PENGARUH VARIASI ARUS LISTRIK PADA SIFAT FISIK DAN MEKANIK SAMBUNGAN LAS *TUNGSTEN INERT GAS* (TIG) BAJA SS400

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin

Disusun Oleh :

Nama : Isal Alvianto
No. Mahasiswa : 20525095
NIRM : 2008160186

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

2024

PERNYATAAN KEASLIAN

Bismillahirrahmanirrahim, dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini merupakan hasil kerja saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang saya cantumkan sumbernya sebagai referensi. Apabila kemudian hari terbukti pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima hukuman/sanksi sesuai hukum yang berlaku di Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 6 Desember 2024

Isar Alvianto

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

PENGARUH VARIASI ARUS LISTRIK PADA SIFAT FISIK DAN MEKANIK SAMBUNGAN LAS *TUNGSTEN INERT GAS* (TIG) BAJA SS400

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Isal Alvianto
No. Mahasiswa : 20525095
NIRM : 2008160186

Yogyakarta, 6 Desember 2024

Dosen Pembimbing

Yustiasih Purwaningrum, S.T.,M.T.

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

PENGARUH VARIASI ARUS LISTRIK PADA SIFAT FISIK DAN MEKANIK SAMBUNGAN LAS *TUNGSTEN INERT GAS* (TIG) BAJA SS400

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama	**: Isal Alvianto**
No. Mahasiswa	**: 20525095**
NIRM	**: 2008160186**

Tim Penguji

Yustiasih Purwaningrum, S.T.,M.T. **Ketua**	**Tanggal : 07/01/2024**
Ir. Donny Suryawan, S.T., M.Eng., **IPP** **Anggota I**	**Tanggal : 27-12-2024**
Purtojo, S.T., M.Sc. **Anggota II**	**Tanggal : 21/12/2024**

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T.,M.T.,IPP.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji Syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis diberikan kesehatan, kekuatan, dan semangat dalam mengerjakan tugas akhir ini sehingga bisa diselesaikan dengan baik.

Terimakasih kepada kedua orang tua dan adik penulis yang telah mendukung penulis serta selalu memberikan semangat dan doa agar selalu berusaha meraih yang terbaik. Seindah apapun ucapan ini tidak akan mampu membalas jasa kedua orang tua penulis. Sehingga tugas akhir ini saya persembahkan untuk orang tua penulis.

HALAMAN MOTTO

“Allah tidak akan membebani seseorang, melainkan sesuai dengan kesanggupannya”
(Q.S Al-Baqarah 2:286)

“Setetes keringat Ibuku yang keluar, ada seribu vienga n untuk maju”

“Rasakanlah setiap proses yang kamu tempuh dalam hidupmu, sehingga kamu tau betapa hebatnya dirimu sudah berjuang sampai detik ini”.

“Hidup bukan saling mendahului, bermimpilah sendiri-sendiri”
-Hindia-

“Orang lain tidak akan paham *struggle* dan masa sulitnya kita yang mereka ingin tahu hanya bagian *success stories*. Berjuanglah untuk diri sendiri walaupun tidak ada yang tepuk tangan. Kelak diri kita di masa depan akan sangat bangga vienga napa yang kita perjuangkan hari ini, Tetap berjuang yaa !!”

KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH

Assalamu'alikum Wr.Wb.

Alhamdullilah, puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga laporan tugas akhir ini dapat terselesaikan. Sholawat serta salam selalu dipanjatkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telg menuntun kita dari zaman jahiliyah manuju kehidupan yang lebih baik melalui ajaran Islam. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu prasyaratan memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.

Proses Pelaksanaan dan penyusunan laporan tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan lancer tak lepas dari bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Orang tua saya yang hebat, tercinta dan tersayang, yang menjadi Ibu sekaligus Ayah untuk saya dan adik. Ibu sebagai surga dan dunia saya, Terimakasih yang teramat besar sudah mendampingi saya hingga selesai kuliah dan bisa berada dititik ini. Terimakasih sudah menjadi Ibu terbaik yang selalu mengusahakan apapun. Terimakasih sudah kuat menjadi Ibu sekaligus Ayah untuk saya dan Adik. Terimakasih atas semua perjuangan dan pengorbanan tulus dalam mengusahakan perjalanan dan pencapaian hidup saya selama ini dan terimakasih juga sudah melangitkan begitu banyak doa-doa baik untuk saya dalam menyelesaikan perkuliahan ini hingga selesai. Karya tulis dan gelar ini Isal persembahkan untuk Ibu.
2. Bapak Dr. Ir. Muhammad Khafid, S.T.,M.T., IPP , selaku Kaprodi Teknik Mesin beserta segenap dosen Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia yang selalu sabar dan tabah dalam memberikan ilmu kepada penulis serta membantu dalam keberlangsungan akademis penulis.
3. Ibu Yustiasih Purwaningrum, S.T.,M.T. selaku dosen pembimbing penulis yang tidak lelah memberikan semangat dan arahan selama bimbingan tugas akhir ini.
4. Mas Nur Muhammad Syafi'i selaku laboran Laboratorium Proses Produksi yang telah membantu penulis saat melakukan proses pengelasan dan pengujian.

