

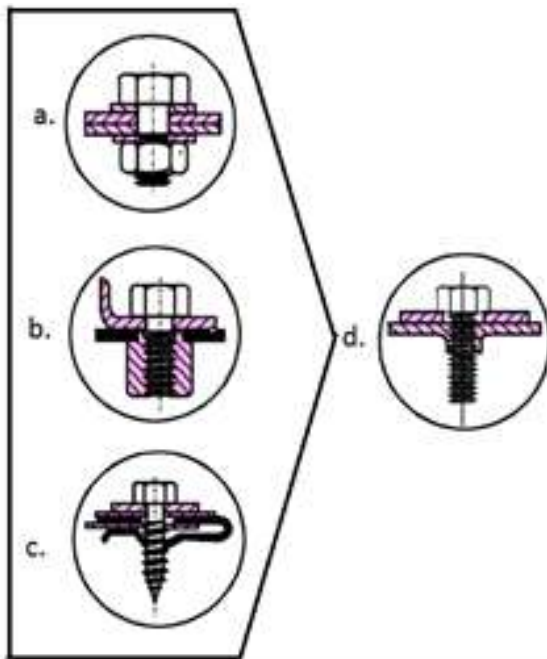
BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan pengurangan biaya dan peningkatan efisiensi dalam pembuatan konstruksi untuk produk-produk bergerak atau diam mendorong meningkatnya penerapan konstruksi ringan yang umumnya memanfaatkan pelat tipis atau profil tipis. Keuntungan utama dari pemanfaatan pelat tipis atau profil tipis adalah berkurangnya berat bahan sehingga dapat mengurangi biaya-biaya diantaranya biaya bahan, biaya transportasi, proses pembuatan dan perakitan suatu konstruksi menjadi semakin mudah dan cepat. Untuk konstruksi-konstruksi yang bergerak, pemanfaatan konstruksi ringan memberikan keuntungan utama bahwa produk akan memiliki kemampuan bermanuver lebih baik atau produk akan memiliki kemampuan angkut yang lebih baik. Proses perakitan konstruksi ringan dalam banyak hal dihadapkan pada permasalahan metode pengikatan yang tepat dan ekonomis oleh karena metode pengikatan konvensional menjadi kurang sesuai dan mahal.

Pengikatan dengan mur-baut dengan proses pengeboran konvensional dengan dilanjutkan proses penguliran akan tidak cukup memberikan kekuatan karena tidak cukup tersedia luasan untuk terbentuknya ulir pada proses penguliran, demikian juga tidak memberikan cukup kekuatan pada proses brasing. Untuk mengatasi permasalahan ini biasanya pada pelat pengikat ditambahkan komponen lain yang telah diulir untuk berfungsi sebagai mur atau komponen lain yang mempunyai fungsi yang sama, seperti diperlihatkan pada gambar 1.1 di bawah.



Gambar 1.1 Beberapa metode pengikatan pada pelat tipis.

Metode pengikatan dengan baut dan mur, gambar 1.1.a, akan menghasilkan kekuatan pengikatan yang baik. Penepatan baut dengan murnya untuk banyak kasus menjadi sulit atau bahkan tidak memungkinkan, sehingga proses pengikatannya tidak cocok untuk dibuat otomatis. Metode pengikatan dengan menambahkan komponen yang berfungsi seperti mur yang dipress/diikatkan pada pelat pengikat, gambar 1.1.b, dengan metode ini proses pengikatan dapat dilakukan secara otomatis dan kekuatan pengikatan yang baik dengan kekurangan diperlukan komponen tambahan yang memungkinkan penambahan biaya pengikatan. Metode pengikatan pelat tipis dicapai dengan menambahkan mur berupa pegas, gambar 1.1.c, dengan metode pengikatan ini dapat dilakukan secara otomatis namun dengan kekuatan ikatan yang kurang baik dan pada umumnya hanya dapat dilakukan pengikatan pada tepian pelat.

Kelemahan-kelemahan metode pengikatan pelat tersebut dapat diatasi di antaranya dengan metode hole flanging yaitu suatu proses pembentukan pelat untuk mendapatkan luasan permukaan di seputar lubang, flensa, gambar 1.1.d, untuk mendapatkan luasan pengikatan yang cukup sehingga diperoleh kekuatan pengikatan yang baik dan dapat dilakukan secara otomatis.

Penelitian ini dilakukan untuk menemukan model matematis dari hubungan antara diameter awal lubang pada pelat (d , mm), dan radius punch (r , mm), akan mampu memberikan manfaat yang lebih operasional sebagai petunjuk praktis dalam menyelesaikan permasalahan *hole-flanging*. Penelitian memfokuskan pada bagaimana model empiris ketinggian flensa pada proses *hole-flanging* pelat aluminium dengan tebal 1.3 mm.

1.2 Rumusan Masalah

Dengan uraian latar belakang sebagaimana telah diuraikan di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan adalah bagaimana model empiris ketinggian flensa pada proses *holeflanging* pelat aluminium dengan tebal 1.3 mm.

1.3 Batasan Masalah

Dengan tujuan untuk memusatkan pembahasan pada permasalahan yang sesungguhnya, maka diberlakukan beberapa batasan-batasan dalam penelitian ini, yaitu:

- a) Level dari proses dipilih sedemikian rupa sehingga dalam setiap perlakuannya selalu dihasilkan ketinggian flensa.
- b) Mesin yang digunakan adalah mesin frais CNC yang diproduksi oleh EMCO GmBh dengan tipe VMC200.
- c) *Punch hole-flanging* terbuat dari bahan baja.
- d) Pelat dari bahan Aluminium dengan tebal pelat 1.3 mm

1.4 Tujuan Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini ada beberapa tujuan yang dapat dirumuskan dan yang ingin dicapai, yaitu untuk mengetahui model empiris dari ketinggian flensa pada proses *holeflanging* pelat aluminium dengan tebal 1.3 mm.

