

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Hasan Aftab Saeed et al.,(2008) megembangkan *metal gasket* dengan ukuran baru dengan bentuk berkontur atau membentuk gelombang sebagai profil permukaannya, diebut *corrugated gasket*. Tipe gasket ini menghasilkan tegangan lokal yang tinggi pada kontak gasket dengan *flange*. Pada hasil penelitian ini menjelaskan bahwa tegangan kontak serta lebar kontak *metal gasket* menjadi parameter desain yang penting untuk mengoptimalkan kinerja gasket tipe 25A

M. Choiron et al.,(2011) melakukan pengembangan ukuran desain *metal gasket* 25A yang optimal dan dapat mengurangi tingkat kebocoran. Metode eksperimen (DOE) Taguchi dipilih untuk menganalisis pengaruh masing-masing parameter sehingga terwujud parameter desain yang memprediksi desain optimal untuk *metal gasket* ukuran 25A. Kemudian ditemukan desain yang optimal untuk gasket tipe 25A.

Abdullah (2013), melakukan simulasi *press forming* untuk memprediksi cacat *die fill* pada gasket tipe 25A dengan variasi kecepatan penekanan *punch*. Hasil dari simulasi dianalisa dengan metode elemen hingga dan menghasilkan kesimpulan bahwa semakin besar kecepatan penekanan akan menghasilkan cacat *die fill* yang bervariasi. Cacat *die fill* yang paling minimal dengan variasi kecepatan 50ft/min.

2.2 Gasket

Gasket yaitu, sebuah komponen untuk mencegah kebocoran dari sebuah sambungan (*joined*) di bawah kondisi bertekanan (*compression*). Definisi yang lain untuk *gasket* ialah sebuah segel mekanik (*mechanical seal*) yang mengisi ruang antara dua permukaan yang digabungkan.

Gasket berdasarkan bahan pembentuknya dibagi dua, yaitu *gasket asbestos* dan *gasket non-asbestos*. *Gasket non-asbestos* dibagi menjadi tiga jenis, yaitu :

1. *Non-metallic Gasket*

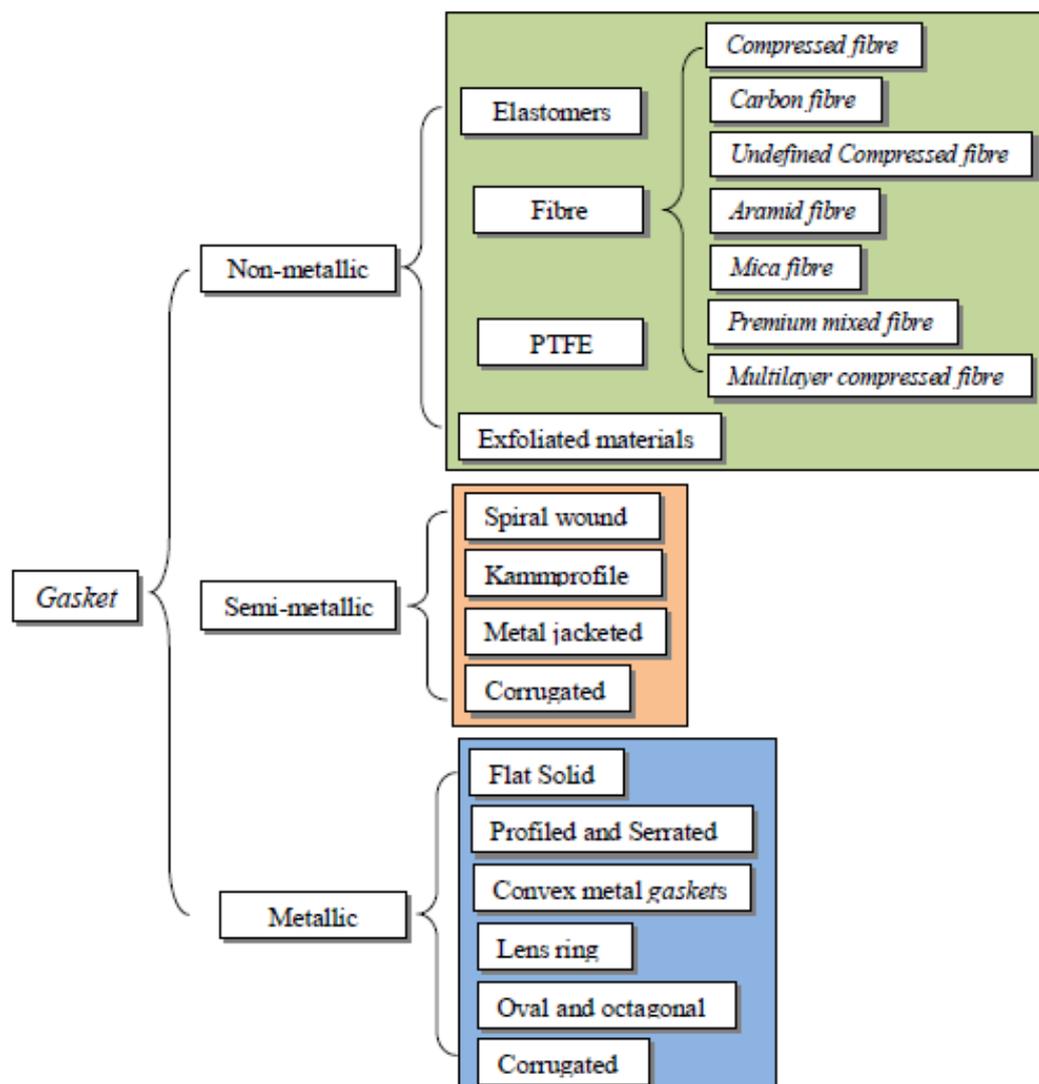
Non-metallic Gasket biasanya menggunakan bahan komposit dengan permukaan datar dan dalam aplikasi tekanan rendah. *Non-metallic Gasket* dibuat dari serat arimid, fiber glass, elastomer, grafit, Teflon, dll.

