

**PENGARUH SUHU PENGERINGAN ELEKTRODA E 7018
TERHADAP HASIL KARAKTERISTIK PENGELOMAN MATERIAL
ASTM A36**

Candra wahyu setyawan

5315117199








**Skripsi Ini Ditulis Sebagai Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Pendidikan**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN VOKASIONAL TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2018**

LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI DENGAN JUDUL
PENGARUH SUHU PENGERINGAN ELEKTRODA E 7018
TERHADAP HASIL KARAKTERISTIK PENGELASAN MATERIAL
ASTM A36

Telah Disetujui Oleh :

Nama dosen	Tanda Tangan	Tanggal
1. <u>Drs. Syaripudin, M.Pd.</u> NIP. 197603211999031001 (Dosen Pembimbing I)		7/2-2018
2. <u>Ferry Budhi Susetyo, ST.,MT.,M.Si</u> NIP. 198202022010121002 (Dosen Pembimbing II)		8/2-2018
Dosen Penguji :		
3. <u>Drs. H Sopiyan, M.Pd.</u> NIP. 19641223199031002 (Ketua Penguji)		6/2-2018
4. <u>Ragil Sukarno, S.T.,M.T.</u> NIP. 197911022012121001 (Sekretaris)		6/2-2018
5. <u>Siska Titik Dwiwati, S.Si., M.T.</u> NIP. 197812122006042002 (Dosen Ahli)		6/2-2018

Mengetahui,

Ketua Program Studi Pendidikan Vokasional Teknik Mesin


 Universitas Negeri Jakarta
Ahmad Khojil, S.T., M.T.
 NIP. 197908312005011001

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui adakah pengaruh suhu pengeringan elektroda terhadap sifat mekanik baja ASTM A36 yang menyangkut kekuatan tarik, ketangguhan serta nilai kekerasan.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Pengujian terdiri dari uji tanpa merusak dan uji merusak, uji tanpa merusak menggunakan visual dan radiografi sedangkan uji rusak menggunakan foto makro etsa, uji kekerasan dan uji tarik. Penelitian ini dilaksanakan di Pusat Pelatihan Khusus Las Condet, di PUSPITEK Tangerang dan di PT. Gama hepsi Condet. Waktu dalam melakukan penelitian ini dari bulan desember 2016 sampai dengan bulan agustus 2017. Jumlah pembuatan sampel sebanyak 12 sampel dibagi menjadi 4 variasi suhu pengeringan elektroda. Menggunakan baja berkarbon rendah yaitu ASTM A36.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengeringan elektroda E 7018 elektroda tanpa dioven banyak terdapat cacat las pada bagian dalam berupa *Porosity* Ø 2mm . Hasil uji kekerasan pada *base metal* paling tinggi terdapat pada sambungan *SMAW* pelat baja ASTM A36 yang dilakukan proses pengeringan elektroda dengan suhu pengeringan 230°C, dengan nilai kekerasan 158 VHN. Uji kekerasan pada *weld metal* paling tinggi terdapat pada sambungan *SMAW* pelat baja ASTM A36 yang dilakukan proses pengeringan elektroda dengan suhu pengeringan 260°C, dengan nilai kekerasan 162,6 VHN, dan hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan tarik paling tinggi terdapat pada sambungan *SMAW* pelat baja ASTM A36 yang menggunakan suhu pengeringan elektroda 230°C, dengan nilai kekuatan tarik sebesar 50,01 Kgf/mm²

Kata kunci : suhu pengeringan elektroda E 7018, cacat las, radiografi ,nilai kekerasan, Kekuatan tarik .

ABSTRACT

This research is intended to know whether there is influence of electrode drying temperature on the mechanical properties of ASTM A36 steel which is important strength, toughness and.

This research uses research method. Testing and damage test, hardness test and tensile test. This research was conducted at Las Condet Special Training Center, at PUSPITEK Tangerang and at PT. Gama hepsi Condet. The time in doing this research from December 2016 until August of 2017. The number of sample samples of 12 samples is divided into 4 variations of drying temperature of the electrode. Using low carbon steel is ASTM A36.

The results show that the ignition electrode E 7018 elektoda without dioven many weld deficiencies on the interior of the porosity \varnothing 2mm. The experimental results on the highest metal base on SMAW connections of ASTM A36 steel plate are drying process of electrode with 230°C drying temperature, with hardness value 158 VHN. The highest hardness of weld metal test is on SMAW connection of ASTM A36 steel plate which drying process of electrode with 260°C drying temperature, with hardness value 162,6 VHN, and result of research shows highest tensile strength at SMAW connection of steel plate ASTM A36 using temperature drying electrode 230°C, with tensile strength of 50.01 Kgf/mm²

Keywords: electrode drying temperature E 7018, welding defect, radiography, hardness, tensile strength.

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Candra wahyu setyawan
No. Reg : 5315117199
Prodi : Pendidikan Teknik Mesin (S1)
Fakultas : Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Skripsi ini benar-benar karya saya sendiri dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana pendidikan atau gelar lainnya di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan dalam daftar pustaka.

Jakarta, Januari 2018



Penulis

Candra wahyu setyawan

No. Reg 5315117199

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah serta karunia-Nya, sehingga Penulis diberi kemudahan dan kemampuan dalam menyelesaikan skripsi ini guna memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Program Studi S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Dalam penyusunan skripsi ini Penulis banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini sepantasnyalah Penulis menyampaikan rasa terima kasih atas bantuannya kepada Penulis terutama kepada :

1. Bapak Ahmad Kholil, ST., MT., selaku Ketua Program Studi S1 Pendidikan Vokasional Teknik Mesin Fakultas Teknik.
2. Bapak Drs. Syaripudin, M.Pd., selaku Dosen Pembimbing I, yang telah membina, menyarankan, membantu penulis menyelesaikan skripsi ini dengan penuh kesabaran.
3. Bapak Ferry Budhi Susetyo, ST.,MT.,M.Si selaku Dosen Pembimbing II, yang telah membina, menyarankan, membantu penulis menyelesaikan skripsi ini dengan penuh kesabaran.
4. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.
5. Seluruh Staf Tata Usaha Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.
6. Seluruh Staf Laboratorium Produksi, Permesinan dan Otomotif Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta

7. Segenap karyawan Pusat Pelatihan Kerja Khusus Pengembangan Las condet khususnya bapak Endro yang banyak memberi arahan dan bantuan dalam melakukan kegiatan skripsi saya.
8. Segenap karyawan Pusat Pengembangan Ilmu Pengetahuan Kementrian Riset dan Teknologi Tangerang yang banyak memberi bantuan dalam melakukan kegiatan skripsi saya.
9. Kedua orang tua Penulis, Bapak Samikun dan Ibu Sarwiyati, yang selalu memberikan dorongan do'a, semangat dan materil selama masa perkuliahan hingga skripsi ini dapat terselesaikan.
10. Saudara kandung Penulis, Taufik ramadhan beserta seluruh keluarga yang selalu memberikan dorongan do'a dan semangat selama masa perkuliahan hingga skripsi ini dapat terselesaikan.
11. Adib adzkari, Predi Setiawan, Adhucha Sukma Putra, Moch. Banu S.Pd, Fajar Dahana Djati S.Pd, Ali Zainudin S.Pd, M. Jaka P S.Pd, M. Azar, Ahmad Qodri, Alfian Mukhtarom, Edi S.Pd, Dedi, Gifari Mihsan, M. Zharot S.Pd, Rahmat Kusnandar S.Pd, Samsudin S.Pd, Ihsan Kamil, M. Rizki, Wiantoro G, Rulycha, dan segenap teman – teman Teknik Mesin Angkatan 2011 yang selalu mendampingi, menemani dan mendukung baik moril ataupun materil sejak masuk bangku kuliah hingga penulisan skripsi ini selesai.
12. Keluarga besar S1 Pendidikan Teknik Mesin dan DIII Teknik Mesin beserta teman-teman seperjuangan Teknik Mesin Univeritas Negeri Jakarta.

13. Kepada adinda febriyanti yang telah memberikan semangat dan dukungan baik moril maupun materil dalam proses pengerjaan skripsi ini.

Penulis berusaha menyusun laporan ini dengan sebaik-baiknya. Namun, penulis juga menyadari kemungkinan adanya kekurangan dan kesalahan yang tidak disengaja pada laporan ini. Saran yang bersifat membangun sangat diharapkan untuk menjadikan tulisan ini lebih baik dan bermanfaat. Semoga laporan ini bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa Teknik Mesin serta pembaca pada umumnya.

Jakarta, Januari 2018

Candra Wahyu Setyawan

5315117199

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	ii
ABSTRAK	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Identifikasi Masalah	3
1.3. Pembatasan Masalah	4
1.4. Perumusan Masalah	5
1.5. Tujuan Penelitian	5
1.6. Manfaat Penelitian	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
2.1. Pengertian Pengelasan	7
2.2. Klasifikasi Pengelasan	8
2.3. SMAW (<i>shilded metal arc welding</i>)	9
2.4. Parameter Pengelasan	10

2.4.1. Arus Listrik	10
2.4.2. Kampuh Las	11
2.4.3. Elektroda	13
2.4.4. Polaritas Las	15
2.4.5. Posisi Pengelasan	16
2.5. Daerah Pengaruh Panas (HAZ)	18
2.6. Pengujian dan Pemeriksaan Hasil Pengelasan	19
2.6.1. Pengujian <i>Non Destructive Testing</i> (NDT)	19
2.6.2. Pengujian <i>Destructive Testing</i> (DT)	22
2.7. Cacat Las	29
2.8. Baja ASTM A 36	40

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	42
3.2. Variabel Penelitian	43
3.3. Metode Penelitian	43
3.4. Alur Kerja Penelitian	43
3.4.1. Perencanaan	45
3.4.2. Mengumpulkan data dan literatur	45
3.4.3. Persiapan bahan dan alat	45
3.4.4. Pembuatan spesimen	45
3.4.5. Proses pengelasan spesimen	48
3.4.6. Pengamatan visual	49
3.4.7. Pengamatan radiografi	49
3.4.8. Pengamatan foto makro etsa	50

3.4.9. Pengujian kekerasan	51
3.4.10. Pengujian tarik	52
3.5. Analisa data	55
3.6. Kesimpulan	55

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Perbandingan Hasil Pengelasan dengan Variasi suhu pengeringan elektroda Berdasarkan Uji Visual	56
4.2. Analisis Perbandingan Hasil Pengelasan dengan Variasi suhu pengeringan elektroda Berdasarkan Uji Radiografi	63
4.3. Analisis Perbandingan Hasil Pengelasan dengan Variasi suhu pengeringan elektroda Berdasarkan Foto makro etsa	71
4.4. Analisis Perbandingan Hasil Pengelasan dengan Variasi suhu pengeringan elektroda Berdasarkan Uji Kekerasan	75
4.5. Analisis Perbandingan Hasil Pengelasan dengan Variasi suhu pengeringan elektroda Berdasarkan Uji tarik	77

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan	83
4.2. Saran.....	85

DAFTAR PUSTAKA	85
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN	87
-----------------------	-----------

DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	120
----------------------------------	------------

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Pembagian Masukan Panas Polaritas	16
Tabel 2.2.	Penyebab dan Penanggulangan cacat <i>Internal Porosity</i>	35
Tabel 2.3.	Penyebab dan Penanggulangan cacat <i>Slag Inclusion</i>	36
Tabel 2.4.	Penyebab dan Penanggulangan cacat <i>Incomplete Fusion</i>	37
Tabel 2.5.	Penyebab dan Penanggulangan cacat <i>Cold Lap</i>	38
Tabel 2.6.	Penyebab dan Penanggulangan cacat <i>Underbead Crack</i>	39
Tabel 2.7.	Syarat komposisi kimia ASTM A36	41
Tabel 4.1.	Perbandingan Cacat Las Berdasarkan Hasil Uji <i>Visual</i>	62
Tabel 4.2.	Perbandingan Cacat Las Berdasarkan Hasil Uji Radiografi.....	70
Tabel 4.3.	Perbandingan Cacat Las Berdasarkan Hasil foto makro.....	75
Tabel 4.4.	Nilai kekerasan sample D2 dan A2.....	76
Tabel 4.5.	Nilai kekerasan sample B2 dan C2.....	76
Tabel 4.6	Nilai hasil uji tarik	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Klasifikasi pengelasan	9
Gambar 2.2.	Skema Proses Las SMAW.....	9
Gambar 2.3.	Perbandingan Penggunaan Kampuh.....	12
Gambar 2.4.	Jenis Kampuh	12
Gambar 2.5.	Kampuh Las.....	12
Gambar 2.6.	Syarat penyimpanan dan pengeringan elektroda.....	14
Gambar 2.7.	klasifikasi elektroda.....	14
Gambar 2.8.	sistem identifikasi <i>filler</i>	15
Gambar 2.9.	Posisi Pengelasan.....	17
Gambar 2.10.	Daerah Pengaruh Panas (HAZ)	18
Gambar 2.11.	Pengujian radiografi	21
Gambar 2.12.	Mikroskop Uji Metalografi Puspiptek	23
Gambar 2.13.	Struktur Mikro Material	24
Gambar 2.14	Mesin Uji Kekerasan <i>Vickers</i> Puspiptek	26
Gambar 2.15.	Cacat Las <i>Undercutting</i>	29
Gambar 2.16.	Cacat Las <i>Weaving Fault</i>	31
Gambar 2.17.	Gambar Cacat Las <i>Surface Porosity</i>	32
Gambar 2.18.	Cacat Las <i>Fault of Elektrode Change</i>	32
Gambar 2.19	Cacat Las <i>Weld Spatter</i>	33
Gambar 2.20.	Cacat Las <i>High Low</i>	33
Gambar 2.21.	Cacat Las <i>Wide Bead</i>	33
Gambar 2.22.	Cacat Las <i>Surface concavity</i>	34
Gambar 2.23.	Cacat Las Internal <i>Internal Porosity</i>	34

Gambar 2.24	Cacat Las Internal <i>Slag Inclusion</i>	35
Gambar 2.25.	Cacat Las Internal <i>Incomplete Fusion</i>	36
Gambar 2.26.	Cacat Las Internal <i>Cold Lap</i>	37
Gambar 2.27.	Cacat Las Internal <i>Underbead Crack</i>	38
Gambar 3.1.	Alur kerja penelitian	44
Gambar 3.2.	Ukuran sampel.....	47
Gambar 3.3.	Pembuatan <i>tack weld root face</i> dan <i>root gab</i>	47
Gambar 3.4.	Pembagian <i>spesiment</i> untuk pengujian.....	53
Gambar 3.5.	Proses pembuatan sample uji tarik	53
Gambar 3.6.	Pembuatan sample untuk pengujian tarik.....	54
Gambar 3.7.	Mesin uji tarik	55
Gambar 4.1.	Uji <i>Visual</i> Hasil Pengelasan Spesimen A1	56
Gambar 4.2.	Uji <i>Visual</i> Hasil Pengelasan Spesimen A2.....	56
Gambar 4.3.	Uji <i>Visual</i> Hasil Pengelasan Spesimen A3	57
Gambar 4.4.	Uji <i>Visual</i> Hasil Pengelasan Spesimen B1.....	57
Gambar 4.5.	Uji <i>Visual</i> Hasil Pengelasan Spesimen B2	58
Gambar 4.6.	Uji <i>Visual</i> Hasil Pengelasan Spesimen B3	58
Gambar 4.7.	Uji <i>Visual</i> Hasil Pengelasan Spesimen C1	59
Gambar 4.8.	Uji <i>Visual</i> Hasil Pengelasan Spesimen C2.....	59
Gambar 4.9.	Uji <i>Visual</i> Hasil Pengelasan Spesimen C3	60
Gambar 4.10.	Uji <i>Visual</i> Hasil Pengelasan Spesimen D1.....	60
Gambar 4.11.	Uji <i>Visual</i> Hasil Pengelasan Spesimen D2.....	61
Gambar 4.12.	Uji <i>Visual</i> Hasil Pengelasan Spesimen D3.....	61
Gambar 4.13.	Hasil Uji Radiografi Spesimen A1	63

Gambar 4.14. Hasil Uji Radiografi Spesimen A2.....	64
Gambar 4.15. Hasil Uji Radiografi Spesimen A3.....	64
Gambar 4.16. Hasil Uji Radiografi Spesimen B1	65
Gambar 4.17. Hasil Uji Radiografi Spesimen B2.....	65
Gambar 4.18. Hasil Uji Radiografi Spesimen B3	66
Gambar 4.19. Hasil Uji Radiografi Spesimen C1	66
Gambar 4.20. Hasil Uji Radiografi Spesimen C2	67
Gambar 4.21. Hasil Uji Radiografi Spesimen C3	67
Gambar 4.22. Hasil Uji Radiografi Spesimen D1.....	68
Gambar 4.23. Hasil Uji Radiografi Spesimen D2.....	68
Gambar 4.24. Hasil Uji Radiografi Spesimen D3.....	69
Gambar 4.25. Photo makro etsa sample A2.....	71
Gambar 4.26. Photo makro etsa sample B2	72
Gambar 4.27. Photo makro etsa sample C2	73
Gambar 4.28. Photo makro etsa sample D2.....	74
Gambar 4.29. Lokasi titik uji kekerasan <i>vickers</i> semua spesimen.	76
Gambar 4.30. Diagram Hasil Uji Kekerasan (VHN).....	77
Gambar 4.31. <i>Spesimen</i> sebelum dilakukan pengujian tarik.....	78
Gambar 4.32. <i>Spesimen</i> setelah dilakukan pengujian tarik.....	79
Gambar 4.33. Grafik pengujian tarik untuk <i>Tensile strength</i>	81
Gambar 4.34. Grafik rata-rata pengujian tarik untuk <i>Tensile strength</i>	81

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pemotongan spesimen.....	86
Lampiran 2 Pembentukan bevel	86
Lampiran 3 Proses <i>tackweld</i>	87
Lampiran 4 Merek dan komposisi elektroda	87
Lampiran 5 Mesin oven elektroda	88
Lampiran 6 Pengecekan suhu pada saat pengovenan	88
Lampiran 7 Mesin las dan komponen pendukung	89
Lampiran 8 Hasil pengujian radiografi	90
Lampiran 9 Jenis cacat las pengamatan radiografi	94
Lampiran 10 Hasil pengamatan radiografi	95
Lampiran 11 Hasil pengamatan photo makro etsa	101
Lampiran 12 Peralatan photo makro etsa	102
Lampiran 13 Posisi pengambilan titik pengujian kekerasan	103
Lampiran 14 Hasil grafik uji tarik	104
Lampiran 15 Sample uji tarik	116
Lampiran 16 Surat permohonan izin penelitian	117
Lampiran 17 Surat permohonan izin penelitian	118
Lampiran 18 Sertifikat baja ASTM A36	119

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Pada dunia industri sekarang ini, kegiatan pengelasan merupakan proses yang selalu berkaitan dengan kegiatan industri. Pada awalnya kegiatan pengelasan banyak digunakan untuk perbaikan dan pemeliharaan semua alat yang terbuat dari logam, baik itu proses penambalan retak, penyambungan, maupun sebagai alat pemotongan bagian-bagian yang dibuang atau diperbaiki.

Kemajuan teknologi yang semakin pesat seperti sekarang ini, sangat dibutuhkan teknik pengelasan yang baik agar mendapatkan hasil pengelasan yang maksimal. Perkembangan teknologi dapat dilihat dari semakin kompleksnya metode penyambungan logam dengan proses las. Hasil yang baik menjadi tantangan keilmuan dalam teknik pengelasan untuk menjamin sambungan berfungsi dengan baik.

Untuk menjamin hasil sambungan logam, tentunya harus dilakukan pengujian hasil sambungan sebelum melakukan penjualan produk yang biasa digunakan dalam kehidupan sehari – hari. Hal itu untuk menjamin keselamatan pengguna dari hal – hal yang bisa membahayakan manusia. Dalam pengujian sambungan, yang paling sering dilakukan andalan pengujian sifat mekanik logam seperti uji kekuatan, uji ketangguhan dan uji kekerasan.

Metode pengelasan yang sering digunakan secara umum biasanya pengelasan dengan metode busur nyala logam terlindung atau biasa disebut *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW). Metode SMAW dianggap lebih praktis dan efisien dalam

penggunaannya dan dapat digunakan untuk semua posisi pengelasan. Di dalam teknik pengelasan, mesin las SMAW itu sendiri ada pengelompokannya, seperti menurut arusnya dibedakan menjadi tiga macam, yaitu mesin las arus searah atau *direct current* (DC), mesin las arus bolak – balik atau *alternating current* (AC) dan mesin las arus ganda yang merupakan mesin las yang dapat digunakan untuk pengelasan dengan arus searah (DC) dan pengelasan dengan arus bolak – balik (AC).

Hasil pengelasan yang baik dapat dilihat dari karakteristik hasil sambungan las, seperti ketangguhan, kekuatan, kekerasan dan sebagainya. Kualitas hasil pengelasan sangat tergantung pada proses pengelasan. Dalam beberapa kasus banyak hasil pengelasan yang tidak sesuai dengan standard pengelasan, biasanya disebut dengan cacat las contohnya seperti cacat las permukaan (*visual*), cacat las akar (*non visual / Root*) dan cacat las internal yang memerlukan peralatan NDT guna mengungkapnya. Salah satu penyebab cacat las dapat terjadi karena pemilihan, penggunaan dan perawatan jenis elektroda yang kurang tepat.

Pemilihan dan perawatan elektroda sangat penting dalam menunjang hasil pada pengelasan. Elektroda dibagi menjadi elektroda baja karbon, elektroda baja paduan dan elektroda bukan baja (*non ferrous*). namun elektroda berdasarkan fungsinya dalam kaitan dengan hubungan listrik yang habis terpakai karena adanya loncatan busur nyala listrik akibat adanya jarak yang sengaja dan dijaga ketetapan ukurannya antara elektroda tersebut dengan benda.

Untuk jenis elektroda low hydrogen (E7015, E7016, E7018, E7028 dan E7048) sangat peka terhadap penyerapan air lapis anorganiknya dirancang untuk

mengandung sangat sedikit kelembabap sehingga penyimpanannya harus sangat teliti. Jika ternyata elektroda telah banyak menyerap air melebihi batas yang diperbolehkan maka agar dapat digunakan kembali elektroda harus dipanaskan untuk menghilangkan kandungan air.

Parameter yang diteliti sesuai dengan buku *PETUNJUK KERJA LAS*, Sri Widharto (Jakarta : PT Pradnya Paramita 2008) hal. 100 bahwa elektroda type E 7018 harus dilakukan proses pengeringan menggunakan *oven* sebelum digunakan, dengan suhu pengeringan $475 \pm 25^{\circ} \text{ F}$ ($245 \pm 15^{\circ} \text{ C}$) selama 2 jam waktu rendam¹ Maka dari itu penulis ingin mengetahui suhu pengeringan elektroda yang lebih optimal dari toleransi yang sudah ditentukan.

Berdasarkan uraian diatas, maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui suhu yang optimal dengan menggunakan las SMAW pada material ASTM A36 . Data pengujian hasil pengelasan tersebut menggunakan pengujian NDT dan DT. Berdasarkan latar belakang diatas maka penelitian ini mengambil judul : “Pengaruh suhu pengeringan elektroda E 7018 terhadap hasil karakteristik pengelasan material ASTM A36 ”.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka dapat diidentifikasi masalah-masalah sebagai berikut :

¹Sri Widharto, *Petunjuk Kerja Las*, (Jakarta: PT Pradnya Paramita 2008) h. 100

1. Apakah dengan mengubah suhu pengeringan elektroda E 7018 dari toleransi yang sudah ditentukan mendapatkan hasil pengelasan yang sesuai dengan standar pengelasan ?
2. Apakah perbedaan suhu pada pengeringan elektroda E 7018 berpengaruh terhadap hasil pengelasan ?
3. Bagaimana karakteristik material hasil akibat perubahan suhu pengeringan elektroda E 7018 ?

C. Pembatasan Masalah

Untuk menjaga agar penelitian ini lebih terarah dan fokus, maka diperlukan adanya pembatasan masalah. Dengan pertimbangan tersebut maka penelitian ini dibatasi pada :

1. Bahan yang digunakan adalah ASTM A36. Panjang 100mm lebar 300mm tebal 10mm.
2. Jenis elektroda yang digunakan yaitu E 7018 diameter 3.2 mm panjang 400mm merk KOBE STEEL.
3. Variasi suhu yang digunakan untuk pengeringan elektroda yaitu : 230°C, 245°C, 260°C dan tanpa oven.
4. Menggunakan arus 90 A pada bagian *Root* dan untuk pengisian menggunakan arus 120.
5. Posisi pengelasan 1G *flat*
6. Polaritas AC .
7. Spesimen dilas tanpa perlakuan panas.
8. Metode pengujian spesimen tanpa merusak menggunakan pengamatan visual dan pengamatan radiografi

9. Metode pengujian kekerasan yang digunakan yaitu kekerasan *vickers*.
10. Metode pengujian spesimen dengan cara merusak menggunakan uji tarik.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, identifikasi masalah, dan pembatasan masalah, maka penulis merumuskan masalah sebagai berikut :
“Bagaimanakah pengaruh suhu pengeringan elektroda type E 7018 pada pengelasan SMAW dengan merubah suhu dari toleransi yang sudah ditentukan agar lebih optimal terhadap hasil karakteristik pengelasan material ASTM A36 ? “

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang dipaparkan diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui bagaimana pengaruh variasi suhu pada proses pengeringan elektroda type E 7018 terhadap hasil cacat las.
2. Mengetahui pengaruh variasi suhu pengeringan elektroda E 7018 pada sambungan SMAW terhadap nilai kekerasan baja ASTM A36.
3. Mengetahui pengaruh variasi suhu pengeringan elektroda E 7018 pada sambungan SMAW terhadap nilai kekuatan tarik baja ASTM A36.
4. Memenuhi salah satu syarat kelulusan pada program studi SI Pendidikan Teknik Mesin.

F. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan tambahan referensi sebagai bahan penunjang pada mata kuliah teknik pengelasan.
2. Dapat digunakan sebagai referensi dasar pemilihan suhu pengeringan elektroda type E 7018 dalam proses pengelasan pada industri, masyarakat maupun usaha di bidang pengelasan.

BAB II

KAJIAN TEORI

2.1. Pengertian Pengelasan

Definisi pengelasan menurut Hery Sonawan dan Rochim Suratman adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam tambahan dan menghasilkan sambungan yang kontinu.² Dengan kata lain, las merupakan sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas.

Penjelasan tentang pengelasan lainnya menurut B. H Amstead, pengelasan adalah suatu proses penyambungan logam dimana logam menjadi satu akibat panas dengan atau tanpa tekanan.³

Pengelasan dapat diartikan sebagai ikatan tetap dari benda atau logam yang dipanaskan. Mengelas bukan hanya memanaskan dua bagian benda sampai mencair dan membiarkan membeku kembali, tetapi membuat hasil pengelasan yang utuh dengan cara memberikan bahan tambah atau elektroda pada waktu dipanaskan sehingga mempunyai kekuatan seperti yang dikehendaki. Kekuatan sambungan las dipengaruhi beberapa faktor antara lain: prosedur pengelasan, bahan, elektroda, dan jenis kampuh yang digunakan.

Pengelasan juga dapat diartikan penyambungan logam dengan bahan tambah atau tanpa bahan tambah dengan menggunakan energi panas. Penyambungan ini memungkinkan menyebabkan mencairnya dua logam secara bersama – sama .

²Hery Sonawan dan Rochim Suratman, *Pengantar Untuk Memahami Proses Pengelasan Logam* (Bandung: Alfabeta, 2006), h. 1.

³B. H. Amstead dkk, *Teknologi Mekanik* (Jakarta: Erlangga, 1997), h. 162.

sehingga dapat menyatu. Lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam konstruksi sangat luas, meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, pipa saluran dan sebagainya. Disamping untuk pembuatan, proses las dapat juga dipergunakan untuk reparasi logam, misalnya untuk mengisi lubang – lubang pada coran, membuat lapisan las pada perkakas, mempertebal bagian – bagian yang sudah alus dan lainnya, sehingga didapatkan kekuatan yang diinginkan atau bahkan lebih baik.

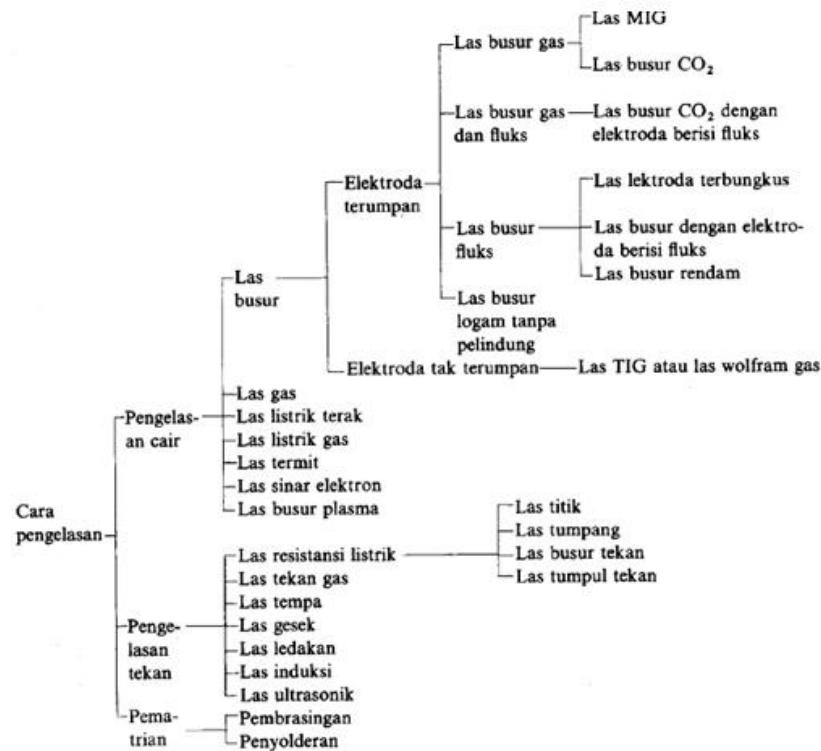
2.2. Klasifikasi Pengelasan

Banyak sekali cara pengklasifikasian yang digunakan dalam bidang las, ini disebabkan karena adanya kesepakatan dalam hal tersebut. Secara konvensional cara-cara pengklasifikasi tersebut pada saat ini dapat dibagi berdasarkan cara kerja.⁴ Berdasarkan cara kerja pengelasan dapat dibagi dalam tiga kelas utama yaitu pengelasan cair, pengelasan tekan dan pematrian antara lain:

1. Pengelasan cair adalah cara pengelasan sambungan dengan cara dipanaskan sampai mencair dengan sumber panas dari busur listrik maupun dari sumber api gas yang terbakar.
2. Pengelasan tekan adalah cara pengelasan sambungan dengan dipanaskan kemudian ditekan hingga menjadi satu.
3. Pematrian adalah cara pengelasan sambungan dengan diikat dan disatukan dengan paduan logam yang mempunyai titik cair rendah. Dalam hal ini logam induk tidak turut mencair.⁵

⁴ Siswanto dan Sofan Amri, *Konsep Dasar Teknik Las*, (Jakarta: Prestasi Pustaka, 2011), h.3.