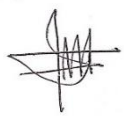
5. Bapak Dr.Lilik Dwi Setyana, S.T.,M.T. selaku pembimbing saat pengujian di Laboratorium Bahan Teknik Departemen Teknik Mesin SV UGM.
6. Reza Arief Sidiq selaku rekan kerja dalam melakukan penelitian tugas akhir ini.
7. Sahabat-sahabat seperjuangan saya, Dharma, Fajar, Farel, Ichsan, Dzaki dan teman-teman Teknik Mesin UII, teman satu daerah maupun rekan-rekan lainya terimakasih sudah setia menemani saya dari awal perkuliahan hinga saat ini. Kalian semua adalah manusia-manusia hebat yang pernah saya temui. Semoga setelah ini kebahagiaan akan terus menghampiri kalian semua dan semoga setelah ini kalian akan menggapai semua angan dan cita-cita dengan kemudahan dan keberkahan dari Allah SWT, Amiin.

Akhir kata penulis menyadari bahwa tidak ada yang sempurna, penulis masih melakukan kesalahan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis meminta maaf atas kesalahan serta kekurangan yang ada pada laporan ini.

Penulis berharap semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan dapat dijadikan referensi demi pengembangan kearah yang lebih baik. Semoga Allah SWT, Senantiasa melimpahkan rahmat dan ridha-Nya kepada semua.

Wassalamu'alikum Wr.Wb.

Yogyakarta, 6 Desember 2024



Isal Alvianto

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana pengaruh variasi arus listrik pada sifat fisik dan mekanik sambungan las Tungsten Inert Gas (TIG) baja SS400. Penelitian ini menggunakan baja SS400 yang memiliki kandungan unsur 0,1452 % C, 0,3369 % Mn, 98,9431% Fe dan beberapa unsur paduan. Pengelasan TIG secara manual dengan posisi datar atau posisi down hand dimana permukaan las berada pada posisi horizontal dan gas pelindung yang digunakan argon. Variasi arus yang digunakan selama proses pengelasan adalah 85A, 90A dan 95 Ampere. Selanjutnya, hasil pengelasan dipotong menjadi bentuk spesimen pengujian. Pengamatan foto mikro spesimen menunjukan adanya perubahan fase dimana didaerah HAZ dan logam adanya fase pearlite dan ferrite kemudian karena panas yang tinggi di daerah pengelasan ferrite berubah bentuk fase menjadi grain boundary ferrite, Accicular ferrite dan widmanstatten ferrite.Perubahan fase juga diikuti dengan pembesaran ukuran butiran mikro.Hasil uji tarik menunjukan spesimen arus 95A menunjukan nilai tegangan tarik tertinggi sebesar 390,3 MPa. Nilai tertinggi regangan didapatkan spesimen arus 95A sebesar 25,86%. Hasil uji bending spesimen arus 85A memiliki nilai tegangan bending tertinggi sebesar 564,73 MPa.Hasil uji impak spesimen arus 95A memiliki ketangguhan tertinggi sebesar 1,27 J/mm^2. Nilai kekerasan tertinggi disemua bagian yaitu HAZ sebesar 167,1 HVN , logam induk sebesar 150,9 HVN dan logam las sebesar 196,6 HVN pada arus 95A dengan didukung di dominasi fase pearlite. Keseluruhan spesimen memiliki ketahanan korosi yang baik.
Kata kunci: Pengelasan TIG, Baja SS400, Variasi Arus listrik

DAFTAR ISI

Halaman Judul i
Pernyataan Keaslian ii
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing iii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji iv
Halaman Persembahan v
Halaman Motto vi
Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih vii
Abstrak ix
Daftar Isi x
Daftar Tabel xii
Daftar Gambar xiii
Daftar Notasi xv
Bab 1 Pendahuluan 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 2
1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan 3
1.5 Manfaat Penelitian 3
1.6 Sistematika Penulisan 3
Bab 2 Tinjauan Pustaka 5
2.1 Kajian Pustaka 5
2.2 Dasar Teori 6
2.3 Pengelasan TIG 7
2.3.1 Baja 8
2.3.2 Baja SS400 9
2.4 Pengujian Material 9
2.4.1 Pengujian Dye *Penetrant* 9
2.4.2 Pengujian Tarik 10
2.4.3 Pengujian Impak 12
2.4.4 Pengujian Lengkung /*Bending* 15

2.4.5 Pengujian Kekerasan 16
2.4.6 Pengujian Struktur mikro 16
2.4.7 Pengujian Laju Korosi 17
Bab 3 Metode Penelitian 18
3.1 Alur Penelitian 18
3.2 Peralatan dan Bahan 19
3.3 Proses Pengelasan 27
3.4 Proses Pemotongan Spesimen 28
3.5 Proses Pengujian 29
3.5.1 Pengujian *Dye Penetrant* 29
3.5.2 Pengujian Komposisi Kimia 29
3.5.3 Pengujian Tarik 30
3.5.4 Pengujian Impak 31
3.5.5 Pengujian *Bending* 33
3.5.6 Pengujian Kekerasan 34
3.5.7 Pengujian Struktur Mikro 34
3.5.8 Pengujian Laju Korosi 35
Bab 4 Hasil dan Pembahasan 37
4.1 Hasil Pengujian *Dye Penetrant* 37
4.2 Hasil Pengujian Komposisi Kimia 38
4.3 Hasil Pengamatan Struktur Mikro 39
4.4 Hasil Pengujian Tarik 41
4.5 Hasil Pengujian Impak 44
4.6 Hasil Pengujian *Bending* 46
4.7 Hasil Pengujian Kekerasan 47
4.8 Hasil Pengujian Laju Korosi 48
Bab 5 Penutup 51
5.1 Kesimpulan 51
5.2 Saran 51
Daftar Pustaka 52

DAFTAR TABEL

Tabel 2- 1 Tingkat Ketahanan Korosi Berdasarkan Laju Korosi 17
Tabel 3-1 Alat Penelitian 19
Tabel 3- 2 Bahan Penelitian 25
Tabel 4- 1 Hasil Pengujian *Dye Penetrant* 37
Tabel 4- 2 Komposisi kimia logam induk 38
Tabel 4- 3 Komposisi kimia logam las 39
Tabel 4- 4 Foto Mikro Spesimen Hasil Pengelasan 40
Tabel 4- 5 Hasil Pengukuran berat spesimen selama 40 hari 49
Tabel 4- 6 Hasil Perhitungan laju korosi 49
Tabel 4- 7 Hasil ketahanan korosi 50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1 Daerah Pengelasan 6
Gambar 2-2 Proses Pengelasan TIG (Romli, 2012). 7
Gambar 2-3 Cairan *Penerant* menembus cacat las (Endramawan, 2017). 10
Gambar 2-4 Grafik Tegangan-Regangan (Mihrozi, 2018) 11
Gambar 2-5 Metode Charpy (Endramawan, 2013). 12
Gambar 2-6 Dimensi Spesimen metode *charpy* 13
Gambar 2-7 Metode Izod 13
Gambar 2-8 Dimensi spesimen metode *izod* 14
Gambar 2-9 *Three point bending* dan *four point bending* 15
Gambar 2-10 *Face Bend* atas dan samping 15
Gambar 2-11 *Root Bend* atas dan samping. 15
Gambar 2-12 Pengujian Kekerasan *Vickers* (Rauf, 2018) 16
Gambar 3- 1 Diagram Alur Penelitian 18
Gambar 3- 2 Proses Pengelasan 28
Gambar 3- 3 Sketsa pemotongan uji tarik. 28
Gambar 3- 4 Sketsa pemotongan uji impak. 28
Gambar 3- 5 Sketsa pemotongan uji *bending.* 29
Gambar 3- 6 Spesimen Uji Komposisi Kimia 30
Gambar 3- 7 Uji Komposisi kimia 30
Gambar 3- 8 Dimensi Spesimen Uji Tarik JIS Z 2201 31
Gambar 3- 9 Mesin UTM (*Universal Testing Machine*). 31
Gambar 3- 10 Dimensi Spesimen uji Impak JIS Z 2202 32
Gambar 3- 11 Ketebalan pengujian impak 32
Gambar 3- 12 Alat Uji Impak 33
Gambar 3- 13 Dimensi spesimen Pengujian *bending* 33
Gambar 3- 14 Bagian Uji *bending* mesin UTM 34
Gambar 3- 15 *Microhardness Vickers* 34
Gambar 3- 16 Spesimen Uji struktur mikro dan kekerasan 35
Gambar 3- 17 Spesimen uji korosi 36
Gambar 3- 18 Diagram alur pengujian laju korosi. 36