2. *Semi-metallic Gasket*

Semi-metallic Gasket menggunakan komposit yang terdiri dari bahan logam dan non logam. Bagian logam digunakan untuk memberi kekuatan dan ketahanan, sedangkan bagian non logam digunakan untuk memberikan kemantapan dan kenyamanan bahan penyekat. Contohnya : *spiral wound* dan *camprofile gasket*, *metal jacketed gaskets* dan *MRG (Metal Reinforce Gasket)*.

3. *Metallic Gasket*

Metallic Gasket menggunakan satu atau kombinasi dari logam dengan bentuk dan ukuran yang diinginkan. Contohnya : *corrugated metal gasket*, *flat metal gasket*, dan *octagonal metal gasket*.



Gambar 2.1 Macam- macam Gasket

Sumber : Choiron (2011:2)

2.3 Metal Forming

Metal Forming adalah proses pembentukan logam yang pada prinsipnya adalah mengubah benda kerja yang berbahan logam dengan memberikan gaya luar sehingga terjadi deformasi plastis dan menjadi bentuk yang diinginkan. *Metal Forming* juga biasa dimanfaatkan untuk memperbaiki sifat benda kerja dengan cara memperbaiki struktur mikro, kekuatan mekanik, dll.

Pada proses *metal forming* ada beberapa hal yang harus diperhatikan yaitu material yang digunakan, geometri dari *die* atau *tool* yang digunakan, kecepatan saat proses *forming*, pelumasan, geometri awal benda kerja dan temperatur awal. Hal tersebut berpengaruh langsung terhadap karakteristik logam hasil proses *forming*.

Proses *metal forming* berdasarkan bentuk dan dimensi material benda kerjanya dapat diklasifikasikan menjadi 2 kelompok besar yaitu *bulk forming* dan *sheet metal forming*. *Bulk forming* memiliki karakteristik benda kerja memiliki rasio luas permukaan yang rendah dibanding volumenya, contoh dari proses *bulk forming* adalah *rolling*, *forging*, *extrusion* dan *wire and bar drawing*, sedangkan *sheet metal forming* memiliki karakteristik benda kerja memiliki rasio luas permukaan yang besar dibandingkan volume logam tersebut, contoh dari proses *sheet metal forming* adalah *bending*, *press forming*, *deep drawing*, dan *embossing*.

2.4 Sheet Metal Forming

Proses *sheet metal forming* merupakan proses yang paling signifikan dalam industri manufaktur. *Sheet metal forming* proses ada di setiap industri manufaktur, mulai dari industri alat-alat rumah tangga, industri elektronik, industri otomotif, industri mainan anak-anak, industri alat-alat listrik sampai industri pesawat terbang. Pada proses *sheet metal forming*, di butuhkan keahlian untuk menganalisa *tool*, dalam hal ini adalah *die* dan keahlian untuk menganalisa proses arah pergerakan material.