1.5 Manfaat Penelitian

Pada akhir penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi di bidang pengembangan konstruksi ringan yaitu memberikan informasi mengenai variabel-variabel yang mempengaruhi, model empiris dari ketinggian flensa, hasil *hole flanging* material pelat aluminium.

1.6 Luaran Penelitian

Luaran penelitian yang diharapkan adalah:

1. Sebagai tambahan baru perbendaharaan penelitian dibidang *metal forming* yang dapat digunakan oleh peneliti berikutnya untuk pengembangan lebih lanjut.
2. Disebarluaskan melalui jurnal/prosiding nasional.

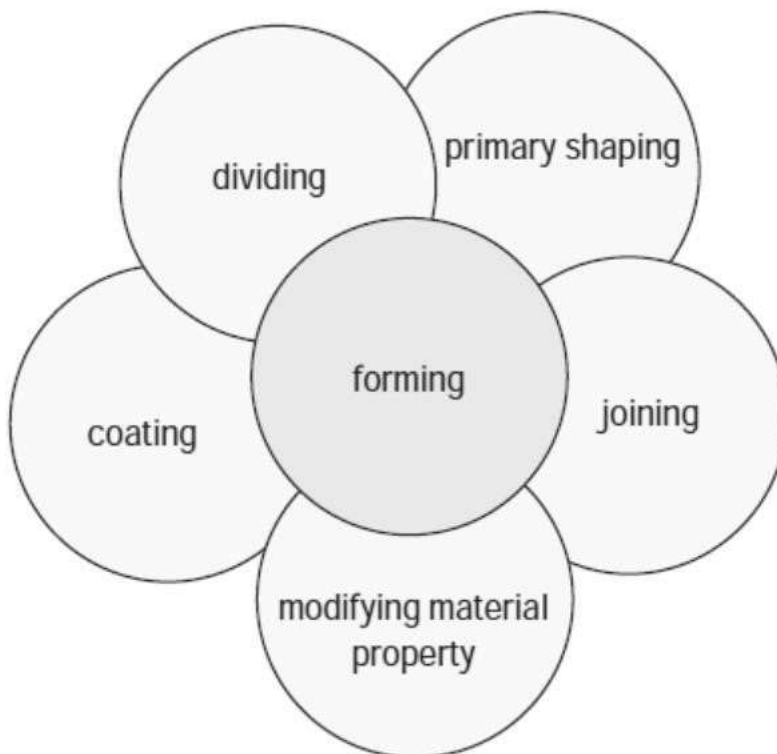
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Prinsip Dasar Pembentukan

Teknologi pembentukan logam mempunyai peranan yang penting dalam mendorong terus berkembangnya teknologi untuk meningkatkan gaya hidup modern dan kemakmuran manusia. Berbagai bidang aplikasinya tersebar mulai dari konstruksi bangunan, kontainer, peralatan rumah tangga, kemasan, industri otomotif, alat-alat transportasi, dll.

Proses manufaktur diklasifikasikan ke dalam enam kelompok utama yaitu membentuk primer, bahan pembentuk, membagi, bergabung, memodifikasi properti material dan coating seperti diperlihatkan [ada gambar 2.1 di bawah.

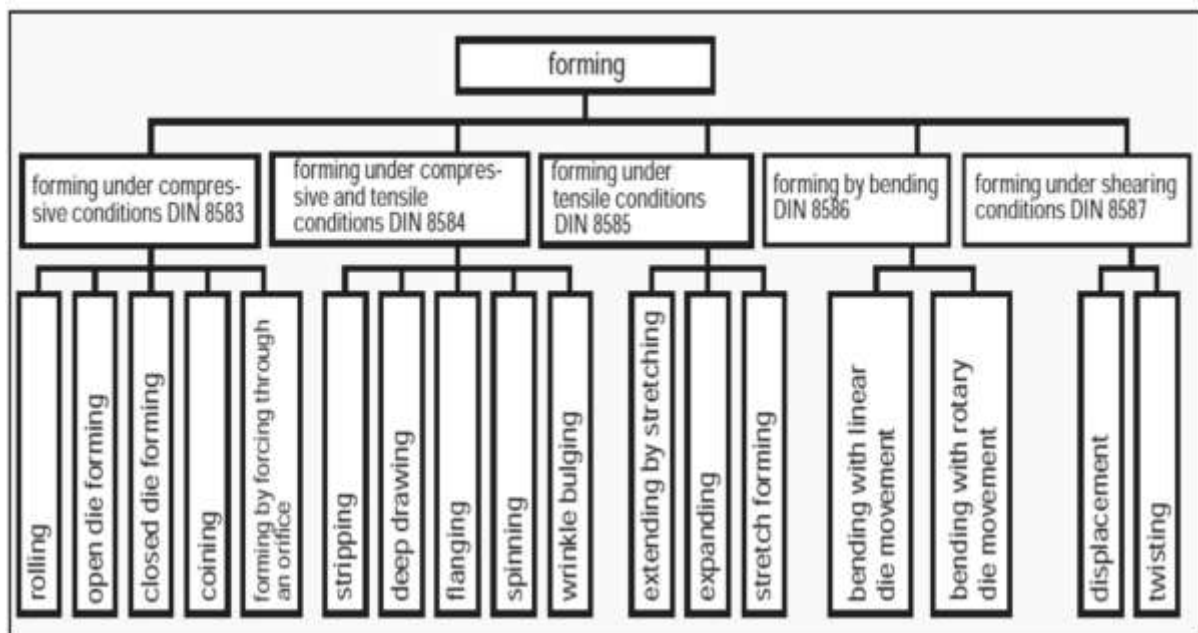


Gambar 2.1 Ikhtisar proses produksi DIN 8580 [2]

