

Analisis *Hemming Sheet Metal* dengan Variasi Jenis dan Ketebalan Material

(*Hemming Sheet Metal Analysis with Variation in Material Type and Thickness*)

Vinsentius Bram Armunanto^a, Erico S Chrissandi^b, Herman Yosef^c, Krisna G Hernanto^d
Pujosakti Herdhianto^e, Yesaya Alfa Deta^f

^{a,b,c,d,e,f}ATMI Polytechnic

Jalan Mojo 1, Surakarta, Indonesia
Telephone : 62 271 714466 / fax : 62 271 714390
e-mail: vbaatmi@yahoo.com^a / bram_a@atmi.ac.id^a

Abstrak

Perkembangan industri manufaktur semakin pesat, sebagai buktinya adalah efisiensi dan kecepatan proses pembuatan produk. Proses pemrosesan meliputi pemotongan, pembentukan, pelapisan, perlakuan panas, dan pengecoran. Proses pembengkokan termasuk dalam proses pembentukan, termasuk bahan pelat baja. Khusus proses pembengkokan dengan sudut 180 derajat (*hemming*), sering terjadi kegagalan dengan adanya goresan, cacat atau patah. Pemilihan bahan pelat yang sesuai akan menghasilkan produk yang optimal. Penyebab kegagalan lentur dapat terjadi karena parameter proses lentur (gaya lentur, metode, ketebalan, dan tipe pelat) tidak sesuai. Penelitian dan pengujian menggunakan standar ASTM E290 untuk menemukan, menganalisis, dan membuktikan kegagalan dalam proses *hemming*. Hasilnya adalah material hasil proses *hemming* yang bebas dari cacat atau patah dan bisa menjadi data pendukung terkait desain produk dalam *Work Fabricasi* (WF) di PT ATMI Solo.

Kata kunci: metode *bending*; proses *hemming*; ASTM E290.

Abstract

The development of manufacturing industry is more rapidly, as a proof is the efficiency and speed of machining process of product manufacture. A machining process covers cutting, forming, coating, heat treatment, and casting. The bending process is included in the forming process, especially for steel plate material. The bending process uses bending tools either manual or automatic process using the program. Selection of suitable plate material will produce the optimal product, which is product free of scratch, crack or defect. The cause of bending failure can occur because the bending process parameters (bending force, methods, thickness and plate type) are not appropriate. Bending methods include *v bending*, *u bending*, *r bending* and *hemming*. Research and testing are needed to discover, analyze, and prove failure in *hemming* process. The result is expected to be supporting data related to product design in *Work Fabrication* (WF) at PT ATMI Solo.

Keywords: bending methods, hemming process, work fabrication

1. PENDAHULUAN

Efisiensi proses dan pemenuhan kualitas produk yang baik menunjang perkembangan teknologi manufaktur. Proses manufaktur meliputi pemotongan, pembentukan, pelapisan, perlakuan panas dan pengecoran. *Bending sheet metal* merupakan bagian dari proses pembentukan dimana proses penekukan atau pembengkokan menggunakan punch untuk menekan pelat dan menggunakan dies sebagai penahan pelat untuk membentuk sudut sesuai tuntutan gambar.

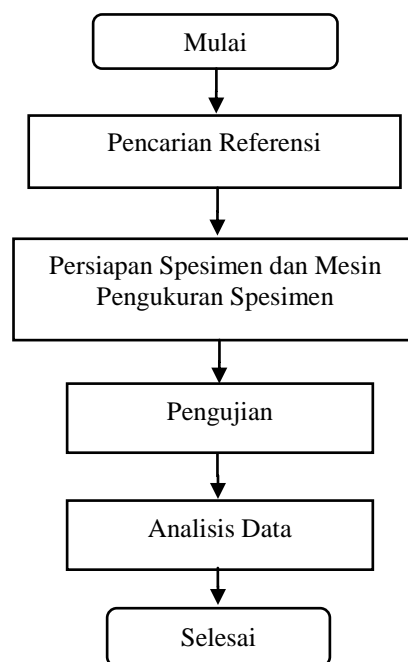
Metode *bending sheet metal* dapat dikelompokkan berdasarkan bentuk penekukan meliputi *v bending*, *u bending*, *r bending* dan *hemming* [1]. Bentuk *hemming* berupa pelat

dengan sudut tekukan 180° , berasal dari kata “hem” yang berarti tekukan di tepi [3]. Faktor yang mempengaruhi proses *hemming* adalah ketebalan pelat, peralatan pendukung, dan pelumasan. Proses *hemming* memiliki dua variasi bentuk/kontur, yaitu *straight hemming* dan *radius hemming*. Ketidaksiesuaian proses *straight hemming* bisa berakibat *crack* dan *recoil/warp* [5]. Pada proses *radius hemming* bisa terjadi *wrinkling / splitting* dan *hem out*.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh metode *hemming* pada : (1) jenis material pelat baja karbon rendah, yaitu: *mild steel* SPHC, *mild steel* SPCC, *stainless steel* 201 dan *stainless steel* 304[4].sesuai material yang digunakan di unit *Work Fabrication* (WF) PT. ATMI Solo, (2) ketebalan dan jenis material yang berbeda, (3) mesin *bending* AMADA PROMECAM dengan seri : ITS 100 30 T10508.

2. METODE

Proses pengujian diawali dengan pemotongan material searah serat, dimensi material uji 38 mm x 76 mm (tebal sesuai daftar) dengan metode ASTM E290 [8] menggunakan mesin *Shearing Promecam tipe GTH 430*.



Gambar 2.1. Flowchart Penelitian

Permasalahan yang dibahas akan dibatasi pada:

1. Mesin *bending* yang digunakan adalah AMADA PROMECAM dengan seri ITS 100 30 T10508 dengan *dies* 10409 dan *punch* 103 untuk *pre-hemming*; *dies* khusus dan *punch* 220 untuk *hemming*. Kekerasan *dies* 43-48 HRC, diverifikasi dengan ID 401.103.01 oleh divisi *maintenance* di PT. ATMI Solo.
2. Material uji yang digunakan *mild steel* SPHC, *mild steel* SPCC, SUS 201 dan SUS 304 sesuai pemakaian material di unit WF PT. ATMI Solo, produk dari PT. Krakatau Steel (Persero) Tbk.
3. Dimensi material uji 38 mm x 76 mm sesuai dengan metode ASTM E290 menggunakan mesin *Shearing Promecam* dan dipotong searah serat baja.
4. Metode *hemming* digunakan sebagai proses penekukan material.
5. *Bevel Protractor* yang sudah diverifikasi dengan ID U.TE.BP360.TS.1. oleh divisi *Measuring* di PT. ATMI Solo digunakan untuk mengukur sudut hasil bending.
6. Benda uji bersih dari kotoran dan *chips* pada ujung potongan dengan *visual checking* sesuai dengan metode ASTM E290.



Gambar 2.2. Spesimen Uji Hemming (ASTM E290)

Pemilihan jenis material dan variasi ketebalan, dipilih sebagai berikut :

SPHC, ketebalan : 1,4 mm ; 1,8 mm ; 2,8 mm ; 3,2 mm ; 3,8 mm.

SPCC, ketebalan : 0,7 mm ; 0,8 mm ; 0,9 mm ; 1,4 mm ; 2,0 mm.

St.St.201, ketebalan : 0,5 mm ; 1,0 mm ; 1,2 mm ; 2,0 mm.

St.St.304, ketebalan : 0,5 mm ; 1,0 mm ; 1,2 mm ; 2,0 mm.

Pengujian terhadap kandungan material yang terdapat pada spesimen uji dilakukan setelah proses pemotongan spesimen uji. Pengujian material dilakukan di Polman Ceper dengan metode uji spektro. Proses pengujian *hemming* dilakukan setelah proses pemotongan spesimen uji, pengujian diawali dengan proses *pre-hemming*, dimana pelat ditekuk sebesar 145°-150° untuk memudahkan proses bending pelat terkait tonase proses pembentukan, digunakan metode *three points bending*.

Rumus *3 points bending* [6]:

$$F = \frac{48E \times I \times Wo}{L^3} \quad (1)$$

Inersia (I) dirumuskan sebagai berikut [7]:

$$I = \frac{a^3 \times b}{12} \quad (2)$$

Keterangan :

F	: gaya <i>3 points bending</i>	(N)
E	: elastisitas pelat	(N/mm ²)
I	: momen inersia	(mm ⁴)
Wo	: titik mati bawah <i>dies</i>	(mm)
L	: lebar bukaan <i>dies</i>	(mm)
a	: tebal pelat	(mm)
b	: lebar pelat	(mm)

Untuk lebar bukaan *dies* (L) terdapat ketentuan :

- untuk ketebalan < 1,5 mm, menggunakan lebar bukaan dies 8 mm.
- untuk ketebalan 1,5 mm ≤ x ≤ 3,2 mm, menggunakan lebar bukaan dies 10 mm.
- untuk ketebalan > 3,2 mm, menggunakan lebar bukaan dies 18 mm.

Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali untuk setiap ketebalan material dengan pengujian pertama menggunakan besaran tonase hasil perhitungan. Pengujian kedua menggunakan besaran tonase yang dibutuhkan untuk mencapai sudut *pre hemming*. Pengujian ketiga menggunakan besaran tonase yang sama dengan pengujian kedua untuk memastikan bahwa sudut *pre hemming* yang tercapai tepat. Pengukuran sudut setelah proses *pre-hemming* menggunakan *bevel protractor*. Pengukuran dilakukan untuk mengetahui sudut *pre-hemming* yang terjadi.

Pengujian terakhir adalah *hemming*, untuk mengetahui pengujian berhasil atau apakah terjadi kerusakan. Perhitungan tonase *hemming* dilakukan menggunakan metode interpolasi. Penentuan tonase *hemming* dibutuhkan untuk meminimalisir kesalahan proses. Interpolasi tonase *hemming* berdasarkan tabel 2.1.

Tabel 2.1. Tabel Tonase Hemming AMADA

Sheet thickness (mm)	Material : SPCC, SS41				Material : SUS				
	Bending shape				Bending shape				
	C shape		2 r shape		C shape		2 r shape		
	Tonnage	C	Tonnage	2 r	Tonnage	C	Tonnage	2 r	
0.6	9	3	23	1.2	0.6	15	3	35	1.2
0.8	12	3	32	1.6	0.8	20	3	50	1.6
1.0	15	3.5	40	2.0	1.0	25	3.5	60	2.0
1.2	17	3.5	50	2.4	1.2	26	3.5	80	2.4
1.6	24	3.5	63	3.2	1.5	38	3.5	95	3.0
2.0	30	5.5	80	4.0	2.0	50	5.5	130	4.0
2.6	55	6.5	90	5.2	2.5	90	6.5	180	5.0
3.2	70	8.0	100	6.4	3.0	100	8.0	210	6.0
4.5	105	11.3	200	9.0	4.0	140	11.3	280	8.0

Metode yang digunakan untuk pengecekan spesimen uji menggunakan *visual inspection* sesuai dengan standar ASTM E290. Metode *Visual inspection* digunakan untuk menemukan cacat permukaan dan korosi menggunakan mata telanjang atau dengan lensa pembesar (*borescope*). Cacat permukaan yang dapat dilihat berupa *crack*, patah dan *recoil/warp*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

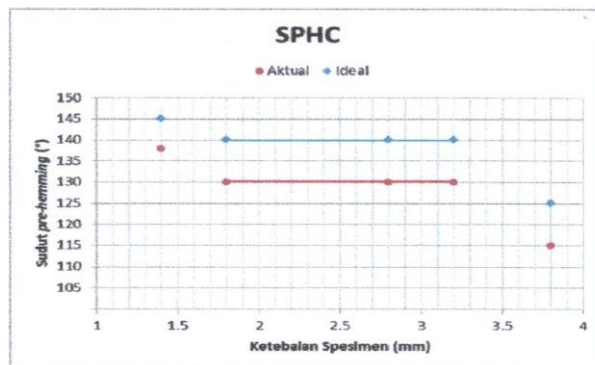
Berdasarkan pengujian *hemming* menggunakan mesin *bending* AMADA PROMECAM dengan seri ITS 100 30 T10508 diperoleh data sudut bentukan *pre hemming* dan kerusakan yang terjadi pada proses *hemming*. Data pengujian dimasukkan dalam tabel dan dibuat grafik untuk membandingkan sudut yang terbentuk saat menggunakan tonase perhitungan dan tonase *real* dan untuk perbandingan tonase perhitungan dan tonase *real*

Tabel 3.1. Tabel Pengujian Hemming Material SPHC

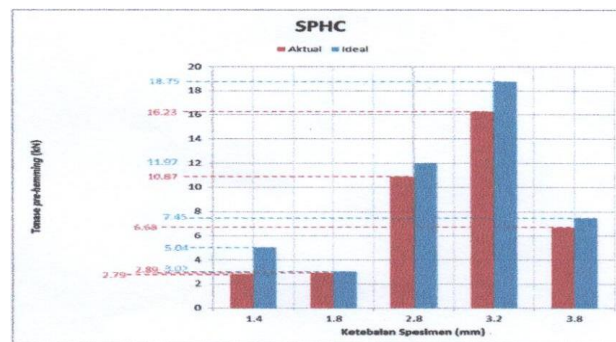
Jenis Pelat	Ketebalan (mm)	Kode	Kerusakan	
			Crack	Recoil / Warp
SPHC	1,4	A1-1	-	-
		A1-2	-	-
		A1-3	-	-
	1,8	A2-1	-	-
		A2-2	-	-
		A2-3	-	-
	2,8	A3-1	-	-
		A3-2	-	-
		A3-3	-	-
	3,2	A4-1	-	-
		A4-2	-	-
		A4-3	-	-
	3,8	A5-1	√	-
		A5-2	√	-
		A5-3	√	-

Berdasarkan Tabel 3.1 yaitu pengujian *hemming sheet metal* dengan spesimen SPHC tidak terlihat / terjadi *recoil / warp*. Pengujian *hemming* pada material SPHC ketebalan 3,8 mm terdapat *crack*. Hasil pengujian *hemming* pelat SPHC dengan ketebalan 1,4 mm ; 1,8 mm ; 2,8 mm ; 3,2 mm berhasil di-*hemming* dan tidak mengalami *crack* atau *recoil / warp*

dikarenakan radius ujung *punch* yang digunakan sesuai (ukuran R1 mm). Hasil pengujian *hemming* pelat SPHC : 3,8 mm mengalami *crack* karena radius *punch* terlalu kecil dan juga pengaruh kandungan karbon yang tinggi (0,175%).



Gambar 3.1. Perbandingan sudut spesimen SPHC Menggunakan tonase perhitungan dengan tonase real

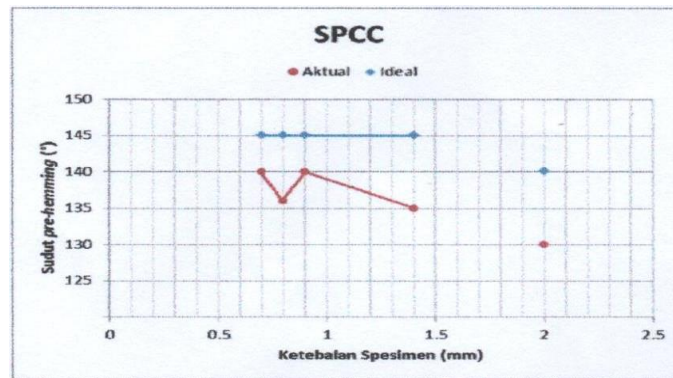


Gambar 3.2. Perbandingan tonase spesimen SPHC untuk mencapai sudut yang digunakan untuk pre-hemming.

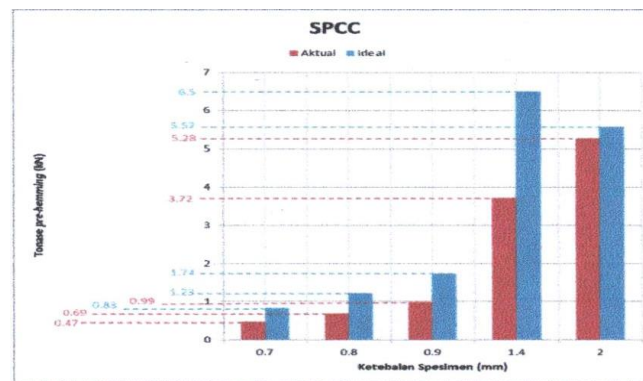
Tabel 3.2. Tabel pengujian Hemming Material SPCC

Jenis Pelat	Ketebalan (mm)	Kode	Kerusakan	
			Crack	Recoil
SPHC	0,7	B1-1	-	√
		B1-2	-	√
		B1-3	-	√
	0,8	B2-1	-	√
		B2-2	-	√
		B2-3	-	√
	0,9	B3-1	-	√
		B3-2	-	√
		B3-3	-	√
	1,4	B4-1	-	√
		B4-2	-	√
		B4-3	-	√
	2	B5-1	-	-
		B5-2	-	-
		B5-3	-	-

Berdasarkan Tabel 3.2 pengujian *hemming sheet metal* pada spesimen SPCC tidak terjadi *crack*, ketebalan 0,7mm ; 0,8mm ; 0,9mm ; 1,4mm terdapat *recoil / warp* dikarenakan material memiliki sifat ulet akibat proses pembuatannya (pengerolan dingin) dan ujung *dies hemming* yang digunakan tidak sesuai. Hasil pengujian *hemming* pelat SPCC dengan ketebalan 2 mm berhasil dan tidak mengalami *crack* dan *recoil / warp* karena menggunakan *dies* khusus.



Gambar 3.3. Perbandingan sudut spesimen SPCC menggunakan tonase perhitungan dengan tonase real

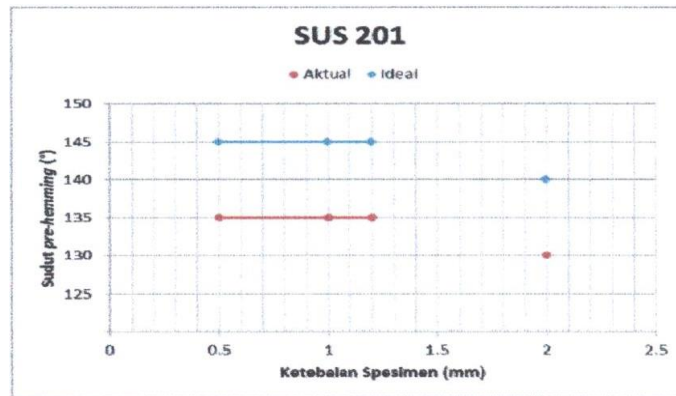


Gambar 3.4. Perbandingan tonase spesimen SPCC untuk mencapai sudut yang digunakan untuk pre-hemming.

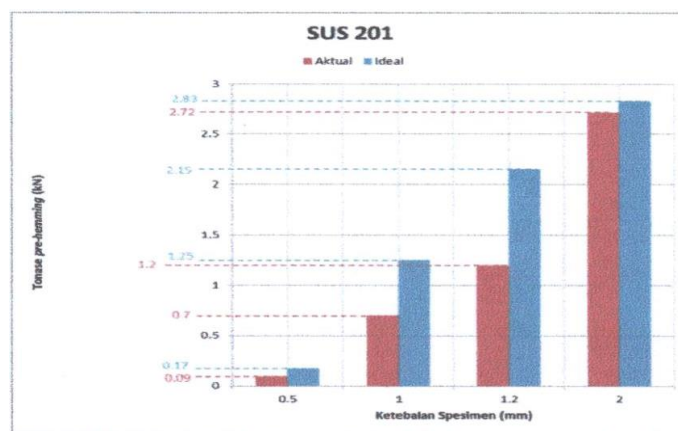
Tabel 3.3. Tabel pengujian Hemming Material SUS 201

Jenis Pelat	Ketebalan (mm)	Kode	Kerusakan	
			Crack	Recoil/Warp
SUS 201	0,5	C1-1	-	-
		C1-2	-	-
		C1-3	-	-
	0,8	C2-1	-	√
		C2-2	-	√
		C2-3	-	√
	0,9	C3-1	-	√
		C3-2	-	√
		C3-3	-	√
	1,4	C4-1	-	-
		C4-2	-	-
		C4-3	-	-

Berdasarkan Tabel 3.3 pengujian *hemming sheet* metal spesimen SUS 201 tidak terjadi *crack*. Material dengan ketebalan 1 mm dan 1,2 mm terdapat *recoil / warp*. Hasil pengujian *hemming* pelat SUS 201 dengan ketebalan 0,5 mm berhasil dan tidak mengalami *crack* dan *recoil / warp* karena material memiliki sifat ulet yang dipengaruhi oleh kandungan nikel dalam struktur material SUS 201. Hasil pengujian *hemming* pelat SUS 201 dengan ketebalan 2 mm berhasil dan tidak mengalami *crack* dan *recoil / warp* karena menggunakan *dies* khusus.



Gambar 3.5. Perbandingan sudut spesimen SUS 201 menggunakan tonase perhitungan dengan tonase perhitungan real.

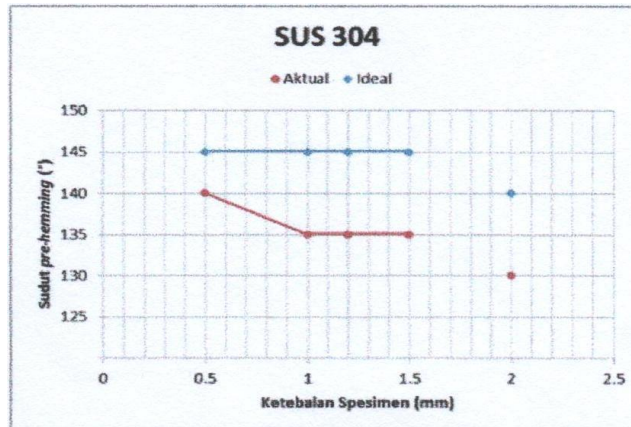


Gambar 3.6. Perbandingan tonase spesimen SUS 201 untuk mencapai sudut proses pre-hemming

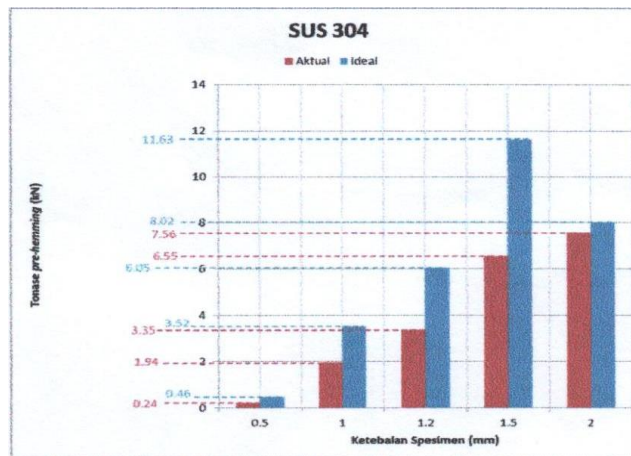
Tabel 3.4. Tabel pengujian Hemming Material SUS 304

Jenis Pelat	Ketebalan (mm)	Kode	Kerusakan	
			Crack	Recoil
304	0,5	D1-1	-	√
		D1-2	-	√
		D1-3	-	√
	1	D2-1	-	√
		D2-2	-	√
		D2-3	-	√
	1,2	D3-1	-	√
		D3-2	-	√
		D3-3	-	√
	1,5	D4-1	-	√
		D4-2	-	√
		D4-3	-	√
	2	D5-1	-	-
		D5-2	-	-
		D5-3	-	-

Berdasarkan Tabel 3.4 pengujian *hemming sheet metal* pada spesimen SUS 304 tidak terjadi *crack*. Material dengan ketebalan 0,5 mm; 1 mm; 1,2 mm; 1,5 mm terjadi *recoil / warp*. Hasil pengujian *hemming* pelat SUS 304 dengan ketebalan 0,5 mm; 1 mm; 1,2 mm; 1,5 mm mengalami *recoil / warp* karena material memiliki sifat ulet yang dipengaruhi oleh kandungan nikel dalam struktur material SUS 304 [2]. Hasil pengujian *hemming* pelat SUS 304 ketebalan 2 mm berhasil di-*hemming* dan tidak mengalami *crack* dan *recoil / warp* karena menggunakan *dies* khusus.



Gambar 3.7. Perbandingan sudut spesimen SUS 304 menggunakan tonase perhitungan dengan tonase real.



Gambar 3.8. Perbandingan tonase spesimen SUS 304 untuk mencapai sudut yang digunakan untuk pre-hemming

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis pengujian *hemming sheet metal* didapatkan kesimpulan proses *hemming* untuk jenis material SPHC, SPCC, SUS 201, dan SUS 304 dapat dilakukan di mesin AMADA PROMECAM dengan seri ITS 100 30 T10508. Batas kemampuan *hemming* di mesin AMADA PROMECAM dengan seri ITS 100 30 T10508 maksimal ketebalan 1,5 mm (semua jenis material), untuk ketebalan diatas 1,5 mm diperlukan *punch* dan *dies* khusus. Pengujian *hemming* untuk material SPHC dengan ketebalan diatas 3,5 mm cenderung terjadi *crack*. Pengujian *hemming* untuk material SPCC, SUS 201, dan SUS 304 cenderung terjadi *recoil/warp*. Tonase *hemming* material SPHC dan SPCC cenderung berimbang, sedangkan untuk material SUS 201 dan SUS 304 membutuhkan tonase yang lebih besar

dari material *mild steel* karena kandungan nikel yang dimiliki lebih tinggi menjadikan material lebih ulet.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zahide Y, Hasmi, MSJ. Surface roughness measurement using an optical system. *Journal of Materials Processing Technology*. 1999; Vol. 88, Issues 1–3: 10-22
- [2] Livatyali, H., Larris, S.J. Experimental investigation on forming defects in flat surface-convex edge hemming: Roll, recoil and warp. *Journal of Materials Processing Technology*. 2004; 153(1): 913-919
- [3] Benson, Steve D. *Press Brake Technology: A Guide to Precision Sheet Metal Bending*. 1st Edition. New York: SME. 1997.
- [4] Reliance Foundry. *304 Stainless Steel*. Canada: Reliance Foundry. 2017.
- [5] Lange, K., *Handbook of Metal Forming*. Michigan: McGraw-Hill. 1985
- [6] Sudibyoy, B. *Kekuatan dan Tegangan Ijin*. Surakarta: ATMI Press. 2017.
- [7] Suroto, Ant. *Strength of Material*. Surakarta: ATMI Press. 2015.
- [8] ASTM E290. *Standard Test Methods for Bend Testing of Materials for Ductility*, United States, 2014.