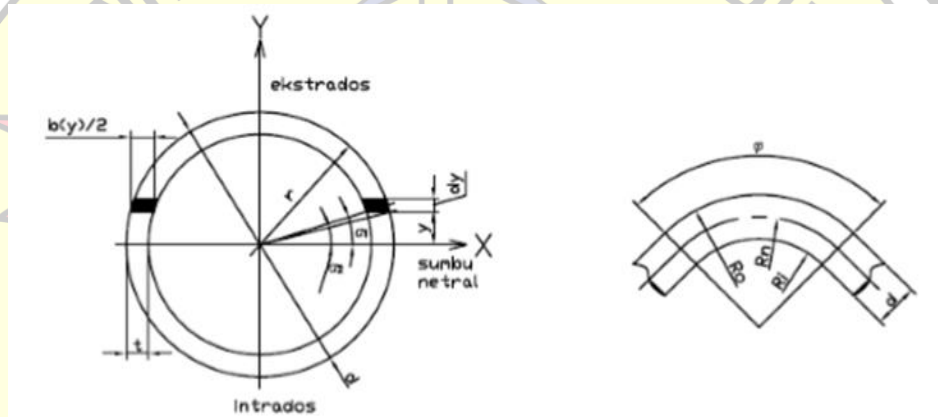


Gambar 2.13 Gaya Geser Negatif

2.2.10 Deformasi plastis

(W.D. Callister 2006) Deformasi plastis merupakan proses perubahan bentuk yang terjadi akibat dari tegangan yang melampaui kekuatan dari material tersebut sehingga mengakibatkan penampang/permukaan bahan mengalami tarikan atau tekukan di bagian luar sehingga mengalami perpanjangan dan permukaan pada bagian dalam terjadi tekukan akibat tarikan. Deformasi plastis ini yang terjadi pada proses penekukan pipa, karena pipa mengalami gaya Tarik yang bekerja memutar pada sebuah titik sumbu.

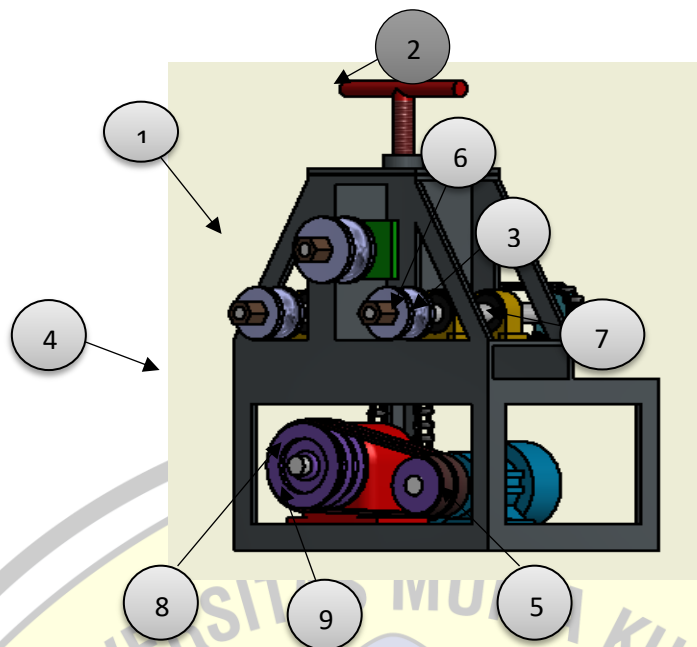
Penekukan yang tipis pada kerutan yang timbul. Penekukan bersifat tidak elastis karena kerutan dan tekanan ini melebihi kekuatan material sehingga digolongkan ke dalam kejadian bukling. (Iswahyudi 2011)



Gambar 2.14 Definisi geometri penekukan (Iswahyudi 2011)

2.2.11 Mesin Pengerol Pipa

Mesin pengerol pipa merupakan salah satu mesin tepat guna. Mesin pengerol pipa adalah mesin yang digunakan untuk mengerol pipa yang semula berbentuk lonjoran lurus menjadi berubah bentuk lengkungan dan melengkungkan pipa ini disesuaikan dengan kebutuhan dan kegunaannya. Mesin pengerol pipa ini menggunakan motor listrik sebagai tenaga penggerak utamanya. Berikut adalah desain gambar mesin pengerol pipa :



Gambar 2.15 Desain Mesin Pengerol Pipa

Keterangan Gambar:

1. Dies
2. Ulir Daya
3. Bantalan
4. Rangka Mesin
5. Motor Listrik
6. Poros
7. Rantai
8. V-blet
9. Reducer

Fungsi mesin ini memiliki persamaan dengan roll manual. Dengan memiliki dua rol di bawah sebagai penopang dan satu di atas sebagai penekanan. Selain itu, penggunaan sytem kontrol pada mesin ini sangat berguna untuk lebih mudah sementara sistem bergerak hanya membutuhkan sedikit kemampuan untuk menggunakannya.