Primary forming adalah pembuatan suatu bentuk awal dari cair, gas atau berbentuk padat. Dividing adalah pemisahan lokal bahan. Joining adalah perakitan benda kerja individu untuk menciptakan subassemblies dan juga mengisi dan saturasi benda kerja berpori. Coating berarti penerapan lapisan tipis pada komponen, misalnya dengan galvanisasi, lukisan dan foil pembungkus. Tujuan memodifikasi properti material untuk mengubah karakteristik material benda kerja untuk mencapai sifat yang berguna tertentu. Proses tersebut meliputi proses perlakuan panas seperti pengerasan atau rekristalisasi annealing.

Forming didefinisikan sesuai dengan DIN 8580 sebagai proses produksi melalui modifikasi tiga dimensi atau plastik dari bentuk dengan tetap mempertahankan massa dan kohesi bahannya. Berbeda dengan deformasi, pembentukan adalah modifikasi bentuk geometri yang dikendalikan. Proses pembentukan dikategorikan sebagai tanpa fatal atau proses dengan tidak menghilangkan material.

Secara umum teknologi pembentukan logam dapat katagorikan sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.2 di bawah.



Gambar 2.2 Klasifikasi proses produksi yang digunakan dalam membentuk sesuai dengan DIN 8582 [2]

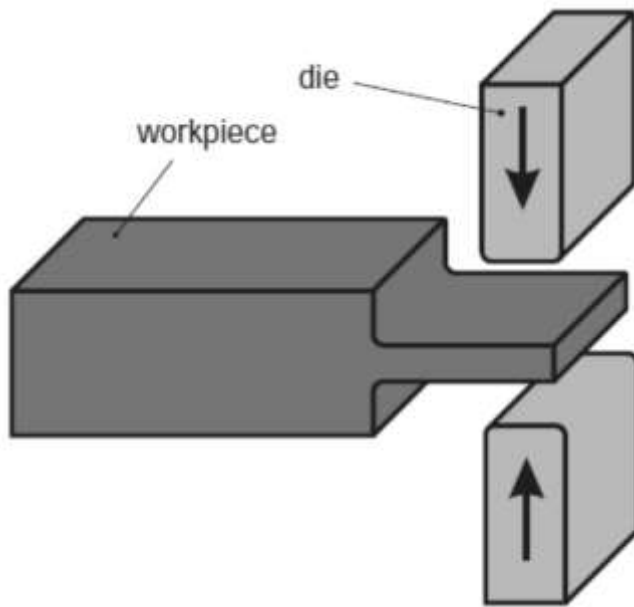
Flanging adalah bagian dari proses pembentukan, *forming*, dalam kondisi kombinasi tekanan dan tarikan.

Pembentukan Dalam Kondisi Tekan

Lembaran coran, dibentuk menjadi balok dan billet yang selanjutnya diolah untuk memperoleh produk setengah jadi dengan proses pengerolan. Dalam rangka menjaga kekuatan pengerolan yang diperlukan hingga minimum, awalnya pembentukan dilakukan pada temperatur pembentukan. Pada temperatur ini, materi memiliki sifat lunak, seperti pasta dan mudah dibentuk konsistensi yang memungkinkan dilakukan proses pembentukan dengan laju tinggi tanpa terjadinya pengerasan kerja permanen pada material.

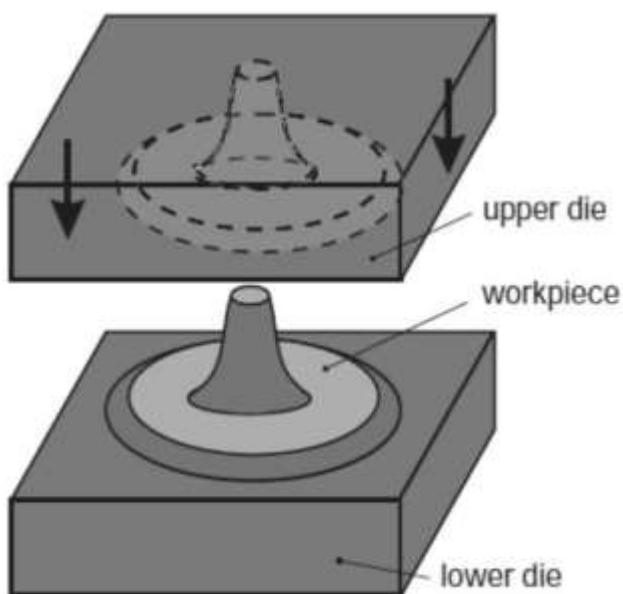
Proses pembentukan kondisi digunakan untuk menghasilkan bahan bentuk yang diperlukan untuk produksi lembaran atau pelat. Dengan proses ini juga dapat digunakan untuk memproduksi pipa, kawat atau profil. Jika ketebalan material yang diinginkan di bawah nilai minimum tertentu, dan di mana tuntutan ketelitian dan akurasi yang ketat terhadap dimensi dan kualitas permukaannya, maka pengolahan lanjutan dilakukan pada suhu kamar dengan pengerolan dingin pada kondisi tegangan tekan.