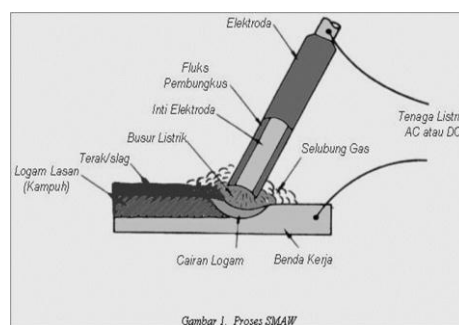
⁵ *Ibid.*,h.4.



Gambar 2.1. Klasifikasi Pengelasan⁶

2.3. SMAW (*shilded metal arc welding*)

SMAW (*shilded metal arc welding*) adalah las busur nyala listrik terlindung, adalah pengelasan dengan mempergunakan busur nyala listrik sebagai sumber panas pencairan logam. Jenis las ini yang paling lazim di pakai di mana-mana untuk semua keperluan pengelasan.



Gambar 2.2 Skema Proses Las SMAW⁷

⁶ Sri widharto, *Petunjuk Kerja Las*. (Jakarta: Pradnya Paramita, 2008), h.18

⁷ *Ibid.*, h.5.

Untuk keselamatan kerja, maka tegangan yang dipakai hanya 23-45 volt saja, sedangkan untuk pencairan pengelasan dipakai arus listrik hingga 500 A.⁸ Secara umum berkisar antara 80-200 A. Untuk mencegah oksidasi (reaksi dengan zat asam O₂), bahan penampang las dilindungi dengan selapis zat pelindung (*flux* dan *slag*) yang sewaktu pengelasan ikut mencair. Tetapi berhubung berat jenisnya lebih ringan dari bahan metal yang mecair, maka cairan *flux* tersebut mengapung diatas cairan metal tersebut, sekaligus mengisolasi metal tersebut untuk beroksidasi dengan udara luar, dan sewaktu mendingin/ membeku, *flux* tersebut juga ikut membeku dan tetap melindungi metal dari reaksi oksidasi.

2.4. Parameter Pengelasan

Parameter pengelasan merupakan kondisi dari pengelasan yang harus direncanakan sebelum dilakukan proses pengelasan. Parameter pengelasan sangat berpengaruh terhadap hasil pengelasan. Beberapa parameter pengelasan atau kondisi pengelasan yaitu :⁹

2.4.1. Arus Listrik

Besar arus pada pengelasan mempengaruhi hasil pengelasan. Bila arus terlalu rendah akan mempersulit penyalaan busur listrik dan busur listrik yang terjadi tidak stabil. Panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan elektroda dan bahan dasar sehingga hasilnya merupakan rigi-rigi las yang kecil dan tidak rata dan penembusan kurang dalam. Sebaliknya bila arus terlalu besar, elektroda akan mencair terlalu cepat dan menghasilkan permukaan las yang lebih lebar dan penembusan yang dalam.

⁸ Sri widharto, *Petunjuk Kerja Las*. (Jakarta: Pradnya Paramita, 2008), h.13.

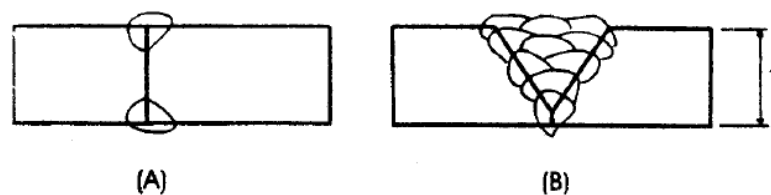
⁹ Harsono Wiryosumarso dan Toshie Okumura, *op.cit.*, h.240.

Besarnya arus pengelasan yang diperlukan tergantung pada ukuran diameter dan jenis elektroda yang digunakan, selain itu besarnya arus pengelasan yang diperlukan juga tergantung pada tebal bahan yang dilas, jenis elektroda yang digunakan, diameter inti elektroda, dan posisi pengelasan.

Kekuatan sambungan diperoleh salah satunya dengan penembusan atau penetrasi. Untuk mendapatkan hasil pengelasan dengan kekuatan sambungan yang baik maka diperlukan penembusan atau penetrasi yang cukup. Pada dasarnya makin besar arus las maka makin besar pula daya tembusnya.

2.4.2. Kampuh Las

Kampuh las merupakan bagian dari logam induk yang nantinya akan diisi oleh logam las.¹⁰ Menurut AWS Code, kampuh las akan diperlukan jika ketebalan pelat yang dilas lebih dari 6 mm.¹¹ Tujuan dibuat kampuh las agar logam tambahan dapat mengisi seluruh ruang bagian kampuh las, dengan demikian kekuatan las akan lebih baik.



Gambar 2.3 Perbandingan Penggunaan Kampuh¹²

Pada gambar di atas menunjukkan dengan ketebalan pelat yang sama (t sama), kedua kondisi diatas memperlihatkan hasil pengelasan yang berbeda.

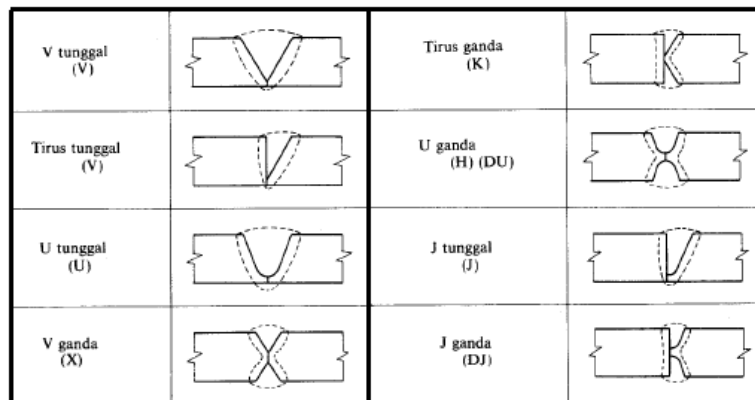
¹⁰ Hery Sonawan dan Rochim Suratman, *op.cit.*, h.17

¹¹ *Ibid.*, h.23.

¹² *Ibid.*,h.24.

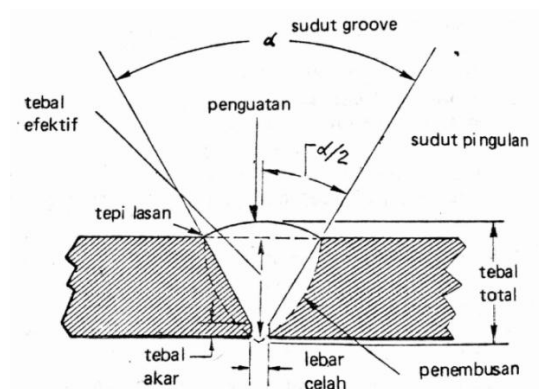
Pada (gambar A) jika tidak dibuat kampuh, penetrasi logam las hanya mengisi di sisi terluar sambungan, sedangkan (gambar B) logam las dengan mudah mengisi seluruh bagian kampuh.¹³

Jenis-jenis kampuh dengan bentuk alur yang digunakan dalam pengelasan yakni kampuh V tunggal, kampuh V ganda atau X, kampuh K, kampuh U tunggal, kampuh U ganda, kampuh J tunggal dan kampuh J ganda.



Gambar 2.4 Jenis Kampuh¹⁴

Beberapa aspek yang perlu diperhatikan pada sambungan pengelasan, yakni tebal efektif, penguatan, tebal total, tebal akar, lebar celah, sudut kampuh, penembusan dan tepinya.¹⁵



Gambar 2.5 Kampuh Las¹⁶

¹³ *Loc.cit.*,

¹⁴ Harsono Wirjosumarto dan Toshie Okumura, *op.cit.*, h.158.

¹⁵ Mochamad Alip, *Teori dan Praktek Las*, (Jakarta : F.PT.K. Ikip Yogyakarta, 1989), h.144.

2.4.3. Elektroda

Elektroda adalah bagian ujung (yang berhubungan dengan benda kerja) rangkaian penghantar arus listrik sebagai sumber panas. Fungsi dari elektroda sebagai pembangkit dan sebagai bahan tambah. Elektroda dibagi menjadi elektroda baja karbon, elektroda baja paduan dan elektroda bukan baja (*non ferrous*). Namun elektroda berdasarkan fungsinya dalam kaitan dengan hubungan listrik pengelasan sebagai elektroda listrik yang habis terpakai (*consumable*) karena adanya loncatan busur nyala listrik akibat adanya jarak yang disengaja dan dijaga ketetapan ukuran antara elektroda tersebut dengan benda.¹⁷

Elektroda dibuat dengan limit kandungan air pada salutnya yang dapat diterima tergantung dari jenis salut dan kekuatan kawat intinya elektroda *low hidrogen* E7015, E7016, E7018, E7028 dan E7048 sangat peka terhadap serapan air. Salut anorganiknya dirancang untuk mengandung sangat sedikit kelembaban sehingga penyimpanannya harus sangat teliti/ hati-hati. Kandungan air maksimum yang diperbolehkan untuk jenis elektroda ini hanya 0,6%. Jika ternyata elektroda telah/pernah diletakkan pada lokasi terbuka sehingga diperkirakan elektroda telah menyerap air melebihi batas yang diperbolehkan maka agar dapat dipergunakan kembali elektroda harus dipanaskan sesuai syarat penyimpanan dan pengeringan elektroda.

¹⁶ *Loc.cit.*,

¹⁷ Sri widharto, *Petunjuk Kerja Las*. (Jakarta: Pradnya Paramita, 2008), h.93.

Syarat Penyimpanan Dan Pengeringan Elektroda			
Klasifikasi AWS	Udara luar	Oven Penyimpanan	Pengeringan
E6010, E6011,	Suhu udara luar	Tidak disyaratkan	Tidak disyaratkan
E6012, E6013, E6020, E6022, E6027, E7014, E7024.	80 ± 20° F (30 ± 10° C) dengan kelembaban relatif maksimum 50%.	20° F (10° C) hingga 40° F (20° C) di atas suhu udara luar.	275 ± 25° F (135 ± 15° C) selama 1 jam waktu rendam.
E7015, E7016, E7018, E7028, E7048.	80 ± 20° F (30 ± 10° C) dengan kelembaban relatif maksimum 50%.	50° F (30° C) hingga 250° F (140° C) di atas suhu udara luar.	475 ± 25° F (245 ± 15° C) selama 2 jam waktu rendam.

Gambar 2.6 syarat penyimpanan dan pengeringan elektroda¹⁸

Untuk pengelasan pada daerah daerah sub tropis maupun daerah dingin, khususnya pada musim dingin, maka diperlukan pemanasan pendahuluan bagi setiap pengelasan juga isolasi untuk memperlambat pendinginan guna mencegah proses quenching (penyepuhan). untuk pengelasan dipantai yang anginnya cukup besar, maka sebelum pengelasan kampuh harus benar benar bersih dan kering untuk mencegah proses pengkaratan akibat titik-titik air garam yang terhembus angin dan mengumpul di kampuh-kampuh las. Berikut adalah klasifikasi elektroda berdasarkan jenis kimia pelindung.

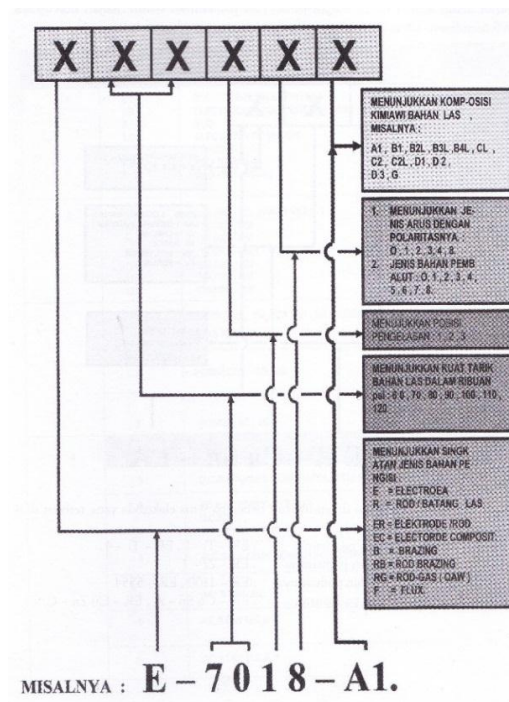
E7014	<i>Iron powder, titania</i>
E7015	<i>Low hydrogen sodium</i>
E7016	<i>Lw hydrogen potassium</i>
E7018	<i>Low hydrogen potassium, iron powder</i>
E7024	<i>Iron powder, titania</i>
E7027	<i>High iron oxide, iron powder</i>
E7028	<i>Low hydrogen potassium, iron powder</i>
E7048	<i>ditto</i>

Gambar 2.7 klasifikasi elektroda¹⁹

¹⁸ Sri widharto, *Petunjuk Kerja Las*. (Jakarta: Pradnya Paramita, 2008), h.100.

¹⁹ Sri widharto, *Petunjuk Kerja Las*. (Jakarta: Pradnya Paramita, 2008), h.102

AWS mengidentifikasi *filler* metal dalam bentuk huruf dan angka yang menunjukkan kekuatan mekanis metal *filler*, posisi pengelasan yang paling tepat untuk jenis *filler* tertentu, jenis arus, dan bahan pelindung (*coating*).



Gambar 2.8 sistem identifikasi *filler*²⁰

2.4.4. Polaritas Las

Proses pengelasan SMAW beroperasi bisa menggunakan arus searah (DC). Mesin las DC dapat digunakan dengan dua cara yaitu polaritas lurus dan polaritas terbalik. Dalam hal arus bolak balik tidak terdapat masalah mengenai polaritas, namun dalam hal pemakaian arus searah maka polaritas harus benar-benar diperhatikan sebelum mulai pengelasan, sebab pemakaian

²⁰ Sri widharto, *Welding inspection*. (Jakarta: Mitra Wacana Media, 2008), h.435

polaritas yang berlawanan dengan yang seharusnya akan mengakibatkan buruknya hasil pengelasan.²¹

Mesin las *DC* polaritas lurus (*DC-*) digunakan bila titik cair bahan induk tinggi dan kapasitas besar, untuk pemegang elektrodanya dihubungkan dengan kutub negatif dan logam induk dihubungkan dengan kutub positif, pada polaritas jenis ini panas yang diterima adalah 30% pada elektroda dan 70% pada benda kerja. Sedangkan untuk mesin las *DC* polaritas terbalik (*DC+*) digunakan bila titik cair bahan induk rendah dan kapasitas kecil, untuk pemegang elektrodanya dihubungkan dengan kutub positif dan logam induk dihubungkan dengan kutub negatif.

Pada jenis polaritas ini panas yang diterima benda kerja adalah 30% dan pada elektroda 70% sehingga penembusan lebih dalam. Pembagian masukan panas ditunjukkan dalam tabel dibawah ini²².

Tabel 2.1 Pembagian Masukan Panas Polaritas²³

Jenis Polaritas	Panas yang diterima	
	Benda kerja	Elektroda
DC +	1/3	2/3
DC -	2/3	1/3

2.4.5. Posisi Pengelasan

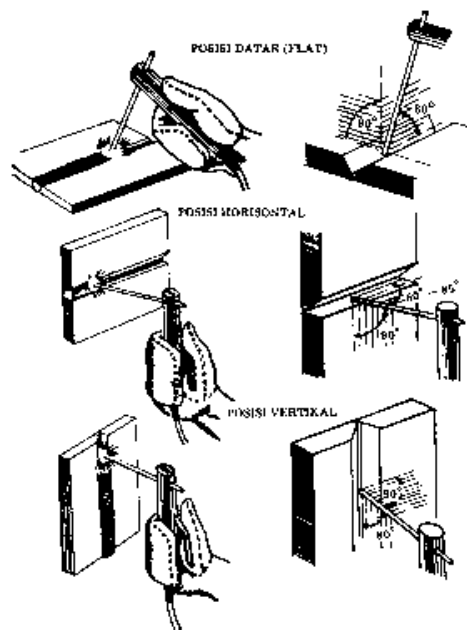
Posisi pengelasan atau sikap pengelasan adalah pengaturan posisi dan gerakan arah elektroda sewaktu mengelas.

²¹ Sriwidharto, *Petunjuk Kerja Las*, (Jakarta: Pradnya Paramita, 1996), h. 47.

²² Daryanto, *Proses Pengolahan Besi Dan Baja (Ilmu Metalurgi)*, (Bandung: Sarana Tutorial Nurani Sejahtera, 2010), h. 158.

²³ Daryanto, *loc.cit.*

²⁴ Sri Widharto, *Inspeksi Teknik Buku 1*, (Jakarta: Praydna Paramita, 2000), h.31.



Gambar 2.9 Posisi Pengelasan²⁴

Adapun posisi mengelas terdiri dari empat macam yaitu :

a) Posisi di bawah tangan / 1G

Posisi di bawah tangan yaitu suatu cara pengelasan yang dilakukan pada permukaan rata atau datar dan dilakukan dibawah tangan. Kemiringan elektroda las sekitar 10° - 20° terhadap garis vertical dan 70° - 80° terhadap benda kerja.

b) Posisi Datar (Horizontal) / 2G

Mengelas dengan horizontal biasa disebut juga mengelas merata dimana kedudukan benda kerja dibuat tegak dan arah elektroda mengikuti horizontal. Sewaktu mengelas, elektroda dibuat miring sekitar 10° - 25° terhadap garis vertikal 70°-80° kearah benda kerja.

²⁴ Sriwidharto, *Petunjuk Kerja Las*, (Jakarta: Pradnya Paramita, 1996), h. 31.

c) Posisi Tegak (Vertikal) / 3G

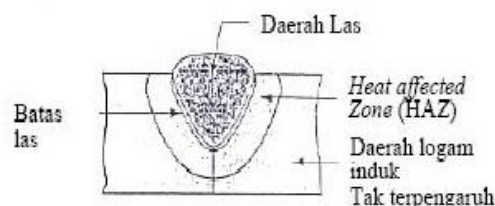
Mengelas posisi tegak dilakukan apabila arah pengelasannya keatas atau kebawah. Pengelasan ini termasuk pengelasan yang cukup sulit karena logam las yang mencair dapat mengalir ke bawah sehingga menyebabkan menumpuknya logam las pada bagian alur dibawahnya. Sewaktu mengelas, kemiringan elektroda sekitar 10° - 15° terhadap garis vertikal dan 70° - 85° terhadap benda kerja.

d) Posisi di Atas Kepala (*Over Head*)

Posisi pengelasan ini sangat sukar dan berbahaya karena logam las yang mencair banyak berjatuhan sehingga dapat mengenai juru las, oleh karena itu diperlukan perlengkapan yang serba lengkap antara lain: baju las, sarung tangan, sepatu kulit dan sebagainya. Mengelas dengan posisi ini kemiringan elektroda sekitar 5° - 20° terhadap garis pengelasan²⁶.

2.5. Daerah hasil pengelasan

Daerah hasil pengelasan terdiri dari tiga bagian yaitu: daerah logam las, daerah pengaruh panas atau *heat affected zone* disingkat menjadi HAZ dan logam induk²⁷.



Gambar 2.10 Daerah Pengaruh Panas (HAZ)

²⁶Hery Sonawan, *op. cit.*, h. 98.

²⁷Siswanto dan Sofan Amri, *op.cit*, h. 9.

Daerah pengaruh panas atau *heat affected zone* (HAZ) adalah logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan yang cepat sehingga daerah ini yang paling kritis dari sambungan las. Secara visual daerah yang dekat dengan garis lebur las maka susunan struktur logamnya semakin kasar. Tahap yang dilakukan sebelum melakukan pengujian struktur mikro adalah pemotongan bahan, pengamplasan dengan tingkat kehalusan minimal amplas ukuran 1000 , pemolesan, etsa dan dilihat dengan mikroskop optik.

2.6. Pengujian dan Pemeriksaan Hasil Pengelasan

Pengujian dan pemeriksaan di dalam pengelasan dapat dibagi menjadi dua, yaitu pengujian *Non Destructive Testing* (NDT) dan *Destructive Testing* (DT). Adapun penjelasan mengenai pengujian *Non Destructive Testing* (NDT) dan pengujian *Destructive Testing* (DT) yaitu:

2.6.1. Pengujian *Non Destructive Testing* (NDT)

Pengujian NDT dilakukan tanpa merusak bagian konstruksi yang diuji. Pengujian ini biasanya dilakukan untuk mengetahui cacat las bagian luar maupun cacat las bagian dalam. Macam-macam pengujian NDT yaitu, pengamatan visual, pengamatan radiografi, pengamatan ultrasonik, uji penetrant dan pengamatan penetrant.

a) Pengamatan Visual

Pengamatan visual adalah metode pemeriksaan hasil pengelasan yang paling banyak dipakai, bahkan hampir semua hasil pengelasan tidak lepas dari pengamatan visual sebelum diuji dengan metoda lain. Untuk hasil pengelasan yang tidak kritis, pengelasan visual sudah dianggap cukup

efektif. Ditinjau dari segi waktu, pengamatan visual sangat cepat. Dilihat dari segi biaya, pengamatan visual paling murah.²⁸

Pengamatan visual mencakup pemeriksaan sambungan las terhadap kemulusan pengerjaan dan keseluruhan dimensi. Pengamatan visual dilakukan sebelum pengelasan, pada saat proses pengelasan, dan pemeriksaan setelah pengelasan.

Pemeriksaan sebelum pengelasan, dimulai dengan pemeriksaan bahan sebelum dilakukan pengelasan yang meliputi persiapan pinggiran yang akan dilas (jenis kampuh, celah akar, tinggi leher), dimensi dan penyetulan dari bagian-bagian yang akan dilas, dan pembersihan (tidak boleh ada kotoran seperti lemak, cat, minyak, dan lainnya). Pemeriksaan pada saat proses pengelasan, yaitu memeriksa rincian pekerjaan pada saat berlangsungnya pengelasan yang meliputi proses las, logam pengisi, gas pelindung, suhu pemanasan awal (jika diperlukan).

Pemeriksaan pada saat proses pengelasan, yaitu memeriksa rincian pekerjaan pada saat berlangsungnya pengelasan yang meliputi proses las, logam pengisi, gas pelindung, suhu pemanasan awal (jika diperlukan).

Pemeriksaan setelah pengelasan, yaitu pemeriksaan yang bertujuan untuk memverifikasi hasil pengelasan yang telah selesai yang meliputi tampak sambungan las, deformasi yang terjadi setelah pengelasan, tanda-tanda karena kesalahan penanganan atau cacat las di permukaan.²⁹

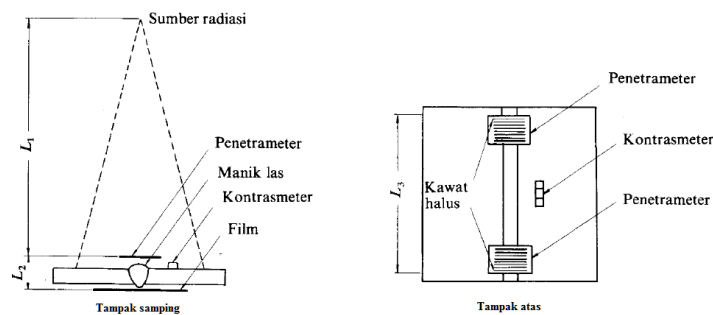
b) Pengamatan Radiografi

²⁸ Mochamad Alip, *op.cit.*, h.235.

²⁹ Eko Sasmito Hadi, *Analisa Pengelasan Mild Steel (ST.42) dengan Proses SMAW, FCAW dan SAW Ditinjau dari Segi Kekuatan dan Nilai Ekonomis*, (Fakultas Teknik: Universitas Diponegoro, 2009), h.110.

Pengamatan radiografi pada dasarnya adalah pengamatan dengan cara penyinaran dengan sumber radiasi berupa sinar x maupun sinar gamma (γ) yang dapat menembus logam yang diperiksa.³⁰ Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui cacat bagian dalam.

Prinsip kerja dari pengamatan radiografi yaitu sinar radiasi diatur dengan jarak tertentu dari spesimen atau objek yang diperiksa. Sinar tersebut dipancarkan menembus objek yang selanjutnya mengenai film yang telah dipasang pada sisi belakang objek. Saat menembus objek, sebagian sinar akan diserap sehingga intensitasnya berkurang. Besar kecil sinar yang diserap tergantung dari ketebalan dan kepadatan spesimen atau objek. Intensitas akhir kemudian direkam dan ditransfer ke media berupa film.



Gambar 2.11 Pengujian radiografi³¹

Jika ada cacat pada material maka intensitas yang terekam pada film tentu akan bervariasi. Hasil rekaman pada film inilah yang akan memperlihatkan bagian material yang mengalami cacat. Kualitas hasil dari film ini tergantung dari kekuatan sinar dan lamanya waktu pengerjaan.

³⁰ Harsono Wiryo Sumarso dan Toshie Okumura, *op.cit.*, h.362.

³¹ *Ibid.*, h.365.

Keuntungan yang dihasilkan dari pengujian radiografi diantaranya yaitu lebih mudah dalam penentuan cacat las, lebih mudah dalam menentukan panjang cacat las, dapat digunakan untuk semua jenis material, dapat digunakan untuk menginspeksi bentuk yang rumit dan struktur yang berlapis tanpa membongkar atau merusak benda uji.

2.6.2. Pengujian *Destructive Testing* (DT)

Pengujian DT dilakukan dengan cara merusak konstruksi yang diuji. Pengujian ini biasanya dilakukan untuk melihat kesamaan antara logam induk dan logam pada daerah hasil pengelasan. Macam-macam pengujian DT yakni, uji tarik, uji tekuk, uji kekerasan, uji metalografi, dan sebagainya. Adapun contoh uji DT yaitu:

a) Pengamatan struktur mikro

Struktur dari suatu logam dapat dilihat melalui pengujian metalografi. Metalografi merupakan ilmu yang mempelajari karakteristik struktur dari logam ataupun paduan.³² Pengamatan metalografi dibagi menjadi dua yaitu pengujian makro dan mikro. Pengujian makro adalah pengujian struktur logam dengan pembesaran 0,5 - 50 kali, sedangkan pengujian mikro dengan pembesaran diatas 50 kali.

³² Sugeng Rahmatulloh, *Bab II Metalografi*, <http://id.scribd.com/doc/92479468/Bab-II-Metalografi#scribd>, Diakses 1 July 2017, Jam 17:04 WIB.



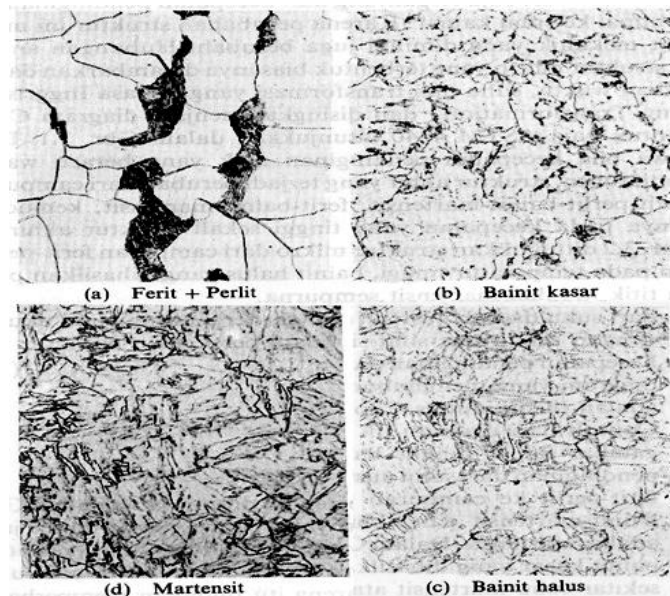
Gambar 2.12 Mikroskop optik Uji Metalografi Puspiptek

Salah satu tujuan pengujian metalografi pada hasil pengelasan yaitu untuk mengetahui struktur pada daerah logam induk, daerah HAZ atau daerah terpengaruh panas dan daerah pengelasan karena kemampuan pembesarannya. Struktur mikro yang terdapat pada material hasil pengelasan diantaranya austenit, ferit, perlit, bainit, sementit, dan martensit. Adapun beberapa fasa dapat dijelaskan sebagai berikut:

- 1) Austenit adalah fasa yang hanya mungkin ada pada baja di temperatur tinggi. Austenit memiliki sel satuan FCC yang mengandung unsur karbon maksimum hingga 1,7%.
- 2) Ferit adalah fasa yang memiliki bentuk satuan BCC yang hanya dapat menampung unsur karbon maksimum 0,025%. Ferit yang terbentuk di atas temperatur 723 °C disebut ferit proeutektoid, sedangkan ferit yang terbentuk di bawah temperatur 723 °C masuk dalam golongan perlit.³³

³³ Adriansyah, *Pengaruh Temperatur pada Proses Heat Treatment untuk Meningkatkan Ketahanan Aus Baja Karbon Rendah pada Pena Pegas Daun*, (Universitas Politeknik Negeri Padang, Padang, 2007), h.9.

- 3) Sementit merupakan senyawa bersifat sangat keras, tetapi bila bercampur dengan ferit yang lunak maka kekerasannya menurun sehingga berlapis dalam suatu butir yang disebut perlit.³⁴
- 4) Martensit akan terbentuk bila proses pengelasan dengan pendinginan yang sangat cepat, struktur ini mempunyai sifat sangat keras dan getas.
- 5) Bainit merupakan fasa yang tumbuh dari batas butir austenit dan terbentuk pada temperatur 500°C. Bainit memiliki tingkat kekerasan yang lebih tinggi dibanding ferit, tetapi lebih rendah dari pada martensit.³⁵



Gambar 2.13 Struktur Mikro Material³⁶

b) Uji Kekerasan

Kekerasan didefinisikan sebagai ketahanan sebuah benda terhadap penetrasi dari bahan lain yang lebih keras. Kekerasan

³⁴ Hery Sonawan dan Rochim Suratman, *op.cit.*, hal.54-55.

³⁵ Achmad Arifin, *Pengaruh Preaheat terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanis Sambungan Las GTAW Material Baja Paduan 12Cr1MoV yang Digunakan pada Superheater Boiler*, (Fak. Teknik: Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, 2012), h.3.

³⁶ Sugeng Rahmatulloh, *loc.cit.*

merupakan suatu sifat dari bahan yang sebagian besar dipengaruhi oleh unsur-unsur paduannya dan kekerasan suatu bahan tersebut dapat berubah bila dikerjakan dengan perlakuan panas. Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil kekerasan dalam perlakuan panas antara lain komposisi kimia, langkah perlakuan panas, aliran pendinginan, temperatur pemanasan, dan lain-lain.³⁷

Kekerasan merupakan ukuran ketahanan material terhadap deformasi tekan. Deformasi yang terjadi berupa perilaku elastis dan plastis. Pada permukaan dari dua komponen yang saling bersinggungan dan bergerak satu terhadap lainnya akan terjadi deformasi elastis maupun plastis.³⁸

Harga kekerasan juga dipengaruhi oleh besarnya butiran yang terbentuk setelah proses pendinginan. Semakin kecil butir dan tersebar merata maka harga kekerasannya semakin tinggi. Sebaliknya jika butiran yang terbentuk besar dan tersusun tidak teratur maka harga kekerasannya akan menurun.³⁹

Pengujian kekerasan dapat menggunakan beberapa metode dalam pengujiannya yaitu *brinell*, *rockwell*, *vickers*, dan *micro hardness*.⁴⁰ Pengujian kekerasan dengan metode *micro hardness*

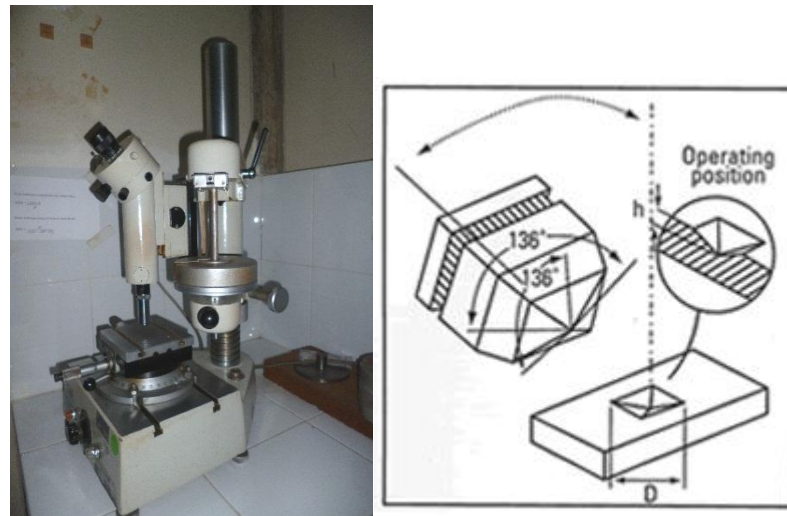
³⁷ Ihfadni Nazwa, *Uji Kekerasan Material dengan Metode Rockwell*, (Universitas Airlangga, Surabaya,2014), h.3.

