

Pengaruh Panjang Lap Joint Terhadap Beban Tarik pada Sambungan Pipa Kapiler Tak Sejenis Menggunakan Torch Brazing

Ario Sunar Baskoro^{1,a*}, Choirun Cahyoabdi^{1,a}

¹Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok, Indonesia (16424)

Tel : (+62 21)7270032 ext 203. Fax : (+62 21)7270033

Tel : (+62 21)7863510. Fax : (+62 21)7872350

^aemail : ario@eng.ui.ac.id

Abstrak

Torch brazing merupakan proses brazing yang menggunakan bahan bakar gas untuk menyalakan busur api sebagai sumber panasnya, pada umumnya menggunakan perpaduan gas oksigen dengan acetylene (oxy-acetylene). Konsep dasar dari proses brazing ini adalah dengan memanaskan logam pengisi hingga mencapai titik lelehnya tanpa melebihi titik leleh logam dasar yang akan disambung. Setelah logam pengisi mengalami pendinginan, secara otomatis akan memberikan kekuatan pada struktur sambungan. Penambahan panjang lap joint pada proses brazing akan mempengaruhi kualitas sambungan dan kekuatan pada beban tariknya. Pada penelitian ini akan diketahui pengaruh panjang lap joint terhadap kekuatan sambungan tembaga C1100T dan baja rendah karbon Bundy. Konfigurasi panjang lap joint yang paling optimal akan diketahui dari hasil beban tarik dan kualitas penyebaran material pengisi di area penyambungan. Beban tarik dan jarak antar sambungan adalah faktor yang mempengaruhi kekuatan dari sambungan brazing.

Kata kunci : torch brazing, beban tarik, jarak antar sambungan, kekuatan sambungan logam tak sejenis

Pendahuluan

Berbicara tentang industri perkapalan, tak lepas dari perangkat sistem pendukungnya. Beberapa diantaranya adalah distribusi bahan bakar, bilga, balas, distribusi air tawar dan air laut, pelumasan, pemadam kebakaran, sistem tata udara dan sistem pendingin mesin utama kapal [1]. Sistem pendingin mesin utama pada kapal menggunakan *heat exchangers*, dimana cairan yang panas didinginkan dengan air laut, proses penyerapan panas (pendinginan) akan maksimal dengan adanya dua saluran fluida berbeda yang terjadi di permukaan. *Marine heat exchangers* terdiri dari dua aliran cairan yang berlawanan arah (*counter or contra flow*) [2]. Dalam pembuatan *heat exchanger*, terdapat proses penyambungan komponen seperti penyambungan pipa kapiler yang berbeda jenis materialnya, proses penyambungan yang sangat mungkin dilakukan dalam manufaktur *heat exchanger* adalah proses *brazing*.

Brazing salah satu teknik penyambungan material dimana logam pengisi atau filler

yang berfungsi sebagai perekat ditempatkan diantara permukaan sambungan, logam pengisi adalah logam non-fero yang mempunyai temperature leleh diatas 450°C tetapi di bawah titik cair logam dasar. *Brazing* merupakan metode *diffusion bonding* (ikatan difusi), jenis ikatan ini dapat diaplikasikan pada beberapa material yang berbeda jenisnya [3]. Pada tabel 1 akan dijelaskan tentang karakteristik logam bila disambung.

Tabel 1. Karakteristik penyambungan *dissimilar metal* [3].

	Al + alloys	Cu + alloys	Carbon Steel	Stainless steel	Ni + alloys	Ti + alloys	Al ₂ O ₃	Si ₃ N ₄	SiC
Al + alloys	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Cu + alloys	Red	Red	Red	Red	White	Red	Red	White	White
Carbon Steel	Red	Red	Red	Red	White	Red	Red	White	White
Stainless steel	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	White	White
Ni + alloys	Red	White	White	Red	Red	Red	Red	White	White
Ti + alloys	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	White	White
Al ₂ O ₃	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	White	White
Si ₃ N ₄	Red	White	White	White	White	White	White	White	White
SiC	Red	White	White	White	White	White	White	White	White

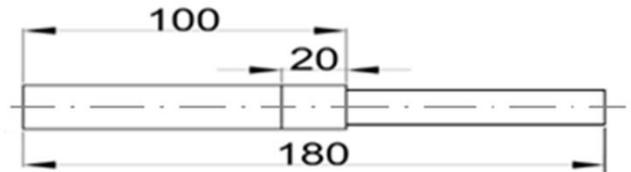
direct bonding possible
 not examined
 possible with interlayers