Pada intinya sheet metal forming proses terbagi menjadi 2 proses :

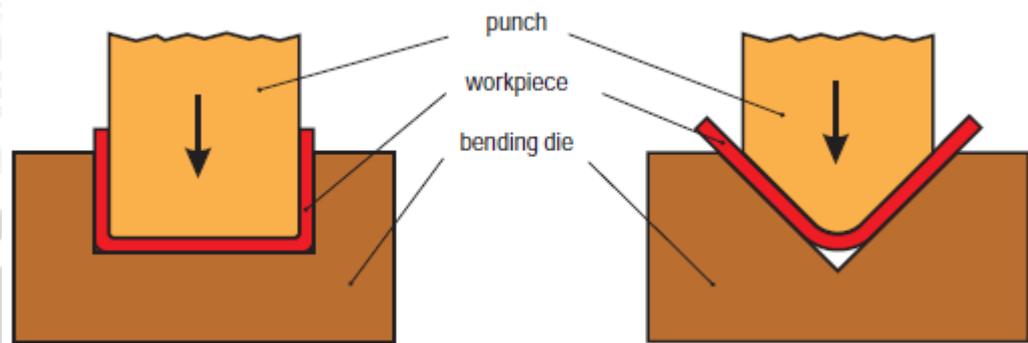
1. Proses pembentukan / forming

Yaitu proses merubah bentuk lembaran metal/ *sheet metal* menjadi bentuk produk yang di inginkan

Yang termasuk Proses forming diantaranya adalah :

a. Proses *Bending*

Proses *Bending* adalah proses pembengkokan atau penekukan. Proses bending plat adalah proses penekukan plat dengan alat bending baik manual maupun dengan menggunakan Mesin *Bending*. Material plat bisa di-*bending* dengan menggunakan pisau *bending* dan *die*.



Gambar 2.2 Proses *Bending*
Sumber : Schuler (1998 : 16)

Jenis hasil proses *bending* :

1. Hasil Lurus

Hasil lurus adalah hasil proses *bending* yang berbentuk garis atau lurus.

2. Hasil Radius

Hasil Radius hasil proses *bending* yang berbentuk radius.

b. Proses *Deep Drawing* dan *drawing*

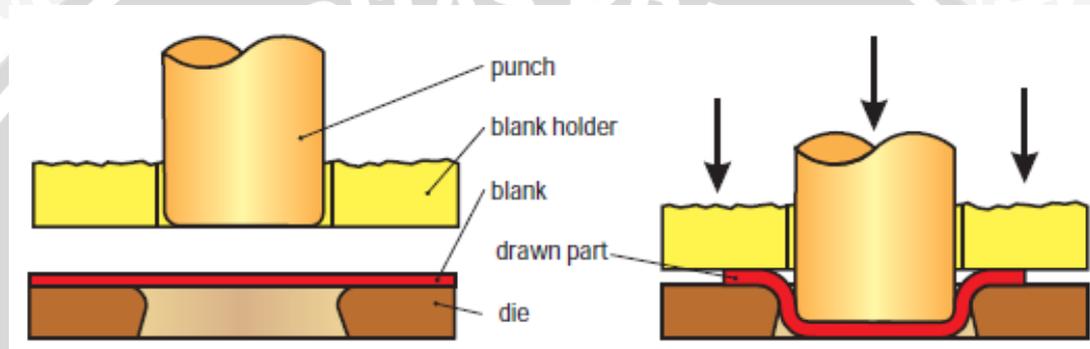
Deep drawing dan *drawing* pada intinya merupakan satu jenis proses produksi. Namun terdapat beberapa ahli yang membedakan dengan indek ketinggian, proses *deep drawing* mempunyai indek ketinggian yang lebih besar dibandingkan dengan *drawing*.

Selain itu terdapat proses produksi yang berbeda dengan proses *drawing*, tetapi juga diberi istilah *drawing*, proses tersebut berupa penarikan, seperti pada pembuatan beberapa jenis bentuk kawat, untuk membedakan kedua proses tersebut (penarikan dan pembuatan bentuk silinder) beberapa ahli memberikan istilah yang lebih khusus. Yaitu *rod drawing* atau *wire drawing* untuk proses pembentukan kawat.

Proses *drawing* dilakukan dengan menekan material benda kerja yang berupa lembaran logam sehingga terjadi peregangan mengikuti bentuk *dies*,

bentuk akhir ditentukan oleh *punch* sebagai penekan dan *die* sebagai penahan benda kerja saat di tekan oleh *punch*. Terdapat berbagai tipe dari lembaran logam yang digunakan, pemilihan dari jenis lembaran tersebut tergantung dari :

- 1) *Strain rate* yang diperlukan
- 2) Benda yang akan dibuat
- 3) Material yang diinginkan
- 4) Ketebalan benda yang akan dibuat
- 5) Kedalaman benda