Open-die forming adalah istilah yang digunakan untuk pembentukan kondisi tekan menggunakan alat yang bergerak ke arah satu sama lain dan yang sesuai atau mendekati sebagian dengan bentuk benda kerja yang diinginkan. Bentuk benda kerja yang dibuat oleh pelaksana dari gerakan relatif bebas atau tertentu antara benda kerja dan alat pada proses ini serupa dengan yang digunakan dalam proses penempaan, seperti ditunjukkan pada gambar 2.3.



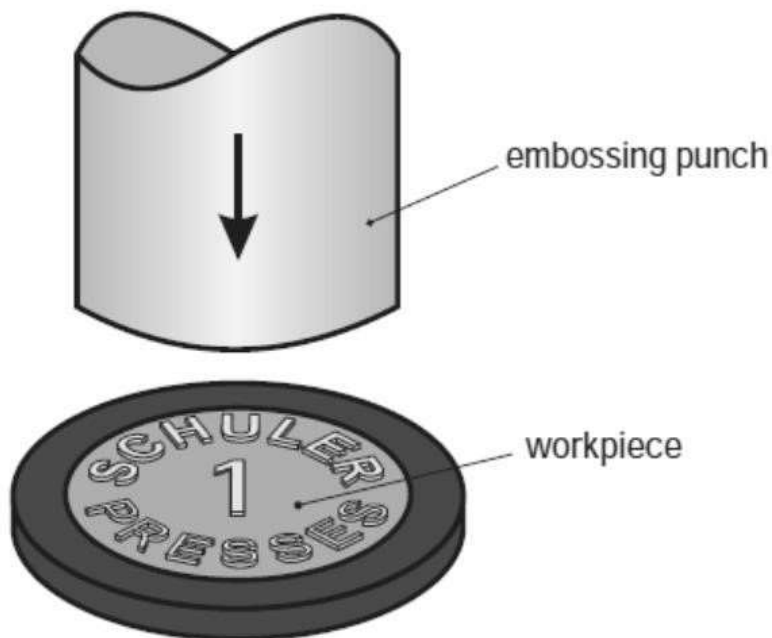
Gambar 2.3 Open die forming [2]

Closed die forming adalah proses pembentukan tekan, di mana alat berbentuk (dies) bergerak menuju satu sama lain, dimana die memiliki bentuk seperti benda kerja sepenuhnya atau untuk sebagian untuk membentuk produk akhir yang diinginkan, seperti ditunjukkan pada gambar 2.4.



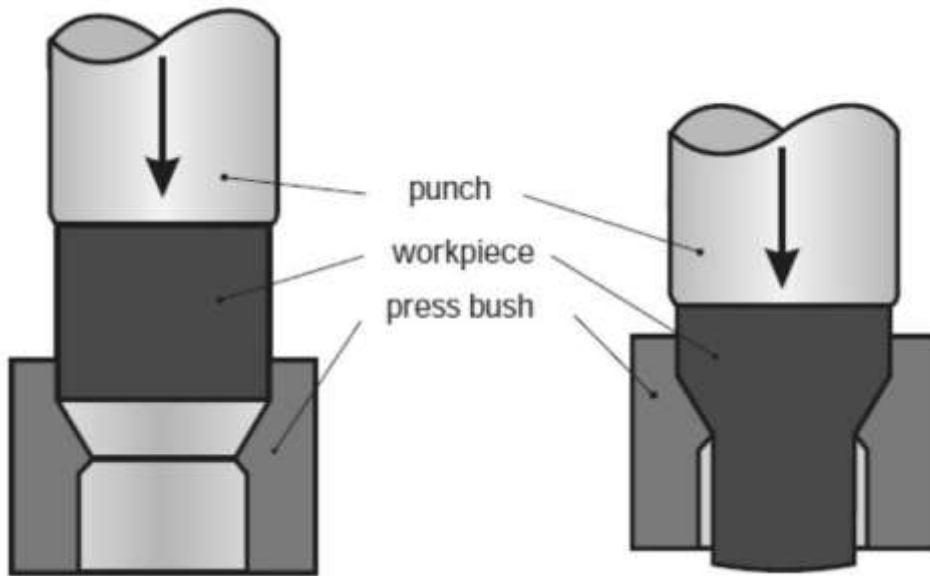
Gambar 2.4 Closed die forming [2]

Coining adalah tekan pembentukan menggunakan die yang menembus benda kerja. Penerapan umum dari proses coining adalah untuk pembuatan koin dan medali, seperti ditunjukkan pada gambar 2.5



Gambar 2.5 Coining [2]