2.3 Terori Motor Listrik

2.3.1 Pengertian Motor Listrik



Gambar 2.16 Motor Listrik

Motor listrik merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk mengubah energi mekanik dalam bentuk putaran menjadi energi kinetik listrik. Energi mekanik berasal dari panas, air, uap dll. Energi listrik yang dihasilkan oleh generator biasanya berupa listrik AC (Arus Listrik Bolak-Balik) maupun DC (Arus Listrik Searah). Generator berhubungan dengan hukum faraday. Berikut hasil dari hukum faraday “bahwa apabila sepotong kawat penghantar listrik berada dalam medan magnet berubah-ubah, maka dalam kawat tersebut akan terbentuk Gaya Gerak Listrik”.

Dalam memahami sebuah motor, penting untuk mengerti apa yang dimaksud dengan beban motor listrik. Beban mengacu kepada keluaran tenaga putar atau torsi dengan kecepatan yang dibutuhkan.

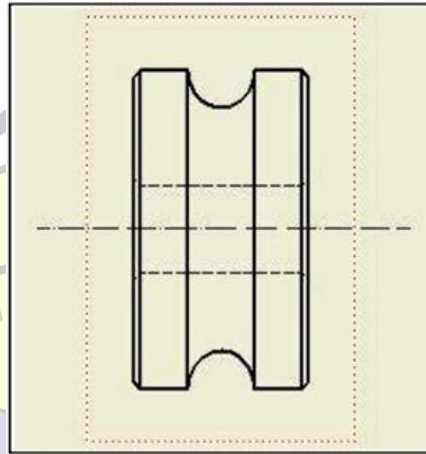
2.3.2 Pengertian Reducer



Gambar 2.17 Reducer (gearbox)

Reducer merupakan komponen penurun kecepatan putaran poros yang mana putaran tinggi yang keluar dari poros motor listrik diturunkan hingga nilai tertentu pada

Komponen ini yang paling besar menerima gaya karena proses bending terletak pada dies yang bersinggungan langsung dengan pipa. Dikarenakan berhubungan langsung dengan material saat pembentukan pipa atau lekukan maka bahan dasar dari dies harus bersifat kuat dan ulet atau mampu menahan tekanan punter dan mampu untuk menekan.



Gambar 2.19 Dies

Diameter pada roll yaitu 140 mm dan tebal 45 mm sedangkan untuk roll penekuk 180 mm dan tebal 45 mm. Bahan yang baik untuk membuat roller mempunyai sifat antara lain:

- Keras atau mampu tekan
- Ulet atau mampu punter
- Tidak mudah berubah bentuk
- Mudah dilakukan pekerjaan pemesinan

2.4 Macam-macam Pipa Berdasarkan Kegunaanya

2.4.1 Pipa *Galvanized* (*Galvanized pipe*)

Pipa baja galvanis adalah sejenis pipa yang dibuat dari besi dan dilapisi oleh pelindung terbuat dari bahan seng. Lapisan tersebut ditujukan untuk melindungi baja dari korosi sehingga penggunaannya lebih awet. Unsur dari baja karbon rendah dengan lapisan galvanis yang mengandung berbagai jenis unsur di dalamnya. Unsur karbon yang terdapat pada pipa ini sebesar 0.091%, cukup rendah jika dibandingkan dengan unsur seng (Zn) sebesar 99,7%. Baja karbon rendah ini dengan sifat lunak mempunyai kekuatan Tarik antara 36-42 kg/mm² dengan regangan antara 40-30%.

Berikut adalah spesifikasi pipa galvanis selain ukuran dan diameternya dalam penjelasan sebagai berikut ini :

1. Satuan ukuran menggunakan standar m (meter), ft (kaki), sm (sentimeter), inci, dan millimeter.
2. Diameter menggunakan standar \emptyset .
3. Jenis diameter pipa yang umum dikerjakan oleh pembuat pipa.
4. $\emptyset 1/2''$, $3/4''$, $1''$, $1 1/2''$, $2''$, $2 1/2''$, $3''$, $4''$, $6''$, $8''$, $10''$ dengan panjang 6 m.
5. Ketebalan pipa memiliki spesifikasi beragam, tergantung pada jenis atau tipe, serta ketebalan dinding pipa yang disebut dengan schedule.
6. Tipe schedule pipa baja galvanis biasa disebut dengan kelas Medium A, Medium B, dan Nonmedium.
7. Ketebalan bervariasi, dari mulai 1 mm, $1 1/2$ mm, 2mm, dan seterusnya.
8. Perbedaan schedule/ketebalan biasa dilihat dari bobot pipa baja saat diangkat. Jika jenis pipa terasa lebih berat dari yang lain dengan diameter yang sama, berarti pipa tersebut memiliki nomor medium yang lebih besar.

2.4.2 Pipa Baja ST17

Baja karbon rendah (*low carbon steel*) mempunyai karbon kurang dari 0,30% sehingga memiliki sifat lunak dan juga memiliki kekuatan yang lemah dibandingkan dengan baja karbon menengah dan baja karbon tinggi akan tetapi baja karbon rendah memiliki sifat ulet dan tangguh yang sangat baik. Baja karbon rendah memiliki kandungan karbonnya kurang dari 0,30% perlu perlakuan tambahan jika ingin melakukan modifikasi material atau ingin dilakukan pengerasan material. Pada umumnya baja dengan kandungan karbon di atas 0,30% bisa langsung dikeraskan, namun untuk kandungan sebuah karbon di bawah 0,30% melalui proses penambahan karbon terlebih dahulu. Dengan sifat-sifat yang dimiliki baja karbon rendah, maka baja karbon rendah dapat dipergunakan sebagai baja-baja plat atau sirip, untuk bahan body kendaraan, untuk konstruksi bangunan jembatan, untuk dibuat sebagai baut, untuk bahan pipa.

Jenis baja *ST17* merupakan standard penamaan DIN yang berarti baja dengan kekuatan tarik 37 kg/mm^2 , memiliki komposisi 0,17% C, 0,30% Si, 0,2-0,5% Mn, 0,05% P, 0,05% S. *ST 17* memiliki kekuatan tarik sampai dengan 123.82 HV termasuk kedalam golongan baja

hypoeutectic yang memiliki kandungan struktur mikro ferrite dan pearlite. Baja ST 17 termasuk kedalam golongan baja karbon rendah dikarenakan kandungan karbonnya yang hanya 0,17%.

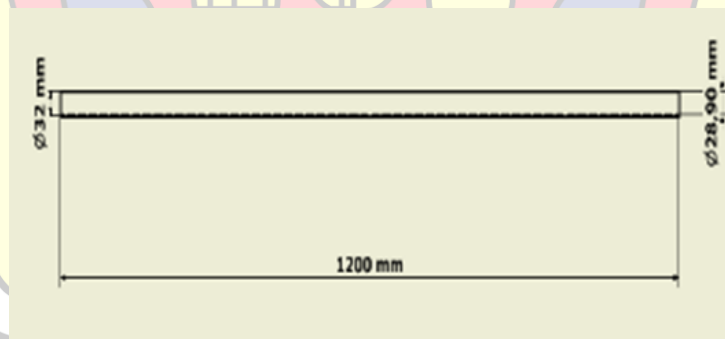
2.4.3 Pipa *Stainless Steel*

Stainless steel merupakan baja paduan yang mengandung sedikitnya 11,5% krom berdasarkan beratnya. *Stainless steel* memiliki sifat tidak mudah korosi sebagaimana logam baja yang lain. *Stainless steel* memiliki persentase jumlah krom yang memadai sehingga akan membentuk suatu lapisan pasif kromium oksida yang akan mencegah terjadinya korosi lebih lanjut.

Untuk memperoleh ketahanan yang tinggi terhadap oksidasi biasanya dilakukan dengan menambahkan krom sebanyak 13 hingga 26 persen. Lapisan pasif *chromium (III) oxide* (Cr_2O_3) yang terbentuk merupakan lapisan yang sangat tipis dan tidak kasat mata, sehingga tidak akan menggunakan penampilan dari *stainless steel* itu sendiri. Dari sifatnya yang tahan terhadap air dan udara ini, *stainless steel* tidak memerlukan suatu perlindungan logam yang khusus karena lapisan pasif tipis ini akan cepat terbentuk kembali ketika mengalami suatu goresan.

Stainless steel Tipe 304

Baja paduan SS 304 merupakan jenis baja tahan karat austenitic stainless steel yang memiliki komposisi 0.042% C, 1.19% Mn, 0.034% P, 0.006% S, 0.049% Si, 18.24% Cr, 8.15% Ni dan sisanya Fe. Beberapa sifat mekanik yang dimiliki baja karbon tipe 304 ini antara lain : Kekuatan Tarik 646 Mpa, *yield strength* 270 Mpa, *elongation* 50%, kekerasan 82 HR_B.



Gambar 2.20 Dimensi Pipa

Dimensi pipa maka perhitungan gaya bending pada pipa didasarkan pada data berikut :

Panjang pipa : 1200 mm

Diameter luar pipa : 32 mm

Diameter dalam piapa : 28,90 mm

Modulus elastisitas : 207 Gpa = 2100000 kg/cm³

Radius maximum pengerolan pipa : 980 mm

Panjang antar poros tetap : 350 mm

Material pipa : 1. Galvanis

2. Baja ST17

3. *Stainless Steel*