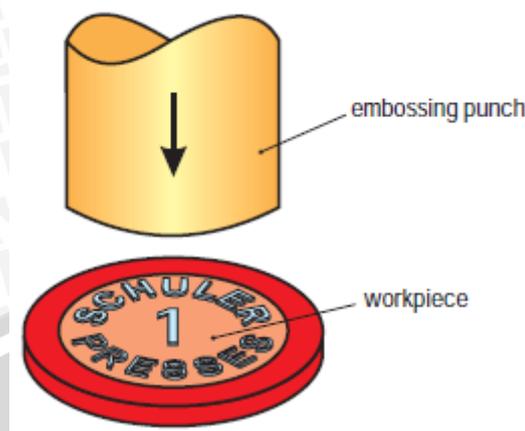


Gambar 2.3 Proses *Drawing*
Sumber : Schuler (1998 : 11)

Pada umumnya berbebagai jenis material logam dalam bentuk lembaran dapat digunakan untuk proses *drawing* seperti *stainless steel*, aluminium, tembaga, perak, emas, baja, maupun titanium.

c. Proses *Stamping*

Stamping adalah suatu proses dimana material plat diubah menjadi bentuk profil tertentu sesuai dengan desain atau keinginan dengan menggunakan *tool* / alat sehingga plat yang berbentuk tersebut dapat digunakan dan difungsikan sesuai desain. Setiap bentuk dan profil memerlukan proses yang berbeda dan harus berurutan sesuai dengan kebutuhan untuk membentuk profil yang diinginkan menjadi bentuk sempurna sesuai desain.



Gambar 2.4 Proses *Stamping*
Sumber : Schuler (1998 : 9)

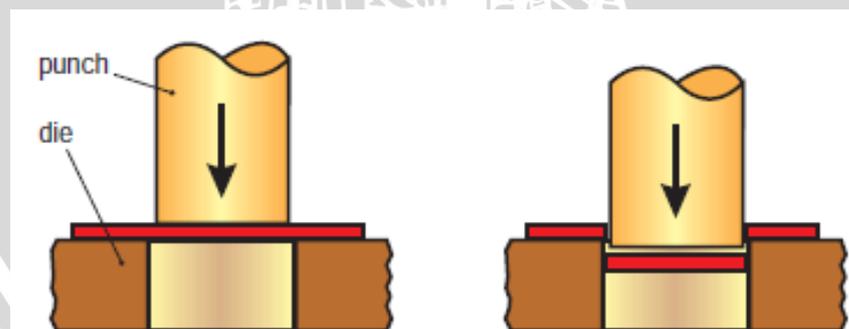
2. Proses pemotongan / *cutting*.

Yaitu proses memotong lembaran logam menjadi bentuk potongan yang diinginkan, pada proses ini biasanya ditandai dengan adanya *scrap / waste*.

Yang termasuk Proses *cutting* di antaranya adalah

a. Proses *Blanking*

Blanking adalah proses persiapan material, material dipotong sesuai dengan yang dibutuhkan. Proses *blanking* bertujuan agar mendapatkan hasil potongnya atau *blank*, sedangkan sisanya akan dibuang sebagai sampah atau disebut *scrap*.



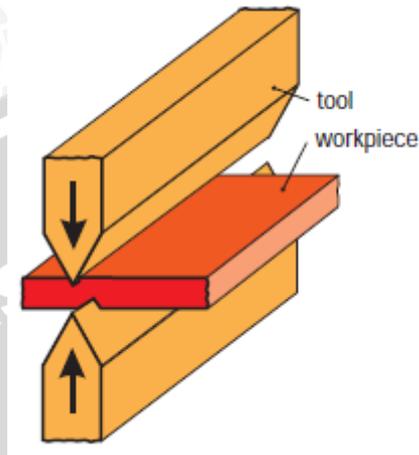
Gambar 2.5 Proses *Blanking*
Sumber : Schuler (1998 : 20)

b. Proses *Piercing*

Yaitu membuat lubang, pembuatan profil yang rumit dan akurasi yang tepat menjadikan proses ini harus ada karena pembuatan lubang juga dituntut ketepatan dimensi dan letak yang benar pada *part*.

c. Proses *Cutting*

Yaitu suatu proses pemotongan material yang masih berbentuk lembaran (*blank material*). Proses *cutting* merupakan proses pemotongan beberapa bagian dari suatu *part*. Sisa pemotongan dibuang sebagai *scrap*.



Gambar 2.6 Proses *Cutting*
Sumber : Schuler (1998 : 21)

d. Proses *Notching*

Notching adalah proses pemotongan pada bagian pinggir material part, biasanya pada *progressive dies*. Pada pemotongan tersebut, *part* berangsur terbentuk walaupun masih menempel pada *scrap skeleton*.