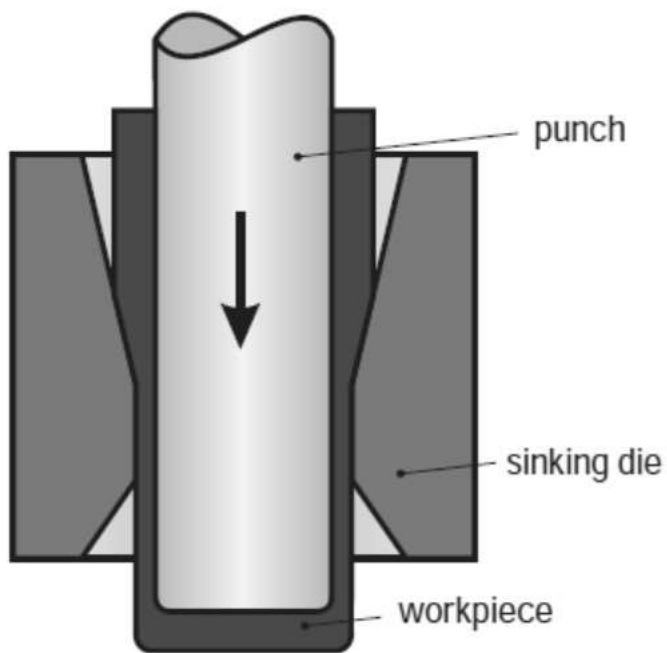
Pembentukan dengan memaksa melalui orifice adalah teknik pembentukan yang melibatkan proses mendesak secara penuh atau sebagian terhadap material melalui die berbentuk lubang untuk mendapatkan pengurangan penampang atau diameter. Teknik ini termasuk kategori ekstrusi bebas, ekstrusi produk setengah jadi, dan ekstrusi komponen jadi, seperti diperlihatkan pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Proses ekstrusi bebas sebuah poros [2]

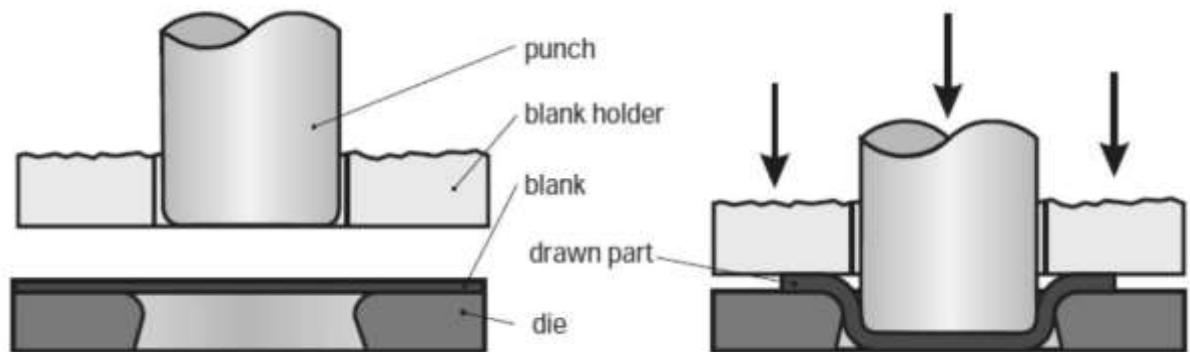
Pembentukan di bawah kombinasi kondisi tarik dan tekan

Drawing adalah proses pembentukan dilakukan di bawah kondisi tarik dan tekan dan yang melibatkan drawing sepanjang benda kerja melalui lubang die dengan diameter lebih kecil. Subkategori utaman dari drawing adalah strip drawing. Strip draeing melibatkan drawing benda kerja melalui alat drawing tertutup (drawing die, lower die) yang dipasang tetap dalam arah drawing. Hal ini memungkinkan pembuatan kedua bentuk solid dan berongga. Selain pembuatan produk setengah jadi seperti kabel dan pipa, metode ini juga memungkinkan untuk memproduksi komponen terpisah. Proses ini melibatkan mengurangi ketebalan dinding deepdrawn atau berongga ekstrusi kaleng melalui proses ironing, dan memiliki efek meminimalkan input material, terutama untuk kaleng bertekanan, tanpa mengubah dimensi bagian bawah dari kaleng tersebut, gambar 2.7.



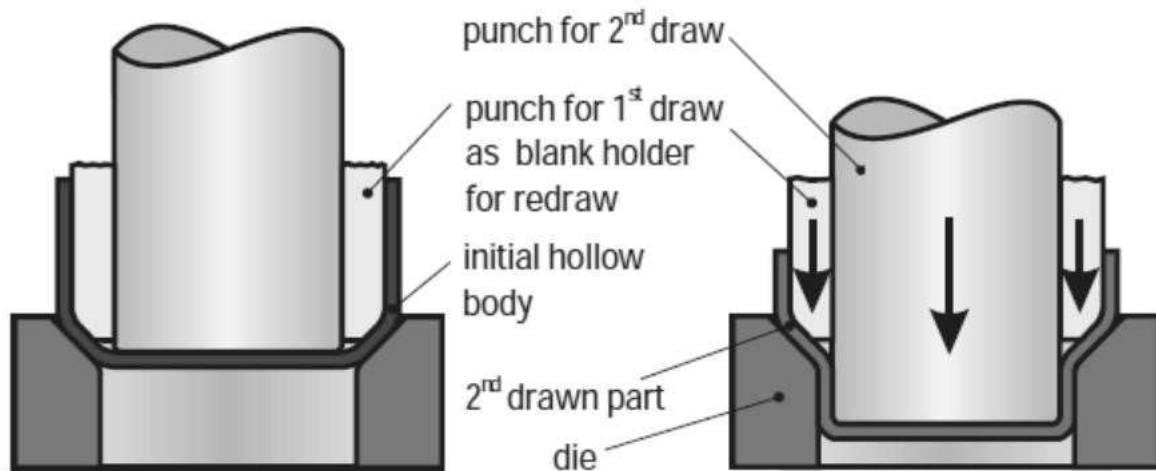
Gambar 2.7 Can ironing [2]

Deep drawing adalah metode pembentukan dalam kondisi tekan dan tarik dimana benda kerja logam bentuk lembaran dibentuk menjadi kaleng, atau kaleng diameter besar dibentuk lanjutan menjadi kaleng dengan diameter yang lebih kecil tanpa mengubah ketebalan dindingnya. Dengan menggunakan teknik single-draw deep drawing memungkinkan untuk menghasilkan komponen dari benda kerja melalui dalam langkah kerja, gambar 2.8.