³⁸ Hadijaya Dahlan, *Pengaruh Variasi Beban Indentor Micro Hardness Tester terhadap Akurasi Data Uji Kekerasan Material*, (Urania Batan,2000), h.51.

³⁹ Kusmanto, *Studi Tentang Kualitas Hasil Repair Welding pada Cast Wheel Aluminium dengan Metode Pengelasan Oksi Asitilin, Tig dan Mig terhadap Sifat Fisis dan Mekanis*, (Universitas Negeri Solo, Surakarta,2013), h.9.

⁴⁰ Makhriza Apriyanto, *Pengaruh Jarak Torch dengan Nozzle Pendingin terhadap Kekerasan Permukaan Baja Karbon Medium pada Proses Flame Hardening*, (Universitas Sebelas Maret Surakarta,2011), h.25.

jarang digunakan namun metode yang lain sering digunakan. Pengujian kekerasan pada metode ini menggunakan metode *vickers*.



Gambar 2.14 Mesin Uji Kekerasan *Vickers* Puspiptek

Metode *vickers* merupakan pengujian kekerasan yang didasarkan kepada penekan bahan uji oleh suatu gaya indentor berupa pramida terbalik yang memiliki sudut 136° . Setelah gaya tekan ditiadakan dan piramida intan dikeluarkan maka timbul bekas pada permukaan bahan uji, bekas dari piramida intan. Pada prakteknya luas ini dihitung dari pengukuran mikroskopik panjang diagonal jejak. Hasil pengukuran diagonal ini digunakan untuk mengukur kekerasan bahan uji menggunakan rumus *vickers*.⁴¹

$$\text{VHN} = \frac{2P \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{d^2} = \frac{(1,854)P}{d^2}$$

Dimana, VHN = Nilai Kekerasan *Vickers* (VHN)

P = Gaya Tekan yang diberikan (Kgf)

d = Panjang diagonal jejak tumbukan (mm)

⁴¹ Joko Santoso, *op.cit.*, h.36.

θ = Sudut piramida (136°)

c) Uji tarik

Pengujian tarik adalah salah satu uji mekanik logam pada konstruksi las yang merusak. Pengujian merusak pada konstruksi las adalah pengujian terhadap model dari konstruksi atau pada batang – batang uji yang telah dilas dengan cara yang sama dengan proses pengelasan yang akan digunakan sampai terjadi kerusakan pada model konstruksi atau batang uji⁴². Tujuan utama dari proses pengujian tarik adalah untuk mengetahui kekuatan tarik bahan uji.

Setelah dilakukan pengujian tarik, harapannya bahan yang akan digunakan sebagai bahan konstruksi, agar siap menerima pembebanan dalam bentuk tarikan. Deformasi bahan disebabkan oleh gaya tarik adalah dasar dari pengujian – pengujian dan studi mengenai kekuatan bahan, hal ini disebabkan beberapa alasan⁴³ :

- a) Mudah dilakukan .
- b) Menghasilkan tegangan uniform pada penampang.
- c) Kebanyakan bahan mempunyai kelemahan untuk menerima beban tegangan tarik yang uniform pada penampang.

Maka hasil dalam pengujian bahan industri paling sering ditentukan oleh kekuatan tarik bahan. Proses pengujian tarik ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik benda uji. Dalam sambungan las sifat tarik sangat

⁴² Wiryosumarto dan Okumura.,Op.cit. h.361

⁴³ T.Surdia dan Shinroku,*Pengetahuan Bahan Teknik* (Jakarta:Pradnya Paramita, 1999) h.7

dipengaruhi oleh sifat dari logam induk, sifat daerah HAZ, sifat logam las dan sifat – sifat dinamik dari sambungan berhubungan erat dengan geometri dan distribusi tegangan dalam sambungan⁴⁴.

Pengujian tarik untuk kekuatan tarik daerah las dimaksudkan untuk mengetahui apakah kekuatan las mempunyai nilai yang sama, lebih rendah atau lebih tinggi dari logam induknya. Pengujian tarik untuk kekuatan kualitas kekuatan tarik dimaksudkan untuk mengetahui berapa nilai kekuatan dan dimana letak putus dari suatu sambungan las.

Pembebanan tarik adalah pembebanan yang diberikan pada benda dengan memberikan gaya tarik berlawanan arah pada salah satu ujung benda. Akibat yang ditimbulkan oleh penarikan gaya terhadap bahan menyebabkan terjadinya perubahan bentuk bahan tersebut. Kemungkinan ini akan diketahui melalui proses pengujian tarik.

Proses terjadinya perubahan bentuk (deformasi) pada bahan uji ini adalah proses pergeseran butiran-butiran kristal logam yang mengakibatkan melemahnya gaya elektromagnetik setiap atom logam hingga terlepasnya ikatan tersebut oleh penarikan gaya maksimum.

Penyusunan butir kristal logam yang diakibatkan oleh adanya penambahan volume ruang gerak dari setiap butiran dan ikatan atom yang masih memiliki gaya elektromagnetik, secara otomatis bisa memperpanjang bahan tersebut. Dengan demikian sangat beralasan jika dalam pengujian bahan teknik, kekuatan suatu bahan sering ditentukan oleh kekuatan tarik.

⁴⁴ Wiryosumarto dan Okumura.,Op.cit. h.181

Dalam pengujian batang uji tersebut dibebani dengan kenaikan beban sedikit demi sedikit sampai batang uji patah. Kemudian sifat – sifat tariknya dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \dots\dots\dots (1)^{45}$$

Dimana : σ = Tegangan Tarik (kgf/mm²)

F = Beban (kg)

A₀ = Luas mula dari penampang batang uji (mm²)

$$\varepsilon = \frac{L-L_0}{L_0} \dots\dots\dots (1.1)^{46}$$

Dimana : ε = Regangan

L₀= Panjang mula dari batang uji

L = Panjang batang uji yang dibeban

2.7. Cacat Pengelasan

Pengelasan mempunyai tujuan yang akan dicapai yaitu hasil pengelasan. Hasil pengelasan bisa dipengaruhi oleh parameter-parameter pengelasan. Penggunaan parameter yang baik akan menghasilkan hasil pengelasan yang baik begitu juga sebaliknya. Hasil pengelasan bisa dilihat dari cacat las, sifat mekanik yang dihasilkan, sifat kimia dan sifat fisis.

⁴⁵ Wiryosumarto dan Okumura.,Ibid. h.181

⁴⁶ Ibid. h.181

Cacat las adalah suatu keadaan yang mengakibatkan turunnya kualitas dari hasil pengelasan. Kualitas hasil pengelasan yang dimaksud adalah berupa turunnya kekuatan dibandingkan kekuatan bahan dasar *base metal* atau tidak baiknya tampilan dari suatu hasil pengelasan. Terdapatnya cacat las pada hasil pengelasan akan mengakibatkan banyak hal yang tidak diinginkan dan mengarah pada turunnya tingkat keselamatan kerja, baik keselamatan alat, pekerja / *user* / operator, lingkungan dan perusahaan / industri / instansi.

Selain itu juga secara ekonomi akan mengakibatkan melambungnya biaya produksi dan pada gilirannya industri / perusahaan / instansi tersebut mengalami kerugian dan penurunan laba. Kerusakan dan cacat pada proses pengelasan terjadi karena beberapa faktor dibawah ini:

1. Cuaca lingkungan pengelasan.
2. Kesalahan teknik pengelasan (tukang las).
3. Kondisi pengelasan (posisi pengelasan yang sulit, kondisi kaya hidrogen).
4. Serangan karat.
5. *Stress*/regangan(*thermal, displacement, residual*).
6. Hal-hal lain seperti kesalahan material, prosedur pengelasan, dll⁴⁷.

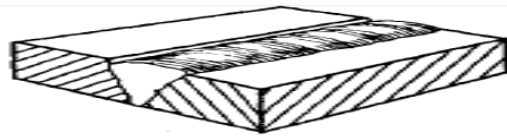
Cacat las dikelompokkan menjadi dua yaitu cacat permukaan las dan cacat internal las. Cacat permukaan las merupakan cacat pada bagian permukaan las yang dapat diketahui dengan pengujian visual, penetrant dan sebagainya. Cacat permukaan las dibagi menjadi dua jenis yaitu cacat permukaan atas dan cacat

⁴⁷ Sri Widharto, *op.cit.*, h.151.

permukaan bawah atau pada akar las.⁴⁸ Adapun kesalahan-kesalahan las dapat dibagi sebagai berikut :

1. *Undercutting*.

Sisi-sisi las mencair dan masuk ke dalam alur las, sehingga parit di kanan kiri alur las yang mengurangi ketebalan bahan. Hal ini disebabkan oleh terlalu tingginya temperatur sewaktu mengelas yang diakibatkan karena pemakaian arus yang terlalu besar dan ayunan elektroda yang terlalu pendek⁴⁹.



Gambar 2.15 Cacat Las *Undercutting*⁵⁰

2. *Weaving fault*.

Bentuk alur bergelombang sehingga ketebalannya tidak merata. Hal ini disebabkan pengelasan terlalu bergoyang (gerakan elektroda terlalu besar)⁵¹.



Gambar 2.16 Cacat Las *Weaving Fault*⁵²

3. *Surface porosity*.

Berupa Lubang-lubang gas pada permukaan lasan yang biasanya disebabkan oleh elektroda basah, kampuh kotor, udara

⁴⁸ *Ibid.*, h. 20.

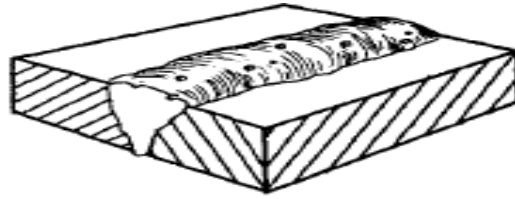
⁴⁹ Sri Widharto, *op.cit.*, h.115.

⁵⁰ Sri Widharto, *loc.cit.*

⁵¹ *Ibid.*, h. 116.

⁵² Sri Widharto, *loc.cit.*

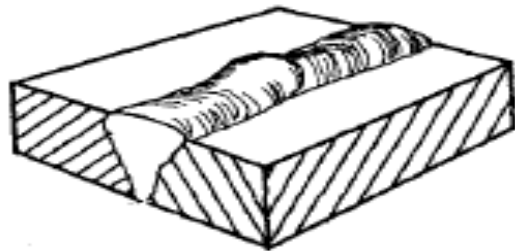
sewaktu mengelas terlalu basah dan gas yang berasal dari galvanisasi.⁵³



Gambar 2.17 Gambar Cacat Las Surface Porosity⁵⁴

4. *Fault of electrode change.*

Bentuk alur las menebal pada jarak tertentu yang diakibatkan oleh pergantian elektroda⁵⁵.



Gambar 2.18 Cacat Las *Fault of Elektrode Change*⁵⁶

5. *Weld spatter.*

Alur las kasar dan penuh dengan percikan-percikan *slug/las*. Hal ini disebabkan oleh arus terlalu besar, salah jenis arus dan salah polaritas⁵⁷.

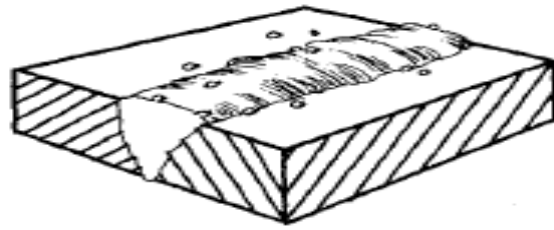
⁵³Sri Widharto, *loc.cit.*

⁵⁴Sri Widharto, *loc.cit.*

⁵⁵*Ibid.*, h. 117.

⁵⁶Sri Widharto, *loc.cit.*

⁵⁷Sri Widharto, *loc.cit.*

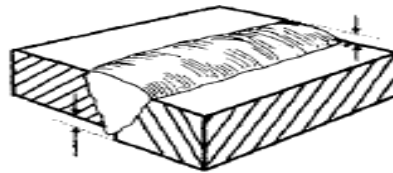


Gambar 2.19 Cacat Las *Weld Spatter*⁵⁸

6. High low

Terdapat perbedaan tinggi rendah pelat pada hasil pengelasan.

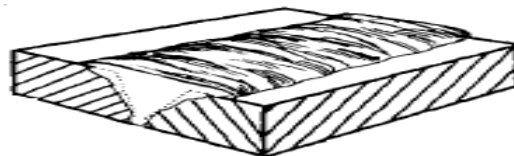
Hal ini disebabkan alas yang digunakan tidak rata.



Gambar 2.20 Cacat Las *High Low*⁵⁹

7. Wide bead

Jalur pengelasan yang melebar. Hal ini disebabkan ayunan elektroda yang terlalu besar.



Gambar 2.21 Cacat Las *Wide Bead*⁶⁰

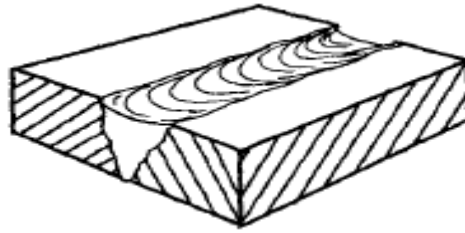
8. *Surface concavity*.

Terdapat penipisan manik las pada hasil pengelasan. Hal ini disebabkan gerakan elektroda terlalu cepat.

⁵⁸ Sri Widharto, *loc.cit.*

⁵⁹ Sri Widharto, *loc.cit.*

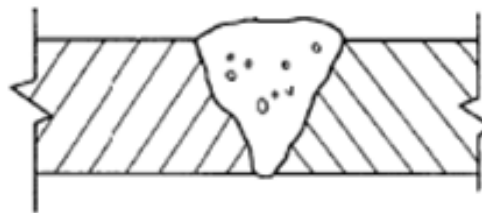
⁶⁰ Sri Widharto, *loc.cit.*



Gambar 2.22 Cacat Las *Stop Start*⁶¹

Jenis cacat pada permukaan atas kadang-kadang tidak dapat dilihat langsung dengan mata atau dengan uji visual, namun baru bisa dilihat setelah dilakukan uji penetrant. Cacat yang tidak bisa langsung dilihat dengan mata, maka pemeriksaannya sama dengan jenis cacat internal las yaitu dengan menggunakan uji radiografi dan sebagainya. Adapun jenis-jenis cacat internal las dapat diperinci sebagai berikut:

1. *Internal porosity*



Gambar 2.23 Cacat Las Internal *Internal Porosity*⁶²

Ciri-ciri cacat las ini terdapat lubang-lubang gas yang terjebak di dalam daerah pengelasan. Untuk penyebab dan penanggulangan dari cacat las yang terjadi akan diuraikan pada tabel dibawah ini:

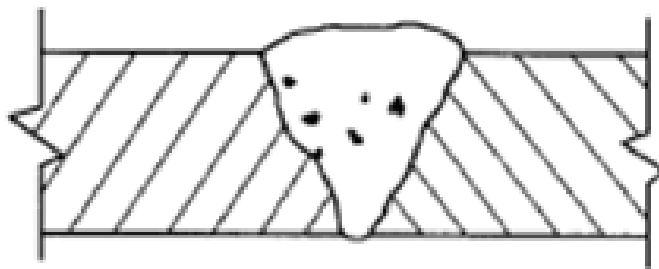
⁶¹ Sri Widharto, *loc. cit.*

⁶² *Ibid.*, h.123.

Tabel 2.2 Penyebab dan Penanggulangan cacat *Internal Porosity*⁶³

Penyebab	Penanggulangan
<ul style="list-style-type: none"> • Busurnya terlalu panjang • Arus terlalu rendah • Kecepatan las terlalu tinggi • Kondisi pengelasan yang kurang mendukung (basah, lembab, kotor/berminyak, berkarat, dll) • Terciptanya gas hidrogen akibat panas las 	<ul style="list-style-type: none"> • Busur nyala diperpendek (elektroda sedikit diturunkan) • Arus dinaikan • Kurangi kecepatan las • Hindari pendinginan terlalu cepat • Hindari kondisi kaya hidrogen

2. *Slag inclusion*

**Gambar 2.24** Cacat Las Internal *Slag Inclusion*⁶⁴

Ciri-ciri cacat las ini terdapat slag/unsur pengotor. Untuk penyebab dan penanggulangan dari cacat las yang terjadi akan diuraikan pada tabel dibawah ini:

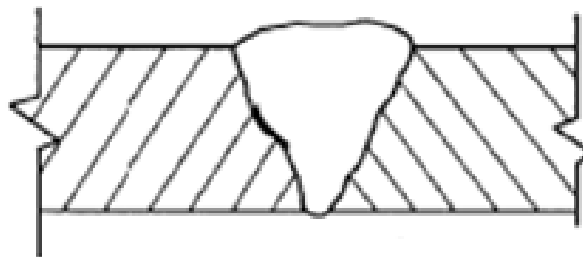
⁶³ *Ibid.*, h.126.

⁶⁴ *Ibid.*, h.123.

Tabel 2.3 Penyebab dan Penanggulangan cacat *Slag Inclusion*⁶⁵

Penyebab	Penanggulangan
<ul style="list-style-type: none"> • Slag tidak dapat mengapung ke permukaan • Slag tidak terbersihkan dengan baik antar jalur • Slag jatuh kembali ke kolam las • Slag pada garis perpaduan antar bahan las dan bahan induk tidak terbersihkan • Berlebihnya jumlah nitrogen, oksidasi, mangan, silika, dan aluminium 	<ul style="list-style-type: none"> • Pergunakan masukan energi yang tepat • Bersihkan slag antar jalur dengan sempurna • Pergunakan ukuran elektroda yang tepat • Bersihkan slag di garis perpaduan • Hindari berlebihnya nitrogen, oksigen, mangan, silika, dan aluminium

3. *Incomplete fusion*

**Gambar 2.25** Cacat Las Internal *Incomplete Fusion*⁶⁶

⁶⁵ *Ibid.*, h.126.

⁶⁶ *Ibid.*, h.123.

Ciri-ciri cacat las ini terdapat rongga yang terdapat di celah kampuh. Untuk penyebab dan penanggulangan dari cacat las yang terjadi akan diuraikan pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.4 Penyebab dan Penanggulangan cacat *Incomplete Fusion*⁶⁷

Penyebab	Penanggulangan
<ul style="list-style-type: none"> • Posisi pengelasan salah • Sudut elektroda salah • Masukan panas terlalu kecil • Welding gap kurang memadai • Bentuk lajur tidak tepat • Permukaan kampuh kotor • Kecepatan pengelasan terlalu tinggi 	<ul style="list-style-type: none"> • Posisi pengelasan harus benar • Sudut elektroda harus tepat • Masukan panas sesuai dengan WPS • Welding gap harus sesuai WPS • Permukaan kampuh harus bersih • Kurangi kecepatan pengelasan

4. *Cold lap*



Gambar 2.26 Cacat Las Internal *Cold Lap*⁶⁸

⁶⁷ *Ibid.*, h.127.

⁶⁸ *Ibid.*, h.123.

Ciri-ciri cacat las ini terdapat retak dingin pada bahan las. Untuk penyebab dan penanggulangan dari cacat las yang terjadi akan diuraikan pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.5 Penyebab dan Penanggulangan cacat *Cold Lap*⁶⁹

Penyebab	Penanggulangan
<ul style="list-style-type: none"> • Regangan tinggi • Struktur mikro yang peka • Desain dan penyambungan yang buruk • Pendinginan terlalu cepat • Kampuh kotor (minyak, lemak, cat, dll) • Kecepatan las tinggi • Masukan panas yang rendah 	<ul style="list-style-type: none"> • Pemanasan awal • Struktur mikro yang tidak peka • Pendinginan perlahan-lahan • Kontrol suhu antar lajur • Masukan panas tinggi • Kampuh benar-benar bersih • Kecepatan las direndahkan • Kondisi bebas hidrogen

5. *Underbead crack*



Gambar 2.27 Cacat Las Internal *Underbead Crack*⁷⁰

Ciri-ciri cacat las ini terdapat retak pada bahan dasar. Untuk penyebab dan penanggulangan dari cacat las yang terjadi akan diuraikan pada tabel dibawah ini:

⁶⁹ *Ibid.*, h.127.

⁷⁰ *Ibid.*, h.123.

Tabel 2.6 Penyebab dan Penanggulangan cacat *Underbead Crack*⁷¹

Penyebab	Penanggulangan
<ul style="list-style-type: none"> • Elektroda kecil • Kecepatan las terlalu tinggi • Amper las rendah • Profil las buruk • Kandungan karbon yang tinggi • Kandungan unsur paduan yang tinggi 	<ul style="list-style-type: none"> • Gunakan elektroda besar • Kurangi kecepatan las • Naikkan arus las • Perbaiki teknik pengelasan • Baja kandungan sulfur rendah • Perbandingan mangan dengan belerang 50:1

2.8. Baja ASTM A36

Baja merupakan paduan yang terdiri dari besi dan karbon sebagai paduan utama dengan kandungan karbon kurang dari 1,7% dengan sedikit unsur *Si*, *Mn*, *P*, *S*, dan *Cu*. Baja dapat dibentuk melalui pengecoran, pencanaian atau penempaan.

Sifat baja karbon sangat tergantung dengan kadar karbon. Karbon merupakan salah satu unsur penting karena dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan baja. Baja merupakan logam yang paling banyak digunakan untuk keperluan industri dalam bentuk pelat / lembaran, dalam bentuk pipa, dalam bentuk batang, dan sebagainya. Baja karbon berdasarkan kandungan karbonnya dibagi menjadi tiga, yaitu:

⁷¹ *Ibid.*, h.126

- 1) Baja karbon rendah (*Low Carbon Steel*) yaitu baja yang mengandung kadar karbon kurang dari 0,3% C. Baja ini tidak dapat dikeraskan karena kandungan karbonnya tidak cukup untuk membentuk struktur martensit. Mempunyai nilai kekerasan yang rendah. Aplikasi digunakan sebagai plat pada lambung kapal, pintu rumah body mobil dan saluran pipa.
- 2) Baja karbon sedang (*Medium Carbon Steel*) mengandung kadar karbon antara 0,3% C sampai 0,6% C. Dengan kandungan karbonnya memungkinkan baja untuk dikeraskan melalui perlakuan panas yang sesuai. Aplikasi digunakan pada pembuatan perangkat mesin seperti gigi, poros dan *crankshaft*.
- 3) Baja karbon tinggi, yaitu baja yang mengandung karbon antara 0,6% C sampai 1,5% C dan memiliki kekerasan yang lebih tinggi namun keuletan lebih rendah. Berkebalikan dengan baja karbon rendah, pengerasan dengan perlakuan panas pada baja karbon tinggi tidak memberikan hasil yang optimal karena terlalu banyaknya martensit, sehingga membuat baja menjadi getas (Amanto, 1999). Aplikasi digunakan untuk gergaji, perkakas potong, pisau cukur, pegas dan rel kereta api.

Baja ASTM A36 merupakan contoh dari baja karbon rendah. Baja ASTM A-36 merupakan baja paduan mikro berkadar karbon rendah (0,05% C - 0,30% C. Di masyarakat baja ASTM A36 ini lebih dikenal dengan nama pelat kapal dimana pelat baja ini secara fungsi digunakan sebagai material dinding bawah dari sebuah kapal atau bisa disebut

dengan lambung kapal. Sebagai bagian dari lambung kapal pelat baja ASTM A36 ini harus mempunyai sifat mekanik terutama sisi ketangguhan dan kekerasan yang baik.

TABEL 2.7 Syarat komposisi kimia ASTM A36

PT. GUNAWAN DIANJAYA STEEL Tbk.
Surabaya - Indonesia

MILL TEST CERTIFICATE
ACC. TO EN10204 : 2004 3.1

Page : 1 of 1

Head Office :
Jl. Margomulyo No. 29 A
Tembak, Seloko - Asemrowo - Surabaya 60184
Phone : (62-31) 7490598 (Pusat)
Fax : (62-31) 7490581
E-mail : quality@gunawansteel.com
http://www.gunawansteel.com

GDS
Certified Quality Management System

ISO 9001 : 2008
Cert. No. JC 20481.77

Customer : **PT. Satria Samudra**
Address : Jl. P. Jayakarta No. 30 C, Mangrove Dua Selatan Sawah Besar Jakarta Pusat
Order No. : D-106-2016
Material : **HOT ROLLED STEEL PLATE**
Specification : JIS G3101 SS400
JIS G3193

Certificate No. : **GDS-QC-2016-1108-A**
Date : **April 28, 2016**
Despatch Advice No. : **LDO-1804-0502-0504.0510**

Item Number	Plate Number	Order Qty	Dimensions (mm)			Weight (MT)	Chemical Composition (%)											Test	Y.S	T.S	Elongation (%)	Bend Test	Reference							
			T	W	L		C	Si	Mn	P	S	Nb	Cu	Cr	Ni	Mo	V						Al	Ti	N	I	II	III	Av	
2357	N 51	1	8	1824	6096	0.583	14	13	82	14	8	0	1	3	3	10	4	30	0	2	P4	367	492	23	OK					
1075063	R 25	1	8	1800	6000	0.678	13	20	83	15	5	0	2	3	1	2	1	36	2	3	G2	312	441	33	OK					
	R 33-34	2	*	*	*	1.356																								
2266	J 21-22	2	10	1829	6096	1.750	13	14	86	16	4	0	1	3	3	10	1	34	0	2	H3	317	467	22	OK					
150	R 03	1	13	1824	6096	1.021	14	15	64	12	5	-	1	3	2	10	2	26	-	1.5	R5	286	421	26	OK					
5049	O 41	1	*	*	*	1.021	19	17	108	13	3	0	1	3	3	10	1	22	0	2.4	R1	276	476	27	OK					
1410494	O 14	1	*	*	*	1.021	16	14	75	14	5	<10	3	4	2	<5	38	<5	6	O1	273	450	26	OK						
3118	O 32	1	15	1829	6096	1.313	16	20	108	12	2	0	1	4	2	10	1	33	0	2	J2	320	488	23	OK					
2042369	F 31	1	28	1829	6096	2.451	17	19	93	12	5	0	1	2	0	1	1	34	2	3	KB	278	442	28	OK					
						11.194																								

WE HEREBY CERTIFY THAT THE MATERIAL HEREIN HAS BEEN MADE AND TESTED IN ACCORDANCE WITH THE ABOVE SPECIFICATION AND ALSO WITH THE REQUIREMENT CALLED FOR BY THE ABOVE ORDER

Signature: *[Signature]*
Name: **Putra Samudra**
Title: **Quality Manager**

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian merupakan suatu cara atau rangkaian metode yang digunakan dalam penelitian, sehingga pelaksanaan penelitian lebih teratur dan hasil penelitian bisa dipertanggung jawabkan secara ilmiah.

A. Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Pelaksanaan penelitian ini berlangsung dari bulan Desember 2016 sampai dengan Agustus 2017. Penelitian ini dilaksanakan pada beberapa tempat :

1. Pada proses pengelasan SMAW dilaksanakan di Pusat Pelatihan Kerja Khusus Pengembangan Las yang beralamat di Jl. Raya Condet No.25, Kramat Jati Jakarta Timur.
2. Pengamatan uji radiografi dilaksanakan di PT. Gamma Hepsi yang beralamat di Jl. Eretan II No. 35, Balekambang, Condet, Jakarta Timur.
3. Pengujian kekerasan dilaksanakan di PUSPIPTEK Kementerian Riset dan Teknologi Jl. Raya Puspiptek-Serpong, Tangerang Selatan.
4. Pengujian tarik dilaksanakan di di Pusat Pelatihan Kerja Khusus Pengembangan Las yang beralamat di Jl. Raya Condet No.25, Kramat Jati Jakarta Timur.

B. Variabel Penelitian

Variabel penelitian ini menggunakan dua variabel, yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas adalah kondisi-kondisi atau karakteristik-karakteristik yang oleh peneliti dimanipulasi dalam rangka untuk menerangkan hubungannya dengan fenomena yang diobservasi. Karena fungsinya variable ini sering disebut variable pengaruh, sebab berfungsi mempengaruhi variable lain, jadi secara bebas berpengaruh terhadap variable lain.⁶⁹ Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi variabel bebas.⁷⁰ Pada penelitian ini, variabel bebas yaitu suhu proses pengeringan elektroda E 7018 sedangkan variabel tergantung yaitu hasil pengelasan.

C. Metode yang digunakan

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode eksperimen merupakan metode penelitian yang dilakukan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalikan.⁷¹ Kondisi tersebut berguna untuk memperoleh data tentang hasil pengelasan SMAW dengan menggunakan beberapa variasi suhu pengeringan elektroda E 7018.

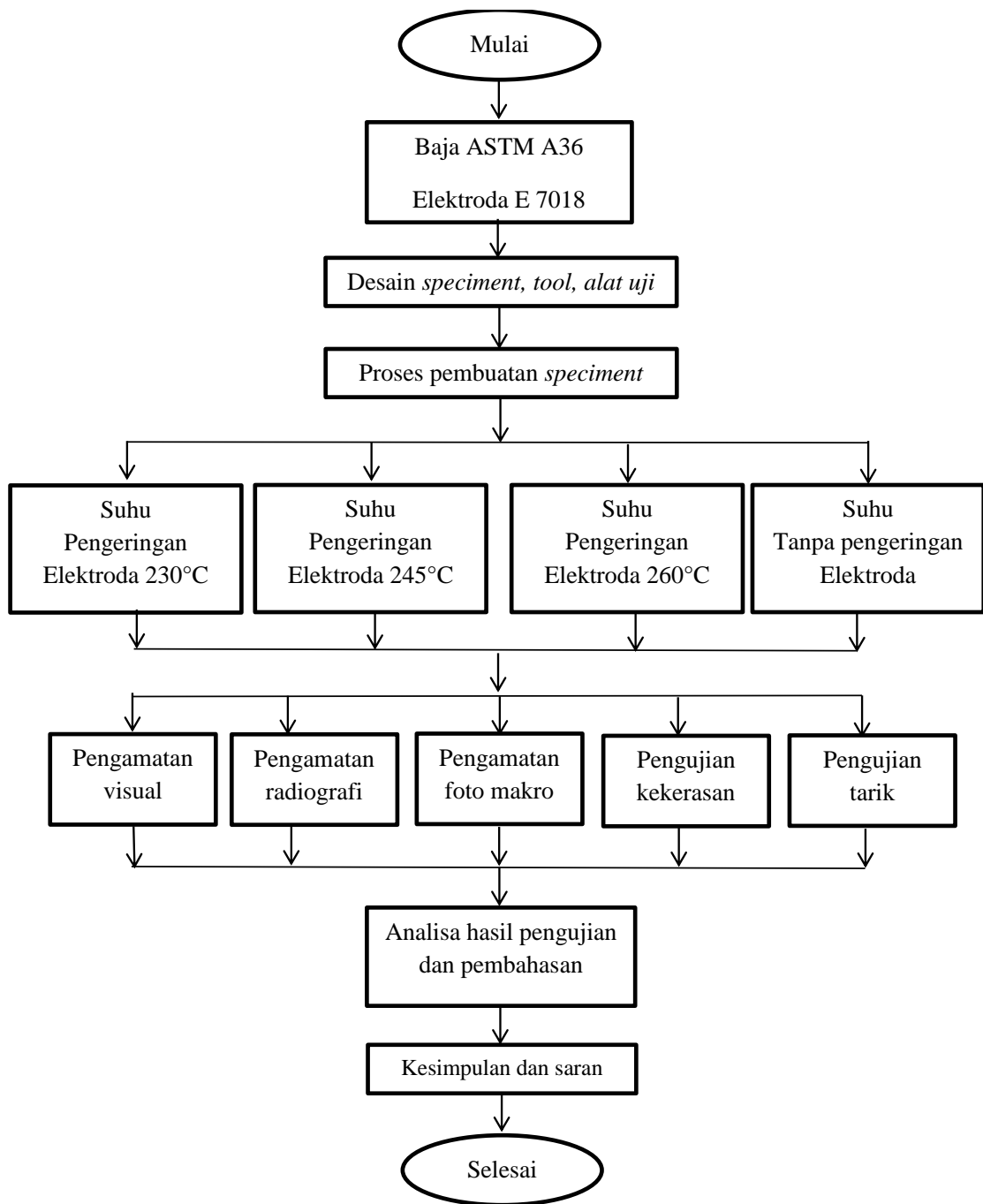
D. Alur Kerja Penelitian

Alur kerja penelitian merupakan suatu gambaran umum untuk memandu dan membantu penulis dalam melakukan penelitian sehingga bisa teratur dan terarah. Alur kerja pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

⁶⁹ Cholid Narbuko dan Abu Achmad, *Metodologi Penelitian*(Jakarta: PT Bumi Aksara, 2009), h.119.

⁷⁰ Myrrnawati Crie Handini, *Metodologi Penelitian untuk Pemula* (Jakarta: FIP Press, 2012), h.31

⁷¹ *Ibid.*,h.80.



Gambar 3.1 Alur Kerja Penelitian

Berikut ini adalah penjelasan dan keterangan dari alur kerja penelitian :

1. Perencanaan.

Pada proses perencanaan, peneliti melakukan rancangan-rancangan tentang judul, variabel bebas dan terikat yang akan diteliti, serta metode yang akan digunakan nantinya pada penelitian ini yaitu metode eksperimen. Setelah itu maka ditentukanlah judul untuk penelitian ini.

2. Mengumpulkan data dan literatur.

Pada proses ini, peneliti mengumpulkan data dan literatur yang terkait dengan judul penelitian ini. Data yang dikumpulkan berupa landasan teori apa saja yang dibutuhkan untuk menjalankan penelitian ini yang didapat dari bimbingan kepada dosen pembimbing, buku, jurnal, dan sebagainya sehingga bisa mendukung penelitian ini.

3. Persiapan bahan dan alat.

Bahan-bahan yang dipersiapkan dalam penelitian ini yaitu :

- a. Material ASTM A36 dengan komposisi kimia 98.9 % (Fe);0,158 % (C);0,013 % (Si), 0,86 % (Mn);0,015 % (P);0,016 % (S).
- b. Elektroda E 7018.

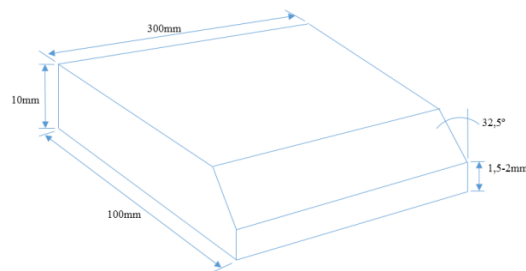
Sedangkan peralatan - peralatan yang digunakan untuk proses pengelasan dan pengujiannya terdiri dari :

- a) Seperangkat mesin las SMAW dengan arus DC+ merek Miller
- b) Seperangkat mesin oven (tungku) seri km – 3000 temperature 50 °C – 260 °C

- c) Mesin potong plat (*portable flame cutting*) YUKWANG seri YK_300
 - d) Ragum
 - e) Tang
 - f) Alat ukur Sigmat penggaris dan penggores
 - g) Sikat kawat
 - h) Kikir
 - i) Gerinda tangan
 - j) Gegep
 - k) Mesin sekrup
 - l) Autosol
 - m) Cairan *cleaner*
 - n) Kain majun
 - o) Cairan etsa
 - p) Alkohol kadar 95%
 - q) HNO₃ kadar 65%
 - r) Alat pengukur suhu dengan akurasi $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$
 - s) Seperangkat mesin uji radiografi
 - t) Seperangkat peralatan foto makro
 - u) Seperangkat mesin uji kekerasan
 - v) Seperangkat mesin uji Tarik
4. Pembuatan spesimen

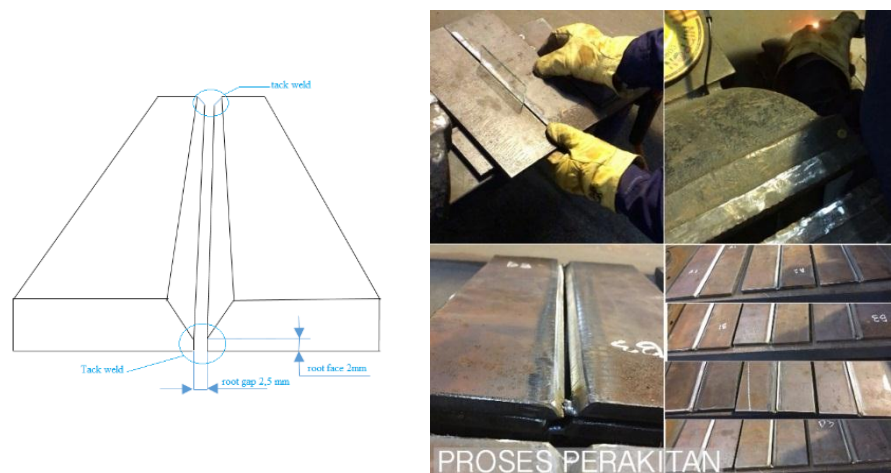
Spesimen yang digunakan pada penelitian ini menggunakan 12 sample. 12 sample dibagi menjadi 4 variasi suhu pengeringan, jadi 1 variasi suhu pengeringan elektroda mempunyai 3 buah sample.

- a) Proses pemotongan plat menggunakan mesin potong plat dengan ukuran sample panjang 100mm lebar 300mm dan tebal 10mm.
- b) Proses pembuatan bevel dengan sudut $32,5^\circ$.



Gambar 3.2 ukuran sample

- c) Bentuk *root face* 2 mm.
- d) Lakukan proses perapihan pada ujung spesimen.
- e) Buat *root gap* antar spesimen menggunakan kaca dengan tebal 2,5mm.



Gambar 3.3 Pembuatan *tack weld* *root face* dan *root gab*

- f) Lalu lakukan *tack weld* pada ujung spesimen menggunakan mesin las bertujuan agar tidak terjadi miring plat pada saat pengelasan.
 - g) Spesimen diberi tanda agar tidak tertukar saat proses pengelasan.
1. Untuk hasil spesimen yang elektroda dioven dengan suhu 230°C
 - Sample 1 diberi tanda A1
 - Sample 2 diberi tanda A2
 - Sample 3 diberi tanda A3
 2. Untuk hasil spesimen yang elektroda dioven dengan suhu 245°C
 - Sample 1 diberi tanda B1
 - Sample 2 diberi tanda B2
 - Sample 3 diberi tanda B3
 3. Untuk hasil spesimen yang elektroda dioven dengan suhu 260°C
 - Sample 1 diberi tanda C1
 - Sample 2 diberi tanda C2
 - Sample 3 diberi tanda C3
 4. Untuk hasil spesimen yang elektroda tanpa di oven
 - Sample 1 diberi tanda D1
 - Sample 2 diberi tanda D2
 - Sample 3 diberi tanda D3
- h) Lakukan proses oven elektroda selama ± 120 menit untuk mencapai suhu yang didapatkan. Di pantau menggunakan alat pengukur suhu.
 - i) Spesimen siap dilakukan proses pengelasan
5. Proses pengelasan spesimen

Proses selanjutnya adalah proses pengelasan spesimen dengan menggunakan las SMAW dan arus yang searah DC+ dengan arus 150A. Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses pengelasan adalah:

- a) Mempersiapkan benda kerja yang akan dilas.
- b) Mempersiapkan mesin las SMAW dengan arus searah.
- c) Mempersiapkan elektroda yang akan digunakan.
- d) Mengatur arus yang akan digunakan yaitu arus 90 A Untuk pengisian dasar 120 A untuk pengisian utama .
- e) Mengatur posisi pengelasan yaitu 1G (*flat*).
- f) Kemudian melakukan proses pengelasan pada tiap spesimen.
- g) Setelah semua spesimen dilas, biarkan spesimen hingga beberapa menit hingga keadaan suhu normal kembali.
- h) Bersihkan semua spesimen pengelasan.

6. Pengamatan visual

Setelah dilakukan proses pengelasan maka, selanjutnya semua spesimen dilakukan pengujian NDT yaitu pengamatan visual. Pengamatan visual dilakukan dengan cara mengamati cacat yang dapat dilihat dengan kasat mata. Cacat yang nampak hanyalah cacat yang berada di bagian luar atau permukaan pada hasil pengelasan.

7. Pengamatan radiografi

Setelah dilakukan pengamatan visual, selanjutnya spesimen dilakukan pengamatan radiografi. Pengamatan radiografi dilakukan untuk mengetahui cacat las yang terjadi di dalam hasil pengelasan.

Pengujian radiografi ini menguji hasil pengelasan yang berjumlah lima karena setiap sudut kampuh dilakukan satu kali pengujian. Baja hasil lasan dengan panjang awal 30 cm x 10 cm dengan ketebalan 1 cm, dipotong vertikal menjadi 10 bagian dengan ukuran masing – masing 3 cm x 10 cm dengan ketebalan 10 mm dengan menggunakan mesin gergaji potong.

Pada proses pengamatan radiografi, langkah - langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- a) Persiapkan mesin uji radiografi.
- b) Spesimen dibersihkan dengan menggunakan sikat agar hasil pengelasan bebas dari kotoran.
- c) Letakkan film pada posisi paling dasar.
- d) Letakkan spesimen atau bahan yang akan dilakukan pengujian diatas film yang sudah diposisikan pada mesin radiografi.
- e) Sinarkan sinar x radiografi pada spesimen sehingga tertangkap oleh film.
- f) Setelah proses radiografi selesai, letakkan film pada cahaya sehingga hasil pengujian radiografi dapat dibaca dan diamati.

Setelah proses radiografi selesai, ulangi langkah tersebut pada spesimen lainnya sehingga seluruhnya dilakukan pengamatan radiografi dan masukan data yang keluar dari pengamatan radiografi.

8. Pengamatan foto makro

Pengamatan foto makro dilakukan dengan tujuan untuk melihat struktur hasil pengelasan yang meliputi daerah pengelasan, daerah pengaruh panas (HAZ), dan daerah logam pengelasan. Maka berikut ini cara pengamatan foto makro :

- a) Memotong spesimen sesuai dengan pengujian.
- b) Lakukan proses grinding.
- c) Haluskan sisi yang dipotong dengan menggunakan kain abrasif
- d) Lakukan pengetsaan pada spesimen.
- e) Lakukan pengamatan foto makro dengan menggunakan mikroskop stereo perbesar 6x sampai 50x. Setelah proses pengamatan foto makro selesai, ulangi langkah tersebut pada spesimen lainnya sehingga seluruhnya dilakukan pengamatan foto makro dan masukan data yang keluar dari pengamatan tersebut .

9. Uji Kekerasan

Baja hasil lasan dengan panjang awal 30 cm x 10 cm dengan ketebalan 1 cm, dipotong vertikal menjadi 10 bagian dengan ukuran masing – masing 3 cm x 10 cm dengan ketebalan 10 mm dengan menggunakan mesin gergaji potong.

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui tingkat kekerasan pada daerah pengelasan, daerah logam induk dan daerah HAZ pada hasil pengelasan. Pengujian kekerasan ini menggunakan metode *vickers* dengan langkah sebagai berikut:

- a) Siapkan bahan uji yang telah dibersihkan permukaannya.
- b) Tentukan titik mana yang akan di uji.

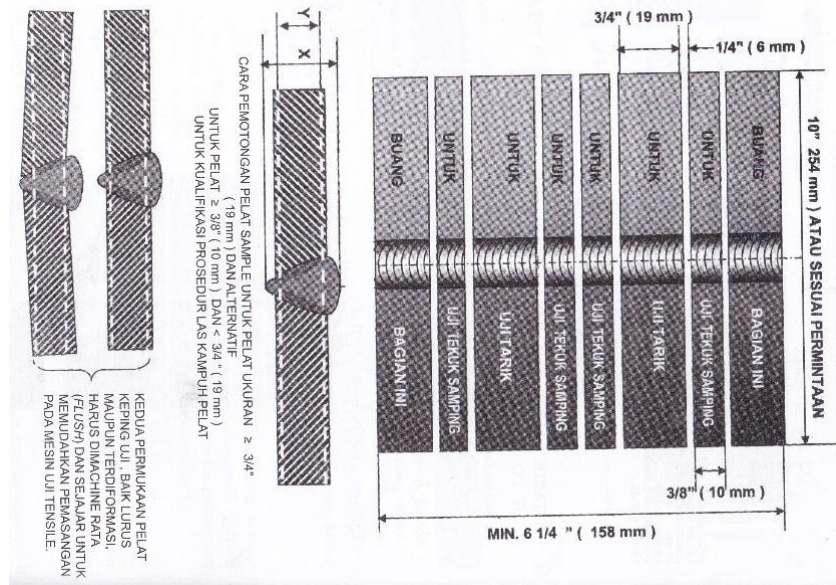
- c) Letakkan bahan uji pada mesin uji.
- d) Persiapkan mesin uji dengan gaya tekan 5 Kgf.
- e) Lakukan pengujian dan tahan selama 30 detik.
- f) Lepaskan gaya dan lakukan hal yang sama pada benda uji yang lainnya.

Setelah proses pengujian kekerasan selesai, ulangi langkah tersebut pada spesimen lainnya sehingga seluruhnya dilakukan pengujian kekerasan dan masukan data yang keluar dari pengamatan tersebut

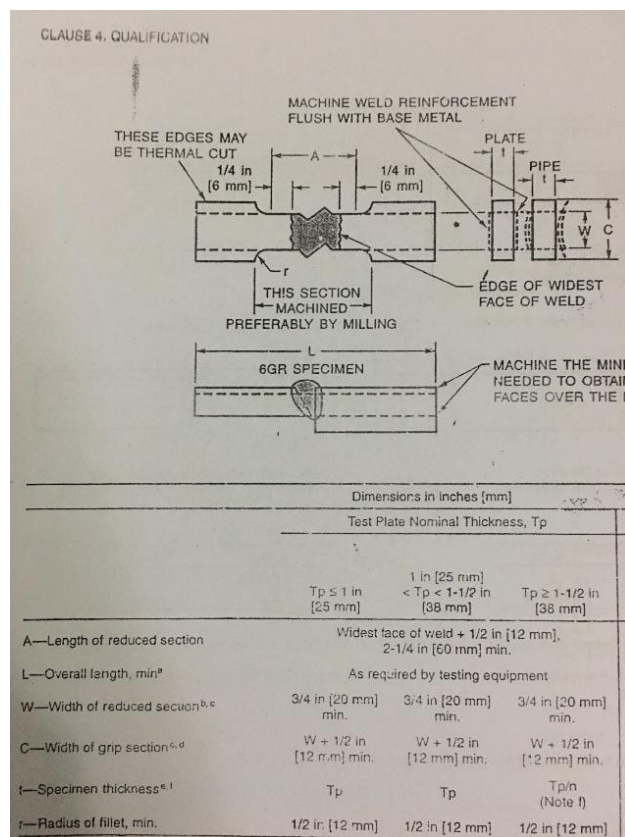
10. Uji Tarik

Uji tarik yaitu pengujian yang bertujuan untuk mendapatkan gambaran tentang sifat sifat dan keadaan dari suatu logam. Pengujian tarik dilakukakn dengan penambahan beban secara perlahan lahan kemudian akan terjadi pertambahan panjang yang sebanding dengan gaya yang bekerja. Mesin uji tarik untuk material yang terdiri atas beberapa bagian, Bagian atas disebut sebagai *Crosshead*, atau bagian yang bergerak yang menarik benda uji, Sepasang ulir cylinder akan membawa atau menggerakkan bagian crosshead. Sementara itu di bagian bawah di buat static. dibagian *crosshead* terdapat sensor *loadcell* yang akan mengukur besarnya gaya tarik, sedangkan untuk mengukur perubahan panjang digunakan *strain gages* atau *extensometer*

Pembuatan spesimen uji tarik mengacu kepada :



Gambar 3.4 Pembagian sampel untuk pengujian ⁷²

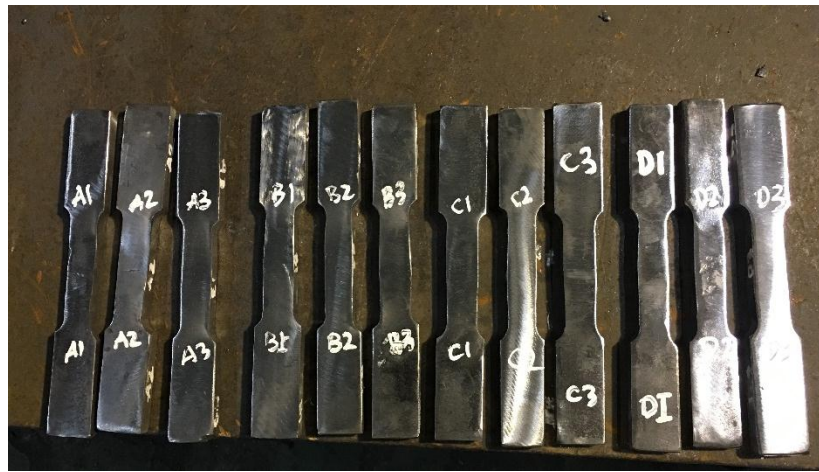


Gambar 3.5 Prosedur Pembuatan sampel untuk pengujian tarik ⁷³

⁷² Sriwidharto, *Welding Inspection*, (Jakarta: Pradnya Paramita, 2013), h. 42.

⁷³ Sriwidharto, *Welding Inspection*, (Jakarta: Pradnya Paramita, 2013), h. 42.

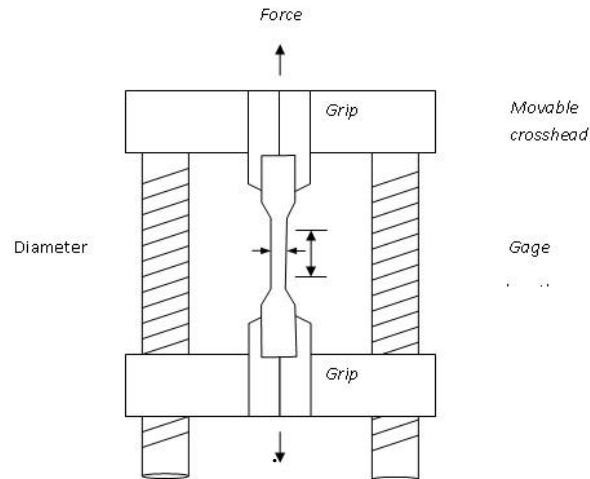
Baja hasil lasan dengan panjang awal 30 cm x 10 cm dengan ketebalan 1 cm, dipotong vertikal menjadi 10 bagian dengan ukuran masing – masing 3 cm x 10 cm dengan ketebalan 10 mm dengan menggunakan mesin gergaji potong. Setelah itu baru dibuat spesimen uji tarik dengan ukuran yang sesuai dengan standar ASTM E8 type 12,5 mm menggunakan mesin Frais.



Gambar 3.6 Pembuatan sampel untuk pengujian tarik

- a) Siapkan sample yang akan dilakukan pengujian tarik.
- b) Nyalahkan komputer mesin uji tarik.
- c) Pasang sample yang akan diuji pada grip atas dan bawah lalu lakukan penjepitan sample.
- d) Isi data sample pada komputer seperti :
 - Dimensi sample
 - Spesifikasi sample
- e) Lakukan proses pengujian tarik dan komputer akan mengeluarkan data grafik dari pengujian tersebut sampai uji tarik tersebut selesai.

Setelah proses uji tarik selesai ulangi langkah tersebut pada spesimen lainya sehingga seluruhnya dilakukan pengujian tarik dan masukan data pada laporan.



Gambar 3.4 Mesin uji tarik

11. Analisis data

Setelah semua pengujian dilakukan maka langkah selanjutnya yaitu menganalisa data. Analisa data dilakukan untuk mengetahui variasi suhu pada proses pengeringan elektroda type E7018 yang optimal pada hasil pengelasan material ASTM A36. Data tersebut didapat dari hasil pengujian DT dan NDT.

12. Kesimpulan

Langkah terakhir yang dilakukan dalam penelitian ini adalah menarik kesimpulan dari analisis data berdasarkan tujuan dari penelitian.

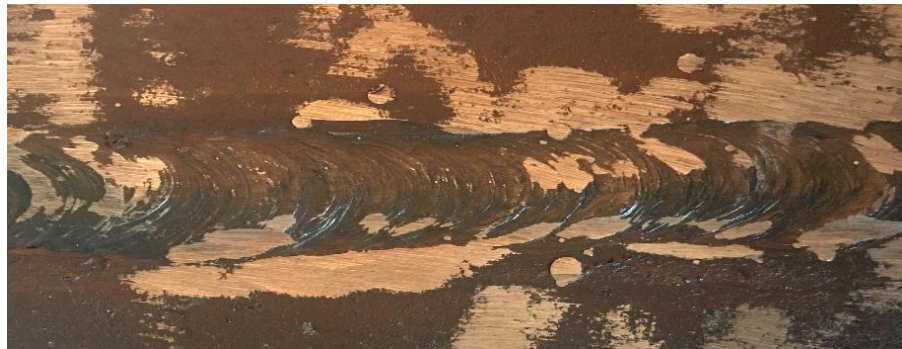
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Perbandingan Hasil Pengelasan dengan Variasi Suhu pengeringan elektroda Berdasarkan Uji *Visual*

4.1.1 Untuk hasil spesimen yang elektroda dioven dengan suhu 230°C

a. Spesimen A1



Gambar 4.1 Uji *Visual* Hasil Pengelasan Spesimen A1

Pada gambar 4.1 menunjukkan hasil pengelasan pada spesimen A1 terdapat cacat jenis *spatter* (percikan las) akibat busur las terlalu panjang penangulangannya cukup digerinda dibagian cacat.

b. Spesimen A2



Gambar 4.2 Uji *Visual* Hasil Pengelasan Spesimen A2

Pada gambar 4.1 menunjukkan hasil pengelasan pada spesimen A2 tidak terdapat cacat.

c. Spesimen A3



Gambar 4.3 Uji *Visual* Hasil Pengelasan Spesimen A3

Pada gambar 4.1 menunjukkan hasil pengelasan pada spesimen A3 terdapat cacat jenis *surface cold lap* akibat suhu metal rendah, *ayunan* (*sway*) tidak tetap penangulangannya cukup dikikir atau digerinda dibagian cacat.

4.1.2 Untuk hasil spesimen yang elektroda dioven dengan suhu 245°C

a. Spesimen B1



Gambar 4.4 Uji *Visual* Hasil Pengelasan Spesimen B1

Pada gambar 4.1 menunjukkan hasil pengelasan pada spesimen B1 tidak terdapat cacat pengelasan.

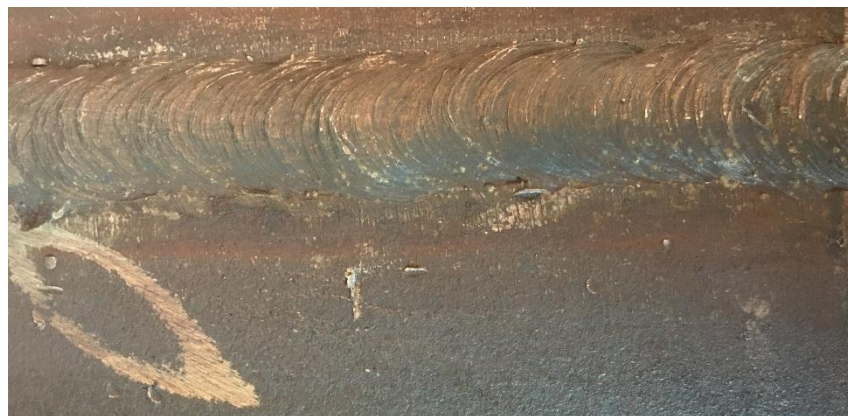
b. Spesimen B2



Gambar 4.5 Uji *Visual* Hasil Pengelasan Spesimen B2

Pada gambar 4.1 menunjukkan hasil pengelasan pada spesimen B1 tidak terdapat cacat pengelasan.

c. Spesimen B3



Gambar 4.6 Uji *Visual* Hasil Pengelasan Spesimen B3

Pada gambar 4.1 menunjukkan hasil pengelasan pada spesimen B1 tidak terdapat cacat pengelasan.

4.1.3 Untuk hasil spesimen yang elektroda dioven dengan suhu 260°C

a. Spesimen C1



Gambar 4.7 Uji *Visual* Hasil Pengelasan Spesimen C1

Pada gambar 4.1 menunjukkan hasil pengelasan pada spesimen C1 terdapat cacat jenis *spatter* (percikan las) akibat busur las terlalu panjang penangulangannya cukup dikikir atau digerinda dibagian cacat.

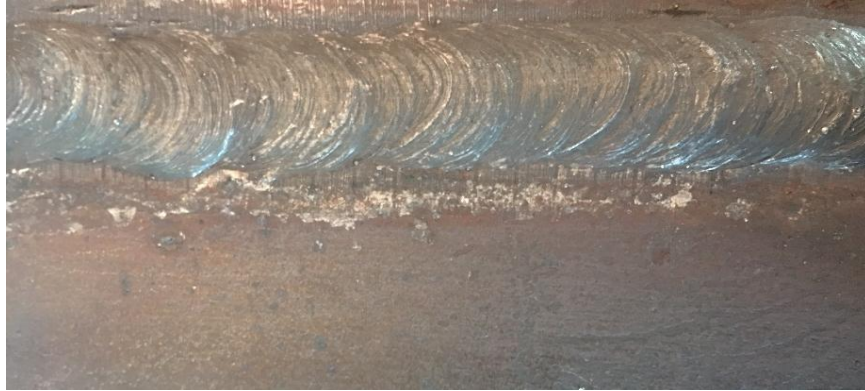
b. Spesimen C2



Gambar 4.8 Uji *Visual* Hasil Pengelasan Spesimen C2

Pada gambar 4.1 menunjukkan hasil pengelasan pada spesimen C2 tidak terdapat cacat pengelasan.

c. **Spesimen C3**



Gambar 4.9 Uji *Visual* Hasil Pengelasan Spesimen C3

Pada gambar 4.1 menunjukkan hasil pengelasan pada spesimen C3 tidak terdapat cacat pengelasan.

4.1.4 Untuk hasil spesimen yang elektroda tanpa dioven

a. **Spesimen D1**



Gambar 4.10 Uji *Visual* Hasil Pengelasan Spesimen D1

Pada gambar 4.1 menunjukkan hasil pengelasan pada spesimen D1 terdapat cacat jenis *spatter* (percikan las) dan pin hole namuh hanya dipermukaan luar , akibat udara masuk kedalam kolam las penangulangannya digerinda dibagian cacat.

b. **Spesimen D2**



Gambar 4.11 Uji *Visual* Hasil Pengelasan Spesimen D2

Pada gambar 4.1 menunjukkan hasil pengelasan pada spesimen D2 terdapat cacat jenis *spatter* (percikan las) dan lebih banyak jika kita bandingkan dengan hasil pengelasan yang elektrodanya di oven terlebih dahulu akibat busur las terlalu panjang penangulangannya cukup dikikir atau digerinda dibagian cacat.

c. **Spesimen D3**



Gambar 4.12 Uji *Visual* Hasil Pengelasan Spesimen D3

Pada gambar 4.1 menunjukkan hasil pengelasan pada spesimen D3 terdapat cacat jenis *spatter* (percikan las) dan lebih banyak jika kita bandingkan dengan hasil pengelasan yang elektrodanya di oven terlebih dahulu akibat busur las terlalu panjang penangulangannya cukup dikikir atau digerinda dibagian cacat.

Berdasarkan data hasil uji *visual* dapat dilihat adanya perbedaan cacat las yang terjadi tiap-tiap spesimen. Berikut ini adalah tabel 4.3 Perbandingan cacat las berdasarkan hasil uji *visual*.

Tabel 4.1 Perbandingan Cacat Las Berdasarkan Hasil Uji *Visual*

Kelompok	Suhu pengeringan	Kode spesimen	Cacat las
A	230 ° C	A1	<i>Weld spatter</i>
		A2	-
		A3	<i>surface cold lap</i>
B	245 ° C	B1	-
		B2	-
		B3	-
C	260 ° C	C1	<i>Weld spatter</i>
		C2	-
		C3	-
D	Tanpa pengovenan	D1	<i>Pin hole</i>
		D2	<i>Weld spatter</i>
		D3	<i>Weld spatter</i>

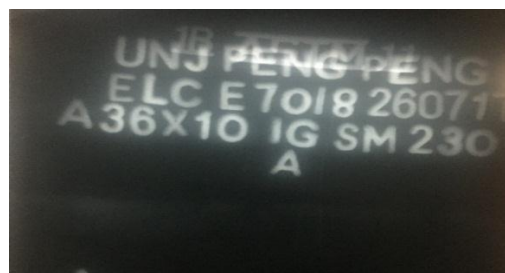
Dari data diatas maka dapat disimpulkan hasil pengelasan spesimen A1 terdapat cacat las *Weld spatter*, spesimen A2 tidak terlihat adanya cacat las, spesimen A3 terdapat cacat las *surface cold lap* , spesimen B1 tidak terlihat adanya cacat las, spesimen B2 tidak terlihat adanya cacat las, spesimen B3 tidak terlihat adanya cacat las, spesimen C1 terdapat cacat las *Weld spatter*, spesimen C2 tidak terlihat adanya cacat las, spesimen C3 tidak terlihat adanya cacat las, spesimen D1 terdapat cacat las *Pin hole*, spesimen D2 terdapat cacat las *Weld spatter*, spesimen D3 terdapat cacat las *Weld spatter*.

4.2 Analisa perbandingan hasil pengelasan dengan variasi suhu pengeringan elektroda berdasarkan pengamatan *Radiografi*

Pengamatan radiografi dilakukan untuk mengetahui cacat las yang tak terlihat pada spesimen hasil pengelasan. Pengamatan radiografi dilakukan dengan menggunakan sinar x . Berikut data pengamatan radiografi hasil pengelasan:

4.2.1 Hasil pengamatan radiografi untuk suhu pengeringan elektroda 230° C

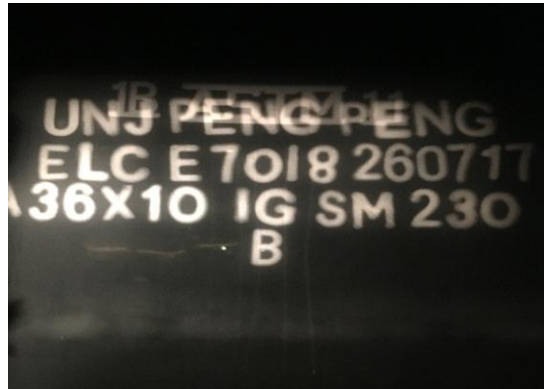
1. Berikut ini adalah gambar dari hasil uji radiografi pada spesimen hasil pengelasan spesimen A1 Untuk pengeringan suhu 230° C



Gambar 4.13 Hasil Uji Radiografi Spesimen A1

Gambar 4.13 menjelaskan hasil uji radiografi spesimen A1, dimana pada gambar tersebut tidak menunjukkan adanya cacat pengelasan

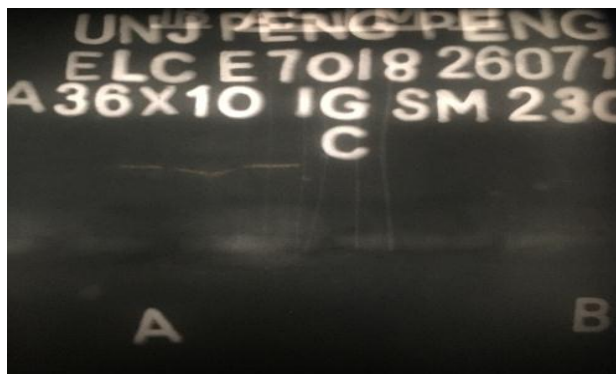
2. Berikut ini adalah gambar dari hasil uji radiografi pada spesimen hasil pengelasan spesimen A2 Untuk pengeringan suhu 230° C



Gambar 4.14 Hasil Uji Radiografi Spesimen A2

Gambar 4.6 menjelaskan hasil uji radiografi spesimen A2, dimana pada gambar tersebut tidak menunjukkan adanya cacat pengelasan.

3. Berikut ini adalah gambar dari hasil uji radiografi pada spesimen hasil pengelasan spesimen A3 Untuk pengeringan suhu 230° C

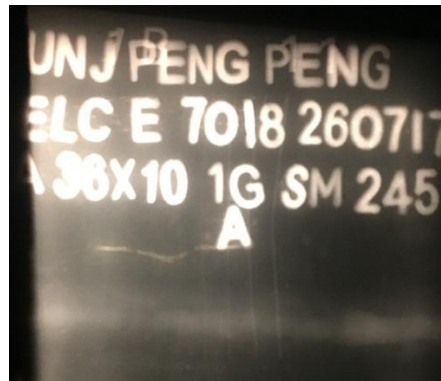


Gambar 4.15 Hasil Uji Radiografi Spesimen A3

Gambar 4.15 menjelaskan hasil uji radiografi spesimen A3, dimana pada gambar tersebut tidak menunjukkan adanya cacat pengelasan.

4.2.2 Hasil pengamatan radiografi untuk suhu pengeringan elektroda 245° C

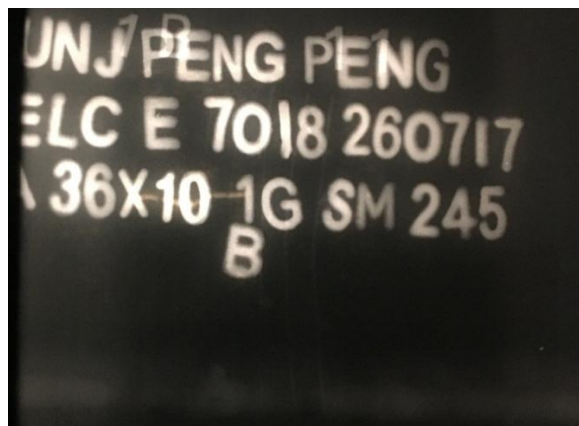
1. Berikut ini adalah gambar dari hasil uji radiografi pada spesimen hasil pengelasan spesimen B1 Untuk pengeringan suhu 245° C



Gambar 4.16 Hasil Uji Radiografi Spesimen B1

Gambar 4.16 menjelaskan hasil uji radiografi spesimen A3, dimana pada gambar tersebut tidak menunjukkan adanya cacat pengelasan.

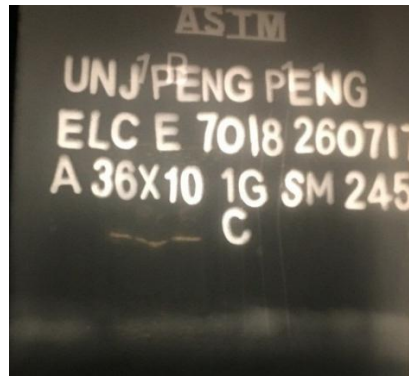
2. Berikut ini adalah gambar dari hasil uji radiografi pada spesimen hasil pengelasan spesimen B2 Untuk pengeringan suhu 245° C



Gambar 4.17 Hasil Uji Radiografi Spesimen B2

Gambar 4.17 menjelaskan hasil uji radiografi spesimen B2, dimana pada gambar tersebut tidak menunjukkan adanya cacat pengelasan.

3. Berikut ini adalah gambar dari hasil uji radiografi pada spesimen hasil pengelasan spesimen B3 Untuk pengeringan suhu 245° C

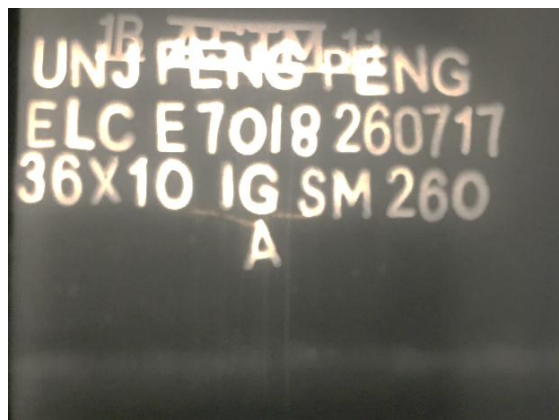


Gambar 4.18 Hasil Uji Radiografi Spesimen B3

Gambar 4.18 menjelaskan hasil uji radiografi spesimen B3, dimana pada gambar tersebut tidak menunjukkan adanya cacat pengelasan.

4.3.3 Hasil pengamatan radiografi untuk suhu pengeringan elektroda 260° C

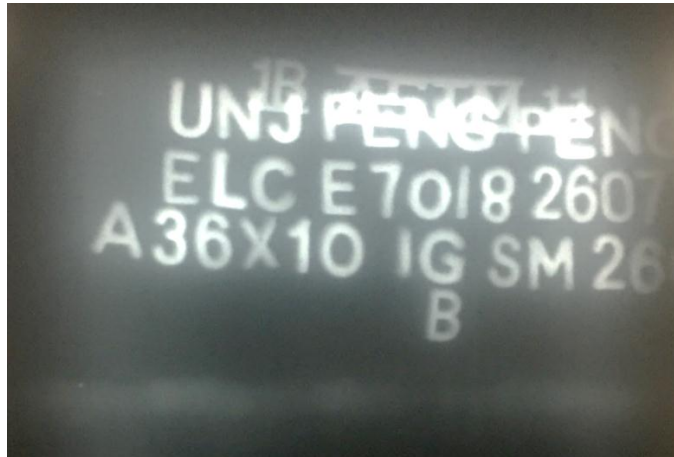
1. Berikut ini adalah gambar dari hasil uji radiografi pada spesimen hasil pengelasan spesimen C1 Untuk pengeringan suhu 260° C



Gambar 4.19 Hasil Uji Radiografi Spesimen C1

Gambar 4.19 menjelaskan hasil uji radiografi spesimen C1, dimana pada gambar tersebut tidak menunjukkan adanya cacat pengelasan.

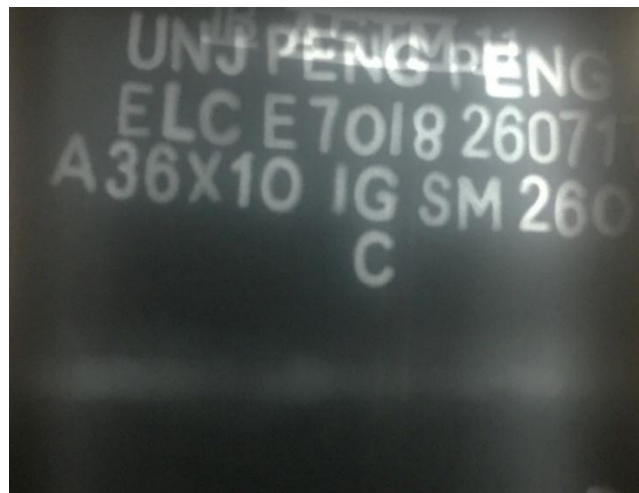
2. Berikut ini adalah gambar dari hasil uji radiografi pada spesimen hasil pengelasan spesimen C2 Untuk pengeringan suhu 260°C



Gambar 4.20 Hasil Uji Radiografi Spesimen C2

Gambar 4.20 menjelaskan hasil uji radiografi spesimen C2, dimana pada gambar tersebut tidak menunjukkan adanya cacat pengelasan.

3. Berikut ini adalah gambar dari hasil uji radiografi pada spesimen hasil pengelasan spesimen C3 Untuk pengeringan suhu 260°C

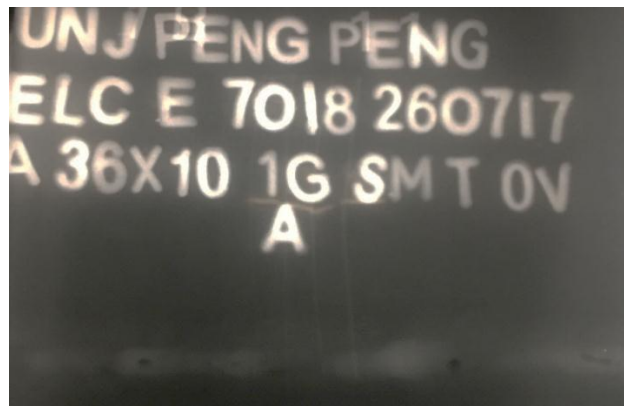


Gambar 4.21 Hasil Uji Radiografi Spesimen C3

Gambar 4.21 menjelaskan hasil uji radiografi spesimen C3, dimana pada gambar tersebut tidak menunjukkan adanya cacat pengelasan.

4.3.4 Hasil pengamatan radiografi untuk suhu pengeringan tanpa di oven.

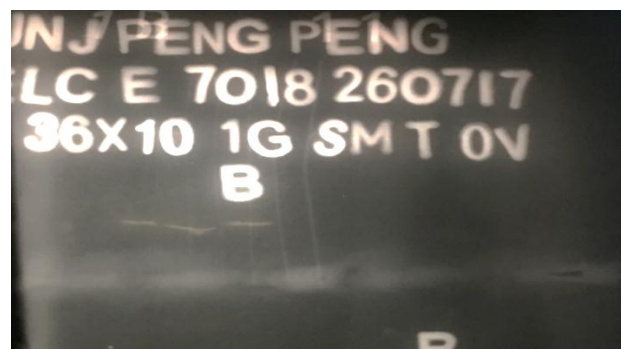
1. Berikut ini adalah gambar dari hasil uji radiografi pada spesimen hasil pengelasan spesimen D1 Untuk elektroda tanpa dioven



Gambar 4.22 Hasil Uji Radiografi Spesimen D1

Gambar 4.22 menjelaskan hasil uji radiografi spesimen D1, dimana pada gambar tersebut terdapat cacat las berupa Porosity Ø 1mm, namun masih dalam batas toleransi

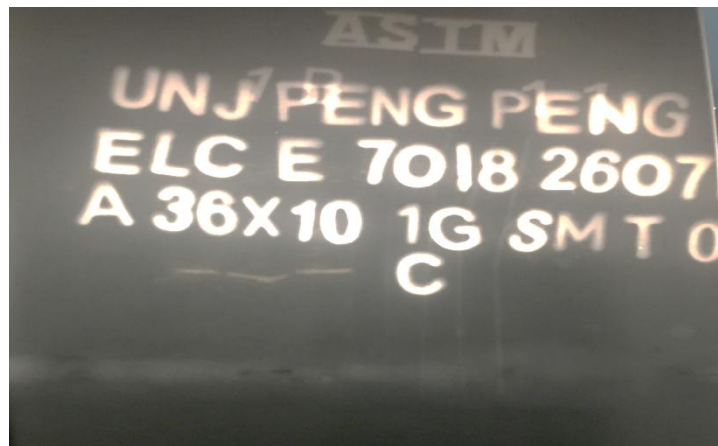
2. Berikut ini adalah gambar dari hasil uji radiografi pada spesimen hasil pengelasan spesimen D2 Untuk elektroda tanpa dioven



Gambar 4.23 Hasil Uji Radiografi Spesimen D2

Gambar 4.23 menjelaskan hasil uji radiografi spesimen C2, dimana pada gambar tersebut terdapat cacat las berupa Elongated < 5mm, namun masih dalam batas toleransi.

3. Berikut ini adalah gambar dari hasil uji radiografi pada spesimen hasil pengelasan spesimen D3 Untuk elektroda tanpa dioven.



Gambar 4.24 Hasil Uji Radiografi Spesimen D3

Gambar 4.24 menjelaskan hasil uji radiografi spesimen D3, dimana pada gambar tersebut terdapat cacat las berupa Elongated < 5mm, namun masih dalam batas toleransi

Berdasarkan data hasil uji radiografi dapat dilihat adanya perbedaan cacat las yang terjadi pada tiap spesimen. Berikut ini adalah tabel 4.2 Perbandingan cacat las berdasarkan hasil uji radiografi.

Tabel 4.2 Perbandingan Cacat Las Berdasarkan Hasil Uji Radiografi

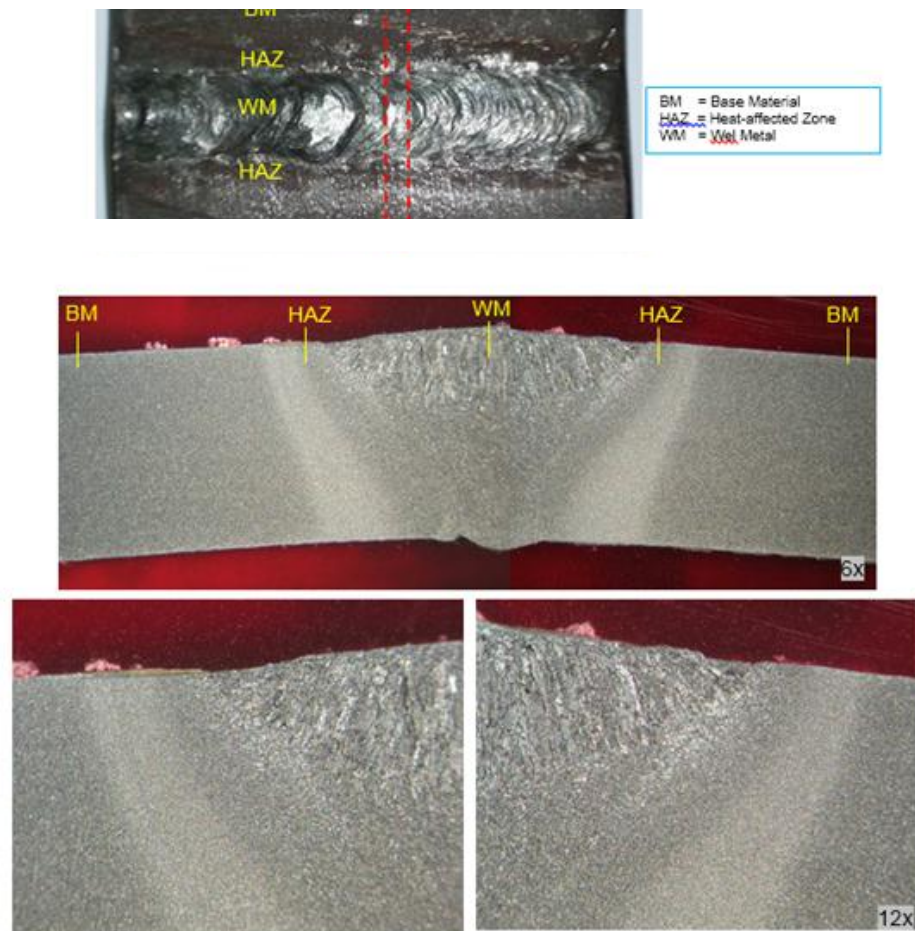
KODE SPESIMEN	Suhu pengeringan elektroda	Keterangan
A1	230°C	Ok
A2	230°C	Ok
A3	230°C	Ok
B1	245°C	Ok
B2	245°C	Ok
B3	245°C	Ok
C1	260°C	Ok
C2	260°C	Ok
C3	260°C	Ok
D1	Tanpa di oven	Porosity Ø 1mm
D2	Tanpa di oven	Elongated < 5mm
D3	Tanpa di oven	Elongated < 5mm

4.3. Analisis Perbandingan Hasil Pengelasan dengan Variasi Suhu pengeringan elektroda Berdasarkan Photo makro

Pengamatan foto makro dilakukan dengan tujuan untuk melihat struktur hasil pengelasan yang meliputi daerah pengelasan, daerah pengaruh

panas (HAZ), dan daerah logam pengelasan. Dalam proses foto makro penulis membatasi hanya 4 sampel diambil setiap 1 variasi suhu pengeringan elektroda, yaitu Spesimen A3 (230°C) spesimen B3 (245°C) spesimen C3 (245°C) dan spesimen D3 (Elektroda tanpa dioven)

4.3.1. MAKRO ETSA SAMBUNGAN LAS PELAT BAJA TERHADAP VARIASI TEMPERATUR ELEKTRODA LAS KODE A2-230°C

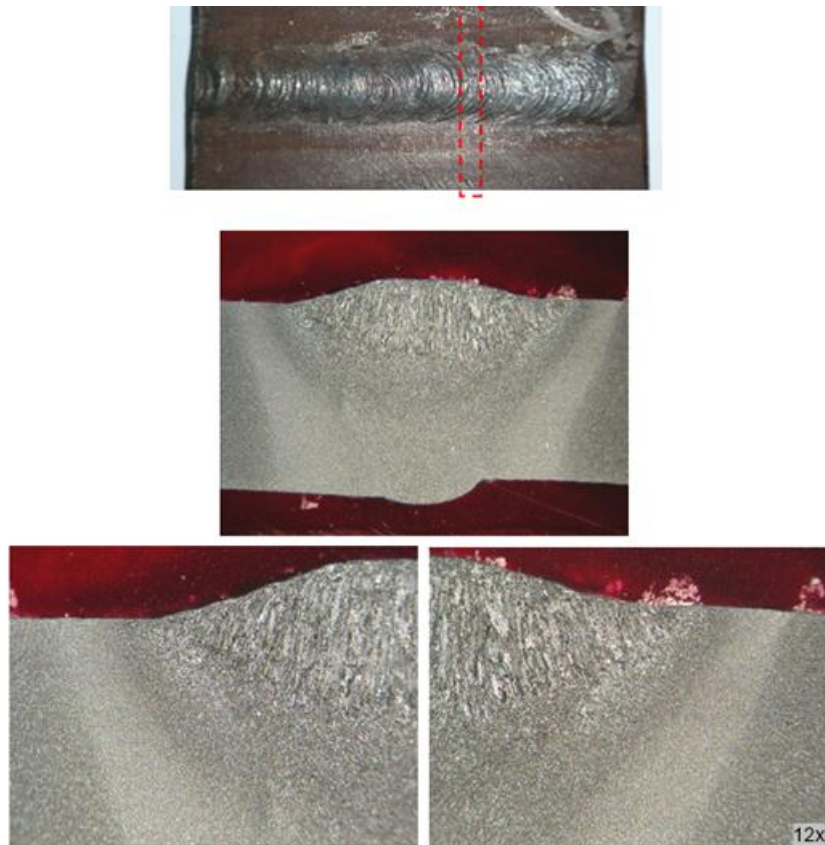


Gambar 4.25 Photo macro etsa sample A2

Gambar 4.25 Menunjukkan Photo makro etsa sampel hasil sambungan las pelat tebal 10 mm material baja karbon kode A2 - 230 °C (elektroda dipanaskan pada temperatur 230 °C didalam oven) . Kondisi sambungan las

baik tidak ditemukan adanya cacat porosity, retak atau cacat lainnya. Etsa: nital 2%

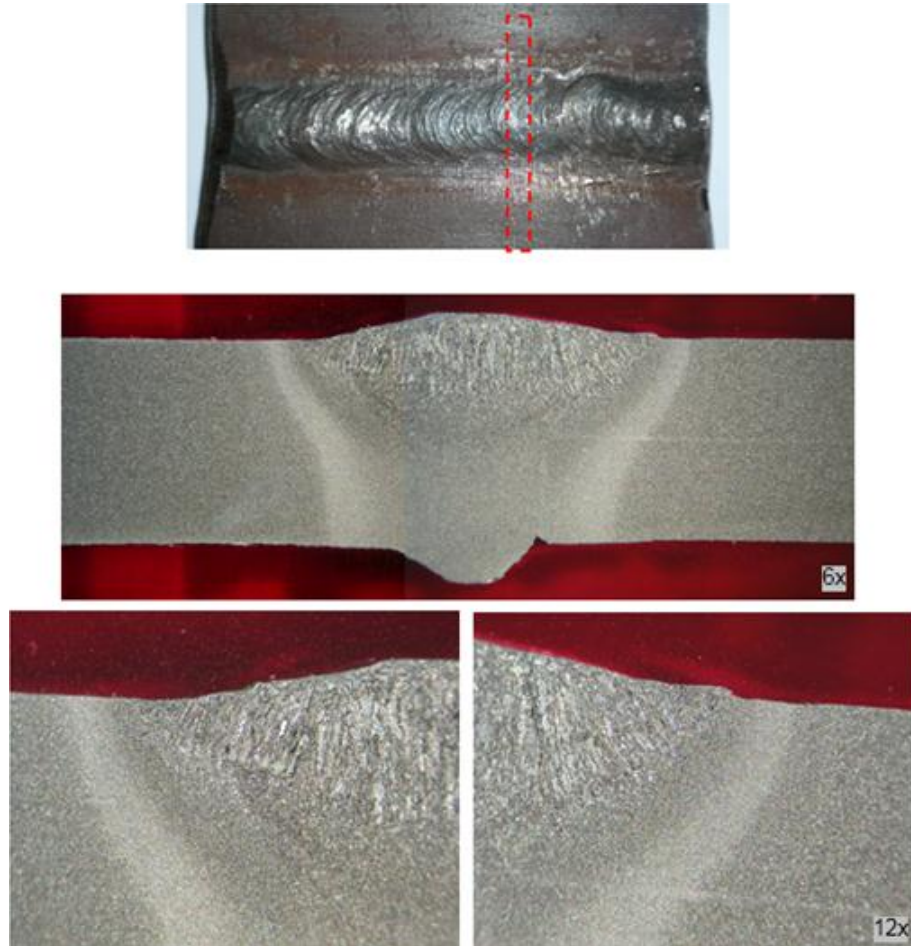
4.3.2. MAKRO ETSA SAMBUNGAN LAS PELAT BAJA TERHADAP VARIASI TEMPERATUR ELEKTRODA LAS KODE B2-245°C



Gambar 4.26 Photo macro etsa sample B2

Gambar 4.26 Photo makro etsa sampel hasil sambungan las pelat tebal 10 mm material baja karbon kode A2 -245 °C (elektroda dipanaskan pada temperatur 245 °C didalam oven) . Kondisi sambungan las baik tidak ditemukan adanya cacat porosity, retak atau cacat lainnya. Etsa: nital 2%

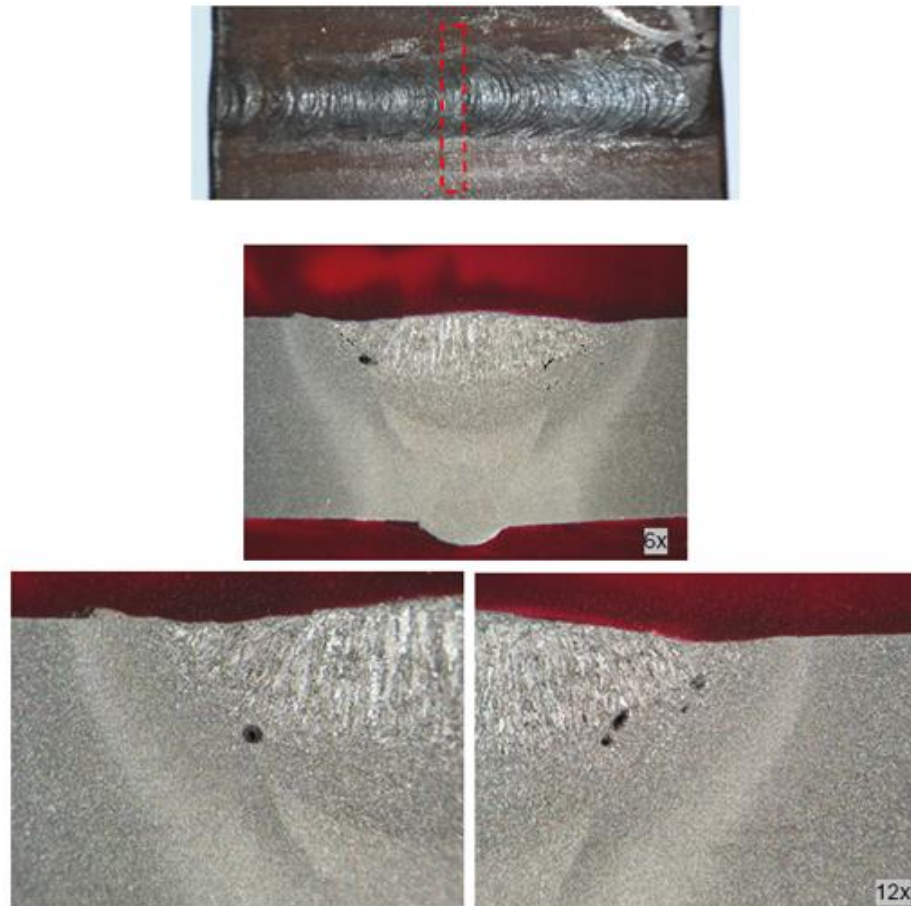
4.3.3. MAKRO ETSA SAMBUNGAN LAS PELAT BAJA TERHADAP VARIASI TEMPERATUR ELEKTRODA LAS KODE C2-260°C



Gambar 4.27 Photo macro etsa sample C2

Gambar 4.27 Photo makro etsa sampel hasil sambungan las pelat tebal 10 mm material baja karbon kode C2 - 260 °C (elektroda dipanaskan pada temperatur 260 °C didalam oven). Kondisi sambungan las baik tidak ditemukan adanya cacat porosity, retak atau cacat lainnya. Etsa: nital 2%

4.3.4. MAKRO ETSA SAMBUNGAN LAS PELAT BAJA TERHADAP VARIASI TEMPERATUR ELEKTRODA LAS KODE D2-TANPA DIOVEN



Gambar 4.28 Photo macro etsa sample D2

Gambar 4.28 Photo makro etsa sambungan las pelat tebal 10 mm material baja karbon **kode D3-T. Oven** (elektroda tidak dipanaskan). Kondisi sambungan las tidak baik ditemukan adanya cacat porosity Ø5mm. Etsa: nital 2%

Berdasarkan data hasil pengamatan photo makro dapat dilihat adanya perbedaan cacat las yang terjadi pada tiap spesimen. Berikut ini adalah tabel 4.2 Perbandingan cacat las berdasarkan hasil pengamatan photo makro

Tabel 4.3 Perbandingan Cacat Las Berdasarkan Hasil Uji *Photo makro*

KODE SPESIMEN	Suhu pengeringan elektroda	Keterangan Cacat las
A2	230°C	Tidak ditemukan
B2	245°C	Tidak ditemukan
C2	260°C	Tidak ditemukan
D2	Tanpa dioven	Porocity Ø5mm

4.4. Analisis Perbandingan Hasil Pengelasan dengan Variasi Suhu pengeringan elektroda Berdasarkan pengujian kekerasan.

Kualitas produk hasil pengelasan dapat diketahui dengan melihat kemampuan dan kekuatan material tersebut. Kemampuan dan kekuatan material dapat diketahui dengan melakukan uji kekerasan terhadap hasil pengelasan tersebut. Kekerasan suatu material adalah tolak ukur kemampuan material tersebut untuk menahan deformasi plastis. Faktor kekerasan materi adalah juga sebagai ketahanan bahan terhadap penetrasi pada permukaannya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan antara kekerasan dan kekuatan bahan.

Uji kekerasan las adalah satu dari banyaknya proses pengujian yang di pakai dalam pengelasan, karena dapat dilaksanakan pada benda uji yang kecil tanpa kesukaran mengenai spesifikasi. Dengan memberikan beban menggunakan indentor ke dalam permukaan untuk mengetahui material kekerasan dari suatu metal diukur.

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui tingkat kekerasan pada daerah pengelasan, daerah logam induk dan daerah HAZ

pada hasil pengelasan. Jumlah lokasi titik uji kekerasan 1 spesimen berjumlah 12 titik Pengambilan data uji kekerasan hanya mengambil 1 sampel dari 3 spesimen, jadi setiap spesimen mewakili 1 sampel untuk



Gambar 4.29 lokasi uji kekerasan *vickers* semua spesimen

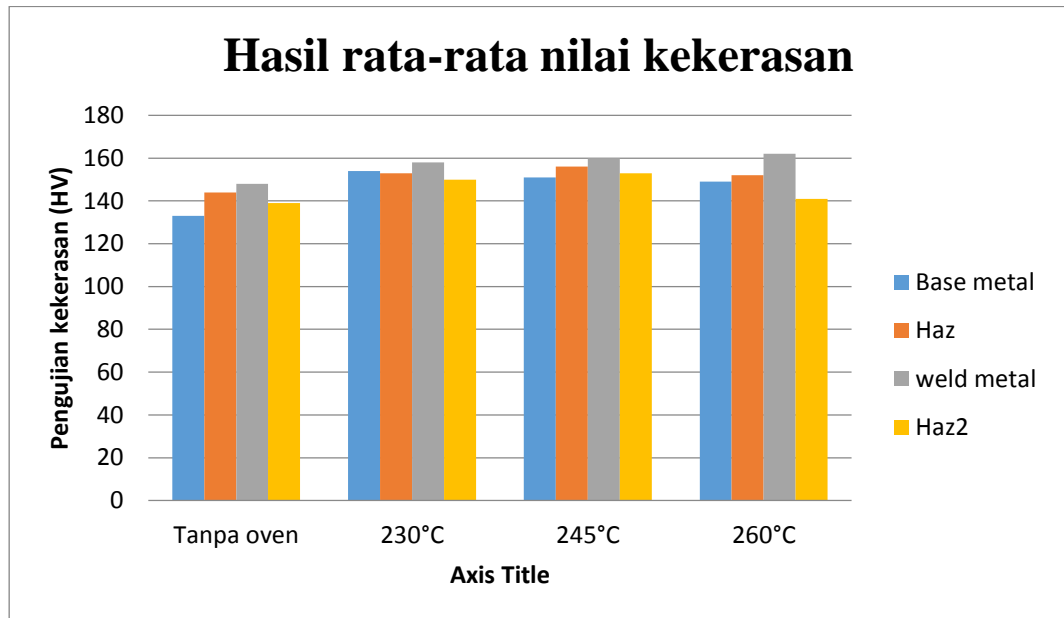
Tabel 4.4 nilai kekerasan sample D2 dan sample A2

NO.	NILAI KEKERASAN VICKERS (HV)							
	D3-TANPA DI OVEN				KODE A3-230 °C			
	BM	HAZ	WM	HAZ	BM	HAZ	WM	HAZ
1	136	144	146	141	161	154	167	149
2	132	143	144	137	150	152	153	148
3	132	147	158	142	151	153	154	153
Rata-rata	133	144	148	139	154	153	158	150

Tabel 4.5 nilai kekerasan sample B2 dan sample C2

NO.	NILAI KEKERASAN VICKERS (HV)							
	KODE B3-245 °C				KODE C3-260 °C			
	BM	HAZ	WM	HAZ	BM	HAZ	WM	HAZ
1	161	154	159	154	148	149	169	140
2	146	157	163	153	150	153	153	139
3	147	157	158	153	149	154	166	144
Rata-rata	151	156	160	153	149	152	162	141

Berikut ini adalah gambar diagram perbandingan hasil uji kekerasan (VHN) dari masing-masing spesimen.



Gambar 4.30 Grafik hasil Uji Kekerasan (VHN)

Gambar 4.30 menjelaskan bahwa hasil pengelasan SMAW spesimen C (dengan suhu pengeringan elektroda 260°C) memiliki nilai kekerasan tertinggi pada daerah *weld metal* sebesar 162 VHN,. Hasil pengelasan SMAW spesimen D (dengan elektroda tanpa dioven) memiliki tingkat kekerasan paling rendah pada bagian *weld metal* sebesar 148 VHN, pada *base metal* 140 VHN, pada daerah *HAZ* dalam 144 VHN, dan bagian *HAZ* luar 139 VHN.

4.5. Analisis Perbandingan Hasil Pengelasan dengan Variasi Suhu pengeringan elektroda Berdasarkan pengujian tarik.

Pengujian tarik dalam penelitian ini menggunakan dua belas (12) spesimen. Dimana tiga (3) spesimen untuk masing-masing suhu pengeringan elektroda. Yaitu tiga (3) spesimen uji tarik untuk hasil pengelasan dengan menggunakan suhu pengeringan elektroda 230°C, tiga (3) spesimen uji tarik untuk hasil pengelasan dengan menggunakan suhu pengeringan elektroda 245°C, tiga (3) spesimen uji tarik untuk hasil pengelasan dengan menggunakan suhu pengeringan elektroda 260°C serta tiga (3) spesimen uji tarik untuk hasil pengelasan tanpa pengeringan elektroda.

Dengan melakukan variasi pada pengeringan elektroda E 7018 dengan suhu 230°C, 245°C, 260°C dan tanpa pengeringan elektroda pada pengelasan SMAW, diharapkan mendapat nilai hasil uji tarik pada baja ASTM A36.

Spesimen uji tarik material dasar adalah seperti gambar di bawah ini :



Gambar 4.31 Spesimen sebelum dilakukan proses pengujian tarik



Gambar 4.32. Spesimen uji tarik setelah dilakukan proses pengujian tarik

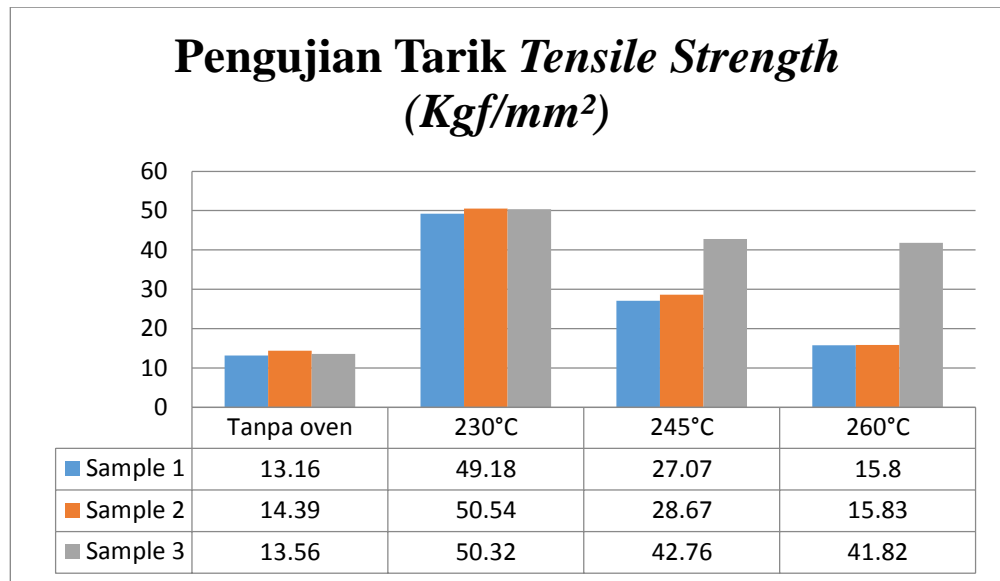
Kekuatan suatu material dapat dilihat dari beberapa variabel pengujian, baik mekanis maupun fisis. Salah satu pengujian mekanis yang sering dilakukan ialah pengujian tarik. Pada penelitian ini sasaran utama yang ingin dicapai ialah mengetahui kekuatan tarik material baja ASTM A36 yang telah mengalami proses las SMAW.

Dengan melakukan variasi pada pengeringan elektroda E 7018 dengan suhu 230°C, 245°C, 260°C dan tanpa pengeringan elektroda pada pengelasan SMAW, diharapkan mendapat nilai hasil uji tarik pada baja ASTM A36. Adapun hasil pengujian tarik mengenai informasi spesimen uji Tarik dengan *Maximum Load*. Seperti pada Tabel 4.6 dibawah ini :

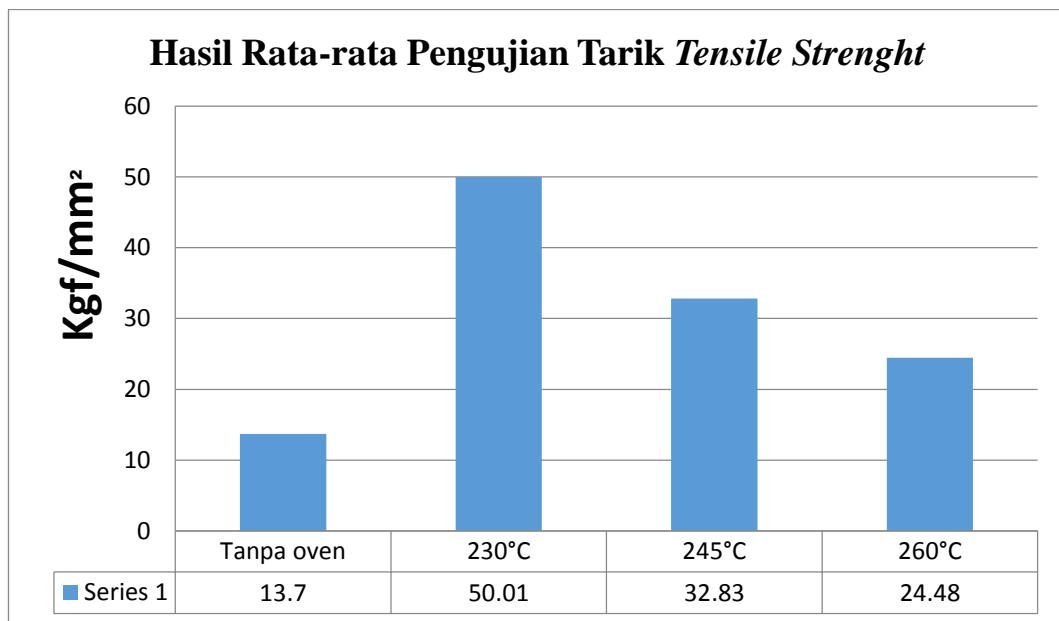
Tabel 4.6 Nilai uji tarik output mesin uji tarik

NO	Suhu pengeringan	Spesimen	Maximum Load (Kgf)	Tensile Strength (Kgf/mm²)	Tensile Strength Rata-rata (Kgf/m²)
1	230° C	A1	9836.10	49.18	50,01
		A2	10108.13	50.54	
		A3	10105.10	50.32	
2	245° C	B1	5414.42	27.07	32,83
		B2	5733.39	28.67	
		B3	8551.68	42.76	
3	260° C	C1	3159.62	15.80	24,48
		C2	3165.80	15.83	
		C3	8363.43	41.82	
4	Tanpa pengeringan elektroda	D1	2632.16	13.16	13,70
		D2	2868.30	14,39	
		D3	2712.49	13.56	

Berikut ini adalah gambar diagram perbandingan hasil uji tarik dari masing-masing spesimen.



Gambar 4.33. Grafik Pengujian Tarik Untuk *Tensile Strength*



Gambar 4.11 Grafik Rata-Rata Pengujian Tarik Untuk *Tensile Strength*

Dari gambar grafik rata rata pengujian tarik untuk *Tensile Strength* dapat dilihat bahwa nilai uji tarik *Tensile Strength* terendah ada pada

spesimen D dengan proses pengelasan tanpa pengeringan elektroda terlebih dahulu, dengan nilai uji tarik 13,70 Kgf/ mm² dan untuk nilai uji tarik *Tensile Strength* tertinggi ada pada spesimen A dengan suhu pengeringan elektroda 230°C dengan nilai uji tarik 50,01 Kgf/mm².

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Dari proses pengelasan menggunakan elektroda E 7018 dan bahan ASTM 36 dengan mengubah variasi suhu pengeringan elektroda sebesar 230°C, 245°C, 260°C dan tanpa suhu pengeringan elektroda, Serta dilakukan pengamatan berupa pengamatan radiografi, pengamatan foto makro etsa dan dilakukan pengujian mekanik berupa pengujian kekerasan pengujian tarik.maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil pengujian NDT (*non destructive testing*) berupa radiografi dan photo makro etsa hasil dari pengelasan tanpa pengovenan elektroda menunjukkan adanya cacat las dibagian dalam terdapat *porosity* dan *elognated*.
2. Hasil pengujian DT (*destructive testing*) berupa uji kekerasan menjelaskan bahwa hasil pengelasan SMAW spesimen C (dengan suhu pengeringan elektroda 260°C) memiliki nilai kekerasan tertinggi pada daerah *weld metal* sebesar 162 VHN, pada daerah *base metal* 149 VHN, pada daerah *HAZ dalam* 152 VHN dan pada daerah *HAZ luar* 151 VHN. Hasil pengelasan SMAW spesimen D (dengan elektroda tanpa dioven) memiliki tingkat kekerasan paling rendah pada bagian *weld metal* sebesar 148 VHN, pada *base metal* 140 VHN, pada daerah *HAZ dalam* 144 VHN, dan bagian *HAZ luar* 139 VHN.
3. Kekuatan tarik paling tinggi terdapat pada sambungan SMAW pelat baja ASTM A36 yang proses pengeringannya elektrodanya bersuhu 230°C

Dengan nilai kekuatan tarik sebesar 50.54 Kgf/ mm² . sedangkan kekuatan tarik paling rendah pada sambungan *SMAW* pelat baja ASTM A-36 yang tanpa proses pengeringan elektroda dengan nilai kekuatan tarik 13,61 Kgf/ mm².

5.2 SARAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan variasi suhu pengeringan elektroda terhadap material lainnya, misalnya menggunakan jenis bahan selain ASTM A36 dan jenis elektroda selain E 7018 sehingga dapat diketahui hasil pengelasan yang optimal untuk menjadikan referensi dalam penggunaan material tersebut.

Pemilihan ini diharapkan dapat dijadikan bahan referensi sebagai dasar perencanaan pengelasan agar mendapatkan hasil pengelasan yang lebih optimal dan pemakaian waktu yang efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Alip, Mochamad. *Teori dan Praktek Las*. Jakarta: F.P.T.K. IKIP Yogyakarta, 1989.
- Aljufri. *Pengaruh Variasi Sudut Kampuh V Tunggal dan Kuat Arus Pada Sambungan Logam Aluminium-Mg 5083 Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan TIG*, Medan: Universitas Malikussaleh, 2008.
- Amstead, B. H. dkk. *Teknologi Mekanik*, Jakarta: Erlangga, 1997.
- Daryanto. *Proses Pengolahan Besi dan Baja*, Bandung: Sarana Tutorial Nurani Sejahtera, 2010.
- Kenyon, W. *Dasar-dasar Pengelasan*, Jakarta: Erlangga, 1985.
- Narbuko, Cholid dan Abu Achmad. *Metodologi Penelitian*, Jakarta: PT Bumi Aksara, 2009.
- Nazwa, Ihfadni. *Uji Kekerasan Material dengan Metode Rockwell*, Surabaya: Fak.Teknik Universitas Airlangga, 2014.
- Riyadi, Fajar. *Analisa Mechanical dan Metallurgical Pengelasan Baja Karbon A36 dengan Metode SMAW*, Surabaya: Fak. Teknik Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2010.
- Santoso, Joko. *Pengaruh Arus Pengelasan terhadap Kekuatan Tarik dan Ketangguhan Las SMAW dengan Elektroda E7018*, Semarang: Fak. Teknik Universitas Negeri Semarang, 2006.
- Sasmito Hadi, Eko. *Analisis Pengelasan Mild Steel (ST.42) dengan Proses SMAW, FCAW dan SAW Ditinjau dari Segi Kekuatan dan Nilai Ekonomis*, Semarang: Fak. Teknik Universitas Diponegoro, 2009.
- Siswanto dan Amri, Sofan. *Konsep Dasar Teknik Las*, Jakarta: Prestasi Pustaka, 2011.
- Sonawan, Hery dan Suratman, Rochim. *Pengantar untuk Memahami Proses Pengelasan Logam* cetakan ke dua. Bandung: Alfabeta, 2006.
- Widharto, Sri. *Petunjuk kerja las, Buku 1*, Jakarta: Pradnya Paramita, 2008.
- Widharto, Sri. *Welding Inspection*, Jakarta: Pradnya Paramita, 2013.
- Wirjosumarto, Harsono dan Okumura, Toshie. *Teknologi Pengelasan Logam*, Jakarta: Pradnya Paramita, 1996.
- Sugeng Rahmatulloh, *Bab II Metalografi*, <http://id.scribd.com/doc/92479468/Bab-II-Metalografi#scribd>, Diakses 1 july 2017, Jam 17:04 WIB.

LAMPIRAN 1

Penyiapan bahan dan Pemotongan spesimen menggunakan mesin potong



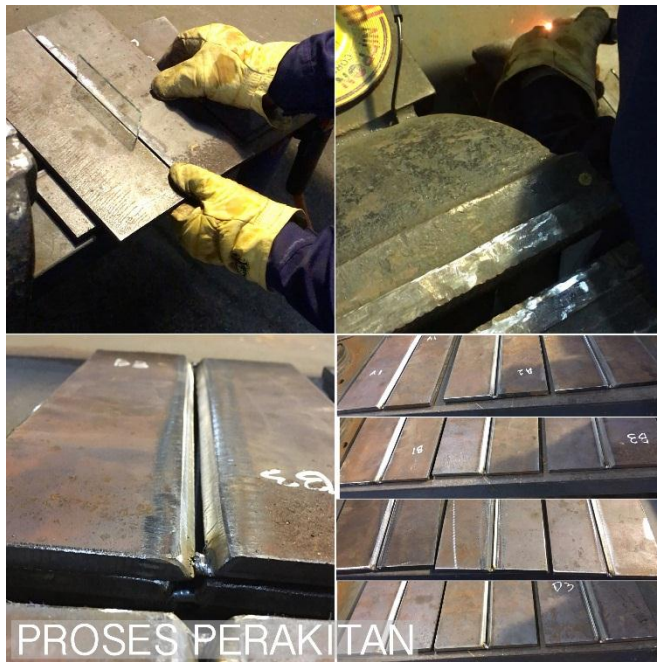
LAMPIRAN 2

Pembentukan bavel 30-35° menggunakan mesin bavel



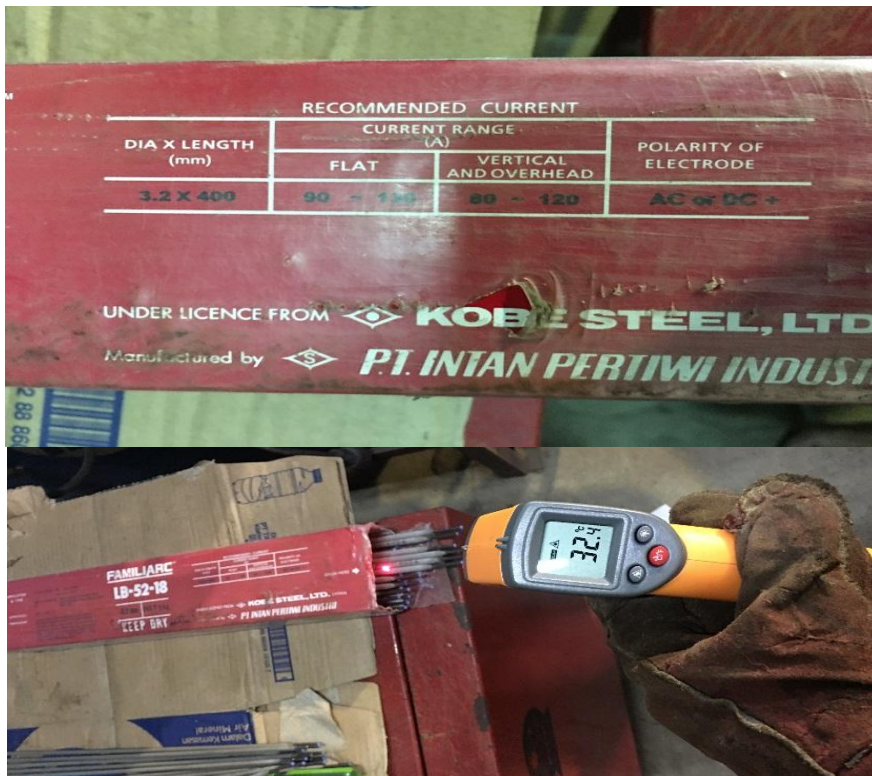
LAMPIRAN 3

Proses perakitan (*tack eld*)



LAMPIRAN 4

Merek dan komposisi elektroda



LAMPIRAN 5

Tungku (oven) elektroda



LAMPIRAN 6

Pengecekan suhu pada saat pengovenan elektroda



LAMPIRAN 7

Mesin las, meja las dan ruangan pengelasan



LAMPIRAN 8

Hasil pengujian Radiografi



RADIOGRAPHIC TESTING REPORT

Client	: UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA (UNJ)	Report No.	: 01
Job Location	:	Date	: 26/7/17
Job Description	: PENGARUH PENGERINGAN ELEKTRODA E 7018 (230°)	Job No.	:
Material Spec	: ASTM A 36	Test Spec.	:
Welding Process	: SMAW	Insp. Code	: AWS D.1.1

TECHNIQUE DETAIL						
Rad. Test Method	: <input type="checkbox"/> DWI <input type="checkbox"/> DWSI <input checked="" type="checkbox"/> SWSI	Film Type	: <input checked="" type="checkbox"/> AGFA <input type="checkbox"/> KODAK			
Radiation Source	: Ir. 192	I. C. I	: ASTM 10			
Activity	: 8 Ci	Film Density	: 2-3,5			
Intensifying Screen	: Pb. 0,125mm	Film Sensitivity	: M-6			
Source Film Distance	: 10 Inch	Developing Time	: 5 MIN.			

No.	Item / Material Identification	Size Inch	Thick Inch	Weld No.	Film Location	RESULT
	PENGARUH PENGERINGAN ELEKTRODA E 7018 (230°).					
	OPERATOR: CANDRA. W.S	PLATE	10 mm	A	A-B	Acc
		PLATE	10 mm	B	A-B	Acc
		PLATE	10 mm	C	A-B	Acc

Film Size used	4x10	Inch		Inch	
Nos. Of Film	3	shls		shls	
Third Party Insp. :	Radiographer :				
Owner Rep. :	Q.C. Dept. :				



RADIOGRAPHIC TESTING REPORT

Client : UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA (UNJ) Report No. : 02
 Job Location : Date : 26/7/17
 Job Description : PENARAH PENCERINAN ELEKTRODA E 7018 (245°) Job No. :
 Material Spec : ASTM A 36 Test Spec. :
 Welding Process : SMAW Insp. Code : AWS D.1.1

TECHNIQUE DETAIL

Rad. Test Method : DWDI DWSI SWSI Film Type : AGFA KODAK
 Radiation Source : Ir. 192 I. Q. I : ASTM 1A
 Activity : BC Film Density : 2-4
 Intensifying Screen : Pb. 0.125mm Film Sensitivity : W16
 Source Film Distance : 10 INCH Developing Time : 5 MNT.

No.	Item / Material Identification	Size Inch	Thick Inch	Weld No.	Film Location	RESULT
	PENARAH PENCERINAN ELEKTRODA E 7018 (245°)					
	Operator : CANDRA.W.S	PLATE	10 mm	A	A-B	ACU
		PLATE	10 mm	B	A-B	ACU
		PLATE	10 mm	C	A-B	ACU

Film Size used : 4x10 Inch Nos. Of Film : 3 shts
 Third Party Insp. : Radiographer : WUYA AML
 Owner Rep. : Q.C. Dept. :



PT. GAMMA HEPSI

TECHNICAL & INSPECTION SERVICES

RADIOGRAPHIC TESTING REPORT

Client	: UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA (UNJ).	Report No.	: 03
Job Location	:	Date	: 26/7/17
Job Description	: PENGARUH PEMBERINGAN ELEKTRODA E 7018 (360°)	Job No.	:
Material Spec	: ASTM A-36	Test Spec.	:
Welding Process	: SMAW	Insp. Code	: AWS D-1.1

TECHNIQUE DETAIL						
Rad. Test Method	: <input type="checkbox"/> DWDI <input type="checkbox"/> DWSI <input checked="" type="checkbox"/> SWSI	Film Type	: <input checked="" type="checkbox"/> AGFA <input type="checkbox"/> KODAK			
Radiation Source	: Ir. 192	I. Q. I	: ASTM 16			
Activity	: BC	Film Density	: 2-4			
Intensifying Screen	: Pb. 0.125mm	Film Sensivity	: W16			
Source Film Distance	: 10 INCH	Developing Time	: 5 MIN.			

No.	Item / Material Identification	Size Inch	Thick Inch	Weld No.	Film Location	RESULT
	PENGARUH PEMBERINGAN ELEKTRODA E 7018 (360°)					
	OPERATOR: CANDIA - W.S	PLATE	10 mm	A	A-B	Acc
		PLATE	10 mm	B	A-B	Acc
		PLATE	10 mm	C	A-B	Acc

Film Size used	4x10	Inch		Inch	
Nos. Of Film	3	shots		shots	
Third Party Insp. :				Radiographer :	
Owner Rep. :				Q.C. Dept. :	



PT. GAMMA HEPSI

TECHNICAL & INSPECTION SERVICES


RADIOGRAPHIC TESTING REPORT

Client	: UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA (UNJ).	Report No.	: 04
Job Location	:	Date	: 26/7/17
Job Description	: PENGARUH PEMBERINGAN ELEKTRODA E 7018 (T-O)	Job No.	:
Material Spec	: ASTM A 36	Test Spec.	:
Welding Process	: STPW	Insp. Code	: AWS-D.1.1

TECHNIQUE DETAIL

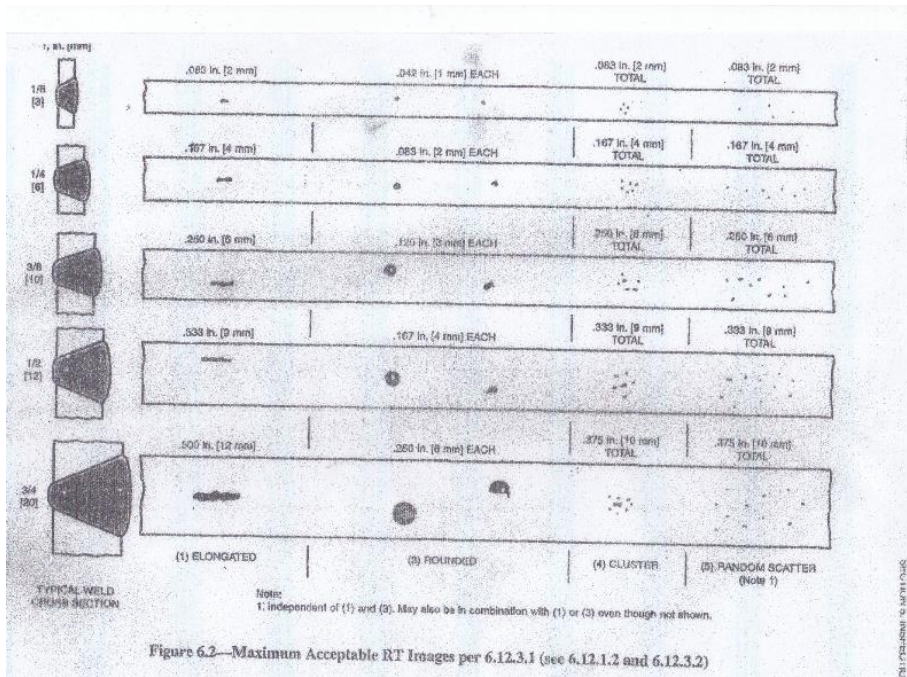
Rad. Test Method	: <input type="checkbox"/> DWDI <input type="checkbox"/> DWSI <input checked="" type="checkbox"/> SWSI	Film Type	: <input checked="" type="checkbox"/> AGFA <input type="checkbox"/> KODAK
Radiation Source	: Ir. 192	I. Q. I	: ASTM 1b
Activity	: 8 Ci	Film Density	: 2-4
Intensifying Screen	: Pb. 0,125mm	Film Sensivity	: W1-6
Source Film Distance	: 10 INCH.	Developing Time	: 5 MNT.

No.	Item / Material Identification	Size Inch	Thick Inch	Weld No.	Film Location	RESULT
	PENGARUH PEMBERINGAN ELEKTRODA E 7018 (TANPA OVEN).					
	OPERATOR: CANDRA W.S	PLATE	10 mm	A	A-B	ACC → POROSITY & Lm
		PLATE	10 mm	B	A-b	ACC → ELONGATED < 5 mm
		PLATE	10 mm	C	A-b	ACC → ELONGATED < 5 mm

Film Size used	4x10	Inch		Inch		Inch
Nos. Of Film	3	shls		shls		shls
Third Party Insp. :				Radiographer :		
Owner Rep. :				Q.C. Dept :		

LAMPIRAN 9

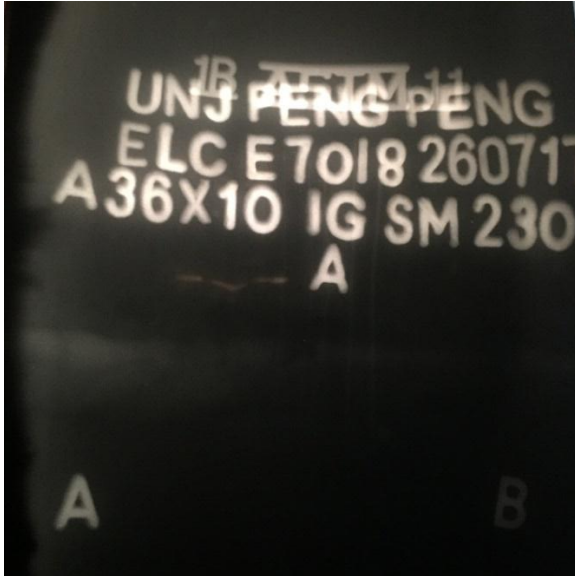
Jenis cacat las pada pengujian radiografi



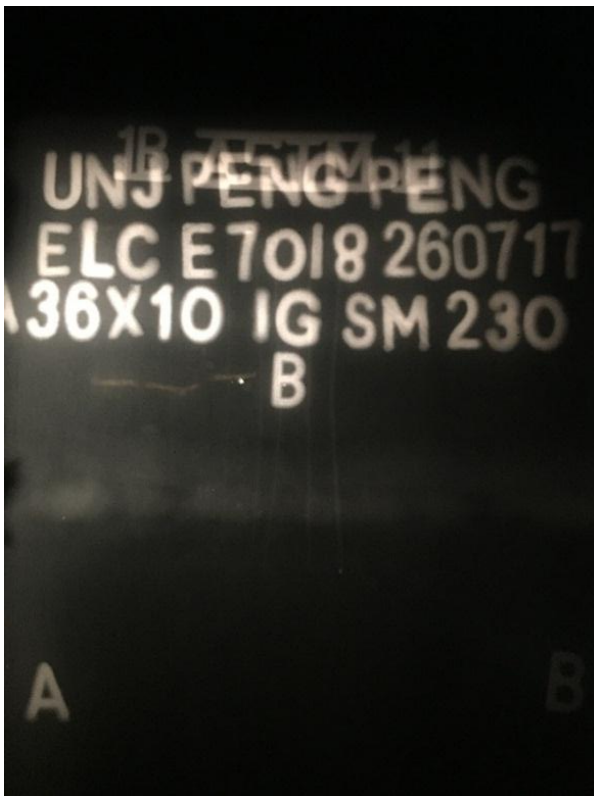
LAMPIRAN 10

Hasil Pengamatan radiografi

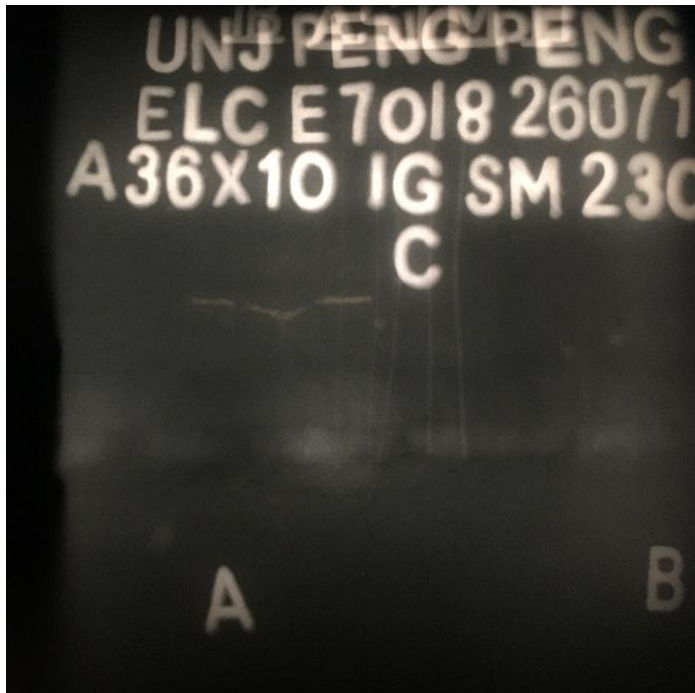
Hasil dari spesimen suhu 230° C Nomer A1



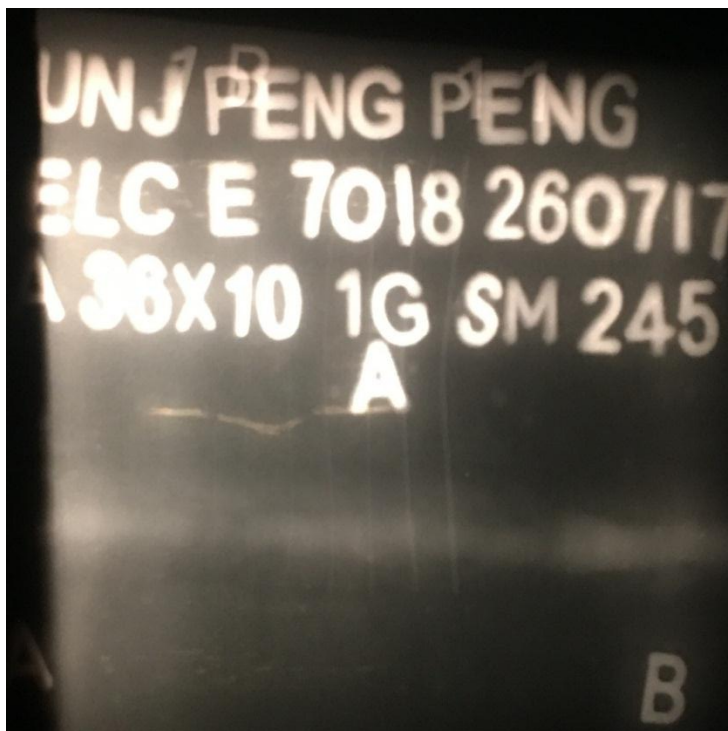
Hasil dari spesimen suhu 230° C Nomer A2



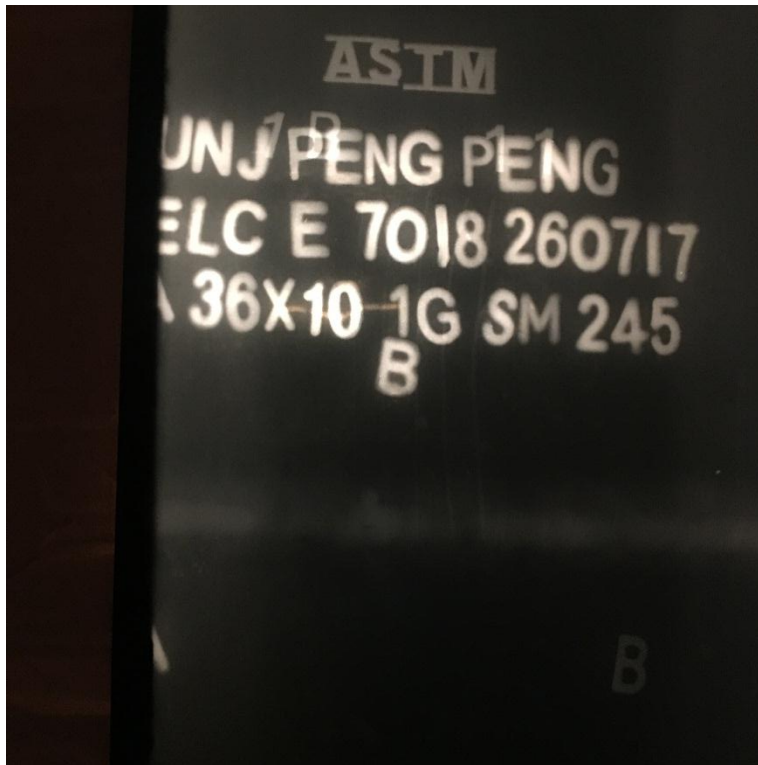
Hasil dari spesimen suhu 230° C Nomer A3



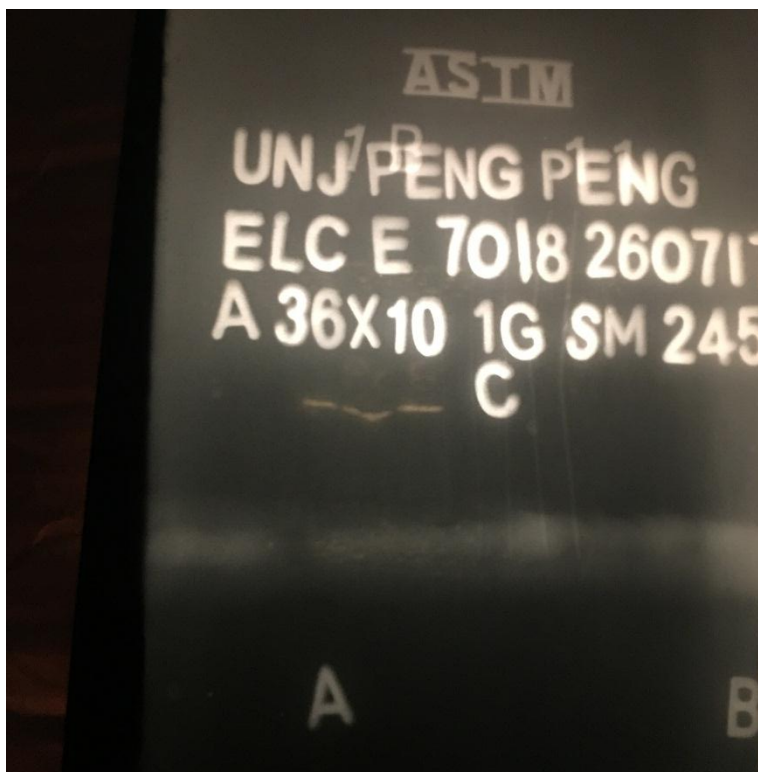
Hasil dari spesimen suhu 245° C Nomer B1



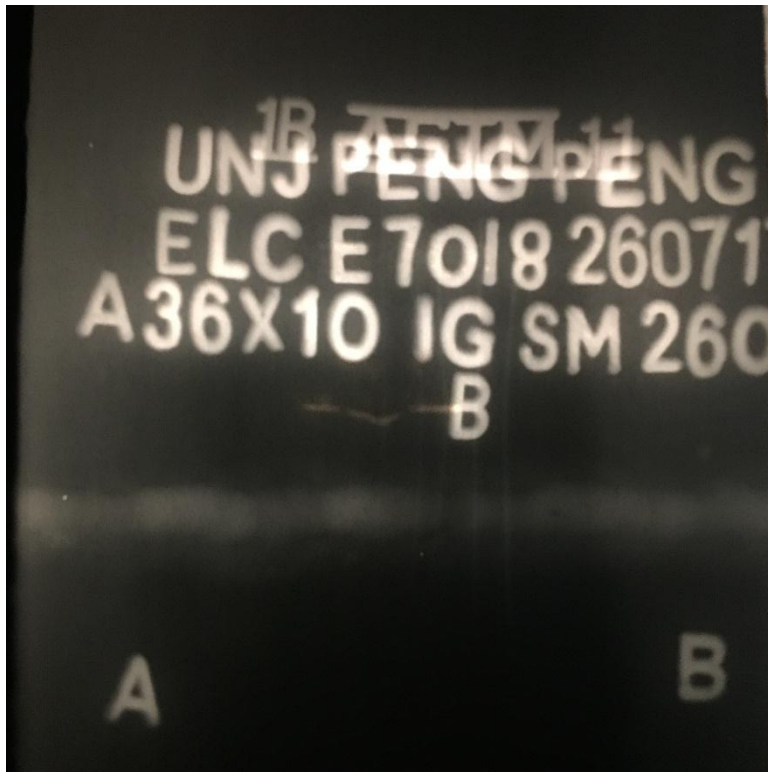
Hasil dari spesimen suhu 245° C Nomer B2



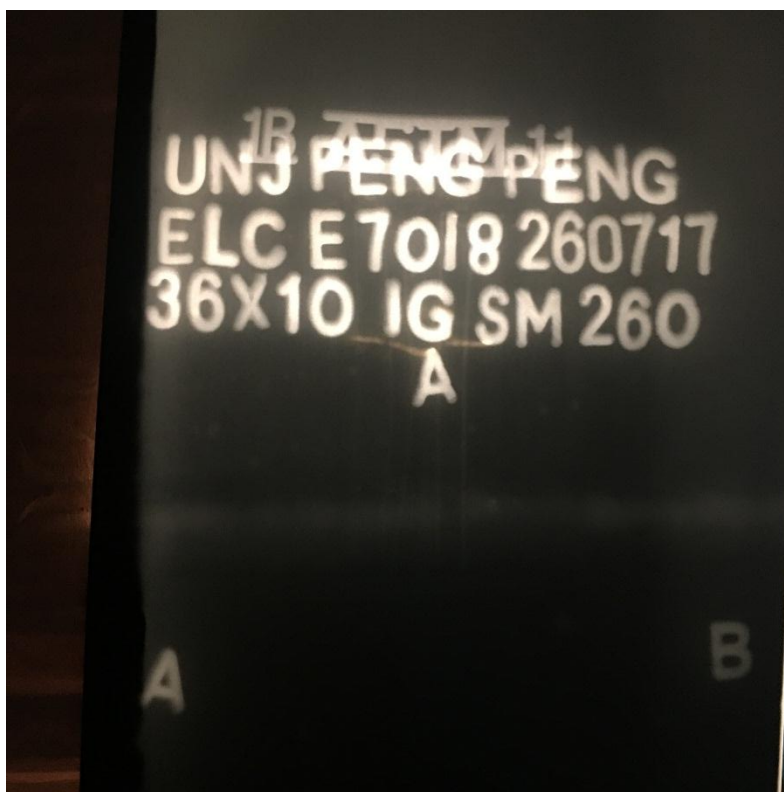
Hasil dari spesimen suhu 245° C Nomer B3



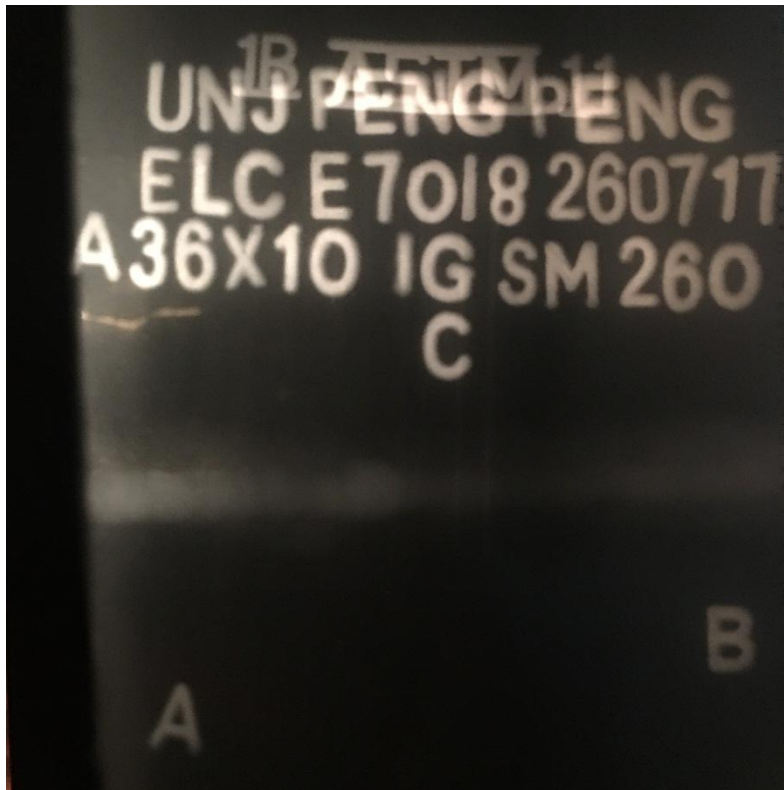
Hasil dari spesimen suhu 260° C Nomer C1



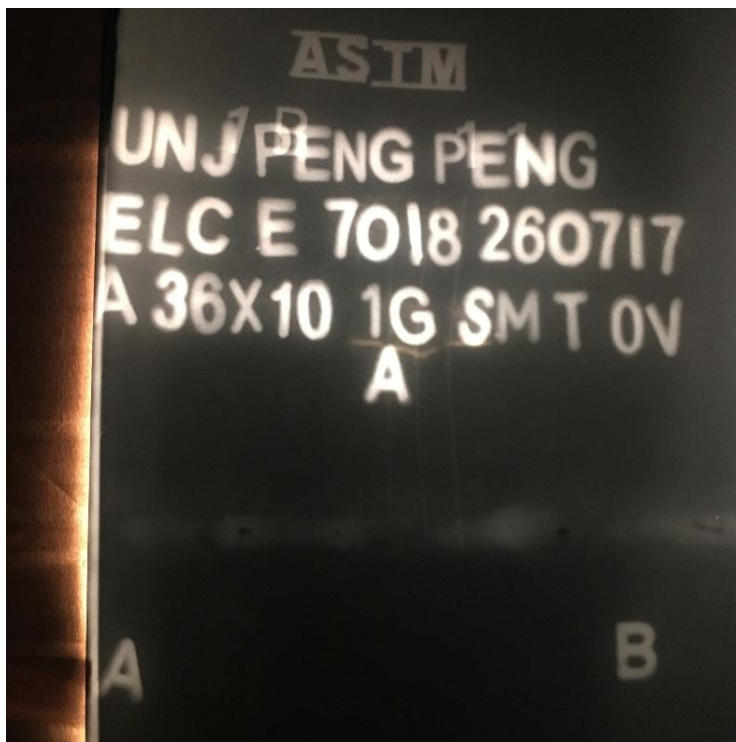
Hasil dari spesimen suhu 260° C Nomer C2



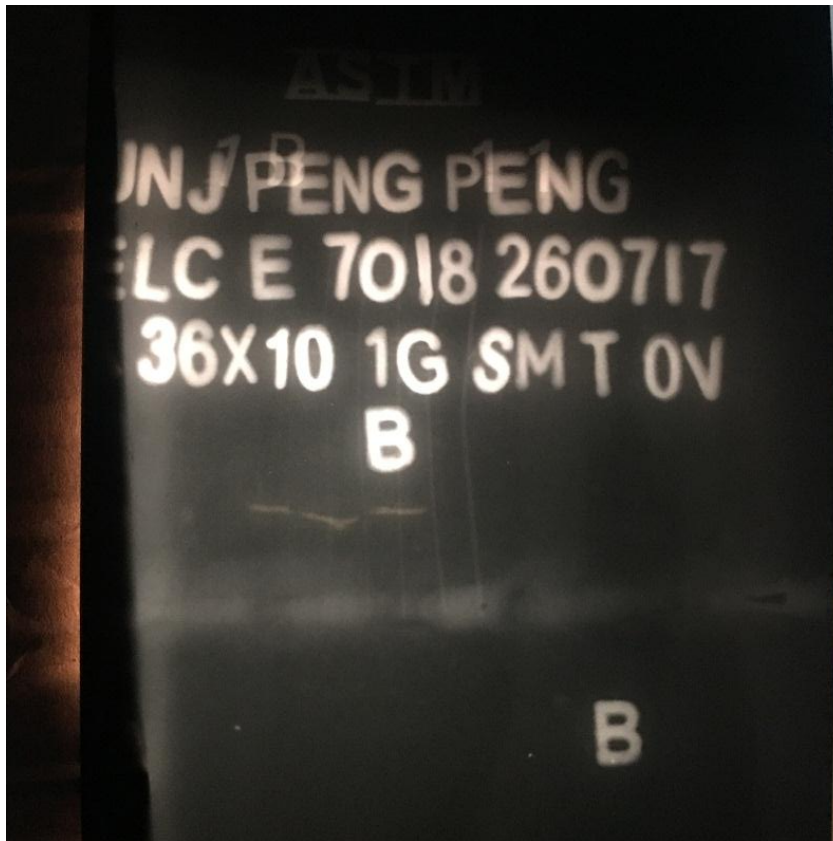
Hasil dari spesimen suhu 260° C Nomer C3



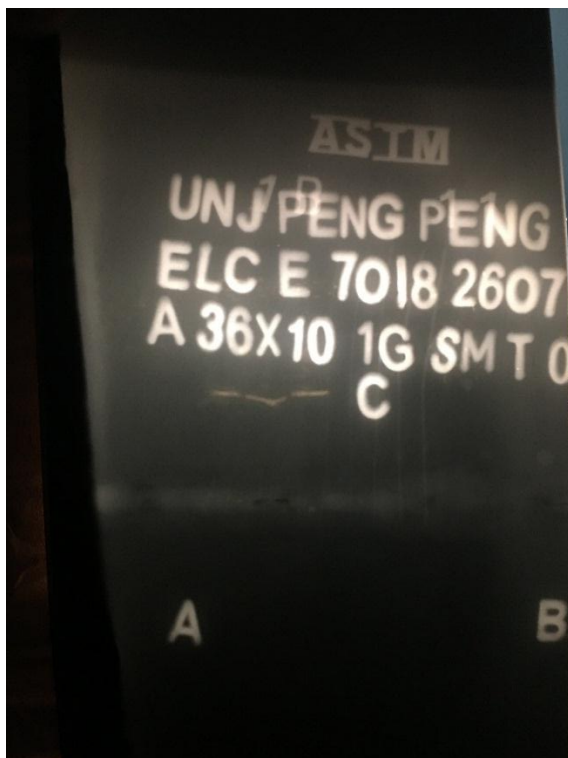
Hasil dari spesimen TANPA OVEN Nomer D1



Hasil dari spesimen TANPA OVEN Nomer D2



Hasil dari spesimen TANPA OVEN Nomer D3



LAMPIRAN 11

Hasil pengamatan photo makro etsa

MAKRO E TSA S A MBUNGAN LAS PELAT BAJA TERHADAP VARIASI TEMPERATUR ELEKTRODA LAS KODE A2-230 °C

Material : Mild Steel
Thickness : 10 mm
Process : Manual metal-arc
Filler Metal : Mild steel, class....
Joint : Butt
Edge preparation : Single use
Date : 11 Agustus 2017



Gambar 4. Pemeriksaan makro etsa terhadap sampel A2 - elektroda las dipanaskan dalam oven 230 °C, material baja karbon rendah. Etsa: nital 8%

Diskripsi:

1. <i>Weld Type</i>	: Standart
2. <i>Fusion</i>	: Baik
3. <i>Penetration</i>	: Baik
4. <i>Gas Pocket</i>	: Tidak ditemukan
5. <i>Undercut</i>	: Tidak ditemukan
6. <i>Crack</i>	: Tidak ditemukan
7. <i>Slag</i>	: Tidak ditemukan
8. <i>Other Defect</i>	: Tidak ditemukan
9. Porosity	: Tidak ditemukan

MAKRO E TSA S A MBUNGAN LAS PELAT BAJA TERHADAP VARIASI TEMPERATUR ELEKTRODA LAS KODE B2-245 °C

Material : Mild Steel
Thickness : 10 mm
Process : Manual metal-arc
Filler Metal : Mild steel, class....
Joint : Butt
Edge preparation : Single use
Date : 11 Agustus 2017



Gambar 6. Pemeriksaan makro etsa terhadap sampel B2 - elektroda las dipanaskan dalam oven 245 °C, material baja karbon rendah. Etsa: nital 8%

Diskripsi:

1. <i>Weld Type</i>	: Standart
2. <i>Fusion</i>	: Baik
3. <i>Penetration</i>	: Baik
4. <i>Gas Pocket</i>	: Tidak ditemukan
5. <i>Undercut</i>	: Tidak ditemukan
6. <i>Crack</i>	: Tidak ditemukan
7. <i>Slag</i>	: Tidak ditemukan
8. <i>Other Defect</i>	: Tidak ditemukan
9. Porosity	: Tidak ditemukan

MAKRO E TSA S A MBUNGAN LAS PELAT BAJA TERHADAP VARIASI TEMPERATUR ELEKTRODA LAS KODE C2-260 °C

Material : Mild Steel
Thickness : 10 mm
Process : Manual metal-arc
Filler Metal : Mild steel, class....
Joint : Butt
Edge preparation : Single use
Date : 11 Agustus 2017



Gambar 8. Pemeriksaan makro etsa terhadap sampel C2 - elektroda las dipanaskan dalam oven 260 °C, material baja karbon rendah. Etsa: nital 8%

Diskripsi:

1. <i>Weld Type</i>	: Standart
2. <i>Fusion</i>	: Baik
3. <i>Penetration</i>	: Baik
4. <i>Gas Pocket</i>	: Tidak ditemukan
5. <i>Undercut</i>	: Tidak ditemukan
6. <i>Crack</i>	: Tidak ditemukan
7. <i>Slag</i>	: Tidak ditemukan
8. <i>Other Defect</i>	: Tidak ditemukan
9. Porosity	: Tidak ditemukan

MAKRO E TSA S A MBUNGAN LAS PELAT BAJA TERHADAP VARIASI TEMPERATUR ELEKTRODA LAS KODE D2-TANPA .DIOVEN

Material : Mild Steel
Thickness : 10 mm
Process : Manual metal-arc
Filler Metal : Mild steel, class....
Joint : Butt
Edge preparation : Single use
Date : 11 Agustus 2017



Gambar 2. Pemeriksaan makro etsa terhadap sampel kode D2- tanpa di oven, material baja karbon rendah. Etsa: nital 8%

Diskripsi:

1. <i>Weld Type</i>	: Standart
2. <i>Fusion</i>	: Baik
3. <i>Penetration</i>	: Baik
4. <i>Gas Pocket</i>	: Tidak ditemukan
5. <i>Undercut</i>	: Tidak ditemukan
6. <i>Crack</i>	: Tidak ditemukan
7. <i>Slag</i>	: Tidak ditemukan
8. <i>Other Defect</i>	: Tidak ditemukan
9. Porosity	: Ditemukan Ø5mm

LAMPIRAN 12

Peralatan foto makro etsa



Mikroskop stereo
perbesaran 6x s/d 50x



Mikroskop Optik
perbesaran 5x s/d 1000x



Hardness Tester Vickers
Load: 0.2Kg s/d 10 Kg



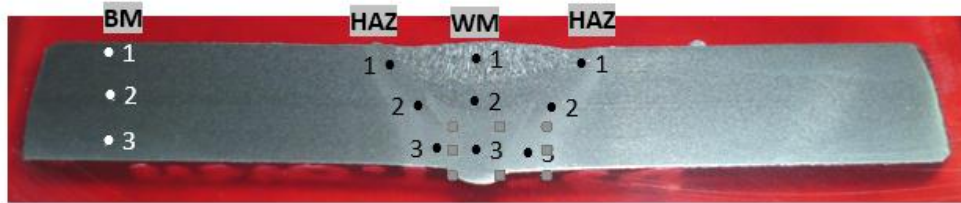
Mesin Grinding kecepatan putar 300 Rpm



Mesin polishing kecepatan putar 150 Rpm

LAMPIRAN 13

Posisi titik pengambilan pengujian kekerasan



NO.	NILAI KEKERASAN VICKERS (HV)							
	D3-TANPA DI OVEN				KODE A3-230 °C			
	BM	HAZ	WM	HAZ	BM	HAZ	WM	HAZ
1	136	144	146	141	161	154	167	149
2	132	143	144	137	150	152	153	148
3	132	147	158	142	151	153	154	153
Rata-rata	133	144	148	139	154	153	158	150

NO.	NILAI KEKERASAN VICKERS (HV)							
	KODE B3-245 °C				KODE C3-260 °C			
	BM	HAZ	WM	HAZ	BM	HAZ	WM	HAZ
1	161	154	159	154	148	149	169	140
2	146	157	163	153	150	153	153	139
3	147	157	158	153	149	154	166	144
Rata-rata	151	156	160	153	149	152	162	141

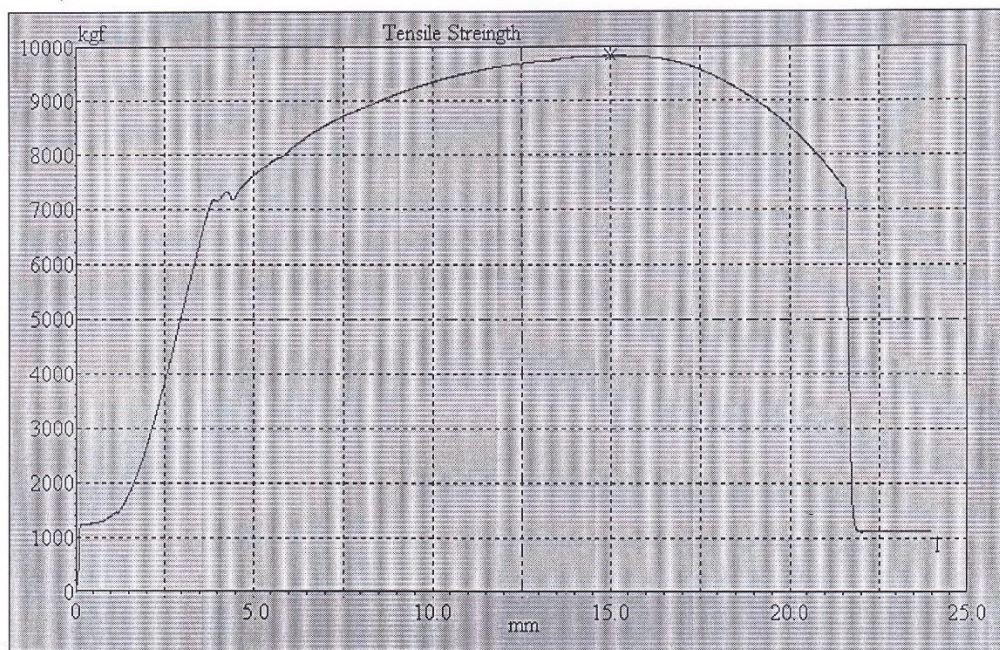
LAMPIRAN 14

Hasil nilai uji tarik

PEMERINTAH PROPINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA
DINAS TENAGA KERJA DAN TRANSMIGRASI
PUSAT PELATIHAN KERJA KHUSUS PENGEMBANGAN LAS
 Jl. Raya Condet No. 25 Kramat jati Telp./Fax : 8400089
 Jakarta Timur

Report No. = SAMPLE A1 (SUHU PENGERINGAN 230° C)

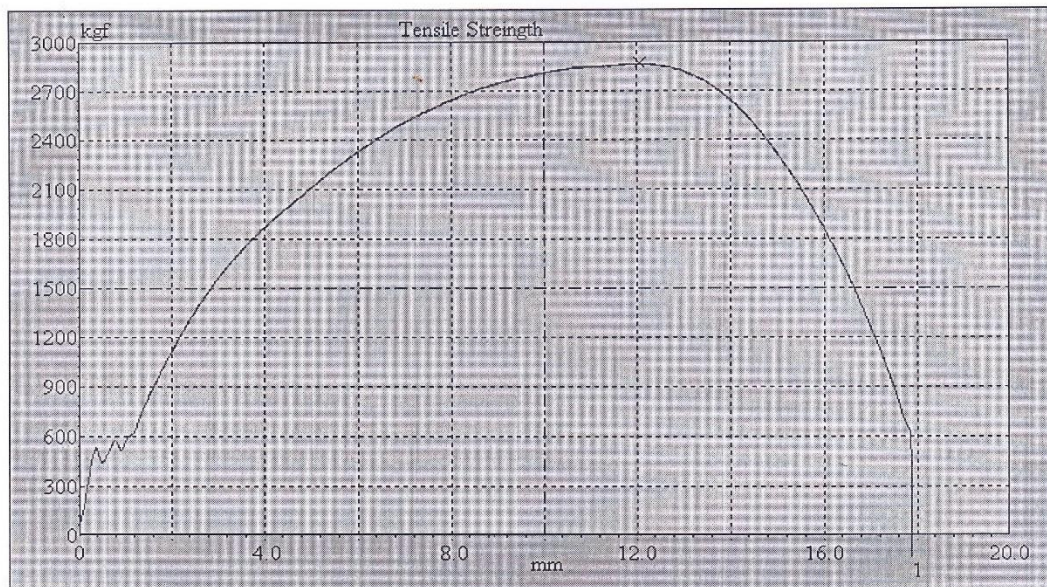
Sample	Width mm	Thickness mm	Area mm ²	Ultimate Total Load kgf	Yield point kgf	Yield strength kgf/mm ²	Tensile Streingth kgf/mm ²	Elongation %	Location of Fracture
	20.00	10.00	200.00	9836.10	8520.97	71.85	49.18	120.00	ASTM A36
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



PEMERINTAH PROPINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA
DINAS TENAGA KERJA DAN TRANSMIGRASI
PUSAT PELATIHAN KERJA KHUSUS PENGEMBANGAN LAS
 Jl. Raya Condet No. 25 Kramat jati Telp./Fax : 8400089
 Jakarta Timur

Report No. = SAMPLE D2 (TANPA PENGERINGAN ELEKTRODA)

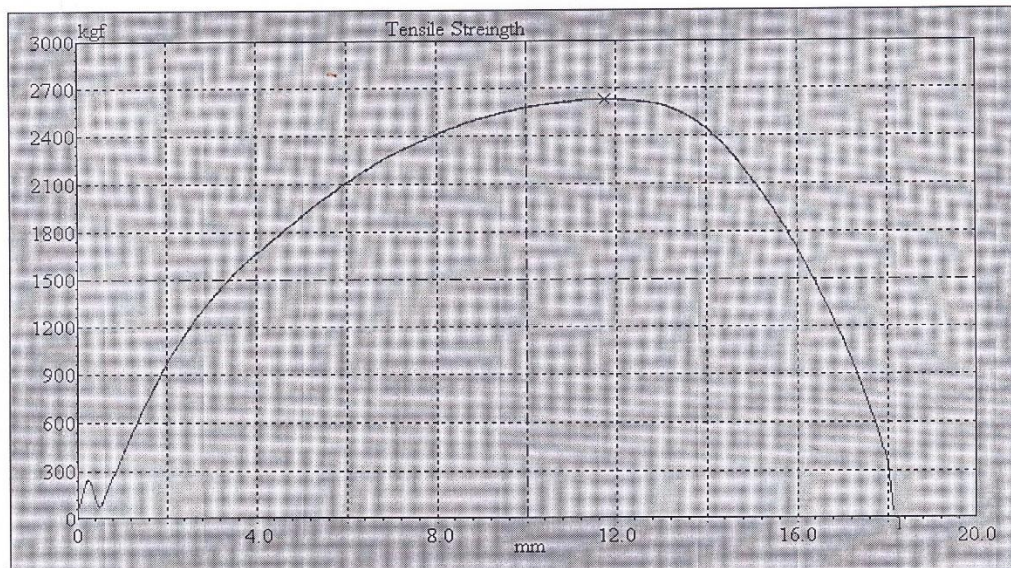
Sample	Width mm	Thickness mm	Area mm ²	Ultimate Total Load kgf	Yield point kgf	Yield strength kgf/mm ²	Tensile Strength kgf/mm ²	Elongation %	Location of Fracture
	20.00	10.00	200.00	2868.30	2414.70	14.93	14.34	89.37	ASTM A36
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