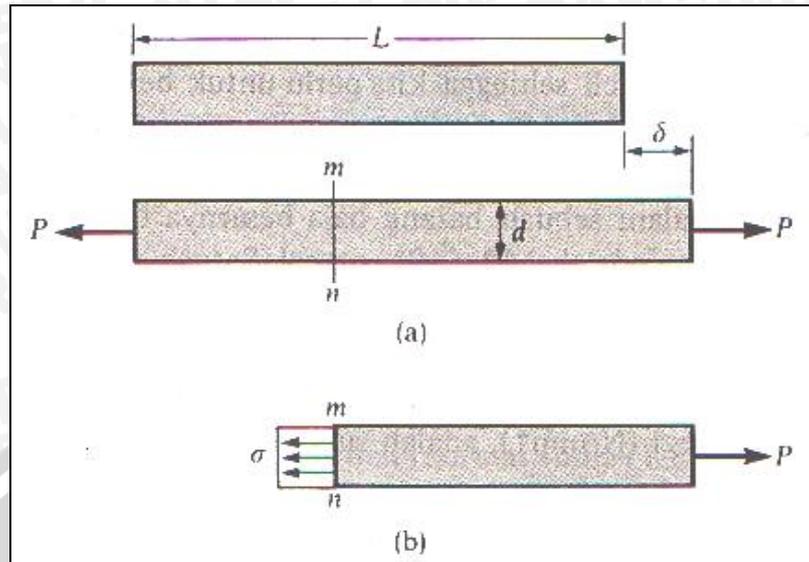
e. Proses *Trimming*

Trimming adalah proses pemotongan material pada bagian tepi. Biasanya proses ini adalah lanjutan dari proses sebelumnya seperti *draw*, *stamp* dan sebagainya.

2.5 Tegangan dan Regangan

2.5.1 Tegangan

Tegangan atau *stress* adalah gaya aksial berupa tarikan atau tekanan yang bekerja pada setiap luas penampang (*cross section*). Pada kasus sederhana dapat diilustrasikan pada sebuah batang yang diberi gaya-gaya aksial sehingga menimbulkan suatu tarikan yang sama rata pada sebuah batang (*tension*).



Gambar 2.7 Gaya aksial (P) pada ujung batang
Sumber : Gere (1987:3)

Untuk menyelidiki tegangan internal yang terjadi, maka dibuat potongan $m-n$ pada Gambar 2.7 bagian (a). Kemudian batang yang telah dipotong tersebut dipisahkan menjadi *free body* pada Gambar 2.7 bagian (b). Beban tarik P bekerja pada ujung bebas pada bagian kanan benda bebas ini, sedangkan bagian yang lain bekerja gaya aksi dari batang yang dipotong. Intensitas gaya yaitu gaya per luas satuan disebut tegangan (*stress*). Jika tegangan terdistribusi secara merata pada seluruh penampang batang, maka resultan sama dengan intensitas gaya dikali luas penampang A dan batang. Dimana besarnya resultan P yang dikenakan tetapi arahnya berlawanan.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (2-1)$$

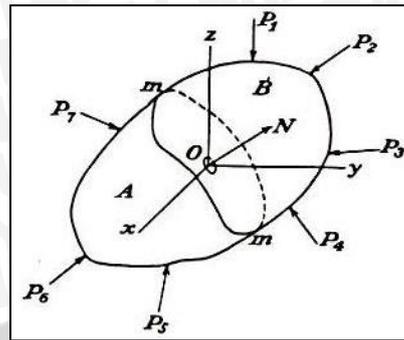
Dimana :

σ = Besar tegangan (N/mm^2)

P = Besar gaya yang bekerja (N)

A = Luas penampang (mm^2)

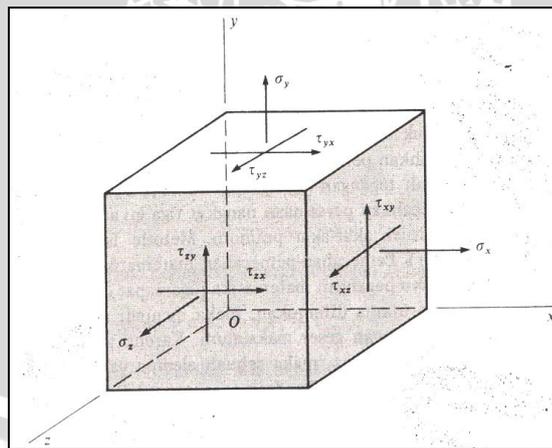
Pada kasus umum tegangan tidak terbagi secara merata pada sepanjang potongan penampang seperti pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Benda padat dengan gaya dari berbagai arah
Sumber : Timoshenko (1986 : 2)

Dari Gambar 2.8 tegangan tidak terbagi merata sepanjang m-m. Untuk memperoleh besar gaya yang bekerja pada luasan kecil δA , misalnya dari potongan penampang mm pada titik O seberang, kita amati bahwa gaya yang bekerja pada elemen luas ini diakibatkan oleh kerja bahan bagian B terhadap bahan bagian A yang dapat diubah menjadi resultan δP . Apabila terus ditekan luas elemen δA , harga batas rasio $\delta P/\delta A$ menghasilkan besar tegangan yang bekerja pada potongan penampang m-m pada titik O.

