



**PENGARUH VARIASI ARUS PADA PENGELASAN GMAW
TERHADAP KEKUATAN DAN KEKERASAN BAJA ST60**

SKRIPSI

ABDUL LUTDFI PRATAMA

NPM 16650071

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS PGRI SEMARANG**

2020



**PENGARUH VARIASI ARUS PADA PENGELASAN GMAW
TERHADAP KEKUATAN DAN KEKERASAN BAJA ST60**

SKRIPSI

**Diajukan kepada Fakultas Teknik dan Informatika
Universitas PGRI Semarang untuk Memenuhi Salah Satu
Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

ABDUL LUTDFI PRATAMA

NPM 16650071

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS PGRI SEMARANG**

2020

SKRIPSI

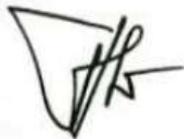
**PENGARUH VARIASI ARUS PADA PENGELASAN GMAW
TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN KEKERASAN BAJA ST60**

Disusun dan diajukan oleh

**ABDUL LUTDFI PRATAMA
NPM 16650071**

Telah disetujui oleh pembimbing untuk dilanjutkan di
hadapan Dewan penguji

Pembimbing I,



(Drs. Slamet Supriyadi, M.Env.St)
NIP. 195912281986031003

Pembimbing II,



(Hisam Ma'mun, S. T., M. T.)
NIP. 198310152015041002

SKRIPSI

**PENGARUH VARIASI ARUS PADA PENGELASAN GMAW
TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN KEKERASAN BAJA ST60**

Disusun dan di ajukan oleh

ABDUL LUTDFI PRATAMA

NPM 16650071

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Pada tanggal 21 Oktober 2020

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji

Ketua,



Drs. Slamet Supriyadi, M.Env.St

NIP. 195912281986031003

Penguji I,



Drs. Carsoni, S.T.,M.T

NIP. 195712061983031002

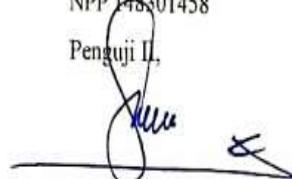
Sekretaris,



Aan Burhanudin, S.T., M.T

NPP 148301458

Penguji II,



Ir Suheli, M.T

NPP 155010057



Penguji III,

Drs. Slamet Supriyadi, M.Env.St

NIP. 195912281986031003

MOTO DAN PERSEMBAHAN

Moto:

1. Jadilah orang yang dermawan tapi jangan menjadi pemboros. Jadilah orang yang hidup sederhana, tetapi jangan menjadi orang yang kikir (Ali Bin Abi Thalib).
2. Dunia ini ibarat bayangan. Kalau kau berusaha menangkapnya, ia akan lari. Tapi kalau kau membelakanginya, ia tak punya pilihan selain mengikutimu (Ibnu Qayyim Al Jauziyyah).

Persembahan:

Kupersembahkan skripsi ini untuk:

1. Bapak ibuku tercinta.
2. Adik yang memberikan dukungan dan doa
3. Teman-teman satu Angkatan.
4. Almamaterku Universitas PGRI Semarang.

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Abdul Lutdfi Pratama
NPM : 15650071
Progdi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik dan Informatika

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya buat ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan plagiarisme.

Apabila pada kemudian hari skripsi ini terbukti hasil plagiarisme, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Semarang, 21 Oktober 2020

yang membuat pernyataan



Abdul Lutdfi
Abdul Lutdfi Pratama

NPM 16650071

ABSTRAK

Berkembangnya dunia industri yang semakin maju tidak dapat dipisahkan dengan proses pengelasan. Pengelasan merupakan teknik menyambung dua logam atau lebih dengan memanfaatkan energi panas untuk mencairkan logam induk. Dalam pengelasan banyak faktor yang mempengaruhi salah satunya adalah kuat arus pengelasan. Studi kekuatan dan kekerasan pada sambungan las telah ditentukan pada plat baja ST60 tebal 6 mm dengan menggunakan pengelasan GMAW dan menggunakan arus 90, 100, dan 110 ampere dan tujuan studi ini menguji kekuatan tarik dan kekerasan pada sambungan las. Dari arus 95, 100, dan 110 ampere diperoleh rata-rata hasil uji 333,2 HV, 464,1 HV, dan 558,1 HV. Nilai kekerasan rata-rata tertinggi ialah pada arus 110 ampere. Kemudian pada pengujian tarik, nilai uji tarik pada arus 90, 100, dan 110 ampere diperoleh rata-rata hasil uji 418,3 MPa, 545,5 MPa, dan 633,3 MPa. Nilai kekuatan tarik tertinggi ialah pada arus 110 A. Dari hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi arus pengelasan yang dipakai, maka semakin tinggi nilai kekerasan dan kekuatan tarik baja ST 60.

Kata Kunci : Baja ST60, GMAW, Kekerasan Dan Uji Tarik

PRAKATA

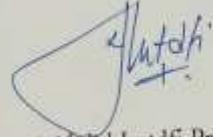
Puja Syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, peneliti dapat menyusun dan menyelesaikan skripsi ini dengan lancar. Skripsi yang berjudul “Pengaruh Variasi Arus Pada Pengelasan GMAW Terhadap Kekuatan Dan Kekerasan Baja ST60” ini disusun untuk memenuhi sebagai syarat memperoleh gelar sarjana Teknik.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari hambatan dan rintangan serta kesulitan-kesulitan. Namun berkat bimbingan, bantuan, nasihat, dan dorongan serta saran-saran dari berbagai pihak, khususnya pembimbing, segala hambatan dan rintangan serta kesulitan tersebut dapat teratasi dengan baik. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini dengan setulus hati penulis sampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Muhdi, S.H., M.Hum. Rektor Universitas PGRI Semarang yang telah memberi kesempatan kepada penulis untuk menimba ilmu di Universitas PGRI Semarang.
2. Bapak Drs. Slamet Supriyadi, M.Env., St. Dekan Fakultas Teknik dan Informatika yang telah memberikan izin penulis untuk melakukan penelitian.
3. Bapak Aan Burhannudin, S.T., M.T. Ketua Program Studi Teknik Mesin yang telah menyetujui topik ini.
4. Drs. Slamet Supriyadi, M.Env., St. selaku pembimbing I yang telah mengarahkan penulis dengan penuh ketekunan dan kecermatan.
5. Bapak Hisyam Ma'mun, S.T., M.T. selaku pembimbing II yang telah membimbing penulis dengan penuh dedikasi yang tinggi.
6. Kedua Orang tua yang telah mengasuh dan mengasihiku.
7. Teman-teman yang telah memberikan dukungan dan bantuannya selama penulisan skripsi.
8. Keluarga Kucluk (Alvin, Riski Kunyuk, Apip Mondy, Pitri Lestari, Hendra, Dina, Alm. Nila, Martin, Ziyah, dan Novi Paraswati) yang memberikan semangat, dorongan dan hiburan sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.

Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pendidik, khususnya di dunia pendidikan.

Semarang, 21 Oktober 2020

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Lutfi', with a large, stylized initial 'L' on the left side.

(Abdul Lutfi Pratama)

DAFTAR ISI

SAMPUL DALAM	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
MOTO DAN PERSEMBAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	vi
ABSTRAK	vii
PRAKATA	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah.....	2
C. Pembatasan Masalah.....	3
D. Perumusan Masalah	3
E. Tujuan Penelitian	3
F. Manfaat Penelitian	4
G. Sistematika Penulisan Skripsi	4
BAB II KAJIAN TEORI	6
A. Tinjauan Pustaka.....	6
B. Landasan Teori	8
C. Kerangka Berfikir	18
D. Hipotesis Penelitian	19
BAB III METODE PENELITIAN	19
A. Lokasi dan Fokus Penelitian	19
B. Populasi dan Sampel	19
C. Alat dan Bahan	21
D. Variabel Penelitian	28
E. Desain Penelitian	29
F. Proses Penelitian	30

G. Teknik Pengumpulan Data	33
H. Teknik Analisis Data	33
I. Jadwal Penelitian	34
BAB IV PEMBAHASAN	35
A. Deskripsi Data	35
B. Pembahasan	49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	51
A. Kesimpulan	51
B. Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN	54

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Sampel Pengujian Spesimen	20
Tabel 3. 2 Jadwal Penelitian.....	34
Tabel 4. 1 Data Spesimen Arus 90 Ampere	35
Tabel 4. 2 Data Spesimen Arus 100 Ampere.....	36
Tabel 4. 3 Data Spesimen Arus 110 Ampere.....	38
Tabel 4. 4 Hasil Rata – rata Uji Tarik	39
Tabel 4. 5 Nilai Kekerasan Spesimen Arus 90 Ampere.....	40
Tabel 4. 6 Nilai Kekerasan Spesimen Arus 100 Ampere.....	42
Tabel 4. 7 Nilai Kekerasan Spesimen Arus 110 Ampere.....	45
Tabel 4. 8 Hasil Rata – rata Uji Kekerasan.....	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Jenis-jenis Sambungan Las	11
Gambar 2. 2 Posisi Pengelasan	11
Gambar 2. 3 Sambungan Pengelasan (Kampuh).....	12
Gambar 2. 4 Metode Kekerasan Vickers	13
Gambar 2. 5 Kurva Tegangan-regangan	17
Gambar 3. 1 Mesin Las GMAW	21
Gambar 3. 2 Alat Uji Kekerasan	22
Gambar 3. 3 Alat Uji Tarik	23
Gambar 3. 4 Baja ST60.....	25
Gambar 3. 5 Hasil Pengelasan	26
Gambar 3. 6 Spesimen Uji Kekerasan	27
Gambar 3. 7 Spesimen Uji Tarik.....	28
Gambar 3. 8 Diagram Alur Penelitian.....	29
Gambar 3. 9 Pengujian Kekerasan Vickers.....	32
Gambar 3. 10 Spesimen Uji Kekerasan	32
Gambar 3. 11 Spesimen Uji Tarik.....	33
Gambar 4. 1 Grafik Hasil Uji Tarik Arus 90 Ampere	35
Gambar 4. 2 Hasil Spesimen Uji Tarik Arus 90 Ampere	36
Gambar 4. 3 Grafik Hasil Uji Tarik Arus 100 Ampere.....	37
Gambar 4. 4 Hasil Spesimen Uji Tarik Arus 100 Ampere	37
Gambar 4. 5 Grafik Hasil Uji Tarik Arus 110 Ampere.....	38
Gambar 4. 6 Hasil Spesimen Uji Tarik Arus 110 Ampere	38
Gambar 4. 7 Hasil Rata-rata Pengujian Tarik	39
Gambar 4. 8 Grafik Nilai Kekerasan Arus 90 Ampere.....	40
Gambar 4. 9 Hasil Uji Kekerasan Nomer A1	41
Gambar 4. 10 Hasil Uji Kekerasan Nomer A2	41
Gambar 4. 11 Hasil Uji Kekerasan Nomer A3	42
Gambar 4. 12 Grafik Nilai Kekerasan Arus 100 Ampere.....	43
Gambar 4. 13 Hasil Uji Kekerasan Nomer B1.....	43

Gambar 4. 14 Hasil Uji Kekerasan Nomer B2.....	44
Gambar 4. 15 Hasil Uji Kekerasan Nomer B3.....	44
Gambar 4. 16 Grafik Nilai Kekerasan Arus 110 Ampere.....	45
Gambar 4. 17 Hasil Uji Kekerasan Nomer C1.....	46
Gambar 4. 18 Hasil Uji Kekerasan Nomer C2.....	46
Gambar 4. 19 Hasil Uji Kekerasan Nomer C3.....	47
Gambar 4. 20 Grafik Rata-rata Uji Kekerasan.....	48

DAFTAR LAMPIRAN

Daftar Lampiran 1 Proses Pengujian Spesimen	55
Daftar Lampiran 2 Spesimen Pengujian	56
Daftar Lampiran 3 Sertifikat Material.....	57
Daftar Lampiran 4 Data Hasil Pengujian Tarik	58
Daftar Lampiran 5 Data Hasil Pengujian Kekerasan	61
Daftar Lampiran 6 Surat Izin Penelitian	62

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Pengelasan merupakan suatu cara untuk menyambung dua buah logam tanpa mengurangi kekuatan dan bentuk material logam tersebut. Pada masa kini pengelasan dipakai pada bidang industri baik bidang pembuatan maupun reparasi. Salah satu industri yang banyak menggunakan pengelasan yaitu industri perkapalan. Pengelasan banyak digunakan dalam penyambungan material kapal karena mempunyai salah satu keuntungan yaitu memberikan berat penyambungan yang lebih ringan dari pada penyambungan logam dengan cara keling. Ada dua cara dalam pengujian material di industri yaitu dengan cara pengujian tidak merusak (*non destructive test*) dan merusak (*destructive test*). Pengujian tidak merusak adalah aktivitas uji atau inspeksi terhadap suatu material untuk mengetahui adanya cacat dan retak. Pengujian merusak merupakan alat uji pada material yang diujicobakan dengan cara merusaknya, pengujian merusak terdiri dari uji tarik (Sianturi, 2019).

Proses pengelasan logam yang dibutuhkan oleh industri manufaktur adalah dengan pengelasan cair, salah satunya adalah menggunakan las busur gas GMAW (*Gas Metal Arc Welding*). Las busur gas adalah cara pengelasan dimana gas dihembuskan ke daerah las untuk melindungi busur dan logam yang mencair terhadap atmosfer. Gas yang digunakan sebagai pelindung adalah gas helium (He), gas argon (Ar), dan gas karbondioksida (CO₂) atau campuran dari gas-gas tersebut (Putra, 2016).

Pengelasan GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) adalah pengelasan yang menggunakan *shielding gas*. *Shielding gas* berfungsi sebagai pelindung logam las saat proses pengelasan berlangsung agar tidak terkontaminasi dari udara lingkungan sekitar logam lasan. Karena logam lasan sangat rentan terhadap difusi hidrogen yang dapat menyebabkan cacat *porosity*. Pengelasan GMAW dapat menggunakan gas argon (Ar) yang biasa disebut MIG (*Metal Inert Gas*) ataupun gas karbondioksida (CO₂) (Purkuncoro, 2019).

Baja ST60 merupakan salah satu baja yang mudah terserang korosi, baja yang salah satunya digunakan sebagai bahan baku pembuat pipa ini tergolong baja karbon sedang. Baja St60 juga dapat digunakan atau dapat di aplikasikan dengan mudah untuk kegiatan manufaktur, contohnya adalah pengelasan (Yudi, 2019).

Salah satu bahan yang memiliki sifat mampu las yang baik adalah baja karbon. Baja karbon memiliki spesifikasi yang bervariasi, namun yang sering mengalami keretakan pada hasil pengelasan adalah baja karbon sedang dan baja karbon tinggi karena sifat bahan yang keras dan kuat. Pengelasan yang menggunakan teknik las yang sama kuat dengan logam lasnya akan mudah mengalami patahan. Pada umumnya konstruksi bangunan yang dilakukan dengan proses pengelasan sering mengalami kerusakan saat menerima pembebanan seperti patahan, melentur, cacat atau kerusakan yang tidak diinginkan pada daerah bagian sambungan las.

Salah satu yang perlu diperhatikan dalam melakukan pengelasan adalah penggunaan arus pengelasan, kuat arus yang berbeda akan mempengaruhi hasil lasan. Maka dari itu untuk mengetahui pengaruh kuat arus terhadap kekuatan tarik dan kekerasan pada sambungan las maka diperlukan pengujian, dalam hal ini dilakukan pada material baja ST60 dengan menggunakan pengelasan GMAW oleh karena itu dalam penulisan tugas akhir ini penulis mengambil judul “Pengaruh Variasi Arus Pada Pengelasan GMAW Terhadap Kekuatan dan Kekerasan Baja ST60”.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan masalah di atas maka identifikasi dalam penelitian ini adalah pengaruh variasi arus pengelasan pada baja ST60 dengan menggunakan pengelasan GMAW.

C. Pembatasan Masalah

Dalam penelitian ini penulis membatasi masalah, adapun pembatasan masalah pada penelitian ini yaitu:

- 1) Pengelasan yang digunakan adalah jenis GMAW.
- 2) Material yang digunakan adalah baja ST60.
- 3) Arus pengelasan yang digunakan dalam penelitian menggunakan tiga variasi arus yaitu 90, 100 dan 110 Ampere.
- 4) Jenis sambungan las yang digunakan adalah sambungan las tumpul (*butt joint*).
- 5) Posisi pengelasan mendatar atau pengelasan bawah tangan.
- 6) Pengujian dilakukan dengan uji tarik (*Tensile test*) dan uji kekerasan (*Vickers test*).
- 7) Penulis hanya membahas kuat arus, kekuatan dan kekerasan pada baja ST60.

D. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka dapat diidentifikasi permasalahan sebagai berikut:

- 1) Bagaimana pengaruh variasi arus terhadap kekerasan pada sambungan las dengan variasi arus 90, 100, dan 110 ampere.
- 2) Bagaimana pengaruh variasi arus terhadap kekuatan pada sambungan las dengan variasi arus 90, 100, dan 110 ampere.

E. Tujuan penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Mengetahui pengaruh variasi arus terhadap kekerasan pada sambungan pengelasan.
- 2) Mengetahui pengaruh variasi arus terhadap kekuatan pada sambungan pengelasan.

F. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi positif terhadap beberapa pihak di antaranya untuk mahasiswa dan masyarakat luas mampu memberikan tambahan pengetahuan tentang pengembangan ilmu pengelasan yang luas terhadap inovasi perkembangan teknologi di bidang pengelasan.

G. Sistematika Penulisan Skripsi

Adapun sistematika penulisan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

BAB I: PENDAHULUAN

Pendahuluan terdiri dari dari latar belakang, identifikasi masalah, pembatasan masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan skripsi.

BAB II: KAJIAN PUSTAKA

Kajian pustaka berisikan tentang penunjang teori untuk melakukan analisis dari hasil penelitian (analisis data).

BAB III: METODE PENELITIAN

Dalam bab ini berisikan tentang hal-hal yang berhubungan dengan pelaksanaan penelitian, yang terdiri dari uraian dan proses pengerjaan dari awal hingga akhir penelitian, serta peralatan dan bahan yang digunakan ketika penelitian.

BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisikan mengenai data-data hasil penelitian dan pembahasan untuk menganalisis data yang telah diperoleh sesuai penelitian.

BAB V: KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisikan tentang kesimpulan dari hasil penelitian yang dilakukan dan juga berisikan saran bagi penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Daftar pustaka terdiri dari dasar pemikiran atau referensi yang digunakan peneliti untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

LAMPIRAN

Lampiran berisikan mengenai perlengkapan data penelitian.

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka

Pada penelitian ini penulis berusaha mencari jurnal ataupun penelitian yang bersangkutan terhadap pengaruh kuat arus pengelasan terhadap kekuatan dan kekerasan sambungan las. Pada penelitian yang telah ada salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh Wijoyo (2015) “Kajian Kekerasan Dan Struktur Mikro Sambungan Las GMAW Baja Karbon Tinggi Dengan Variasi Masukan Arus Listrik” penelitian tersebut dilakukan untuk mengetahui kekerasan las dan struktur mikro pada plat baja AISI 1065 tebal 10 mm dengan pengelasan GMAW menggunakan arus 80, 100, dan 120 Ampere. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi arus listrik yang dipakai dalam pengelasan sampai 120 Ampere maka kekerasan hasil lasan semakin menurun.

Kedua penelitian yang dilakukan oleh Ketaren (2019) “Analisa Pengaruh Variasi Kampuh Las dan Arus Listrik Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Sambungan Las GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) Pada Aluminium 6061” penelitian tersebut dilakukan untuk mengetahui perubahan kekuatan tarik dan perubahan struktur mikro pada material aluminium 6061 tebal 10 mm menggunakan pengelasan GMAW dengan variasi kampuh yang berbeda dan variasi arus listrik yang digunakan 180, 200 dan 220 Ampere. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis kampuh yang digunakan dan pemilihan arus yang tepat sangat berpengaruh pada kuat sambungan yang ditinjau dari kekuatannya untuk perubahan struktur mikro yang dihasilkan dari sambungan las aluminium 6061 menggunakan pengelasan GMAW dengan kampuh V memiliki tingkat kerapatan permukaan yang lebih baik dibandingkan sambungan las aluminium 6061 yang dihasilkan dari pengelasan GMAW kampuh X.

Ketiga penelitian yang dilakukan oleh Putra (2016) “Pengaruh Arus Listrik Dan Temperatur Terhadap Kekuatan Tarik Dan Impact Aluminium 5083 Pengelasan GMAW (Gas Metal Arc Welding)” Penelitian ini bertujuan membandingkan hasil kekuatan tarik dan *impact* dari variasi pengelasan yaitu besaran arus listrik dan temperatur, sehingga dapat diketahui besar arus dan temperatur yang optimal. Pengelasan aluminium 5083 dilakukan dengan proses pengelasan GMAW (*gas metal arc welding*) dan jenis sambungan pengelasan *double v-butt joint* dengan sudut 60° . Variable arus pada pengujian tarik dan *impact* menggunakan arus 130 Amp, 150 Amp, 170 Amp, dan 200 Amp, sedangkan pada pengujian *impact* di tambahkan variasi temperatur 20°C , 0°C , -20°C . Dari hasil pengujian tarik didapatkan kekuatan tarik tertinggi sebesar $193,28\text{N/mm}^2$ yaitu pada arus 130 A dan hasil pengujian *impact* di dapatkan kekuatan tertinggi sebesar $0,17\text{J/mm}^2$ pada arus 130 amp dengan suhu 20°C . Maka, pengelasan GMAW pada bahan aluminium 5083 keadaan yang optimal atau paling baik memberikan kekuatan tarik yang besar yaitu pada arus 130 Amp. Sedangkan untuk pengujian *impact* diambil keadaan yang optimal dan paling baik memberikan kekuatan *impact* tertinggi yang dihasilkan pada suhu 20°C dengan kuat arus 130 amp sebesar $0,17\text{J/mm}^2$.

Keempat penelitian yang dilakukan oleh Asrul (2018) “Analisis Kekuatan Sambungan Las Metal Inert Gas (MIG) pada Logam Aluminium Paduan AA6063 dengan Variasi Arus Listrik” sambungan las dapat berpengaruh terhadap pemilihan arus pengelasan dan bahan tambah dengan logam induk. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kekuatan sambungan las aluminium paduan AA6063 terhadap variasi arus listrik yaitu 150 ampere, 155 ampere dan 160 ampere menggunakan kampuh V sudut 60° dengan las MIG. Data hasil pengujian uji tarik dengan menggunakan standar ASTM B 557M 02-a dengan nilai tegangan tarik tertinggi diperoleh pada pengelasan dengan menggunakan arus 155 ampere, yaitu $13,03\text{ kg/mm}^2$ dan nilai tegangan tarik paling rendah pada arus 160 ampere $9,47\text{ kg/mm}^2$. Hasil pengujian nilai kekerasan tertinggi pada arus 160 ampere yaitu 87,09 BHN.

Kelima penelitian yang dilakukan oleh Sianturi (2019) “Analisa Kekuatan Tarik dan Impak Baja ST 40 Pengelasan *Flux-Cored Arc Welding* (FCAW) Posisi 4G dengan Variasi Arus Pengelasan” Penelitian ini membahas material baja ST 40 yang dilas menggunakan pengelasan FCAW (Flux-Cored Arc Welding) posisi pengelasan 4G dengan 3 variasi kuat arus sebesar 135A, 150A, 165A yang bertujuan mendapatkan nilai kekuatan tarik dan impak. Dari hasil pengujian ini dapat diperoleh kesimpulan bahwa material baja ST 40 dengan posisi pengelasan 4G dengan kuat arus 135A lebih kuat, ulet serta elastis dibandingkan dengan arus 150A dan 165A namun material dengan kuat arus 165A lebih tangguh dibandingkan dengan arus 135A dan 150A.

Dari beberapa penelitian tersebut di atas, penulis merumuskan ide untuk mengambil penelitian yang berjudul “Pengaruh Variasi Arus Pada Pengelasan GMAW Terhadap Kekuatan Dan Kekerasan Baja ST60”. Dengan tujuan mengetahui kekuatan dan kekerasan pada baja ST60 yang telah melalui proses pengelasan menggunakan tiga variasi arus yaitu 90, 100, dan 110 ampere, pada proses selanjutnya dilakukan pengujian yang berupa pengujian tarik dan kekerasan.

B. Landasan Teori

1. Pengertian Las

Pengelasan menurut Yudi (2019) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan sambungan yang kontinyu. Pengelasan juga dapat diartikan sebagai ikatan tetap dari benda atau logam yang dipanaskan.

Proses pengelasan menurut Wijoyo (2015) adalah proses penyambungan dua logam atau lebih dengan menggunakan energi panas. Energi panas pada pengelasan tersebut akan terjadinya siklus termal adanya siklus termal tersebut akan mengakibatkan tegangan sisa. Pada akhirnya tegangan sisa logam las tersebut akan mempengaruhi sifat mekanis dari logam.

Proses pengelasan menurut Sianturi (2019) merupakan suatu cara untuk menyambung dua buah logam tanpa mengurangi kekuatan dan bentuk material logam tersebut.

Definisi pengelasan menurut DIN (*Deutsche Industrie Norman*) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dengan kata lain, las merupakan sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas. Mengelas bukan hanya memanaskan dua bagian benda sampai mencair, tetapi membuat lasan yang utuh dan kuat dengan memberikan bahan tambahan berupa kawat gulungan dan gas pelindung dengan melalui proses pencairan.

2. Las GMAW (*Gas Metal Arc Welding*)

Las GMAW merupakan proses pengelasan busur listrik, dengan busur listrik diselimuti oleh gas di atas daerah pengelasan. Kawat las pengisi yang juga berfungsi sebagai elektroda diumpankan secara terus-menerus. Gas pelindung yang digunakan adalah argon, helium atau campuran dari keduanya (Wijoyo, 2015).

GMAW merupakan las busur gas yang menggunakan kawat las sekaligus sebagai elektroda. Elektroda tersebut berupa gulungan kawat (rol) yang gerakannya diatur oleh motor listrik. Las ini menggunakan gas mulia dan gas CO₂ sebagai pelindung busur dan logam yang mencair dari pengaruh atmosfer. Besarnya arus listrik pengelasan dan penggunaan kawat las adalah contoh dari parameter pengelasan yang dapat mempengaruhi hasil pengelasan baja karbon. Makin tinggi arus listrik yang digunakan dalam pengelasan, makin tinggi pula penembusan serta kecepatan pencairan (Sudargo, 2011).

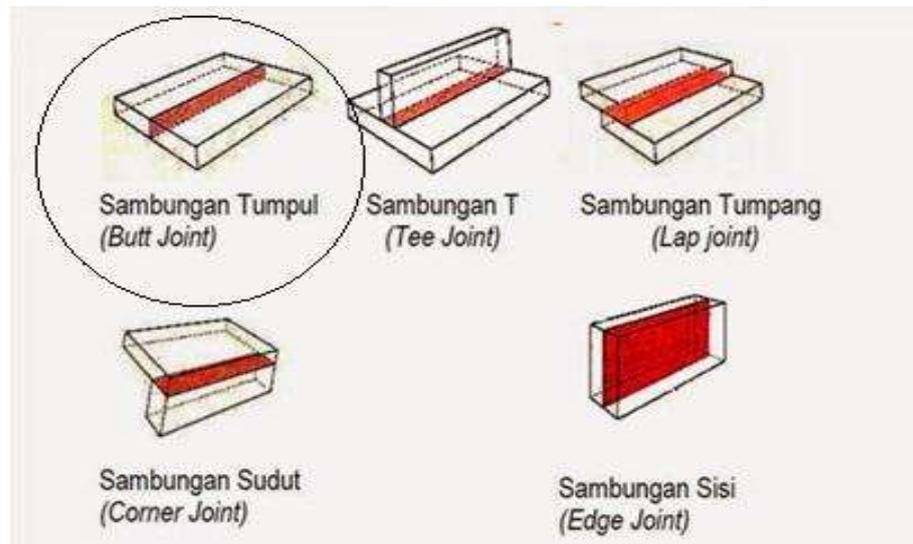
Besarnya arus listrik pengelasan dan penggunaan kawat las adalah contoh dari parameter pengelasan yang dapat mempengaruhi hasil pengelasan baja karbon. Makin tinggi arus listrik yang digunakan dalam pengelasan, makin tinggi pula penembusan serta kecepatan pencairan pada proses las GMAW ini menggunakan kawat las yang digulung dalam suatu roll dan menggunakan gas sebagai pelindung logam las yang mencair saat proses pengelasan berlangsung.

3. Arus Listrik

Arus las merupakan parameter las yang langsung mempengaruhi penembusan dan kecepatan pencairan logam induk. Semakin tinggi arus las maka semakin besar pula penembusan dan kecepatannya. Besar arus pada pengelasan mempengaruhi hasil lasan itu sendiri, bila arus terlalu kecil maka perpindahan cairan ujung kawat las yang digunakan sangat sulit dan yang terjadi adalah tidak stabilnya busur listrik. Panas yang kurang untuk melelehkan logam dasar akan menghasilkan rigi-rigi las yang kecil dan tidak rata serta penembusan yang kurang dalam dan jika arus terlalu besar maka akan membuat dalamnya penetrasi dan kemudian terjadi *undercut* pada logam induk. *Undercut* adalah suatu cacat pengelasan yang berada dibagian kaki atau akar, cacat pengelasan ini berbentuk cerukan yang terjadi pada base material, salah satu penyebabnya adalah arus pengelasan yang digunakan terlalu besar.

4. Jenis-jenis Sambungan Pengelasan

Sambungan las dalam konstruksi baja pada dasarnya dibagi dalam sambungan tumpul, sambungan T, sambungan sudut dan sambungan tumpang (Harsono & Thoshie, 2000).



Gambar 2. 1 Jenis-jenis Sambungan Las

(Sumber: Harsono & Thoshie, 2000)

Pada gambar 2.2 dibuat dalam empat posisi pengelasan yang berbeda-beda, yaitu posisi datar, horizontal, vertikal, dan di atas kepala yang ditunjukkan pada gambar 2.2.

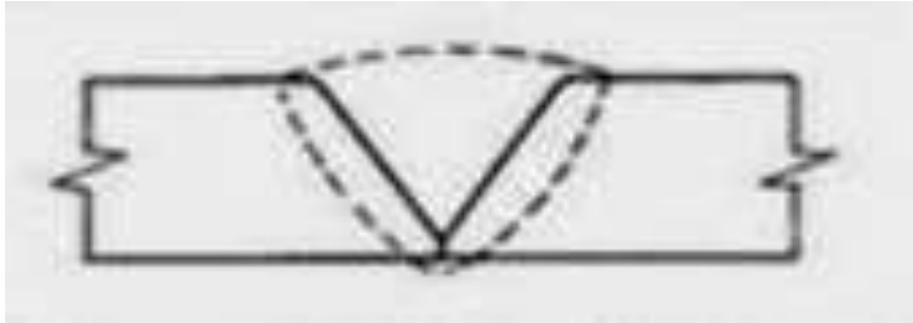
Jenis \ Posisi	Sambungan Tumpang (Lap Joint)	Sambungan T (Tee Joint)	Sambungan Tumpul (Butt Joint)	Sambungan Sudut (Corner joint)	Sambungan Sisi (Edge Joint)
Fiat					
Horisontal					
Vertikal					
di Atas Kepala					

Gambar 2. 2 Posisi Pengelasan Pada Kelima Jenis Sambungan Las

(Sumber: Harsono & Thoshie, 2000)

5. Sambungan Pengelasan (Kampuh)

Ada beberapa jenis alur sambungan yang selanjutnya akan disebut dengan kampuh, biasanya digunakan dalam teknik pengelasan, alur yang digunakan dalam pengelasan ini ialah alur V.



Gambar 2. 3 Sambungan Pengelasan (Kampuh)

(Sumber: Harsono & Thoshie, 2000)

6. Uji Kekerasan

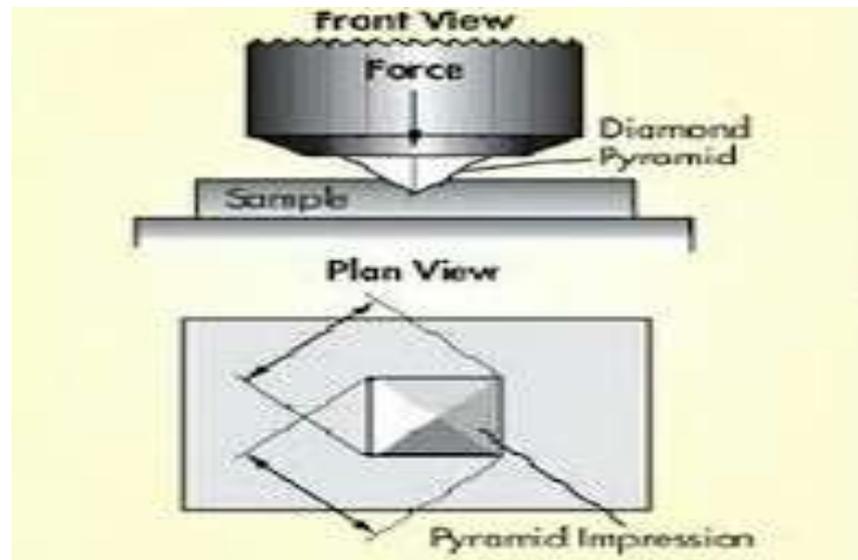
Kekerasan adalah kemampuan suatu bahan terhadap pembebanan dalam perubahan yang tetap. Ada 3 jenis cara pengujian kekerasan logam yaitu dengan cara goresan, penekanan dan cara dinamik. Beberapa metode pengujian kekerasan untuk mengetahui nilai kekerasan dari material pengujian, antara lain: pengujian kekerasan dengan metode Vickers, pengujian kekerasan dengan menggunakan metode Rockwell, dan pengujian kekerasan dengan metode Brinell.

a) Pengujian Kekerasan Vickers

Pengujian kekerasan Vickers adalah pengujian kekerasan dengan pembebanan yang relatif kecil. Uji kekerasan Vickers menggunakan indentor yang berbentuk piramid intan yang dasarnya berbentuk bujur sangkar dengan sudut 136° . Angka kekerasan Vickers (*Vickers Hardness Number*, VHN) didefinisikan sebagai beban dibagi dengan luas permukaan lekukan (Gunawan, 2006).

Besar sudut antara permukaan yang terdapat pada piramida intan ini memiliki sudut 136° dan memiliki dua tipe pembebanan yang digunakan pada metode ini yaitu mikro 10-1000 g dan makro 1-100 Kg. Tujuan dari pengujian kekerasan suatu material dengan bentuk daya tahan material terhadap yang dibebankan. Pengujian kekerasan dengan metode Vickers, bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam

yaitu daya tahan material terhadap indentor intan yang cukup kecil dan mempunyai bentuk geometri berbentuk piramida.



Gambar 2. 4 Metode Kekerasan Vickers

(Sumber : Kumayasari, 2017)

Adapun rumus yang digunakan untuk mencari nilai kekerasan Vikers. Berikut adalah rumus untuk mencari nilai kekerasan Vickers.

$$\text{VHN} = \frac{F}{A} \quad (\text{Sumber : Muhammad Rozihan, 2017}).$$

Dimana:

VHN = Nilai kekerasan menurut metode Vickers.

F = Gaya pendesakan masing-masing dalam N (newton) dan kgf (kilogram force).

A = Luas pendesakan berbentuk limas dalam mm² (milimeter persegi).

Pada penelitian ini menggunakan cara penekanan Vickers dengan menggunakan penekan berbentuk piramida intan. Bahan uji ditekan dengan gaya tertentu dan terjadi cetakan pada bahan uji dari intan.

b) Uji Kekerasan Rockwell

Pengujian kekersan Rockwell adalah pengujian dengan cara menemukan permukaan benda uji dengan suatu indikator. Pada

pengujian kekerasan Rockwell diukur kedalaman pembenanan (t) penekan. Sebagai penekan pada baja yang dikeraskan digunakan sebuah kerucut intan. Untuk menyeimbangkan ketidakrataan yang diakibatkan oleh permukaan yang tidak bersih, maka kerucut intan ditekan keatas bidang uji, pertama dengan beban pendahuluan 10 kg. setelah ini, beban ditingkatkan menjadi 150 kg sehingga tercapai kedalaman pembenanan terbesar (Haryadi, 2006).

Pada pengujian kekerasan Rockwell memiliki dua macam indentor yang digunakan untuk mengukur tingkat kekerasan material, antara lain: bola baja atau dapat disebut Rockwell Ball dan kerucut intan dengan besar sudut 120° dan dapat disebut dengan Rockwell cone. Semakin keras bahan yang diuji, makin dangkal masuknya penekan dan sebaliknya makin lunak bahan yang diuji, makin dalam masuknya. Cara Rockwell sangat disukai karena dengan cepat dapat diketahui kekerasannya tanpa menghitung dan mengukur.

Pada tabel 2. 1 adalah tabel standar kekerasan dari pengujian dengan metode Rockwell, berikut adalah standar pengujian Rockwell.

Tabel 2. 1 Standar kekerasan pada pengujian Rockwell (Sumber: Purnomo, 2017).

Skala	Penekanan	F0 (kg)	F1 (kg)	F (kg)	Skala Kekerasan	Warna Angka
A	Kerucut intan 120°	10	50	60	100	Hitam
B	Bola baja 1,558 mm ($1/16''$)	10	90	100	130	Merah
C	Kerucut intan 120°	10	140	150	100	Hitam
D	Kerucut intan 120°	10	90	100	100	Hitam
E	Bola baja 3,175 mm ($1/8''$)	10	90	100	130	Merah
F	Bola baja 1,558 mm	10	50	60	130	Merah
G	Bola baja 1,558 mm	10	140	150	130	Merah
H	Bola baja 3,175 mm	10	50	60	130	Merah
K	Bola baja 3,175 mm	10	140	150	130	Merah
L	Bola baja 6,35 mm ($1/4''$)	10	50	60	130	Merah

M	Bola baja 6,35 mm	10	90	100	130	Merah
P	Bola baja 6,35 mm	10	140	150	130	Merah
R	Bola baja 12,7 mm	10	50	60	130	Merah
S	Bola baja 12,7 mm	10	90	100	130	Merah
V	Bola baja 12,7 mm	10	140	150	130	Merah

Pada proses pengujian kekerasan ini terdapat dua tahapan proses pembebanan yang meliputi tahapan beban minor dan beban mayor, dimana pada proses pembebanan minor besar pembebanan maksimal adalah 10 Kgf dan sedangkan pembebanan mayor tergantung terhadap skala kekerasan yang digunakan. Pada proses pengujian dengan metode *Rockwell* adapun penggunaan satuan, satuan yang terdapat pada pengujian *Rockwell* yang umum digunakan ada tiga macam, yaitu HRA, HRB, dan HRC. HR adalah suatu singkatan dari pengujian kekerasan *Rockwell*, namun pada pengujian material yang tingkat kekerasannya sama sekali belum diketahui disarankan menggunakan pengujian kekerasan HRC karena pada pengujian kekerasan tersebut indenter yang digunakan adalah kerucut intan dengan beban 150 Kgf. Digunakannya metode ini bertujuan untuk mencegah rusaknya indenter yang dikarenakan lebih kerasnya material yang akan diuji dibandingkan dengan indenter tersebut.

c) Uji Kekerasan Brinell

Pengujian kekerasan Brinell merupakan pengujian kekerasan dengan pengidentifikasian beban terhadap permukaan material yang akan diuji dengan penekanan menggunakan bola baja yang telah dikeraskan. Beban uji untuk logam yang keras adalah 3000 kg, sedangkan untuk logam yang lebih lunak beban dikurangi sampai 500 kg. Lama penekanan 20 – 30 detik dan diameter lekukan diukur dengan mikroskop daya rendah, setelah beban tersebut dihilangkan. Permukaan

dimana lekukan akan dibuat relatif halus, bebas dari debu atau kerak (Haryadi, 2006).

Tujuan dari pengujian kekerasan ini adalah untuk menentukan tingkat kekerasan material dalam bentuk daya tahan material, terhadap indentor yang ditekan terhadap permukaan material yang diuji. Metode ini baik digunakan untuk material dengan kekerasan brinell 400 HB. Simbol yang digunakan untuk nilai kekerasan Brinell menggunakan simbol HB (*Hardness Brinell*), nilai kekerasan tersebut didapatkan melalui hasil pembagian dari beban penekanan dengan luas permukaan lekukan yang diperoleh dari proses pengujian menggunakan bola baja tersebut.

Angka kekerasan Brinell (*Brinell hardness number*, BHN) dinyatakan sebagai beban P dibagi luas permukaan lekukan, persamaan untuk angka kekerasan tersebut adalah sebagai berikut:

$$HB = \frac{F}{\frac{\pi}{2}D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (\text{Sumber: Haryadi, 2006})$$

Keterangan:

HB = Nilai kekerasan Brinell

D = Diameter bola (mm)

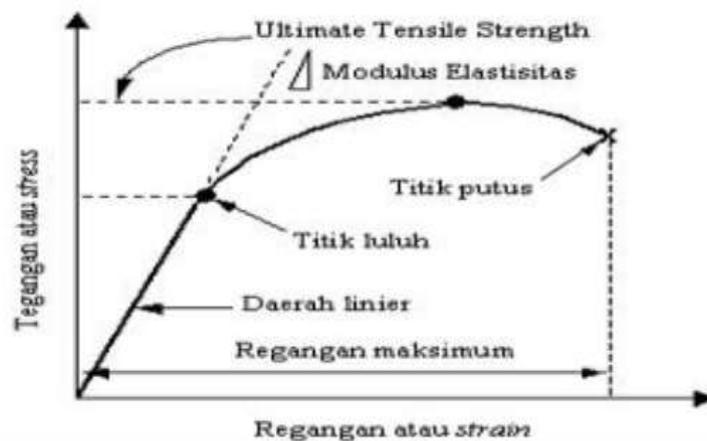
d = Diameter lekukan (mm)

F = Beban yang digunakan (Kg)

Pemilihan beban tergantung dari nilai kekerasan material, semakin besar nilai kekerasan material maka beban yang digunakan juga semakin besar dan sebaliknya apabila kecilnya nilai kekerasan material, maka beban yang digunakan cenderung kecil. Beban yang digunakan untuk logam besi berkisar 3000 Kg selama 10 detik dan untuk logam non besi berkisar 500 Kg selama 30 detik.

7. Kekuatan Tarik

Uji tarik adalah salah satu pengujian yang dilakukan pada material untuk mengetahui karakteristik dan sifat mekanik material terutama kekuatan dan ketahanan terhadap beban tarik. Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinyu dan pelan-pelan bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji dan dihasilkan kurva tegangan-regangan.



Gambar 2. 5 Kurva Tegangan-regangan

(Sumber: Wiryosumarto, 2000)

Dalam pengujian tarik hasil yang sering digunakan ialah *yield strength* (kekuatan luluh) merupakan batas antara deformasi elastis dan deformasi plastis, dimana beban maksimal yang diberikan pada material sebelum mengalami deformasi plastis. *Max Stress/Ultimate Tensile Strength* (kekuatan tarik maksimal) merupakan beban maksimum yang diberikan pada sebuah material sebelum mengalami patah.

8. Jenis-jenis Baja

Menurut Majanasastra, (2013) baja adalah sebuah senyawa antara besi (Fe) dan karbon (C), dimana sering juga ditambahkan unsur lain untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu yang dikehendaki. Dalam proses pembuatan baja akan ditemukan pula penambahan kandungan unsur kimia lain seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), mangan (Mn) dan unsur kimia lainnya sesuai dengan sifat baja yang diinginkan. Baja karbon memiliki

kandungan unsur karbon dalam besi sebesar 0.2% hingga 2.14%, dimana kandungan karbon tersebut berfungsi sebagai unsur penguat dalam struktur baja.

Menurut Gunawan (2017) Baja karbon dapat diklasifikasikan berdasarkan jumlah kandungan karbonnya. Baja karbon terdiri atas tiga macam, yaitu:

a) Baja karbon rendah (*low carbon steel*)

Baja karbon rendah bukan baja yang keras, karena kandungan karbonnya rendah kurang dari 0.3%.

b) Baja karbon sedang (*medium carbon steel*)

Baja karbon sedang mengandung karbon 0.3 - 0.6% dan kandungan karbonnya memungkinkan baja untuk dikeraskan sebagian dengan pengerjaan panas (*heat treatment*) yang sesuai.

c) Baja karbon tinggi (*high carbon steel*)

Baja karbon tinggi yang mengandung karbon 0.6 - 1.5%.

9. Baja ST 60

Baja ST60 termasuk baja karbon sedang dengan kandungan karbon 0.30 - 0.60%. Baja ST60 ini menunjukkan bahwa baja ini dengan kekuatan tarik $\geq 60 \text{ kg/mm}^2$ (diawali dengan ST dan diikuti bilangan yang menunjukkan kekuatan tarik minimumnya dalam kg/mm^2).

C. Kerangka Berfikir

Kerangka berfikir merupakan metode konseptual teori yang berhubungan dengan faktor sebagai masalah penting (Sugiyono, 2013). Kerangka berfikir ditemukan apabila di temukan dua variabel atau lebih yang berkenaan dalam penelitian. Kerangka berfikir penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh arus pengelasan terhadap kekuatan t dan kekerasan baja ST60.

Kuat arus pengelasan dapat berpengaruh terhadap kekuatan material yang dilas, oleh karena itu beberapa pengujian dapat digunakan untuk mengetahui sifat mekanik hasil pengelasan dengan kuat arus yang berbeda, pengujian material meliputi uji tarik dan uji kekerasan.

D. Hipotesis Penelitian

Hipotesis merupakan hasil sementara terhadap masalah atau submasalah yang diteliti, dijabarkan dari landasan teori tetapi harus diuji kebenarannya, diterima atau ditolak (Sukmadinata, 2013). Tujuan utama dalam penelitian ini adalah mengetahui dampak variasi kuat arus pengelasan terhadap kekuatan tarik dan kekerasan hasil lasan baja ST60. Sehingga didapatkan hipotesis sebagai berikut:

H₀ : Tidak adanya pengaruh antara variasi kuat arus terhadap tingkat kekerasan dan kekuatan tarik hasil lasan baja ST60.

H₁: Variasi kuat arus berpengaruh terhadap tingkat kekerasan dan kekuatan tarik hasil lasan baja ST60.

BAB III

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan pengaruh arus pengelasan terhadap hasil pengelasan GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) pada material baja ST60 dengan variasi kuat arus 90, 100, 110 Ampere dengan menggunakan pengujian kekerasan dan pengujian tarik. Metode penelitian yang digunakan bersifat eksperimental, yaitu suatu penelitian yang sengaja menimbulkan suatu kejadian atau keadaan kemudian diteliti bagaimana akibatnya. Dengan kata lain eksperimen dapat diartikan suatu cara untuk mencari sebab akibat atau faktor-faktor yang dihasilkan peneliti dengan melakukan variasi menambah atau mengurangi faktor yang mempengaruhi hasil dari pada penelitian.

A. Lokasi dan Fokus Penelitian

1. Lokasi

Lokasi pembuatan material pengujian dan proses pengujian kekerasan dilakukan di beberapa tempat antara lain:

- a) Laboraturium Teknik Mesin Universitas PGRI Semarang, yang beralamatkan di Jl. Pawiyatan Luhur III No.1 Bendan Duwur, Gajah Mungkur, Kota Semarang.
- b) Pengujian tarik dilakukan di laboraturium Material Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang.

2. Fokus Penelitian

Fokus penelitian ini adalah menganalisis beda variasi arus pada pengelasa GMAW terhadap tingkat kekerasan dan kekuatan baja ST60.

B. Populasi dan Sampel

Populasi adalah wilayah generalisasi yang terdiri dari objek atau subjek yang mempunyai kuantitas dan karakteristik tertentu yang diterapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya (Sugiyono, 2002). Dalam penelitian ini yang digolongkan sebagai populasi adalah baja ST60.

Sampel yaitu sebagian data atau wakil dari populasi yang akan diteliti dari sebuah penelitian. Sampel dalam penelitian ini adalah hasil dari proses GMAW yang memvariasikan sudut kampuh dan kuat arus las. Dalam penelitian ini jumlah sampel yang digunakan berjumlah 18 spesimen dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Sampel pengujian spesimen

Material	Kuat Arus (Ampere)	Simbol	Jumlah	Total	Pengujian	
Baja ST 60	90	A	A1	1	9	Tarik
			A2	1		
			A3	1		
	100	B	B1	1		
			B2	1		
			B3	1		
	110	C	C1	1		
			C2	1		
			C3	1		
Baja ST 60	90	A	A1	1	9	Kekerasan
			A2	1		
			A3	1		
	100	B	B1	1		
			B2	1		
			B3	1		
	110	C	C1	1		
			C2	1		
			C3	1		

C. Alat dan Bahan

1. Alat

a) Las GMAW (*Gas Metal Arc Welding*)



Gambar 3. 1 Mesin Las GMAW

(Sumber : PT. Idola Aerindo Udaya)

Las GMAW merupakan proses pengelasan busur listrik, dengan busur listrik diselimuti oleh gas di atas daerah pengelasan. Kawat las pengisi yang juga berfungsi sebagai elektroda diumpankan secara terus-menerus. Gas yang di gunakan dalam pengelasan adalah gas argon ,helium atau campuran kedua gas tersebut. Las GMAW merupakan las busur gas yang menggunakan kawat las sekaligus sebagai elektroda. Elektroda tersebut berupa gulungan kawat (roll) yang gerakannya diatur oleh motor listrik.

Semakin tinggi arus listrik yang digunakan dalam pengelasan, makin tinggi pula penembusan serta kecepatan pencairan. Besarnya arus listrik pengelasan dan penggunaan kawat las adalah contoh dari parameter pengelasan yang dapat mempengaruhi hasil pengelasan baja karbon. Makin tinggi arus listrik yang digunakan dalam pengelasan, makin tinggi pula penembusan serta kecepatan pencairan

b) Alat Uji Kekerasan



Gambar 3. 2 Alat Uji Kekerasan

Uji kekerasan merupakan salah satu cara untuk mengetahui kekuatan atau ketahanan suatu bahan atau material. Pada pengujian kekerasan ini penulis menggunakan pengujian Vickers. Pengujian Vickers merupakan pengujian kekerasan yang memiliki tingkat pembebanan relatif kecil. Pada pengujian metode Vickers, indenter berbahan intan berbentuk piramida dengan sudut puncak sebesar 136° .

Uji kekerasan merupakan pengujian paling efektif karena dapat dengan mudah mengetahui gambaran sifat mekanik suatu material. Meskipun pengukuran hanya dilakukan pada satu titik atau daerah tertentu. Nilai kekerasan yang ditampilkan cukup valid untuk menyatakan kekuatan suatu material. Dengan demikian material dapat dengan mudah digolongkan sebagai material ulet atau getas.

Beberapa metode pengujian kekerasan untuk mengetahui nilai kekerasan dari material pengujian, antara lain: pengujian kekerasan dengan metode Brinell, pengujian kekerasan dengan menggunakan metode Rockwell, dan pengujian kekerasan dengan metode Vickers. Pada pengujian kekerasan ini penulis menggunakan pengujian Vickers. Pengujian Vickers merupakan pengujian kekerasan yang memiliki tingkat pembebanan relatif kecil. Pada pengujian metode Vickers, indenter berbahan intan berbentuk piramida dengan sudut puncak sebesar 136° .

Melihat dari hasil lasan yang kekerasannya beragam akibat pengaruh pengelasan maka dalam pengujian kekerasan ini dipilih dengan metode Vickers. Pengujian Vickers dipilih karena pengujian ini memiliki rentang kekerasan yang dapat diuji sangat luas, dari material yang sangat lunak sampai material yang sangat keras.

c) Mesin Uji Tarik.



Gambar 3. 3 Alat Uji Tarik

(Sumber: Laboratorium Teknik Mesin UNWAHAS)

Uji tarik adalah salah satu uji stress-strain mekanik yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya tarik. Dalam pengujiannya, bahan uji ditarik sampai putus. Banyak hal yang dapat kita pelajari dari hasil uji tarik. Biasanya yang menjadi fokus perhatian adalah kemampuan maksimum bahan tersebut dalam menahan beban tarik. Kemampuan ini umumnya disebut (*ultimate tensile strength*) atau disebut kekuatan tarik maksimum.

Uji tarik banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan. Pengujian tarik dapat menunjukkan beberapa fenomena perpatahan ulet dan getas, perpatahan ini dapat dilihat dengan mata telanjang. Perpatahan getas memiliki ciri-ciri yang berbeda dengan patah ulet, yaitu tidak ada atau sedikit sekali terjadi deformasi plastis pada material. Patahannya merambat sepanjang bidang.

Uji tarik dapat menunjukkan bagaimana proses terjadinya deformasi pada bahan. Hasil pengukuran dari pengujian tarik adalah suatu kurva yang menggambarkan hubungan antara gaya yang digunakan dan perpanjangan yang dialami oleh spesimen. Uji tarik meliputi pencarian hasil tegangan tarik, regangan tarik, modulus dan elastisitas.

Uji tarik menggunakan *universal testing machine* berkapasitas 60 ton, dengan memberikan gaya tarik terhadap bahan yang diujikan. Benda uji dipasang pada mesin penguji, dengan gaya tarik yang akan terus bertambah, benda uji akan mengalami perubahan bentuk menjadi panjang dan putus.

2. Bahan

Baja merupakan salah satu kebutuhan yang mendasar untuk suatu konstruksi. Dengan berbagai macam kebutuhan sifat mekanik yang dibutuhkan oleh suatu material ialah berbeda-beda. Sifat mekanik tersebut terutama meliputi kekerasan, keuletan, kekuatan, ketangguhan, sifat mampu las serta sifat mampu mesin yang baik. Dengan sifat pada masing-masing material berbeda, maka banyak metode untuk menguji sifat apa sajakah yang dimiliki oleh suatu material tersebut.

Baja ST60 termasuk baja karbon sedang dengan kandungan karbon 0.30 - 0.60%. Baja ST60 ini menunjukkan bahwa baja ini dengan kekuatan tarik $\geq 60 \text{ kg/mm}^2$ (diawali dengan ST dan diikuti bilangan yang menunjukkan kekuatan tarik minimumnya dalam kg/mm^2).

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja ST60, bahan dipotong sesuai dengan standar ASTM E8 untuk uji tarik dan uji kekerasan.



Gambar 3. 4 Baja ST60

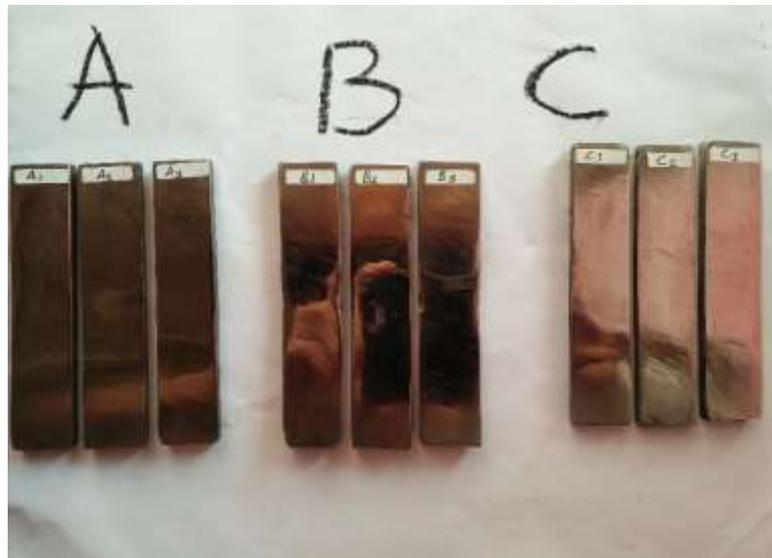
3. Langkah-langkah

- a. Langkah-langkah pengelasan adalah sebagai berikut:
 - 1) Siapkan mesin las GMAW.
 - 2) Nyalakan mesin las.
 - 3) Setting arus ampere las yang sudah ditentukan pada variabel yang diujikan.
 - 4) Siapkan spesimen yang akan dilas.
 - 5) Pengelasan dilakukan dengan posisi dibawah tangan.
 - 6) Sudut kampuh yang di gunakan adalah 60° .
 - 7) Mengelas benda kerja sesuai prosedur.
 - 8) Dinginkan hasil lasan.
 - 9) Analisa hasil pengelasan, jika hasil lasan sesuai apa yang sudah di tentukan maka lakukan pengelasan spesimen senjatanya dan jika hasil lasan tidak sesuai dengan dengan prosedur yang sudah di tentukan maka lakukan preparasi dan ulangi lagi proses pengelasan material.



Gambar 3. 5 Hasil Pengelasan

- b. Langkah-langkah pengujian kekerasan adalah sebagai berikut:
- 1) Siapkan spesimen uji kekerasan.
 - 2) Lakukan penghalusan pada area las dengan mesin gerida.
 - 3) Setelah halus lakukan pengamplasan dengan ukuran amplas 100 sampai 2000 dan di lanjut dengan pemolesan pada area lasan. Hal ini dilakukan karena untuk mengetahui kekerasan pada titik spesimen akibat pengelasan yang dilakukan.
 - 4) Spesimen siap dilakukan pengujian kekerasan pada titik WM (*Weld Metal*).



Gambar 3. 6 Spesimen Uji Kekerasan

- c. Langkah-langkah pengujian tarik adalah sebagai berikut:
- 1) Ukur panjang awal spesimen yang akan diuji.
 - 2) Pasang spesimen pada penjepit mesin tarik.
 - 3) Berikan pembebanan uji tarik pada spesimen.
 - 4) Amati proses pengujian tarik sampai spesimen terputus.
 - 5) Lepaskan spesimen pada mesin tarik, kemudian satukan seperti semula.
 - 6) Lakukan pengamatan dan ukur panjang renggangan pada spesimen.



Gambar 3. 7 Spesimen Uji Tarik

D. Variabel Penelitian

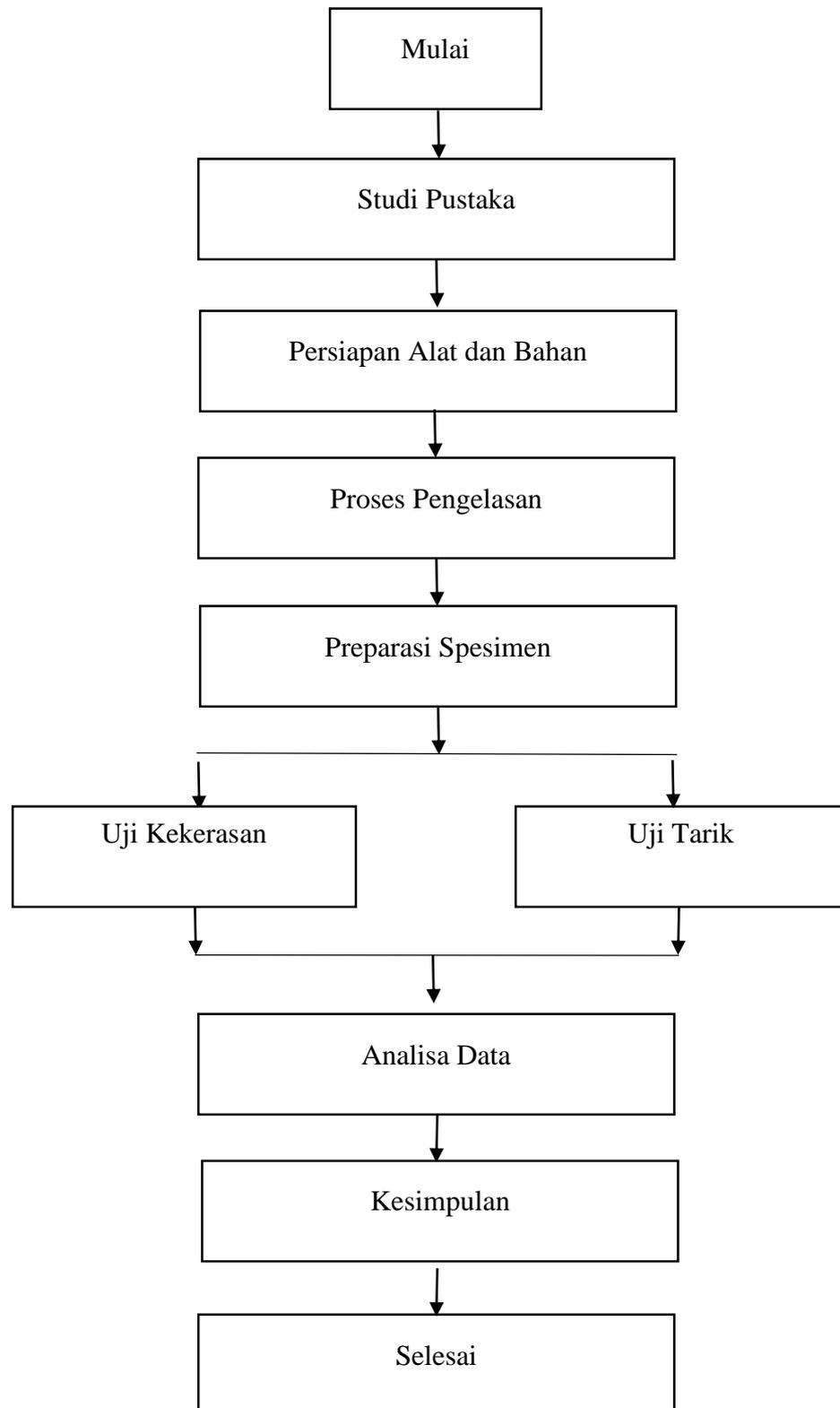
Variabel penelitian adalah suatu hal yang diterapkan oleh peneliti untuk dipelajari dengan apa yang akan diteliti, sehingga didapatkan informasi atau data yang kemudian dapat dijadikan untuk menarik kesimpulan. Dalam penelitian ini terdapat 2 variabel yaitu variabel bebas dan variabel terikat, yang mencakup sebagai berikut:

1) Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang menjadi sebab perubahan atau timbulnya variabel (Sugiyono, 2016). Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi arus pengelasan pada las GMAW.

2) Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi atau menjadi akibat adanya variabel bebas (Sugiyono, 2016). Dalam penelitian ini variabel terikat adalah kekuatan tarik dan kekerasan material hasil pengelasan baja ST60.

E. Desain Penelitian

Gambar 3. 8 Diagram Alur Penelitian

F. Proses Penelitian

Proses penelitian ini dilakukan melalui persiapan, pelaksanaan dan analisa hasil penelitian. Alur penelitian dapat dilihat pada gambar 3. 8, adapun beberapa tahapan yang dilakukan dalam melaksanakan proses dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Persiapan

Pada proses persiapan ini penulis mencari beberapa referensi dengan permasalahan yang ditemukan, dengan tujuan memahami teori-teori yang berkaitan dengan penelitian ini khususnya dalam proses pengelasan. Penulis juga melakukan persiapan semua hal yang berkaitan pada proses penelitian, diantaranya beberapa alat dan bahan yang dibutuhkan dalam proses penelitian :

a. Alat yang digunakan pada saat proses penelitian antara lain:

- 1) Mesin las GMAW (*Gas Metal Arc Welding*)
- 2) Alat uji kekerasan
- 3) Alat uji tarik
- 4) Penggaris
- 5) Jangka sorong
- 6) Amplas
- 7) Mesin milling
- 8) Mesin gerinda

b. Bahan yang digunakan pada saat proses penelitian antara lain:

- 1) Baja ST60
- 2) *Wire roll solid* diameter 1.2

2. Pelaksanaan

Pada penelitian yang dilakukan ini material yang digunakan adalah baja karbon sedang ST60. Pada penelitian ini material terlebih dahulu dibuat menjadi beberapa bagian, Pada material baja jenis ini banyak digunakan pada komponen pemesinan pada kalangan industri, pada penelitian ini material terlebih dahulu dibuat menjadi beberapa spesimen

untuk dibuat kampuh dengan sudut 60° , untuk proses selanjutnya yaitu dilakukan proses pengelasan.

a) Pembuatan Sudut Kampuh

Pembuatan kampuh V dengan sudut 60° menggunakan mesin frais dan mesin gerinda. Material yang telah dipersiapkan dipotong dengan mesin gergaji dengan ukuran 10 mm x 100 mm x 6 mm sebanyak 9 buah untuk spesimen uji tarik dan 20 mm x 100 mm x 6 mm sebanyak 9 buah untuk spesimen uji kekerasan. Setelah material dipotong kemudian permukaan digambar dengan spidol, tepi permukaan diukur sedalam 2 mm dan diukur sudut material sebesar 60° . Setelah digambar, material dicekam dan dilakukan pengefraisan dengan sudut 60° .

b) Proses Pengelasan

Pada proses pengelasan ini menggunakan mesin las GMAW (*Gas Metal Arc Welding*). Proses pengelasan dilakukan setelah persiapan material yang akan dilas, persiapannya meliputi pemotongan material dan proses pembuatan kampuh, untuk kampuh yang digunakan adalah jenis kampuh V, dengan sudut 60° dengan lebar celah 2 mm. Selanjutnya menyetel arus sesuai dengan variabel yang digunakan, dalam penelitian ini arus yang digunakan 90, 100, dan 110 Ampere.

c) Pengujian Kekerasan

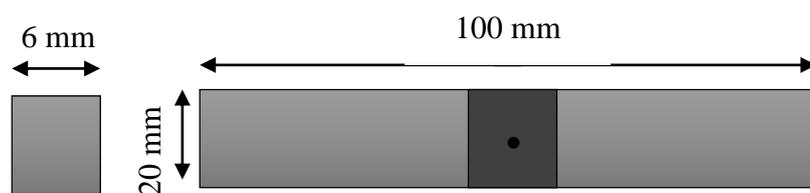
Pengujian kekerasan pada penelitian ini menggunakan metode uji kekerasan Vickers. Pada metode pengujian Vickers memiliki prinsip kerja dengan cara menekankan indenter berupa piramida intan pada permukaan spesimen yang akan diuji, kedalaman penekanan akan memberikan harga kekerasan dengan perbedaan kedalaman penekanan yang diperoleh dari pembebanan. Tiap spesimen yang diuji dilakukan pengujian dengan 1 titik tiap spesimen.

Hasil pengujian kekerasan yang dilakukan dapat dilihat pada layar monitor, semakin kecil nilai kekerasan spesimen yang diuji maka semakin lunak spesimen tersebut dan sebaliknya apabila semakin besar nilai kekerasan spesimen maka semakin keras spesimen tersebut.



Gambar 3. 9 Pengujian Kekerasan Vickers

Spesimen uji kekerasan dibentuk dengan ukuran 100 x 20 x 6 mm, kemudian pada salah satu permukaan spesimen dihaluskan untuk tempat titik pengujian. Pada pengujian kekerasan spesimen dibuat 9 buah dengan 3 variasi arus berbeda pada tiap spesimennya dan pengujian dilakukan pada daerah pengelasan.



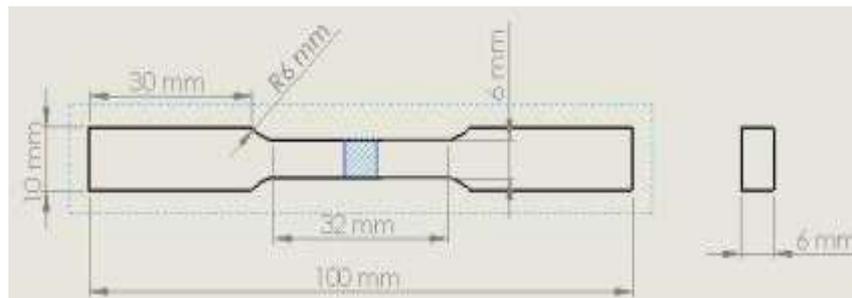
Gambar 3. 10 Spesimen Uji Kekerasan

d) Pengujian Tarik

Uji tarik merupakan suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu material dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu. Percobaan ini untuk mengukur ketahanan terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat. Pengujian tarik yang dilakukan menggunakan mesin uji tarik dengan kapasitas 10 ton.

e) Spesimen Uji Tarik

Setelah proses pengelasan selesai, dilanjut pembuatan spesimen uji tarik dengan ukuran 10 mm x 100 mm x 6 mm sesuai standar ASTM E8. Pada pengujian tarik spesimen dibuat 9 buah dengan sudut kampuh 60° masing-masing menggunakan variasi kuat arus 90 A, 100 A, dan 110 A, dengan menggunakan las GMAW.



Gambar 3. 11 Spesimen Uji Tarik

(Sumber: ASTM Internasional E8, 2010)

G. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data merupakan langkah utama dalam penelitian yang bertujuan mendapatkan data (Sugiyono, 2013). Teknik pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan teknik observasi terstruktur, yakni observasi yang telah dirancang secara sistematis, tentang apa yang diamati, kapan dan dimana tempatnya (Sugiyono, 2013).

H. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik analisis data deskriptif kuantitatif. Teknik analisis data ini diambil dengan cara membandingkan data yang diperoleh dari proses eksperimen. Kemudian hasil yang diperoleh dibuat dalam bentuk tabel dan diagram. Kemudian dapat dideskripsikan dalam bentuk kalimat yang mudah dibaca, dipahami dan dipresentasikan, pada intinya adalah sebagai upaya memberi jawaban dari permasalahan yang akan diteliti (Sugiyono, 2017).

I. Jadwal Penelitian

Tabel 3. 2 jadwal penelitian

No	Kegiatan	Bulan						
		April	Mei	Juni	Juli	Agustus	Sep	Okt
1	Studi Pustaka	■	■	■	■	■	■	■
2	Proposal	■	■	■				
3	Penelitian				■	■		
4	Laporan						■	■

BAB IV

PEMBAHASAN

A. Deskripsi Data

1. Hasil Uji Tarik

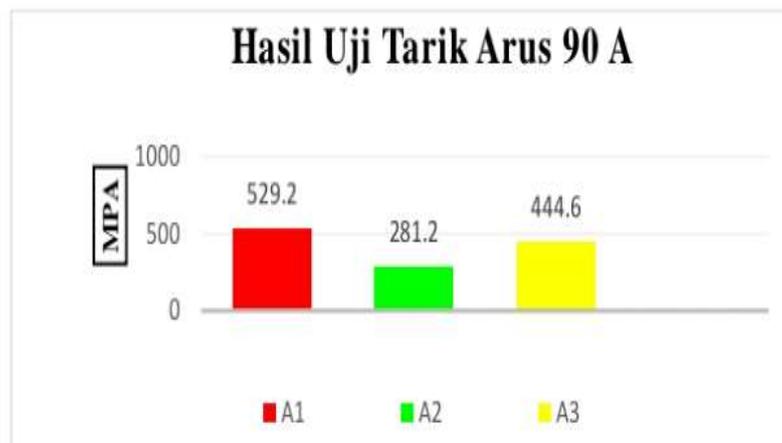
Pada penelitian ini spesimen yang digunakan untuk pengujian berjumlah 9 spesimen. Standar ukuran pengujian menggunakan standart ASTM E8. Setelah spesimen melalui proses pengelasan kemudian spesimen preparasi sesuai standar yang digunakan kemudian dilakukan pengujian tarik.

a) Hasil Uji Tarik Spesimen dengan Arus Pengelasan 90 A

Pengujian tarik pertama dilakukan pada spesimen dengan variasi arus 90 ampere. Tabel 4.1 adalah hasil pengujian tarik spesimen pengelasan dengan variasi arus 90 ampere.

Tabel 4. 1 Data Spesimen Arus 90 Ampere

Nomer	<i>Max Stress</i>
A1	529.2 MPa
A2	281.2 MPa
A3	444.6 MPa



Gambar 4. 1 Grafik Hasil Uji Tarik Arus 90 Ampere



Gambar 4. 2 Hasil Spesimen Uji Tarik Arus 90 Ampere

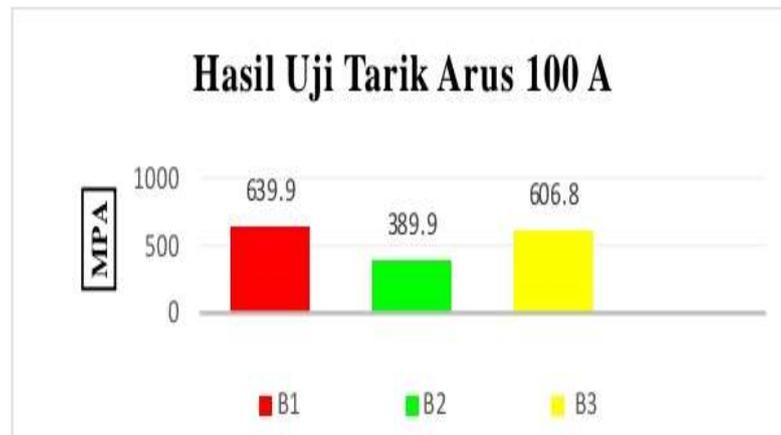
Hasil pengujian tarik pada spesimen dengan arus pengelasan 90 ampere diperoleh tegangan maksimal yaitu A1 sebesar 529.2 MPa, A2 sebesar 281.2 MPa, dan A3 sebesar 444.6 Mpa. Dapat dilihat pada gambar 4.1.

b) Hasil Uji Tarik Spesimen dengan Arus Pengelasan 100 A

Pengujian tarik pertama dilakukan pada spesimen dengan variasi arus 100 ampere. Tabel 4.2 adalah hasil pengujian tarik spesimen pengelasan dengan variasi arus 100 ampere.

Tabel 4. 2 Data Spesimen Arus 100 Ampere

Nomer	<i>Max Stress</i>
B1	639.9 MPa
B2	389.9 MPa
B3	606.8 MPa



Gambar 4. 3 Grafik Hasil Uji Tarik Arus 100 Ampere



Gambar 4. 4 Hasil Spesimen Uji Tarik Arus 100 Ampere

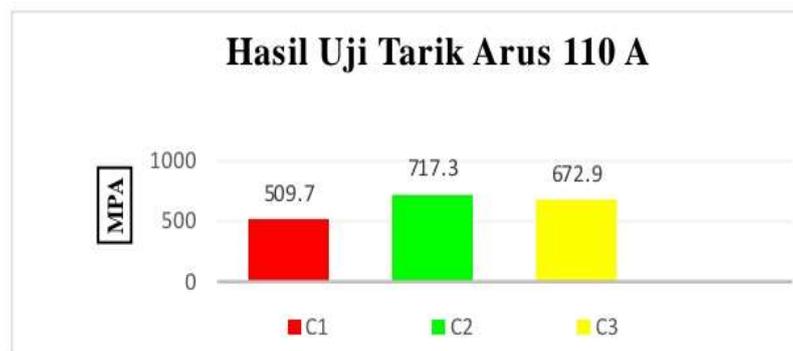
Hasil pengujian tarik pada spesimen dengan arus pengelasan 100 ampere diperoleh tahanan maksimal yaitu B1 sebesar 639.9 MPa, B2 sebesar 389.9 MPa, dan B3 sebesar 606.8 Mpa. Dapat dilihat pada gambar 4. 3.

c) Hasil Uji Tarik Spesimen dengan Arus Pengelasan 110 A

Pengujian tarik pertama dilakukan pada spesimen dengan variasi arus 110 ampere. Tabel 4.3 adalah hasil pengujian tarik spesimen pengelasan dengan variasi arus 110 ampere.

Tabel 4. 3 Data Spesimen Arus 110 Ampere

Nomer	<i>Max Stress</i>
C1	509.7 MPa
C2	717.3 MPa
C3	672.9 MPa



Gambar 4. 5 Grafik Hasil Uji Tarik Arus 110 Ampere



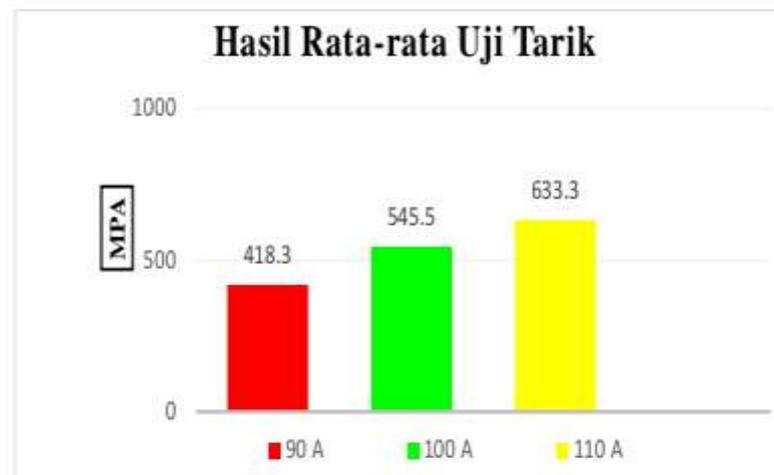
Gambar 4. 6 Hasil Spesimen Uji Tarik Arus 110 Ampere

Hasil pengujian tarik pada spesimen dengan arus pengelasan 110 ampere diperoleh tahanan maksimal yaitu C1 sebesar 509.7 MPa, C2 sebesar 717.3 MPa, dan C3 sebesar 672.9 MPa. Dapat dilihat pada gambar 4.3.

Dari pengujian tarik 9 spesimen diperoleh hasil rata-rata. Tabel 4.4 adalah hasil rata - rata pengujian tarik spesimen pengelasan dengan variasi arus 90, 100, dan 110 ampere. sebagai berikut:

Tabel 4. 4 Hasil Rata – rata Uji Tarik

Ampere	<i>Max Stress</i>
90	481.3 MPa
100	545.5 MPa
110	633.3 MPa



Gambar 4. 7 Hasil Rata-rata Pengujian Tarik

Hasil dari rata-rata pengujian tarik pada spesimen pengelasan dengan variasi arus 110 ampere adalah 633.3 MPa. Kekuatan tarik daerah las untuk spesimen ini merupakan yang paling tinggi dibandingkan spesimen arus 90 ampere dengan rata-rata sebesar 418.3 Mpa.

2. Hasil Uji Kekerasan

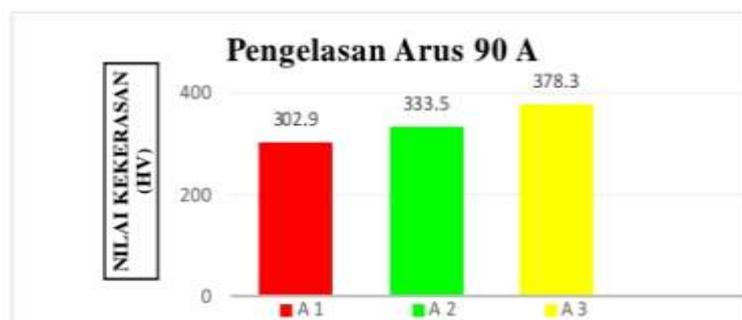
Pada penelitian ini menggunakan alat uji kekerasan dengan metode Vickers yang sering disebut dengan nilai kekerasan HV (*Hardness Vickers*), pada alat uji ini indentor yang digunakan berupa intan berbentuk kerucut atau yang sering disebut dengan *Diamond Pyramid Hardness Test* (DPH) dengan sudut sebesar 136° . Pengujian dilakukan pada 9 sampel yang telah melalui proses pengelasan dengan variasi arus pengelasan. Prinsip pada proses pengujian kekerasan *Vickers* yaitu dengan cara menekankan indentor yang berupa piramida intan pada permukaan spesimen yang akan diuji, kedalaman penekanan akan memberikan nilai kekerasan dengan perbedaan kedalaman penekanan yang diperoleh dari pembebanan. pada setiap sampel dilakukan indentasi sebanyak 1 kali Pengujian. Dari pengujian tersebut diperoleh data nilai kekerasan dari masing-masing sampel sebagai berikut:

a) Hasil Uji Kekerasan Spesimen Pengelasan Dengan Arus 90 A

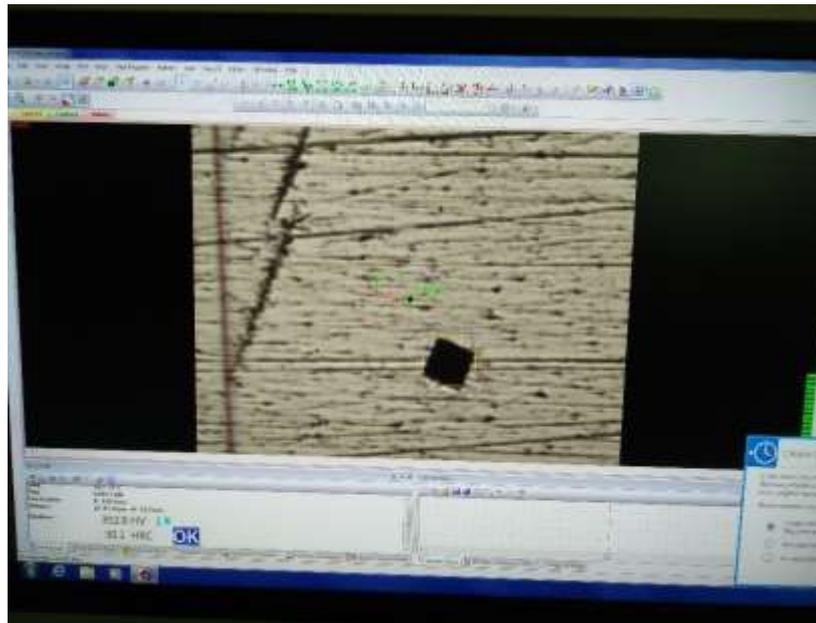
Hasil yang di peroleh dari uji kekerasan dengan variasi arus 90 ampere dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Nilai Kekerasan Spesimen Pengelasan Arus 90 Ampere

Nomer	<i>Hardness Vickers</i>
A1	302.9 HV
A2	333.5 HV
A3	378.3 HV

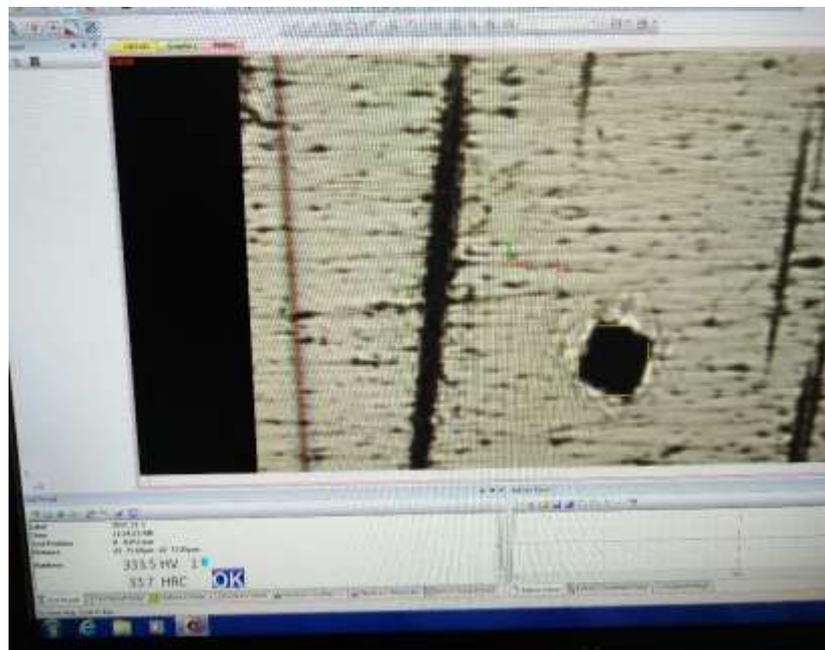


Gambar 4. 8 Grafik Nilai Kekerasan Arus 90 Ampere



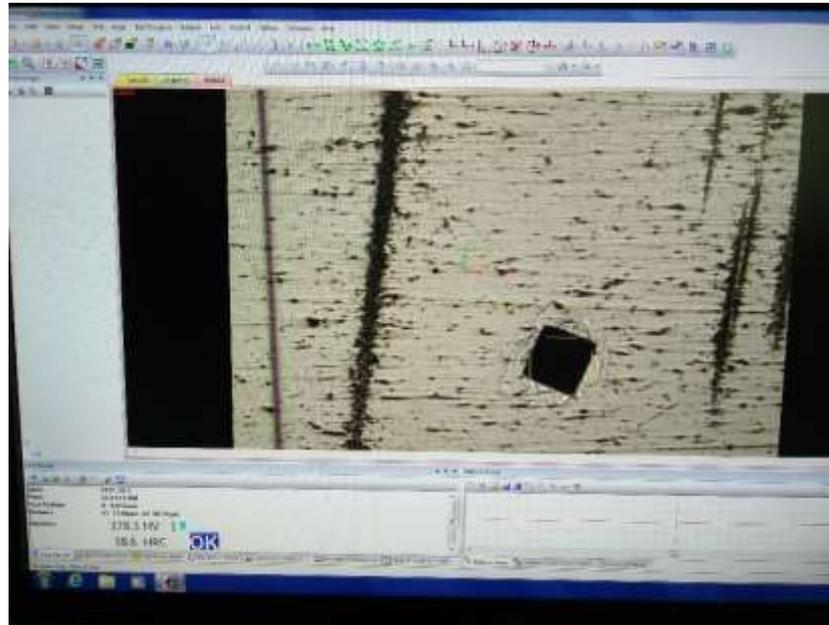
Gambar 4. 9 Hasil Uji Kekerasan Nomer A1

Nilai kekerasan spesimen lasan dengan variasi arus pengelasan 90 ampere pada nomer A1 memiliki nilai kekerasan sebesar 302.9 HV.



Gambar 4. 10 Hasil Uji Kekerasan Nomer A2

Nilai kekerasan spesimen lasan dengan variasi arus pengelasan 90 ampere pada nomer A2 memiliki nilai kekerasan sebesar 333.5 HV.



Gambar 4. 11 Hasil Uji Kekerasan Nomer A3

Nilai kekerasan spesimen lasan dengan variasi arus pengelasan 90 ampere pada nomer A3 memiliki nilai kekerasan sebesar 378.3 HV.

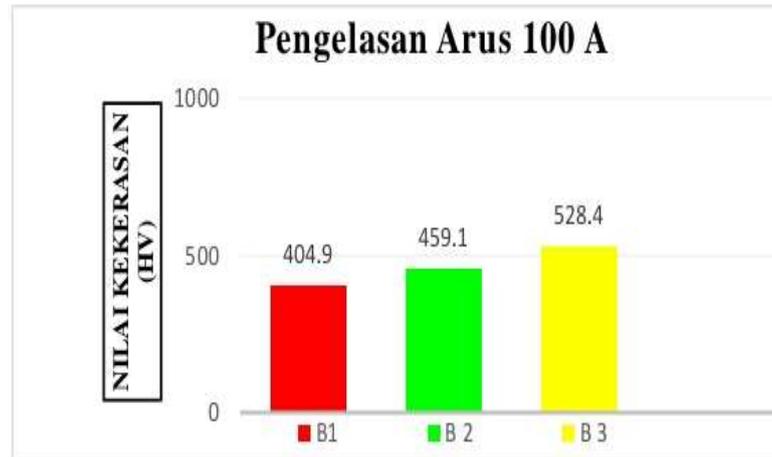
Dari ketiga spesimen hasil lasan dengan variasi arus pengelasan 90 ampere memiliki nilai kekerasan rata-rata sebesar 333.2 HV, dengan nilai titik A1 sebesar 302.9 HV, titik A2 sebesar 333.5 HV, dan titik A3 sebesar 378.3 HV.

b) Hasil Uji Kekerasan Spesimen Pengelasan Dengan Arus 100 A

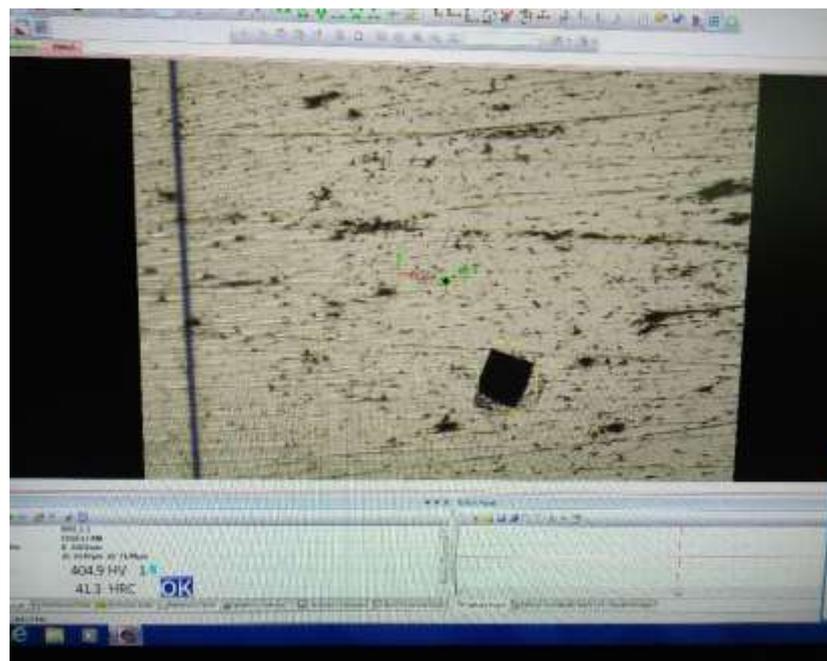
Hasil yang di peroleh dari uji kekerasan dengan variasi arus 100 ampere dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Nilai Kekerasan Spesimen Pengelasan Arus 100 Ampere

Nomer	<i>Hardness Vickers</i>
B1	404.9 HV
B2	459.1 HV
B3	528.4 HV

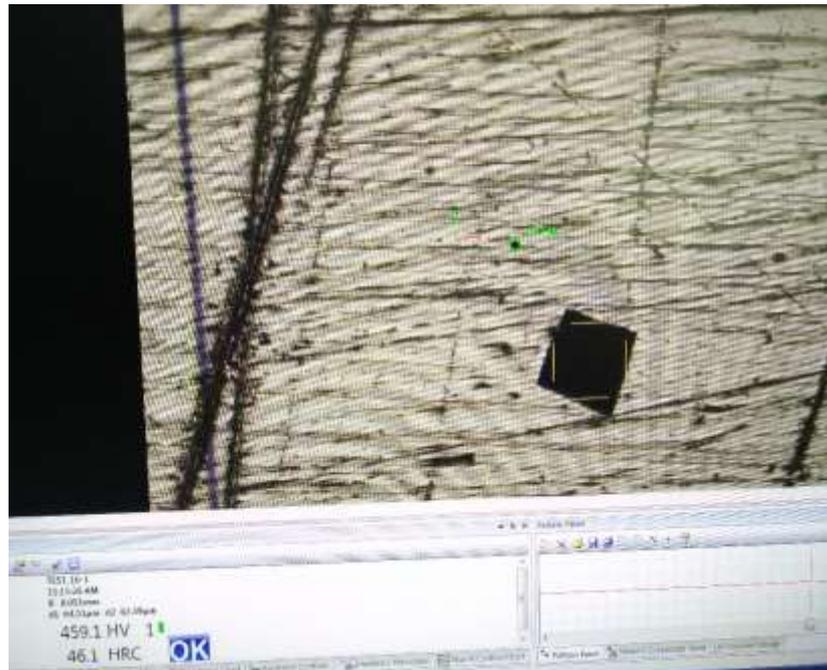


Gambar 4. 12 Grafik Nilai Kekerasan Arus 100 Ampere



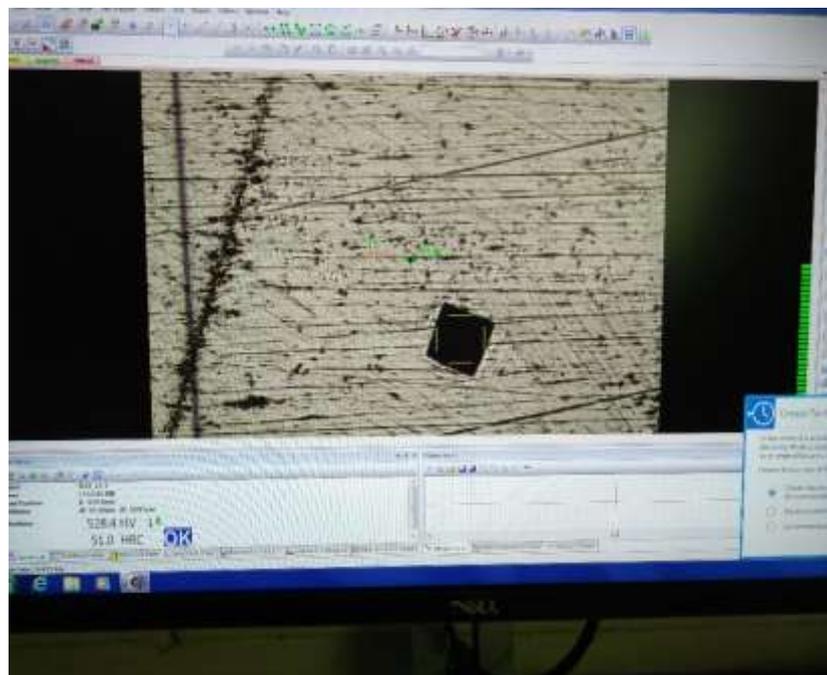
Gambar 4. 13 Hasil Uji Kekerasan Nomer B1

Nilai kekerasan spesimen lasan dengan variasi arus pengelasan 100 ampere pada nomer B1 memiliki nilai kekerasan sebesar 404.9 HV.



Gambar 4. 14 Hasil Uji Kekerasan Nomer B2

Nilai kekerasan spesimen lasan dengan variasi arus pengelasan 100 ampere pada nomer B2 memiliki nilai kekerasan sebesar 459.1 HV.



Gambar 4. 15 Hasil Uji Kekerasan Nomer B3

Nilai kekerasan spesimen lasan dengan variasi arus pengelasan 100 ampere pada nomer B3 memiliki nilai kekerasan sebesar 528.4 HV.

Dari ketiga spesimen hasil lasan dengan variasi arus pengelasan 100 ampere memiliki nilai kekerasan rata-rata sebesar sebesar 464.1 HV, dengan nilai titik B1 sebesar 404.9 HV, titik B2 sebesar 459.1 HV, dan titik B3 sebesar 528.4 HV.

c) Hasil Uji Kekerasan Spesimen Pengelasan Dengan Arus 110 A

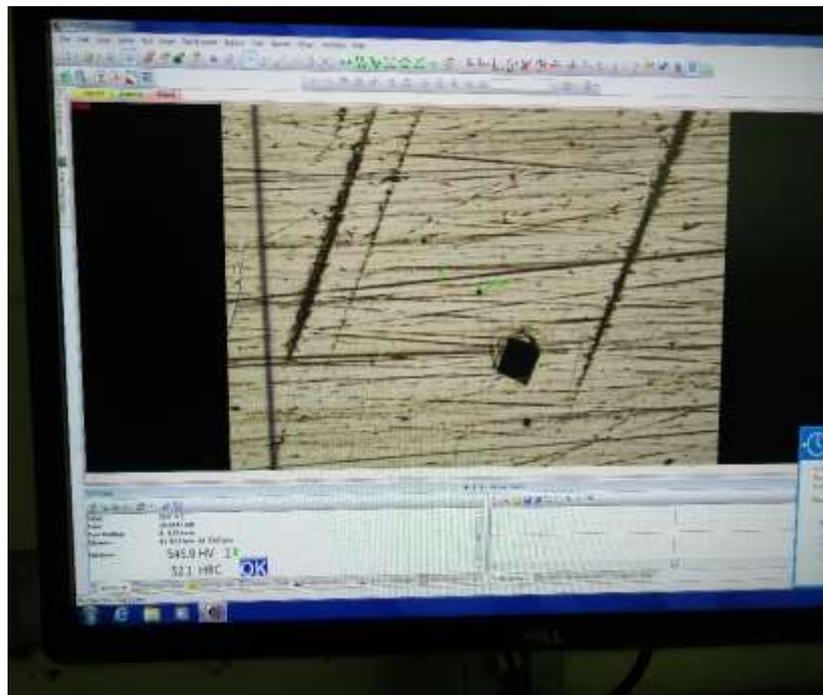
Hasil yang di peroleh dari uji kekerasan dengan variasi arus 110 ampere dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Nilai Kekerasan Spesimen Pengelasan Arus 110 Ampere

Nomer	<i>Hardness Vickers</i>
C1	545.9 HV
C2	561.2 HV
C3	567.4 HV

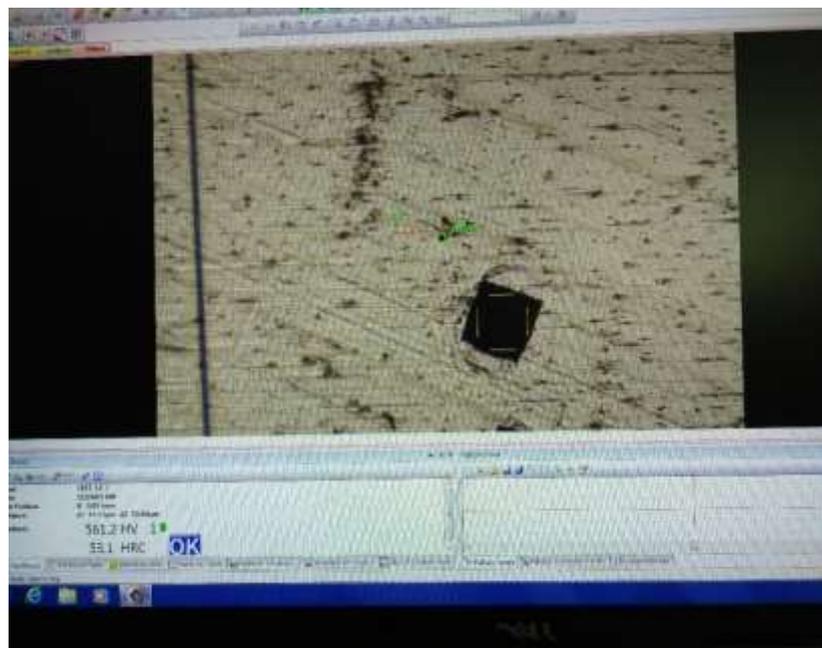


Gambar 4. 16 Grafik Nilai Kekerasan Arus 110 Ampere



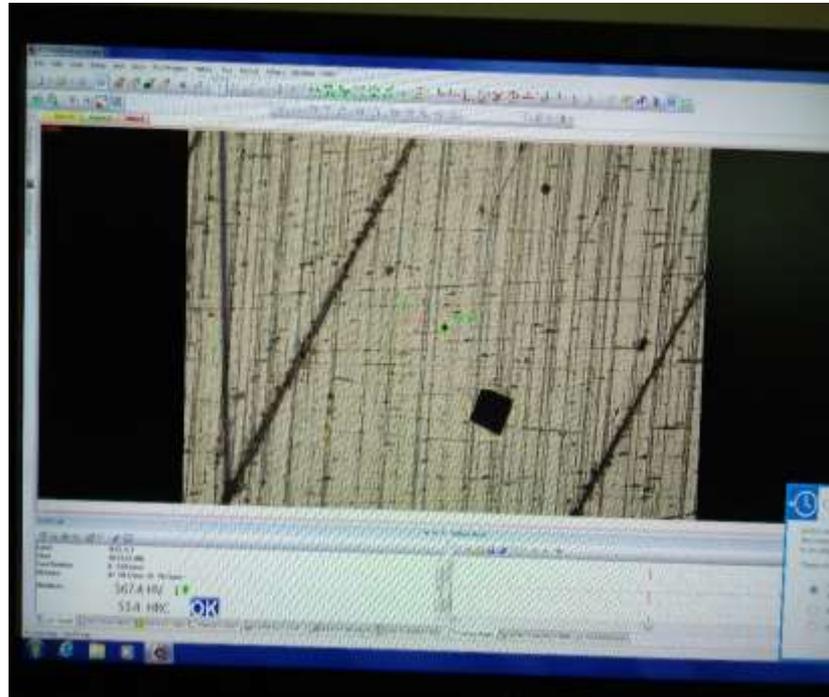
Gambar 4. 17 Hasil Uji Kekerasan Nomer C1

Nilai kekerasan spesimen lasan dengan variasi arus pengelasan 110 ampere pada nomer C1 memiliki nilai kekerasan sebesar 545.9 HV.



Gambar 4. 18 Hasil Uji Kekerasan Nomer C2

Nilai kekerasan spesimen lasan dengan variasi arus pengelasan 110 ampere pada nomer C2 memiliki nilai kekerasan sebesar 561.2 HV.



Gambar 4. 19 Hasil Uji Kekerasan Nomer C3

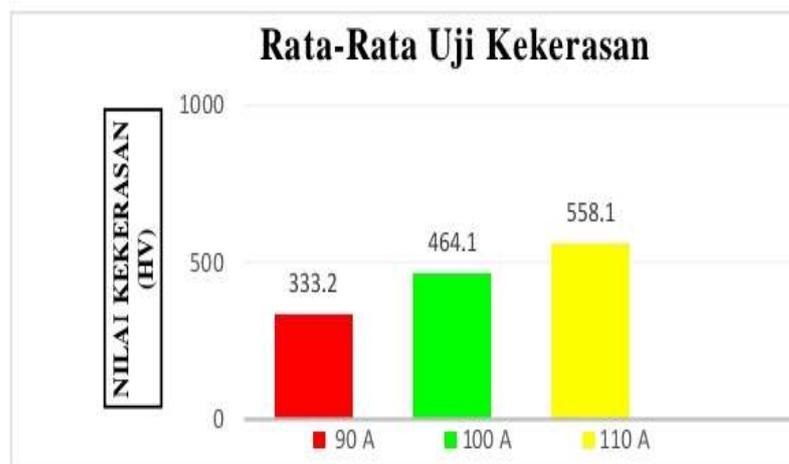
Nilai kekerasan spesimen lasan dengan variasi arus pengelasan 110 ampere pada nomer C3 memiliki nilai kekerasan sebesar 567.4 HV.

Dari ketiga spesimen hasil lasan dengan variasi arus pengelasan 110 ampere memiliki nilai kekerasan rata-rata sebesar sebesar 558.1 HV, dengan nilai titik C1 sebesar 545.9 HV, titik C2 sebesar 561.2 HV, dan titik C3 sebesar 567.4 HV.

Dari pengujian kekerasan 9 spesimen diperoleh hasil rata-rata. Tabel 4.8 adalah hasil rata - rata pengujian kekerasan spesimen pengelasan dengan variasi arus 90, 100, dan 110 ampere. sebagai berikut:

Tabel 4. 8 Hasil Rata – rata Uji Kekerasan

Ampere	<i>Hardness Vickers</i>
90	333.2 HV
100	464.1 HV
110	558.1 HV



Gambar 4. 20 Grafik Rata-Rata Uji Kekerasan

Hasil dari rata-rata pengujian kekerasan pada spesimen pengelasan dengan variasi arus 110 ampere adalah 558.1 HV. Kekuatan tarik daerah las untuk spesimen ini merupakan yang paling tinggi dibandingkan spesimen yang lainnya dengan hasil lebih rendah yaitu 332.2 HV.

Berdasarkan data hasil pengujian kekerasan pada spesimen hasil lasan dengan variasi arus memberikan hasil yang bervariasi. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar arus pengelasan yang digunakan akan berpengaruh pada tingkat kekerasan material hasil lasan.

B. Pembahasan

1. Pengujian Tarik

Berdasarkan data hasil pengujian tarik pada material hasil pengelasan, nilai kekuatan tarik meningkat seiring bertambah arus ampere. Hasil pengujian tarik yang diperoleh memiliki nilai rata-rata paling rendah pada arus 90 ampere yaitu sebesar 418.3 MPa, pada arus 100 ampere memiliki rata-rata nilai sebesar 545.5 MPa, dan pengujian tarik yang diperoleh memiliki nilai rata-rata paling tinggi pada arus 110 A yaitu sebesar 633.3 MPa. Dapat dilihat pada gambar 4. 7, ini menunjukkan bahwa bertambahnya arus ampere pada pengelasan GMAW menunjukkan bahwa semakin besar arus yang di gunakan hasil yang diperoleh meningkat di setiap variasi arus yang digunakan.

Pada penelitian yang dilakukan Putra (2016) mengenai analisa dari hasil pengelasan GMAW pada alumunium 5083 menyatakan bahwa besar arus ampere yang digunakan dalam proses pengelasan sangat berpengaruh dalam menentukan kualitas hasil pengelasan ditinjau dari kekuatannya dan temperatur atau suhu merupakan faktor yang sangat berpengaruh pada ketangguhan suatu material dimana semakin rendah arus yang di gunakan maka semakin rendah pula ketangguhannya.

Kemudian pada penelitian yang dilakukan Baroto (2017) mengenai pengelasan GMAW pada baja ST37 menyatakan bahwa kekuatan tarik pada pengelasan sangat tergantung pada metode pengelasan, kuat arus listrik, tekanan gas, dan cara pengelasan. pengujian pada spesimen hasil yang diperoleh cenderung meningkat pada hasil uji. Dimana semakin besar arus yang digunakan maka kekuatan ketangguhannya semakin tinggi.

2. Pengujian Kekerasan

Berdasarkan data hasil pengujian kekerasan hasil pengelasan cenderung meningkat di setiap penambahan arusnya, pada arus 90 A diperoleh nilai kekerasan rata-rata 333.2 HV, pada arus 100 A diperoleh hasil kekerasan rata-rata 464.1 HV, pada arus 110 A diperoleh hasil rata-rata nilai kekerasan 558.1 HV.

Hal ini didukung oleh hasil penelitian dari Yudi (2019) mengenai pengelasan GTAW pada baja ST60 yang mengatakan bahwa semakin besar ampere yang di gunakan, kekerasan material semakin besar pula.

Kemudian pada penelitian yang dilakukan Wijoyo (2015) mengenai pengelasan GMAW pada baja karbon tinggi menyatakan bahwa semakin besar arus yang di gunakan pada spesimen nilai kekerasannya semakin tinggi pada daerah las dan selanjutnya menurun sampai logam induk.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah penulis lakukan mengenai pengaruh variasi arus terhadap kekuatan dan kekerasan hasil lasan baja ST60, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian tarik yang dilakukan menunjukkan bahwa, semakin besar arus ampere yang di gunakan maka semakin tinggi nilai ketangguhanya. Hasil pengujian tarik yang telah dilakukan pada material hasil pengelasan diperoleh nilai kekuatan tarik tertinggi pada pengelasan arus 110 A dengan nilai rata-rata kekuatan tarik sebesar 633.3 MPa. Arus 110 A merupakan variasi arus pengelasan tertinggi sedangkan pada arus 90 A di peroleh hasil nilai rata-rata sebesar 481.3 MPa.
2. Hasil pengujian kekerasan yang dilakukan menunjukkan bahwa, semakin besar arus ampere yang di gunakan maka semakin tinggi nilai kekerasan. Hasil pengujian kekerasan yang telah dilakukan pada material diperoleh nilai kekerasan rata-rata paling tinggi didapat pada pengelasan arus 110 A dengan nilai kekerasan rata-rata sebesar 558.1 HV. Arus 110 A merupakan variasi arus pengelasan tertinggi sedangkan pada arus 90 A diperoleh hasil rata – rata sebesar 333.2 HV.

B. Saran

Dalam penelitian ini dapat dirangkum beberapa saran yang berkaitan dengan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pada proses pengelasan harus diperhatikan benar – benar penyetingan pada arus ampere, pemilihan besar arus pengelasan yang digunakan akan berpengaruh terhadap kekuatan tarik dan kekerasan.
2. Pada saat selesai melakukan pengelasan, jangan menggunakan media air untuk proses pendinginan maka dapat mengakibatkan deformasi akibat panas yang berlebih.

DAFTAR PUSTAKA

- Asrul, A., Kamil, K., & Asiri, M. H. (2018). Analisis Kekuatan Sambungan Las Metal Inert Gas (MIG) pada Logam Aluminium Paduan AA6063 dengan Variasi Arus Listrik. *Teknik Mesin.Teknologi*, 18 (1 Apr).
- ASTM Internasional (E8/E8M-09). 2010. *Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials. United States of America.*
- Baroto, B. T., & Sudargo, P. H. (2017). Pengaruh Arus Listrik dan Filler Pengelasan Logam Berbeda Baja Karbon Rendah (ST 37) Dengan Baja Tahan Karat (AISI 316L) Terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro. *Prosiding SNATIF*, 637-642.
- Budiarsa, I. N. (2008). Pengaruh Besar Arus Pengelasan Dan Kecepatan Volume Alir Gas Pada Proses Las GMAW Terhadap Ketangguhan Aluminium 5083. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakram*, 2(2), 112-116.
- Dewanto, A. P., Amiruddin, W., & Yudo, H. (2016). Analisa Kekuatan Mekanik Sambungan Las Metode MIG (Metal Inert Gas) dan Metode FSW (Friction Stir Welding) 800 Rpm Pada Alumunium Tipe 5083. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 4(3).
- Gunawan, Y., Endriatno, N., & Anggara, B. H. (2017). Analisa Pengaruh Pengelasan Listrik Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon Rendah dan Baja Karbon Tinggi. *Enthalpy*, 2(1).
- Haryadi, G. D. (2006). Pengaruh Suhu Tempering Terhadap Kekerasan, Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Pada Paja K-460. *Rotasi*, 8(2), 1-8.
- Ketaren, L. P. (2019). Analisa Pengaruh Variasi Kampuh Las dan Arus Listrik Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Sambungan Las GMAW (Gas Metal ARC Welding) Pada Aluminium 6061. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 7(4).
- Kumayasari, M. F., & Sultoni, A. I. (2017). Studi Uji kekerasan Rockwell Superficial vs Micro Vickers. *Jurnal Teknologi Proses dan Inovasi Industri*, 2(2).
- Majanasastra, R. B. S. (2013). Analisis Simulasi Uji Impak Baja Karbon Sedang (AISI 1045) dan Baja Karbon Tinggi (AISI D2) Hasil Perlakuan Panas. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Unisma" 45" Bekasi*, 1(2).
- Muhammad Rozihan, A. (2017). Pengaruh Penempaan dan Head Treatment Pada Pembuatan Perkakas Logam Berbahan Pegas Daun Mobil Terhadap Kekerasan Mikro Vickers, 8 Kekuatan Impack dan Struktur Mikro. (*Doctoral dissertation, Universitas Negeri Semarang*).
- Putra, R. P., Jokosisworo, S., & Kiryanto, K. (2016). Pengaruh Arus Listrik dan Temperatur Terhadap Kekuatan Tarik Dan Impact Alumunium 5083 Pengelasan GMAW (Gas Metal Arc Welding). *Jurnal Teknik Perkapalan*, 4(1).
- Purkuncoro, A. E. (2019). Analisis Pengaruh Variasi Arus Listrik 90 A, 10 A, 130 A Terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro Hasil Pengelasan Gas Metal ARC Welding (GMAW) Pada Baja Karbon JISS50C. *Industri Inovatif: Jurnal Teknik Industri*, 9(1), 1-8.

- Pratowo, B. (2016). Peningkatan Kualitas Kekuatan Bahan Plat Dinding Corong Tuang (Hopper) Melalui Proses Chromizing Untuk Meningkatkan Jumlah Produksi Batu Bara. *Jurnal Teknik Mesin*, 2(1).
- Rosyadi, A., & Imran, I. (2019, November). Analisa Pengaruh Variasi Arus Terhadap Cacat Las Dan Defleksi Pada Material Baja Karbon St. 37 Dengan Pengelasan Mig. *Seminar Nasional Industri dan Teknologi* (pp. 98-107).
- Rimpung, K. (2017). Analisis Perubahan Kekerasan Permukaan Baja ST 42 Dengan Pelakuan Panas 800° C Menggunakan Metode Vickers. Laboratorium Uji Bahan Politeknik Negeri Bali. *Logic: Jurnal Rancang Bangun dan Teknologi*, 17(1), 67-72.
- Sianturi, M. T. I. (2019). Analisa Kekuatan Tarik dan Impak Baja ST 40 Pengelasan Flux-Cored Arc Welding (FCAW) Posisi 4G dengan Variasi Arus Pengelasan. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 7(4).
- Sudargo, P. H., & Diharjo, K. (2011). Pengaruh filler dan arus listrik terhadap sifat fisik-mekanik sambungan las gmaw logam tak sejenis antara baja karbon dan J4. *Prosiding SNST Fakultas Teknik*, 1(1).
- Sugiyono. 2013. Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D. *Alfabeta: Bandung*.
- Sukmadinata, N. S. (2013). *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Wijoyo, W., & Aji, B. K. (2015). Kajian Kekerasan Dan Struktur Mikro Sambungan Las GMAW Baja Karbon Tinggi Dengan Variasi Masukan Arus Listrik. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, 6(2), 243-248.
- Wiryo Sumarto, H., dan Okumura, T. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita
- Yudi, G. A., Respati, S. M. B., & Syafa'at, I. (2019). Analisa Laju Korosi Baja ST 60 Pasca Proses Las GTAW Dengan Variasi Arus Las 80, 100, 120 A dan Direndam Pada Larutan HCL Bersuhu 40° C. *Jurnal Ilmiah Momentum*, 15(1).

LAMPIRAN

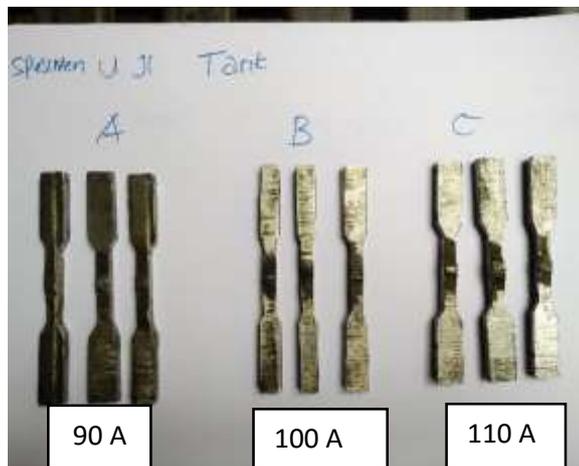
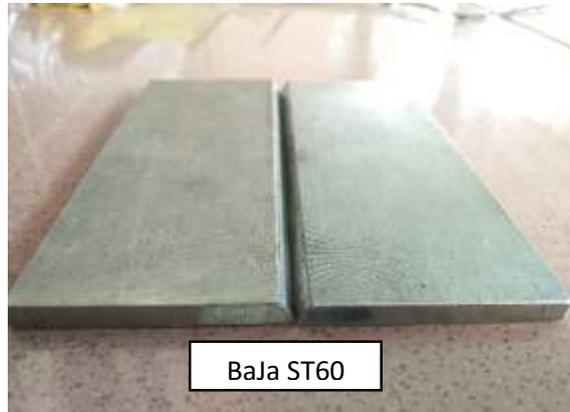
Lampiran 1

Daftar Lampiran 1 Proses Pengujian Spesimen

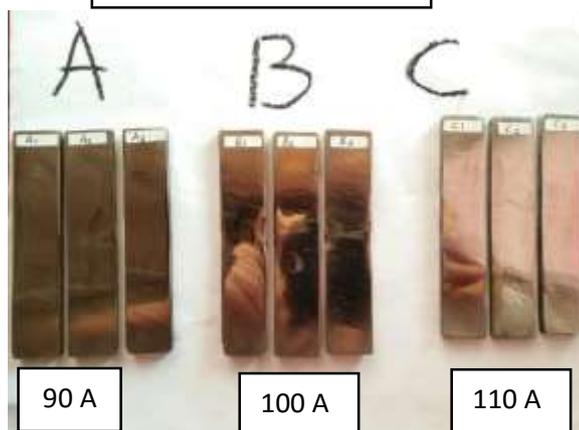


Lampiran 2

Daftar Lampiran 2 Spesimen Pengujian



Spesimen Uji Kekerasan



Lampiran 3

Daftar Lampiran 3 Sertifikat Material



P.T. BHINNEKA BAJANAS

S I U P No 1296/97/09 - 02/PB/XII/2000

Jl. Karang Bolong Raya No 5 Ancol Barat, Jakarta – Indonesia P.O.Box 4103/JKT
 Phone: 62-21-6912116 6912201, 6922122, 6925431, 6925591, 6909308 (hunting) Fax: 6911569, 6924291



TEST CERTIFICATE

Nr./No./No.: 106/ 11/05/2020
 Seite/Page/Page: 01

Bestell Nr./Purchaser's Order No./No. de commande
BB/04-20

Unsere Auftrags Nr./Works Order No./No. commande à l'usine
610447/ RI

Preufgegenstand/Object of test/Object d'examen
**STEEL BARS K945 (AISI 1045)
 K 945/ E.M.S 45**

Lieferschein/Dispatch note/Avis d'expédition
II/O NO.X.18 008750/OB

<u>Umfang der Lieferung/Volume of delivery/Liste descriptive</u>	<u>Gewicht kg</u> Weight lbs Poids kg	<u>Schmelze</u> Heat No No. de coulée	<u>Pruef-Nr</u> Test No Epreuve
01 50 X 2000 X 5500 MM	4270.00	Z9202806L	

01207

Chemische Zusammensetzung/Chemical Composition/Composition chimique (%)

<u>Schmelze</u> Heat No. No. de coulée	C	SI	MIN	P	S	CR	Ni	Mo	V	Al	Cu
Z9202806L	.51	0.29	0.63	0.21	0.02	0.04					

Chemische Zusammensetzung/Chemical Composition/Composition chimique (%)

<u>Pruef-Nr</u> Test No Epreuve	<u>Haerte^{Br}</u> Brinell	<u>Tensile Strength</u> (Rm) N/mm2	<u>Yield Strength</u> (Rp 0.2) N/mm2	<u>Elongation</u> %	<u>Reduction</u> %
01	< 190				

P.T. BHINNEKA BAJANAS



Lampiran 4

Daftar Lampiran 4 Data Hasil Pengujian Tarik



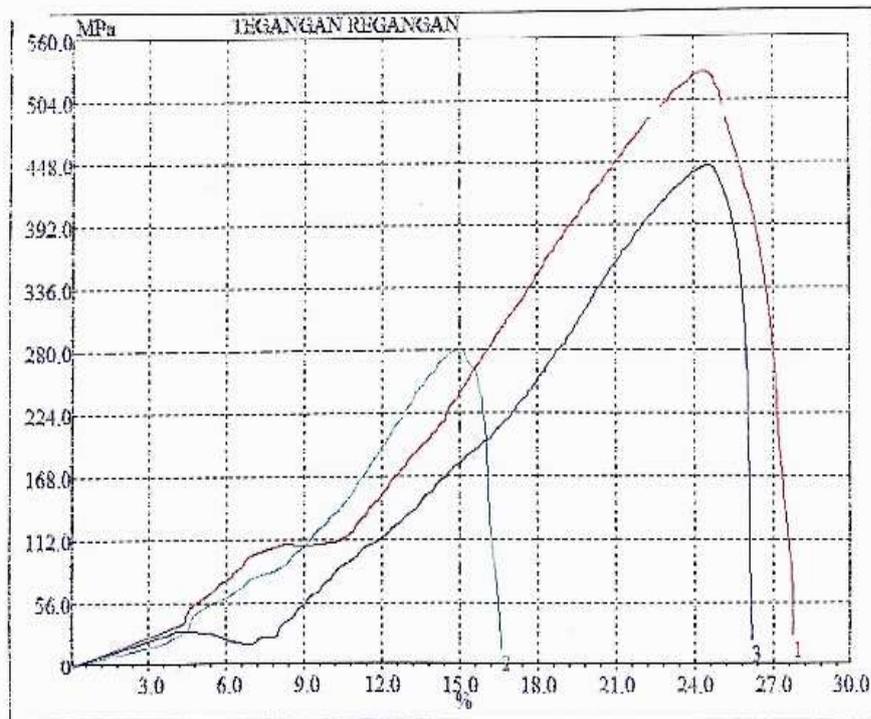
Laboratorium
Material Teknik
JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS WAHID HASYIM

Nama : LUTHERI
Instansi : UPGRIS

Bahan : A
Standard :

HASIL PENGUJIAN TARIK

No	Material	Area mm ²	Yield Point N	Yield Stress MPa	Max. Load N	Max. Stress MPa	Break N	Break MPa	Extension mm	Elongation %
1	A	35.235	17017.972	482.982	18647.997	529.243	878.306	24.927	8.600	27.742
2	BA	38.704	10000.619	258.385	10885.263	281.241	531.082	13.721	5.138	16.573
3	B	40.191	16264.143	404.674	17871.502	444.668	845.066	21.026	8.113	26.169



Semarang, 18-07-2020

Kepala Laboratorium

Helmy Darwanto, ST., MT
NPP. 05.01.1.0060

Tested By: Nur Kholis, ST
NPP. 02.14.0.0303

Gedung D. Fakultas Teknik
Jl. Mantri Tengah X/22 Sampangan Semarang 50236
Telp. +62 24 8505680 (ext. 160), Fax. +62 24 8505681, www.teknik.umw.ac.id



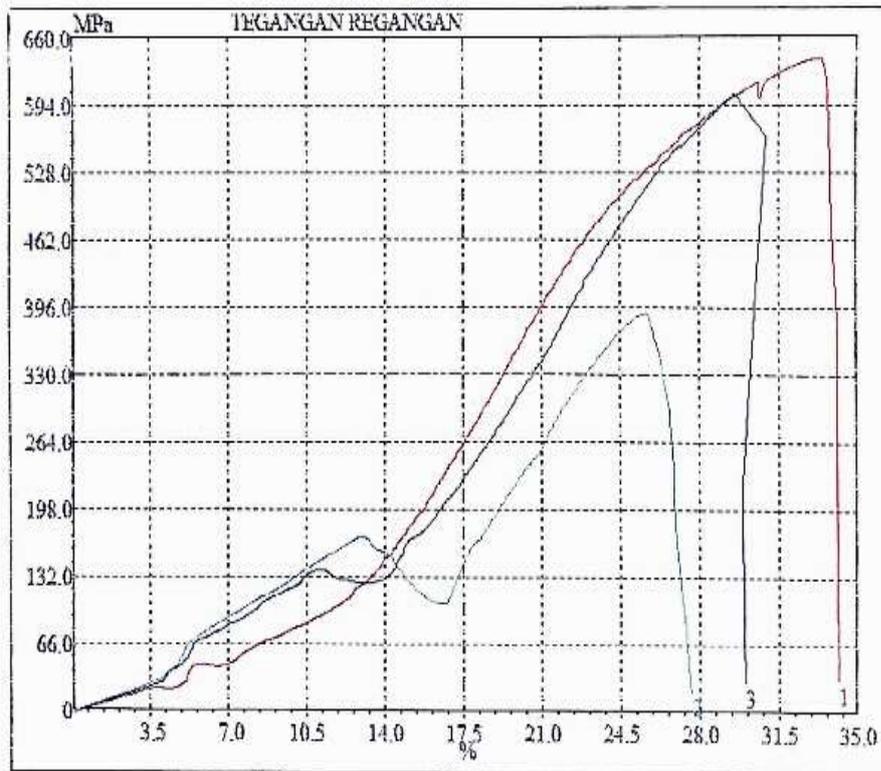
Laboratorium
Material Teknik
JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS WAHID HASYIM

Nama : LUTHFI
Instansi : UPGRIS

Bahan : B
Standard :

HASIL PENGUJIAN TARIK

No	Material	Area mm ²	Yield Point N	Yield Stress MPa	Max. Load N	Max. Stress MPa	Break N	Break MPa	Extension mm	Elongation %
1	B	40.952	21493.233	524.841	26207.119	639.949	1291.282	31.532	10.575	34.113
2	B	41.409	14714.535	355.350	16146.899	389.941	789.567	19.068	8.563	27.621
3	B	38.631	21293.035	551.193	23441.241	606.802	1106.820	28.651	9.300	30.000



Semarang, 18-07-2020
Kepala Laboratorium

Helmy Purwanto, ST., MT
NPP. 05.01.1.0060

Tested By: Nur Kholis, ST
NPP. 02.14.0.0303

Gedung D. Fakultas Teknik
Jl. Menoreh Tengah X/22 Sampangan Semarang 50216
Telp. +62 24 8505690 (ext. 160), Fax. +62 24 8505681, www.teknik.unswahid.ac.id



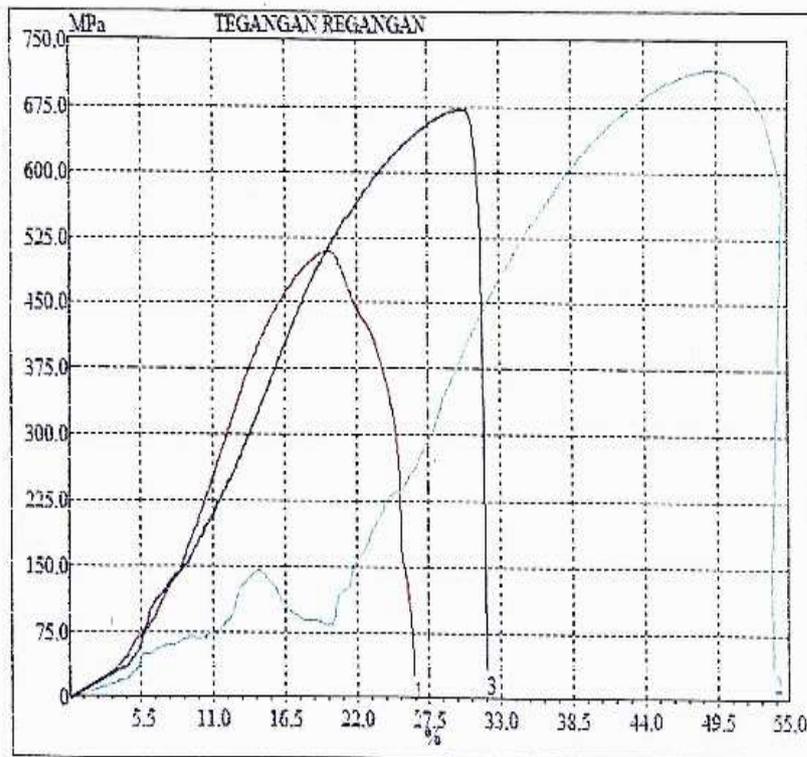
Laboratorium
Material Teknik
JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS WAHID HASYIM

Nama : LUTHFI
Instansi : UPGRIS

Bahan : C
Standard :

HASIL PENGUJIAN TARIK

No	Material	Area mm ²	Yield Point N	Yield Stress MPa	Max. Load N	Max. Stress MPa	Break N	Break MPa	Extension mm	Elongation %
1	C	40.952	18749.061	457.831	20877.138	509.797	1022.439	24.967	8.125	26.210
2	2	39.940	25874.566	647.837	28652.357	717.387	1430.982	35.828	16.625	53.629
3	3	38.936	21563.785	553.826	26203.621	672.992	1292.443	33.194	9.887	31.895



Semarang, 18-07-2020

Kepala Laboratorium

Helmy Purwanto, ST., MT
NPP. 05.01.1.0060

Tested By: Nur Kholis, ST
NPP. 02.14.0.0303

Gedung D. Fakultas Teknik
Jl. Merdeka Tengah X/22 Satepangan Semarang 50236
Telp. (061) 4272200 Fax. (061) 4272201

Lampiran 5

Daftar Lampiran 5 Data Hasil Pengujian Kekerasan



LABORATORIUM TEKNIK MESIN

UNIVERSITAS PGRI SEMARANG

Pawitan luhur III No.1 Bendan Duwur, Kec. Gajahmungkur, Kota Semarang,
Jawa Tengah 50233. Telepon: (024) 8444139

Nama : Abdul Lutdfi Pratama

Npm : 16650071

DATA PENGUJIAN KEKERASAN (HV)

No	Material	Kuat Arus (Ampere)	Simbol	Nilai Kekerasan (HV)	Rata-rata (HV)	
1	Baja St 60	90	A	A1	302,9	333,2
2				A2	333,5	
3				A3	378,3	
4		100	B	B1	404,9	464,1
5				B2	459,1	
6				B3	528,4	
7		110	C	C1	545,9	558,1
8				C2	561,2	
9				C3	567,4	

Mengetahui

Kepala Laboratorium Teknik Mesin

Universitas PGRI Semarang

Drs. Carsoni, S.T., M.T.

NIP. 195712061983031002

Lampiran 6

Daftar Lampiran 6 Surat Izin Penelitian



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS PGRI SEMARANG**

Kampus: Jalan Sidodadi Timur Nomor 24 Semarang-Indonesia 50125
Telp. (024) 8316377, Faks. (024) 8448217, E-mail : upgrismg@gmail.com
Homepage : www.upgrismg.ac.id

Nomer : 1/A/Mesin/FTI/UPGRIS/VII/2020 Semarang, 28 Juli 2020
Lampiran : -
Hal : Permohonan peminjaman alat

Yth. Kepala Laboratorium Teknik Mesin
Universitas PGRI Semarang

Dengan Hormat,

Sehubungan dengan penelitian yang sedang saya lakukan guna menyelesaikan tugas akhir, maka dengan ini:

Nama : Abdul Lutdfi Pratama

NPM : 16650071

Prodi : Teknik Mesin

Judul : Pengaruh Variasi Arus Pada Pengelasan GMAW Terhadap
Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Baja ST 60

Bermaksud untuk meminjam alat uji kekerasan Vickres di Laboraturium Teknik
Mesin Universitas PGRI Semarang.

Demikian surat permohonan ini, atas perhatiannya saya uapkan terima kasih.

Mengetahui

Ka. Prodi Teknik Mesin

Aan Burhanudin, S.T., M.T

NPP 0624068302



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS PGRI SEMARANG**

Kampus: Jalan Sidodadi Timur Nomor 24 Semarang-Indonesia 50125
Telp. (024) 8316377, Faks. (024) 8448217, E-mail : upgrismg@gmail.com
Homepage : www.upgrismg.ac.id

Nomer : 2/B/Mesin/FTI/UPGRIS/VII/2020 Semarang, 07 Juli 2020
Lampiran : -
Hal : Permohonan Ijin Penelitian

Kepada

Universitas Wahid Hasim

Jl. Menoreh Tengah X No.22, Sampangan, Kec. Gajahmungkur

Kota Semarang

Dengan Hormat, bahwa mahasiswa kami:

No	NPM	Nama Mahasiswa	Program Studi
1	16650071	Abdul Lutdfi Pratama	Teknik Mesin
2			

Akan mengadakan penelitian dengan judul:

Pengaruh Variasi Arus Pada Pengelasan GMAW Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Baja ST 60.

Sehubungan dengan hal tersebut kami mohon perkenan bapak/ibu memberikan izin bagi mahasiswa tersebut untuk melakukan penelitian.

Demikian surat permohonan ini, atas perhatiannya saya ucapkan terima kasih.

Mengetahui

Ka. Prodi Teknik Mesin

Aan Burhanudin, S.T., M.T

NPP 0624068302



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS PGRI SEMARANG**

Kampus: Jalan Sidodadi Timur Nomor 24 Semarang-Indonesia 50125
Telp. (024) 8316377, Faks. (024) 8448217, E-mail : upgrismg@gmail.com
Homepage : www.upgrismg.ac.id

Nomer : 2/B/Mesin/FTI/UPGRIS/VII/2020 Semarang, 07 Juli 2020
Lampiran : -
Hal : Permohonan Ijin Penelitian

Kepada
PT. Idola Aerindo Udaya
Jl. Raya Karanganyar No. 45 Km. 11 Semarang.

Dengan Hormat, bahwa mahasiswa kami:

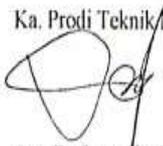
No	NPM	Nama Mahasiswa	Program Studi
1	16650071	Abdul Lutdfi Pratama	Teknik Mesin
2			

Akan mengadakan penelitian dengan judul:

Pengaruh Variasi Arus Pada Pengelasan GMAW Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Baja ST 60.

Schubungan dengan hal tersebut kami mohon perkenan bapak/ibu memberikan izin bagi mahasiswa tersebut untuk melakukan penelitian.

Demikian surat permohonan ini, atas perhatiannya saya uapkan terima kasih.

Mengetahui
Ka. Prodi Teknik/Mesin

Aan Burhanudin, S.T., M.T
NPP 0624068302