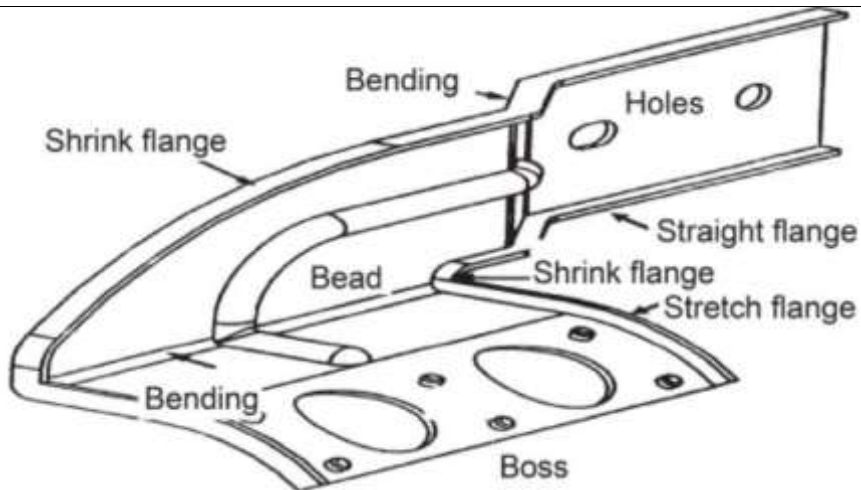
Gambar 2.8 Single-draw deep drawing [2]

Dalam kasus deformasi yang besar, proses pembentukan dilakukan dengan cara drawing ulang, umumnya melalui beberapa kali drawing. Hal ini dapat dilakukan dalam arah yang sama dengan punch teleskopik atau dengan cara drawing arah terbalik, yang melibatkan punch kedua kedua dalam arah yang berlawanan dengan gerakan punch dari operasi deep-drawing sebelumnya, gambar 2.9.

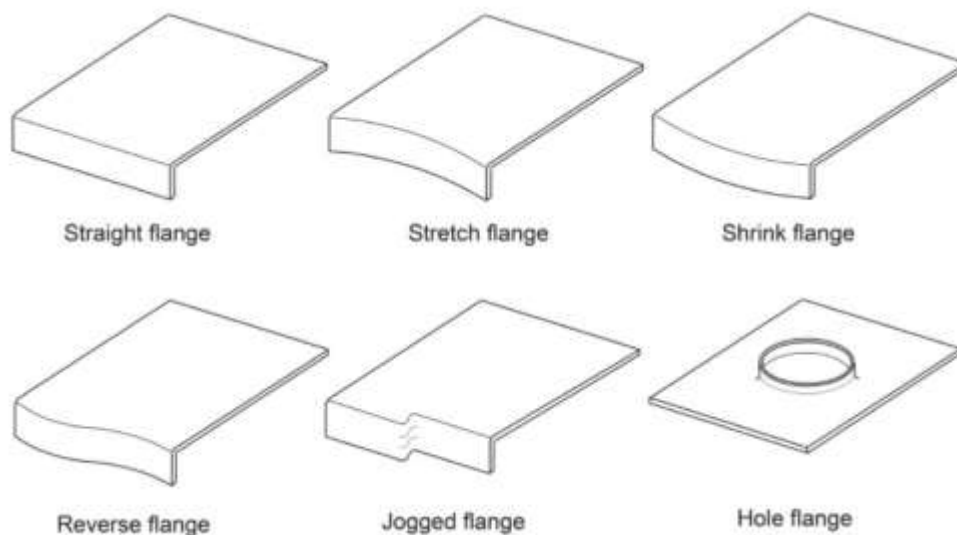


Gambar 2.9 Multiple-draw deep drawing [2]

Flanging pada dasarnya operasi bending disekitar ujung bentuk lengkung dari pelat. Oleh karena sifat dasar dari curvatur, proses ini disebut juga jangling (curvatur ujung bentuk cembung) atau shring jangling (curvatur ujung bentuk cekung). Flange yang dihasilkan membenatu untuk meningkatkan kekakuan komponen dan dapat digunakan untuk tercapainya proses perakitan atau berfungsi sebagai hemming.



Gambar 2.10 Komponen dengan *Bending* dan *Flanging* [4]

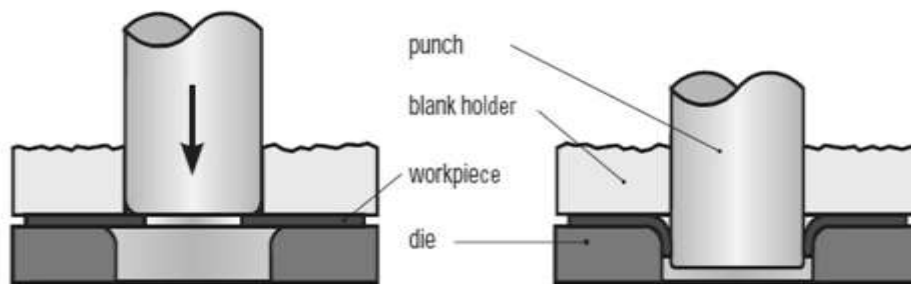


Gambar 2.11 Jenis-jenis Flanging [4]