Tegangan juga dapat terjadi pada suatu bidang. Tegangan yang terjadi adalah tegangan normal dan tegangan geser di semua permukannya. Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 2.9 berikut.



Gambar 2.9 Tegangan yang terjadi pada bidang kubus
Sumber : Gere (1996 : 349)

Untuk penulisan tegangan pada suatu titik dapat dilakukan dengan penulisan tensorial dengan matriks sebagai berikut :

$$\sigma_{ij} = \begin{bmatrix} \sigma_{xx} & \tau_{yx} & \tau_{zx} \\ \tau_{xy} & \sigma_{yy} & \tau_{zy} \\ \tau_{xz} & \tau_{yz} & \sigma_{zz} \end{bmatrix} \quad (2-2)$$

Arti dari penulisan tersebut adalah indeks pertama menyatakan bidang tempat tegangan tersebut bekerja. Indeks kedua menyatakan arah tegangan tersebut. Tegangan dengan indeks pertama dan kedua sama merupakan tegangan normal, sedangkan yang indeksnya berlainan merupakan tegangan geser. Untuk tegangan normal bernilai positif apabila merupakan tegangan tarik dan akan bertanda negatif bila merupakan tegangan kompresi. Untuk tegangan geser berharga positif bila mempunyai kecenderungan memutar elemen kubus searah jarum jam dan bertanda negatif apabila cenderung memutar elemen kubus berlawanan arah jarum jam.

Principal stress merupakan tegangan yang bekerja pada daerah prinsipal dimana tegangan geser berharga nol dan hanya tegangan normal saja yang bekerja. Arah tegangan utama disebut arah principal.

2.5.2 Regangan

Regangan adalah perubahan bentuk tanpa dimensi untuk menyatakan adanya deformasi. Regangan yang ditimbulkan dari gaya tarik disebut dengan regangan tarik (*tensile strain*) yang menyatakan suatu pemanjangan atau tarikan dari bahan. Sedangkan jika batangnya mengalami penekanan, maka dinamakan regangan tekan (*compressive strain*).

Karena regangan adalah perbandingan antara dua ukuran panjang, maka regangan tidak memiliki dimensi (*dimension less quantity*). Regangan karena gaya tarik dapat ditulis dalam persamaan berikut :

$$\epsilon = \frac{\delta}{L} \quad (2-3)$$

Dimana :

ϵ = Besarnya regangan

δ = Besarnya pertambahan panjang (m)

L = Panjang awal (m)

2.6 Hubungan Antara Tegangan Regangan

Hubungan tegangan dan regangan dapat diketahui dengan jelas pada diagram tegangan dan regangan yang didasarkan dari data yang diperoleh dari pengujian tarik. Ini juga berlaku Hukum Hooke yang menyatakan tegangan sebanding dengan regangan. tegangan (*stress*) adalah beban dibagi dengan luas penampang bahan dan regangan (*strain*) adalah pertambahan panjang dibagi panjang awal bahan. Persamaannya sebagai berikut :

$$\delta = \frac{F}{A} \quad (2-4)$$

Dimana :

F = Gaya Tarikan (N)

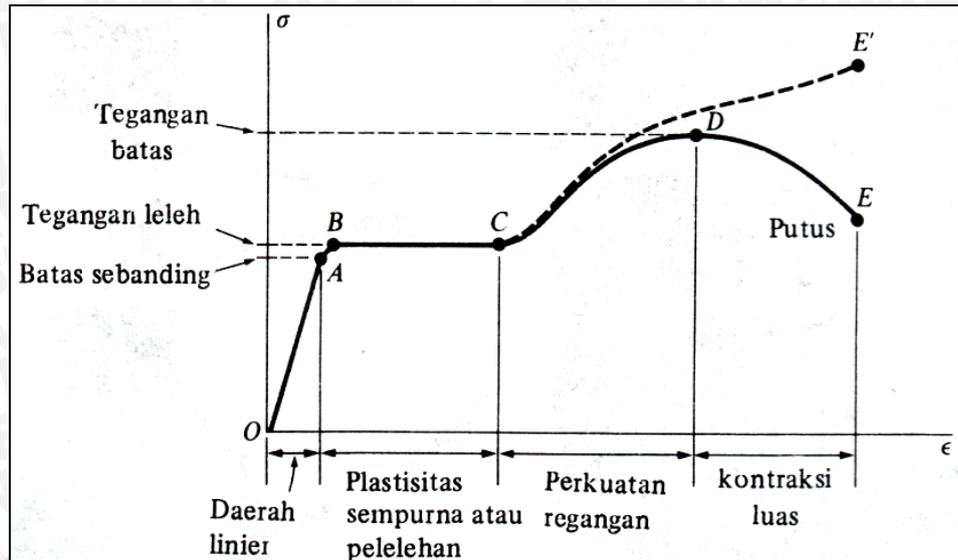
A = Luas Penampang (m²)

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad (2-5)$$

Dimana :

ΔL = Pertambahan Panjang (m)

Tegangan dan regangan berhubungan pada setiap bahan (walaupun hubungan tersebut dapat berubah karena suhu, laju pembebanan dan sebagainya). Pada kondisi tegangan dibawah tingkat kritis akan memenuhi Hukum Hooke yang menyatakan deformasi adalah berbanding lurus terhadap beban yang ditimbulkan. Sesuai dengan diagram hubungan tegangan regangan berikut ini.



Gambar 2.10 Hubungan Tegangan dan Regangan
Sumber : Gere (1987 : 10)

Pada Gambar 2.10, menjelaskan bahwa :

- Batas sebanding adalah batas keseimbangan antara tegangan dan regangan.
- Titik leleh merupakan titik tempat terjadinya penambahan regangan tanpa disertai penambahan beban.
- Titik *ultimate* atau Tegangan batas merupakan titik tempat tertinggi yang dapat dicapai oleh bahan tersebut.
- Titik putus merupakan titik dimana bahan atau material dapat patah.

Hukum *Hooke* secara sistematis dirumuskan sebagai berikut :

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (2-6)$$

Dimana :

E = Modulus Elastisitas (N/mm^2)

σ = Tegangan (N/mm^2)

ϵ = Regangan

Modulus Elastis atau *Modulus Young* merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan. Modulus elastis merupakan karakteristik suatu logam tertentu. Hal ini dikarenakan setiap logam akan memiliki modulus elastis yang berbeda-beda.

Pada kondisi deformasi secara plastis tersebut hukum *Hooke* tidak berlaku. Salah satu karakteristik yang perlu dipahami dari deformasi plastis pada suatu material logam

adalah material tersebut tidak mempunyai sifat mampu tekan (*incompressible*), sehingga pada deformasi secara plastis, volume dari material logam adalah konstan.

Apabila dilihat pada diagram tegangan-regangan sebenarnya pada kondisi plastis hubungan tegangan-regangan akan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\sigma = K \cdot \epsilon^n \quad (2-7)$$

Dimana :

σ = Tegangan (N/ mm²)

ϵ = Regangan

K = Konstanta penguatan

n = *eksponential strain hardening*

2.7 Tegangan Alir

Pada proses *forming*, logam harus mengalami deformasi plastis. Agar terjadi perubahan bentuk plastis, tegangan yang diberikan terhadap material harus mencapai tegangan alir material. Pada proses pembentukan, besarnya tegangan yang diberikan harus melampaui batas luluh material yang diproses.

Persamaan pengerasan regang dapat digunakan untuk menyatakan tegangan alir material. Tegangan alir merupakan sifat material yang menyatakan ketahanan terhadap perubahan bentuk. Istilah tegangan alir (*flow stress*) mempunyai pengertian bahwa selama proses deformasi terjadi aliran material dari satu bentuk ke bentuk yang lain.

Berikut adalah persamaan dari pengerasan regang :

$$k_{str} = kr - p_{fl} \quad (2-8)$$

Dimana :

k_{str} = *flow stress* (N/mm²)

kr = *deformation resistance* (N/mm²)

p_{fl} = *resistance to flow* (N/mm²)

Melalui persamaan (2-8), *eksponential strain hardening* (n) adalah koefisien yang menunjukkan efek penguatan yang disebabkan oleh deformasi yang mengakibatkan regangan sebesar ϵ . Sedangkan K menunjukkan tegangan pada regangan $\epsilon = 1$.

Nilai n untuk menunjukkan karakteristik material. Nilai n yang besar menunjukkan laju pengerasan regangan material besar, material dapat dideformasi secara *cold working*. Selain itu n yang besar akan dapat dideformasi seragam karena menunjukkan mampu regang material.

2.8 Gaya Penekanan

Proses deformasi memanfaatkan sifat beberapa material, yaitu kemampuannya mengalir secara plastis pada keadaan padat tanpa merusak sifat- sifatnya dengan menggerakkan material secara sederhana ke bentuk yang diinginkan, maka sedikit atau bahkan tidak ada material yang terbuang sia- sia. Hampir semua logam mengalami deformasi sampai pada tingkat tertentu selama proses pembuatannya menjadi produk akhir. Pada proses deformasi logam plat, suatu bentuk dihasilkan dari lembaran datar dengan cara peregangan dan penyusutan dimensi. Bentuk yang diperoleh merupakan hasil penggabungan dari penyusutan dan peregangan lokal elemen volume tersebut.

Gaya penekanan adalah gaya yang diberikan *punch* pada *die* yang sudah diberi benda kerja. Gaya penekanan yang belum diketahui bisa dicari dari hasil kali *deformation resistance* (kr) dan luas area penekanan (A) seperti pada persamaan (2-8).

$$F = kr \cdot A \quad (2-9)$$

Dimana :

F = Gaya Penekanan (N)

kr = *deformation resistance* (N/mm²)

A = Luas Area *Punch* (mm²)

Tabel 2.1 Nilai *Deformation Resistance* beberapa Material

Material	kr (N/mm ²)	
	<i>Embossing</i>	<i>Deep Coining</i>
Aluminium alloy	150	350
Copper, soft	200 to 300	800 to 1000
Steel	300 to 400	1200 to 1500
Stainless Steel	600 to 800	2500 to 3200

Sumber : Tschaetsch, 2006 : 87

Tabel 2.2 *Material Properties*

SUS304	
<i>Density</i> (ρ)	8000 Kg/m ³
<i>Poisson's Ratio</i> (ν)	0.3
<i>Yield Strength</i> (σ_y)	398.83 x 10 ³ N/mm ²
<i>Specific Heat</i>	500 J/Kg.°C

2.9 Hubungan Tegangan Alir (*Flow Stress*) dan Gaya Penekanan

Tegangan Alir dipengaruhi oleh konstanta penguatan. Sedangkan gaya penekanan di pengaruhi oleh *Deformation Resistance*. Perbandingan Tegangan alir dan *Deformation Resistance* menghasilkan faktor efisiensi pembentukan logam, hal ini bisa dilihat pada persamaan (2-9).

$$\text{Forming efficiency factor} = \frac{k_{str}}{kr} \quad (2-9)$$

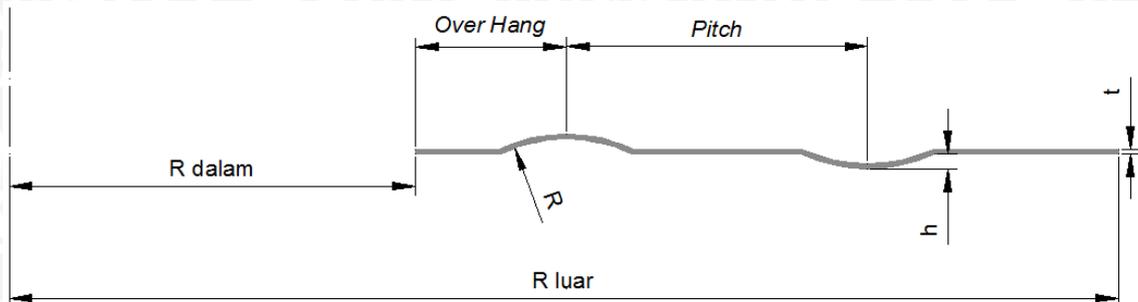
Dimana :

$$k_{str} = \text{flow stress (N/mm}^2\text{)}$$

$$kr = \text{deformation resistance (N/mm}^2\text{)}$$

2.10 Geometri Gasket

Berikut ini adalah geometri *Metal Gasket Type 20A*



Gambar 2.11 Spesifikasi Geometri *Metal Gasket*

Keterangan Gambar 2.10 :

R_{luar} : 25 mm

R_{dalam} : 11 mm

R : 3 mm

h : 0,2 mm

t : 0,1 mm

Over Hang : 3 mm

Pitch : 6 mm

2.11 Vernier Caliper

Alat ini berfungsi untuk mengukur ketebalan benda- benda yang tipis, mengukur diameter dalam dan luar pipa, dll. *Vernier Caliper* atau Jangka sorong terdiri dari dua bagian, yaitu rahang tetap dan rahang sorong. Rahang tetap dilengkapi dengan skala nonius. Jangka sorong memiliki ketelitian pengukuran sampai dengan 0,01mm.

2.12 Hipotesis

Semakin tinggi gaya penekanan dan jumlah penekanan pada *punch* maka geometri aktual akan semakin sesuai dengan desain, hal ini disebabkan karena semakin tinggi gaya maka tegangan alir juga akan semakin tinggi. Tegangan alir yang tinggi bisa membuat laju alir material juga tinggi sehingga material semakin memenuhi *die* atau cetakan, sehingga didapatkan hasil produk yang semakin sesuai dengan desain.