PEMERINTAH PROPINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA
DINAS TENAGA KERJA DAN TRANSMIGRASI
PUSAT PELATIHAN KERJA KHUSUS PENGEMBANGAN LAS
 Jl. Raya Condet No. 25 Kramat jati Telp./Fax : 8400089
 Jakarta Timur

Report No. = SAMPLE D1 (TANPA PENGERINGAN ELEKTRODA)

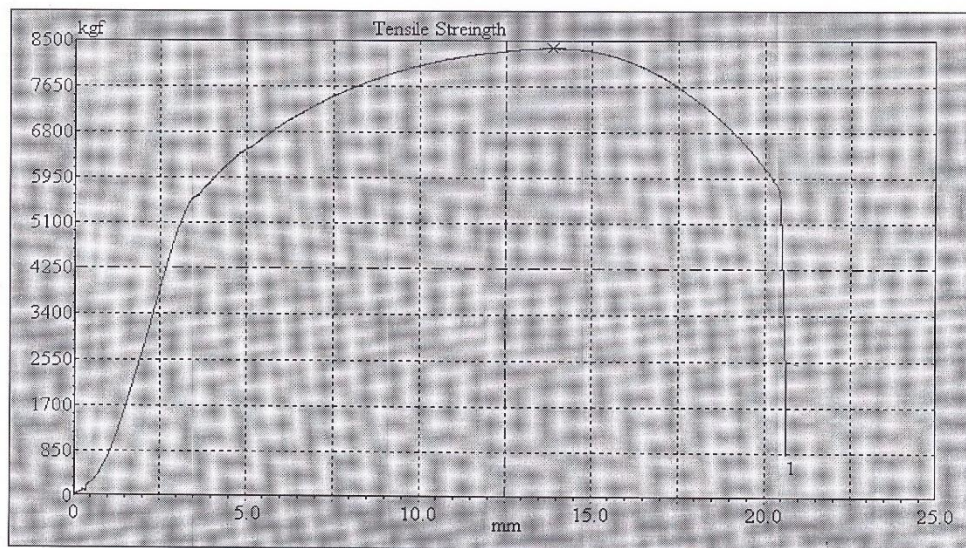
Sample	Width mm	Thickness mm	Area mm ²	Ultimate Total Load kgf	Yield point kgf	Yield strength kgf/mm ²	Tensile Streingth kgf/mm ²	Elongation %	Location of Fracture
	20.00	10.00	200.00	2632.16	2216.53	13.66	13.16	90.62	ASTM A36
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



PEMERINTAH PROPINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA
DINAS TENAGA KERJA DAN TRANSMIGRASI
PUSAT PELATIHAN KERJA KHUSUS PENGEMBANGAN LAS
 Jl. Raya Condet No. 25 Kramat jati Telp./Fax : 8400089
 Jakarta Timur

Report No. = SAMPLE C3 (SUHU PENGERINGAN ELEKTRODA 260°) C

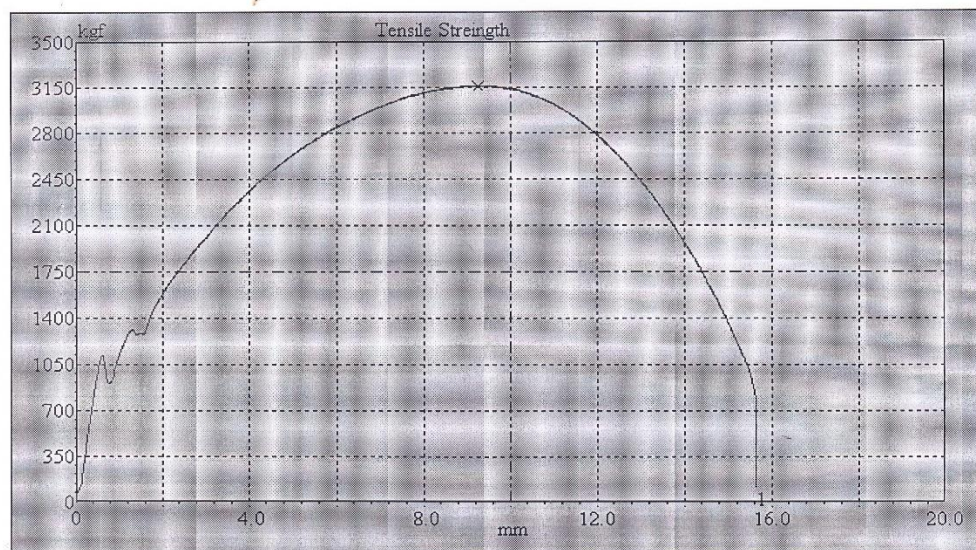
Sample	Width mm	Thickness mm	Area mm ²	Ultimate Total Load kgf	Yield point kgf	Yield strength kgf/mm ²	Tensile Strength kgf/mm ²	Elongation %	Location of Fracture
1	20.00	10.00	200.00	8363.43	7285.21	51.36	41.82	103.12	ASTM A36
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



PEMERINTAH PROPINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA
DINAS TENAGA KERJA DAN TRANSMIGRASI
PUSAT PELATIHAN KERJA KHUSUS PENGEMBANGAN LAS
 Jl. Raya Condet No. 25 Kramat jati Telp./Fax : 8400089
 Jakarta Timur

Report No. = SAMPLE C2 (PENGERINGAN ELEKTRODA 260° C)

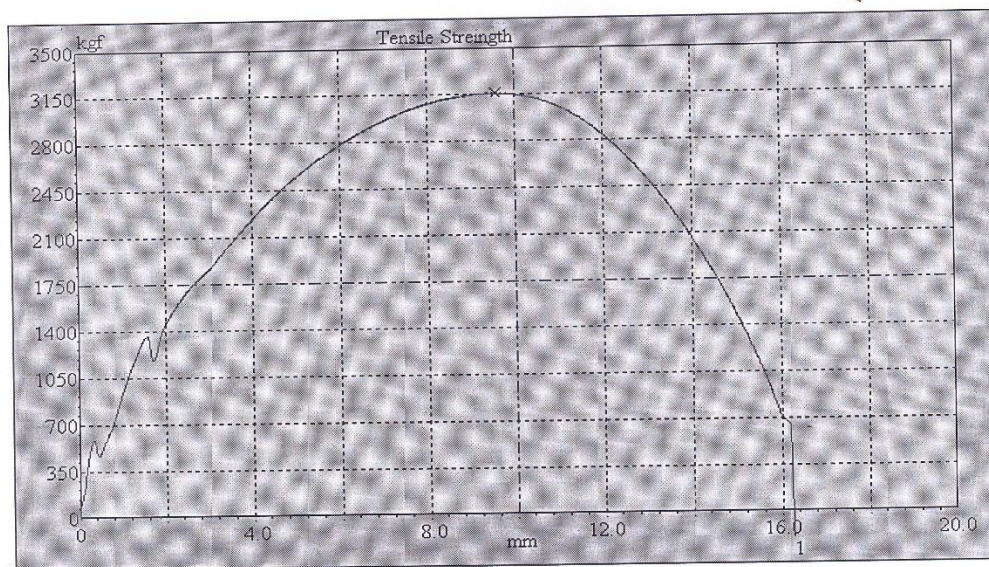
Sample	Width mm	Thickness mm	Area mm ²	Ultimate Total Load kgf	Yield point kgf	Yield strength kgf/mm ²	Tensile Strength kgf/mm ²	Elongation %	Location of Fractur
	20.00	10.00	200.00	3165.80	2635.76	22.47	15.83	78.12	ASTM A3
---	---	---	---	---	---	---	---	---	--
---	---	---	---	---	---	---	---	---	--
---	---	---	---	---	---	---	---	---	--
---	---	---	---	---	---	---	---	---	--



PEMERINTAH PROPINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA
DINAS TENAGA KERJA DAN TRANSMIGRASI
PUSAT PELATIHAN KERJA KHUSUS PENGEMBANGAN LAS
 Jl. Raya Condet No. 25 Kramat jati Telp./Fax : 8400089
 Jakarta Timur

Report No. = SAMPLE C1 (SUHU PENGERINGAN ELEKTRODA 260° C)

Sample	Width mm	Thickness mm	Area mm ²	Ultimate Total Load kgf	Yield point kgf	Yield strength kgf/mm ²	Tensile Strength kgf/mm ²	Elongation %	Location of Fracture
	20.00	10.00	200.00	3159.62	2621.06	17.02	15.80	81.25	ASTM A36
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

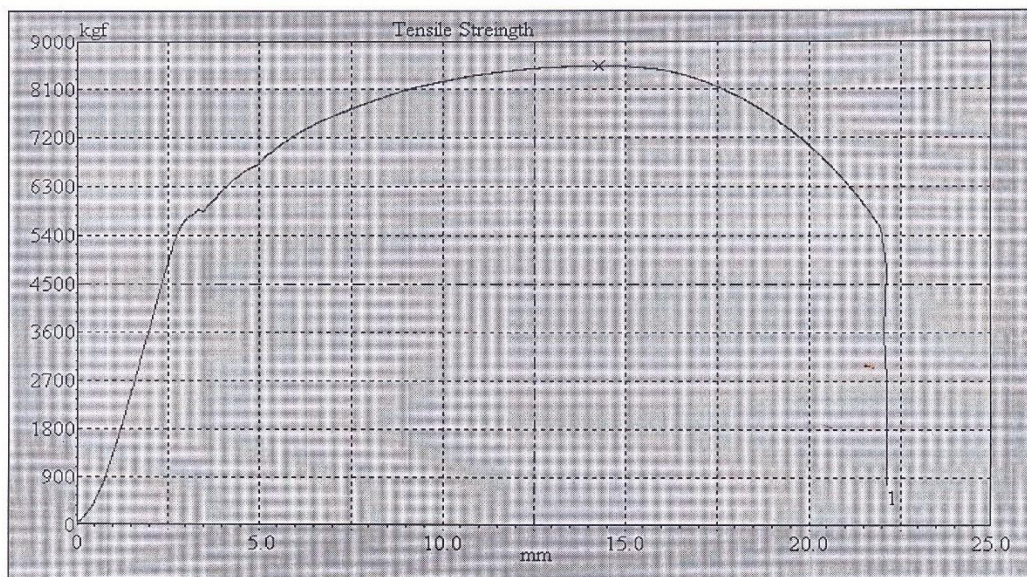


24

PEMERINTAH PROPINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA
DINAS TENAGA KERJA DAN TRANSMIGRASI
PUSAT PELATIHAN KERJA KHUSUS PENGEMBANGAN LAS
 Jl. Raya Condet No. 25 Kramat jati Telp./Fax : 8400089
 Jakarta Timur

Report No. = SAMPLE B3 (SUHU PENDINGINAN 245° C)

Sample	Width mm	Thickness mm	Area mm ²	Ultimate Total Load kgf	Yield point kgf	Yield strength kgf/mm ²	Tensile Strength kgf/mm ²	Elongation %	Location of Fracture
	20.00	10.00	200.00	8551.60	7391.43	54.11	42.76	110.62	ASTM A36
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

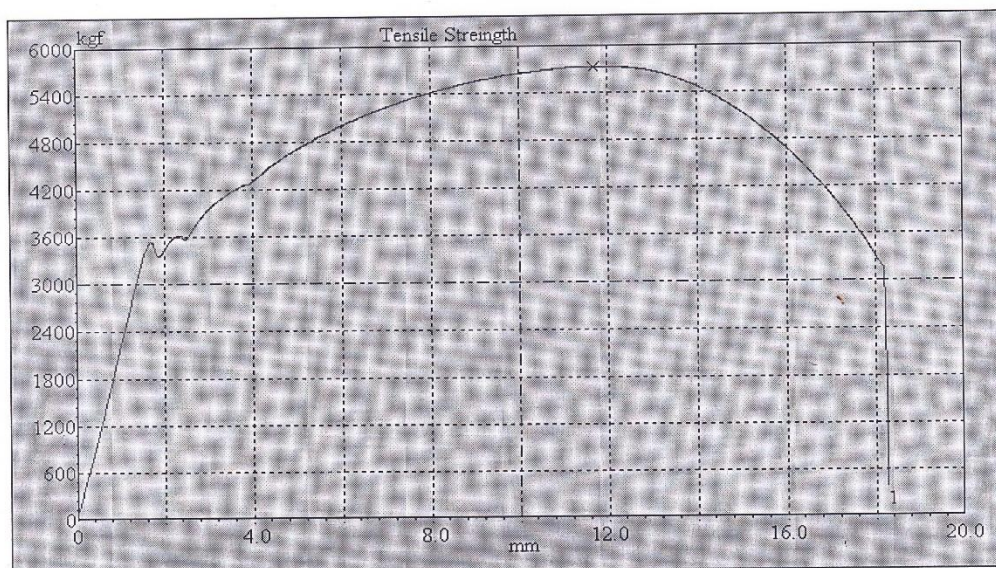


245

PEMERINTAH PROPINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA
DINAS TENAGA KERJA DAN TRANSMIGRASI
PUSAT PELATIHAN KERJA KHUSUS PENGEMBANGAN LAS
 Jl. Raya Condet No. 25 Kramat jati Telp./Fax : 8400089
 Jakarta Timur

Report No. = SAMPLE B2 (SUHU PENGERINGAN 245° C)

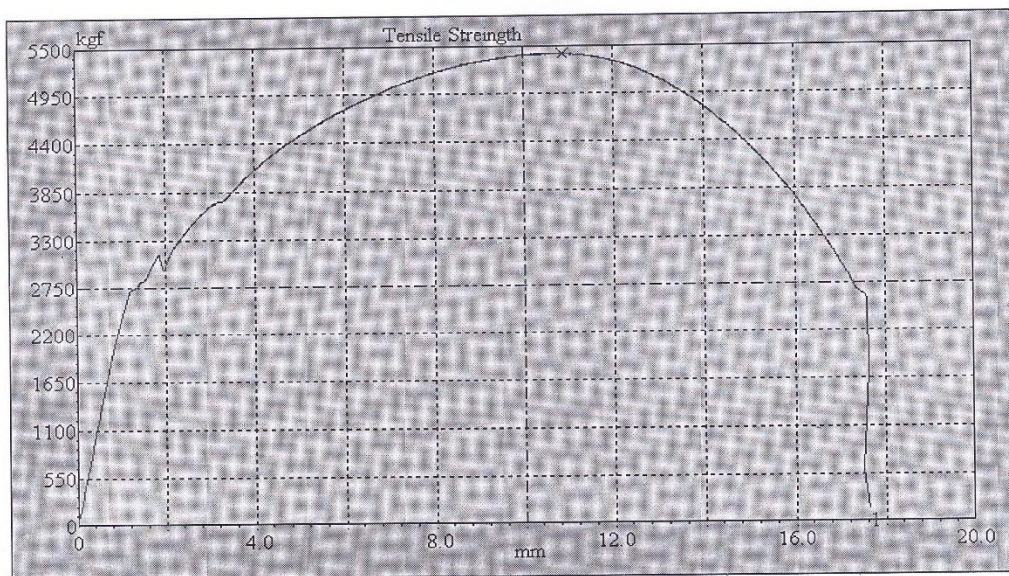
Sample	Width mm	Thickness mm	Area mm ²	Ultimate Total Load kgf	Yield point kgf	Yield strength kgf/mm ²	Tensile Streingth kgf/mm ²	Elongation %	Location of Fracture
	20.00	10.00	200.00	5733.39	3538.38	34.59	28.67	91.25	ASTM A36
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



PEMERINTAH PROPINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA
DINAS TENAGA KERJA DAN TRANSMIGRASI
PUSAT PELATIHAN KERJA KHUSUS PENGEMBANGAN LAS
 Jl. Raya Condet No. 25 Kramat jati Telp./Fax : 8400089
 Jakarta Timur

Report No. = SAMPLE B1 (SUHU PENGERINGAN ELEKTRODA 260° C

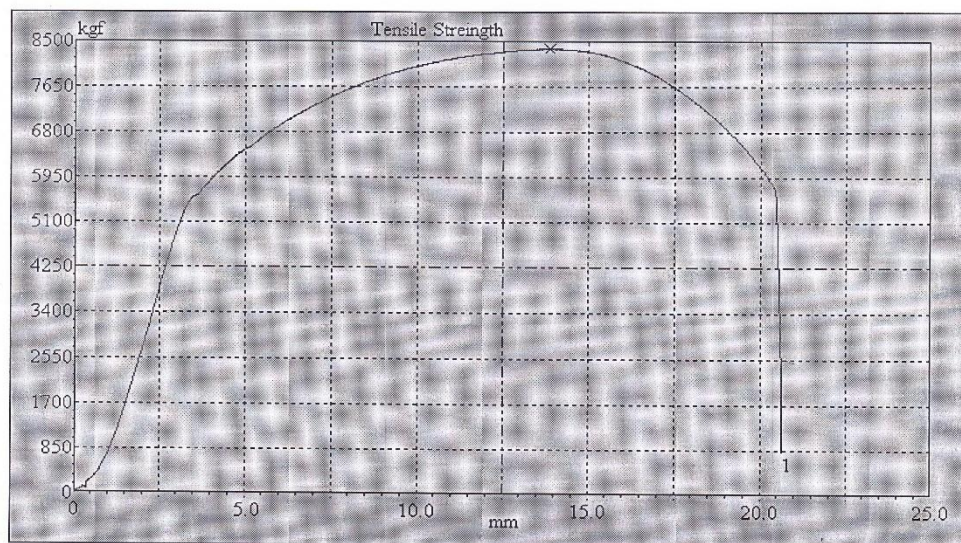
Sample	Width mm	Thickness mm	Area mm ²	Ultimate Total Load kgf	Yield point kgf	Yield strength kgf/mm ²	Tensile Streingth kgf/mm ²	Elongation %	Location of Fracture
	20.00	10.00	200.00	5414.42	4585.80	27.37	27.07	88.12	ASTM A36
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



PEMERINTAH PROPINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA
DINAS TENAGA KERJA DAN TRANSMIGRASI
PUSAT PELATIHAN KERJA KHUSUS PENGEMBANGAN LAS
 Jl. Raya Condet No. 25 Kramat jati Telp./Fax : 8400089
 Jakarta Timur

Report No. = SAMPLE A3 (SUHU PENGERINGAN 230° C)

Sample	Width mm	Thickness mm	Area mm ²	Ultimate Total Load kgf	Yield point kgf	Yield strength kgf/mm ²	Tensile Strength kgf/mm ²	Elongation %	Location of Fracture
1	20.00	10.00	200.00	10105.10	7285.21	51.36	50.32	103.12	ASTM A36
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

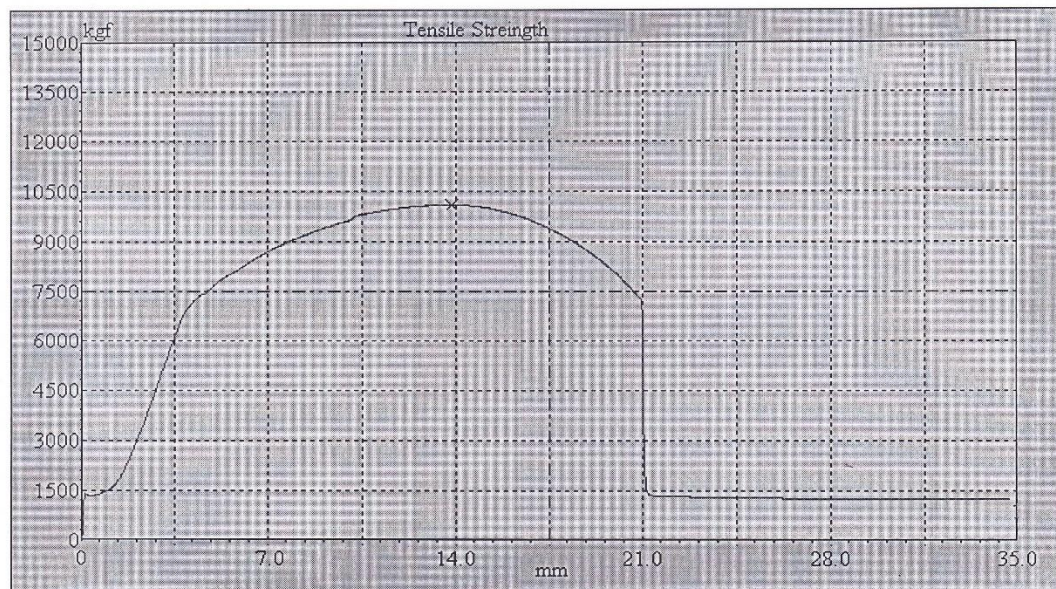


650

PEMERINTAH PROPINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA
DINAS TENAGA KERJA DAN TRANSMIGRASI
PUSAT PELATIHAN KERJA KHUSUS PENGEMBANGAN LAS
 Jl. Raya Condet No. 25 Kramat jati Telp./Fax : 8400089
 Jakarta Timur

Report No. = SAMPLE A2 (SUHU PENGERINGAN ELEKTRODA 230° C)

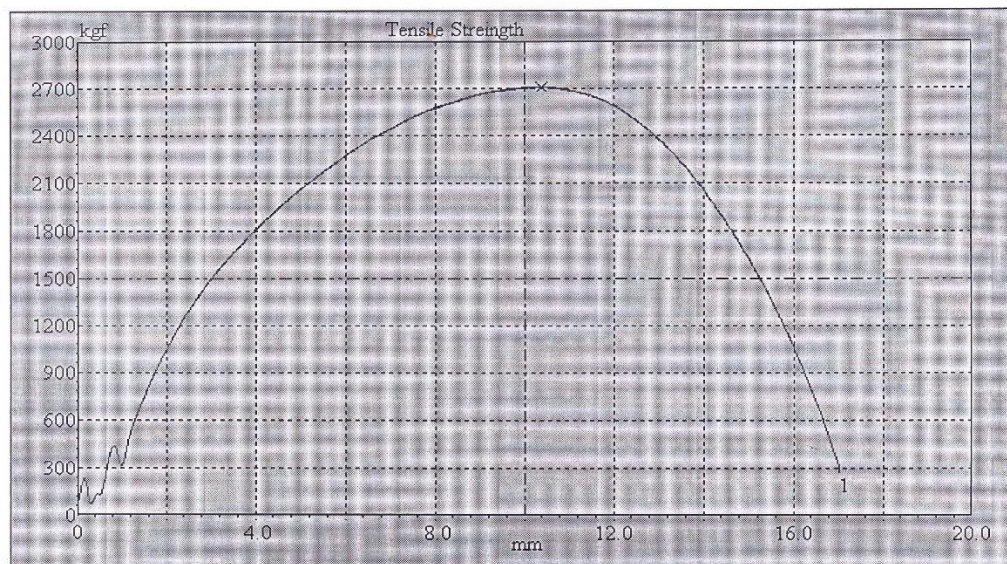
Sample	Width mm	Thickness mm	Area mm ²	Ultimate Total Load kgf	Yield point kgf	Yield strength kgf/mm ²	Tensile Streingth kgf/mm ²	Elongation %	Location of Fracture
	20.00	10.00	200.00	10108.13	8704.94	67.62	50.54	173.75	ASTM A38
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



PEMERINTAH PROPINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA
DINAS TENAGA KERJA DAN TRANSMIGRASI
PUSAT PELATIHAN KERJA KHUSUS PENGEMBANGAN LAS
 Jl. Raya Condet No. 25 Kramat jati Telp./Fax : 8400089
 Jakarta Timur

Report No. = SAMPLE D3 (TANPA PENGERINGAN ELEKTRODA)

Sample	Width mm	Thickness mm	Area mm ²	Ultimate Total Load kgf	Yield point kgf	Yield strength kgf/mm ²	Tensile Strength kgf/mm ²	Elongation %	Location of Fracture
	20.00	10.00	200.00	2712.49	2257.62	14.16	13.56	85.00	ASTM A36
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



LAMPIRAN 15

Sampel uji tarik



Lampiran 16

Surat permohonan izin penelitian



*Building
Future
Leaders*

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

Kampus Universitas Negeri Jakarta, Jalan Rawamangun Muka, Jakarta 13220
Telepon/Faximile : Rektor : (021) 4893854, PRI : 4895130, PR II : 4893918, PR III : 4892926, PR IV : 4893982
BUK : 4750930, BAKHUM : 4759081, BK : 4752180
Bagian UHT : Telepon, 4893726, Bagian Keuangan : 4892414, Bagian Kepegawaian : 4890536, Bagian Humas : 4898486
Laman : www.unj.ac.id

Nomor : 2403/UN39.12/KM/2017
Lamp. : -
Hal : Permohonan Izin Mengadakan Penelitian
untuk Penulisan Skripsi

2 Mei 2017

Yth. Pimpinan Pusat Pelatihan Kerja
Khusus Pengembangan Las (BLK Condet)
Jl. Raya Condet No.25 Batu Ampar, Kramat Jati,
Jakarta Timur

Kami mohon kesediaan Saudara untuk dapat menerima Mahasiswa Universitas Negeri Jakarta :

Nama : Candra Wahyu S
Nomor Registrasi : 5315117199
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin
Fakultas : Teknik Universitas Negeri Jakarta
No. Telp/HP : 081905273080

Dengan ini kami mohon diberikan ijin mahasiswa tersebut, untuk dapat mengadakan penelitian guna mendapatkan data yang diperlukan dalam rangka penulisan skripsi dengan judul :

"Pengaruh Pengeringan Elektroda E7018 Terhadap Hasil Pengelasan Material ASTM 36"

Atas perhatian dan kerjasama Saudara, kami sampaikan terima kasih.

Kepala Biro Akademik, Kemahasiswaan,
dan Hubungan Masyarakat

Woro Sasmoyo, SH
NIP. 19630403 198510 2 001

Tembusan :
1. Dekan Fakultas Teknik
2. Koordinator Prodi Pendidikan Teknik Mesin

LAMPIRAN 17

Surat permohonan izin penelitian



*Building
Future
Leaders*

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

Kampus Universitas Negeri Jakarta, Jalan Rawamangun Muka, Jakarta 13220
Telepon/Faximile : Rektor : (021) 4893854, PRI : 4895130, PR II : 4893918, PR III : 4892926, PR IV : 4893982
BUK : 4750930, BAKHUM : 4759081, BK : 4752180
Bagian UHT : Telepon, 4893726, Bagian Keuangan : 4892414, Bagian Kepegawaian : 4890536, Bagian Humas : 4898486
Laman : www.unj.ac.id

Nomor : 3333/UN39.12/KM/2017

4 Agustus 2017

Lamp. :

Hal : Permohonan Izin Mengadakan Penelitian
untuk Penulisan Skripsi

Yth. Kepala Pusat Penelitian
Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Tangerang
Komp. PUSPITEK Serpong, Cisauk,
Tangerang, Banten

Kami mohon kesediaan Saudara untuk dapat menerima Mahasiswa Universitas Negeri Jakarta :

Nama : Candra Wahyu Setyawan
Nomor Registrasi : 5315117199
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin
Fakultas : Teknik Universitas Negeri Jakarta
No. Telp/HP : 081905273080

Dengan ini kami mohon diberikan ijin mahasiswa tersebut, untuk dapat mengadakan penelitian guna mendapatkan data yang diperlukan dalam rangka penulisan skripsi dengan judul :

"Perencanaan Pengeringan Elektroda E7018 Terhadap Hasil Pengelasan Material ASTMA 35"

Atas perhatian dan kerjasama Saudara, kami sampaikan terima kasih.

Kepala Biro Akademik, Kemahasiswaan,
dan Hubungan Masyarakat



Woro Sasmiyo, SH
NIP. 19630403 198510 2 001

Tembusan :

1. Dekan Fakultas Teknik
2. Koordinator Prodi Pendidikan Teknik Mesin

LAMPIRAN 18

Sertifikat Baja ASTM A36



PT. GUNAWAN DIANJAYA STEEL Tbk.
 Surabaya - Indonesia
MILL TEST CERTIFICATE
 ACC. TO EN10204: 2004 3.1

Head Office:
 Jl. Merapi No. 29 A
 Tambak Sari - Asemrowo - Surabaya 60184
 Phone : (62-31) 7490588 (Hunting)
 Fax : (62-31) 7490581
 E-mail : quality@gunawansteel.com
 http://www.gunawansteel.com

Head Office:
 Jl. P. Javelana No. 30 C, Mangga Dua Selatan Sektor Jakarta Pusat
 D-700-2016
 HOT ROLLED STEEL PLATE
 JIS G3101 SS400
 JIS G3163

Certificate No. : GDS-CC-2016-1109-A
 Date : April 29, 2016
 Dispatch Address No. : LDO-1604-0502-0504_0510

Item Number	Plate Number	Plate Size	Dimensions (mm)			Weight (MT)	Chemical Composition											T.S	Y.S	El % 20mm Test	Bend Test	Reference				
			T	W	L		C	Si	Mn	P	S	Nb	Cu	Cr	Ni	Mo	V						Al	Ti	N	Test
2357	N 51	1	8	1824	6096	0.553	14	13	82	14	8	0	1	3	3	10	4	30	0	2	P4	367	492	23	OK	
1075063	R 25	1	8	1800	6000	0.578	13	20	83	15	5	0	2	3	1	2	1	38	2	3	G2	312	441	33	OK	
2366	R 33-34	2	10	1829	6096	1.356	13	14	86	16	4	0	1	3	3	10	1	34	0	2	H3	317	467	22	OK	
150	J 21-22	2	10	1824	6096	1.021	14	15	84	12	5	-	1	3	2	10	2	26	-	1.5	R5	286	421	28	OK	
5046	R 53	1	10	1824	6096	1.021	18	17	108	13	3	0	1	3	3	10	1	22	0	2.4	R1	276	476	27	OK	
1410464	O 41	1	15	1829	6096	1.021	16	14	75	14	5	<10	3	4	2	4	1	33	<5	6	O1	273	450	26	OK	
3118	O 14	1	15	1829	6096	1.313	16	20	109	12	2	0	1	4	2	10	1	33	0	2	J2	320	488	23	OK	
2042369	F 31	1	25	1829	6096	2.451	17	19	93	12	5	0	1	2	0	1	1	34	2	3	K3	278	442	26	OK	
						11.194																				

WE HEREBY CERTIFY THAT THE MATERIAL HEREIN HAS BEEN MADE AND TESTED IN ACCORDANCE WITH THE ABOVE SPECIFICATION AND ALSO WITH THE REQUIREMENT CALLED FOR BY THE ABOVE ORDER

[Signature]
 Quality Manager

RIWAYAT HIDUP



CANDRA WAHYU SETYAWAN, lahir di Purworejo tanggal 01 January 1992. Anak pertama dari 2 bersaudara Dari pasangan bapak Samikun dan ibu Sarwiyati yang beralamat di pondok ungu permai blok ff3 no 16 rt 06 rw 10 kelurahan kaliabang tengah kecamatan bekasi utara.

Jenjang pendidikan yang dijalani oleh penulis sebagai

Berikut : lulus sekolah SD NEGRI Cakung Barat 05 pagi lulus pada tahun tahun 2003, kemudian melanjutkan sekolah lanjut tingkat pertama di SMP Negeri 144 Cakung Barat lulus pada tahun 2006, kemudian melanjutkan sekolah menengah kejuruan di SMK Negeri 26 Jakarta lulus pada tahun 2010, kemudian bekerja di PT. BRAJA MUKTI CAKRA Bekasi. Kemudian melanjutkan ke Program Studi Strata Satu (S1) di Universitas Negeri Jakarta pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin.