

**PENGARUH KUAT ARUS PENGELASAN TERHADAP KEKUATAN *IMPACT*
HASIL PENGELASAN *TUNGSTEN INERT GAS (TIG)* PADA
*STAINLESS STEEL***

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

**ANDRE GATOT
NIM. 0410623008-62**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2010**

LEMBAR PERSETUJUAN

**PENGARUH KUAT ARUS PENGELASAN TERHADAP KEKUATAN *IMPACT*
HASIL PENGELASAN *TUNGSTEN INERT GAS (TIG)* PADA
*STAINLESS STEEL***

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

ANDRE GATOT
NIM. 0410623008-62

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Endi Sutikno, MT.
NIP. 19590411 198710 1 001

Ir. Bardji H. Pranoto.
NIP. 19450714 198103 1 003

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH KUAT ARUS PENGELASAN TERHADAP KEKUATAN *IMPACT*
HASIL PENGELASAN *TUNGSTEN INERT GAS (TIG)* PADA
*STAINLESS STEEL***

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh :

**ANDRE GATOT
NIM. 0410623008-62**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
tanggal 11 Februari 2010

Skripsi 1

Prof. Ir. Sudjito, Ph. D
NIP. 19470330 198002 1 001

Skripsi 2

Dr. Ir. Achmad As'ad Sonief, MT
NIP. 19591128 198710 1 001

Komprehensi

Ir. Agustinus Ariseno, MT
NIP. 19510822 198701 1 001

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT.
NIP. 19720903 199702 1 001

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus Karena berkat rahmat, kasih dan bimbingan-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Pengaruh Kuat Arus Terhadap Kekuatan *Impact* Hasil Pengelasan *Tungsten Inert Gas (TIG)* Pada *Stainless Steel*”**.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat bagi mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis telah banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat pihak-pihak sebagai berikut :

1. Bapak Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya.
2. Bapak Dr.Eng. Anindito Purnowidodo, ST, M.Eng. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya.
3. Bapak Ir. Marsoedi Wirohardjo, MMT. selaku Ketua Kelompok Konsentrasi Teknik Produksi Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
4. Bapak Ir. Endi Sutikno, MT. selaku Dosen Pembimbing Pertama yang telah banyak memberikan bimbingan, masukan, dan saran yang konstruktif dalam menyusun skripsi ini.
5. Bapak Ir. Bardji H. Pranoto. Selaku Dosen Pembimbing kedua yang telah banyak memberikan bimbingan, masukan, dan gambaran dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Bapak Dr. Ir. Pratikto. MMT. selaku Dosen Wali yang memberikan dukungan dan konsultasi dalam menentukan perkuliahan.
7. Seluruh Staff pengajar dan adminitrasi Jurusan Teknik Mesin, yang telah banyak memberikan bantuan kepada penulis.
8. Orang tua penulis Y. A Wahadiyono dan Marlin Batukh yang menjadi motivasi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, selalu memberikan motivasi, doa, material, dan saran-saran yang memacu bagi penulis.
9. Kakakku pertama Dewi Natalia dan adikku Maria Padma yang telah banyak memberikan bantuan dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

10. Buat Indryku yang slalu ada buat aku, setiap saat setiap waktu, baik susah maupun senang selalu memberi motivasi dan doa buat aku sampai aku menyelesaikan kuliah dan skripsi ini.
11. Rekan-rekan Teknik Mesin Angkatan 2004 yang banyak membantu menyelesaikan skripsi ini.
12. Teman-teman seperjuangan skripsi yang menjadi teman pada saat senang maupun susah. Dion, Yuniato, Jo, Hakim, Cahyo, Gilang.
13. Dan semua pihak yang belum penulis sebutkan yang sangat membantu dalam penyelesaian Skripsi ini.

Atas semua jasa-jasa dan bantuannya yang telah diberikan semoga mendapat limpahan anugerah dari Tuhan Yang Maha Esa, Amin.

Dalam penyusunan Skripsi ini penulis masih perlu banyak belajar lagi karena masih banyak kelemahan dan kekurangan sehingga diharapkan adanya saran dan kritik yang membangun dan semoga penyusunan Skripsi ini bermanfaat bagi semua yang bersangkutan.



Malang, Februari 2010

Penulis

DAFTAR ISI

	halaman
PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
RINGKASAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Sebelumnya	4
2.2 Proses Pengelasan	4
2.2.1 Definisi pengelasan	4
2.2.2 Parameter pengelasan	4
2.2.3 Las busur elektroda terbungkus (SMAW)	5
2.2.4 Pengertian las TIG (Tungsten Inert Gas)	6
2.5.5 Besar arus listrik	9
2.5.6 Elektroda	10
2.3. Baja Tahan Karat <i>Stainless Steel</i>	10
2.3.1. Klasifikasi <i>stainless steel</i>	10
2.3.2. Pengelasan <i>stainless steel austenitik</i>	11
2.4. Penurunan Kadar Krom	11
2.5. Struktur Mikro Daerah Las - lasan	13
2.5.1 Daerah logam las	13
2.5.2 Daerah pengaruh panas atau <i>heat affected zone (HAZ)</i>	13
2.5.3 Logam induk	13
2.6. Siklus Termal Las	14
2.7. Struktur Daerah Pengaruh Panas	14

2.8. Pengujian <i>Impact</i>	15
2.8.1 Macam - macam pengujian <i>impact</i>	16
2.8.2 Rumus perhitungan	18
2.9. Hipotesa.....	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1. Jenis Penelitian	20
3.2. Tempat Penelitian.....	20
3.3. Variabel Peneliatian	20
3.3.1. Variabel bebas	20
3.3.2. Variabel terikat.....	20
3.3.3. Variabel terkontrol	20
3.4. Bahan dan Alat Penelitian	21
3.4.1. Bahan, elektroda, dan logam pengisi	21
3.4.2. Ukuran spesimen yang akan dilas	21
3.4.3. Dimensi benda kerja <i>impact</i>	22
3.5. Rancangan Penelitian	22
3.6. Prosedur Penelitian.....	23
3.7. Rencana Analisis Data.....	23
3.7.1. Analisa varian.....	24
3.8. Diagram Alir Penelitian.....	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1. Data Hasil Penelitian	27
4.2. Pengolahan Data.....	28
4.2.1. Data analisis statistik varian satu arah.....	28
4.2.2. Analisis Regresi.....	31
4.3. Pembahasan	32
4.3.1 Analisis grafik hubungan kuat arus dengan kekuatan <i>impact</i>	32
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	34
5.1 Kesimpulan.....	34
5.2 Saran	34
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	



DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Elektroda <i>tungsten</i>	10
Tabel 2.2	Klasifikasi <i>stainless steel</i>	11
Tabel 2.3	Komposisi kimia baja tahan karat <i>austenitic</i> tipe 304	11
Tabel 3.1	Kandungan unsur kimia <i>austenitic stainless steel</i> 304	21
Tabel 3.2	Tabel rancangan	23
Tabel 3.3	Tabel analisis varian satu arah	25
Tabel 4.1	Sudut simpangan akhir dengan beban untuk berbagai variasi Arus	27
Tabel 4.2	Data kekuatan <i>impact</i>	28
Tabel 4.3	Pengaruh kuat arus terhadap kekuatan <i>impact</i>	29
Tabel 4.4	Tabel analisis varian satu arah	31



DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Las SMAW	6
Gambar 2.2	Diagram rangkaian listrik dari mesin las listrik	7
Gambar 2.3	Pengaruh polaritas pada pengelasan TIG	8
Gambar 2.4	Mesin las TIG	9
Gambar 2.5	Weld decay dan termal cycles pada stainless steel	12
Gambar 2.6	Sensitasi pada batas butir	12
Gambar 2.7	Endapan antar butir karbid khrom dari baja 18 Cr-8 Ni	13
Gambar 2.8	Daerah las	13
Gambar 2.9	Siklus termal las	14
Gambar 2.10	Skema struktur mikro pada daerah pengaruh panas atau HAZ	15
Gambar 2.11	Pengujian ketangguhan charpy	16
Gambar 2.12	Penempatan spesimen pada uji charpy	17
Gambar 2.13	Penempatan spesimen pada uji izod	17
Gambar 2.14	Skema charpy impact test	18
Gambar 3.1	Spesimen yang akan dilas	22
Gambar 3.2	Spesimen uji impact	22
Gambar 3.3	Gambar diagram alir penelitian	26
Gambar 4.1	Grafik hubungan kuat arus dengan kekuatan impact	32

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Persiapan pengelasan	37
Lampiran 2.	Prosedur penelitian	38
Lampiran 3.	Benda uji setelah mengalami pengelasan, penghalusan dan Pembuatan takik	39
Lampiran 4.	Pengujian <i>impack</i>	40
Lampiran 5.	Benda uji setelah mengalami kekuatan <i>impact</i>	41
Lampiran 6.	Tabel nilai kritik sebaran F	42
Lampiran 7.	Tabel nilai kritik sebaran t	43
Lampiran 8.	Komposisi baja <i>stainless steel</i> 304	44
Lampiran 8.	Komposisi baja <i>stainless steel</i> 304 (lanjutan)	45
Lampiran 9.	Surat keterangan VEDC	46
Lampiran 7.	Surat keterangan pengujian material	47



RINGKASAN

Andre Gatot, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Oktober 2008, *Pengaruh Kuat Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Impact Hasil Pengelasan Tungsten Inert Gas (TIG) pada Stainless steel*. Dosen Pembimbing : Endi Sutikno dan Bardji H. Pranoto.

Dalam proses pengelasan *austenitic stainless steel* sering digunakan *tungsten inert gas (TIG)* karena memiliki keuntungan yaitu daerah pengaruh panas kecil sehingga pengaruh panas pengelasan pada logam induk hanya terbatas pada sekitar sambungan. Karena logam di sekitar lasan mengalami siklus termal cepat yang menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan metalurgi dan deformasi. Di mana pada pendinginan lambat dari 680°C ke 480°C pada *austenitic stainless steel* akan terbentuk karbid khrom yang mengendap diantara butir yang menyebabkan penurunan sifat tahan karat dan sifat mekaniknya. *Austenitic stainless steel* merupakan material non magnetic, sifat mampu las yang baik sekali, tahan korosi yang baik sekali dan tidak dapat dikeraskan pada proses perlakuan panas.

Pada penelitian ini dilakukan proses pengelasan *austenitic stainless steel* dengan *TIG* yang bertujuan untuk menyambung *austenitic stainless steel*. Pada proses pengelasan ini dilakukan lima variasi kuat arus pengelasan yaitu 80 A, 100 A, 120A, 140 A, 160 A untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kekuatan *impact*. Bahan yang dilas adalah plat *austenitic stainless steel* 304 tebal 10 mm dengan kawat elektroda wolfram berdiameter 2,6 mm dan *filler metal* ER 308R yang dilas pada posisi *flat position* menggunakan las *TIG*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat arus pengelasan berpengaruh terhadap kekuatan *impact* pada *austenitic stainless steel*. Naiknya kecepatan pengelasan menyebabkan kekuatan *impact* mengalami peningkatan dari 2,0721 J/mm² sampai mencapai titik maksimum 2,3462 J/mm², namun mengalami penurunan kekuatan *impact* 2,3179 J/mm² disebabkan karena masukan panas yang berlebihan menyebabkan karbon bergabung dengan kromium membentuk karbid khrom diantara butir.

Kata kunci : Besar arus , *Austenitic stainless steel*, kekuatan *impact*.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan penemuan benda-benda sejarah dapat diketahui bahwa teknik penyambungan logam telah diketahui sejak jaman prasejarah, misalnya pembrasingan logam paduan emas-tembaga dan pematrian paduan timbal-timah menurut keterangan yang didapat telah diketahui dan dipraktekkan dalam rentang waktu antara tahun 4000 sampai 3000 S.M. sumber energi panas yang dipergunakan pada waktu itu diduga dihasilkan dari pembakaran kayu arang. Berhubung suhu yang diperoleh dengan pembakaran kayu dan arang sangat rendah maka teknik penyambungan ini pada waktu itu tidak dikembangkan lebih lanjut. Setelah energi listrik dapat dipergunakan dengan mudah, teknologi pengelasan maju dengan pesat sehingga menjadi suatu teknik penyambungan yang mutakhir. Cara-cara dan teknik-teknik pengelasan yang banyak digunakan pada waktu ini seperti las busur, las resistansi listrik, las termit dan las gas, pada umumnya diciptakan pada akhir abad 19.

Berdasarkan definisi dari *Deutche Industrie Normen (DIN)* las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dari definisi tersebut dapat dijabarkan lebih lanjut bahwa las adalah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas.

Lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam konstruksi sangat luas, meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, pipa pesat, pipa saluran, kendaraan rel dan sebagainya. Prosedur pengelasan kelihatannya sangat sederhana, tetapi sebenarnya di dalamnya banyak masalah-masalah yang harus diatasi dimana pemecahannya memerlukan bermacam-macam pengetahuan. Karena itu dalam pengelasan, pengetahuan harus turut serta mendampingi praktek. Secara lebih terperinci dapat dikatakan bahwa dalam perancangan konstruksi bangunan dan mesin dengan sambungan las, harus direncanakan pula tentang cara pengelasan, cara pemeriksaan, bahan las dan jenis las yang akan dipergunakan, berdasarkan fungsi dari bagian-bagian bangunan atau mesin yang akan dirancang.

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi hasil pengelasan antara lain (Eka, 1994): Jenis pegelasan, rencana sambungan las, keterampilan tukang las, situasi dan kondisi pengelasan, material benda kerja, jenis dan diameter elektroda. Disamping itu faktor yang sangat menentukan dalam proses pengelasan adalah besarnya kuat arus

listrik yang di gunakan dalam proses pengelasan tersebut. Berdasarkan hal itu maka penulis melakukan penelitian tentang pengaruh kuat arus listrik terhadap pengelasan pada baja tahan karat (*Stainless Steel*). Adapun alasan kenapa memilih baja tahan karat karena baja tahan karat memiliki sifat-sifat yang istimewa yaitu : tahan terhadap korosi pada suhu tinggi dan suhu rendah, tahan terhadap oksidasi dan mempunyai kekuatan yang tinggi pada peningkatan temperatur. Dengan sifat-sifat yang dimiliki itu, baja tahan karat banyak digunakan untuk pembuatan *pressure vessel*.

Kepatahan sering terjadi pada daerah yang mengalami beban dinamis atau bebankejut pada daerah yang berbentuk lekukan, karena daerah ini terjadi pemusatan tegangan (*stress concentration*). Mengingat hal tersebut maka perlu dilakukan pegujian impact terhadap bahan-bahan yang akan digunakan untuk konstruksi mesin maupun bangunan baja yang nantinya akan mengalami pembebanan dinamis.

Dalam penelitian ini bertujuan untuk meneliti bagaimana pengaruh kuat arus pengelasan terhadap kekuatan *impact*, dengan menggunakan kuat arus yang berbeda-beda.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang permasalahan diatas dapat ditentukan beberapa rumusan masalah yaitu :

Bagaimana pengaruh kuat arus pengelasan *austenitic stainless steel* dengan menggunakan las *TIG* terhadap kekuatan *impact*

1.3 Batasan Masalah

Untuk memberikan kejelasan dari rencana penelitian yang akan dilakukan maka perlu adanya beberapa batasan masalah, agar tidak menyimpang dari tujuan yang direncanakan. Batasan-batasan masalah yang dipakai sebagai patokan adalah :

1. Pengelasan hanya dilakukan dengan *TIG* (*Tungsten Inert Gas*).
2. Perpindahan panas yang terjadi tidak diukur.
3. Pada pembahasan ini hanya akan dianalisa kekuatan *Impact* dari hasil pengelasannya saja.
4. Jenis elektroda yang akan digunakan satu jenis, yaitu elektrode AWS grade EW Th – 2

5. Bentuk sambungan yang digunakan adalah type V dengan ketebalan plat yang akan dilas adalah 10 mm dan bahan yang digunakan adalah baja tahan karat type 304.
6. Tidak meneliti tentang cacat las yang terjadi pada permukaan las

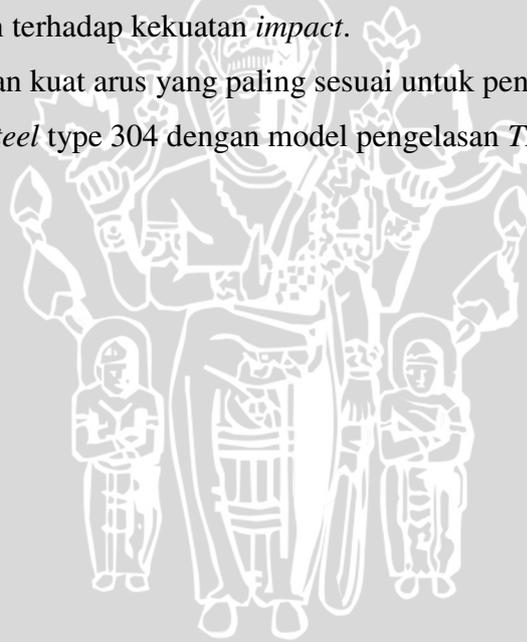
1.4 Tujuan Penelitian

Mengetahui pengaruh kuat arus pengelasan terhadap kekuatan *impact* hasil pengelasan *Tungsten Inert Gas (TIG)* pada *stainless steel*.

1.5 Manfaat Penelitian

Permasalahan yang diangkat dalam skripsi ini diharapkan dapat memberikan manfaat yang dapat diharapkan, seperti :

1. Menentukan seberapa jauh pengaruh perbedaan kuat arus pengelasan terhadap kekuatan *impact*.
2. Menentukan kuat arus yang paling sesuai untuk pengelasan *stainless steel* type 304 dengan model pengelasan *TIG*.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Susanto., 2002 melakukan penelitian tentang **Pengaruh Kuat Arus Terhadap Laju Korosi Pada Pengelasan SMAW**. Makin besar kuat arus yang diberikan maka semakin besar pula panas yang diterima oleh baja, dimana kecepatan pengelasan juga akan mempengaruhi jumlah deposit las dan laju pendinginan semakin cepat jumlah deposit yang dihasilkan dan semakin cepat laju pendinginannya, sedangkan bila kecepatan rendah maka jumlah deposit yang dihasilkan banyak.

2.2 Proses Pengelasan

2.2.1 Definisi pengelasan.

Pengelasan dapat diartikan dengan proses penyambungan dua buah logam sampai titik rekristalisasi logam, dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah dan menggunakan energi panas sebagai pencair bahan yang dilas. Pengelasan juga 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 lasan 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.

2.2.2 Parameter pengelasan

Dalam proses pengelasan agar hasil lasan yang diperoleh baik, harus diperhatikan parameter las yang ada, yaitu (Wiryosumarto, 2000) :

1. Tegangan busur las

Tingginya tegangan busur tergantung pada panjang busur yang dikehendaki dan jenis dari elektroda yang digunakan. Busur listrik yang terlalu panjang akan menghasilkan pengelasan yang tidak rata karena stabilitasnya mudah terganggu. Tegangan busur yang rendah akan menghasilkan penembusan yang dalam dengan manik las yang sempit. Tegangan yang tinggi akan menghasilkan penembusan yang kurang dalam dan manik las yang datar.

2. Besar arus las

Besarnya arus las yang digunakan tergantung dari bahan dan ukuran dari lasan, geometri sambungan, dan macam elektroda. Pada daerah las yang mempunyai kapasitas panas yang tinggi membutuhkan arus las yang besar pula.

3. Kecepatan pengelasan

Kenaikan kecepatan akan memperbesar penembusan. Pengelasan yang cepat membutuhkan arus las yang tinggi sehingga bisa dikatakan bahwa kecepatan las berbanding lurus dengan arus las.

4. Polaritas listrik

Ada 2 jenis polaritas yang digunakan dalam proses pengelasan, polaritas lurus dan polaritas balik. Polaritas lurus lebih cocok digunakan pada logam induk yang mempunyai titik cair yang tinggi dan mempunyai kapasitas panas yang tinggi. Sedangkan polaritas balik lebih cocok digunakan pada pelat tipis yang mempunyai kapasitas panas kecil.

5. Besarnya penembusan / penetrasi

Untuk mendapatkan kekuatan sambungan yang baik diperlukan penembusan yang cukup. Pada dasarnya semakin besar arus yang digunakan semakin besar pula penembusan yang akan terjadi.

6. Standar dalam pengelasan

Agar diperoleh suatu hasil lasan yang baik harus memperhatikan standar yang ada dalam pengelasan, seperti tebal pelat, bentuk sambungan, jenis elektroda dan lain-lainnya.

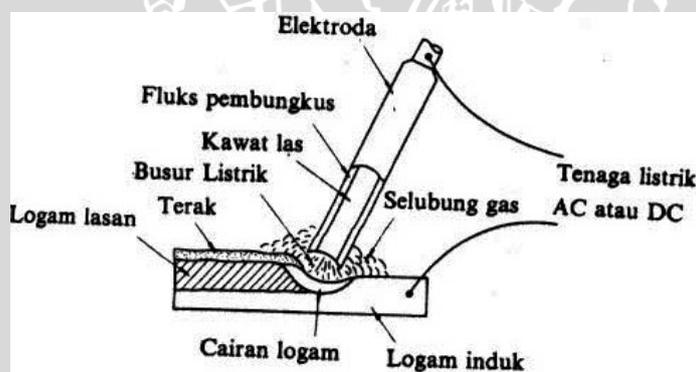
2.2.3 Las busur elektroda terbungkus (SMAW)

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 *fluks*. Elektroda ini selama pengelasan akan mengalami pencairan bersama dengan logam induk dan membeku bersama menjadi bagian kumpuh las.

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

Pola pemindahan logam cair sangat mempengaruhi sifat mampu las dari logam. Logam mempunyai sifat mampu las yang tinggi bila pemindahan terjadi dengan butiran yang halus. Pola pemindahan cairan dipengaruhi oleh besar kecilnya arus dan komposisi dari bahan *fluks* yang digunakan. Bahan *fluks* yang digunakan untuk membungkus elektroda selama pengelasan mencair dan membentuk terak yang menutupi logam cair yang terkumpul di tempat sambungan dan bekerja sebagai penghalang oksidasi.

Prinsip kerja las *SMAW* sangat sederhana yaitu dengan menggosokkan ujung electrode ke logam dasar setelah sirkuit mesin terpasang, maka akan terjadi busur yang menghasilkan panas masukan. Besarnya panas masukan dapat diatur dengan mengatur kondisi pengelasan sesuai dengan keperluannya. Panas yang cukup akan mampu mencairkan ujung electrode dan sebagian logam dasar kemudian membentuk endapan las. Banyak jenis electrode las sebagai bahan tambah tersedia dipasaran, sehingga banyak kemungkinan penggunaan proses las ini pada berbagai jenis logam antara lain baja karbon, baja paduan rendah, baja tahan karat dan besi cor. Mutu hasil las dapat diandalkan dan dapat memenuhi standar. Proses las busur electrode terbungkus (gambar 2.1) menggunakan penggantian electrode secara teratur karena panjang electrode terbatas.



Gambar 2.1 Las *SMAW*

Sumber : Wiryosumarto, 2000

2.2.4 Pengertian las TIG (*Tungsten Inert Gas*)

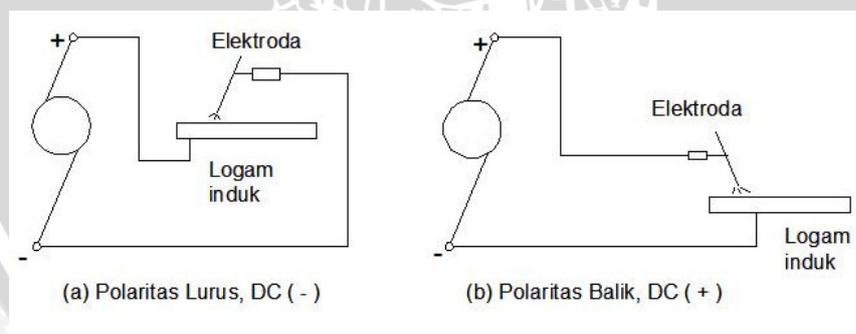
Las *TIG* merupakan salah satu jenis las busur gas kelompok elektroda tak terumpan, dimana kelompok elektroda tak terumpan ini menggunakan batang tungsten atau lebih dikenal sebagai wolfram, dimana wolfram ini digunakan sebagai elektroda yang dapat menghasilkan busur listrik tanpa turut mencair dan busur listriknya timbul antara batang wolfram dan logam induk dan dilindungi oleh gas pelindung lalu logam pengisi dimasukkan kedalam daerah arus busur sehingga mencair dan terbawa ke logam

induk. Las *TIG* merupakan salah satu teknologi pengembangan dari penggunaan elektroda terbungkus biasa. Elektroda wolfram diposisikan pada suatu pemegang khusus dimana gas pelindung mengalir untuk membentuk lapisan pelindung di sekeliling busur dan kolam cairan logam.

Pada kelompok elektroda tak terumpan ini biasanya menggunakan gas mulia, helium atau campuran keduanya sebagai gas pelindung dimana digunakan untuk mengisolasi daerah pengelasan ini dari atmosfer sedangkan bila pada gas mulia ataupun helium dicampur dengan O_2 atau CO_2 yang bersifat oksidator akan mempercepat keausan ujung elektroda. Dibawah pelindung atmosfer, elektroda wolfram tidak dapat digunakan pada temperatur terjadinya busur. Panjang busur dianjurkan konstan dan busur stabil dan mudah dipertahankan.

Elektroda yang digunakan dalam las *TIG* biasanya dibuat dari wolfram murni atau dipadukan dengan torium atau zirconium. Dalam banyak hal elektroda dari wolfram torium atau wolfram zirconium lebih baik dari pada wolfram murni terutama dalam ketahanan ausnya selain itu juga menghasilkan arus listrik yang lebih baik.

Sumber listrik yang digunakan untuk pengelasan *TIG* dapat berupa listrik DC atau listrik AC. Dalam hal listrik DC rangkain listriknya dapat dengan polaritas lurus dimana kutub positif dihubungkan dengan logam induk dan kutub negatifnya dengan batang elektroda sedang untuk polaritas balik rangkaian yang terjadi adalah sebaliknya. Skema dari kedua rangkaian dapat dilihat pada gambar 2.2 sebagai berikut

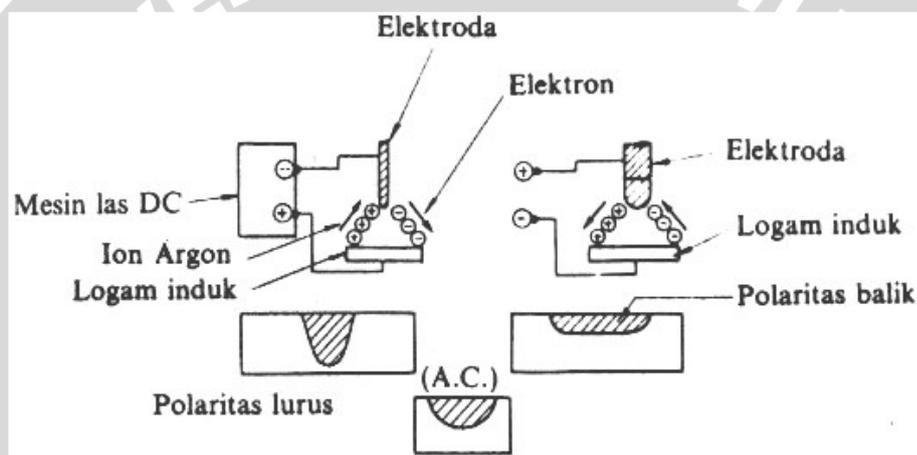


Gambar 2.2 Diagram rangkaian listrik dari mesin las listrik

Sumber : Wiryosumarto, 2000, 17

Dalam polaritas lurus electron bergerak dari elektroda dan menumbuk logam induk dengan kecepatan yang tinggi sehingga dapat terjadi penetrasi yang dalam. Karena pada elektroda tidak terjadi tumbukan electron maka secara relative suhu elektroda tidak terlalu tinggi, karena itu polaritas ini dapat digunakan dengan arus yang besar.

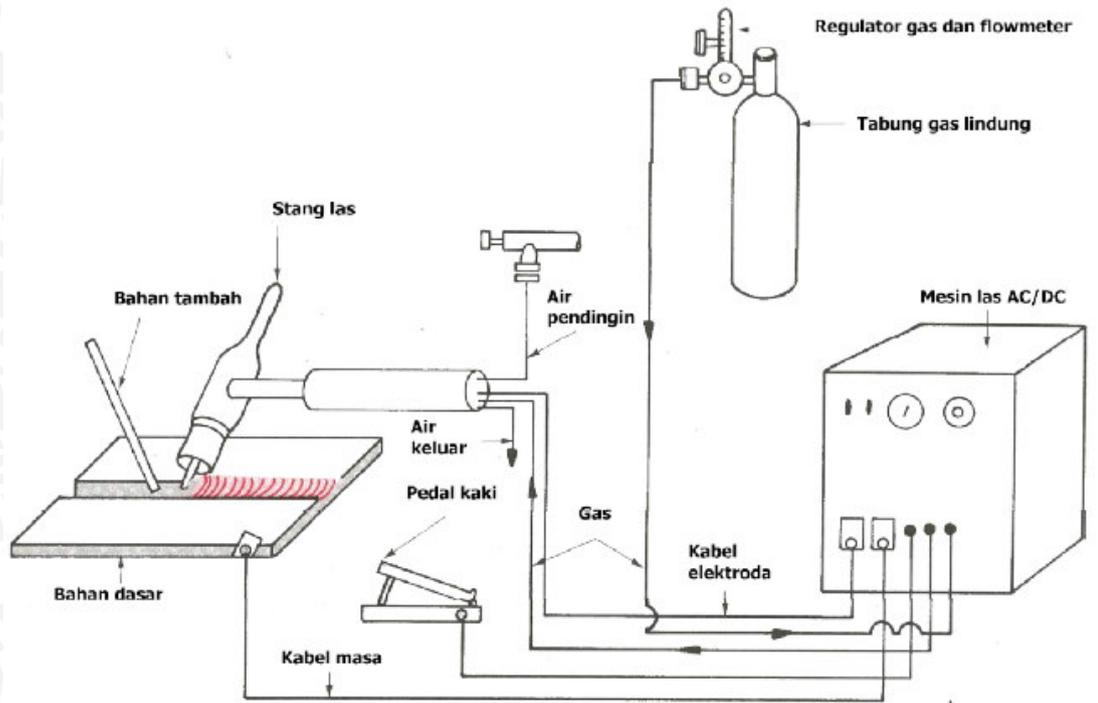
Sebaiknya dalam polaritas balik elektroda menjadi panas sekali, sehingga arus listrik yang dapat dialirkan menjadi rendah. Bila arus terlalu besar maka ujung elektroda akan turut mencair dan merubah komposisi logam cair yang dihasilkan. Dengan polaritas balik penetrasi kedalam logam induk menjadi dangkal dan lebar. Bila dipergunakan listrik AC maka proses yang terjadi akan sama dengan menggunakan arus searah dengan polaritas lurus dan polaritas balik yang digunakan secara bergantian. Karena hal ini maka dengan penggunaan arus bolak – balik, hasil pengelasan akan terletak antara hasil pengelasan dengan arus searah dengan polaritas lurus dan polaritas balik. Akan tetapi penetrasi maksimum terjadi pada penggunaan arus searah dengan polaritas lurus. Pengaruh polaritas terhadap proses pengelasan *TIG* dapat dilihat dalam gambar 2.3 sebagai berikut :



Gambar 2.3 Pengaruh polaritas pada pengelasan *TIG*

Sumber : Wiryosumarto, 2000, 18

Pada umumnya busur yang dihasilkan dengan listrik DC kurang begitu mantap dan untuk memantapkannya perlu ditambahkan listrik AC dengan frekuensi tinggi. Pada umumnya dalam pengelasan *TIG* sumber listrik yang dipergunakan mempunyai karakteristik lamban, sehingga dalam hal menggunakan listrik DC untuk memulai menimbulkan busur perlu ditambah dengan listrik AC frekuensi tinggi. Gambar 2.4 menunjukkan mesin las *TIG*.



Gambar 2.4 Mesin las *TIG*

Sumber : Bowditch, 1984: 288

Dengan keahlian operator las, las *TIG* dapat menghasilkan sambungan dengan hampir tak tampak, lebih jelasnya proses pengelasannya menghasilkan sambungan yang sangat bersih karena tidak mempergunakan *fluks*, tidak dibutuhkan pembersihan atau penghilang slag. Bagaimanapun permukaan logam induk yang akan di las harus bersih dan bebas dari minyak, gemuk, cat dan karat karena gas pelindung tidak memberikan aksi pembersihan dari kotoran – kotoran tersebut.

2.2.5 Besar arus listrik

Besarnya arus pengelasan yang diperlukan tergantung pada diameter elektroda, tebal bahan yang dilas, jenis elektroda yang digunakan, geometri sambungan, diameter inti elektroda, posisi pengelasan (Wirjosumarto, 2000). Daerah las mempunyai kapasitas panas tinggi maka diperlukan arus yang tinggi.

Arus las merupakan parameter las yang langsung mempengaruhi penembusan dan kecepatan pencairan logam induk. Makin tinggi arus las makin besar penembusan dan kecepatan pencairannya. Besar arus pada pengelasan mempengaruhi hasil las bila arus terlalu rendah maka perpindahan cairan dari ujung elektroda yang digunakan sangat sulit dan busur listrik yang terjadi tidak stabil. Panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan logam dasar, sehingga menghasilkan bentuk rigi-rigi las yang kecil dan

tidak rata serta penembusan kurang dalam. Jika arus terlalu besar, maka akan menghasilkan manik melebar, butiran percikan kecil, penetrasi dalam serta penguatan matrik las tinggi.

2.2.6 Elektroda

Elektroda tungsten adalah elektroda tidak terumpan (nonconsumable electrode) yang berfungsi sebagai pencipta busur nyala saja yang digunakan untuk mencairkan kawat las yang ditambahkan dari luar dan benda yang akan disambung menjadi satu kesatuan sambungan. Elektroda ini tidak berfungsi sebagai logam pengisi sambungan sebagaimana yang biasa dipakai pada elektroda batang las busur metal maupun elektroda gulungan pada las MIG. Ada beberapa tipe elektroda tungsten yang biasa dipakai di dalam pengelasan sebagaimana yang tersaji dalam Tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 2.1 Elektroda tungsten

Klasifikasi AWS	Perkiraan Komposisi	Kode Warna
EWP	Tungsten Murni	Hijau
EWCe - 2	97,3% Tungsten, 2% Cerium Oksida	Oranye
EWLa - 1	98,3% Tungsten, 1% Lanthanum Oksida	Hitam
EWTh - 1	98,3% Tungsten, 1% Thorim Oksida	Kuning
EWTh - 2	97,3% Tungsten, 2% Thorium Oksida	Merah
EWZr - 1	99,1% Tungsten, 0,25% Zirconium Oksida	Coklat
EWG	94,5% Tungsten, Sisa tidak disebut	Abu - abu

Sumber : Cary, 1993:76

2.3 Baja Tahan Karat *Stainless Steel*

2.3.1 Klasifikasi *stainless steel*

Baja tahan karat memiliki sifat yang sangat istimewa diantaranya tahan terhadap korosi pada temperatur tinggi dan rendah, tahan terhadap oksidasi dan mempunyai kekuatan yang sangat tinggi pada peningkatan temperatur. Komposisi utama baja paduan ini diantaranya adalah Cr dan Ni, disamping ini juga sering ditambahkan Mn, Si dan molybdenum sebagai penstabil. Elemen paduan Cr merupakan elemen pembuat baja tahan karat terhadap korosi, meningkatkan ketangguhan, meningkatkan kekuatan tarik dan terhadap gesekan. Namun jika baja tersebut di las maka kualitas sambungan lasnya

sangat dipengaruhi oleh panas pengelasan yang ditimbulkan. Klasifikasi Baja Tahan Karat dan Sifat-sifat Umumnya, pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Klasifikasi *stainless steel*

Klasifikasi	Komposisi Utama (%)			Sifat mampu keras	Sifat tahan korosi	Sifat mampu tempa	Sifat mampu las	Kemagnitan.
	Cr	Ni	C					
Baja tahan karat martensit	11–15	—	≤ 1,20	Mengeras sendiri	kurang baik	kurang baik	tidak baik	Magnit
Baja tahan karat ferit	16–27	—	≤ 0,35	Tidak dapat dikeraskan	Baik	Baik	Kurang baik	Magnit
Baja tahan karat austenit	≤ 16	≤ 7	≤ 0,25	Tidak dapat dikeraskan	Baik sekali	Baik sekali	Baik sekali	Bukan magnit

Sumber: Wiryosumarto, 2000: 109

2.3.2 Pengelasan *austenitic stainless steel*

Salah satu jenis baja *stainless austenitic* adalah AISI 304. Baja austenitic ini mempunyai struktur kubus satuan bidang (*face center cubic*) dan merupakan baja dengan ketahanan korosi tinggi (Kou, 2000). Komposisi unsur – unsur pemuat yang terkandung dalam AISI 304 akan menentukan sifat mekanik dan ketahanan korosi. Baja AISI 304 mempunyai kadar karbon sangat rendah 0,08%. Kadar kromium berkisar 18-20% dan nikel 8-10,5% yang terlihat pada Tabel 2.3. Kadar kromium cukup tinggi membentuk lapisan Cr_2O_3 yang protektif untuk meningkatkan ketahanan korosi. Komposisi karbon rendah untuk meminimalisasi sensitasi akibat proses pengelasan.

Tabel 2.3 komposisi kimia baja tahan karat austenitic tipe 304

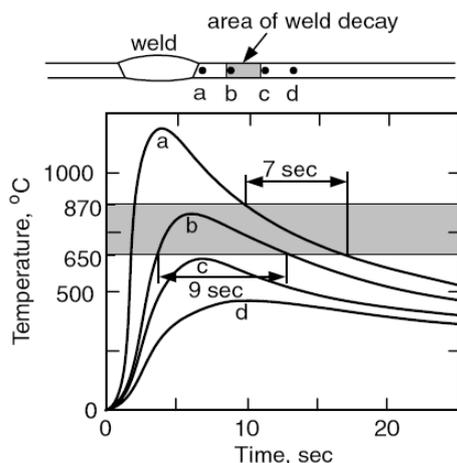
AISI TIPE	KOMPOSISI (%)			
	KARBON	KHROMIUM	NIKEL	UNSUR LAIN
304	0.08	18.0 - 20.0	8.0 - 12.0	-

Sumber : Sabo, 1973 : 7.1 – 3

2.4 Penurunan Kadar Krom

Austenitic stainless steel adalah baja tahan karat yang memiliki kadar karbon sebesar 0,1% yang biasanya akan menyebabkan terjadinya korosi pada batas butir

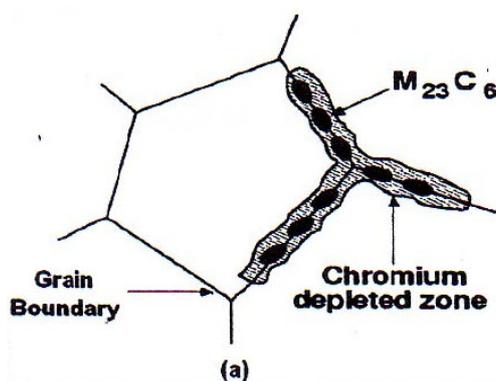
(*intragranular corrosion*) didaerah HAZ dan lebih dikenal dengan *weld decay*. Berikut ini gambar 2.5 tentang pengaruh waktu dan temperatur di daerah HAZ.



Gambar 2.5 *Weld decay* dan termal cycles pada stainless steel

Sumber : Kou,2000 : 374

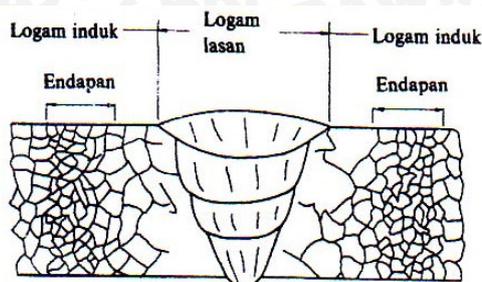
Weld decay, (Kou, 2000) adalah kerusakan daerah las yang disebabkan oleh terjadinya endapan karbida krom dibatas butir (sensitasi). Didalam temperatur sensitasi ($600^{\circ}\text{C} - 850^{\circ}\text{C}$), karbon akan dengan cepat berdifusi dibatas butir yang mana karbon tersebut akan bersenyawa dengan krom guna membentuk karbida krom. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2.6 dibawah ini.



Gambar 2.6 Sensitasi Pada Batas Butir

Sumber : Kou, 2000 : 372

Dengan masukan panas yang semakin besar dimana temperatur pengelasan semakin tinggi pula, sehingga daerah pengaruh panas semakin luas. Bila daerah ini semakin luas maka daerah yang mengalami pengendapan krom karbida semakin banyak juga. Hal ini dapat dilihat dalam gambar 2.7dibawah ini.



Gambar 2.7 Endapan Antar Butir Karbida Krom dari Baja 18 Cr-8Ni

Sumber : Wiryosumarto, 2000 : 112

2.5 Struktur Mikro Daerah Las-lasan

Daerah las-lasan terdiri dari tiga bagian yaitu daerah logam las, daerah pengaruh panas atau *heat affected zone* disingkat menjadi HAZ dan logam induk yang tak terpengaruhi panas.

2.5.1 Daerah logam las

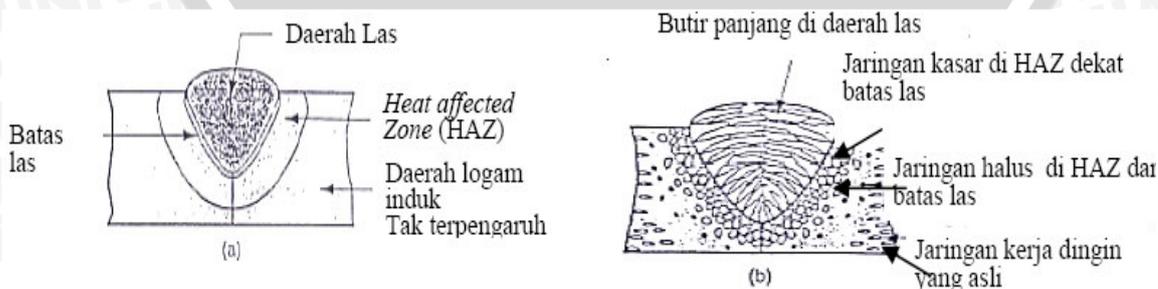
Logam lasan merupakan daerah yang terkena panas secara langsung dan mencair kemudian membeku.

2.5.2 Daerah pengaruh panas atau *Heat Affected Zone (HAZ)*

Daerah HAZ adalah daerah yang bersebelahan dengan logam lasan dan saat pengelasan mengalami siklus termal las dan pendinginan cepat.

2.5.3 Logam induk

Logam induk adalah bagian logam dasar di mana panas dan suhu pengelasan tidak menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan struktur dan sifat. Disamping ketiga pembagian utama tersebut masih ada satu daerah pengaruh panas, yang disebut batas las (Wiryosumarto, 2000). Gambar 2.8 struktur mikro daerah lasan.

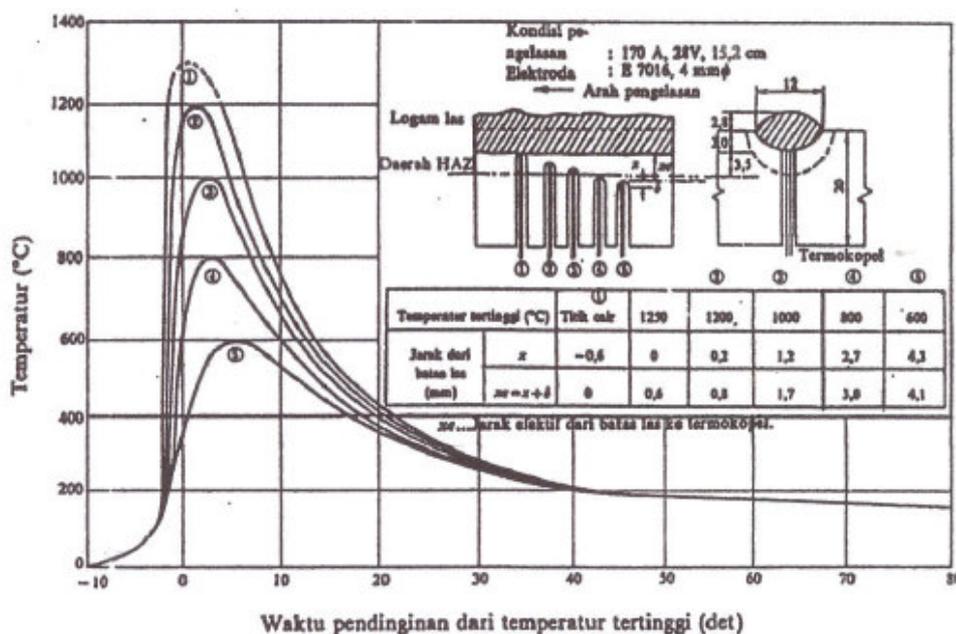


Gambar 2.8 Daerah las

Sumber : Malau, 2003

2.6 Siklus Termal Las

Daerah lasan terdiri dari tiga bagian utama yaitu logam lasan, daerah pengaruh panas (*Heat Affected Zone* – *HAZ*) dan logam induk. Dari ketiga bagian ini yang mengalami perubahan struktur hanyalah daerah logam lasan dan daerah *HAZ*. Sedangkan daerah logam induk tidak mengalami perubahan struktur Karena tidak mendapatkan masukan panas. Logam lasan adalah bagian dari logam yang pada waktu pengelasan mencair dan kemudian membeku. Daerah *HAZ* adalah daerah logam induk yang besebelahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan yang cepat di daerah lasan. Pengelasan menghasilkan temperature yang kompleks disepanjang daerah lasan yang juga menghasilkan variasi panas pengelasan di daerah lasan. Panas pengelasan akan megcairkan logam lasan, selanjutnya panas tersebut akan merambat dan terdistribusikan kedalam lasan yang lain. Setelah proses pengelasan dihentikn, maka logam cair akan membeku dimana kecepatan pendinginan sangat berpengaruh terhadap kualitas sambungan las yang dihasilkan



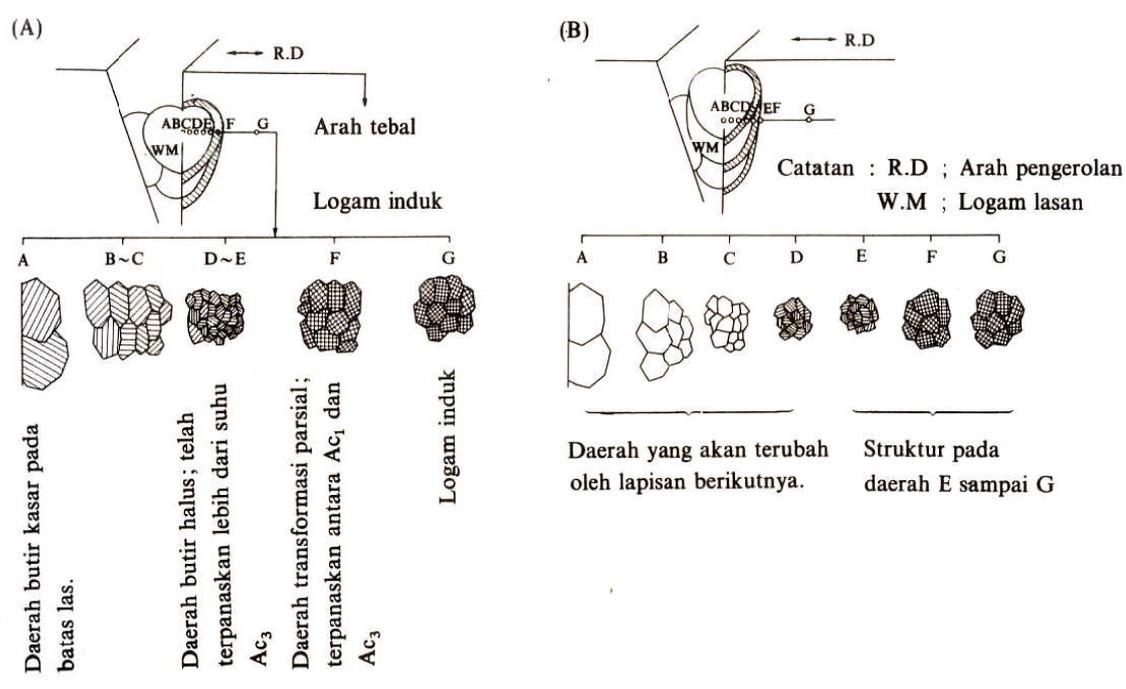
Gambar 2.9 Siklus termal las

Sumber: Wiryosumarto, 1981: 59

2.7 Struktur Daerah Pengaruh Panas

Struktur logam pada daerah pengaruh panas atau *HAZ* berubah secara berangsur dari struktur logam induk ke struktur logam las, pada daerah *HAZ* yang dekat dengan garis lebur, kristalnya tumbuh dengan cepat dan membentuk butir-butir kasar disebut

daerah batas las. Didalam daerah pengaruh panas, besar butir dan struktur berubah sesuai dengan siklus termal yang terjadi pada waktu pengelasan. Pada daerah batas las dimana butir-butirnya sangat kasar. Perubahan struktur tersebut disebabkan oleh perbedaan sifat mampu keras baja yang disebabkan karena adanya perbedaan komposisi kimia dan perbedaan kecepatan pendinginan karena panas pengelasan, pemanasan mula, tebal pelat dan sebagainya. Adapun skema struktur mikro pada daerah pengaruh panas atau *HAZ* dapat dilihat pada gambar 2.10 berikut :



Gambar 2.10 Skema struktur mikro pada daerah pengaruh panas atau *HAZ*

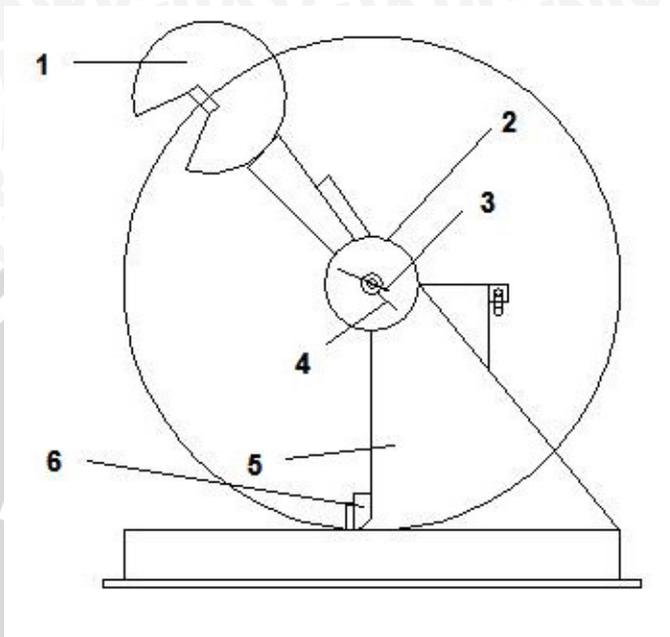
Sumber: Wiryosumarto, 1981: 66

2.8 Pengujian Impact

Ketangguhan adalah tahanan bahan terhadap beban tumbukan atau kejutan (takikan yang tajam secara drastis menurunkan ketangguhan). Tujuan utama dari pengujian *impak* adalah untuk mengukur kegetasan atau keuletan bahan terhadap beban tiba-tiba dengan cara mengukur energi potensial sebuah palu godam yang dijatuhkan pada ketinggian tertentu. Pengujian *impak* adalah pengujian dengan menggunakan beban sentakan (tiba-tiba). Metode yang sering digunakan adalah metode *Charpy* dengan menggunakan benda uji standar.

Pada pengujian pukul takik (*impact test*) digunakan batang uji yang bertakik (*notch*). Pada metode *Charpy*, batang uji diletakkan mendatar dan ujung-ujungnya

ditahan kearah mendatar oleh penahan yang berjarak 40 mm. Bandul akan berayun memukul batang uji tepat dibelakang takikan. Untuk pengujian ini akan digunakan sebuah mesin dimana sebuah batang dapat berayun dengan bebas. Pada ujung batang dipasang pemukul yang diberi pemberat. Batang uji diletakkan di bagian bawah mesin dan takikan tepat pada bidang lintasan pemukul.



Gambar 2.11 Pengujian ketangguhan *Charpy*

Sumber : Supardi, 1996

Keterangan :

- | | |
|-------------------------|------------------------------|
| 1. Pendulum | 4. Batang pembawa jarum |
| 2. Piring busur derajat | 5. Badan mesin uji |
| 3. Jarum penunjuk sudut | 6. Tempat benda uji dipasang |

2.8.1 Macam – macam pengujian *impact*

Macam – macam pengujian *impact* yang digunakan untuk menguji suatu material adalah sebagai berikut :

1. *Tension Impact Test*

Spesimen yang digunakan tidak menggunakan *notch* (takik) akan tetapi spesimen tersebut dijepit pada kedua ujungnya dimana salah satunya adalah jepitan tetap. Sedangkan pada ujung yang lain diberi beban tarik secara kejut

2. Pengujian Pukul Takik (*Beam Impact Test*)

Pada pengujian ini menggunakan spesimen yang bertakik. Ada dua macam pembebanan, yaitu :

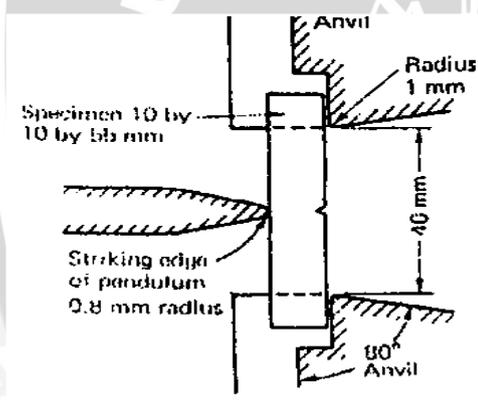
a. *Charpy Impact Test*

Pengujian ini menggunakan spesimen yang berbentuk balok segi empat dengan takikan (*notch*) di tengahnya. Beban pemukul terletak pada posisi vertikal dari spesimen sehingga tepat mengenai punggung *notch*.

b. *Izod Impact Test*

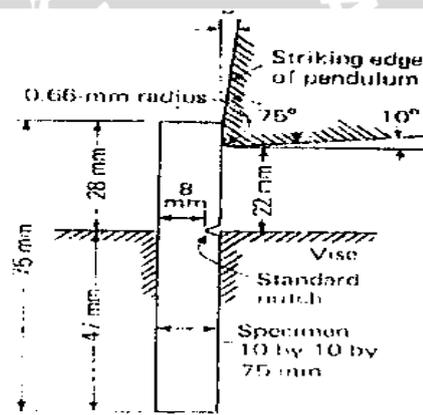
Pengujian ini dilakukan dengan jalan menjepit spesimen pada salah satu ujungnya secara vertikal dan tepat pada batas bibir *notch*, sedangkan beban *impact* bekerja secara horizontal pada bagian atas spesimen.

Posisi penempatan spesimen pada uji *impact charpy* dan *izod* dapat dilihat pada gambar 2.12 dan 2.13



Gambar 2.12 Penempatan spesimen pada uji *Charpy*

Sumber : Davis, 1982 : 233



Gambar 2.13 Penempatan spesimen pada uji *Izod*

Sumber : Davis, 1982 : 233

c. *Torsion Impact Test*

Prinsip kerjanya sama dengan *Tension Impact Test*, adapun perbedaannya terletak pada pembebanannya. Pada *Torsion Impact Test* beban kejut berupa torsi yang dikenakan pada salah satu ujungnya.

2.8.2 Rumus perhitungan

Energi atau usaha untuk mematahkan spesimen dapat dicari dari persamaan sebagai berikut (Verma, 1976 : 86) :

$$\begin{aligned}
 E' &= WH_1 - WH_2 \\
 &= W (H_1 - H_2) \\
 &= W (BC) \\
 &= W (AC - AB) \\
 &= W (R \cos \beta - R \cos \alpha) \\
 &= WR (\cos \beta - \cos \alpha) \dots \dots \dots (2-1)
 \end{aligned}$$

Dimana : E' = Energi untuk mematahkan spesimen [J]

m = Massa dari pendulum [kg]

W = Berat pendulum [N]

g = Percepatan gravitasi = $9,806 \text{ [ms}^{-2}\text{]}$

H_1 = Tinggi kedudukan awal pendulum [m]

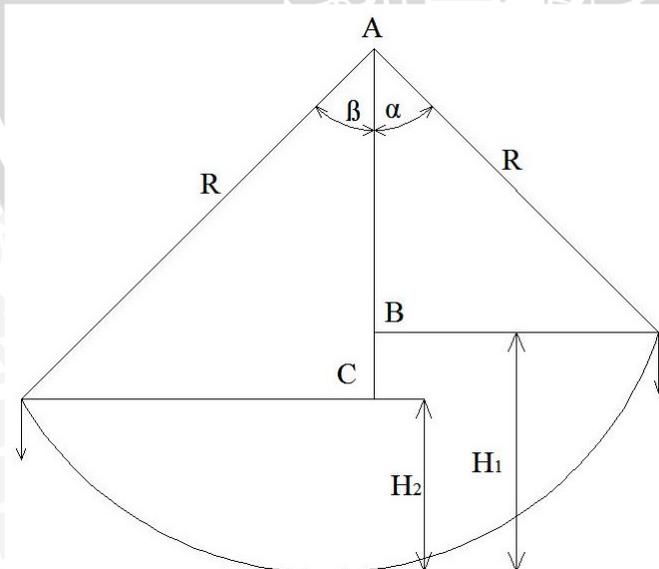
H_2 = Tinggi pendulum setelah mematahkan [m]

R = Panjang lengan pendulum [m]

α = Sudut simpangan awal [m]

β = Sudut simpangan akhir dengan beban [°]

Skema Charpy Impact Test dapat dilihat pada gambar 2.14 sebagai berikut :



Gambar 2.14 Skema *charpy impact test*

Sumber : Verma, 1976: 86

Kerugian energi dapat disebabkan karena gesekan dalam poros bantalan (Davis, 1964: 236). Energi gesekan dapat kita hitung melalui besarnya energi ayunan sebelum diletakkan di dudukan.

$$f = WR (\text{Cos } \beta_0 - \text{Cos } \alpha) \dots\dots\dots(2-2)$$

dimana : f = Energi gesekan [j]

β_0 = Sudut simpangan akhir tanpa beban [°]

Sehingga energi yang digunakan secara actual adalah :

$$E = E' - f \dots\dots\dots(2-3)$$

Bila energi ini kita bagi dengan luas penampang melintang dari patahan dibawah takikan maka akan kita dapatkan besarnya kekuatan *impact* atau disebut juga nilai pukul takik

$$A_k = \frac{E}{A} \dots\dots\dots(2-4)$$

Dimana : A_k = Kekuatan *impact* atau nilai pukul takik [$\text{j} \cdot \text{mm}^{-2}$]

E = Energi patahan secara actual [j]

A_0 = Luas penampang batang lintang dibawah takikan [mm^2]

2.9 Hipotesa

Pada proses pengelasan *Stainless steel* menggunakan las *TIG*, dimana dengan semakin meningkatnya arus akan mempengaruhi kekuatan *impact* hasil lasan, karena semakin meningkatnya arus panas yang dihasilkan, diharapkan panas yang dihasilkan dapat merata sehingga pendinginannya berlangsung lebih lambat yang pada akhirnya dapat meningkatkan kekuatan *impact*nya.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis metode penelitian experimental nyata (*Real Experimental Research*)

3.2 Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di beberapa tempat antara lain :

1. Departemen VEDC Malang tempat dilakukannya pengelasan
2. Laboratorium pengujian bahan jurusan teknik mesin fakultas teknik Institut Teknologi Nasional Malang

3.3 Variabel Penelitian

3.3.1 Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan sebelum penelitian. Dalam penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah besar arus pengelasan yaitu 80A, 100A, 120A, 140A, 160A

3.3.2 Variabel terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang besarnya tergantung pada variabel bebas yang diberikan. Adapun variabel terikat dalam penelitian ini adalah kekuatan *Impact*

3.3.3 Variabel terkontrol

Variabel terkontrol merupakan variabel yang besarnya selalu dijaga untuk mendukung penelitian. Adapun variabel terkontrol dalam penelitian ini adalah :

- Diameter elektroda 2,6 mm
- Aliran gas argon 5 liter/menit
- Filler metal ER 308R, diameter *filler rod* 2,6 mm
- Jenis sambungan yang digunakan adalah bentuk V tunggal
- Tegangan yang digunakan 12 V
- Ketebalan bahan baja tahan karat *austenite* 10 mm

3.4 Bahan dan Alat Penelitian

3.4.1 Bahan, elektroda dan logam pengisi

Dalam perencanaan pengelasan yang pertama kali diperhatikan adalah jenis bahan atau logam las yang akan dilas. Karena jenis logam yang akan dilas ini menentukan jenis pengelasan yang akan digunakan, kawat las dan parameter pengelasan lainnya. Dalam penelitian ini bahan yang akan digunakan adalah baja tahan karat type 304 (baja tahan karat *austenite*). Karena baja ini memiliki sifat – sifat yang baik seperti tahan korosi pada suhu tinggi dan suhu rendah, tahan terhadap oksidasi dan mempunyai kekuatan yang tinggi pada peningkatan temperature, yang mana mempunyai komposisi kimianya pada tabel 3.1 :

Tabel 3.1. Kandungan unsur kimia *austenitic stainless steel* 304

Material <i>Stainless Steel Austenitic</i>	Chemical Composition, %										
	Si	P	Ca	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	La	Os
304	0,65	0,21	0,18	0,03	17,8	2,15	70,71	7,41	0,64	0,08	0,1

Sumber : Berdasarkan hasil pengujian di UM Malang

Adapun elektroda yang digunakan pada pengelasan ini adalah elektroda *tungsten* 2% kromium (AWS grade EW Th – 2)

Sedangkan logam pengisi atau kawat las yang akan digunakan adalah kawat las AWS tipe E 308R (sesuai dengan bahan yang dilas). Diameter kawat las yang digunakan adalah 2,6 mm sesuai dengan tebal pelat yang akan dilas.

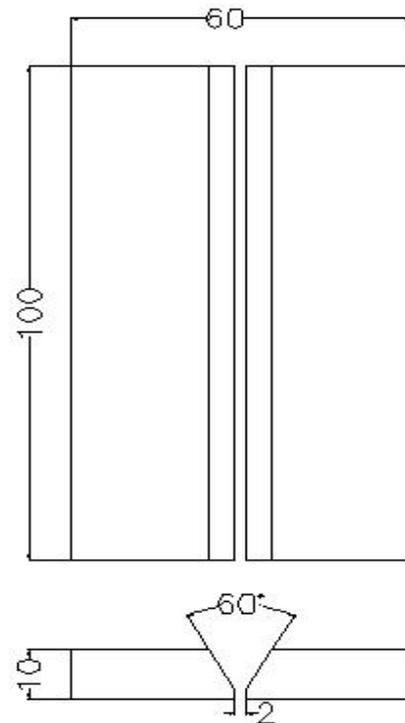
3.4.2 Ukuran spesimen yang akan dilas

Ukuran specimen yang akan dilas, gambar 3.1 adalah sebagai berikut :

-Panjang : 100 mm

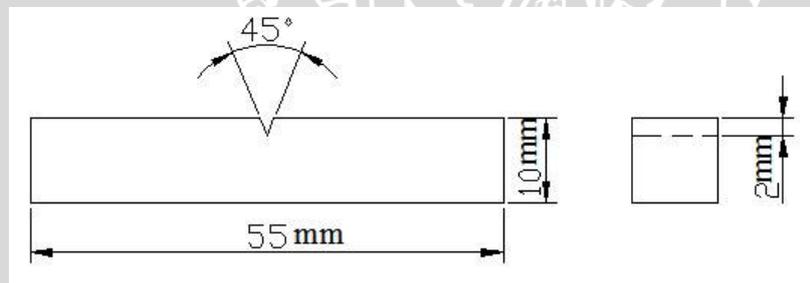
-Lebar : 60 mm

-Tebal : 10 mm



Gambar 3.1 Specimen yang akan dilas
Sumber : Kampuh V (Sonawan, 2004)

3.4.3 Dimensi benda kerja impact



Gambar 3.2 Spesimen uji *Impact*

Sumber : *Annual Book Of ASTM Standards: E23*

3.5 Rancangan Penelitian

Model rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan model klasifikasi satu arah dengan masing – masing perlakuan variasi dilakukan replikasi sebanyak lima kali. Untuk menyelesaikannya digunakan analisa variasi satu arah dimana akan dihitung pengaruh dari kuat arus pengelasan. Denah percobaan dapat dilihat pada table 3.2 berikut ini.

Tabel 3.2 Tabel rancangan

Perulangan	Kuat Arus (A)				
	80A	100A	120A	140A	160A
1	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}
2	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{24}	X_{25}
3	X_{31}	X_{32}	X_{33}	X_{34}	X_{35}
Jumlah	$\sum X_1$	$\sum X_2$	$\sum X_3$	$\sum X_4$	$\sum X_5$
Nilai rata-rata	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5

3.6 Prosedur Penelitian

Langkah – langkah penelitian yang diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memotong pelat sesuai dengan yang direncanakan
2. Ujung – ujung pelat yang akan dilas dibuat kampuh sesuai dengan model yang telah direncanakan.
3. Sebelum dilas, dibersihkan dulu dari kotoran dan minyak.
4. Kedua pelat yang akan dilas disetel (fit – up) agar dalam pengelasan tidak terjadi pergeseran akibat panas pengelasan.
5. Dilas sesuai dengan besar arus yang telah ditetapkan.
6. Setelah pengelasan selesai dilanjutkan dengan memotong pelat yang sudah dilas tersebut sesuai dengan ukuran specimen yang akan digunakan untuk pengujian impact.
7. Terakhir yaitu melakukan pengujian terhadap hasil pengelasan tersebut yaitu uji impact kemudian hasil yang didapat dari hasil pengujian tersebut diolah untuk ditarik suatu kesimpulan dari penelitian tersebut.

3.7 Rencana Analisis Data

Data yang diperoleh akan dianalisis secara statistik dengan metode analisa varian satu arah, dimana akan dihitung :

Kekuatan *impact* rata – rata dari specimen yang telah mengalami proses pengelasan dinotasikan sebagai $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4, \mu_5$ maka hipotesa dari penelitian dapat ditulis dengan

H_0 : $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 \dots \mu_5$ (Variasi variabel bebas tidak berpengaruh terhadap variabel terikat)

H_1 : $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \dots \mu_5$ (Variasi variabel bebas berpengaruh terhadap variabel terikat)

3.7.1 Analisa varian

Rumus – rumus yang digunakan dalam analisa varian satu arah

- Jumlah seluruh perlakuan

- $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}$

- Jumlah seluruh kuadrat perlakuan

- $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y^2_{ij}$

- Faktor koreksi (FK)

- $FK = \frac{\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k ij \right]^2}{\sum ni}$

- Jumlah kuadrat total (JKT)

- $JKT = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y^2_{ij} - FK$

- Jumlah kuadrat perlakuan (JKP)

- $JKP = \frac{\sum_{j=1}^k \left(\sum_{i=1}^n Y_{ij} \right)^2}{n} - FK$

EMBED Equation. 3 $\left[\frac{\sum_{j=1}^k \left(\sum_{i=1}^n Y_{ij} \right)^2}{n} - FK \right]$

- FK

- Jumlah kuadrat galat (JKG)

- $JKG = JKT - JKP$

- Kuadrat tengah perlakuan (KTP)

- $KTP = \frac{JKP}{K - 1}$

- Kuadrat tengah galat (KTG)

- $KTG = \frac{JKG}{n - k}$



- Nilai F_{hitung}

$$\circ F_{hitung} = \frac{KTP}{KTG}$$

Tabel 3.3 Tabel analisis varian satu arah

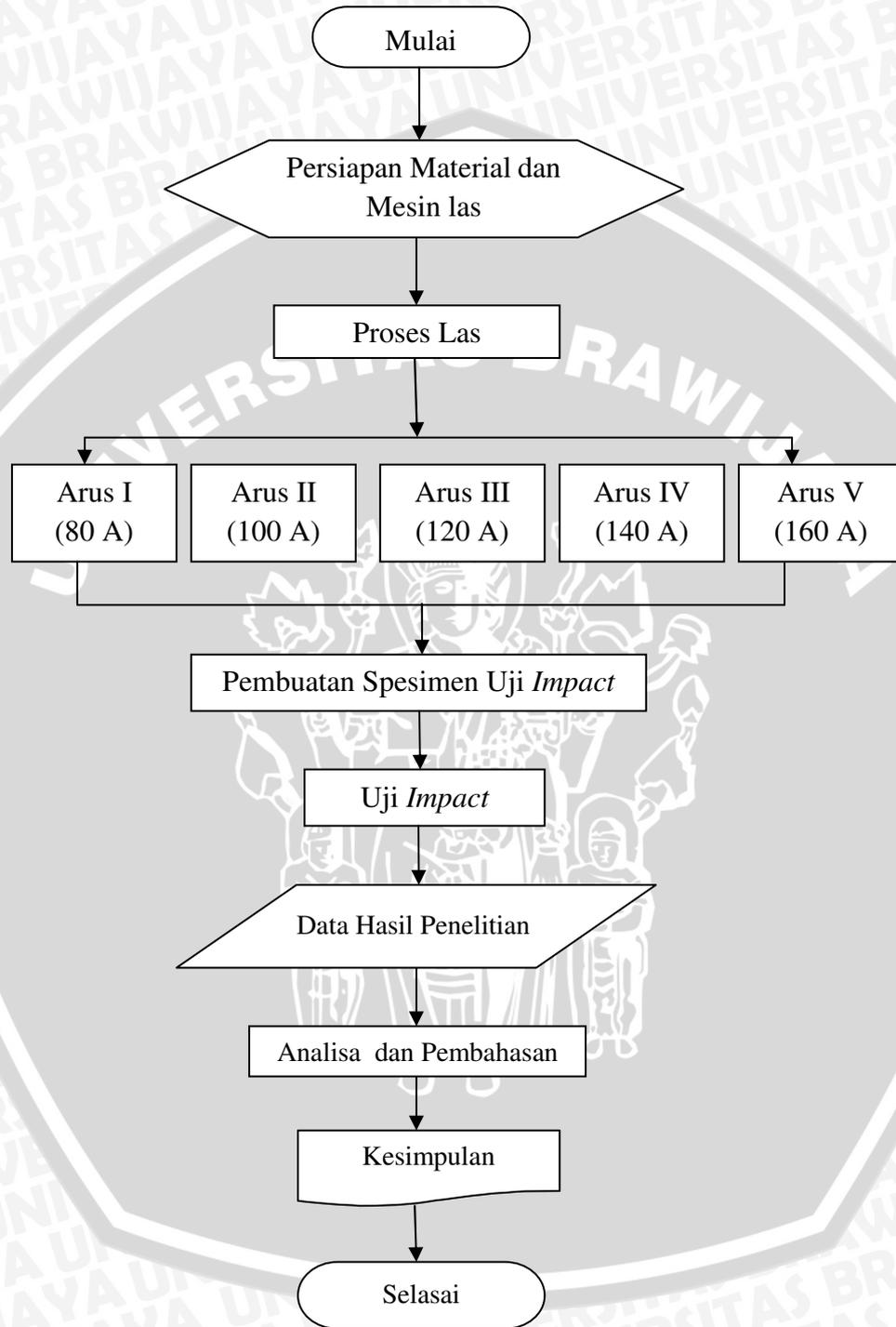
Sumber Varian	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat rata-rata	F_{hitung}	F_{tabel}
Perlakuan (Kategori)	k-1	$JKP = \frac{\sum_{j=1}^k \left[\sum_{i=1}^n y_{ij} \right]^2}{ni} - fk$	$KTP = \frac{JKP}{k-1}$	$F_{hitung} = \frac{KTP}{KTG}$	F_{tabel}
Galat	n-k	$KTG = \frac{JKG}{n-k}$	$KTG = \frac{JKG}{n-k}$		
Total	n-1	$JKT = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 - fk$			

Sumber: Pengantar statistika, Walpole: 387

Pengujian ada tidaknya pengaruh perlakuan adalah dengan membandingkan F_{hitung} dengan F_{tabel} (tabel 3.3)

1. Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ artinya H_0 ditolak, ini menyatakan ada perbedaan yang berarti antar perlakuan.
2. Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ artinya H_0 diterima, ini menyatakan bahwa tidak ada perbedaan yang berarti antar perlakuan.

3.8 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.3 Gambar diagram alir penelitian



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

Dari penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan variasi besar arus listrik terhadap kekuatan *impact* pada proses pengelasan, didapatkan data-data kekuatan *impact* yang mengacu pada rumus perhitungan yang telah diterangkan pada bab terdahulu. Untuk memberikan tingkat ketelitian pengujian maka pengambilan data kekuatan *impact* dilakukan sebanyak tiga kali untuk setiap perlakuan.

Dari mesin uji *impact charpy* yang digunakan, diketahui

Panjang lintasan pendulum (R) : 0,75 m

Berat pendulum (W) : 257,94 N

Luas penampang spesimen dibawah takikan (Ao) : 80 mm²

Sudut simpangan awal (α) : 90^o

Sudut simpangan akhir tanpa beban(β) : 89^o

Kemudian melalui pengujian *impact*, diperoleh data sudut simpangan akhir dengan beban (β) dapat dilihat pada tabel 4.1 sebagai berikut :

Tabel 4.1. Sudut simpangan akhir dengan beban untuk berbagai variasi arus

Arus	80A	100A	120A	140A	160A
1	5 ^o	5 ^o	5 ^o	6 ^o	5 ^o
2	34 ^o	15 ^o	15 ^o	10 ^o	15 ^o
3	37 ^o	35 ^o	22 ^o	11 ^o	15 ^o

Contoh perhitungan kekuatan *impact* tanpa perlakuan panas ($I = 80A, \beta = 5^\circ$)

- o Energi untuk mematahkan spesimen (E')

$$\begin{aligned}
 E' &= WR (\text{Cos } \beta - \text{Cos } \alpha) \\
 &= (257,94)(0,75)(\text{Cos } 5 - \text{Cos } 90) \\
 &= (193,455) (0,9961) \\
 &= 192,681 \text{ J}
 \end{aligned}$$

- Kerugian energi pada alat (f)

$$f = WR (\cos \beta_0 - \cos \alpha)$$

$$= (257,94)(0,75)(\cos 89 - \cos 90)$$

$$= (193,455) (0,01745)$$

$$= 3,376 \text{ J}$$
- Energi aktual untuk mematahkan spesimen (E)

$$E = E' - f$$

$$= 192,681 - 3,3763$$

$$= 189,305 \text{ J}$$
- Kekuatan *impact* (A_k)

$$A_k = E/A$$

$$= \frac{189,305}{80}$$

$$= 2,3663 \text{ J/mm}^2$$

Untuk specimen lainnya, hasil perhitungan kekuatan *Impact* dapat dilihat dalam tabel 4.2

Tabel 4.2 Data kekuatan *impact*

Pengu- langan	Arus (A)				
	80A	100A	120A	140A	160A
Kekuatan <i>Impact</i> (J/mm ²)					
1	2,3663	2,3663	2,3663	2,3627	2,3663
2	1,9624	2,2937	2,2937	2,3445	2,2937
3	1,8875	1,9385	2,1999	2,3315	2,2937
Σ	6,2162	6,5985	6,8599	7,0387	6,9537
Rata-rata	2,0721	2,1995	2,2866	2,3462	2,3179

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Data analisis statistik varian satu arah

Analisa varian satu arah digunakan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh variasi kuat arus terhadap kekuatan *Impact* (tabel 4.3). Harga variabel terikat dianggap sebagai $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4, \mu_5$. Sehingga hipotesis penelitian dapat ditulis sebagai berikut:

$H_1 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$ tidak ada pengaruh nyata variasi kuat arus terhadap kekuatan *impact austenitic stainless steel*.

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$ ada pengaruh nyata variasi kuat arus terhadap kekuatan *impact austenitic stainless steel*

Tabel 4.3 Pengaruh kuat arus terhadap kekuatan *impact*

KuatArus (A)	Perlakuan	Kekuatan <i>Impact</i> (J/mm ²)	
		X	X ²
80	1	2,3663	5,59937569
	2	1,9624	3,85101376
	3	1,8875	3,56265625
Σ		6,2162	38,64114244
100	1	2,3663	5,59937569
	2	2,2937	5,26105969
	3	1,9385	3,75778225
Σ		6,5985	43,54020225
120	1	2,3663	5,59937569
	2	2,2937	5,26105969
	3	2,1999	4,83956001
Σ		6.8599	47,05822801
140	1	2,3627	5,58235129
	2	2,3445	5,49668025
	3	2,3315	5,43589225
Σ		7,0387	49,54329769
160	1	2,3663	5,59937569
	2	2,2937	5,26105969
	3	2,2937	5,26105969
Σ		6,9537	48,35394369

Rumus-rumus yang digunakan dalam analisis varian satu arah:

- Jumlah Seluruh Perlakuan

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} = 6,2162 + 6,5985 + 6,8599 + 7,0387 + 6,9537 = 33,667$$

- Jumlah Kuadrat Seluruh Perlakuan

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y^2_{ij} = 38,64114244 + 43,54020225 + \dots + 48,35394369 = 227,1368141$$

- Faktor Koreksi (Fk):

$$FK = \frac{\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k ij \right]^2}{\sum ni} = \frac{(33.667)^2}{3.5} = 75,564,459$$

- Jumlah Kuadrat Total (JKT) :

$$JKT = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y^2_{ij} - FK = 227,1368141 - 75,564459 = 151,5723551$$

- Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP) :

JKP

=

$$\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y^2_{ij} - FK}{ni} = \frac{151,5723551 - 75,564459}{3} = 33,1766775$$

- FK

$$= \left[\frac{(6,2162)^2}{3} + \frac{(6,5985)^2}{3} + \dots + \frac{(6,9537)^2}{3} \right] - 75,564459 =$$

33,1766775

- Jumlah Kuadrat Galat (JKG) :

$$JKG = JKT - JKP = 151,5723551 - 33,1766775 = 118,3956776$$

- Kuadrat Tengah Perlakuan (KTP) :

$$KTP = \frac{JKP}{K - 1} = \frac{33,1766775}{4 - 1} = 11,0588925$$

- Kuadrat Tengah Galat (KTG) :

$$KTG = \frac{JKG}{k(n - 1)} = \frac{118,3956776}{5(3 - 1)} = 11,83956776$$

- F Hitung :

$$F_{hitung} = \frac{KTP}{KTG} = \frac{11,0588925}{11,83956776} = 93,406224$$

Kriteria pengujian (uji satu arah)

$$\alpha = 0,05 ; k = 5 ; n = 3$$

$$v_1 = k - 1 = 5 - 1 = 4$$

$$v_2 = k (n - 1) = 5 (3 - 1) = 10$$

$$F_{\text{tabel}} (0,05;4;10) = 3,48 \text{ (tabel F)}$$

Tabel 4.4 Tabel analisis varian satu arah

Sumber Varian	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat rata-rata	F _{hitung}	F _{tabel}
Perlakuan	4	33,1766775	11,0588925	93,406224	3,48
Galat	10	118,3956776	11,83956776		
Total	14	151,5723551			

Berdasarkan hasil perhitungan terlihat bahwa $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$ (tabel 4.4), maka H_0 ditolak dan H_1 diterima yang berarti ada pengaruh kuat arus pada pengelasan terhadap kekuatan *impact* pada *stainless steel*

4.2.2 Analisa regresi

Analisa statistic ini digunakan untuk mengetahui hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat dari data yang diperoleh. Pada analisis ini digunakan persamaan regresi polynomial dengan persamaan umum sebagai berikut :

$$Y = b_0 + b_1X + b_2X^2$$

Berdasarkan data hasil pengujian kekuatan *impact* maka didapat harga koefisien regresi sebagai berikut:

$$Y = -6E-05x^2 + 0,017x + 1,038$$

Keterangan :

Y = kekuatan *impact*

X = kuat arus yang digunakan

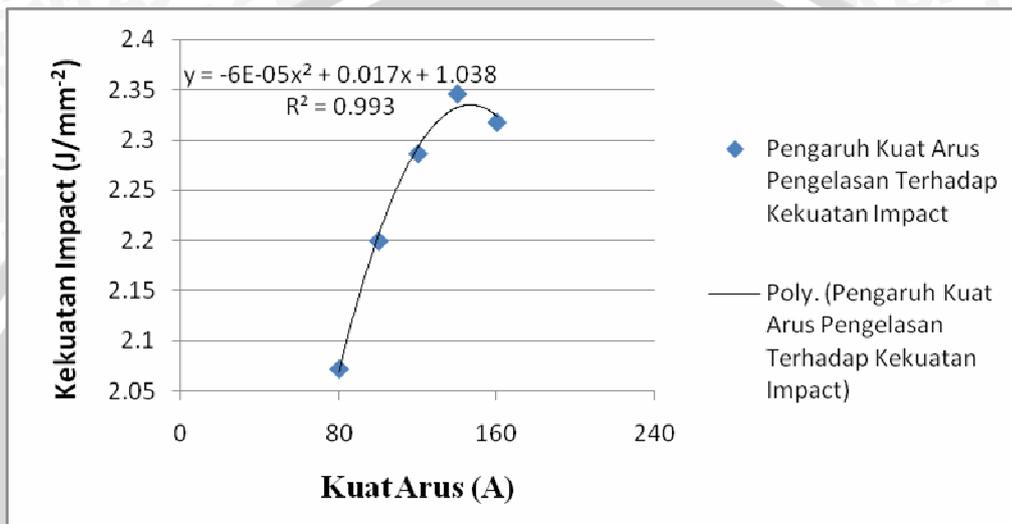
Sedangkan koefisien korelasi yang didapatkan adalah :

$$R^2 = 0,79$$

4.3 Pembahasan

4.3.1 Analisis grafik hubungan kuat arus dengan kekuatan *impact*

Dari data – data yang ada maka dapat dibuat grafik yang menunjukkan hubungan kuat arus dengan kekuatan *impact*, sehingga kita dapat mengetahui dengan jelas hubungan yang terjadi.



Gambar 4.1 Grafik hubungan pengaruh kuat arus terhadap kekuatan *impact*

Pada grafik 4.1 diatas yang mengikuti *tren* parabolik, dimana kekuatan *impact* yang terjadi mempunyai kecenderungan yang semakin meningkat seiring dengan semakin besarnya arus pengelasan yang digunakan yang terjadi sampai titik maksimum lalu grafiknya akan turun kembali.

Untuk grafik diatas, kekuatan *impact* semakin meningkat dengan kenaikan arus pengelasan hingga mencapai titik maksimum yaitu 140 (A), dimana didapatkan kekuatan *impact* rata – rata 2,3462 (J/mm²). Setelah mencapai nilai kekuatan *impact* maksimum maka dengan meningkatnya arus pengelasan, kekuatan *impact* yang terjadi semakin menurun.

Adanya perubahan nilai kekuatan *impact* tersebut disebabkan oleh perbedaan siklus termal. Dimana siklus termal proses pengelasan adalah proses pemanasan dan pendinginan didaerah lasan. Dengan pemberian panas pada suatu logam, logam mula – mula berada pada temperatur ruang, temperturnya akan naik hingga mencapai temperatur puncak dan kemudian turun kembali ke temperatur semula. Lamanya

pendinginan dalam suatu daerah temperatur tertentu dari suatu siklus termal yang sangat mempengaruhi kualitas hasil sambungan las. Struktur mikro dan sifat mekanik dari daerah *HAZ* sebagian besar tergantung pada lamanya pendinginan. yang terjadi pada waktu pengelasan karena perbedaan jumlah masukan panas yang dihasilkan. Pada arus pengelasan yang lebih rendah seperti pada arus 80 (A), masukan panas yang dihasilkan lebih rendah dan belum cukup menyebarkan panas secara merata, sehingga pendinginannya berlangsung cepat. Dengan adanya pendinginan cepat maka struktur logam las yang terbentuk adalah struktur yang rapuh sehingga ketika dilakukan pengujian *impact*, diperoleh nilai kekuatan *impact* yang rendah.

Bila arus pengelasan dinaikkan terus sampai pada 140 (A) ternyata pada arus tersebut akan memberikan nilai kekuatan *impact* yang tertinggi. Hal itu disebabkan karena jumlah masukan panas pada arus ini tinggi dan akan menyebar secara merata sehingga pendinginannya berlangsung lebih lambat. Akibat proses pendinginan lambat, struktur yang diperoleh akan lebih ulet sehingga ketika dilakukan pengujian *impact* akan diperoleh nilai kekuatan *impact* yang besar.

Pada arus pengelasan semakin tinggi seperti pada arus 160 (A), justru menyebabkan penurunan nilai kekuatan *impact*. Hal ini disebabkan karena masukan panas yang dihasilkan semakin berlebihan sehingga kecenderungannya memberikan sifat penetrasi yang lebih menonjol dan karena jumlah panas yang terlalu tinggi akan menyebabkan karbon bergabung dengan kromium membentuk karbid khrom. Karbit khrom ini kemudian mengendap dibatas – batas butir karena adanya endapan ini akan menyebabkan penurunan kekuatan *impact*

Dari pengolahan data diatas menunjukkan bahwa besar arus mempengaruhi kenaikan kekuatan *impact*. Hal ini disebabkan dengan semakin besarnya arus maka panas yang dihasilkan untuk mencairkan elektroda semakin bertambah.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian tentang pengaruh kuat arus terhadap kekuatan *impact* pada baja *Stainless Steel* maka dapat disimpulkan :

Pada kuat arus 80 (A) dengan kekuatan *impact* rata – rata 2,0721 (J/mm²) memiliki kekuatan *impact* yang paling rendah karena masukan panas yang dihasilkan lebih rendah dan belum cukup menyebarkan panas secara merata, sehingga pendinginannya berlangsung cepat. Sedangkan pada kuat arus 140 A dengan kekuatan *impact* rata – rata 2,3462 (J/mm²) memiliki nilai kekuatan *impact* maksimum dimana jumlah masukan panas pada arus ini tinggi dan akan menyebar secara merata sehingga pendinginannya berlangsung lebih lambat. Akibat proses pendinginan lambat, struktur yang diperoleh akan lebih ulet sehingga ketika dilakukan pengujian *impact* akan diperoleh nilai kekuatan *impact* yang besar. Namun pada kuat arus 160 A dengan kekuatan *impact* rata – rata 2,3179 (J/mm²) kekuatan *impact*nya menurun yang disebabkan karena jumlah masukan panas yang terlalu tinggi akan menyebabkan karbon bergabung dengan kromium membentuk karbid khrom. Karbit khrom ini kemudian mengendap dibatas – batas butir karena adanya endapan ini akan menyebabkan penurunan kekuatan *impact*

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan analisis lebih lanjut pada struktur mikro daerah pengaruh panas (*HAZ*) pada *austenitic stainless steel* terutama pembentukan karbid khromnya.
2. Perlu dikembangkan lagi pengaruh variasi tebal plat terhadap pengujian mekanis yang lain

DAFTAR PUSTAKA

Annual Book of ASTM Standars. 1982. *Metal-Physical, Mechanical, Corrosion Testing*. Philadelphia: ASTM

ASM Handbook. 2000. *Mechanical Testing and Evaluation Vol 8*. Philadelphia : ASTM

Bowditch William A & Bowditch Kevin E. 1984. *Modern Welding*, Publishers: The Good Heart-Will Cox Company Inc.

Cary, Howard B. 1993. *Modern Welding Technology*, New Jersey: Prentice-Hall.

Harner E. Davis, *The Testing of Engineering Material*, Mc Graw Hill, New York.

Kou, Sindo. 2003. *Welding Metalurgy*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Malau, V., 2003, *Diktat Kuliah Teknologi Pengelasan Logam*, Yogyakarta.

Pranoto, Bardji Hadi. 1992. *Teori Dasar Pengujian Logam*. Malang : Universitas Brawijaya.

Ronald E. Walpole. 1995. *Pengantar Statistika*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.

Sabo, Richard S. 1973. *The Procedure Hand Book of Arc Welding*. Ohio : The Lincoln Electric Company

Stainless Steel Grade 304/1.4301. [http://www.aalco.co.uk/technical/data sheet/aalcodata sheet st-st-304.pdf](http://www.aalco.co.uk/technical/data%20sheet/aalcodata%20sheet%20st-st-304.pdf).

Suharto. 1992. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta : PT Rineka Cipta.

Supardi, E., 1996, *Pengujian Logam*, Angkasa, Bandung.

Sonawan, H., Suratman, R., 2004, *Pengantar Untuk Memahami Pengelasan Logam*, Alfa Beta, Bandung.

Tata Surdia dan Shinroku Saito. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*, Jakarta: PT. Pradnya Paramita.

Tri Agus Susanto. 2002. *Pengaruh Kuat Arus Terhadap Laju Korosi Pada Pengelasan SMAW*. Skripsi tidak dipublikasikan.

Verma, ER. CL. 1976. *Strength of Materials*. New Delhi

Welding Of Stainless Steel. <http://content.lincolnelectric.com/pdfs/products/literature>

Widharto, Sri. 2003. *Petunjuk Kerja Las*, Jakarta: PT. Pradnya Paramita.

Wiryosumarto, Harsono & Toshie Okumura. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*, Jakarta: PT. Pradnya Paramita.

Y. H. Kim, G. S. Frankel, J. C. Lippold, G. Guaytima. 2006. *Development of a Chromium-Free Consumable for Austenitic Stainless Steels-Part 1: Monel(Alloy 400) Filler Metal*.



Lampiran 1. Persiapan pengelasan



(A)



(B)



(C)



(D)

Keterangan :

A. Gambar spesimen sebelum pengelasan

B. Mesin las PANA TIG WP 300 yang digunakan

C. *Filler metal* ER308

D. Gambar dimana ujung kiri dan kanan di titik untuk membuat jarak pada kolom las

Lampiran 2. Prosedur Penelitian



(A)



(B)



(C)



(D)

Keterangan :

- Gambar alat untuk mengukur besarnya arus yang digunakan pada las TIG.
- Parametr untuk melihat besarnya arus yang digunakan pada mesin las TIG, keadaan mesin las telah hidup, dan elektroda wolfram yang telah bersentuhan dengan material yang akan dilas.
- Gambar untuk mengukur besarnya tegangan (voltase) yang keluar dengan menggunakan Tang Amper.
- Gambar proses pengelasan

Lampiran 3. Benda uji setelah mengalami pengelasan, penghalusan dan pembuatan takik



(A)



(B)



(C)



(D)



(E)

Keterangan :

- A. Besar Arus 80 (A)
- B. Besar Arus 100 (A)
- C. Besar Arus 120 (A)
- D. Besar Arus 140 (A)
- E. Besar Arus 160 (A)

Lampiran 4. Pengujian Impact



Gambar mesin uji *impact*



Lampiran 5. Benda uji setelah mengalami kekuatan *impact*



(A)



(B)



(C)



(D)



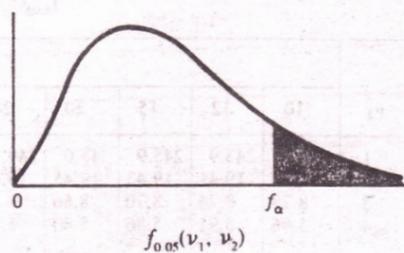
(E)

Keterangan :

- A. Besar Arus 80 (A)
- B. Besar Arus 100 (A)
- C. Besar Arus 120 (A)
- D. Besar Arus 140 (A)
- E. Besar Arus 160 (A)

Lampiran 6. Tabel Nilai Kritik Sebaran F

TABEL A.7
Nilai Kritik Sebaran F



ν_2	ν_1								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.17	2.09	2.02	1.96
∞	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88

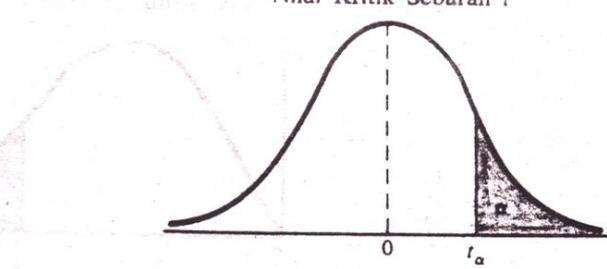
*Direproduksi dari Tabel 18 *Biometrika Tables for Statisticians*, Vol. I, dengan izin dari E. S. Pearson dan Biometrika Trustees.

Tabel nilai kritik sebaran F

Sumber: Wapole, 1992: 473

Lampiran 7. Tabel Nilai Kritik Sebaran t

TABEL A.5*
Nilai Kritik Sebaran t



ν	α				
	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005
1	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012
14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947
16	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921
17	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898
18	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878
19	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861
20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845
21	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831
22	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819
23	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807
24	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797
25	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787
26	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779
27	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771
28	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763
29	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756
inf.	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576

*Tabel diambil dari Tabel IV R. A. Fisher. *Statistical Methods for Research Workers*. Oliver & Boyd Ltd., Edinburgh, dengan izin pengarang dan penerbit.

Tabel nilai kritik sebaran t

Sumber: Wapole, 1992: 471

Lampiran 8. Komposisi Baja Stainless Steel 304 (Pengujian di UM)

25-Jun-2009 13:47:13

Sample results

Page 1

Sample ident
SS 304 (ANRE GATOT; ANDI HAKIM)

Application	<Standardless>
Sequence	1 of 1
Measurement time	25-Jun-2009 13:44:32
Position	1

Compound	Si	P	Ca	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	La	Os
Conc	0.65	0.21	0.18	0.03	17.8	2.15	70.71	7.40	0.64	0.08	0.1
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%

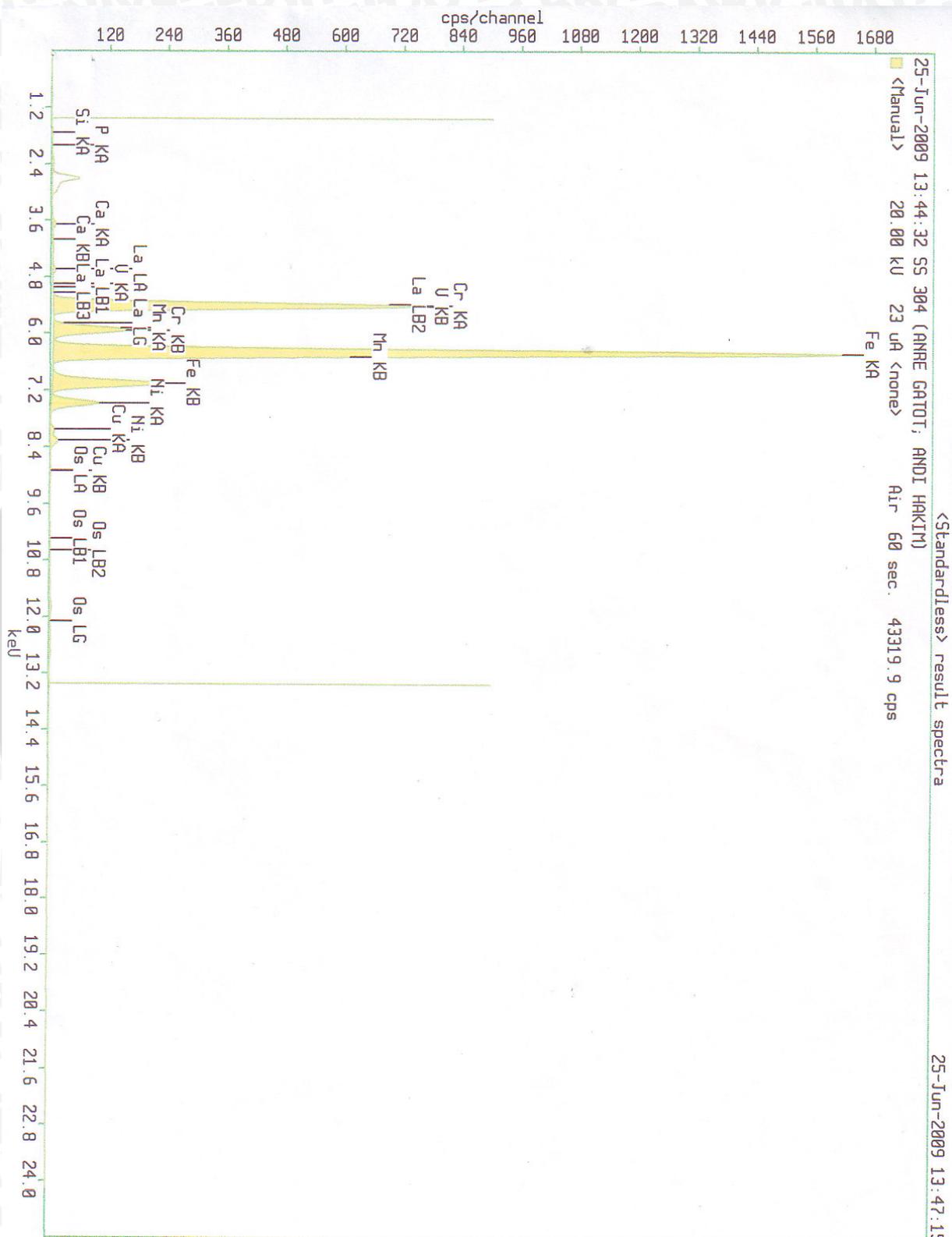


Mulyo, 29-6-2009
Kalah. Fisika

Abdulloh Fuad.



Lampiran 8. Komposisi Baja Stainless Steel 304 (Lanjutan)



Lampiran 9. Surat Keterangan VEDC Malang



Jl. Teluk Mandar, Arjosari, Tromol Pos 5 Malang
Telp. (0341) 491239 – 495849, Fax (0341) 491342
e-mail: vedcmalang@vedcmalang.or.id.

SURAT KETERANGAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Drs. Sukaini
NIP : 131 413 439
Jabatan : Kepala Departemen Teknologi Pengerjaan Logam
PPPPTK / VEDC Malang

menerangkan bahwa ,

Nama : Andre Gatot
NIM : 0410623008
Jabatan : Mahasiswa Teknik Mesin
Fakultas Teknik – Universitas Brawijaya Malang

Mahasiswa tersebut diatas telah melaksanakan pengelasan Stainless Steel SUS 304 pada Departemen Teknologi Pengerjaan Logam (TPL) PPPPTK/VEDC Malang, berkaitan dengan penyelesaian skripsi dengan judul “ Pengaruh Kuat Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Impact Hasil Pengelasan Tungsten Inert Gas (TIG) pada Stainless Steel “.

Demikian surat keterangan ini diberikan untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Malang, 7 Agustus 2009
Kepala Departemen TPL



Drs. Sukaini
NIP. 131 413 439

**Lampiran 10. Surat Keterangan Penelitian Laboratorium Pengujian Material ITN
Malang**



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI JURUSAN TEKNIK MESIN
LABORATORIUM PENGUJIAN MATERIAL
Jl. Raya Karanglo Km. 2 Telp. (0341) 417636 Ext. 511 Malang

SURAT KETERANGAN PENELITIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ir. H. Basuki Widodo, MT
Jabatan : Kepala Laboratorium Pengujian Material /
Metallografi

Menerangkan bahwa mahasiswa tersebut :

Nama : Andre Gatot.
Nim : 0410623008
Jurusan/Fakultas : Teknik Mesin S-1
Universitas Brawijaya Malang

Telah melakukan penelitian (*Uji Impact dengan judul skripsi Pengaruh Kuat arus Pengelasan terhadap Kekuatan Impact hasil pengelasan Tungsten Inert Gas (TIG) pada Stainless steel*).

Di Lab. Pengujian Material / Metallografi, pada tanggal 26 Agustus 2009.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.



Malang, 12 November 2009

Kepala Laboratorium

Ir. H. Basuki Widodo, MT

NIP Y : 1018100037