

**STUDI KARAKTERISTIK SIFAT MEKANIK HASIL PENGELASAN
PRODUK KOMERSIAL ELEKTRODA SERI AWS A.51 E6013**



ARYO HARTANTO A.

5315134456

Skripsi ini ditulis untuk memenuhi sebagian persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana Pendidikan.



PROGRAM STUDI S1 PENDIDIKAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK



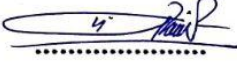
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2018

HALAMAN PENGESAHAN

NAMA DOSEN	TANDA TANGAN	TANGGAL
<u>Ferry Budhi S., S.T., M.T., M.Si</u> NIP : 198202022010121002 (Dosen Pembimbing I)		7/2 - 2018
<u>Drs. Syaripudin, M.Pd.</u> NIP : 196703211999031001 (Dosen Pembimbing II)		8/2 - 2018

PENGESAHAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

<u>Dra. Ratu Amilia A., M.Pd.</u> NIP : 196506161990032001 (Ketua Penguji)		6/2 - 2018
<u>I Wayan Sugita, S.T., M.T.</u> NIP : 197911142012121001 (Sekretaris)		2/2 2018
<u>Dr. Darwin Rio Budi S., M.T.</u> NIP : 197604222006041001 (Dosen Ahli)		6/2 2018

Mengetahui,
Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Mesin
Universitas Negeri Jakarta



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Aryo Hartanto Aribowo
No. Registrasi : 5315134456
Tempat, tanggal lahir : Tangerang, 20 Desember 1994
Alamat : Ciputat Baru Jl. Angrek no. 28 RT/RW : 006/008, Kel.
Sawah, Kec. Ciputat, Tangerang Selatan, Banten.

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Skripsi yang berjudul **“Studi Karakteristik Sifat Mekanik Hasil Pengelasan Produk Komersial Elektroda Seri AWS A 5.1 E6013.”**
2. Karya tulis ilmiah ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya dengan arahan dosen pembimbing.
3. Karya tulis ilmiah ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis tercantum sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan aturan yang berlaku.

Jakarta , 20 Januari 2018

Yang Membuat Pernyataan



Aryo Hartanto Aribowo

5315134456

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik mekanik E6013 yang mengalami proses pengelasan SMAW dengan pengujian Struktur Mikro, Uji Tarik, dan Uji Keras.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Pada penelitian ini struktur mikro dan keras dilakukan di laboratorium Teknik Universitas Negeri Jakarta sedangkan Pengujian Tarik dilakukan di Unit Industri Bahan dan Barang Teknik Cempaka Putih, Juni – Desember 2017. Pada penelitian ada 9 sampel yang digunakan dengan proses pengelasan SMAW dengan teknik penebalan permukaan yang memiliki ukuran 200 x 35 x 10 mm. Proses yang paling pertama dilakukan adalah pemotongan plat dengan ukuran 200 x 35 x 7 mm yang akan digunakan sebagai *Base Metal* atau sebagai landasan pengelasan. Setelah itu dilakukanlah pengelasan SMAW (mesin las AC) dengan posisi 1G menggunakan ayunan spiral (berputar) dengan teknik penebalan permukaan hingga ketebalan 10mm. setelah *Weld Metal* atau hasil las mencapai ketebalan 10mm, dilakukan pemisahan antara *Weld Metal* dengan *Base Metal* yang selanjutnya dibentuk dan dihaluskan menggunakan gerinda hingga menjadi spesimen Struktur Mikro, Uji Tarik, dan Uji Keras.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa hasil pengujian tarik dengan nilai tertinggi diperoleh sampel elektroda Y dengan nilai 47,357 kg/mm². Hasil pengujian keras dengan nilai tertinggi diperoleh sampel elektroda Y dengan nilai 81,14 VHN. Hasil berbanding lurus antara hasil uji tarik dan uji keras.

Kata Kunci : Pengelasan SMAW, E6013, uji tarik, uji impak, uji keras

ABSTRACT

This study aims to determine the mechanical characteristics of E6013 which undergo SMAW welding process by testing of Micro Structure, Tensile Test, and Hard Test.

The method used in this research is the experimental method. In this research, the micro structures and hard testing are done in the State University of Jakarta Engineering Laboratory while the Tensile Testing is done in the Cempaka Putih Industrial Materials and Engineering Goods Unit, June - December 2017. In the study there are 9 samples used with the SMAW welding process with surface thickening techniques that have size 200 x 35 x 10 mm. The first process is the cutting plate with the size of 200 x 35 x 7 mm which will be used as Metal Base or as a welding pad. After that, is done welding SMAW (welding machine AC) with 1G position using spiral swing (spin) with surface thickening technique until thickness 10mm. after Weld Metal or welding reaches 10mm thickness, separation of Weld Metal with Metal Base is subsequently formed and smoothed by grinding to a specimen of Micro Structure, Tensile Test, and Hard Test.

The results of this study showed that the tensile test results with the highest value obtained by Y electrode sample with a value of 47.357 kg / mm². The results of hard testing with the highest value obtained by electrode Y sample with a value of 81.14 VHN. The results are directly proportional between the tensile test and hardness test results.

Keywords: SMAW welding, E6013, tensile test, impact test, hard test

KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa terpanjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul ” Studi Karakteristik Sifat Mekanik Hasil Pengelasan Produk Komersial Elektroda Seri AWS A.51 E6013”.

Begitu banyak pelajaran dan pengalaman baru yang diperoleh selama proses pengerjaan skripsi ini. Penulis menyadari bahwa keberhasilan dalam menyusun skripsi ini tidak lepas dari bantuan, dorongan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Bapak Ahmad Kholil, M.T., selaku Ketua Program Studi SI Pendidikan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta.
2. Bapak Ahmad Kholil M.T., selaku Koordinator Skripsi Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta.
3. Bapak Ferry Budhi Susetyo, M.T., M.Si., selaku Dosen Pembimbing I.
4. Bapak Drs. Syaripudin, M.Pd., selaku Dosen Pembimbing II.
5. Bapak Pratomo Setyadi, S.T.,M.T., selaku Pembimbing Akademik.
6. Kedua orang tua penulis, Bapak Richard dan Ibu Amy, adik serta saudara – saudara, dan Debra Alliya yang tiada hentinya memberi motivasi, nasihat, semangat, dan do’a.
7. Segenap dosen pengajar Jurusan Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta yang telah memberikan bekal ilmu bagi penulis.

8. Segenap karyawan dilingkungan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.
9. Kepada teman – teman seperjuangan 2013 yang selalu memberikan semangat. Antonius Daniel P. Y., M. Fatihuddin, Agung Tris Mulyadi dan masih banyak lagi yang tidak bisa disebutkan satu persatu untuk semangat dan solidaritasnya.
10. Serta semua pihak yang telah membantu terselesaikannya penulisan skripsi ini dari awal sampai akhir yang tidak disebutkan dalam tulisan ini.

Penulis sangat menyadari akan keterbatasan dari penulis sehingga skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu kritik dan saran membangun sangat penulis harapkan. Harapan penulis adalah skripsi ini dapat menjadi sumbangan pemikiran yang bermanfaat.

Jakarta, Januari 2018

Penulis

Aryo Hartanto A

5315134480

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
PERNYATAAN	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Identifikasi Masalah.....	3
1.3. Pembatasan Masalah.....	3
1.4. Rumusan Masalah.....	3
1.5. Tujuan Penelitian.....	4
1.6. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. SMAW (<i>Shielded Metal Arc Welding</i>).....	5
2.2. Elektroda Terbungkus.....	7
2.3. Pengujian Tarik.....	10
2.4. Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i>	13
2.5. Struktur Mikro.....	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	18
3.2. Prosedur Penelitian.....	19
3.3. Uraian Prosedur Penelitian.....	20
3.3.1. Persiapan Bahan dan Alat.....	20
3.3.2. Pemotongan Plat Sebagai Landasan pengelasan / <i>Base Metal</i>	21
3.3.3. Pengelasan Dengan Teknik Penebalan Permukaan.....	23
3.3.4. Memisahkan <i>Base Metal</i> dengan <i>Weld Metal</i> Serta Menghaluskan Permukaan <i>Weld Metal</i>	24
3.3.5. Pemisahan <i>Weld Metal</i> untuk Dibentuk Menjadi Spesimen Uji.....	25
3.3.6. Pembuatan Spesimen Uji Tarik (ASTM E8).....	25
3.3.7. Pembuatan Spesimen Struktur Mikro.....	25
3.3.8. Pembuatan Spesimen Uji Keras.....	26
3.3.9. Mounting Elektroda.....	26

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Hasil Struktur Mikro	27
4.1.1. Analisa Hasil Struktur Mikro	29
4.2. Hasil Pengujian Tarik.....	29
4.2.1. Spesimen Uji Tarik.....	29
4.2.2. Analisa Kekuatan Tarik.....	31
4.3. Hasil Pengujian Keras.....	32
4.3.1. Spesimen Uji Keras	33
4.3.2. Analisa Nilai Kekerasan	36
 BAB V KESIMPULAN	
5.1. Kesimpulan	37
5.2. Saran.....	38
 DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN.....	40
RIWAYAT HIDUP.....	49

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Elektroda Terbungkus dari Baja Lunak	8
Tabel 2.2. Spesifikasi Arus Menurut Tipe Elektroda dan Diameter dari Elektroda.....	9
Tabel 3.1. Alat dan Bahan Penelitian.....	21
Tabel 4.1. Hasil Pengujian Tarik	30
Tabel 4.2. Kekuatan Impak	34
Tabel 4.3. Nilai Kekerasan.....	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Las SMAW	7
Gambar 2.2. Elektroda terbungkus.....	10
Gambar 2.3. Alat Uji Tarik	11
Gambar 2.4. ASTM E8	13
Gambar 2.5. Alat Uji Impak Charpy	14
Gambar 2.4 ASTM E 23	16
Gambar 2.6 Indentor <i>Vickers</i>	17
Gambar 3.1 Diagram Alir Kerja Penelitian.....	20
Gambar 3.2 Sketsa Tampak Atas Layer Pertama.....	22
Gambar 3.3 Sketsa Tampak Samping Layer Pertama.....	22
Gambar 3.4 Sketsa Tampak Samping Layer Kedua	22
Gambar 3.5 Sketsa Tampak Samping Layer Keenam	22
Gambar 3.6 Hasil Las Penebalan Permukaan. (bagian atas).....	23
Gambar 3.7 Hasil Las Penebalan Permukaan (bagian samping)	24
Gambar 3.8 <i>Weld Metal</i> yang belum dipisah dari <i>Base Metal</i>	25
Gambar 3.9 <i>Weld Metal</i> yang sudah terpisah dari <i>Base Metal</i>	25
Gambar 3.10 Hasil Las yang Sudah Terpisah dari <i>Base Metal</i> dan Telah Dihaluskan Permukaannya.....	25
Gambar 3.11 Spesimen yang Digunakan Untuk Uji Keras.....	27
Gambar 4.1 Spesimen Uji Tarik Sampel Elektroda X	28
Gambar 4.2 Spesimen Uji Tarik Sampel Elektroda Y	29
Gambar 4.3 Spesimen Uji Tarik Sampel Elektroda Z.....	29
Gambar 4.4 Spesimen Uji Impak Elektroda X.....	32
Gambar 4.5 Spesimen Uji Impak Elektroda Y.....	32
Gambar 4.6 Spesimen Uji Impak Elektroda Z.....	33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Uji Tarik Sampel Elektroda X1.....	42
Lampiran 2. Hasil Uji Tarik Sampel Elektroda X2.....	43
Lampiran 3. Hasil Uji Tarik Sampel Elektroda X3.....	44
Lampiran 4. Hasil Uji Tarik Sampel Elektroda Y1.....	45
Lampiran 5. Hasil Uji Tarik Sampel Elektroda Y2.....	46
Lampiran 6. Hasil Uji Tarik Sampel Elektroda Y3.....	47
Lampiran 7. Hasil Uji Tarik Sampel Elektroda Z1	48
Lampiran 8. Hasil Uji Tarik Sampel Elektroda Z2	49
Lampiran 9. Hasil Uji Tarik Sampel Elektroda Z3	50

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Teknologi pengelasan pada masa kini telah biasa digunakan secara luas dalam kebutuhan menyambung material-material, baik dalam konstruksi mesin maupun konstruksi bangunan. Banyaknya penggunaan teknologi pengelasan biasanya dikarenakan faktor kemudahan dan proses pembuatan yang sederhana, sehingga biaya keseluruhannya lebih rendah dan proses juga lebih singkat.

Faktor yang mempengaruhi las adalah prosedur pengelasan yaitu suatu perencanaan untuk pelaksanaan penelitian yang meliputi cara pembuatan konstruksi las yang sesuai rencana dan spesifikasi dengan menentukan semua hal yang diperlukan dalam pelaksanaan tersebut. Faktor produksi pengelasan adalah jadwal pembuatan, proses pembuatan, alat dan bahan yang diperlukan, urutan pelaksanaan, persiapan pengelasan.¹

Ada tiga klasifikasi cara kerja dalam pengelasan yaitu pengelasan cair, pengelasan tekan dan pematrian. Pengelasan yang paling banyak digunakan ialah pengelasan cair. Pengelasan ini bekerja dengan cara memanaskan benda yang akan disambung hingga mencair dengan menggunakan sumber energi panas. Salah satunya menggunakan las busur

¹WirjosumartodanOkumura.*TeknologiPengelasanLogam*(Cet.8.Jakarta:Pradnya Paramadina,2000) h.210

listrik, las busur listrik adalah salah satu cara menyambung logam dengan jalan menggunakan nyala busur listrik yang diarahkan ke permukaan logam yang akan disambung.

Pada bagian yang terkena busur listrik tersebut akan mencair, demikian juga elektroda yang menghasilkan busur listrik akan mencair pada ujungnya dan merambat terus sampai habis. Logam cair dari elektroda dan dari sebagian benda yang akan disambung tercampur dan mengisi celah dari kedua logam yang akan disambung, kemudian membeku dan tersambunglah kedua logam tersebut.

Proses penyambungan logam tak hanya dapat dilihat dari menyambung atau tidaknya benda yang di las. Hasil pengelasan dapat diuji menggunakan pengujian tarik, dan pengujian kekerasan. Serta struktur mikro hasil las pun dapat di lihat menggunakan mikroskop struktur untuk mengetahui bagaimana bentuk dan struktur apa saja yang terbentuk karena hasil pengelasan tersebut. Struktur mikro dan pengujian mekanik memiliki hubungan yaitu untuk menganalisa hasil pengelasan mana yang paling optimum.

Banyaknya macam elektroda dipasaran dengan spesifikasi yang sama dan harga yang bersaing terkadang membuat para konsumen bingung. Apakah dari berbagai macam elektroda yang sama dengan harga berbeda memiliki karakteristik yang sama atau tidak, dan apakah hal itu mempengaruhi hasil las atau tidak, dan elektroda mana yang memiliki hasil lasan paling optimum.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, maka permasalahan yang timbul adalah bagaimanakah karakteristik mekanik hasil pengelasan elektroda komersial? Dan bagaimana struktur mikro pada hasil pengelasan tersebut?

1.3 Pembatasan Masalah

Dari identifikasi masalah diatas maka peneliti membatasi masalah agar lebih terarah dan fokus, maka penelitian ini dibatasi sifat mekanik pada hasil struktur mikro, uji tarik, dan kekerasan.

Banyaknya jenis elektroda yang beredar di pasaran maka sampel diambil dari tiga jenis elektroda komersial jenis E6013 (3,2mm) dengan merek X, Y dan Z.

Dengan metode pengelasan SMAW (mesin las AC), posisi 1G, ayunan pengelasan spiral (berputar) dan kecepatan ± 6 detik/cm².

1.4 Perumusan Masalah

Berdasarkan pembahasan masalah diatas, maka pokok masalah diatas dirumuskan “Apakah ada perbedaan karakteristik mekanik hasil pengelasan dan elektroda manakah yang memiliki hasil pengujian paling optimum dari antara ketiga sampel elektroda AWS A.51 E6013 ketika selesai dilakukan proses pengelasan ?”.

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang dipaparkan diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui karakteristik sifat mekanik dan struktur mikro pada hasil pengelasan jenis elektroda X, Y, dan Z.

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat untuk :

1. Dapat digunakan sebagai referensi dasar pemilihan elektroda dalam penggunaannya pada masyarakat ataupun usaha di bidang pengelasan.
2. Sebagai referensi dasar untuk dilakukannya penelitian lebih mendalam pada jenjang lebih tinggi.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*)

Shield Metal Arc Welding (SMAW) merupakan suatu teknik pengelasan dengan menggunakan arus listrik yang membentuk busur arus dan elektroda berselaput. Di dalam pengelasan SMAW ini terjadi gas pelindung ketika elektroda terselaput itu mencair, sehingga dalam proses ini tidak diperlukan tekanan/pressure gas inert untuk menghilangkan pengaruh oksigen atau udara yang dapat menyebabkan korosi atau gelembung-gelembung di dalam hasil pengelasan.²

Logam induk dalam pengelasan ini mengalami pencairan akibat pemanasan dari busur listrik yang timbul antara ujung elektroda dan permukaan benda kerja. Busur listrik dibangkitkan dari suatu mesin las. Elektroda yang digunakan berupa kawat yang dibungkus pelindung berupa *flux*. Elektroda ini selama pengelasan akan mengalami pencairan bersama dengan logam induk dan membeku bersama menjadi bagian kawah las.

Bahan mencair membentuk kawah las yang kecil dan ujung elektroda mencair membentuk butir-butir cairan logam yang kemudian melebur bersama-sama ke dalam kawah las pada benda

²Sukaini, dkk. *Teknik Las SMAW 2*. (Jakarta : Kementerian Pendidikan & Kebudayaan Direktorat Jenderal Peningkatan Mutu Pendidik & Tenaga Kependidikan, 2013) h.1.

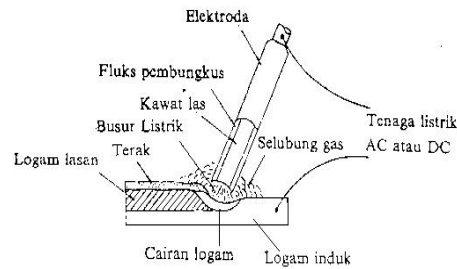
kerja. Dalam waktu yang sama salutan (flux) juga mencair, memberikan gas pelindung di sekeliling busur dan membentuk terak yang melindungi cairan logam dari kontaminasi udara luar. Kecepatan mencair dari elektroda ditentukan oleh arus listrik yang dipakai, sehingga besarnya arus listrik yang digunakan berbanding lurus dengan panas yang dihasilkan.³

Besar kecilnya amper las terutama tergantung pada besarnya diameter elektroda dan tipe elektroda. Kadang kala juga terpengaruh oleh jenis bahan yang dilas dan oleh posisi atau arah pengelasan. Biasanya, tiap pabrik pembuat elektroda mencantumkan tabel variabel penggunaan arus las yang disarankan pada bagian luar kemasan elektroda.⁴

Tidak hanya arus listrik atau besar kecilnya amper las saja yang mempengaruhi mencairnya elektroda. Posisi, ayunan dan kecepatan dari pengelasan pun sangat berpengaruh terhadap kecepatan mencair dari elektroda.

³Sani Riza. *Teknik Penyambungan Logam*. (Jakarta :Kementerian Pendidikan & Kebudayaan Direktorat Jenderal Peningkatan Mutu Pendidik & Tenaga Kependidikan, 2013) h.58.

⁴Sukaini. Dkk, Op.Cit., h. 30.



Gambar 2.1 Las SMAW⁵

2.2 Elektroda Terbungkus

Pengelasan dengan menggunakan las busur listrik memerlukan kawat las (elektroda) yang terdiri dari satu inti terbuat dari logam yang dilapisi lapisan dari campuran kimia. Fungsi dari elektroda sebagai pembangkit dan sebagai bahan tambah.

Proses pemindahan logam elektroda terjadi pada saat ujung elektroda mencair dan membentuk butir-butir yang terbawa oleh arus busur listrik yang terjadi. Bila digunakan arus listrik yang besar maka butiran logam cair yang terbawa menjadi halus, sebaliknya bila arusnya kecil maka butirannya menjadi besar.⁶

Hal yang kurang menguntungkan adalah busur listriknya kurang baik, sehingga butiran yang dihasilkan agak besar dibandingkan jenis lain. Dalam pelaksanaan pengelasan memerlukan juru las yang sudah berpengalaman. Sifat mampu las *flux* ini sangat baik maka biasa digunakan untuk konstruksi yang memerlukan tingkat pengaman tinggi.

⁵Wiryo Sumarto dan Okumura., *Op. Cit.* h.9.

⁶*Ibid*

Spesifikasi elektroda untuk baja karbon berdasarkan jenis dari lapisan elektroda (*flux*), jenis listrik yang digunakan, posisi pengelasan dan polaritas pengelasan terdapat tabel 2.1. dibawah ini:

Tabel 2.1. Spesifikasi Elektroda Terbungkus dari Baja Lunak⁷

Klasifikasi AWS-ASTM	Jenis Flux	Posisi* ¹ pengelasan	Jenis Listrik	Kekuatan tarik (kg/mm ²)	Kekuatan luluh (kg/mm ²)	Perpanjangan (%)
Kekuatan tarik terendah kelompok E 60 setelah dilaskan adalah 60.000 psi atau 42,2 kg/mm ²						
E6010.....	Natrium selulosa tinggi	F, V, OH, H	DC polaritas balik	43,6	35,2	22
E6011.....	Kalium selulosa tinggi	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas balik	43,6	35,2	22
E6012.....	Natrium titania tinggi	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas lurus	47,1	38,7	17
E6013.....	Kalium titania tinggi	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas ganda	47,1	38,7	17
E6020.....	Oksida besi tinggi	H-S F	AC atau DC polaritas lurus AC atau DC polaritas ganda	43,6	35,2	25
E6027.....	Serbuk besi, oksida besi	H-S F	AC atau DC polaritas lurus AC atau DC polaritas ganda	43,6	35,2	25
Kekuatan tarik terendah kelompok E70 setelah dilaskan adalah 70.00 psi atau 49,2 kg/mm ²						
E7014.....	Serbuk besi, titania	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas ganda			17
E7015.....	Natrium hidrogen rendah	F, V, OH, H	DC polaritas balik			22
E7016.....	Kalium hidrogen rendah	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas balik			22
E7018.....	Serbuk besi, hidrogen rendah	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas balik	50,6	42,2	22
E7024.....	Serbuk besi, titania	H-S, F	AC atau DC polaritas ganda			17
E7028.....	Serbuk besi, hidrogen rendah	H-S, F	AC atau DC polaritas balik			22

⁷Wiryosumarto dan Okumura., *Op.Cit.* h.14.

Berdasarkan jenis elektroda dan diameter kawat inti elektroda dapat ditentukan arus dalam ampere dari mesin las seperti pada tabel 2.2. dibawah ini:

Tabel 2.2. Spesifikasi Arus Menurut Tipe Elektroda dan Diameter dari Elektroda.⁸

Diameter		Tipe elektroda dan ampere yang digunakan					
Mm	Inch	E 6010	E 6013	E 7018	E 7024	E 7027	E 7028
2,5	3/32	-	60-110	70-100	70-145	-	-
3,2	1/8	80-120	80-140	115-165	140-190	125-185	140-190
4	3/32	120-160	120-190	150-220	180-250	160-240	180-250
5	3/16	150-200	200-275	200-275	230-305	210-300	230-250
5,5	7/32	-	260-340	360-430	275-375	250-350	275-365
6,3	1/4	-	330-415	315-400	335-430	300-420	335-430
8	5/16	-	90-500	375-470	-	-	-

Standarisasi elektroda, baik dalam JIS maupun dalam ASTM didasarkan pada jenis flux, posisi pengelasan dan arus las Walaupun dalam memberikan simbol agak berbeda antara kedua sistem standar tersebut, tetapi pada dasarnya adalah sama.⁹

E6013 adalah suatu jenis elektroda yang mempunyai spesifikasi tertentu. Dalam penelitian ini yang dimaksud dengan E6013 adalah :

⁸Sukaini dkk., *Op.Cit.*, h.30

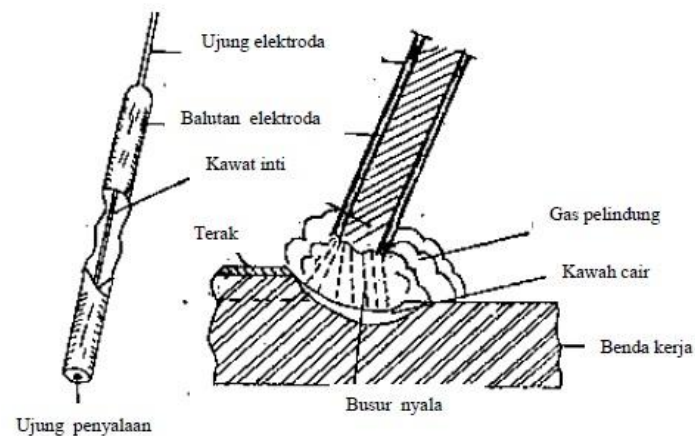
⁹Wirjosumarto dan Okumura.,*Op.Cit.* h.13.

E : Elektroda las listrik.

60 : Tegangan tarik minimum dari hasil pengelasan (60.000 Psi) atau 414 MPa.

1: Posisi pengelasan (angka 1 berarti dapat dipakai dalam semua posisi pengelasan).

3 : Menunjukkan jenis selaput serbuk besi hidrogen rendah dan interval arus las yang cocok untuk pengelasan



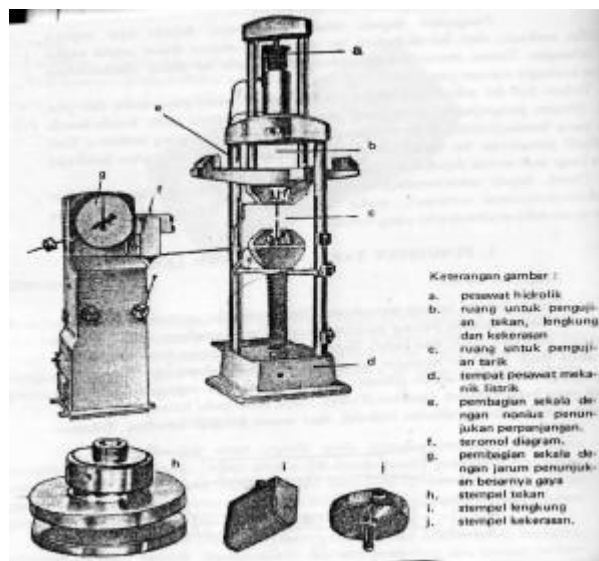
Gambar 2.2 Elektroda terbungkus

2.3 Pengujian 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 di las dengan cara yang sama dengan proses

pengelasan yang akan digunakan sampai terjadi kerusakan pada model konstruksi atau batang uji.¹⁰

Proses pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik benda uji. Pengujian tarik untuk kekuatan tarik daerah las dimaksudkan untuk mengetahui apakah kekuatan las mempunyai nilai yang sama, lebih rendah atau lebih tinggi dari kelompok *raw materials*. Pengujian tarik untuk kualitas kekuatan tarik dimaksudkan untuk mengetahui berapa nilai kekuatannya dan dimanakah letak putusnya suatu sambungan las. Pembebanan tarik adalah pembebanan yang diberikan pada benda dengan memberikan gaya tarik berlawanan arah pada salah satu ujung benda.



Gambar 2.3 Alat Uji Tarik

¹⁰Wiryosumarto dan Okumura., *Op.Cit.*, h.361

Penarikan gaya terhadap beban akan mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (deformasi) bahan tersebut. Proses terjadinya deformasi pada bahan uji adalah proses pergeseran butiran kristal logam yang mengakibatkan melemahnya gaya elektromagnetik setiap atom logam hingga terlepas ikatan tersebut oleh penarikan gaya maksimum.

Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinu dan pelan-pelan bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji dan dihasilkan kurva tegangan-regangan.

Dalam pengujiannya spesimen uji tersebut diberikan beban secara bertahap hingga spesimen uji patah, yang kemudian dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \text{¹¹} \quad 2.1$$

Keterangan:

σ = Tegangan Tarik (kg/mm²)

F = Beban (kg)

A₀ = Luas mula dari penampang batang uji (mm²)

$$\varepsilon = \frac{L-L_0}{L_0} \quad 2.2$$

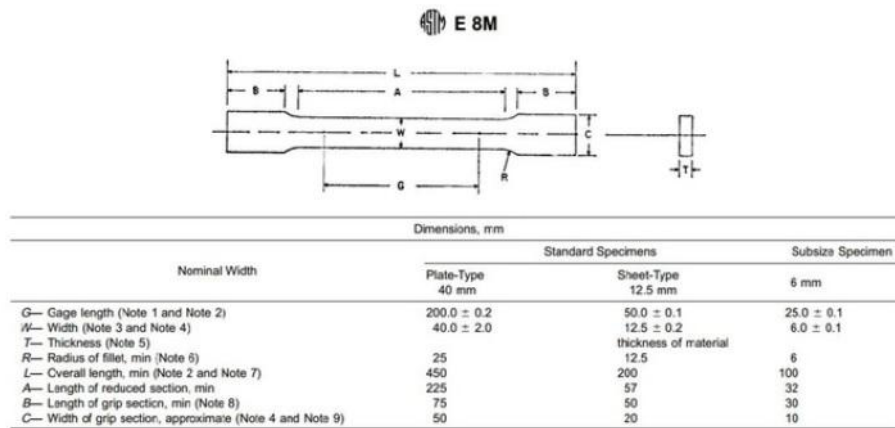
Keterangan :

¹¹Wiryosumarto dan Okumura., *Op. Cit.* h.181.

ε = Regangan

L_0 = Panjang mula dari batang uji

L = Panjang batang uji yang dibeban



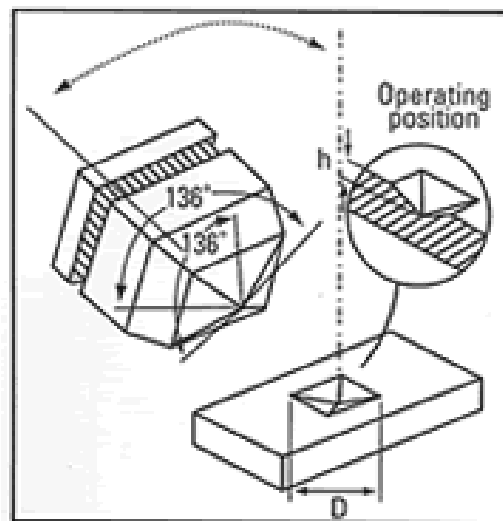
Gambar 2.4 ASTM E 8

2.4 Pengujian Kekerasan *Vickers*

Proses pengujian logam kekerasan logam dapat diartikan sebagai kemampuan suatu bahan terhadap pembebanan dalam perubahan yang tetap. Harga kekerasan bahan tersebut dapat dianalisis dari besarnya pembebanan yang diberikan terhadap luasan bidang yang menerima pembebanan.

Pengujian kekerasan logam ini secara garis besar ada 3 jenis yaitu cara goresan, penekanan, cara dinamik. Proses pengujian yang mudah dan cepat dalam memperoleh angka kekerasan yaitu penekanan. Penentuan kekerasan penekanan ada 3 cara yaitu *Brinell*, *Vickers*, dan *Rockwell*. Pada penelitian ini digunakan cara mikro *Vickers* dengan

menggunakan penekan berbentuk piramida intan. Besar sudut antara permukaan piramida yang saling berhadapan 136° . pada pengujian ini bahan ditekan dengan gaya tertentu dan terjadi cetakan pada bahan uji dari intan. Pengujian ini sering dinamakan uji kekerasan piramida intan, karena menggunakan bentuk piramida intan.



Gambar 2.5 Identor *Vickers*

Untuk pengujian kekerasan menggunakan metode *Vickers* penekan yang digunakan adalah intan berbentuk piramida yang diberi beban 1 – 120 kg, tergantung pada kekerasan dan ketebalan benda. Jarak diukur dan dengan rumus tertentu dapat dihitung nilai kekerasan *Vickers*.¹²

Angka kekerasan *Vickers* (HV) adalah koefisien dari beban uji (F) dengan luas permukaan pada bagian yang ditekan oleh identor (A) yang dikalikan oleh $\sin(136^{\circ}/2)$.

¹²B. H. Amstead dkk., *Teknologi Mekanik* (Jakarta : Erlangga, 1997) h. 30

Dibawah ini adalah rumus untuk menentukan besarnya nilai kekerasan dengan metode *Vickers* :

$$HV = \frac{F}{A} \times \sin \frac{136^{\circ}13}{2} \quad 2.7$$

$$HV = \frac{F \cdot \sin 136^{\circ}/2}{d^2/2} \quad 2.8$$

$$HV = 1,854 \frac{F}{d^2} \quad 2.9$$

Keterangan :

HV = Angka Kekerasan Vickers

F = Beban (kgf)

D = Diagonal (mm)

2.5 Struktur Mikro

Struktur mikro merupakan struktur yang dapat diamati dibawah mikroskop optik. Meskipun dapat pula diartikan sebagai hasil dari pengamatan menggunakan scanning electron microscope (SEM). Mikroskop optik dapat memperbesar struktur hingga 1500 kali.

Untuk dapat mengamati struktur mikro sebuah material oleh mikroskop optik, maka harus dilakukan tahapan-tahapan sebagai berikut :

1. Melakukan pemolesan secara bertahap hingga lebih halus dari 0,5 mikron. Proses ini biasanya dilakukan dengan menggunakan ampelas secara bertahap dimulai dengan grid yang kecil (100) hingga grid yang besar (2000). Dilanjutkan dengan pemolesan oleh mesin poles dibantu dengan larutan pemoles.

¹³*Ibid.*, 30.



Gambar 2.6 Mesin Poles



Gambar 2.7 Larutan Pemoles

2. Etsa dilakukan setelah memperluas struktur mikro. Etsa adalah membilas atau mencelupkan permukaan material yang akan diamati ke dalam sebuah larutan kimia yang dibuat sesuai kandungan paduan logamnya. Hal ini dilakukan untuk memunculkan fasa-fasa yang ada dalam struktur mikro.



Gambar 2.8 Mikroskop Struktur

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian adalah suatu cara yang digunakan dalam penelitian, sehingga pelaksanaan dan hasil penelitian bisa untuk dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

Eksperimen dilaksanakan di laboratorium dengan kondisi dan peralatan yang memadai guna memperoleh data tentang perbandingan hasil pengelasan SMAW dengan menggunakan beberapa jenis elektroda.

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

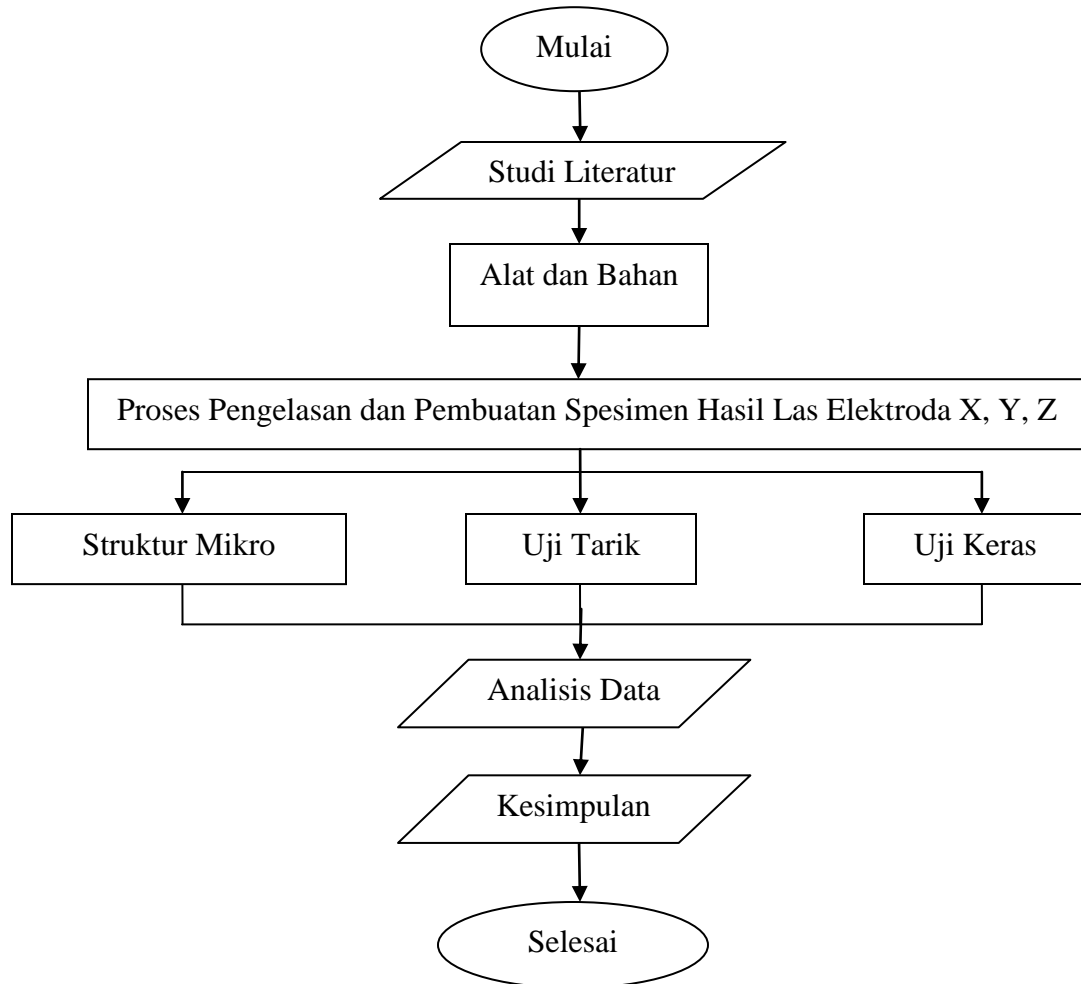
Penelitian dilakukan mulai pada bulan Juni hingga Desember 2017.

Adapun pelaksanaannya adalah sebagai berikut :

1. Proses pengelasan hingga pembentukan specimen uji dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta.
2. Struktur Mikro dan Pengujian Kekerasan dilakukan di laboratorium Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta
3. Pengujian Tarik dilakukan di Unit Industri Bahan dan Barang Teknik Cempaka Putih.

3.2 Prosedur Penelitian

Alir kerja penelitian adalah gambaran umum untuk memandu penulis dalam melakukan penelitian. Alir kerja yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1 Diagram Alir Kerja Penelitian

3.3 Uraian Prosedur Penelitian

3.3.1 Persiapan Bahan Dan Alat

Uraian prosedur penelitian harus mengikuti rencana yang sudah terbentuk pada diagram alir penelitian. Hal-hal paling awal yang harus dilakukan ialah mempersiapkan bahan dan alat. Adapun peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah, sebagai berikut :

Tabel 3.1 Alat dan Bahan Penelitian

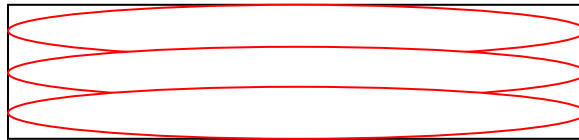
Bahan	Alat
- Baja Karbon Rendah (200mm x 35 mm x 7 mm)	- Mesin Las SMAW
- Elektroda (X, Y, Z)	- Mesin <i>Surface Grinding</i>
- Resin + Hardener	- Mesin Poles Otomatis
- HNO ₃	- Mikroskop Struktur
- Alkohol	- Mesin Uji Tarik
	- Mesin Uji Keras <i>Vickers</i>
	- Gerinda Tangan
	- Kikir
	- Palu Las
	- Sikat Kawat
	- Amplas
	- Gergaji
	- Amplas

3.3.2 Pemotongan Plat Sebagai Landasan Pengelasan / *Base Metal*

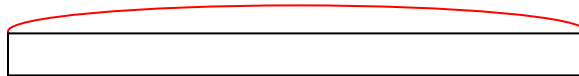
Setelah alat dan bahan sudah lengkap, langkah pertama yang dilakukan adalah memotong plat panjang dengan ketebalan 7mm menjadi 12 buah dengan ukuran (200 mm x 35 mm x 7 mm) sebagai landasan pengelasan.

3.3.3 Pengelasan Dengan Teknik Penebalan Permukaan

Setelah plat untuk landasan pengelasan selesai, langkah selanjutnya adalah pengelasan dengan teknik penebalan permukaan. Proses penebalan permukaan ini dilakukan sebanyak 6 layer. Sketsa proses pengelasan untuk setiap layer adalah seperti berikut :

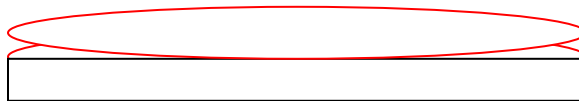


Gambar 3.2 Sketsa Tampak Atas Layer Pertama.

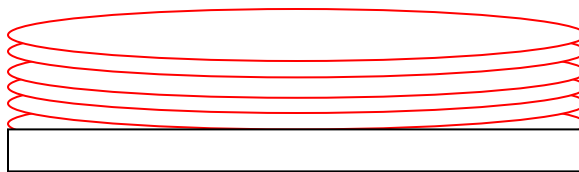


Gambar 3.3 Sketsa Tampak Samping Layer Pertama.

Diatas adalah pengelasan penebalan permukaan layer pertama. Proses seperti ini dilakukan sampai 6 layer. Prosesnya pun sama dengan proses yang pengelasan pada layer pertama.



Gambar 3.4 Sketsa Tampak Samping Layer Kedua.



Gambar 3.5 Sketsa Tampak Samping Layer Keenam.

Keterangan Sketsa : 1. Kotak Hitam adalah *Base Metal*.

2. Oval Merah adalah *Weld Metal*.

Pada sketsa diatas, cara melakukan las penebalan dari layer 1 hingga layer 6 dilakukan dengan cara yang sama, pengelasan yang digunakan adalah SMAW (mesin las AC) dengan posisi 1G dan ayunan spiral (berputar) dengan kecepatan pengelasan ± 6 detik/cm². Hanya saja terdapat perbedaan pada amper yang digunakan. Untuk layer pertama hingga layer ketiga menggunakan arus listrik 80 amper. Untuk layer keempat hingga kelima menggunakan arus listrik 90 amper. Dan layer keenam menggunakan arus listrik 100 amper.

Hasil pengelasan penebalan permukaan ini dilakukan hingga ketebalan lasan 10mm, seperti gambar dibawah ini:



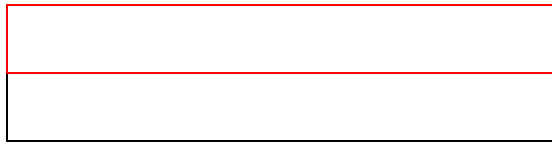
Gambar 3.6 Hasil Las Penebalan Permukaan. (bagian atas)



Gambar 3.7 Hasil Las Penebalan Permukaan (bagian samping)

3.3.4 Memisahkan *Base Metal* dengan *Weld Metal* Serta Menghaluskan Permukaan *Weld Metal*

Setelah mengerjakan spesimen hasil las dengan ketebalan las 10 mm sebanyak 12 spesimen (ada 3 sampel elektroda berbeda, jadi setiap macam sampel elektroda dibuat menjadi 4 spesimen, total 12 spesimen), proses yang akan dilakukan selanjutnya adalah meratakan permukaan hasil lasan dengan menggunakan alat *Surface Grinding* dan membuang plat dengan tebal 7 mm yang menjadi *base* atau landasan untuk pengelasan. Jadi, yang tersisa hanyalah hasil las setebal 10 mm yang selanjutnya akan dibentuk menjadi spesimen uji tarik, uji impak, dan uji keras. Untuk lebih jelasnya dapat melihat sketsa dibawah ini :



Gambar 3.8 *Weld Metal* yang belum dipisah dari *Base Metal*



Gambar 3.9 *Weld Metal* yang sudah terpisah dari *Base Metal*

- Keterangan :
1. Kotak berwarna merah adalah *Weld Metal*.
 2. Kotak berwarna hitam adalah *Base Metal*.

Untuk gambar hasil lasan yang bagian permukaannya sudah dihaluskan dan dipisahkan dengan *Base Metal* bisa dilihat pada gambar dibawah :



Gambar 3.10 Hasil Las yang Sudah Terpisah dari *Base Metal* dan Telah Dihaluskan Permukaannya.

3.3.5 Pemisahan *Weld Metal* Untuk Dibentuk Menjadi Spesimen Uji

Setelah *Weld Metal* dipisahkan dari *base metal* dan diratakan permukaannya, dari 12 hasil lasan tadi 9 buah (masing – masing 3 dari tiap sampel elektroda) dibentuk menjadi spesimen uji tarik, dan 3 buah (masing – masing 1 dari tiap sampel elektroda) lainnya akan dijadikan spesimen uji keras dan struktur mikro.

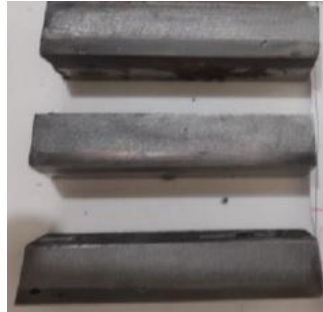
3.3.6 Pembuatan Spesimen Uji Tarik (ASTM E 8)

Weld Metal yang sudah dipisah dari *Base Metal* yang berukuran 200 mm x 35 mm x 10 mm sebanyak 9 buah dibentuk menjadi spesimen uji tarik sesuai dengan standar ASTM E 8 menggunakan gerinda tangan.

3.3.7 Pembuatan Spesimen Struktur Mikro

Weld Metal yang akan digunakan sebagai uji keras sebelumnya dijadikan spesimen untuk struktur mikro terlebih dahulu. ukuran yang digunakan ialah 50 mm x 20 mm x 10 mm dengan total 3 spesimen. Setelah dipotong, permukaan dihaluskan dengan menggunakan bantuan mesin poles otomatis. Penggunaan amplas pada mesin poles pun bertahap, dari amplas nomor 80 (kasar) hingga amplas nomor 1200 (sangat halus) yang dibantu dengan menggunakan Larutan Poles agar bisa halus dan mengkilap. Bila sudah halus dan mengkilap maka selanjutnya spesimen di etsa dengan menggunakan larutan asam dengan perbandingan campuran HNO₃ 4 ml + Alkohol 96 ml dan dalam waktu 25 detik. Setelah 25 detik

dicelup, spesimen langsung dicuci dengan air dan setelah itu dikeringkan dengan hairdryer sampai benar benar kering. Setelah semua dilakukan, maka hal selanjutnya adalah melihat struktur mikro.



Gambar 3.11 Spesimen untuk struktur mikro

3.3.8 Pembuatan Spesimen Uji Keras

Untuk spesimen uji keras, yang digunakan ialah spesimen uji yang belum dibentuk seperti gambar dibawah ini.

3.3.9 Mounting Elektroda

Elektroda sisa pengelasan di potong sekitar 5cm dan dimasukkan kedalam gelas plastik yang nantinya akan dimounting menggunakan resin. Setelah resin keras (kira-kira 1 hari) permukaannya di gerinda hingga permukaan elektroda rata.



Gambar 3.12 Mounting Elektroda

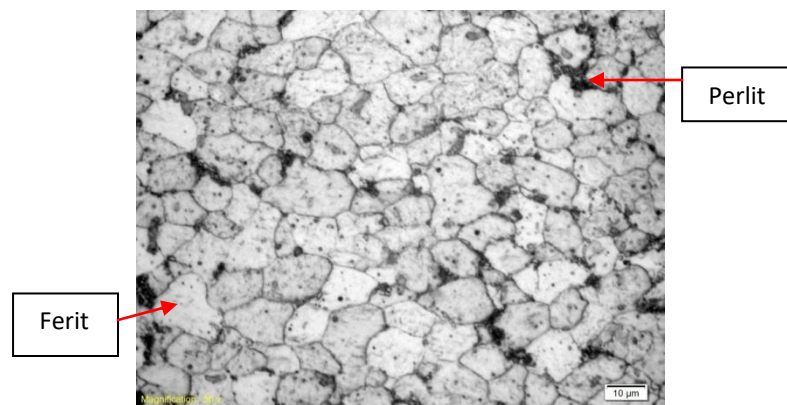
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Struktur Mikro

Jumlah spesimen yang digunakan untuk dilihat struktur mikro dalam penelitian ini berjumlah 3 spesimen. 3 spesimen ini terbagi tiga, yaitu : spesimen dari sampel elektroda X sebanyak 1 buah, dari sampel elektroda Y sebanyak 1 buah, dan dari sampel elektroda Z sebanyak 1.

1. Hasil Struktur Mikro Elektroda X



Gambar 4.1 Struktur Mikro Spesimen X

Terlihat pada hasil struktur mikro pada elektroda X terbentuk fasa ferit dan perlit yang menunjukkan bahwa *Weld Metal* dari hasil pengelasan dengan Elektroda AWS A.51 E6013 ini adalah Baja Karbon Sedang.

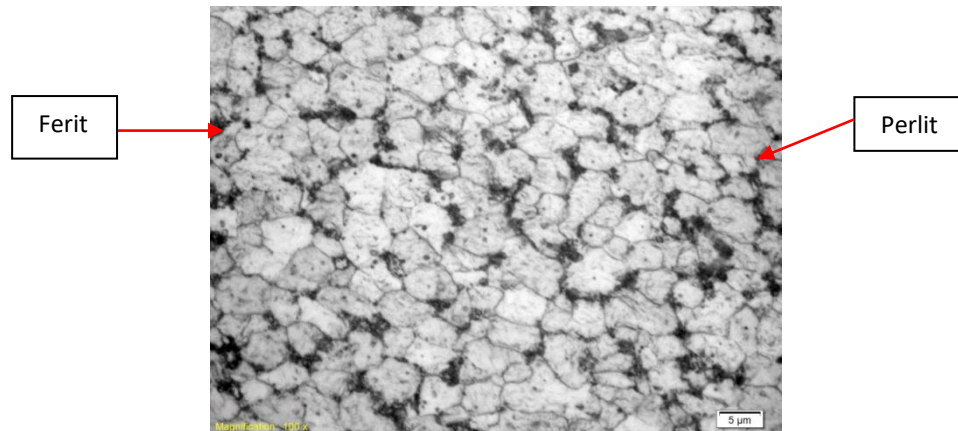
2. Hasil Struktur Mikro Elektroda Y



Gambar 4.2 Struktur Mikro Spesimen Y

Terlihat pada hasil struktur mikro pada elektroda Y terbentuk fasa ferit dan perlit yang menunjukkan bahwa *Weld Metal* dari hasil pengelasan dengan Elektroda AWS A.51 E6013 ini adalah Baja Karbon Sedang.

3. Hasil Struktur Mikro Elektroda Z



Gambar 4.3 Hasil Struktur Mikro Sample Z

Terlihat pada hasil struktur mikro pada elektroda Z terbentuk fasa ferit dan perlit yang menunjukkan bahwa *Weld Metal* dari hasil pengelasan dengan Elektroda AWS A.51 E6013 ini adalah Baja Karbon Sedang.

4.1.1 Analisa Hasil Struktur Mikro

Setelah dilihat dari pengujian fisis dengan menggunakan mikro struktur, maka terlihat disini bahwa elektroda Z memiliki kadar Perlit paling banyak. Untuk analisa lebih lengkapnya akan dibahas setelah pengujian tarik dan pengujian keras.

4.2 Hasil Pengujian Tarik

Jumlah spesimen yang diuji tarik dalam penelitian ini berjumlah 9 spesimen. 9 spesimen ini terbagi tiga, yaitu : spesimen dari sampel elektroda X sebanyak 3 buah, dari sampel elektroda Y sebanyak 3 buah, dan dari sampel elektroda Z sebanyak 3 buah yang mengacu pada standar ASTM E 8.

4.2.1 Spesimen Uji Tarik

Dengan adanya variasi elektroda sebanyak 3 sampel, diharapkan hasil sifat mekanik dari pengujian tarik ini bisa membuktikan apakah semua elektroda dengan kode E6013 memiliki kesamaan dalam kekuatan tariknya atau tidak.

1. Spesimen Uji Tarik Sampel Elektroda X

Spesimen uji tarik dibawah ini adalah spesimen uji tarik yang menggunakan sampel elektroda X.



Gambar 4.4 Spesimen Uji Tarik Sampel Elektroda X

2. Spesimen Uji Tarik Sampel Elektroda Y

Spesimen uji tarik dibawah ini adalah spesimen uji tarik yang menggunakan sampel elektroda Y.



Gambar 4.5 Spesimen Uji Tarik Sampel Elektroda Y

3. Spesimen Uji Tarik Sampel Elektroda Z

Spesimen uji tarik dibawah ini adalah spesimen uji tarik yang menggunakan sampel elektroda Z.



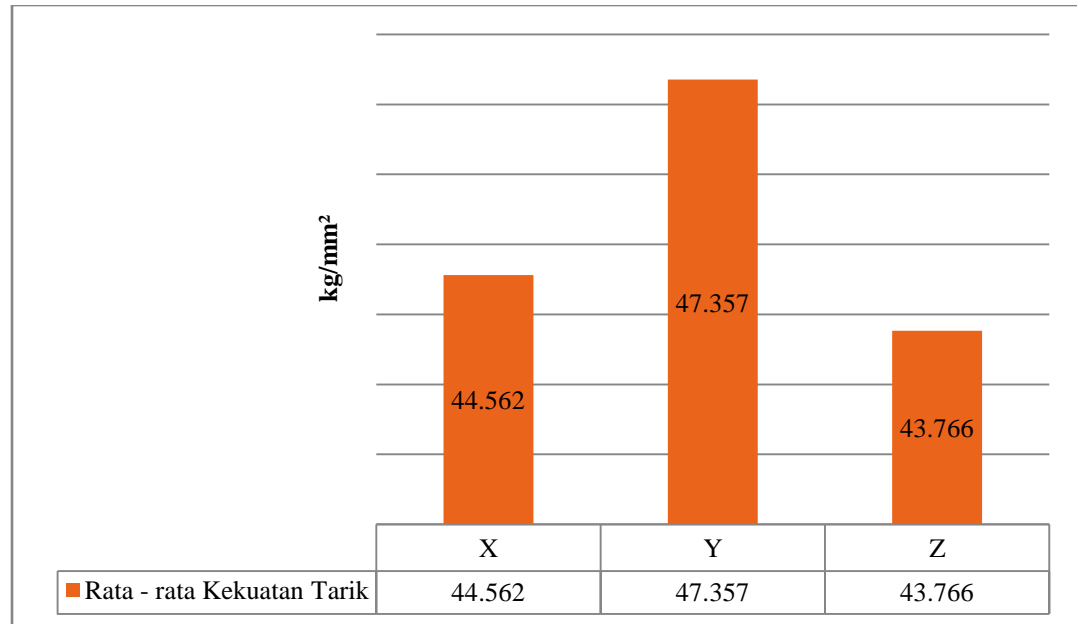
Gambar 4.6 Spesimen Uji Tarik Sampel Elektroda Z

4.2.2 Analisa Kekuatan Tarik

Kekuatan mekanik yang terdapat pada tiap material dapat dilihat dari variabel – variabel pengujian yang telah dilakukan. Uji tarik adalah salah satu pengujian mekanik yang sering dilakukan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kekuatan tarik *Weld Metal* dari elektroda E6013. Adapun hasil pengujian kekuatan tarik seperti pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Tarik

No	Sampel Elektroda	Spesimen	Maximum Load (Kg)	Tensile Strength (Kg/mm ²)	Rata-Rata Tensile Strength (Kg/mm ²)
1	X	X1	5101,0	46,721	44,562
		X2	4839,6	43,107	
		X3	4736,6	43,858	
2	Y	Y1	5560,4	46,375	47,357
		Y2	5544,6	47,108	
		Y3	5718,8	48,588	
3	Z	Z1	4570,3	42,318	43,766
		Z2	4514,9	42,593	
		Z3	4966,3	46,388	



Grafik 4.1 Grafik Rata – Rata Pengujian Tarik

Dari grafik diatas bisa disimpulkan bahwa sampel elektroda Y lah yang memiliki kekuatan tarik paling kuat. Perbedaan antara rata-rata kekuatan tarik antara sampel X, Y, dan Z memang tidak jauh, tetapi terlihat perbedaan disini. Sampel elektroda Y memiliki kekuatan tarik terkuat dengan angka 47,357 kg/mm² yang setara dengan 67.357,5 Psi yang berada diatas standar dari elektroda E6013 sebesar 60.000 Psi atau 42 kg/mm² (yang dijelaskan pada angka “60” dalam spesifikasi elektroda “E6013”).

4.2 Hasil Pengujian Keras

Jumlah spesimen yang diuji keras dalam penelitian ini berjumlah 3 spesimen dan menggunakan 5 titik penekanan pada bagian permukaan tiap spesimen untuk mengetahui tingkat kekerasan spesimen. spesimen ini terbagi tiga, yaitu : spesimen dari sampel elektroda X sebanyak 1 buah,

dari sampel elektroda Y sebanyak 1 buah, dan dari sampel elektroda Z sebanyak 1 buah. Tetapi sebelum spesimen hasil las diuji keras, langkah pertama yang dilakukan adalah uji elektroda yang belum melalui proses pengelasan yang sudah dimounting menggunakan resin.

4.2.1 Spesimen Uji Keras

Dengan adanya variasi elektroda sebanyak 3 sampel, diharapkan hasil sifat mekanik dari pengujian kekerasan ini bisa membuktikan apakah semua elektroda dengan kode E6013 memiliki kesamaan dalam tingkat kekerasan atau tidak.

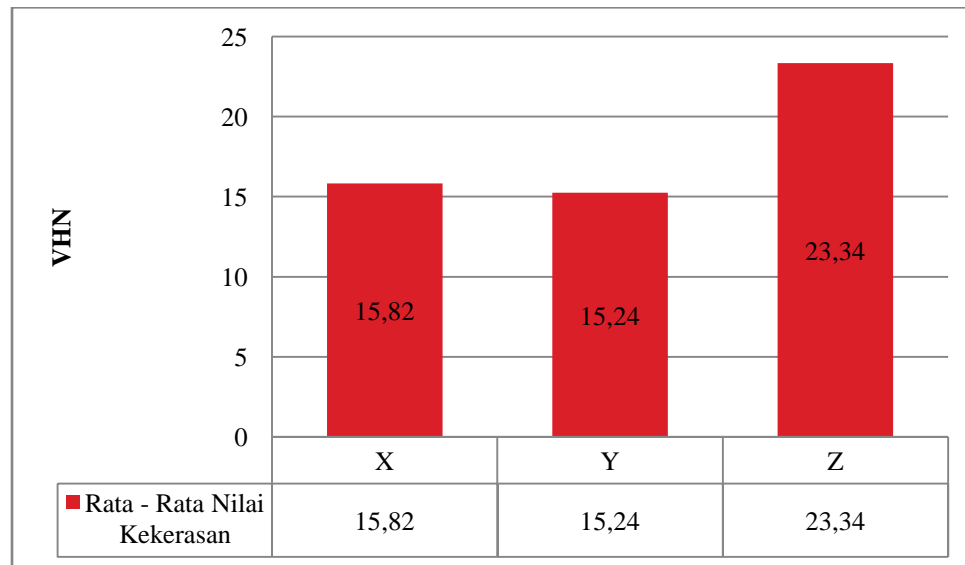
4.2.2 Nilai Kekerasan

Kekuatan mekanik yang terdapat pada tiap material dapat dilihat dari variabel – variabel pengujian yang telah dilakukan. Uji keras adalah salah satu pengujian mekanik yang sering dilakukan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar nilai kekerasan elektroda sebelum melalui proses pengelasan dan *Weld Metal* dari elektroda E6013.

Adapun hasil pengujian kekuatan keras seperti pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.2 Nilai Kekerasan Elektroda

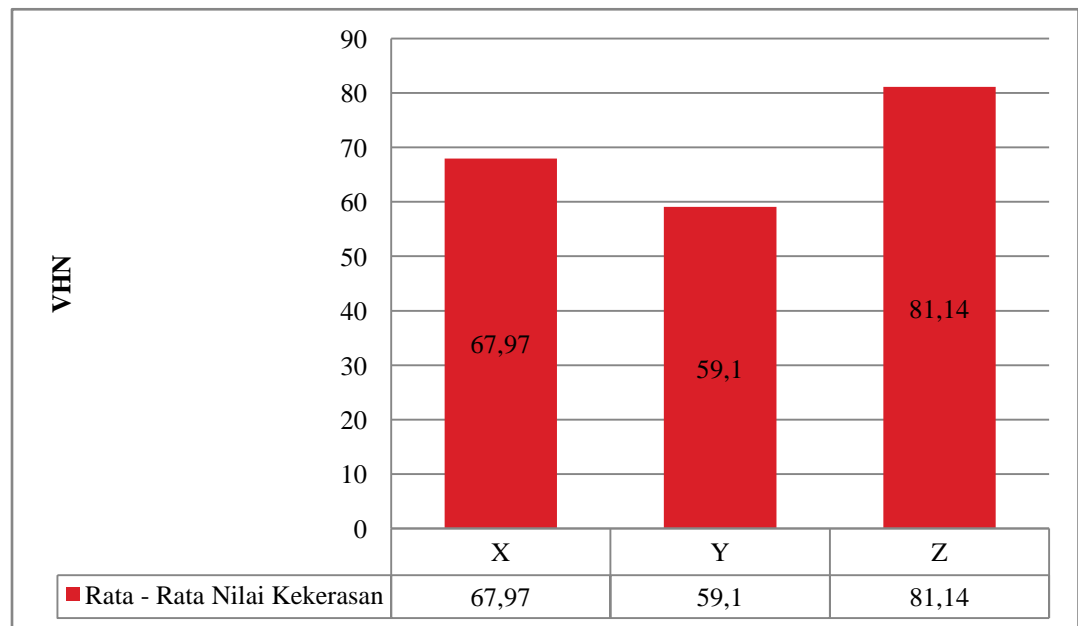
No	Sampel Elektroda	Nilai Kekerasan (VHN)	Rata-rata (VHN)
1	X	13,9	15,82
		15,2	
		17,3	
		15,4	
		17,3	
2	Y	14,1	15,24
		14,4	
		17,4	
		14,8	
		15,5	
3	Z	25,8	23,34
		25,3	
		22,5	
		23,1	
		20,0	



Grafik 4.2 Grafik Rata – Rata Pengujian Kekerasan Elektroda

Tabel 4.3 Nilai Kekerasan Hasil Las

No	Sampel Elektroda	Nilai Kekerasan (VHN)	Rata-rata (VHN)
1	X	82,7	81,4
		84,6	
		85,7	
		85,4	
		83,0	
2	Y	65,5	67.97
		64,9	
		66,7	
		66,1	
		66,8	
3	Z	60,4	59.1
		60,0	
		59,5	
		58,8	
		58,1	



Grafik 4.3 Grafik Rata – Rata Pengujian Kekerasan Hasil Las

Dari grafik diatas bisa disimpulkan bahwa sampel elektroda Z yang memiliki nilai kekerasan paling tinggi. Terbukti bahwa ada perbedaan tingkat kekerasan sebelum dan sesudah dilakukan proses pengelasan. Hasil uji tarik dan uji keras pun berbanding terbalik, dimana Y yang paling tinggi nilai tariknya.

4.4 Analisa Hasil Keseluruhan

Dari hasil pengujian fisis dan pengujian mekanis (uji tarik dan uji keras), elektroda X memiliki hasil paling optimum diantara elektroda lainnya. Pada hasil struktur mikro, elektroda Y memiliki kadar perlit yang paling banyak dan terbukti pada uji keras bahwa nilai kekerasan dari Y adalah yang paling tinggi diantara elektroda lain. Sedangkan hasil struktur mikro elektroda Z memiliki kadar perlit paling rendah dan memiliki nilai kekuatan tarik paling tinggi.

Jadi elektroda yang paling optimum diantara ketiga elektroda tersebut adalah elektroda X karena memiliki kekuatan tarik dan kekerasan yang stabil diantara 2 lainnya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari proses pengelasan SMAW dengan teknik pengelasan penebalan permukaan sebanyak 9 spesimen yang terbagi menjadi spesimen untuk struktur mikro, uji tarik, dan uji kekerasan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil struktur mikro, elektroda Z memiliki kadar Perlit paling banyak. Dengan kata lain kandungan karbon dalam spesimen Z lebih banyak dibanding X dan Y.
2. Kekuatan tarik yang nilainya paling tinggi didapat oleh pengujian tarik pada spesimen sampel elektroda Y yang memiliki nilai kekuatan tarik sebesar 47.357 kg/mm². sedangkan kekuatan tarik yang nilainya paling rendah didapat oleh pengujian tarik pada spesimen sampel elektroda Z yang memiliki nilai kekuatan tarik sebesar 43.766 kg/mm².
3. Nilai kekerasan yang paling tinggi didapat oleh pengujian kekerasan pada spesimen sampel elektroda Z yang memiliki nilai kekerasan sebelum melakukan proses pengelasan sebesar 23,34 VHN. Sedangkan nilai kekerasannya setelah mengalami proses pengelasan ialah sebesar 81,14 VHN.

4. Nilai kekuatan tarik dan kekerasan permukaan yang paling optimum dimiliki oleh elektroda X, dan hasil uji tarik dan uji keras berbanding terbalik. karena semakin keras material maka semakin getas material tersebut. Maka dari itu, kekuatan tarik dan kekerasan berbanding terbalik.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk menggali lebih dalam fenomena yang ada dari perbandingan produk komersial yang ada dipasaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Amstead, B. H. dkk., Teknologi Mekanik, Jakarta : Erlangga. 1997.
- Koswara, Engkos, dan Hardi Sudjana. Pengujian Logam, Bandung : Humaniora Utama Press. 1999.
- Riza, Sani. Teknik Penyambungan Logam, Jakarta :Kementerian Pendidikan & Kebudayaan Direktorat Jenderal Peningkatan Mutu Pendidik & Tenaga Kependidikan. 2013.
- Sukaini, dkk .Teknik Las SMAW 2, Jakarta : Kementerian Pendidikan & Kebudayaan Direktorat Jenderal Peningkatan Mutu Pendidik & Tenaga Kependidikan. 2013.
- Supardi, Edih. dkk. Pengujian Logam, Bandung : Angkasa, 1996.
- Wirjosumarto, Harsono dan Okumura. Teknologi Pengelasan Logam, Cet. 8.Jakarta:Pradnya Paramadina. 2000.

LAMPIRAN

Lampiran 1 (Hasil Uji Tarik Sampel Elektroda X1)

UNIT INDUSTRI BAHAN DAN BARANG TEKNIK (UIB2T) JAKARTA
DINAS PERINDUSTRIAN DAN ENERGI DKI JAKARTA
 Jl. Let Jen Suprpto - Cempaka Putih Telp. (021) 4209179

No. Rekaman Uji : E6013
 No. SPP : X1
 Tanggal Pengujian : 15-Desember-2017

Yield point	Yield Strength	Max Load	Tensile Strength	Elongation	Ratio
4095.05 (Kg)	37.507 (Kg/mm ²)	5101.0 (Kg)	46.721 (Kg/mm ²)	24.094 (%)	1.246 (%)

Penanggung Jawab :	Disaksikan Oleh :	Pelaksana :
 Bangun H.W.		 WOPA SAHM

Lampiran 2 (Hasil Uji Tarik Sampel Elektroda X2)

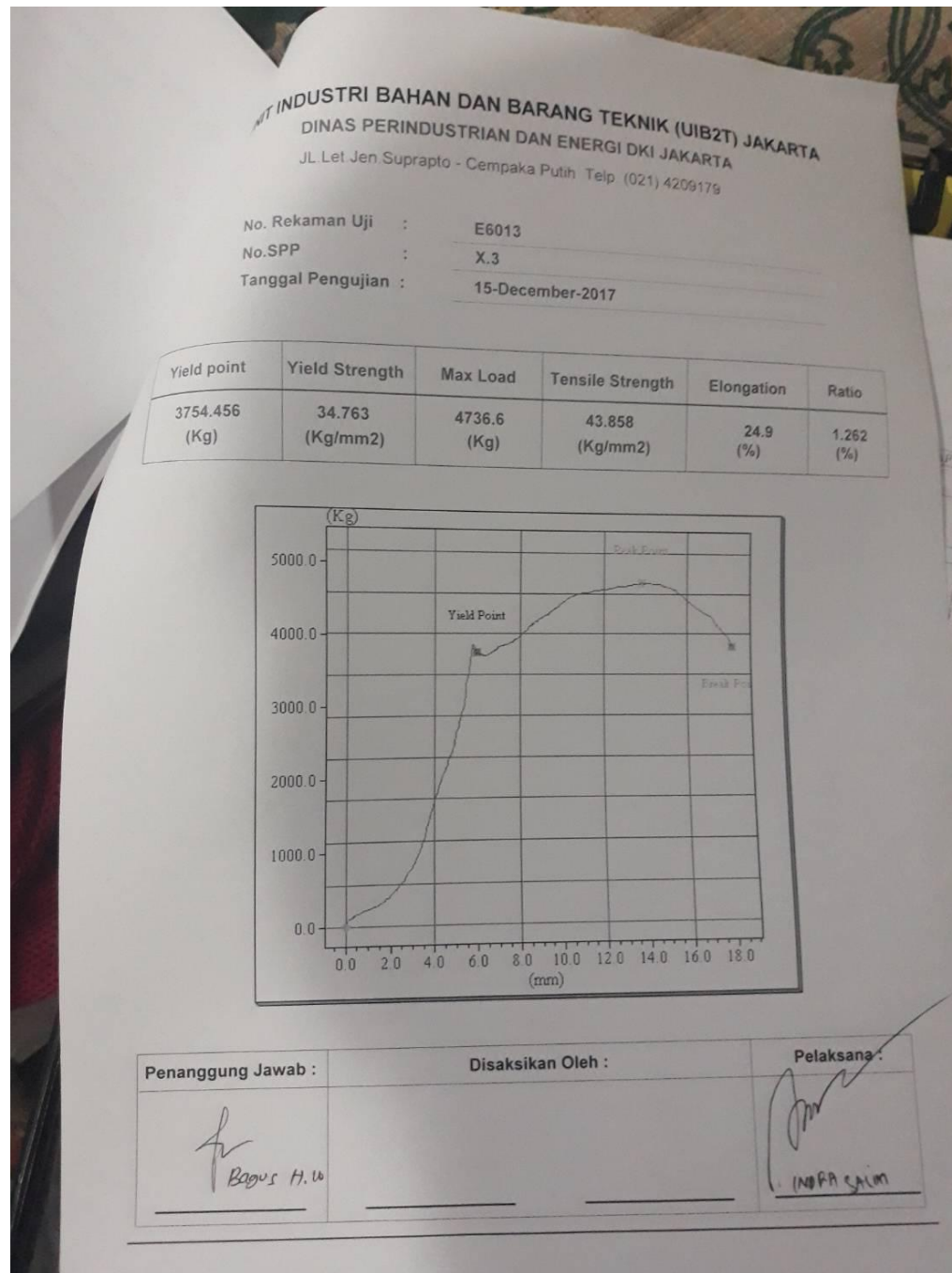
UNIT INDUSTRI BAHAN DAN BARANG TEKNIK (UIB2T) JAKARTA
DINAS PERINDUSTRIAN DAN ENERGI DKI JAKARTA
 JL. Let Jen Suprpto - Cempaka Putih Telp. (021) 4209179

No. Rekaman Uji : E6013
 No.SPP : X2
 Tanggal Pengujian : 15-December-2017

Yield point	Yield Strength	Max Load	Tensile Strength	Elongation	Ratio
3770.297 (Kg)	33.582 (Kg/mm ²)	4839.6 (Kg)	43.107 (Kg/mm ²)	26.719 (%)	1.284 (%)

Penanggung Jawab :	Disaksikan Oleh :	Pelaksana :
 Ragus H.W.		 INDAH SALIM

Lampiran 3 (Hasil Uji Tarik Sampel Elektroda X3)



Lampiran 4 (Hasil Uji Tarik Sampel Elektroda Y1)

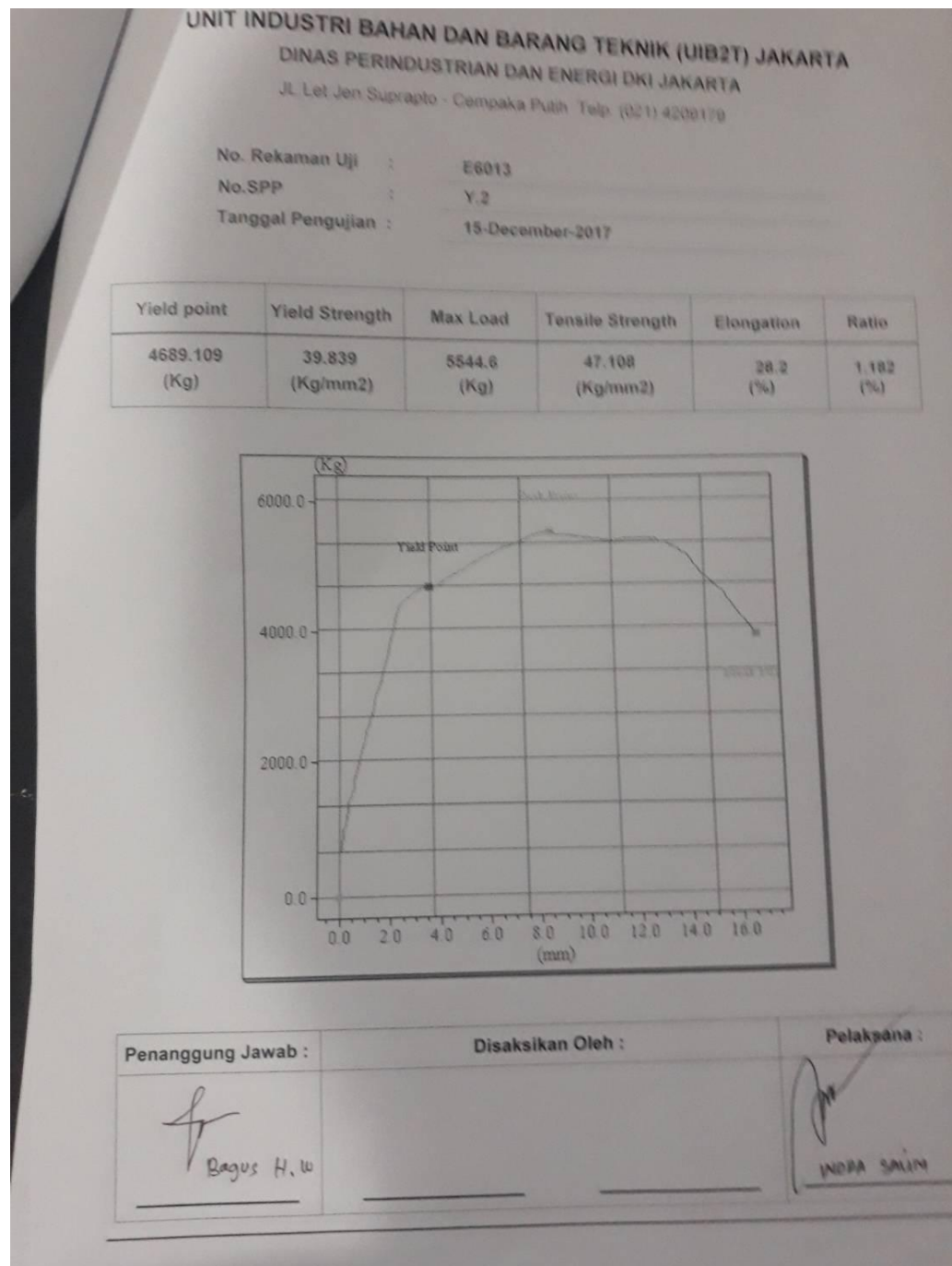
UNIT INDUSTRI BAHAN DAN BARANG TEKNIK (UIB2T) JAKARTA
DINAS PERINDUSTRIAN DAN ENERGI DKI JAKARTA
 JL. Let. Jen. Suprpto - Cempaka Putih Telp. (021) 4209179

No. Rekaman Uji : E6013
 No.SPP : Y.1
 Tanggal Pengujian : 15-December-2017

Yield point	Yield Strength	Max Load	Tensile Strength	Elongation	Ratio
4388.119 (Kg)	36.598 (Kg/mm ²)	5560.4 (Kg)	46.375 (Kg/mm ²)	21.614 (%)	1.267 (%)

Penanggung Jawab :	Disaksikan Oleh :	Pelaksana :
 Bagus H.W.	 WIPRA SAHM	 WIPRA SAHM

Lampiran 5 (Hasil Uji Tarik Sampel Elektroda Y2)



Lampiran 6 (Hasil Uji Tarik Sampel Elektroda Y3)

UNIT INDUSTRI BAHAN DAN BARANG TEKNIK (UIB2T) JAKARTA
DINAS PERINDUSTRIAN DAN ENERGI DKI JAKARTA
 JL. Let. Jen. Suprpto - Cempaka Putih Telp. (021) 4209179

No. Rekaman Uji : E6013
 No.SPP : Y.3
 Tanggal Pengujian : 15-December-2017

Yield point	Yield Strength	Max Load	Tensile Strength	Elongation	Ratio
4657.426 (Kg)	39.57 (Kg/mm ²)	5718.8 (Kg)	48.588 (Kg/mm ²)	24.506 (%)	1.228 (%)

Penanggung Jawab :	Disaksikan Oleh :	Pelaksana :
 Bagus H. U.		 INDRASALIM

Lampiran 7 (Hasil Uji Tarik Sampel Elektroda Z1)

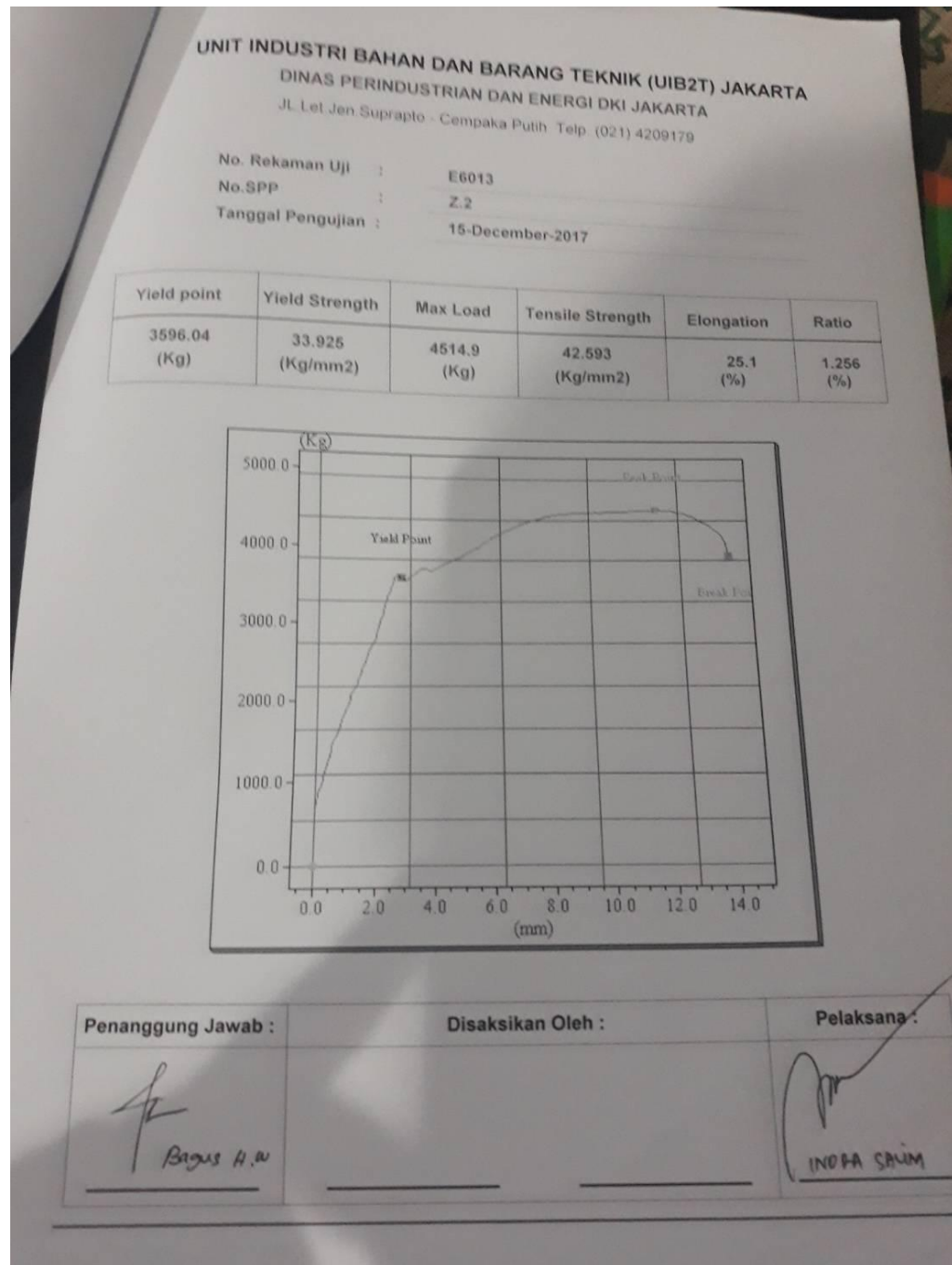
UNIT INDUSTRI BAHAN DAN BARANG TEKNIK (UIB2T) JAKARTA
DINAS PERINDUSTRIAN DAN ENERGI DKI JAKARTA
 JL. Let. Jen. Suprpto - Cempaka Putih Telp. (021) 4209179

No. Rekaman Uji : E6013
 No.SPP : Z.1
 Tanggal Pengujian : 15-December-2017

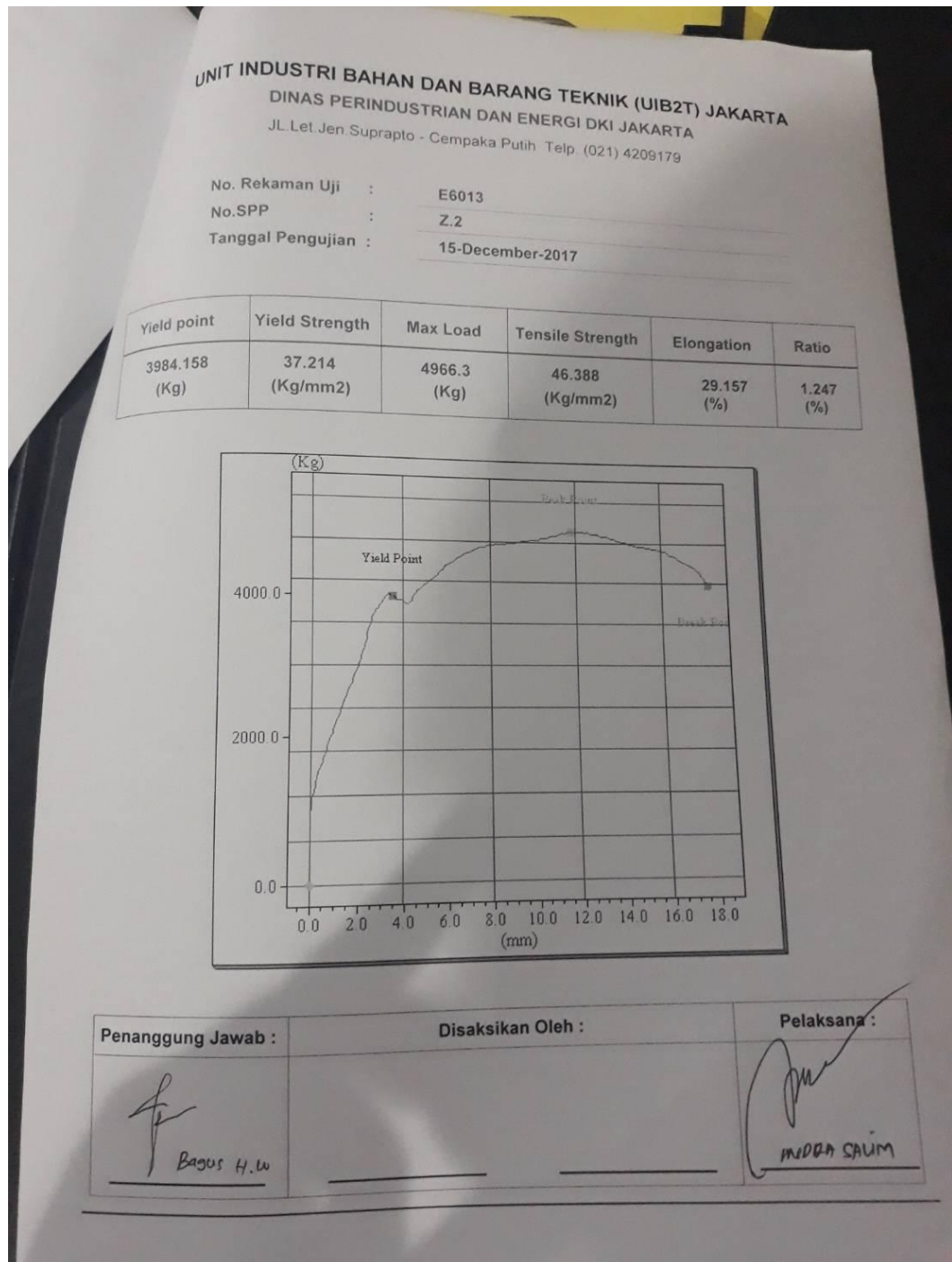
Yield point	Yield Strength	Max Load	Tensile Strength	Elongation	Ratio
3548.515 (Kg)	32.857 (Kg/mm ²)	4570.3 (Kg)	42.318 (Kg/mm ²)	28.974 (%)	1.288 (%)

Penanggung Jawab :	Disaksikan Oleh :	Pelaksana :
 Bagus H.W.		 INOBA SAUM

Lampiran 8 (Hasil Uji Tarik Sampel Elektroda Z2)



Lampiran 9 (Hasil Uji Tarik Sampel Elektroda Z3)



RIWAYAT HIDUP PENULIS



Aryo Hartanto. Lahir di Tangerang pada tanggal 20 desember 1994. Anak pertama dari dua bersaudara dari Bapak Richard dan Ibu Ary Utami. Bertempat tinggal di Ciputat Baru, Ciputat, Tangerang Selatan. Aryo adalah Panggilan akrab penulis, menempuh pendidikan di MI Pembangunan UIN Jakarta, SMPN 87 Jakarta, MA Pembangunan UIN Jakarta dan melanjutkan ke perguruan tinggi di Universitas Negeri Jakarta, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin.