Forming Process Product Trunk Profile C+/ Channel Plus On Cold Form Steel Machine

Bayu Wiguna[1], Dodi Sofyan Arief [2], Muftil Badri[3]
Jurusan Teknik Mesin, Universitas Riau, Kampus Bina Widya Panam, Pekanbaru, 28293
[1]wigunab@rocketmail.com, [2]dodidarul@yahoo.com, [3]muftilbadri@yahoo.com

ABSTRACT

Research on the C+/ Channel Plus Product Forming Process on Cold Form Steel, is done because of the mild steel with the new profile shape of C + (Channal Plus). This project purpose to determine the process of forming profile C+ by considering the limits and tolerances allowed. Determining the forming process is an attempt made to produce a Channal plus profile by considering the properties of the material, including the physical properties, mechanical properties and the formability of the profile material. An analytical approach is an attempt to avoid defects in products in a particular area from the result of forming. Each forming has a variety of shapes, dimensions and functions. It takes the forming stages to produce light steel rod products ranging from mild steel raw material (coil) to the desired profile type. The result of the forming process is shown in the form of a flower diagram and is loaded in a 2 dimensional engineering drawing using Autodesk Inventor software.

Key words: shape, dimension and function

1. Pendahuluan

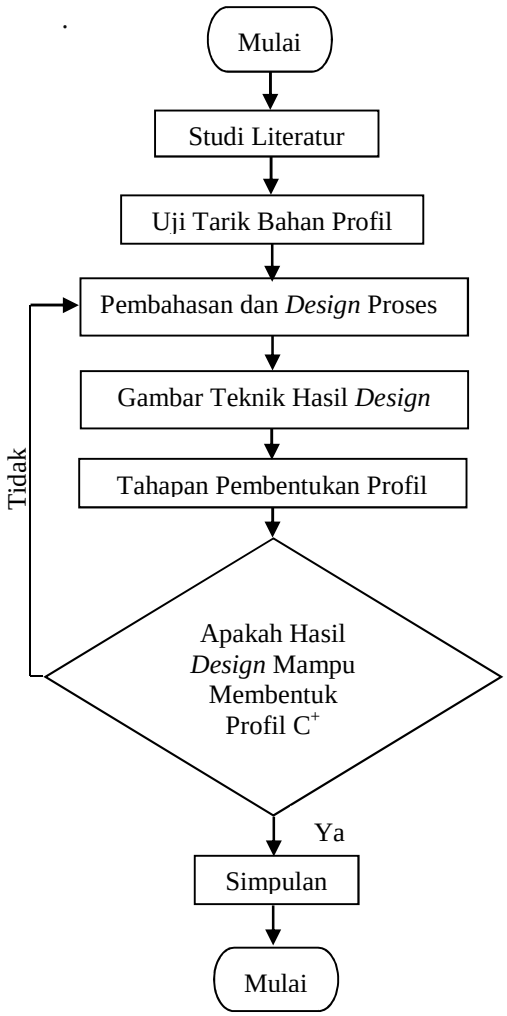
Membentuk profil baru dari bahan baku menjadi bentuk profil, membutuhkan mesin produksi yang mampu membentuk. Dibutuhkan proses pembentukan sehingga mesin mampu mampu membentuk profil dengan bentuk, dimensi dan fungsi sesuai kebutuhan untuk menghasilkan produk batang profil yang diinginkan. Sebuah komponen tekan yang digunakan untuk membentuk memiliki rasio radius terhadap ketebalan benda kerja. Pembentukan pada pengerjaan dingin yang saling terkoneksi saat bekerja dalam menahan beban pembentukan akan melibatkan kekuatan dan deformasi yang dipengaruhi akibat penekukan atau pelipatan dari benda kerja [1].