Proses *hole-flanging*, proses pelebaran lubang pada pelat, atau proses pembentukan kerah pada seputar lubang pada pelat adalah proses pembentukan pelat dalam mana pelat diberikan lubang awal kemudian ditekan perlahan atau kecepatan tertentu dengan *punch* bentuk plunyer atau bentuk konis yang ditahan oleh tumpuan pembentuk yaitu *dies*, untuk menghasilkan bibir, kerah, atau *flange* diseputar lubang pada pelat, seperti diperlihatkan pada gambar 2.12 di bawah. Luasan tambahan di seputar lubang mempunyai peranan penting pada banyak bagian-bagian konstruksi

yang terbuat dari lembaran logam. Luasan ini diantaranya akan memberikan tambahan kekakuan, tambahan kekuatan pengikatan, dapat berfungsi sebagai landasan diletakkannya suatu bantalan, dapat juga berfungsi sebagai pengarah dalam suatu alat

Proses pembentukan flensa (*flanging*) adalah metode pembentukan dalam pengaruh kondisi kombinasi dari penekanan dan penarikan dengan menggunakan punch dan bagian landasan pembentuk (*die*) untuk menghasilkan flensa (*flange*) pada seputar pelat berlubang, gambar 2.12 Pelat berlubangnya dapat berupa pelat datar atau pelat permukaan lengkung. Flensa yang dihasilkan selanjutnya dapat dilakukan proses berikutnya berupa penguliran untuk dapat dilakukan proses pengikatan pelat dengan komponen lainnya.

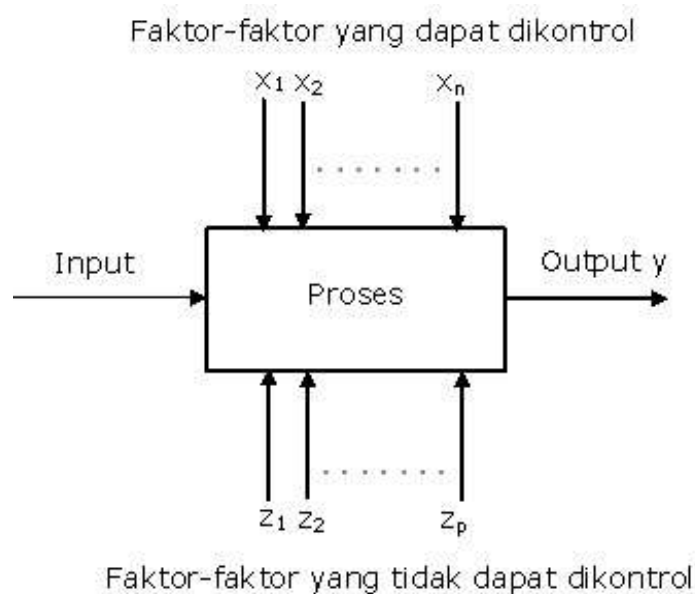


Gambar 2.12 Proses Pembentukan Flensa, *Flanging* [2]

Flensa yang dihasilkan akan memberikan luasan yang baik untuk menghasilkan kekuatan pengikatan yang baik melalui proses lanjutan berupa penguliran atau berupa *brazing*. Teknologi ini sangat banyak diterapkan untuk mendapatkan konstruksi ringan dalam bidang otomotif atau konstruksi ringan umum lainnya. Selain memberikan kekuatan pengikatan yang baik, tercapainya konstruksi ringan akan banyak menekan biaya sekaligus mampu untuk mendapatkan konstruksi yang ramah lingkungan.

2.2 Model Proses Penelitian

Penelitian adalah sebuah investigasi dimana pelaku investigasi melakukan pemilihan tingkatan dari satu atau lebih input atau variabel bebas dan melakukan observasi nilai dari respon atau variabel tak bebas. Tujuan dari kegiatan penelitian adalah untuk memberikan petunjuk untuk pemahaman dari hubungan antara variabel input dan respon, dan sering kali juga digunakan untuk mengoptimasi proses yang diteliti. Model dari proses metodologi penelitian menurut Montgomery [1] dapat ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2.13 Model Proses Metodologi Penelitian.

Dalam kegiatan penelitian, data yang diperoleh akan digunakan untuk menentukan model empiris yang menghubungkan respon y dengan faktor-faktor dalam penelitian.

2.3 Pengembangan Model Empiris dengan Respon Permukaan

Respon permukaan adalah kompilasi dari teknik matematik dan statistik yang berguna untuk pemodelan dan analisa masalah dimana respon yang ditinjau dipengaruhi oleh beberapa variabel dan tujuannya adalah untuk mengoptimasi respon tersebut [1].

Hubungan antara respon dan variabel bebas umumnya tidak diketahui. Langkah pertama dalam metode respon permukaan adalah mencari pendekatan yang cocok terhadap hubungan tersebut. Jika respon dapat dimodelkan dengan baik dalam fungsi linier dari variabelvariabel bebas, maka fungsi pendekatannya adalah model order pertama dan dirumuskan sebagai berikut:

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k$$

Jika terdapat kurvatur dalam sistem, maka fungsi pendekatannya adalah bentuk polinomial orde yang lebih tinggi yaitu model orde kedua dan dirumuskan sebagai berikut [1]:

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \beta_{ij} X_i X_j + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2$$

2.4 Pengujian Model

Karena tidak diketahui hubungan fungsional yang tepat antara variabel respon dengan variabel bebas, maka postulasi model dibuat dari data eksperimen. Oleh karena itu perlu dilakukan pengujian kesesuaian dari model.

2.4.1 Uji Lack-of-Fit

Untuk menguji model apakah sesuai dengan model yang diduga maka dilakukan uji terhadap ada tidaknya lack of fit dalam model tersebut. Hipotesa untuk uji ini adalah sebagai berikut:

H_0 : tidak ada *lack of fit* dalam model

H_1 : ada *lack of fit* dalam model

Statistik ujinya adalah $F_{hitung} = \frac{MS_{LOF}}{MS_{PE}}$

Untuk pengujian ini digunakan tabel *Anova* seperti ditunjukkan pada Tabel 2.1 dengan kriteria penolakan atau penerimaannya:

- H_0 ditolak jika $F_{hitung} > F_{tabel}$
- H_0 diterima jika $F_{hitung} < F_{tabel}$

Tabel 2.1 ANOVA untuk Uji Signifikasi Regresi

Sumber Variasi	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Rata-rata Kuadrat	F_{hitung}
Regresi	k	SS_R	MS_R	MS_R/MS_E
<i>Residual</i>	n-k-1	SS_E	MS_E	
<i>Lack of fit</i>	n-k-1- n_e	SS_{LOF}	MS_{LOF}	MS_{LOF}/MS_{PE}
<i>Pure error</i>	n_e	SS_{PE}	MP_E	
<i>Total</i>	n-1	SS_T		

k = Jumlah variabel regressor

n = Banyaknya pengamatan

2.4.2 Uji Koefisien Determinasi (R^2)

Evaluasi terhadap kesesuaian model adalah bagian penting dalam permasalahan regresi berganda. Evaluasi ini dapat dilakukan dengan melihat nilai koefisien dari determinasi berganda (*coefficient of multiple determinations*) R^2 yang didefinisikan sebagai berikut:

$$R^2 = \frac{SS_R}{SS_T} = \frac{SS_R}{SS_R + SS_E}$$

R^2 adalah total variasi yang dapat dijelaskan oleh persamaan regresi atau model. R^2 mempunyai nilai dengan kisaran $0 \leq R^2 \leq 1$.

2.4.3 Pengujian Koefisien Regresi Secara Serempak

Hipotesa untuk pengujian koefisien regresi secara serempak adalah sebagai berikut:

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$$

(semua parameter regresi bernilai nol, yaitu semua variabel bebas tidak berpengaruh terhadap respon)

H_1 : Paling sedikit ada satu β_i yang tidak sama dengan nol (sedikitnya ada satu variabel bebas yang berpengaruh terhadap variabel respon)

Statistik ujinya adalah $F_{hitung} = \frac{MS_R}{MS_E}$)

- H_0 ditolak jika $F_{hitung} > F_{tabel}$. Ini berarti bahwa model dapat diterima secara statistik dan paling sedikit ada satu variabel bebas yang mempunyai pengaruh nyata terhadap respon.
- H_0 diterima jika $F_{hitung} < F_{tabel}$. Ini berarti bahwa model tidak dapat diterima secara statistik oleh karena tidak ada satu pun variabel bebas yang mempunyai pengaruh nyata terhadap respon.

2.4.4 Pengujian Koefisien Regresi Secara Individu

Untuk mengetahui apakah variabel bebas x_i benar-benar mempunyai sumbangan yang berarti terhadap terjadinya perubahan variabel respon y , maka perlu dilakukan pengujian terhadap masing-masing variabel bebas dengan hipotesa sebagai berikut:

$H_0: \beta_i = 0$ yaitu β_i tidak mempengaruhi respon

$H_1: \beta_i \neq 0$ yaitu β_i mempengaruhi respon

Statistik ujinya adalah $t_{hitung} = \frac{b_i}{S(b_i)}$

- H_0 ditolak jika $t_{hitung} > t_{tabel}$. Ini berarti bahwa x_i mempunyai kontribusi yang berarti terhadap perubahan variabel respon.
- H_0 diterima jika $t_{hitung} < t_{tabel}$. Ini berarti bahwa x_i tidak mempunyai kontribusi yang berarti terhadap perubahan variabel respon.

Pengujian hipotesa dengan *F-test* atau *t-test* seperti yang telah dijelaskan dapat juga dilakukan dengan *P-value* yang memberikan kemudahan dan kecepatan, oleh karena pengolahan data statistik pada penelitian ini dilakukan dengan komputer.

P-value adalah istilah yang digunakan dalam program analisa statistik terkomputerisasi untuk menunjukkan tingkat signifikan yang terobservasi. *P-value* didefinisikan sebagai tingkat signifikan statistik terkecil dimana hipotesa nol dapat ditolak dengan didasari oleh bukti yang diperoleh. Analisa statistik yang berdasarkan atas sampel dan *P-value* yang dihasilkan adalah untuk menunjukkan tingkat dukungan dalam menolak H_0 dan selanjutnya menerima H_1 . Sebagai pedoman umum, dalam melakukan interpretasi untuk menolak H_0 berdasarkan *P-value* digunakan skala berikut [21]:

- a. $P\text{-value} \leq 0.01$, memberikan dukungan yang sangat kuat untuk menolak H_0 .
- b. $0.01 < P\text{-value} \leq 0.05$, memberikan dukungan yang kuat untuk menolak H_0 .
- c. $0.05 < P\text{-value} \leq 0.10$, memberikan dukungan untuk menolak H_0 .
- d. $P\text{-value} > 0.10$, tidak memberikan dukungan untuk menolak H_0 .