Terdapat tiga metode *brazing* yang dibedakan berdasarkan sumber panasnya yaitu, *torch brazing*, *induction brazing*, dan *furnace brazing* [4]. *Torch brazing* merupakan proses *brazing* yang menggunakan bahan bakar gas untuk menyalakan busur api sebagai sumber panasnya, pada umumnya menggunakan perpaduan gas oksigen dengan *acetylene* (*oxy-acetylene*). Panas api yang dihasilkan oleh *oxy-acetylene* diterapkan pada benda kerja hingga mencapai suhu kerja *brazing*, kemudian logam pengisi akan melebur dan memberikan kekuatan pada struktur sambungan [5]. Proses *torch brazing* sangat sering digunakan di industry karena memiliki beberapa keuntungan yaitu, sangat memungkinkan untuk proses penyambungan pipa, prosesnya tergolong sangat ekonomis dari segi biaya, tidak membutuhkan tenaga kerja yang ahli, juga sangat mungkin untuk diaplikasikan pada berbagai jenis *assembly*, dapat menyambung metal yang tidak sejenis (*dissimilar metal*), dapat menyambungkan metal dengan ketebalan yang berbeda, pemanasan yang dibutuhkan adalah pemanasan lokal sehingga distorsi cenderung rendah dibandingkan *welding* dan temperatur kerja rendah sehingga *base metal* tidak mengalami perubahan fase [6]. Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan pengujian *torch brazing* pada sambungan batang tembaga - batang baja menggunakan tekanan [4] serta pada plat tembaga - plat baja [7]. Pada penelitian ini dipilih metode *torch brazing* tanpa penggunaan tekanan

untuk sambungan tembaga C1100T dan baja rendah karbon Bundy dan mendapatkan pengaruh panjang lap joint terhadap kekuatan.

Prosedur Percobaan

Material Uji dan Proses *Torch Brazing*



Gambar 1. Dimensi spesimen uji

Pada penelitian ini *specimen* yang diuji yaitu *dissimilar metal* (**Bundy steel** dan C1100T *copper*). *Specimen* yang digunakan adalah pipa kapiler dengan dimensi seperti yang ditunjukkan pada gambar 1 yaitu p=100 mm d=5.5mm dan jenis sambungan *lap joint*. Berikut di bawah ini tercantum *mechanical properties of Bundy steel* ditunjukkan pada tabel 2 dan 3 dan C1100 *cooper* ditunjukkan pada tabel 4 dan tabel 5 [8].

Tabel 2
Mechanical properties of *Bundy steel* [ASTM A254]

Name	C	Mn	P	S
Bundy	0.06-0.18	0.27-0.63	0.035	0.035

Tabel 3
Mechanical properties of *Bundy steel* [ASTM A254]

Name	Section Size (mm)	Tensile Strength (MPa)	Yield Strength (MPa)	Elongation (%)
Bundy	0.5-0.7	290	180	25

Tabel 4
Chemical composition of C1100T (%) [ASTM B175M]

Symbol	Cu	P
C1100T	99.9	0.008

Tabel 5
Mechanical properties of C1100T [ASTM B75M]

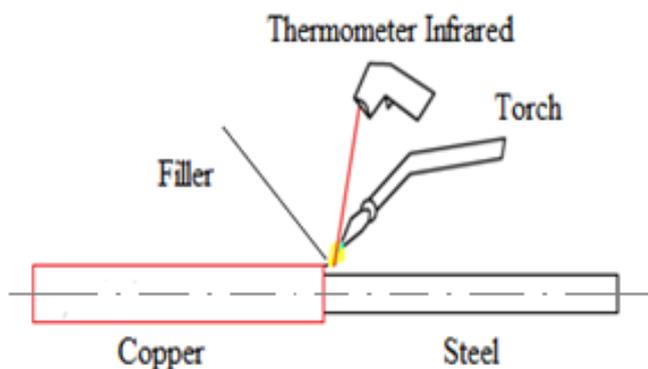
Symbol	Section Size (mm)	Tensile Strength (MPa)	Yield Strength (MPa)	Shear Strength (MPa)
C1100T	0.8 - 1	205	193	172

Berpedoman pada AWS A5.8 BS EN 14640 tipe *brazing filler* yang tepat untuk digunakan pada penelitian ini adalah RB CuzN-A CuZ40. *Brazing filler* jenis sangat cocok untuk proses *brazing* antara *copper*, *steel* dan *cast iron*.

Tabel 6
Chemical composition filler RB CuzN-A CuZ40 [standard A5.8]

RB CuzN-A CuZ40 (standard A5.8 BS EN 14640)				
Sn	Cu	Zn	Other	Solids/liquids
0.6	59	Bal	0.5	886/901

Proses *brazing* pada percobaan kali ini menggunakan fluks STAY-SILV (WHITE FLUX) tipe SSWF60 60#PAIL dengan spesifikasi Meets Federal Spec. of 449 tipe B AWS A5.31 Class FB3A AMS 3410. Fluks ini dapat digunakan untuk semua metode *brazing*, bekerja pada temperatur rendah untuk *filler* perak [9].

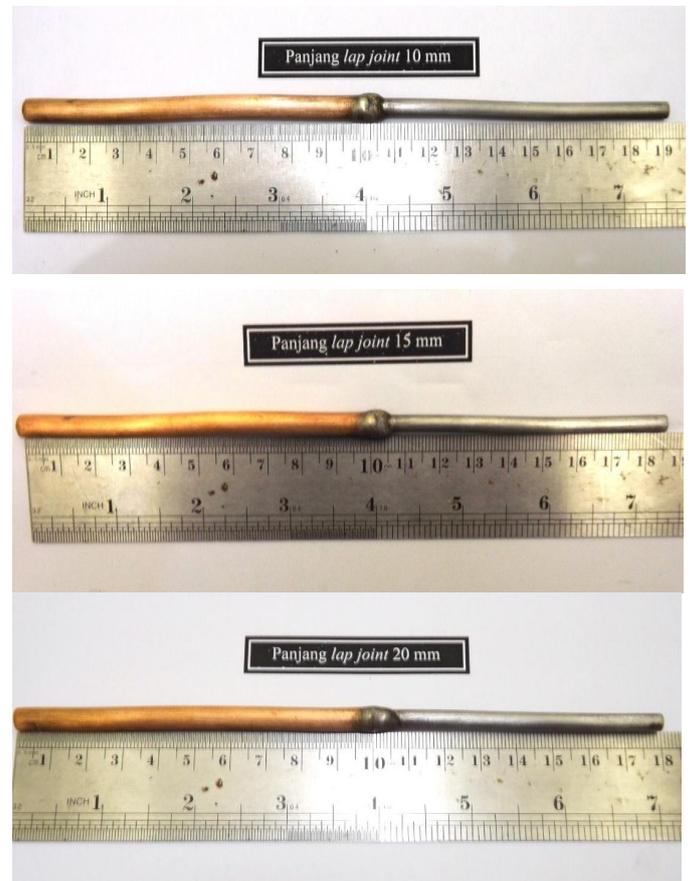


Gambar 2. Skema proses *torch brazing*

Gambar 2 menunjukkan skema proses *torch brazing* yang dilakukan pada penelitian ini. Sumber panas pada proses ini berasal dari

oxy-acetylene gass, panas yang diberikan pada sampel dibatasi antara 630-660 °C.

Panjang *lap joint* yang divariasikan mulai dari 10 mm, 15 mm, dan 20 mm. Sampel yang berhasil tersambung nantinya akan diuji tarik untuk mendapatkan besar kekuatan tarik dari sambungan. Selain uji tarik, pengamatan metalografi juga dilakukan dalam penelitian ini.

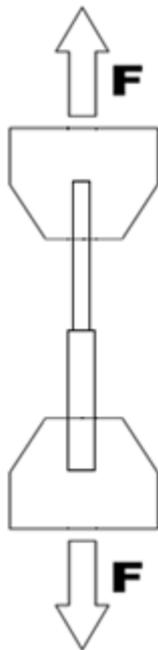


Gambar 3. Hasil sambungan menggunakan *torch brazing*

Uji tarik dan metalografi



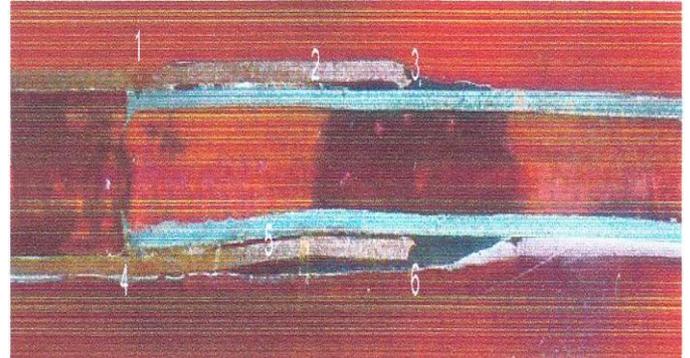
Gambar 4. Mesin uji tarik SHIMADZU AGS-50 kN



Gambar 5. Skema uji tarik

Proses uji tarik pada penelitian ini menggunakan mesin tarik SHIMADZU AGS-50 kN yang dilakukan di Sentra Teknologi Polimer Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (STP BPPT) Puspitek, Serpong. Sampel berupa *specimen* uji berbentuk pipa kapiler. *Specimen* dikondisikan pada temperatur 23°C dan kelembaban relatif 50%

selama lebih dari 48 jam sebelum dilakukan pengujian *tensile* menggunakan alat *Universal Testing Machine (UTM)* berkapasitas maksimum 50 kN dengan jarak grip sebesar 115 mm, kecepatan penarikan sebesar 5 mm/menit pada temperatur 20.6 °C dan kelembaban relatif 55%.

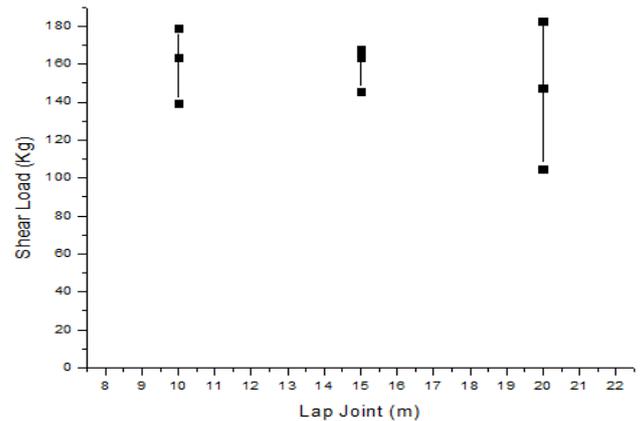


Gambar 5. Sampel pengamatan metalografi

Sebelum mengambil foto makrostruktur, sampel yang ingin diuji harus dipreparasi terlebih dahulu. Preparasi sampel meliputi sectioning, mounting, grinding, polishing, dan etching. Untuk sampel yang telah dipreparasi dilakukan pengamatan dan pengambilan foto makrostruktur dengan perbesaran 50 kali. Pengukuran jarak sambungan (*joint clearance*) tidak dapat dilakukan pengambilan gambar maka dilakukan pencatatan manual sesuai dengan skala yang ditampilkan pada mikroskop dalam satuan micron (μm). Pencatatan dilakukan sebanyak tiga kali pada setiap sampel untuk mendapat standar deviasi agar lebih presisi.

Hasil dan analisis data

Hasil uji tarik



Gambar 4.2 Pengaruh *length of lap joint* terhadap *shear load*

Gambar 6. Sampel setelah diuji tarik

Pada uji tarik yang telah dilakukan, dapat dilihat bahwa hampir semua patahan pada *specimen* terdapat pada daerah *heat affected zone* (HAZ) tembaga, hal ini terjadi karena adanya perubahan struktur pada daerah HAZ akibat pemberian panas dan *tensile strength* tembaga lebih rendah dibandingkan baja. Beberapa *specimen* patah pada HAZ baja, hal ini dikarenakan baja yang digunakan terdapat crack akibat korosi, hal ini dapat mengurangi *tensile strength* pada baja itu sendiri. kualitas struktur baja berkurang akibat material yang digunakan adalah material bekas pakai, terdapat cacat pada beberapa material baja. Pada penelitian ini terpaksa digunakan material baja bekas pakai, karena dipasaran tidak tersedia pipa kapiler baja selain untuk kebutuhan manufaktur skala besar.