Metode ilmiah pertama dan masih umum digunakan untuk menetapkan jumlah tahapan dijelaskan oleh Fred Gradous yang menyatakan ”*design* rol dipengaruhi berdasarkan pengalaman desainer”. Fakta bahwa desain rol tidak diatur oleh aturan atau persamaan yang tepat mengingat bahwa untuk 10 desainer memungkinkan untuk menghasilkan 10 desain yang berbeda untuk menghasilkan jenis profil yang sama [2]. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, menyatakan bahwa *design forming proces* dipengaruhi oleh berbagai faktor yang diantaranya sifat bahan, *bending angle*, *flange width* dan ketebalan (*thickness*) [3].

Berdasarkan uraian diatas maka di-*design* Proses Pembentukan Produk Batang Profil C+ pada Mesin *Cold Form Steel* dengan tujuan untuk menentukan bentuk, dimensi dan fungsi setiap proses tahapan sehingga dapat menghindari terjadinya cacat hasil pembentukan profil.

2. Metodologi

Proses pembentukan produk batang profil C+/*channel plus* pada mesin *cold form steel* dilakukan berdasarkan diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Prosedur Penelitian

2.1 *Cold Forming Steel*

Cold forming steel atau baja pengerjaan dingin merupakan suatu kesesuaian logam untuk dapat dilakukan pembentukan di bawah temperatur rekristalisasinya. Proses pembentukan ini ditentukan oleh sifat keuletan dimana sifat ini merupakan konsekuensi langsung dari struktur metalurgi, kemudian proses pengerolan dingin mengubah struktur logam. Pengaruh perubahan struktur logam antara lain [1]:

A. Tegangan sisa

Pemberian sejumlah beban terhadap material akan menyebabkan material terdeformasi. Sebagian dari deformasi yang terjadi merupakan elastis, deformasi ini dapat menyebabkan tegangan sisa. Tegangan sisa merupakan fenomena yang terjadi pada pengerjaan dingin. Fenomena ini dapat dijelaskan dengan diagram tegangan-regangan[1].

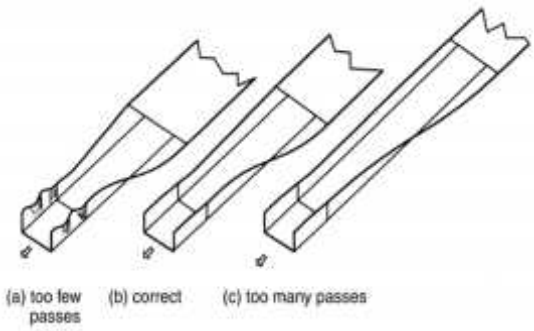
B. Deformasi

Deformasi atau perubahan bentuk susunan atom yang terjadi akibat adanya pembebanan. Deformasi ini dibedakan menjadi dua jenis, yaitu deformasi elastis dan deformasi plastis [1].

2.2 Proses *Cold Forming Roll*

Proses *Cold forming roll* atau pembentukan dengan cara pengerolan dingin merupakan proses manufaktur yang dilakukan dengan membentuk secara bertahap dan terus-menerus, terdiri dalam pembentukan lembaran logam atau strip menjadi bentuk profil yang diinginkan dengan menggunakan beberapa pasang rol pembentuk tanpa mengubah ketebalan material pada temperatur ruangan [2].

Fokus utama dalam merancang rol adalah untuk dapat membentuk profil yang diinginkan dalam toleransi yang diizinkan dengan meminimalkan tahap pembentukan profil dan memaksimalkan hasil. Penetapan jumlah tahapan pembentukan profil pada material merupakan suatu perkiraan, misalnya pembentukan *lips* pada profil [2 dan 5]. Pembentukan ini mungkin dapat dibentuk dengan dua, tiga atau lebih tahap pembentuk, tergantung pada berbagai faktor sehingga hasilnya berada dalam toleransi yang diizinkan. Bedasarkan Gambar 2 pengaruh jumlah tahapan pengerolan bentuk yaitu, (a) terlalu sedikit tahapan akan mendistorsi produk karena regangan elastis yang melebihi batas yang dapat diterima logam, sehingga menimbulkan gelombang tepi. (b) jumlah tahapan yang dipertimbangkan. (c) terlalu banyak tahapan, akan menyebabkan perkakas tidak kompetitif [2].



Gambar 2. Pengaruh Jumlah Tahapan Terhadap Hasil Pembentukan [2]

2.3 *Design Roll Forming*

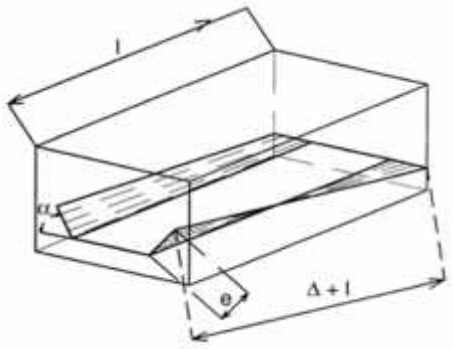
Design roll forming atau rancangan rol pembentuk merupakan suatu upaya yang dilakukan untuk menentukan proses pembentukan yang akan berlansung untuk menghasilkan suatu produk jadi. Ketika sebuah mesin *roll forming* akan didesain, desainer harus memutuskan berapa banyak langkah membentuk yang diperlukan untuk membentuk sebuah profil. Jumlah langkah tergantung pada penampang, toleransi, akhir dari pembentukan dan sifat material. Desain dan urutan pembentukan terhadap rol membutuhkan berbagai faktor untuk pertimbangan yang cukup baik untuk menghindari terjadinya cacat produk, diantaranya: *springback, crack* dan *buckling* [2 dan 5].

Suatu metode standar yang digunakan untuk pendekatan menentukan tahap pembentukan yaitu dengan membatasi tegangan dan regangan tepi material bentuk [2].

A. Tegangan Tepi

Metode tegangan tepi merupakan suatu upaya pendekatan untuk menentukan jumlah tahapan dengan mempertimbangkan tegangan (*stres*) yang terjadi terhadap material tekuk ketika terjadi perubahan sudut [2]. Gambar 3. Jika tegangan tepi material berada diatas tegangan yang diizinkan maka tahap pembentukan perlu untuk dimodifikasi [2].

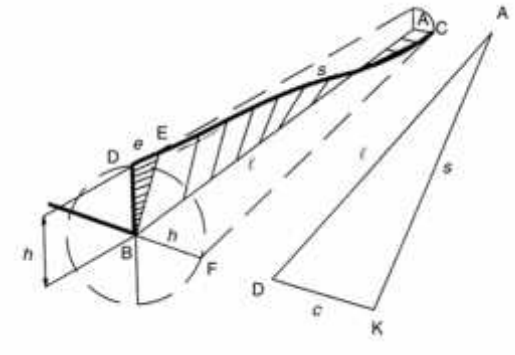
$$\sigma = \frac{e^2 \text{ x } E \text{ x } (1 - \cos(\alpha))}{L^2} \qquad (1)$$



Gambar 3. Membatasi Regangan TepiTekuk [2]

1. Regangan Tepi

Metode ini menggunakan regangan elastis sebagai batasan untuk menentukan jumlah tahapan pembentukan. Jika regangan yang terjadi akibat pembentukan melebihi batas deformasi elastisnya (deformasi plastis), maka hasil pembentukan akan bergelombang. Gambar 4 merupakan suatu upaya yang dilakukan untuk menghindari terjadinya gelombang terhadap hasil pembentukan [2].



