

Analysis of Tensile Strength Steel Plate Connections Las At ST 42 KS BKI by electrodes AWS E 6013 / E 7018 Heinmoller PTE LTD

Ponidi

Program Studi Teknik Mesin UMSurabaya
ponidi_72@yahoo.com, ponidist@gmail.com

ABSTRACT

Welding procedure seems simple, but actually requires knowledge of appropriate definition of the welding. Metallurgical bonding of metal in a liquid state is a fundamental principle in welding. The welding process can cause changes in the mechanical properties, physical and material structure in the weld so that it can affect the strength of the weld. The decline in the quality of welding is generally caused by improper welding way. Welding procedures actually have a standard, but the standard is not a guarantee of quality. The strength of welded joints in steel plates ST 42 KS BKI determined by the ability of welders (skills), welding position and the type of electrode. This study uses a steel plate ST 42 KS BKI with webbed arc welding (SMAW) with electrodes AWS E 6013 / E 7018 Heinmoller PTE LTD and welding position 5G. Tensile test object adapted to ASTM standards. The position of the test specimen using a standard ASME SECTION IX. Testing tensile test specimens using a tensile testing machine. From the results of this study showed the average value of 401.186 MPa tensile stress. This proves that the tensile strength of welded joints of steel plates ST 42 KS BKI position 5G welding electrodes AWS E 6013 / E 7018 can be said that the above-mentioned electrode in accordance with the specifications issued by the certificate industrial. Kandungan carbon element for specimens A and C by 6.18% and 6.66% while industrial certificat Only 0.10%, which could lead to connection will be harder but it has a low ductility. The content of Mn specimens A and C of 0.41% while Cert industry by 1.6%.

Keywords: welding, steel plates, electrode type, welding position, tensile stress and microstructure

1. PENDAHULUAN

Pada mulanya pemakaian pengelasan hanya berfungsi sebagai perbaikan dan pemeliharaan dari semua alat-alat yang terbuat dari logam baik sebagai proses penambalan retak-retak, penyambungan sementara, maupun sebagai alat pemotongan bagian-bagian yang dibuang atau diperbaiki. Kemajuan teknologi dewasa ini semakin pesat, demikian pula yang terjadi di Indonesia sangat membutuhkan teknik pengelasan yang baik. Perkembangan teknologi ini dapat dilihat dengan semakin kompleksnya proses penyambungan logam dengan pengelasan. Pada proses pengelasan ada beberapa faktor yang menentukan keberhasilan dalam pengelasan, dimana perubahan logam yang disambung diharapkan mengalami perubahan sekecil-kecilnya sehingga mutu las tersebut dapat dijamin.

Pengelasan (welding) merupakan salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan

atau tanpa logam penambah dan menghasilkan sambungan yang kontinyu. Definisi las menurut DIN (Deutsche Industrie Normen) adalah ikatan metalurgi pada logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan cair atau lumer. Jadi pengelasan dapat diartikan dengan suatu proses menyambung logam dengan menggunakan energi panas, dalam keadaan cair dengan menggunakan bahan tambah atau tanpa bahan tambah. Mengelas menurut Alip (1989) adalah suatu aktifitas menyambung dua bagian benda atau lebih dengan cara memanaskan atau menekan atau gabungan dari keduanya sedemikian rupa sehingga menyatu seperti benda utuh. Penyambungan bisa dengan atau tanpa bahan tambah (*filler metal*) yang sama atau berbeda titik cair maupun strukturnya. Proses pengelasan dapat menyebabkan perubahan sifat mekanik, fisik, kimia, serta struktur dari bahan yang di las, yang dapat berpengaruh terhadap kekuatan dari sambungan las. Pengujian dan pemeriksaan las dalam hal ini dilakukan untuk kepentingan berbagai pihak. Pihak-pihak yang berkepentingan dalam hal ini adalah produsen, konsumen dan pihak ketiga misal lembaga-lembaga akademi dan sebagainya. Pemeriksaan

dan pengujian las dapat memberikan berbagai informasi penting diantaranya kekuatan konstruksi las dan menjamin mutu hasil pengelasan. Dari pengamatan yang telah dilakukan penurunan kualitas las pada umumnya disebabkan oleh cara pengelasan yang tidak tepat. Adapun cara pengelasan adalah merupakan salah satu hal yang sangat menentukan bagi kualitas las disamping faktor-faktor lainnya seperti misalnya temperatur pengelasan, jenis kawat las yang digunakan dan sebagainya. Prosedur pengelasan sebenarnya telah ditetapkan dalam berbagai standard, namun standard tersebut belum merupakan jaminan kualitas untuk mendapatkan hasil las sebagai yang telah diharapkan. Karena kekuatan sambungan las sangat sukar ditentukan secara perhitungan teoritis, sebab kemampuan juru las (*skill*) dari posisi pengelasan tidak bisa diabaikan begitu saja dalam menjamin kekuatan sambungan las.

Kualitas dan kekuatan sambungan las sangat dipengaruhi oleh posisi pengelasan yang dilakukan. Pengujian dan pemeriksaan sambungan las merupakan hal yang sangat menentukan dalam bidang teknik pengelasan logam. Pemeriksaan kekuatan ini lebih penting lagi dalam pengelasan plat. Hal ini disebabkan karena bentuk plat diposisi lambung kapal ada yang lengkung, maka posisi pengelasannya sangat memerlukan kekuatan sambungan lasnya dari satu posisi ke posisi lainnya untuk menentukan hasil yang optimal. Faktor-faktor yang sangat mempengaruhi mampu las dari plat baja adalah kekuatan tarik dan kepekaan terhadap retak las. Kekuatan tarik pada baja karbon rendah dapat dipertinggi dengan menurunkan kadar karbon C dan menaikkan kadar mangan Mn. Suhu transisi dari kekutan takik menjadi turun dengan naiknya harga perbandingan Mn/C. Di dalam baja rim terdapat pemisahan antara kulit dan bagian dalam yang menyebabkan kekuatan takik baja ini menjadi lebih rendah bila dibanding dengan baja kil dan baja semi kil. Sifat Mampu las adalah sifat menyatu logam las dengan logam induk yang cair pada waktu membeku (*compacitibily*), sifat guna pakai hasil sambungan las sesuai dengan desain (*Service Ability*), sifat logam yang di las memiliki sifat-sifat mekanik yang lebih baik/kuat (*Mechanical Ability*). Baja yang mempunyai kandungan karbon (C) akan mempengaruhi sifat mampu las dari baja tersebut. Baja karbon rendah mempunyai kepekaan retak las yang rendah bila dibandingkan dengan baja karbon medium, tinggi dan baja paduan.

Pola pemindahan logam cair sangat mempengaruhi sifat mampu las dari logam. Logam mempunyai sifat mampu las yang tinggi bila pemindahan terjadi dengan butiran yang

halus. Pola pemindahan cairan dipengaruhi oleh besar kecilnya arus dan komposisi dari bahan *fluks* yang digunakan. Bahan *fluks* yang digunakan untuk membungkus elektroda selama pengelasan mencair dan membentuk terak yang menutupi logam cair yang terkumpul di tempat sambungan dan bekerja sebagai penghalang oksidasi.

Daerah pengelasan terdiri dari 3 bagian yaitu logam lasan, daerah pengaruh panas (*head affeted Zone*) dan logam induk yang tak terpengaruhi. *Logam las* adalah bagian dari logam yang pada waktu pengelasan mencair dan kemudian membeku. Daerah pengaruh panas atau daerah *HAZ* adalah logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan cepat. Dengan adanya keharusan posisi pengelasan tertentu, maka akan memberikan hasil yang berbeda terhadap kekuatan dan kekerasan hasil lasan (Howard B.C, 1994). Untuk mengurangi kemungkinan tidak terjaminnya kekuatan sambungan las, adalah perlu melibatkan berbagai pihak yang relevan secara berkesinambungan, dan perlu adanya kesamaan pendapat serta pengertian agar saling memberikan masukan dan pengawasan yang positif. Berdasarkan wacana tersebut, maka dipandang perlu melakukan kajian analisis mengenai kekuatan sambungan las plat baja ST 42 KS BKI menggunakan elektroda AWS E6013/E-7018 dengan posisi pengelasan 5G. Dalam hal ini posisi pengelasan mempunyai peran ketika melakukan pengelasan plat yang memiliki kekuatan sambungan cukup kuat.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Penggunaan las dalam konstruksi kapal sangat penting dan saat ini semua kapal baja menggunakan pengelasan dalam penyambungan bagian – bagiannya. Oleh karena itu, perlu adanya pengkajian dan penelitian secara terus menerus untuk memperbaiki dan mengembangkan teknik – teknik pengelasan.

A. Cacat Las

Cacat las secara aktual sering kali terjadi dalam penyambungan las, diantaranya adalah : crack (retak) yaitu cacat las yang disebabkan oleh guncangan pada waktu proses pengelasan sehingga terjadi retak pada daerah las-lasan. Crater yaitu cacat las yang disebabkan karena mengkerutnya metal las pada akhir perjalanan proses pengelasan (akibat panas las berkurang). Porosity yaitu cacat las yang disebabkan oleh udara atau gas yang terkurung oleh las, sehingga dalam las terjadi rongga-rongga besar ataupun kecil. Slag yaitu cacat las yang disebabkan karena tertinggalnya slag atau metal lain dalam las. Incomplete penetration yaitu cacat las yang

disebabkan karena ketidaksempurnaan pengisian las pada kaki las. Undercut yaitu cacat las yang disebabkan karena termakannya metal induk pada waktu proses pengelasan sehingga menjadi lekukan pada kaki pinggiran metal induk. Worm hole yaitu cacat las yang disebabkan karena tertangkapnya gas pada proses pengelasan, sehingga berbentuk rongga memanjang seperti tabung.

B. Las SMAW

Pengelasan metode SMAW merupakan pengelasan dengan elektroda terbungkus, metode ini sangat banyak digunakan dalam pembangunan kapal dan reparasi kapal, disamping harga yang terjangkau, juga dikarenakan pengelasan dengan metode SMAW sangat fleksibel dalam penggunaannya. Baik itu pengelasan dengan posisi datar, horizontal, tegak (vertikal), ataupun posisi diatas kepala (overhead).

Dalam pengelasan, ada beberapa bagian bahan yang mempunyai sifat kekuatan bahan akibat proses pengelasan, diantaranya adalah : (1). Base metal (logam induk) merupakan bagian logam yang tidak mengalami perubahan struktur akibat pengelasan, (2). HAZ (Heat Affected Zone) merupakan daerah terpengaruh panas, daerah ini adalah yang paling lemah baik kekerasannya, keuletan dan tegangannya, karena struktur kristalnya banyak berubah, (3) Weld metal(logam las) merupakan logam las yang mencair dan melebur bersama logam induk, daerah ini adalah yang paling baik kekerasan dan tegangan tarik jika dalam pelaksanaan pengelasan memenuhi standard.

Menurut Ir. Soewefy, M.Eng. pengelasan dengan metode SMAW (Shield Metal Arc Welding) mempunyai beberapa keuntungan, sehingga penggunaannya cukup luas, diantaranya adalah :

□ Cara pengelasan ini dapat dikatakan cukup fleksibel, dapat menyambung logam yang mempunyai ketebalan tipis hingga tebal dengan bermacam – macam posisi pengelasan.

□ Lebih ekonomis karena modal yang diperlukan relatif kecil serta biaya pemeliharaannya lebih murah.

□ Penggunaannya lebih mudah, sehingga tidak terlalu sukar untuk melatih calon welder yang belum

C. Kekuatan sambungan las

Kekuatan sambungan las dihitung berdasarkan tegangan boleh dengan anggapan bahwa hubungan antara tegangan dengan regangan mengikuti hukum Hooke dengan syarat bahwa

tegangan terbesar yang terjadi tidak melebihi tegangan boleh yang telah ditentukan.

Sebagian besar bahan mengalami perubahan sifat dari elastis menjadi plastis yang berlangsung sedikit demi sedikit, dan dimana deformasi plastis mulai terjadi dan sukar ditentukan secara teliti. Tegangan luluh, biasanya didefinisikan sebagai tegangan luluh offset, adalah tegangan yang dibutuhkan untuk menghasilkan sejumlah kecil deformasi plastis yang ditetapkan. Tegangan luluh offset ditentukan dengan mengukur perpotongan antara kurva tegangan – regangan dengan garis sejajar dengan elastis offset regangan tertentu, pada umumnya garis offset diambil sebesar 0,2 % atau 0,1 % (Dieter, 1996).

D. Pengujian mutu hasil las

Ada 2 cara dalam pengujian mutu hasil las :

1. Pengujian tanpa merusak (NDT)
2. Pengujian dengan merusak (DT)

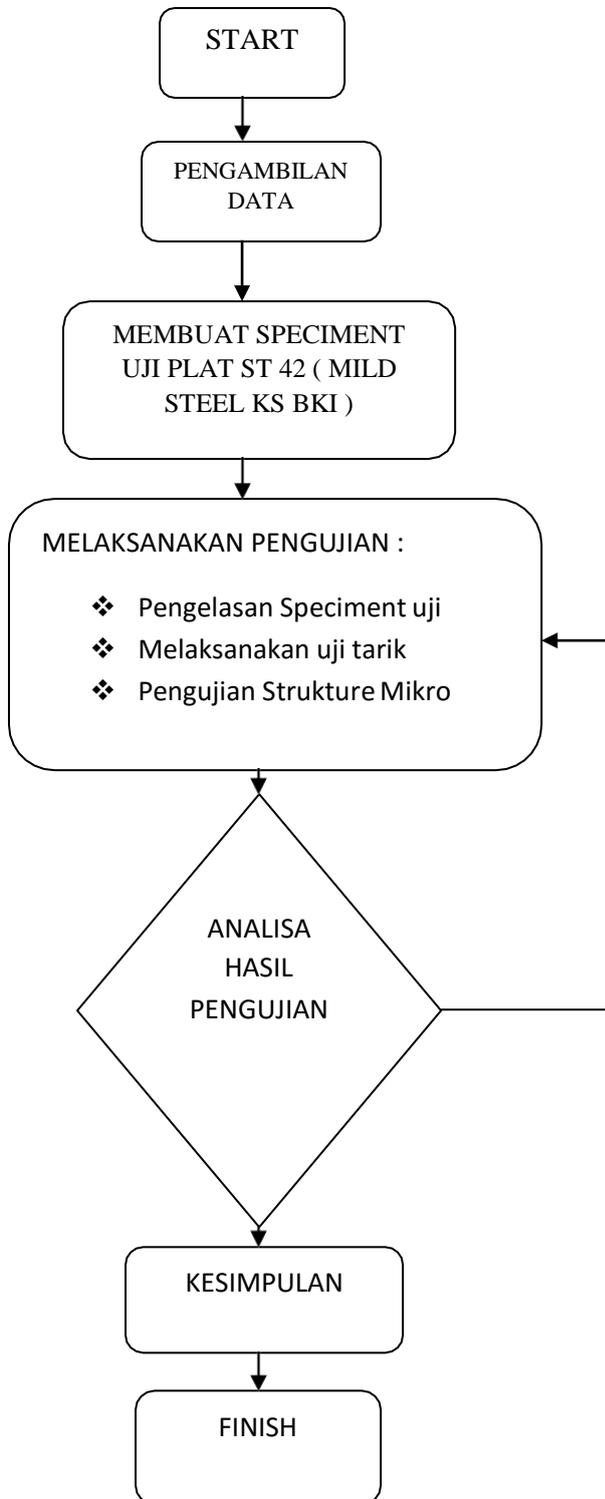
1. Pengujian tanpa merusak (Non Destructive Test / NDT)

Pengujian dengan cara ini, bahan atau specimen tidak mengalami kerusakan. Peralatan yang digunakan adalah menggunakan komponen gelombang elektromagnetik, gelombang suara, penyinaran dengan sinar tertentu dan cairan tertentu. Pengujian ini untuk mengetahui cacat luar maupun cacat dalam.

2. Pengujian dengan merusak (Destructive Test / DT)

Pengujian dengan cara ini, bahan atau specimen dirusak dengan alat tertentu untuk mendapatkan data yang dikehendaki. Pengujian ini terdiri dari pengujian tarik, tekuk, charpy, hardness

III. METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 1 Flow Chart Penelitian

Persiapan dan pelaksanaan pengelasan dilakukan dibengkel tertutup pada galangan kapal PT.Pal Indonesia(Persero), dengan metode pengelasan SMAW secara manual. Menggunakan trafo merk Kribow , arus bolak balik dengan polaritas lurus. Dalam pengelasan ini menggunakan metode dan prosedur pengelasan yang sudah digunakan oleh pihak galangan dengan personel / operator las galangan dengan sertifikat.

P.T. FABRIK KAPAL INDONESIA (PERSERO)
(P.T. PAL INDONESIA)
INDONESIAN SHIPBUILDING INDUSTRY

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION

Material specification	Grade A
Welding process	SMW
Manual or machine	Manual
Position of welding	One side flat other side overhead
Filler metal specification	AWI E6013
Filler metal classification	AWI E6013
Shielding gas	None
Weld metal grade	None
Single or multiple pass	Multiple
Single or multiple am	Single
Welding current	DC, Str. balow
Polarity	AC
Welding programme	None
Root treatment	Back grinding/ grinding
Preheat and interpass temperature	≥220°C. (425°F/min)
Post treatment	None

WELDING PROCEDURE

Pass no	Electrode size (mm)	Welding current		Travel speed (cm/min)	Joint detail (Sketch)
		Amps	Volts		
B1	4 #	105 - 130	22 - 30	-	
B2	4 #	105 - 170	22 - 30	-	
B3	5 #	150 - 220	22 - 30	-	
Bx	5 #	150 - 220	22 - 30	-	
P1	3x2 #	60 - 125	22 - 30	-	
P2	3x2 #	60 - 125	22 - 30	-	

This procedure may vary due to fabrication sequence, fit-up, pass size, etc., within the limitation of variation.

Prosedure Pengelasan standart

HEINMOLLER PTE LTD
A COMPANY PROVIDES STEEL FABRICATION & WELDING SOLUTION

Carbon Steel Electrode

MODEL: AWS E6013/E7018

BRAND: HEINMOLLER-HBWELD

PROCESS: Manual Arc Welding

SIZE AVAILABLE: (diameter x length)
 02.5mm x 300mm
 03.2mm x 350mm
 04.0mm x 400mm
 05.0mm x 400mm

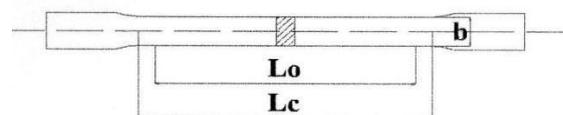
WEIGHT AVAILABLE:
 5kg per box
 4 boxes per carton

Type Model and Usage:

Model	Usages
E6013	For welding low carbon steel light-gauge sheet structures
E6016	For welding key structures of low carbon steel and low-alloy steel with same strength
E7016	For locking welding and back sealing welding is not necessary
E7018	High efficient welding electrodes for welding low-alloy steel structures
E7015	Suitable for welding key structures for medium carbon steel and 16Mn low-alloy steel structures

Product Speciment elektrode

Gambar rencana sambungan las Speciment yang digunakan dalam pengujian berjumlah 3 , dengan ketentuan standar pengujian ASTM



Gambar 2 Speciment Uji

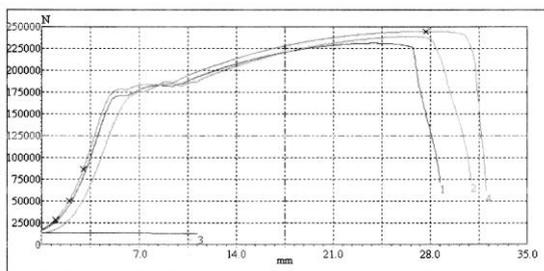
Simbol	Dimensi /ukuran
b	40 mm
Lo	100 mm
Lc	150 mm
t	10 mm

IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

A. Analisis hasil kekuatan tarik

HASIL PENGUJIAN TARIK KAWAT LAS CARBON STEEL ELECTRODE
MERK HEINMOLLER-HBWELD MODEL :AWS E6013/E7018

Test No.	Sample	Y.P	Y.S	Peak	100%	200%	300%
		N	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf
1		166412	16969	23580.92	18940.773	22466.439	-
2		143977	14886	24353.04	19017.367	23925.391	-
3		13773	1404	1404.48	1369.134	-	-
4		168066	17138	24960.69	2893.517	5141.117	8820.274
Average		123557	12599	18574.78	10555.197	17390.982	8820.274



Gambar 3 Hasil Uji Tarik

No Test	DIMENSI (mm)		Ao (mm²)	Y. Strenght (Kgf)	Peak/Max (Kgf)	δy (Kgf /mm²)	δu (Kgf/mm²)
	Lebar (mm)	Tebal (mm)					
1	40,01	10	400,1	16969	23580,92	42,41	58,93
2	39,5	10	395	14886	24353,04	37,69	61,65
3	40,21	10	402,1	17138	24960,69	42,62	62,08
Rata-rata			401,1866667				

Perhitungan hasil uji tarik

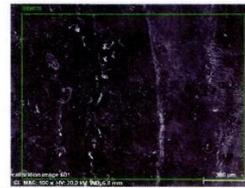
Hasil uji tarik sambungan las, bahan pelat baja ST 42 KS BKI grade A dalam kondisi normal (tidak cacat) dan tanpa perlakuan panas (raw), kekuatan tarik rata-ratanya adalah 401,186 Mpa , dan jika dibandingkan dengan spesifikasi yang dikeluarkan oleh Heinmoller PTE LTD untuk Type/ model elektrode las AWS E 6013 /E 7018 sebesar 400 Mpa bisa dikatakan bahwa elektrode tersebut diatas sesuai dengan spesifikasi yang telah dikeluarkan oleh Certificate industrial .

B. Analisis Metallografi

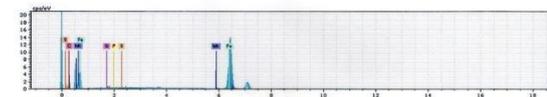
1. Struktur mikro logam induk

Pada daerah ini temperatur yang digunakan untuk sampel pengujian adalah tanpa perlakuan panas (raw), Struktur mikro pada daerah ini yang terbentuk tanpa perlakuan panas dan perlakuan panas adalah martensit. Hal ini terjadi karena logam induk mempunyai dasar bahan dengan butiran halus.

E6013/E7018



calibration image 601 Date:7/14/2011 10:15:19 AM Image size:512 x 384Mag:100xHV:20.0kV



Objects Date:7/14/2011 10:17:41 AM HV:20.0kV Puls th.:6.35kcps

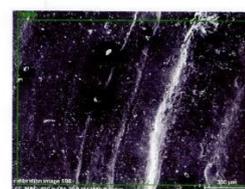
EL AN Series	unn.	C norm.	C Atom.	C Error
	[wt.%]	[wt.%]	[at.%]	[%]
C 6 K-series	6.26	6.66	24.86	0.9
Si 14 K-series	0.29	0.31	0.50	0.0
P 15 K-series	0.01	0.01	0.02	0.0
S 16 K-series	0.03	0.03	0.04	0.0
Mn 25 K-series	0.38	0.41	0.33	0.1
Fe 26 K-series	86.92	92.57	74.25	2.3
Total:		93.89	100.00	100.00

Gambar 4 Struktur Mikro Logam induk

2. Struktur mikro logam las

Pada daerah ini temperatur yang digunakan untuk sampel pengujian adalah tanpa perlakuan panas (raw), Struktur mikro yang terjadi pada daerah ini adalah ferit dalam bentuk kolumnar (pilar – pilar). Hal ini terjadi karena tingginya masukan panas dari pengelasan dan penambahan perlakuan panas bahan, sehingga menyebabkan struktur pilar semakin besar dan kasar. Dan disebabkan pula oleh proses pendinginan pada daerah ini begitu lambat, sehingga daerah ini rentan getas.

E6013/E7018



calibration image 590 Date:7/14/2011 9:17:55 AM Image size:512 x 384Mag:100xHV:20.0kV



Objects Date:7/14/2011 9:18:13 AM HV:20.0kV Puls th.:6.44kcps

EL AN Series	unn.	C norm.	C Atom.	C Error
	[wt.%]	[wt.%]	[at.%]	[%]
C 6 K-series	6.03	6.18	23.39	0.8
Si 14 K-series	0.17	0.18	0.28	0.0
P 15 K-series	0.02	0.02	0.04	0.0
S 16 K-series	0.07	0.07	0.10	0.0
Mn 25 K-series	0.40	0.41	0.34	0.1
Fe 26 K-series	90.95	93.15	75.85	2.4
Total:		97.65	100.00	100.00

Gambar 5 Struktur mikro logam las

Sama halnya dengan daerah HAZ dan logam induk, proses perlakuan panas dan tanpa perlakuan panas yang tidak begitu besarnya pada daerah logam las tidak terjadi perubahan yang signifikan terhadap struktur mikro yang terjadi.

