

ANALISIS PERBANDINGAN *TEMPERATURE RE-BAKING OVEN* PADA ELEKTRODA *LOW HYDROGEN E7018H4R* DAN *E7018* TERHADAP NILAI KUAT TARIK DAN NILAI KETANGGUHAN LOGAM LAS

Muhammad Hanif Amin^{1*}, Moh. Syaiful Amri¹, dan Rikat Eka Prastyawan¹

Program Studi Teknik Pengelasan, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya
60111¹

*Email: hanifamin06@student.ppns.ac.id

Abstract – Electrodes become damp when storing in exposed conditions yet remain in use for welding. The objective is to demonstrate the comparison of re-baking oven temperature variations 150 °C, 250 °C, 350 °C on moist electrode towards radiography tests, impact tests, tensile tests, and chemical composition tests. The variation of re-baking oven temperature affects the welding results on low hydrogen moist electrodes towards radiography test results. There are no defects at 350 °C temperature, while 250 °C shows porosity defects, and the 150 °C shows slag inclusion and porosity defects. The results of chemical composition tests on E7018 and E7018H4R electrodes contain different percentages of carbon and manganese elements. Result of re-baking oven temperature 350 °C impact test are higher in toughness value with an impact energy value of 131.6 J and impact strength of 1.68 J/mm² for E7018. Meanwhile, for E7018H4R electrode with impact energy value of 111 J and impact strength of 1.42 J/mm². E7018 has a higher toughness value. The tensile test result shows the highest ultimate strength value for the re-baking oven temperature variation 350C by 568.74 MPa for E7018H4R and 551.32 MPa for E7018. The tensile strength value of E7018H4R is higher because the E7018H4R carbon and manganese is more significant than E7018.

Keyword: Electrode, Re – Baking, E7018H4R, E7018, H2O.

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan teknologi di bidang konstruksi, pengelasan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari pertumbuhan dan peningkatan industri, karena mempunyai peranan yang sangat penting dalam rekayasa dan reparasi produksi logam. Salah satu persiapan yang harus dilakukan adalah persiapan benda kerja dan persiapan elektroda yang akan digunakan untuk proses pengelasan. Namun kadang kondisi pada tempat kerja yang terbuka dan cuaca saat musim hujan menyebabkan persiapan pada benda kerja dan elektroda tidak maksimal.

Untuk kasus kelembaban yang terjadi pada elektroda. Ketika sisa elektroda yang dibawa pekerja dan belum digunakan lalu disimpan pada tempat penyimpanan elektroda yang terbuka, sehingga mengakibatkan elektroda menjadi lembab, atau tidak sengaja terkena percikan air saat hujan kemudian digunakan untuk mengelas, itu akan mempengaruhi hasil pengelasan dan kemungkinan besar akan terjadi cacat pada lasan seperti *spatter* dan *porosity* [6].

Kelembaban pada elektroda dapat menyebabkan munculnya hidrogen. Selama pengelasan, logam las cair menyerap hidrogen dalam jumlah yang relatif besar. Hidrogen dalam logam cair diserap ke dalam logam di daerah yang terkena panas bersamaan dengan pembekuan logam las cair, hal ini

terjadi karena kelarutan hidrogen sangat terbatas pada suhu rendah, sehingga kelebihan kandungan hidrogen dalam logam cair dilepaskan secara difusi ke daerah yang terkena panas, kandungan hidrogen meningkat pada daerah yang terkena panas. Hidrogen yang berdifusi ini menyebabkan retakan pada daerah HAZ. Retak dapat terjadi karena adanya konsentrasi tegangan, variasi lokal kekerasan dan struktur mikro serta adanya patahan getas pada permukaan retak [10].

Salah satu yang biasa digunakan pada dunia pengelasan adalah jenis elektroda dengan lapisan *Iron Powder Low Hydrogen*. Meskipun kandungan hidrogennya rendah jika tidak langsung digunakan dan di biarkan pada udara terbuka maka akan mengakibatkan terjadinya porositas dan retak. Elektroda yang lembab masih bisa digunakan dengan melakukan proses pengeringan elektroda (*re-baking*) [9].

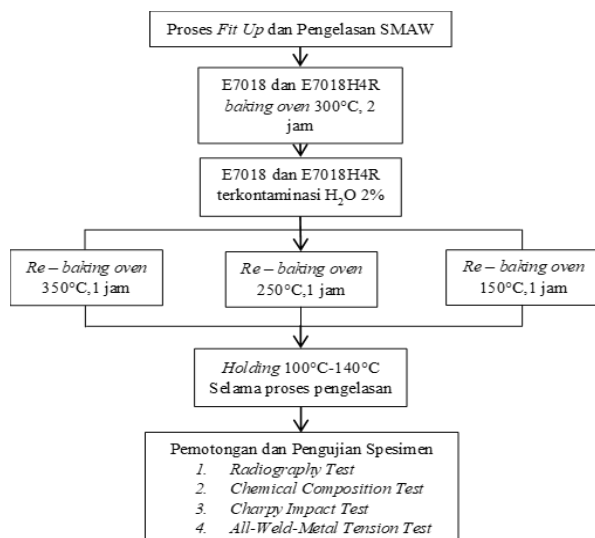
Pada penelitian ini menggunakan elektroda E7018 dan E7018H4R. H4R adalah petunjuk tambahan opsional sebagaimana didefinisikan dalam AWS A5.1. “H4” mengidentifikasi elektroda yang memenuhi persyaratan kandungan hidrogen yang berdifusi rata – rata 4 mL dalam 100gram *deposit weld metal*. “R” mengidentifikasi elektroda yang lulus uji kelembaban yang diserap setelah terpapar pada lingkungan dengan temperatur (26.7°C) dan kelembaban relatif 80% untuk jangka waktu tidak kurang dari 9 jam. Sedangkan elektroda E7018 hidrogen yang berdifusi rata – rata 6.49 mL dalam

100gram *deposit weld metal* [3]. Jenis elektroda ini harus di simpan di tempat yang kering, karena menggunakan elektroda E7018 yang lembab dapat menyebabkan terciptanya las yang lemah, rusak atau tidak efektif.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan *temperature re-baking oven* elektroda E7018 dan E7018H4R yang terkontaminasi H₂O dengan variasi temperatur 350°C 1jam, 250°C 1jam dan 150°C, 1jam terhadap uji radiografi, uji komposisi kimia, nilai kuat tarik, nilai ketangguhan pada logam las apakah nilai hasil uji memenuhi persyaratan yang ditentukan.

2. METODOLOGI

Tahapan penelitian ini digambarkan secara skematis dalam bentuk diagram alir yaitu diawali dengan proses fit up dan proses pemanasan awal elektroda di oven dengan suhu 300°C selama 2 jam, kemudian elektroda dikontaminasikan dengan air dengan kandungan air pada elektroda 2%, lalu dilakukan *re - baking oven* dengan suhu 350°C selama 1 jam, 250°C selama 1 jam, 150°C selama 1 jam. Kemudian elektroda di *holding* dengan *temperature* 100°C–140°C selama proses pengelasan dan dilakukan pengelasan pada masing-masing spesimen uji. Kemudian dilakukan pengujian Radiografi, pengujian komposisi kimia, pengujian impak dan pengujian tarik. diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

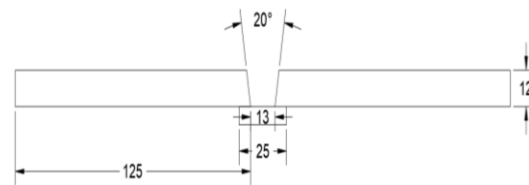


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

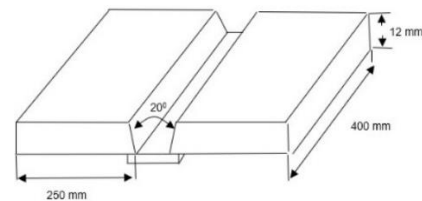
2.1 Desain Sambungan dan Dimensi Material

Penelitian ini menggunakan material SA 36 dengan dimensi material 400 mm x 125 mm x 12 mm. Desain sambungan butt joint, menggunakan logam pengisi AWS A5.1, E7018H4R dan E7018. Proses las SMAW posisi pengelasan 1 G, bentuk kampuh single V groove angle 20° dengan gap 13 mm, pengelasan menggunakan backing plate dengan dimensi 400 mm x 25 mm x 6 mm. Desain sambungan ditunjukkan pada

Gambar 2 dan Gambar 3. Untuk properties elektroda dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2 [4],[5].



Gambar 2. Desain Sambungan



Gambar 3. Desain Sambungan

Tabel 1. Komposisi Kimia Elektroda

Electrode	Chemical composition of weld deposited (weight %)						
	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr
E7018	0,06	0,9	0,4	0,018	0,007	0,007	0,023
E7018 H4R	0,1	1,4	0,52	0,023	0,013	0,03	0,07

Tabel 2. mechanical properties of electrodes

Electrode	Ultimate Strength (Mpa)	Impact Energy (Joule)
E7018	546	171,5
E7018H4R	560	55

2.2 Parameter Pengelasan

Pada penelitian ini parameter pengelasan SMAW yang digunakan untuk semua spesimen adalah sama, berikut data parameter yang digunakan seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Parameter Pengelasan

Welding process	position	Filler Metal		Current		Voltage
		Class	Diameter	Type	Ampere	
SMAW	1G	E7018 & E7018H4R	3.2 mm	DC (+)	120	27

2.3 Alat dan Bahan

Persiapan alat dan bahan yang akan dilakukan dalam pengerjaan ini adalah sebagai berikut:

1. Material A36
2. Elektroda E7018
3. Elektroda E7018 H4R
4. Thermal Cutting
5. Mesin Las SMAW
6. Sikat Baja
7. Thermogun
8. Chipping Hammer
9. Baking Oven Elektroda
10. Portable Holding Oven
11. Alat Uji Tarik
12. Alat Uji Impak
13. Alat Uji Radiografi
14. Alat Uji Spectometer

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil dan Pembahasan Uji Visual

Visual *inspection* dilakukan bertujuan untuk memastikan ada dan tidaknya cacat pada permukaan hasil pengelasan pada masing – masing spesimen. Syarat keberterimaan test coupon tidak boleh ada *crack* dan harus *complete joint penetration*, *complete joint fusion weld metal* dan *base metal* [2]. Hasil visual *inspection* pada hasil pengelasan SMAW dengan menggunakan kawat las E7018 dan E7018H4R dan variasi temperature *re – baking oven* 350°C, 250°C, dan 150°C ditunjukkan pada Gambar 4 dan Tabel 4.



Gambar 4. Hasil Uji Visual

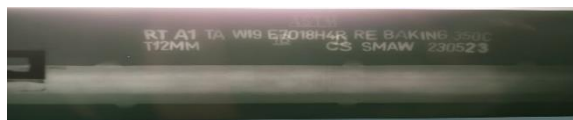
Tabel 4. Hasil Uji Visual

Speciment Stamp	Keterangan	Result
A1	Semua spesimen uji tidak ditemukan adanya cacat pada permukaan las	Acc
A2		Acc
A3		Acc
B1		Acc
B2		Acc
B3		Acc

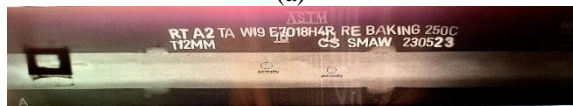
Berdasarkan hasil pengujian visual yang dilakukan, semua spesimen uji tidak ditemukan adanya cacat pada permukaan pengelasan. Selanjutnya dapat dilakukan pengujian *radiography*, untuk memastikan ada dan tidaknya cacat pada area *subsurface*.

3.2 Hasil dan Pembahasan Uji Radiografi

Uji radiografi adalah pengujian yang bersifat tidak merusak. Pengujian ini dilakukan tanpa merusak material yang diujikan. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui cacat di dalam permukaan las. Pengujian radiografi pada dasarnya adalah penyorotan benda uji menggunakan sinar yang berupa *Gamma-ray* yang dapat menembus kedalam area logam las. Hasil dari pengujian radiografi dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6 berikut.



(a)



(b)

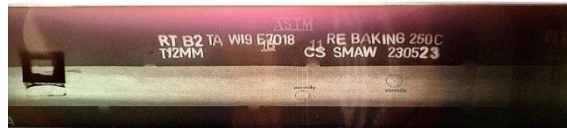


(c)

Gambar 5. Hasil uji Radiografi menggunakan E7018H4R (a) re-baking 350° (b) re-baking 250° (c) re-baking 150°



(a)



(b)



(c)

Gambar 6. Hasil Uji Radiografi menggunakan E7018 (a) re-baking 350° (b) re-baking 250° (c) re-baking 150°

Dari berbagai film uji radiografi yang dilakukan interpretasi didapatkan hasil analisa seperti pada Tabel 5 dan Tabel 6 berikut.

Tabel 5. Hasil Interpretasi Uji Radiografi

Radiography Test					
Electrode	temp. Re-Baking	Specimen t Stamp	Density min	Density max	IQI
E7018H4R	350°C	A1	3.1	3.3	3.22
	250°C	A2	3.02	3.3	3.18
	150°C	A3	2.99	3.3	3.14
E7018	350°C	B1	2.99	3.2	3.15
	250°C	B2	2.86	3.2	2.99
	150°C	B3	2.93	3.2	3.13

Tabel 6. Hasil Interpretasi Uji Radiografi

Radiography Test				
Electrode	temp. Re-Baking	Specimen t Stamp	Type discontinuity	Result
E7018H4R	350°C	A1	No defect	Acc
	250°C	A2	Porosity 1mm	Acc
	150°C	A3	porosity 1mm, Slag Inclusion 3mm	Acc
E7018	350°C	B1	No defect	Acc
	250°C	B2	Porosity 1mm	Acc
	150°C	B3	Porosity 1mm, Slag Inclusion 2mm	Acc

Dari tabel diatas Untuk hasil variasi temperatur *re – baking oven* 250°C dan 150°C menunjukkan ada cacat *porosity* dan *slag inclusion*. temperatur *re – baking oven* 350°C tidak menunjukkan

cacat. *Slag inclusion* juga bisa disebabkan oleh pembersihan sisa *flux* di area kampuh las yang kurang bersih [9].

3.3 Hasil dan Pembahasan Uji Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia (*chemical composition analysis*) bertujuan untuk mengetahui persentase komposisi kimia pada *weld metal* hasil pengelasan. Hasil komposisi kimia didapatkan dengan menggunakan *Optical Emission Spectroscopy* dengan spot pengukuran pada daerah *weld metal* sebanyak masing – masing titik 3 kali pengujian. Hasil uji komposisi kimia pada hasil pengelasan SMAW dengan menggunakan Elektroda E7018 dan E7018H4R ditunjukkan pada Tabel berikut ini.

Tabel 7. Hasil Pengujian Komposisi Kimia Elektroda E7018 dan E7018H4R

Electrode	Average Chemical Composition (%)					
	C	Si	Mn	P	S	Ni
E7018	0.07	0.43	0.85	0.01	0.009	0.01
E7018H4R	0.09	0.47	1.20	0.02	0.007	0.01

Dari hasil pengujian komposisi kimia yang telah dilakukan terdapat perbedaan persentase unsur carbon dan manganese pada kedua elektroda. Kandungan *carbon* dan *manganese* berpengaruh terhadap nilai kuat tarik dan nilai ketangguhan.

3.4 Hasil dan Pembahasan Uji Impak

Uji impak dilakukan untuk mengetahui nilai ketangguhan pada material pada temperature yang ditentukan. Pengujian impact juga dapat digunakan untuk mengetahui temperatur transisi logam, yakni temperatur dimana sebuah logam berubah dari ulet menjadi getas atau sebaliknya. Pada pengujian yang dilakukan kali ini menggunakan temperatur -30°C dengan menempatkan *notch* pada daerah *weld metal* untuk menentukan ketangguhan daerah *weld metal*. Hasil uji impak pada spesimen hasil pengelasan SMAW dengan menggunakan kawat las E7018H4R dan E7018 dengan variasi temperatur *re – baking oven* ditunjukkan pada Tabel dan Tabel berikut.

Tabel 8

Electrode and temp. Re-Baking	Speciment Stamp	E _{Impac t} (J)	Cross Section A _n (mm ²)	Impact Strengt h (J/mm ²)	Averag e (J/mm ²)
E7018H4R, 350°C	A1	131	77.815	1.68	1.42
	A1	105	78.21	1.34	
	A1	136	79	1.72	
	A1	97	76.63	1.26	
	A1	76	78.705	0.96	
E7018H4R 250°C	A2	135	80	1.68	1.31
	A2	83	77.22	1.07	
	A2	78	78.5	0.99	
	A2	143	79.6	1.79	
	A2	93	77.42	1.20	
E7018H4R 150°C	A3	136	79	1.72	1.30
	A3	47	80	0.58	
	A3	83	77.22	1.07	
	A3	132	74	1.78	
	A3	87	77.42	1.12	

Tabel 9

Electrode and temp. Re-Baking	Speciment Stamp	E _{Impa ct} (J)	Cross Section A _n (mm ²)	Impact Strengt h (J/mm ²)	Averag e (J/mm ²)
E7018, 350°C	B1	149	77.42	1.92	1.68
	B1	132	78	1.69	
	B1	55	76.72	0.71	
	B1	128	79.2	1.61	
	B1	135	77.42	1.74	
E7018 250°C	B2	150	78.8	1.90	1.61
	B2	91	76.83	1.18	
	B2	143	80	1.78	
	B2	97	79.5	1.22	
	B2	147	79.6	1.84	
E7018 150°C	B3	146	76.44	1.90	1.20
	B3	141	78.8	1.78	
	B3	20	77.42	0.25	
	B3	52	78.21	0.66	
	B3	93	79.2	1.17	

Hasil Rata – rata Nilai Energi Impak menggunakan Elektroda E7018H4R dan E7018 dengan variasi temperatur *re – baking oven* ditunjukkan pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.8 berikut.

Tabel 10

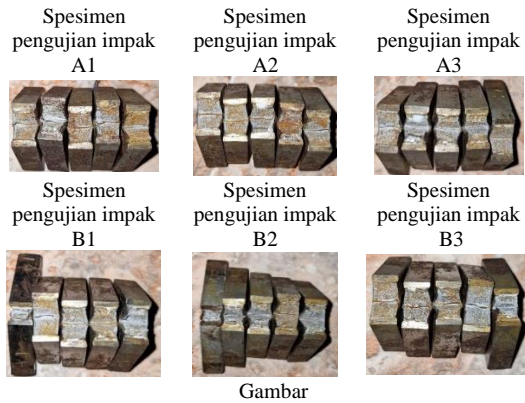
Electrode and temp. Re-Baking	Specimen tStamp	Impact energy (J)	Average (J)
E7018H4R, 350°C	A1	131	111
	A1	105	
	A1	136	
	A1	97	
	A1	76	
E7018H4R 250°C	A2	135	103.6
	A2	83	
	A2	78	
	A2	143	
	A2	93	
E7018H4R 150°C	A3	136	100.6
	A3	47	
	A3	83	
	A3	132	
	A3	87	

Tabel 11

Electrode and temp. Re-Baking	Speciment Stamp	Impact energy (J)	Average (J)
E7018, 350°C	B1	149	131.6
	B1	132	
	B1	55	
	B1	128	
	B1	135	
E7018 250°C	B2	150	129
	B2	91	
	B2	143	
	B2	97	
	B2	147	
E7018 150°C	B3	146	95.3
	B3	141	
	B3	20	
	B3	52	
	B3	93	

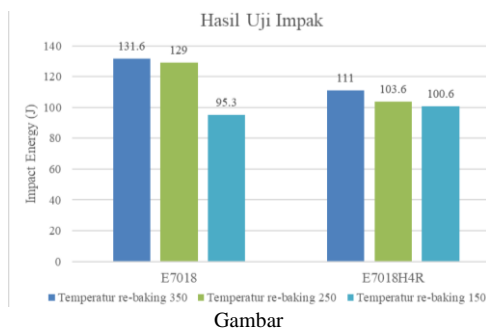
Untuk hasil pengujian impak dapat dilihat pada Gambar 4.11 berikut.

Tabel

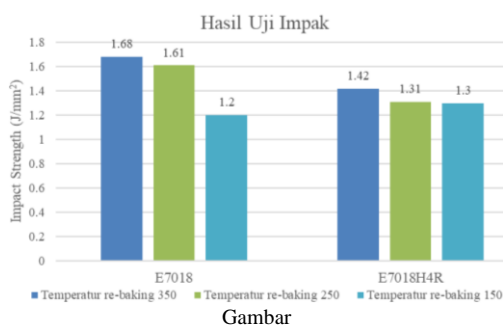


Gambar

Jika dilihat dari nilai rata – rata pada setiap spesimen uji, maka variasi temperatur *re – baking oven* 350°C lebih tinggi nilai ketangguhannya dengan nilai energi impact 131.6 J dan kekuatan impact 1.68 J/mm² untuk E7018. Sedangkan untuk elektroda E7018H4R dengan nilai energi impact 111 J dan kekuatan impact 1.42 J/mm². Dan jika dibandingkan antara kawat las maka nilai ketangguhan E7018 lebih tinggi daripada E7018H4R. Berikut perbandingan nilai energi impact dapat dilihat pada Gambar 4.12 dan nilai *impact strength* dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar



Gambar

3.5 Hasil Uji dan Pembahasan Uji Tarik

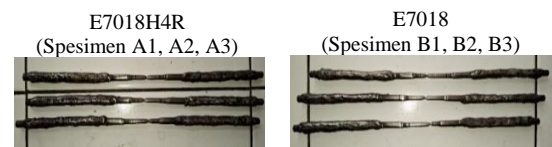
Pengujian tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji suatu bahan atau material dengan cara memberikan beban gaya yang berlawanan arah dalam satu garis lurus. Kekuatan tarik menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan patah. Berikut hasil uji tarik pada semua spesimen menggunakan elektroda E7018 dan E7018H4R dengan variasi suhu *re –*

baking 350°C, 250°C, 150°C ditunjukkan pada Tabel 4.9.

Tabel

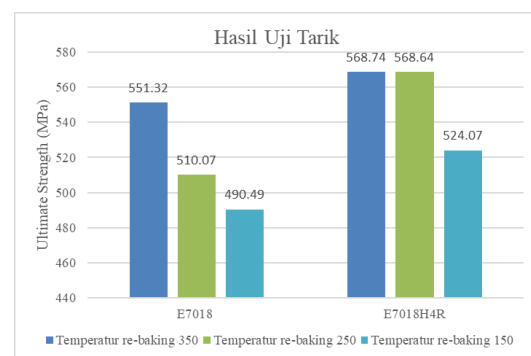
Electrode	temp. Re-Baking	Speciment Stamp	Yield Strength (MPa)	Max. Strength (MPa)	Elongation (%)
E7018H4R	350°C	A1	457.05	568.74	30
	250°C	A2	484.97	568.64	20
	150°C	A3	398.59	524.07	32
E7018	350°C	B1	459.61	551.32	28
	250°C	B2	404.30	510.07	32
	150°C	B3	412.40	490.49	20

untuk hasil pengujian tarik dapat dilihat pada Gambar 4.14 berikut.



Gambar

Dalam standar yang dipakai pada penelitian kali ini terdapat *acceptance criteria* untuk pengujian tarik yakni menerangkan bahwa nilai kekuatan tarik minimum logam las harus sama dengan nilai kekuatan nilai *ultimate strength* untuk elektroda E7018 adalah 490 Mpa [1]. Dari data hasil pengujian tarik diatas didapatkan nilai *ultimate strength* paling tinggi untuk variasi temperatur *re – baking oven* 350°C sebesar 568.74 MPa, sedangkan untuk variasi temperatur *re – baking oven* 150°C didapatkan nilai *ultimate strength* paling rendah yaitu 490.49 MPa. Semakin besar temperatur *re – baking oven* membuat nilai kuat tarik semakin tinggi. Untuk semua spesimen tarik mendapatkan nilai melebihi *acceptance criteria*. Berikut perbandingan nilai kuat tarik dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar

Dan jika dibandingkan antara kawat las maka nilai kuat tarik E7018H4R lebih tinggi dibandingkan E7018. Karena kandungan *carbon* dan *manganese* pada elektroda E7018H4R lebih besar dibandingkan dengan E7018. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Basirun Simanjuntak bahwa konsentrasi mangan menyebabkan kuat tarik dan kekerasan semakin besar sedangkan nilai impact

semakin kecil [7]. Hasil ini sesuai buku pengetahuan bahan yang ditulis oleh Ir. Wahid Suherman bahwa kekuatan tarik akan naik seiring dengan naiknya kadar karbon [8]. Kandungan *carbon* dan *manganese* berpengaruh terhadap nilai kuat tarik. Semakin besar nilai *carbon* dan *manganese* maka nilai kuat tariknya semakin tinggi, sedangkan nilai impak semakin turun.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan analisa penelitian yang telah dilakukan yaitu pengelasan menggunakan elektroda yang terkontaminasi air dan dilakukan *re – baking oven* dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. variasi temperatur *re – baking oven* 250°C dan 150°C terdapat cacat *porosity* dan *slag inclusion*. Temperatur *re – baking* 350°C tidak menunjukkan *defect*.
2. Dari hasil pengujian *chemical composition* terdapat perbedaan persentase unsur carbon dan manganese pada kedua elektroda dan didapatkan unsur – unsur yang tidak berbeda jauh dengan *mill certificate electrode* yang digunakan.
3. hasil pengujian impak menunjukkan nilai rata – rata dari setiap spesimen uji dengan variasi temperatur *re – baking oven* 350°C lebih tinggi nilai ketangguhannya dengan nilai energi impak 131.6 J dan kekuatan impak 1.68 J/mm² untuk E7018. Sedangkan untuk elektroda E7018H4R dengan nilai energi impak 111 J dan kekuatan impak 1.42 J/mm². Dapat diambil kesimpulan bahwa kawat las E7018 memiliki nilai ketangguhan yang lebih tinggi.
4. Dari hasil pengujian tarik didapatkan nilai *ultimate strength* paling tinggi untuk variasi temperatur *re – baking oven* 350°C sebesar 568.74 Mpa untuk E7018H4R dan 551.32 MPa untuk E7018. Dapat disimpulkan bahwa nilai kuat tarik kawat las E7018H4R lebih tinggi karena kandungan *carbon* dan *manganese* pada elektroda E7018H4R lebih besar dibandingkan dengan E7018.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar – besarnya kepada semua pihak yang terlibat dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini diantaranya kepada:

1. Kedua orang tua penulis, serta seluruh keluarga yang telah mencurahkan doa, perhatian, kasih sayang, dan dukungan untuk berjuang menghadapi ujian selama masa perkuliahan dan penyelesaian Tugas Akhir Ini.
2. Bapak Moh. Syaiful Amri, S.ST., M.T. selaku Kepala Program Studi D4 Teknik Pengelasan.
3. Bapak Moh. Syaiful Amri, S.ST., M.T. selaku Dosen Pembimbing 1 yang selalu memberikan motivasi, arahan dan bimbingan kepada penulis selama pengerjaan Tugas Akhir.
4. Bapak Dr. Rikat Eka Prastyawan, S.Pd., M.Pd selaku Dosen Pembimbing 2 yang selalu

memberikan motivasi, arahan dan bimbingan kepada penulis selama pengerjaan Tugas Akhir.

5. Bapak Fadholi, Bapak Imam Santoso, Bapak Aris, Bapak Mudhasil, Bapak Iwan, dan Bapak Rio selaku pembimbing OJT penulis selama melaksanakan OJT di PT. Swadaya Graha yang telah memberikan arahan dan masukan terhadap pengerjaan Tugas Akhir.
6. M. Afif Syaichoni, S.ST., yang telah memberikan arahan dan bimbingan serta nasihat sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
7. Seluruh teman – teman D4 Teknik Pengelasan angkatan 2019 khususnya yang telah memberi semangat, bantuan dan motivasi selama pengerjaan Tugas Akhir.

6. PUSTAKA

- [1] ASME. (2021). *Section II Material Part C Specification for Welding Rods, Electrodes, and Filler Metals*. Two Park Avenue, New York, 10016 USA: American Welding Society.
- [2] ASME. (2021). *Section IX Qualification Standard for Welding, Brazing, and Fusing Procedures, Welders, Brazers; and Welding, Brazing, and Fusing Operators*. Two Park Avenue, New York, 10016 USA: American Welding Society. QW – 194.
- [3] G. K. Padhy, V. R. (2015). Rapid Determination of Diffusible Hydrogen in Steel Welds Using a Modified Gas Chromatography Facility. *Journal of Testing and Evaluation*.
- [4] Mill Test Certificate Voestalpine Böhler welding E7018H4R
- [5] Mill Test Certificate LB-52-18 E7018
- [6] Rahmat Muttaqin, J. M. (2022). Analisa Variasi Temperatur Pemanasan Elektroda Untuk Mengurangi Cacat Porosity Dengan Pengelasan SMAW (Studi kasus di proyek PLTA PEUSANGAN 1 & 2). *JURNAL MESIN SAINS TERAPAN VOL. 6 NO. 1*.
- [7] Simanjuntak, B. (2011). Pengaruh Konsentrasi Mangan (Mn) terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon Rendah.
- [8] Suherman, I. W. (1987). *Pengetahuan Bahan*. Surabaya.
- [9] SYIFA', M. (2017). Pengaruh Waktu dan Temperatur Baking Oven Akibat Terkontaminasi Hydrocarbon Pada Elektroda E7018 Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanik.
- [10] Taufiqullah. (2009). Pengaruh Kontrol Temperatur Terhadap Retak Dingin Pada Pengelasan Baja Tebal HSLA Untuk Arm Excavator.