Tabel 7

Data hasil uji tarik

No	Parameter	Shear Load (kg)	Mean Shear Load (kg)	Standart Deviation (kg)
	Panjang <i>lap joint</i> (mm)			
1	10	163.50	160.61	19.81
2	10	178.83		
3	10	139.51		
4	15	163.66	159.14	11.70
5	15	167.90		
6	15	145.86		
7	20	104.97	145.17	39.04
8	20	182.95		
9	20	147.59		

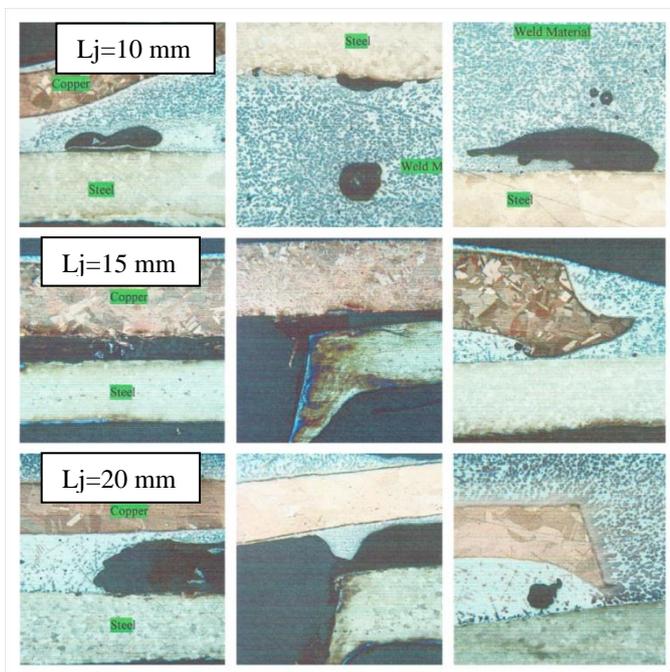
Pada *lap joint* 15 mm beban tarik maksimum yang dihasilkan sebesar 167.90 kg, hasil ini lebih kecil dibandingkan dengan beban tarik masimal pada *lap joint* 10 mm sebesar 178.83 kg, hal ini dikarenakan pada *lap joint* 10 mm terjadi peleburan logam pengisi yang merata pada sambungan, logam pengisi dapat masuk ke sisi dalam *lap joint* dengan baik. Sedangkan pada pada *lap joint* 15 mm, peleburan material pengisi sulit masuk ke dalam *lap joint*, melainkan material pengisi hanya menyebar disisi luar sambungan, hal ini mengurangi kekuatan sambungan yang akan dihasilkan. Beban tarik akan sangat maksimal pada *lap joint* 20 mm, yaitu sebesar 182.95 kg, dapat dikatakan bahwa penambahan panjang *lap joint* yang cukup besar akan sangat mempengaruhi penambahan beban tarik yang dihasilkan, peleburan material pengisi yang tidak merata dapat disiasati dengan penambahan panjang *lap joint*, penambahan panjang *lap joint* akan menambah luas penampang sambungan, sehingga material pengisi yang akan masuk ke sisi dalam sambungan akan lebih banyak walaupun tidak merata.

Kekuatan struktur sambungan akan lebih maksimal apabila dilakukan proses *polarizing*. Proses *polarizing* merupakan penambahan diameter pipa, rekayasa ini sangat efektif untuk membuat logam pengisi yang melebur dapat masuk dengan merata disisi dalam *lap joint*, dengan begitu struktur sambungan menjadi baik karena *filler* dapat mengisi

semurna pada sisi dalam sambungan dan tidak hanya menyebar disisi luar *lap joint*.

Hasil uji metalografi

Pengambilan gambar sampel yang sebelumnya telah dilakukan preparasi yang merupakan faktor kritis dalam pencahayaan mikroskop berupa *sectioning, mounting, grinding, polishing, dan etching*. Dalam metalografi untuk tahapan *etching* yang biasa menggunakan *reagen* etsa berupa nital 2% pada material baja, dikarenakan jenis sambungan yang berbeda material yaitu baja **Bundy** dan tembaga C1100T maka dalam penelitian ini sampel tidak dilakukan pengetsaan dan hanya dilakukan pembersihan dengan alkohol 70%. Perbesaran gambar dengan menggunakan mikroskop optik untuk makrostruktur sebesar 50 kali dan untuk mikrostruktur sebesar 200 kali.



Gambar 7. Foto makrostruktur perbesaran 50x

Pada gambar 7 terdapat sembilan gambar makrostruktur untuk tiga sampel, dari kesembilan gambar tersebut dapat diamati jarak antar sambungan dan kualitas penyebaran *filler* pada penambahan panjang *lap joint* setelah mengalami pemanasan pada proses *torch brazing*. Perubahan jarak antar sambungan (*joint clearance*) pada penambahan panjang *lap joint* tidak terlihat

secara signifikan. Hal ini terjadi akibat parameter lain seperti pemberian gaya tekan tidak diberikan dalam penelitian ini.

Pada penambahan panjang *lap joint* dapat dilihat bahwa, semakin panjang *lap joint*, maka semakin besar juga luas penampang sambungannya, hal ini dapat membuat volume *filler* yang melebur dapat masuk lebih banyak ke dalam sisi sambungan walaupun *filler* tidak menyebar secara merata. Namun pada panjang *lap joint* yang sedikit, juga dapat memudahkan *filler* masuk kesisi dalam, bedanya adalah, penyebaran *filler* dapat dikatakan lebih merata. Secara fisik dapat dikatakan semakin besar penambahan panjang *lap joint* dan penyebaran *filler* secara merata akan meningkatkan kualitas sambungan *dissimilar metal* pada proses *torch brazing* ini. kekuatan sambungan yang paling optimal terdapat pada sampel dengan panjang *lap joint* 20 mm.

Kesimpulan

Pada konfigurasi panjang *lap joint* sebesar 10 mm mengalami penyebaran logam pengisi yang merata, baik disisi bagian dalam area penyambungan maupun disisi luar permukaan sambungan. Hal ini memberikan nilai kekuatan tarik yang cukup baik yaitu 178.83 kg dengan standar deviasi sebesar 18.81 kg. Ketika dilakukan penambahan panjang *lap joint*, maka luas permukaan penyambungan juga akan bertambah, hal ini memungkinkan volume material pengisi yang masuk ke sisi dalam area penyambungan lebih banyak, namun hal ini berbanding terbalik dengan kualitas penyebaran material pengisinya, semakin panjang *lap joint*, maka semakin sulit material pengisi untuk menyebar merata disisi dalam area penyambungan. Dapat terlihat, dengan memaksimalkan panjang *lap joint* menjadi 20 mm, nilai kekuatan tarik yang dihasilkan akan semakin baik, yaitu sebesar 182.95 kg. Maka, besarnya kekuatan tarik berbanding lurus dengan kualitas penyebaran material pengisi dan penambahan panjang *lap joint*-nya. Selain kualitas penyebaran material pengisi dan panjang *lap joint*-nya, faktor lain yang mempengaruhi kekuatan tarik pada

penelitian ini adalah kualitas dari material uji yang akan digunakan.

Referensi

- [1] Wibowo Mukti, Permesinan Kapal 4, Program Studi Teknik Perkapalan, Universitas Indonesia, 2014.
- [2] Taylor D.A., Introduction to Marine Engineering, Revised Second Edition, 1996.
- [3] Panatutua John, Studi Pengaruh Proses Brazing Terhadap Ketahanan Korosi, Universitas Indonesia, 2012
- [4] A.S. Baskoro, R.A. Wicaksana, P. Supermando, Development of Pressure Torch Brazing System, Applied Mechanics and Materials, Vol. 660 (2014), pp 327-331.
- [5] S. Metco, An introduction to brazing, *Fundamentals materials processing (3rd ed.)*, 2011.
- [6] ASM International, ASM Handbook volume 6 Welding Brazing and Soldering, 1993.
- [7] A.S. Baskoro, A. Fauzan, Effect of Pressure and Length of Lap Joint on Shear Load and Joint Clearance During Dissimilar Metal Joining Using Torch Brazing, Proceeding of the 14th International Conference on Quality in Research 2015, Lombok, 2015
- [8] Standard Specification for Seamless Cold-Drawn Low-Carbon Steel Heat-Exchanger and Condenser Tubes [online] available : <http://www.astm.org/Standards/A179.htm>
- [9] Harris Products Group, 2014, *Turn up the brazing heat.*, [Online] Available:<http://www.harrisproductsgroup.com/en/Expert-Advice/Articles/turn-up-the-brazing-heat.aspx>. [Accessed 16 Desember 2014].