

ANALISA KEKUATAN TARIK PENYAMBUNGAN PELAT DENGAN KETEBALAN BERBEDA PADA *TYPE* SAMBUNGAN *BUTT JOINT*

Ahmad Fauzan Zakki, Sarjito Jokosisworo
Program Studi Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

ABSTRAK

Pengelasan merupakan suatu cara untuk menyambung dua buah logam tanpa mengurangi kekuatan dan bentuk material logam tersebut. Pengerjaan Pengelasan memiliki porsi 1/3 dari seluruh pengerjaan pembuatan kapal. Sambungan tumpul atau *butt joint* adalah jenis sambungan yang paling efisien dan salah satu sambungan yang terbanyak diaplikasikan pada pengerjaan pengelasan konstruksi kapal.

Penyambungan pelat dengan *type butt joint* pada umumnya dijumpai antara pelat yang mempunyai ketebalan yang sama, tetapi didaerah tertentu sering juga dijumpai penyambungan antara pelat yang berbeda ketebalan. Pada penyambungan jenis ini ditemukan dua macam metode dalam penyambungannya, yaitu dengan menyamakan ketebalan pelat pada tepi yang akan dilas (*Chamfering*) dan tanpa menyamakan ketebalannya (*non-Chamfering*) sehingga dari kedua metode tersebut akan dibandingkan kekuatan tarik sambungannya disertai analisis teknis dan biayanya.

Dari hasil penelitian yang dilakukan di didapatkan hasil tegangan Tarik, tegangan luluh, dan perpanjangan dari kedua metode penyambungan yaitu antara metode *Chamfering* dan *non-Chamfering* memiliki hasil pengujian yang relatif sama dan memiliki persamaan pula yaitu di daerah yang mempunyai ketebalan pelat yang lebih tipis (pelat berketebalan 6 mm) hal ini membuktikan kekuatan sambungan las dari metode *Chamfering* dan *non-Chamfering* lebih besar dari pada kekuatan material/logam induknya masing-masing. Ditinjau dari segi analisa biaya menunjukkan perlakuan dengan metode *Chamfering* merupakan metode yang lebih efisien dibandingkan metode *non-Chamfering* sesuai.

Kata kunci :

Pengelasan, Butt Joint, Perbedaan Ketebalan, Chamfering dan non-Chamfering

PENDAHULUAN

Sambungan las dalam konstruksi baja pada dasarnya dibagi dalam beberapa tipe sambungan yakni sambungan tumpul, sambungan T, sambungan sudut dan sambungan tumpang. Sambungan tumpul atau *butt joint* adalah jenis sambungan yang paling efisien. Type sambungan tumpul merupakan salah satu jenis sambungan yang paling banyak dijumpai pada suatu proses pembangunan kapal, misalnya saja pada daerah tank top, pelat sisi, pelat geladak, bangunan atas dan lain sebagainya.

Penyambungan pelat dengan *type butt joint* pada umumnya dijumpai antara pelat yang mempunyai ketebalan yang sama, tetapi didaerah tertentu sering juga dijumpai penyambungan antara pelat yang berbeda ketebalan. Penulis akan meneliti kekuatan tarik

sambungan dengan ketebalan berbeda dengan dua macam perlakuan .

Perumusan Masalah

Pengelasan antara pelat berbeda ketebalan mempunyai kerumitan tersendiri dalam pengelasannya dan dalam prosesnya dijumpai dua macam perlakuan yang berbeda yaitu dengan menyamakan ketebalan pelat (di *bevel*) dan tanpa menyamakan ketebalan pelat. oleh karena itu masalah yang akan dikaji pada penulisan kali ini adalah mendapatkan perlakuan mana yang lebih besar kekuatan tariknya.

Tujuan Penelitian

Penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk :

- 1) Menghitung tegangan tarik maksimum (Tensile strength) hasil pengelasan

material yang memiliki ketebalan berbeda dengan dua macam perlakuan pada pengelasan *Butt Joint*

- Membandingkan hasil perhitungan kekuatan tarik antara dua macam perlakuan pengelasan pada pelat yang berbeda ketebalan dengan type sambungan *Butt Joint* agar didapat kesimpulan jenis perlakuan mana yang memiliki kekuatan lebih besar, khususnya kekuatan tarik

Manfaat Penelitian

- Untuk memberikan sumbangan terhadap pengembangan ilmu pengetahuan dalam bidang teknologi pengelasan.
- Bagi Industri Perkapalan dapat dipakai sebagai rujukan dan pembuktian ekperimental terhadap sambungan las antar pelat yang berbeda ketebalan pada tipe *butt joint* dengan dua perlakuan/ metode berbeda sehingga didapatkan perlakuan sambungan yang lebih efisien.
- Bagi kalangan akademisi Sebagai sumbangsih pemikiran dalam menambah wawasan mengenai teknologi pengelasan khususnya berkaitan dengan penyambungan antar pelat yang memiliki ketebalan berbeda bagi khasanah penelitian di Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

METODOLOGI PENELITIAN

Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan suatu penelitian yang bersifat percobaan (*eksperimental*) atau melakukan pengujian. Percobaan yang dilakukan adalah proses pengelasan pada pelat yang memiliki ketebalan berbeda dengan menggunakan dua macam perlakuan

Populasi dan Sample Penelitian

Penelitian ini memiliki 2 macam perlakuan/metode yang digunakan pada penyambungan pelat yaitu menyamakan ketebalan plat sebelum dilakukan proses pengelasan dan tidak menyamakan ketebalan pelat. Pada penelitian ini pelat baja yang dilas antara pelat baja yang berketebalan 10 mm

dengan pelat baja berketebalan 6 mm. Setiap perlakuan di buat masing-masing 5 spesimen untuk diuji kekuatan tariknya.

DATA DAN HASIL PEMBAHASAN

Pembuatan WPS

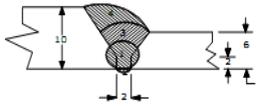
Setiap pembuatan desain sambungan las pada suatu proses pengelasan yang akan dilakukan pengujian terlebih dahulu dibuatkan dokumen WPS (*Welding Procedure Spesification*). Prosedur pengelasan/ WPS secara detail menggambarkan tahapan pengelasan secara spesifik dari suatu sambungan atau kampuh las yang dikerjakan. Penulisan WPS harus mengikuti ketentuan atau persyaratan yang telah ditetapkan . Agar proses pengecekan pengelasan yang telah memenuhi semua persyaratan atau standar, informasi yang terdapat di dalamnya ditulis secara lengkap dan terperinci.

Penelitian ini memiliki 2 macam WPS yang berbeda, yaitu WPS untuk penyambungan pelat berbeda ketebalan dengan menggunakan metode *Chamfering* dan *non-Chamfering*,

- WPS dengan Metode *non- Chamfering*

WELDING PROSEDURE SPECIFICATION (WPS)

Prequalified : Qualified by Testing : BKI
 WPS no : : Date : Juni 09 th 2008
 Welding Process : SMAW Type :
 Supporting PQR No :

JOINT DESIGN Type Of Joint : Butt Joint - V - Groove Single/Double : Yes Backing (Yes/ No) : None Back Gouging : Yes	JOIN DETAIL Unit : mm 
BASE MATERIAL Specification : - Type Grade : ST 42 Grade A Thickness range : - Base metal groove : 10 mm & 6 mm - Pipe dia. Groove : - Other :	POSITION Welding Position : 1G Welding Progress : FLAT
FILLER METAL AWS Class : AWS E 601 Wire size : Dia 3,2 mm Brand name : ESAB Consumable insert : Other :	ELECT CHARACTERISTIC Curen Type : AC Transfer Mode (SMAW) : N/A Other : N/A
SHIELDING Fluks : Electrode - Fluks (Class) : Brand name : Gas (es) : - : - : - : - : Gas cup size Other :	TECHNIQUE String / Wave : String & Wave Single / Multypass : MULTIPASS Single / Multi Elect : SINGLE Contact tip to Work distance : 2- 3 mm Peening : - Interpass Cleaning : Grinding
PREHEAT (T : Thickness of Thicker Part) Min Preheat Temp : - Max Interpass Temp : - Other : -	PWHT PWHT Temp : Holding Time :

TYPICAL WELDING PARAMETERS

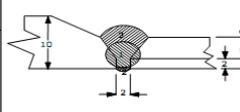
Pass No	Welding Process	Filler Metal		Type and Polarity	Current Range (A)	Volt Range (V)	Travel Speed (cm / mnt)	Remark
		AWS Class (Brand Name)	Dia (mm)					
1	SMAW	ESAB/ E 601	3,2	AC	200-220	70-75	15 -20	
2	SMAW	ESAB/ E 601	3,2	AC	200-220	70-75	15 20	
3	SMAW	ESAB/ E 601	3,2	AC	200-220	90-95	13 -15	
4	SMAW	ESAB/ E 601	3,2	AC	200-220	90-95	13 -15	

Gambar 1. Welding Prosedure Specification (WPS) dengan Metode Non-Chamfering

• WPS dengan Metode *Chamfering*

WELDING PROSEDURE SPECIFICATION (WPS)

Prequalified :
 WPS no :
 Welding Process : SMAW
 Supporting PQR No :
 Qualified by Testing : BKI
 Date : Juni 09 th 2008
 Type :

JOINT DESIGN	JOINT DETAIL
Type Of Joint : Butt Joint - V - Groove Single/Double : Yes Backing (Yes/ No) : None Back Gouging : Yes BASE MATERIAL Specification : Type Grade : ST 42 Grade A Thickness range : Base metal groove : 10 mm & 6 mm Pipe dia. Groove : Other : FILLER METAL AWS Class : AWS E 601 Wire size : Dia 3,2 mm Brand name : ESAB Consumable insert : Other : SHIELDING Fluks Electrode - Fluks (Class) : Brand name : Gas (es) : Other : PREHEAT (T - Thickness of Thicker Part) Min Preheat Temp : - Max Interpass Temp : - Other : -	Unit : mm  POSITION Welding Position : 1G Welding Progres : FLAT ELECT CHARACTERISTIC Curen Type : AC Transfer Mode (SMAW) : N/A Other : N/A TECHNIQUE String / Wave : String & Wave Single / Multipass : MULTIPASS Single / Multi Elect : SINGLE Contact tip to Work distance : 2 - 3 mm Peening : Interpass Cleaning : Grinding PWHT PWHT Temp : Holding Time :

TYPICAL WELDING PARAMETERS

Pass No	Welding Process	Filler Metal		Type and Polarity	Current Range (A)	Volt Range (V)	Travel Speed (cm / mnt)	Remark
		AWS Class (Brand Name)	Dia (mm)					
1	SMAW	ESAB/ E 601	3,2	AC	200-220	70-75	15 -20	
2	SMAW	ESAB/ E 601	3,2	AC	200-220	70-75	15 20	
3	SMAW	ESAB/ E 601	3,2	AC	200-220	90-95	13 -15	

Gambar 2. Welding Prosedure Specification (WPS) dengan Metode Chamfering

Standar Pengujian Tarik menurut BKI Volume VI 2006

Pengujian dilakukan dengan mencekam spesiman pada kedua sisinya secara berlawanan sampai spesimen itu patah. Dimensi spesimen uji tarik yang dipakai sesuai dengan standar BKI Vol VI 2006 (section 4 halaman 1 dan 2). Untuk pembuatan spesimen uji tarik digunakan mesin freish dan mesin bubut. Jumlah spesimen uji yang distandarkan BKI menurut peraturan BKI Volume VI 2006 (section 4 halaman 5) adalah tiga spesimen, nilai setiap spesimen tidak boleh kurang dari 70%, dan nilai rata-rata tiga spesimen tersebut

tidak boleh kurang dari 85%, jika itu tidak terpenuhi harus dilakukan pengulangan tiga spesimen yang hasilnya ditambahkan terhadap nilai mula-mula yang diperoleh. Nilai rata-rata baru dari enam spesimen harus memenuhi persyaratan.

Hasil Pengujian Tarik

Tegangan Tarik maksimal

Tabel 1. Hasil Tegangan Maksimum Pengujian tarik dengan perlakuan *Chamfering*

Kode Bahan	PXL (mm)	Luas Penampang (mm ²)	Tegangan Maksimum (Kg/mm ²)
B1	6x20,1	120,60	51,08
B2	6x20,2	121,20	50,99
B3	6x19,97	119,82	51,49
B4	6x20,1	120,60	50,33
B5	6x19,65	117,90	51,31

Tabel 2. Hasil Tegangan Maksimum Pengujian tarik tanpa perlakuan *Chamfering*

Kode Bahan	PXL (mm)	Luas Penampang (mm ²)	Tegangan Maksimum (Kg/mm ²)
A1	6x19,5	117	50,34
A2	6x19,6	117,60	51,87
A3	6x20,1	120,60	51,41
A4	6x20,9	125,40	48,17
A5	6x19,5	117	52,82

Regangan (e)

Tabel 3. Hasil reganagan Pengujian tarik dengan perlakuan *Chamfering*

Kode Bahan	Panjang Ukur Lo (mm)	Panjang Patah Li (mm)	Regangan (%)
B1	75,7	91,89	21,4
B2	79,2	90,4	14,1
B3	79,5	91,97	15,7
B4	79,5	91,97	15,7
B5	79,5	90,65	14

Tabel 4. Hasil reganagan Pengujian tarik dengan perlakuan *Chamfering*

Kode Bahan	Panjang Ukur Lo (mm)	Panjang Patah Li (mm)	Regangan (%)
A1	79,77	91,3	14,5
A2	80,9	91,8	13,5
A3	79,7	91,89	15,3
A4	79,74	91,15	14,3
A5	79,5	90,72	14,1

Modulus elastisitas (E)

Tabel 5. Hasil Modulus Elastisitas Pengujian tarik dengan perlakuan *Chamfering*

Kode Bahan	Tegangan Maksimum (Mpa)	Regangan (%)	Modulus Elastisitas (MPa)
B1	500,56	15,3	3271,63
B2	499,70	14,1	3543,97
B3	504,64	15,7	3214,27
B4	493,25	15,7	3141,72
B5	502,88	14	3590

Tabel 6. Hasil Tegangan Maksimum Pengujian tarik tanpa perlakuan *Chamfering*

Kode Bahan	Tegangan Maksimum (Mpa)	Regangan (%)	Modulus Elastisitas (MPa)
A1	493,35	14,5	3402,41
A2	508,33	13,5	3765,41
A3	503,81	15,3	3292,88
A4	472,03	14,3	3300,90
A5	517,64	14,1	3671,21

Tegangan Luluh

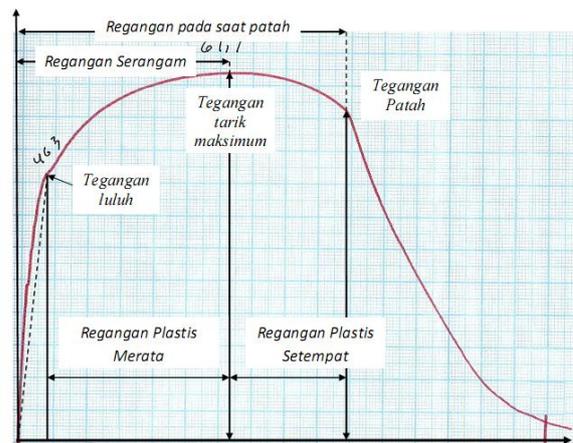
Tabel 7. Hasil Tegangan luluh Pengujian tarik dengan perlakuan *Chamfering*

Kode Bahan	Tegangan Luluh (Mpa)	Tegangan Luluh (Kg/mm ²)
B1	375,42	38,3
B2	373,56	38,1
B3	378,68	38,6
B4	374,61	38,2
B5	-	-

Tabel 8. Hasil Tegangan luluh Pengujian tarik tanpa perlakuan *Chamfering*

Kode Bahan	Tegangan Luluh (Mpa)	Tegangan Luluh (Kg/mm ²)
A1	-	-
A2	381,67	38,9
A3	381,92	39
A4	376,68	38,4
A5	387,81	39,6

Grafik Tegangan-Regangan



Gambar 3. Grafik Tegangan - Regangan

Dari grafik di atas diketahui regangan dan tegangan pada berbagai titik, yaitu pada saat luluh (yield), maksimal, dan pada saat material itu patah. Setelah melewati titik maksimal, material akan mengalami penurunan tegangan hingga pada akhirnya mengalami perpatahan.

Analisa Hasil Pengujian

Dari hasil Eksperimen uji yang dilakukan didapat nilai rata-rata Tegangan Tarik, Tegangan Luluh, Perpanjangan serta Modulus Elastisitas adalah sebagai berikut :

Tegangan Tarik Maksimum

- Metode *Chamfering* (Spesimen B)

Data yang diperoleh dari pengujian Dalam Kg/mm² adalah : 51.08, 50.99, 51.49, 50.33, 51.31

$$\text{Rata-rata} = \frac{51.08 + 50.99 + 51.49 + 50.33 + 51.31}{5} = 51,04 \text{ Kg/mm}^2$$

- Metode non-*Chamfering* (Spesimen A)

Data yang diperoleh dari pengujian : Dalam Kg/mm² adalah : 50.34, 51.87, 51.41, 48.17, 52.82

$$\text{Rata-rata} = \frac{50.34 + 51.87 + 51.41 + 48.17 + 52.82}{5} = 51,00 \text{ Kg/mm}^2$$

Tegangan Luluh

- Metode *Chamfering* (Spesimen B)

Data yang diperoleh dari pengujian : Dalam Kg/mm² adalah : 38.3, 38.1, 38.6, 38.2

$$\text{Rata-rata} = \frac{38.3 + 38.1 + 38.6 + 38.2}{4} = 38,3 \text{ Kg/mm}^2$$

- Metode non-*Chamfering* (Spesimen A)

Data yang diperoleh dari pengujian :

Dalam Kg/mm² adalah : 38.9, 39, 38.4, 39.6

$$\text{Rata-rata} = \frac{38.9, 39, 38.4, 39.6}{4} \\ = 38,98 \text{ Kg/mm}^2$$

Perpanjangan

- Metode *Chamfering* (Spesimen B)

Data yang diperoleh dari pengujian adalah:

15.3 %, 14.1 %, 15.7 %, 15.7 %, 14%

$$\text{Rata-rata} = \frac{15.3 \%, 14.1 \%, 15.7 \%, 15.7 \%, 14 \%}{5} \\ = 14,96 \%$$

- Metode non-*Chamfering* (Spesimen A)

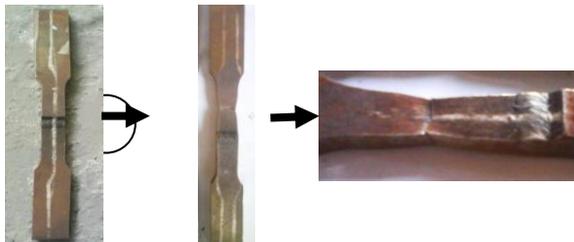
Data yang diperoleh dari pengujian adalah:

14.5 %, 13.5 %, 15.3 %, 14.3 %, 14.1%

$$\text{Rata-rata} = \frac{14.5 \%, 13.5 \%, 15.3 \%, 14.3 \%, 14.1 \%}{5} \\ = 14,34 \%$$

Berdasarkan rata-rata perhitungan diatas didapatkan data Tegangan Tarik, Tegangan luluh, maupun Perpanjangan dari kedua metode penyambungan pelat berbeda ketebalan (*enequal thickness*) pada tipe sambungan *Butt Joint* yaitu antara metode *Chamfering* dan *non-Chamfering* memiliki hasil pengujian tarik yang tidak memiliki perbedaan yang mencolok atau bisa dikatakan relatif sama.

Dari kedua metode tersebut pada kenyataannya didapati daerah perpatahan spesimen yang sama pula yakni di daerah yang mempunyai ketebalan pelat yang lebih tipis (pelat berketebalan 6 mm). Hal ini membuktikan bahwa kekuatan las dari kedua metode tersebut lebih besar jika dibandingkan kekuatan *Base Metal*/logam induknya sendiri. Daerah perpatahan tersebut dapat dilihat pada Gambar di bawah ini.



Gambar 4. Daerah Patáhan Spesimen pada pengujian tarik

Dari Kejadian ini penulis menyimpulkan beberapa faktor yang dapat mempengaruhi terjadinya perpatahan logam induk spesimen pada daerah yang memiliki ketebalan lebih tipis adalah sebagai berikut :

1. Tingkat keterampilan seorang tukang las.
2. Pemilihan desain sambungan las.
3. Pemilihan elektroda sesuai jenis *Base Metal*nya.

Dari segi teknis pada akhirnya dapat ditarik kesimpulan bahwa penyambungan pelat dengan ketebalan berbeda (*enequal thickness*) pada tipe sambungan *Butt Joint* dengan metode *Chamfering* maupun *non-Chamfering* keduanya dapat diaplikasikan pada tempat yang sama, posisi yang sama, serta spesifikasi *Base Metal* dan *Filler Metal* yang sama pula. Karena kesamaan tersebut maka akan ditinjau kemudian dari segi ekonomisnya, apakah kedua metode tersebut tingkat ekonomisnya berimbang atau salah satunya lebih ekonomis dari yang lain sehingga dapat dijadikan rekomendasi pemilihan metode penyambungan yang lebih menguntungkan diterapkan dilapangan.

Analisa Biaya

Dari hasil pengujian tarik yang dilakukan berdasarkan standard pengujian BKI Vol VI 2006 didapatkan hasil kekuatan tarik maksimal, Tegangan luluh, Regangan, modulus elastisitas antar pengelasan dengan menggunakan metode *chamfering* dan tanpa metode *Chamfering* pada pengelasan *butt joint* dengan ketebalan pelat berbeda menunjukkan hasil yang relatif sama. Karena kesamaan tersebut maka akan timbul pertanyaan perlakuan mana yang sebenarnya lebih efektif digunakan di lapangan. Dari kenyataan tersebut maka penulis akan mengkaji penyambungan dari segi analisis biaya agar ditemukan tingkat efisiensi yang nantinya akan digunakan sebagai rekomendasi selanjutnya.

Perbedaan mendasar yang dijumpai pada penyambungan pelat dengan metode *Chamfering* dan tanpa perlakuan *Chamfering* adalah perlakuan sebelum pengelasan yang menyangkut pembuatan *Chamfering* dan pada konsumsi penggunaan elektroda. Yang menyebabkan konsumsi elektroda pada proses pengelasan tanpa *Chamfering* lebih banyak adalah jumlah lajur pengelasan yang terlapis

(layer) yang diterapkan lebih banyak, tetapi di sisi lain untuk pengerjaan pembuatan *Chamfering* sendiri tidak diperlukan.

Perhitungan analisa biaya ditinjau dari dua aspek, berdasarkan upah pekerja dan konsumsi penggunaan elektroda, sehingga perhitungan analisis biaya keseluruhan perbandingan antara metode *Chamfering* dibandingkan dengan metode *non-Chamfering* baik ditinjau dari upah pekerja maupun penggunaan elektroda dapat dilihat dari tabel berikut.

No	Metode	Bagian-bagian yang ditinjau		
		Upah pekerja	Penggunaan elektroda	
			Terpakai	Digunakan
1	<i>Chamfering</i>	Rp 5610	Rp 558	Rp 1944
2	<i>non-Chamfering</i>	Rp 6451	Rp 954	Rp 2592
		Rp 841	Rp 395	Rp 648

Tabel 9. Analisa Biaya antara Metode *Chamfering* dengan Metode *Non-Chamfering*.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses penyambungan pelat yang berbeda ketebalan menggunakan dua macam metode yaitu metode *Chamfering* (menyamakan ketebalan pelat pada sisi yang akan disambung) dan *non-Chamfering*. Hasil tegangan Tarik, tegangan luluh, dan perpanjangan dari kedua metode penyambungan tersebut memiliki hasil pengujian yang relatif sama yaitu sebagai berikut :

- a) Metode *Chamfering*
 - Kekuatan Tarik maksimum **51,04 Kg/mm²** atau **500,21 Mpa**
 - Kekuatan luluh **38,3 Kg/mm²** atau **375,57 Mpa**
 - perpanjangan **14,96 %**
- b) Metode *non-Chamfering*
 - Kekuatan Tarik maksimum **51,00 Kg/mm²** atau **499,03 Mpa**
 - Kekuatan luluh **38,98 Kg/mm²** atau **382,02 Mpa**
 - perpanjangan **14,34 %**

2. Daerah perpatahan dari kedua metode tersebut memiliki persamaan yaitu di daerah

yang mempunyai ketebalan pelat yang lebih tipis (pelat berketebalan 6 mm), ini membuktikan kekuatan sambungan las dari kedua metode tersebut lebih besar dari pada kekuatan material/logam induknya masing-masing

3. Penyambungan pelat dengan ketebalan berbeda (*unequal thickness*) pada tipe sambungan *Butt Joint* dengan metode *Chamfering* maupun *non-Chamfering* keduanya dapat diaplikasikan pada tempat yang sama, posisi yang sama, serta spesifikasi *Base Metal* dan *Filler Metal* yang sama. Tetapi bila ditinjau berdasarkan hasil analisa biaya menunjukkan perlakuan dengan metode *Chamfering* merupakan metode yang lebih ekonomis bila dibandingkan dengan metode *non-Chamfering*.

SARAN

Selanjutnya dari pembahasan penelitian ini, dapat dirangkum beberapa pertimbangan saran sebagai berikut :

1. Melihat hasil pengujian terhadap spesimen dengan metode *Chamfering* dan *non-Chamfering* terdapat kesamaan tetapi dari segi biaya metode *Chamfering* memiliki tingkat ekonomis yang lebih menguntungkan sehingga penulis merekomendasikan metode *Chamfering* sebagai metode yang seharusnya digunakan apabila ditemukan penyambungan pelat yang memiliki perbedaan ketebalan.
2. Sekiranya pada penelitian mendatang dapat dianalisa pula kekuatan penyambungan pelat dengan ketebalan berbeda didasarkan pada uji kekuatan Fatik lain misalnya saja *Bending Test* atau *Impact Test*.

DAFTAR PUSTAKA

1. American Welding Society, *Certification Manual for Welding Inspectors Fourth Edition*, Miami: American Welding Society, 2000.
2. AWS D 11 Committee on Structural Welding, *AWS D1.1 Structural Welding*, Miami: American Welding Society, 2001
3. Biro Klasifikasi Indonesia Volume VI, *Rules For Welding*, Jakarta: Biro Klasifikasi Indonesia, 2007
4. Callister Jr, W.D, *Material Science and Engineering*, New York: John Willey and Sons Inc, 1994

5. PT Intan Pertiwi Industri, *Tuntunan Pengelasan Shielded Metal Arc Welding*, Jakarta: PT Intan Pertiwi Industri, 1997
6. PT PAL Indonesia, *PAL Shipbuilding Quality Standard*, Surabaya: PT PAL Indonesia, 2006
7. PT PAL Indonesia, *Welding Detail & Procedure*, Surabaya: PT PAL Indonesia, 2006
8. Wiryosumarto. H dan Okumura, *Teknologi Pengelasan Logam*, Jakarta: PT. Pradnya Paramita, 2000