Gambar 4. Regangan Tepi Pembentukan Secara Bertahap [2]

Berdasarkan Gambar 4 digunakan persamaan perbedaan panjang antara panjang material terdeformasi (*l*) dan panjang material selama pembentuakan (*s*) yang dinyatakan dalam persentase (%) regangan (*e*) sebagai berikut [2].

$$s = \sqrt{l^2 + \frac{h^2}{4}\pi^2} = \sqrt{l^2 + 2{,}4674\,h^2} \qquad (2)$$

$$e = \frac{s - l}{l} \text{ x } 100\ \% \qquad (3)$$

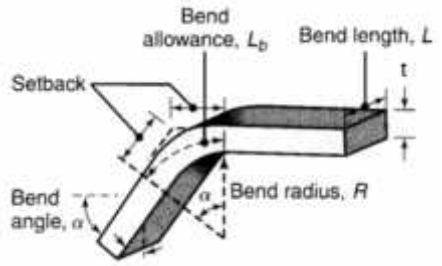
Persentase regangan pembentukan yang terjadi terhadap bahan berada dibawah batas regangan plastis bahan. Upaya ini dilakukan untuk menghindari terjadinya gelombang tepi yang disebabkan regangan tepi [4].

2.4 *Bending Radius*

Bending radius atau radius penekukan merupakan radius yang terbentuk ketika material dibentuk dengan sudut tertentu. Beberapa faktor yang mempengaruhi besarnya bending radius adalah ketebalan dan kekuatan material [1]. Parameter yang digunakan pada penekukan material lembaran atau plat. Gambar 5 menjelaskan parameter penekukan dimana: (L) panjang dari material yang ditekuk (*bend length*), (L_b) panjang dari sumbu netral pada sudut material (*bend allowance*), (t) ketebalan material (*thickness*), (r) radius penekukan (*bend radius*), (α) sudut penekukan (*bend angle*) [1]. Nilai *bend allowance* (L_b) diperkirakan dengan persamaan sebagai berikut.

$$L_b = \alpha\,(r + kt) \qquad (4)$$

(k) merupakan konstan yang nilainya 0.33 untuk r < 2t dan 0.5 untuk r > 2t [1].



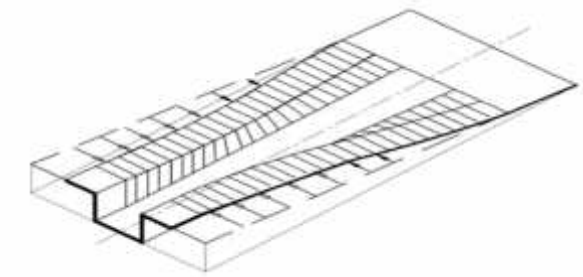
Gambar 5. Parameter Penekukan Material [1]

Tabel 1. *Mechanical Properties on Minimum Radius Bending Ratio* 90^0 [2]

Yield Strength	*Minimum Bend Radius*
Low Carbon and Steel, Grades 2 to 5	r = 0
Grade 1 *and others up to* 40,000 psi (275 MPa) *Yield*	r = 1 t
275 *to* 415 MPa, *Yield* HSLA	r = 2 t
480 *to* 550 MPa, *Yield* HSLA	r = 3 t
550 *to* 690 MPa, *Yield Cold Worked*	r = 4 t
1240 *to* 1380 MPa, *Yield* UHS Martensite	r = 4 t
Stainless Steel Annealed	r = 0,5 t
Stainless Steel one-quarter hard	r = t
Stainless Steel half hard	r = 2 t
Stainless Steel Annealed	r = t

2.5 *Groove*

Groove atau alur merupakan profil yang dibentuk sepanjang arah bentangan batang profil. Tujuan pembentukan alur untuk meningkatkan penampilan dan menambah kekuatan produk. Membentuk alur merupakan proses penarikan dan peregangan material untuk menciptakan kedalaman alur, sehingga membutuhkan materi tambahan. Pemberian materi tambahan dapat dilakukan dengan memberikan *slip* terhadap material bebas. Material bebas yang dimaksud yaitu, bagian dari material yang tidak mengalami perlakuan bentuk. Jika regangan membatasi kedalaman alur, maka perlu kombinasi metode yang dapat mencegah terjadinya cacat produksi. Metode yang umum digunakan yaitu menarik secara bertahap, misalnya, penarikan dilakukan dengan 1/3, 2/3 dan 3/3 dari kedalaman. Kombinasi ini akan memberikan kedalaman yang tepat tanpa terjadinya retak pada material bentuk [2]. Gambar 6 merupakan gambaran untuk membentuk alur pada kedalaman tertentu dengan menggunakan metode materi bentangan.



Gambar 6. Bagian Lebar Plat Tertarik Membentuk Kedalaman [2]

2.6 *Rotary Embossing*

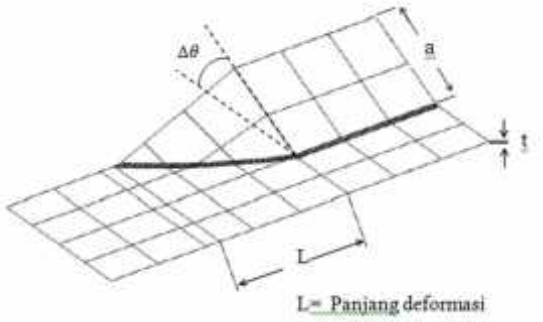
Rotary embossing merupakan suatu upaya yang dilakukan untuk membentuk materi *embossment* yang dibentuk dengan cara memutarkan *punch* dan *die* berupa *roll* yang menekan bahan sehingga menimbulkan jejak pada materi bahan. Pembentukan ini dibatasi oleh sifat meknik bahan, ketebalan dan geometri *embossment*. *Punch* yang digunakan pada *embossing* bersifat tumpul sehingga tidak menimbulkan sobekan dan memberikan kesempatan terhadap material untuk mengalami peregangan selama membentuk *embossment*.

Suatu pendekatan yang dapat dilakukan untuk memperkirakan diameter rol sebagai pembentuk yang sering dugunakan yaitu dengan mempertimbangkan ketebalan (t) bahan yang akan diproses. Diameter rol diperkirakan antara 250(t) sampai 270(t), dan bahkan sampai 300(t) untuk material khusus [2].

2.7 Panjang deformasi

Panjang deformasi pembentukan yaitu pertimbangan mengenai sifat material yang dibentuk sehingga mengalami sejumlah deformasi dengan panjang tertentu, baik deformasi elastis maupun plastis. Panjang deformasi yang terjadi pada pembentukan profil pengerjaan dingin untuk baja paduan dan alumanium dijelaskan pada Gambar 7. Panjang deformasi (L) ditentukan pada tiga variabel yaitu (a) panjang penekukan, ($\Delta\theta$) perubahan sudut $(1 - cos\theta)$, dan (t) ketebalan bahan [5].

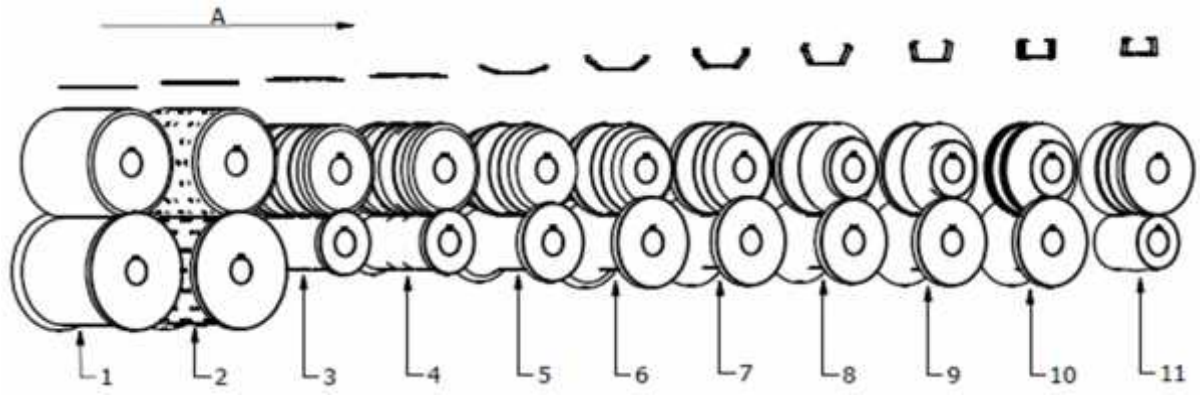
$$L = \sqrt{\frac{8a^3\ (\Delta\theta)}{3t}} \qquad (5)$$



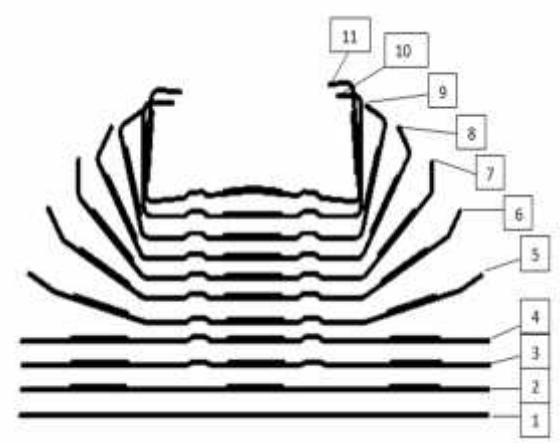
Gambar 7. Panjang Deformasi [5]

3. Hasil

Hasil dari analisis tugas ini berupa proses tahapan pembentukan. tahapan ini merupakan serangkaian proses yang dilewati material bahan profil berupa lembaran plat yang akan terbentuk sesuai dengan bentuk profil rolnya (Gambar 8). Serangkaian proses yang dialami bahan profil digambarkan dalam bentuk diagram bunga yang menjelaskan tahapan-tahapan pembentukan (Gambar 9).



Gambar 8. Tahap Pembentukan Profil C^+



Gambar 9. Diagram Bunga Pembentukan Profil C+

4. Pembahasan

4.1 Pembentukan Embossment Profil C

1. Diameter rol

Diameter rol minimum *embossing* yang digunakan berdasarkan ketebalan dari material yang terbentuk yaitu 270(t).

Ketebalan material yang dibentuk (t) = 0,75 mm

$$D = 270(t)$$

$$D = 270 \text{ x } 0{,}75\ mm = 202{,}5\ mm$$

2. Jumlah Punch dan Die Rol Embossing

Jumlah *punch* dan jarak embossment ditentukan dengan membandingkan keliling diameter rol dengan jarak embossment.

a. Jumlah *punch* dan *dies embossment* (*n*)

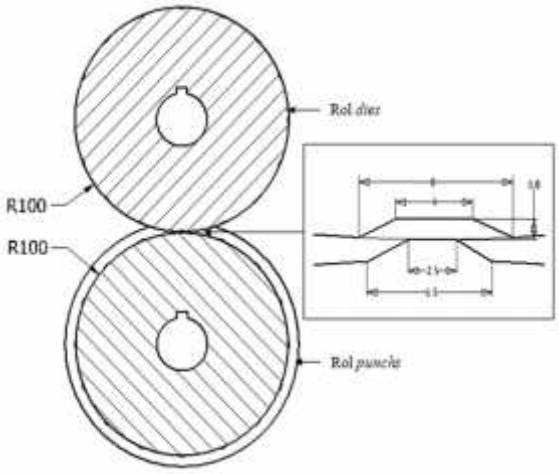
$$n = \frac{634{,}28\ mm}{40\ mm} = 15{,}88$$

$$n = 16$$

b. Jarak *embossment* (mm)

$$\frac{634{,}28\ mm}{16} = 39{,}64\ mm$$

Jumlah $n = 16$ merupakan hasil pembulatan dari 15,88 yang menentukan jumlah *punch* dan *die* terhadap rol. Pembentukan ini akan menghasilkan *embossment* dengan jarak 39,64 mm. Toleransi jarak yang diberikan antara *embossment* adalah 40 $\pm$ 0,5 mm. Gambar 10 merupakan diameter rol dan dimensi profil *embossing* yang akan membentuk *embossment* pada bahan baja ringan.



Gambar 10. Diameter Rol dan Dimensi *Embossing*

4.2 Pembentukan Alur Profil C

1. Panjang materi bentangan

Berdasarkan bentuk alurnya, untuk menghitung panjang bentangan alur dilakukan dengan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Panjang materi bentangan} = 2(c) + 4\text{mm}$$

$$c = \sqrt{a^2 + b^2}$$

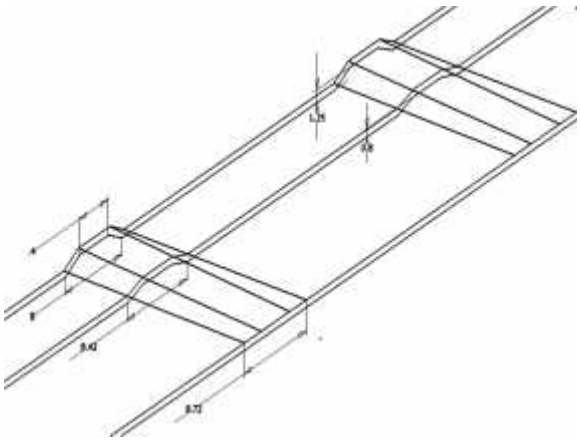
$$c = \sqrt{2^2 + 1{,}25^2}$$

$$c = 2{,}36 \text{ mm}$$

Panjang materi bentangan = 2(2,36)mm + 4 mm= 8,72 mm

2. Kedalaman tahap pembentukan alur

Tahap awal pembentukan alur 2/3 dari kedalam akhir yaitu 2/3 x 1,25 mm = 0,8 mm. Tahap kedua pembentukan alur pada kedalaman akhir yaitu 3/3 x 1,25 mm = 1,25 mm. Gambar 11 merupakan tahap pembentukan alur pada profil C.



Gambar 11. Metode Penambahan Materi Bentangan dan Kedalam Tahap Pembentukan

5. Simpulan

Berdasarkan hasil pembahasan dengan judul Proses Pembentukan Produk Batang Profil C^+/*Channel Plus* pada Mesin *Cold Form Steel*, disimpulkan bahwa:

1. Bentuk, dimensi dan fungsi masing-masing rol telah diperoleh.

2. Ditentukan 11 tahap untuk membentuk profil C^+ yaitu: 1 tahap untuk membentuk bahan profil menjadi datar, 1 tahap untuk pembentukan *embossment*, 2 tahap untuk pembentukan alur profil, 6 tahap untuk pembentukan profil C dan 1 tahap untuk mengatasi faktor *spring back* dan *local buckling*.

Daftar Pustaka

[1] Kalpakjian, S dan S. R. Schmid. 2009. *Manufacturing Processes for Engineering Materials.* 5th ed.

[2] Holmos, G.T. 2006. *Manufacturing Engineering and Materials Prosessing.* Ontario. Canada.

[3] Hsu, Q dan C. Tran. 2011. *Cold Roll Forming Process Design Based on the Induction of Analytical Knowledge by Considering Material and Geometry Effects.* Journal of Materials Science and Engineering A 1 210-218 Kaohsing. Taiwan.

[4] Groover, M.P. 2010. *Fundamental of Modern Manufacturing Materials Processes and Systems*. Fourth Edition. United States of America.

[5] Lindgren, M. 2009. *Experimental and Computational Investigation of the Roll Forming Process*. Borlange.