Dengan menggunakan metode analyzed laboratory with SEM-EDX diperoleh result hasil komposisi struktur mikro sebagai berikut :



KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT (LPPM)
 Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, 60111
 Telp. (031) 5944792, 5961214, 5936940, 5945473, 5994251-55
 (Ext. 1113, 1114, 1121, 1273); Fax. (031) 5996670
 Email : lppm@its.ac.id ; www.lppm.its.ac.id

CERTIFICATE OF ANALYSIS
 No. 0671 /IT2.7/PM/2011

Applicant : Heinmoller PTE LTD
 Sample Name : Heinmoller Hbweld model AWS/E6013/E7018
 Sample Received : July, 7th 2011
 Sample Analyzed : July, 18th 2011
 Sample of Quantity : 1 Sample / 9 Unsure

ANALYSIS
 These sample were analyzed in our laboratory with SEM-EDX and the results are as follow :

UNSUR (% WT)	C	Mn	Fe	Si	S	P
KOMPOSISI SPESIMEN A	6,18	0,41	93,15	0,18	0,7	0,02
KOMPOSISI SPESIMEN C	6,66	0,41	92,57	0,31	0,03	0,01

UNSUR (% WT)	C	Mn	Fe	Si	S	P	
KOMPOSISI SPESIMEN A	DAERAH LAS	6,58	0,40	92,48	0,25	0,17	0,12
	DAERAH ASAL	5,36	1,43	92,61	0,48	0,12	0,00
KOMPOSISI SPESIMEN C	DAERAH LAS	3,79	0,94	95,00	0,18	0,09	0,01
	DAERAH ASAL	5,50	1,35	92,67	0,42	0,07	0,00

The results of this analysis is only valid for the sample analyzed. This results have known by the Head of Lab. Center of Excellent Energy Dr. Hamzah Fansuri.

Head of LPPM ITS

 Prof. Dr. Ir. Ryngman Sutantira, M.Sc., Ph.D.
 NIP. 1951 06 05 1978 03 1 002

Gambar 6 Result kandungan komposisi struktur mikro AWS E 6013/E7018.

UNSUR (% WT)	C		Mn		Si		S		P		KETRANGAN
	UJI	Certifikat									
KOMPOSISI SPESIMEN A	6,18	0,10	0,41	1,6	0,18	0,75	0,7	0,035	0,02	0,04	
KOMPOSISI SPESIMEN C	6,66	0,10	0,41	1,6	0,31	0,75	0,03	0,035	0,01	0,04	

Dari hasil tabulasi diatas diketahui bahwasanya ada dua komponen yang mempunyai komposisi cukup signifikan yaitu :

1. Kandungan unsur carbon untuk specimen A dan C sebesar 6,18 % dan 6,66 % sementara certfikat industri Cuma 0,10 %, yang bisa mengakibatkan sambungan akan lebih keras tetapi mempunyai ductility yang rendah .
2. Kandungan unsur Mn untuk specimen A dan C sebesar 0,41 % sementara certfikat industri sebesar 1,6 %.

V. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan, eksperimen dan analisis data – data pengujian maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Hasil uji tarik sambungan las, bahan pelat ST 42 KS BKI grade A dalam kondisi normal (tidak cacat) dan tanpa perlakuan panas (raw), kekuatan tarik rata –ratanya adalah 401,186 Mpa , dan jika dibandingkan dengan spesifikasi yang dikeluarkan oleh Heinmoller PTE LTD untuk Type/ model elektrode las AWS E 6013 /E 7018 sebesar 400 Mpa bisa dikatakan bahwa elektrode tersebut diatas sesuai dengan spesifikasi yang telah dikeluarkan oleh Certificate industrial .
2. Kandungan unsur carbon untuk specimen A dan C sebesar 6,18 % dan 6,66 % sementara certfikat industri Cuma 0,10 %, yang bisa mengakibatkan sambungan akan lebih keras tetapi mempunyai ductility yang rendah .
3. Kandungan unsur Mn untuk specimen A dan C sebesar 0,41 % sementara certfikat industri sebesar 1,6 %.

DAFTAR PUSTAKA

1. Van Vlack H., Lawrence; Djaprie, Sriati., *“Ilmu dan Teknologi Bahan “*, Erlangga, Jakarta, 1995
2. Rudolph Szilard, Dr. –ing, PE, *–Teori dan Analisis Pelat”*, Erlangga, Jakarta, 1989
3. Wiryosumarto, Harsono Prof, Dr, Ir dan Okumura, Toshie, Prof, Dr, *Teknologi Pengelasan Logam*, Pradnya Paramita. Jakarta. 2000
4. ASME Sec IX, *Qualification Standard for Welding and Brazing Procedures, Welders, Brazers, and Welding and Brazing Operators* ||, ASME, New York, 1995.
5. Smallman R. E, dan Bishop R. J, *Metallurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material* ||. Erlangga, Jakarta; 2000