Gambar 4-1 Diagram Tegangan hasil Uji tarik 42
Gambar 4-2 Diagram Regangan tarik..... 43
Gambar 4- 3 Spesimen hasil uji tarik. 43
Gambar 4-4 Diagram harga impak 45
Gambar 4- 5 Hasil spesimen uji impak 45
Gambar 4- 6 Diagram Tegangan *bending* 46
Gambar 4- 7 Hasil spesimen uji *bending* 47
Gambar 4- 8 Hasil Pengujian Kekerasan..... 48

DAFTAR NOTASI

TIG	: *Tungsten Inert Gas*
GTAW	: *Gas Tungsten Arc Welding*
HVN	: *Hardness Vickers Number*
HAZ	: *Heat Affected Zone*
AWS	: *American Welding Society*
JIS	: *Japanese Industrial Number*
SS	: *Structural Steel*
C	: Karbon
Mn	: Mangan
P	: Fosfor
S	: Sulfur

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengelasan telah menjadi bagian penting dalam berbagai sektor industri, seperti pipa, petrokimia, otomotif, dan konstruksi, baik untuk proses perakitan maupun perbaikan. Baja sering digunakan dalam proses ini karena sifatnya yang kuat, dengan jenis utama berupa baja karbon dan baja paduan. Jenis pengelasan yang tepat sangat menentukan kualitas sambungan dalam mendukung kebutuhan industri.

Salah satu jenis pengelasan yang sering dijumpai dalam dunia industri adalah pengelasan GTAW (*Gas Tungsten Inert Welding*) atau biasa disebut TIG (*Tungsten Inert Gas*). Menurut buku *American Welding Society* Pengelasan TIG atau sering disebut *Tungsten Inert Gas* adalah salah satu metode pengelasan yang menggunakan busur listrik. Proses ini menggunakan gas pelindung *inert*, seperti argon atau helium, untuk melindungi area las dari oksidasi dan kontaminasi atmosfer. TIG dikenal karena kemampuannya menghasilkan sambungan las berkualitas tinggi.

Penyetelan arus listrik dalam pengelasan TIG dapat berdampak signifikan terhadap sifat fisik dan mekanik sambungan las. Penelitian yang dilakukan oleh (Rahmatika dkk., 2019) variasi kuat arus pada pengelasan Aluminium 1050 menggunakan teknik *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW) dengan *filler* ER 4043 menunjukkan bahwa kuat arus yang berbeda mempengaruhi sifat mekanik hasil lasan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kekuatan tarik tertinggi dicapai pada kuat arus 125 A dengan nilai 81,8 MPa, sementara pada kuat arus 150 A dan 175 A, kekuatan tarik menurun menjadi 80,5 MPa dan 80,6 MPa. Pengujian kekerasan juga mengindikasikan bahwa nilai kekerasan daerah lasan meningkat seiring dengan peningkatan kuat arus dengan kekerasan tertinggi pada arus 175 A dengan nilai 69 HVN, 150 A menurun menjadi 39,5 HVN dan Arus 125 A didapatkan nilai kekerasan 35 HVN. Penelitian ini menegaskan pentingnya pemilihan parameter pengelasan yang tepat untuk mencapai kualitas sambungan yang optimal.

Penelitian lain yang dilakukan oleh (Drastiawati, 2021) bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi arus listrik, yaitu 80 A, 100 A, dan 120 A *Stainless Steel* SS 304, elektroda *Weldcraft* AWS EWTH-2 dengan diameter 0,4 mm,terhadap kekuatan tarik sambungan las. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada arus 80 A, kekuatan tarik rata-rata adalah 901,15 MPa, sedangkan pada arus 100 A, nilai ini meningkat menjadi 1007,31 MPa, menjadikannya arus yang paling optimal. Namun, pada arus 120 A, kekuatan tarik menurun menjadi 938,89 MPa.

lebih lanjut, penelitian oleh (Syukran, 2021) bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi arus las TIG (120 A, 140 A, dan 160 A) material Aluminium 6061 terhadap sifat mekanik sambungan las, khususnya kuat tarik dan kekerasan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan tarik tertinggi tercatat pada arus 160 A dengan nilai 9,83 MPa, sedangkan nilai terendah ditemukan pada arus 120 A sebesar 9,73 MPa. Sementara nilai kekerasan tertinggi diperoleh pada area logam las dengan arus 160 A, mencapai 95,17 HVN sedangkan yang paling rendah di arus 120 A sebesar 76,17 HVN. Temuan ini menegaskan pentingnya pengaturan arus dalam proses pengelasan untuk meningkatkan kualitas sambungan las aluminium. Hal ini menegaskan variasi arus dalam pengelasan dapat mempengaruhi sifat fisik dan mekanik hasil pengelasan.

Sesuai dengan latar belakang diatas penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi sifat fisik dan mekanik material baja SS400 setelah dilakukan pengelasan TIG dengan variasi arus 85A, 90A, dan 95A dengan pengujian komposisi kimia, tarik, *bending*, impak, kekerasan dan pengamatan struktur mikro dan laju korosi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh variasi arus listrik pada sifat fisik dan mekanik sambungan las *Tungsten Inert Gas* (TIG) baja SS400.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada topik tugas akhir ini agar tidak menyimpang dan terarah adalah sebagai berikut:

1. Material yang digunakan baja SS400 3 mm.
2. Jenis las yang digunakan adalah las TIG dengan parameter pengelasan yang dipakai yakni menggunakan elektroda *tungsten* AWS A5 12-80 diameter 2,4 mm, *filler* ER70S-6 diameter 1,6 mm, gas pelindung argon, *flow rate* 6 liter/menit, tegangan 230 V, kecepatan pengelasan 1,46 mm/s
3. Variasi arus listrik yang digunakan 85A, 90A dan 95 ampere.
4. Pengujian yang dilakukan adalah uji komposisi kimia, uji tarik, uji impak, uji *bending*, uji kekerasan dan uji pengamatan struktur mikro dan uji korosi.

1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disampaikan maka ditentukan tujuan penelitian, yaitu untuk mengetahui bagaimana pengaruh variasi arus listrik pada sifat fisik dan mekanik sambungan las *Tungsten Inert Gas* (TIG) baja SS400 dengan melakukan uji komposisi kimia, uji korosi, pengamatan struktur mikro, uji tarik, uji *bending*, uji impak dan uji kekerasan.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui bagaimana pengaruh variasi arus listrik pada sifat fisik dan mekanik sambungan las *Tungsten Inert Gas* (TIG) baja SS400.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk sistematika penulisan tugas akhir adalah sebagai berikut:

1.BAB I. PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

2.BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi tentang tinjauan Pustaka, teori atau informasi dari jurnal, artikel, buku yang melandasi penelitian.

3.BAB III. METODE PENELITIAN

Pada bab ini berisi tentang alur penelitian, alat dan bahan serta tahapan-tahapan proses.

4.BAB IV. HASIL PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas mengenai hasil yang telah diperoleh dari proses penelitian yang dilakukan.

5.BAB V. PENUTUP

Pada bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Berikut adalah beberapa jurnal penelitian mengenai pengaruh variasi arus listrik terhadap hasil pengelasan. Jurnal dibawah ini menjadi patokan yang akan diterapkan pada penelitian tugas akhir ini.

Penelitian yang dilakukan oleh (Surjadi dkk., 2021) mengenai pengaruh arus listrik terhadap kekuatan tarik dan ketangguhan impak sambungan las besi cor menunjukkan bahwa arus pengelasan TIG yang digunakan adalah 80A, 90A, dan 100A. Hasilnya, kekuatan tarik logam las meningkat seiring dengan peningkatan arus. Selain itu, ketangguhan impak juga meningkat. Penelitian ini menunjukkan bahwa arus listrik memiliki pengaruh signifikan terhadap kualitas hasil las pada pengelasan TIG besi cor.

Jurnal lain yang ditulis oleh (Riki dkk., 2024) membahas pengaruh variasi arus pada pengelasan SMAW terhadap kekuatan *bending* dan struktur mikro baja ST 42 dengan variasi arus 90A, 100A, dan 110A. Hasil uji menunjukkan nilai kekuatan *bending* tertinggi pada 110A. Uji struktur mikro pada daerah *weld metal* (WM) menunjukkan bahwa pada variasi 110A terdapat lebih banyak fase *pearlite* dibandingkan dengan 90A dan 100A. Fase *pearlite* ini meningkatkan ketangguhan material, sedangkan fase *ferrite* cenderung memberikan karakteristik yang lunak dan ulet.

Jurnal lain yang ditulis oleh (Hamid, 2016) menganalisis pengaruh arus pengelasan SMAW pada material baja karbon rendah terhadap kekuatan sambungan, menggunakan variasi arus 70A, 80A, dan 90A. Hasil menunjukkan bahwa kekerasan *Vickers* di daerah base metal menurun,. Sebaliknya, di daerah HAZ terjadi peningkatan,. Di daerah *weld metal*, kekerasan juga meningkat. Penelitian ini menunjukkan bahwa variasi arus listrik memiliki pengaruh signifikan terhadap nilai kekerasan di setiap titik, yaitu *base metal*, HAZ, dan *weld metal.*

Dari beberapa penelitian tersebut di atas, penulis merumuskan ide untuk mengambil penelitian yang berjudul “pengaruh variasi arus listrik pada sifat fisik

dan mekanik sambungan las *tungsten inert gas* (TIG) baja ss400" melalui proses pengelasan menggunakan tiga variasi arus yaitu 85A, 90A, dan 95A, pada proses selanjutnya dilakukan pengujian.

2.2 Dasar Teori

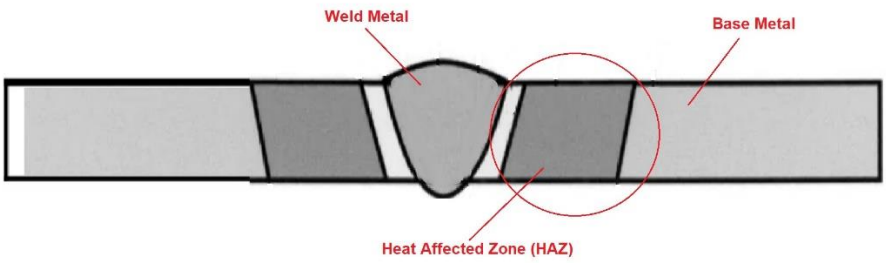
Menurut *American Welding Society*, Pengelasan merupakan suatu proses penyambungan dua material / lebih, biasanya berupa logam, dengan menggunakan energi panas sampai material yang akan disambung tersebut meleleh (*melted*) kemudian menyatu / berpadu (*fused*).

Dalam proses pengelasan, dua komponen utama yang diperlukan adalah bahan pengelas dan sumber panas. Bahan pengelas adalah logam tambahan yang digunakan untuk mengisi celah antara dua bahan logam yang akan disambung. Sementara itu, sumber panas dapat berasal dari berbagai sumber, seperti busur listrik, gas, atau friksi.

Jenis-jenis pengelasan ada beberapa jenis, yaitu :

1. Pengelasan Gas
2. Pengelasan busur
3. Pengelasan Sinar Energi Tinggi
4. Pengelasan Resistansi
5. Pengelasan *Solid State*

Pada proses pengelasan terdapat tiga daerah seperti terlihat pada gambar 2-1 .



Gambar 2-1 Daerah Pengelasan

sumber : (etsworlds.id)

keterangan :

1. *Weld Metal* (logam las)

   Weld metal adalah bagian dari logam yang pada waktu pengelasan mencair kemudian membeku

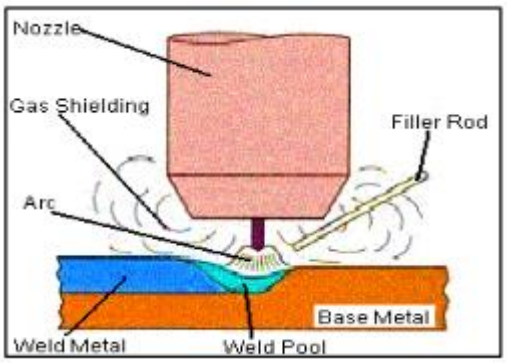
2.HAZ (daerah pengaruh panas)

   HAZ adalah logam dasar yang bersebelahan dengan logam las selama pengelasan mengalami pemanasan dan pendinginan yang cepat

3. Logam Induk

2.3 Pengelasan TIG

TIG atau Gas *Tungsten Arc Welding* (GTAW) adalah metode pengelasan yang menggunakan panas dari nyala pijar yang terbentuk antara elektroda *tungsten* yang tidak terumpan. Gas mulia digunakan sebagai pelindung untuk mengurangi pengaruh luar selama proses pengelasan. Elektroda las menggunakan batang *wolfram* yang dapat menghasilkan busur listrik tanpa ikut mencair. Pada penggunaan las TIG, kecepatan pengumpanan logam pengisi dapat diatur terlepas dari besarnya arus listrik sehingga terjadi penetrasi ke dalam logam induk. Cara pengaturan ini memungkinkan las TIG cocok digunakan pada pelat baja tipis maupun pelat baja tebal (Budiyanto dkk., 2017). Proses Pengelasan TIG secara visual diilustrasikan pada gambar 2-2 berikut.



Gambar 2-2 Proses Pengelasan TIG (Romli, 2012).

Las busur *tungsten inert* gas (TIG) menggunakan elektroda tak terumpan dan gas dihembuskan ke daerah las untuk melindungi busur dan logam yang mencair dari atmosfir. Gas mulia, biasanya gas Helium (He) atau gas Argon (Ar),

digunakan sebagai pelindung, dan batang *wolfram* digunakan sebagai elektroda untuk menghasilkan busur listrik.

2.3.1 Baja

Baja adalah logam campuran yang terdiri dari besi (Fe) dan karbon (C). Jadi baja berbeda dengan besi (Fe), alumunium (Al), seng (Zn), tembaga (Cu), dan titanium (Ti) yang merupakan logam murni. Dalam senyawa antara besi dan karbon (unsur non logam) tersebut besi menjadi unsur yang lebih dominan dibanding karbon. Kandungan karbon berkisar antara 0.2 - 2.1% dari berat baja tergantung dari tingkatannya (Wahyudi, 2019).

1. Baja Karbon

Baja karbon adalah jenis baja yang mengandung karbon sebagai elemen paduan utama, biasanya dalam jumlah 0,05% hingga 2,0% dari total berat. Karbon berperan penting dalam menentukan sifat mekanik baja, seperti kekuatan dan kekerasan. Berdasarkan tinggi rendahnya presentase karbon di dalam baja, berikut adalah klasifikasi baja karbon menurut (Murtiono, 2012).

a. Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel*)

Baja karbon rendah mengandung karbon antara 0,10 s/d 0,30 %. Baja karbon ini dalam perdagangan dibuat dalam plat baja, baja strip dan baja batangan atau profil.

b. Baja Karbon Menengah (*Medium Carbon Steel*)

Baja karbon menengah mengandung karbon antara 0,30% - 0,60% C. Baja karbon menengah ini banyak digunakan untuk keperluan alat alat perkakas bagian mesin juga dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti untuk keperluan industri kendaraan, roda gigi, pegas dan sebagainya.

c. Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*)

Baja karbon tinggi mengandung kadar karbon antara 0,60% - 1,7% C. Baja ini mempunyai tegangan tarik paling tinggi dan banyak digunakan untuk material tools. Salah satu aplikasi dari baja ini adalah dalam pembuatan kawat baja dan kabel baja. Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung didalam baja maka baja karbon ini banyak digunakan dalam pembuatan pegas, alat-alat perkakas seperti: palu, gergaji atau pahat potong.

2. Baja Paduan

Baja paduan adalah baja yang mempunyai kadar karbon sama dengan baja lunak, tetapi ditambah dengan sedikit unsur – unsur paduan. Penambahan unsur ini dapat meningkatkan kekuatan baja tanpa mengurangi keuletannya. Berikut adalah klasifikasi baja paduan (fatoni, 2016).

a. Baja paduan rendah

Low aloy steel atau baja paduan dengar kadar unsur paduan rendah (kurang dari 10), mempunyai kekuatan dan ketanguhan lebih tinggi daripada baja karbon dengan kekuatan yang sama. *Hardenability* dan sifat tahan korosi pada umumnya lebih baik. Banyak digunakan sebagai baja kontruksi mesin

b. Baja paduan tinggi

Baja paduan dengan unsur paduan tinggi, mempunyai sifat khusus tertentu yaitu baja tahan karat (*stainless steel*), baja perkakas (*tool steel*, misalnya *High Speed Steel*, HSS), baja tahan panas (*heatresisting*).

2.3.2 Baja SS400

Baja SS400 adalah gabungan dari dua unsur yaitu Karbon (C) dan Besi (Fe), yang mana karbon memiliki kadar yang cukup rendah. Tidak hanya karbon dan besi, baja SS400 juga memiliki kandungan dari unsur lain yaitu mangan (Mn), Tembaga (Cu), Silikon (Si), Fospor (P), dan Belerang (S). Sehingga memiliki sifat mudah di bentuk dan mudah di las (Permadi, 2022).

2.4 Pengujian Material

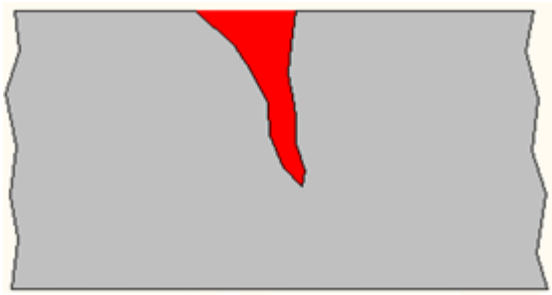
2.4.1 Pengujian Dye *Penetrant*

Metode *Liquid Penetrant Test* merupakan metode NDT yang paling sederhana. Metode ini digunakan untuk menemukan cacat di permukaan terbuka dari komponen solid, baik logam maupun non logam. Melalui metode ini, cacat pada material akan terlihat lebih jelas (Endramawan, 2017).

Pengujian ini menggunakan 3 macam larutan, yaitu *cleaner*, *penetrant*, dan *developer*. *Cleaner* berfungsi untuk membersihkan permukaan dari kotoran, minyak, dan residu lain yang dapat menganggu sebelum maupun sesudah

pengujian. Cairan *penetrant* akan memasuki cacat yang terbuka pada permukaan dan selanjutnya *developer* akan mengembangkan cairan penetrant sehingga indikasi cacat akan terlihat pada permukaan. *Penetrant* memerlukan waktu agar seluruh cairan bisa memasuki cacat dengan sempurna, untuk itu diperlukan waktu tunggu setidaknya 5 menit sampai 10 menit.

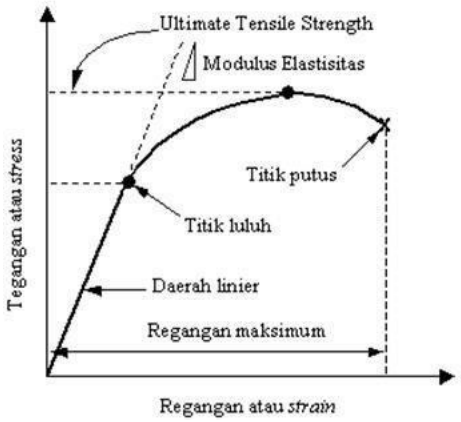
Kelebihan dari pengujian ini antara lain adalah kemampuannya untuk mendeteksi cacat kecil, biaya yang relatif rendah, serta proses yang cepat dan mudah dilakukan sementara itu kekurangan metode ini hanya dapat mendeteksi cacat pada permukaan, sehingga tidak efektif untuk mengidentifikasi masalah struktural yang berada di dalam material. Berikut contoh gambar yang menunjukan pengujian *dye penetrant* seperti terlihat pada gambar 2-3.



Gambar 2-3 Cairan *Penerant* menembus cacat las (Endramawan, 2017).

2.4.2 Pengujian Tarik

Pengujian tarik untuk kualitas kekuatan tarik dimaksudkan untuk mengetahui berapa nilai kekuatannya dan dimanakah letak putusnya suatu sambungan las. Pembebanan tarik adalah pembebanan yang diberikan pada benda dengan memberikan gaya tarik berlawanan arah pada salah satu ujung benda (Saputra, 2019). Hasil dari uji tarik adalah grafik tegangan- regangan, contohnya pada gambar 2-4 berikut.



Gambar 2-4 Grafik Tegangan-Regangan (Mihrozi, 2018)

Besar tegangan tarik diperoleh dari pembagian beban dan luas penampang daerah yang dikenai beban, secara mtematis dapat dirumuskan

$$\sigma = \frac{\mathrm{F}}{\mathrm{A}} \qquad (2\text{-}1)$$

dengan:

σ = Tegangan Tarik (N/m^2 atau Pa)

F = Gaya (N)

A = Luas Penampang (m^2)

Pengujian tarik juga menghasilkan nilai regangan, yaitu nilai perbandingan perubahan panjang spesimen dan panjang akhir spesimen setelah dikenai tegangan. Regangan tidak memiliki satuan, karena merupakan rasio antara perubahan panjang dan panjang awal. Regangan dinyatakan sebagai perbandingan, sehingga nilainya adalah angka desimal atau persentase. Misalnya, jika regangan adalah 0,01, itu berarti material mengalami perubahan panjang sebesar 1% dari panjang awalnya. Secara matematis dapat dirumuskan

$$\varepsilon = \frac{\Delta \mathrm{L}}{L_0} \qquad (2\text{-}2)$$

dengan :

ε = Regangan

ΔL = Perubahan panjang spesimen (m)

L_0 = Panjang awal spesimen (m)

Hubungan antara tegangan dan regangan mengikuti hukum Hooke untuk elastisitas, dalam batas (limit) elastik suatu benda,dan hal ini menunjukkan bahwa

tegangan berbanding lurus dengan regangan (Barekeng, 2011) Secara matematis dirumuskan

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{\mathrm{F/A}}{\Delta \mathrm{L}/L_0} \quad (2\text{-}3)$$

dengan :

E = Modulus elastisitas (N/m^2 atau Pa)

F = Gaya (N)

A = Luas Penampang (m^2)

ΔL = Perubahan panjang spesimen (m)

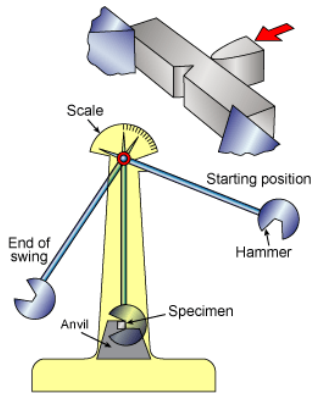
L_0 = Panjang awal spesimen (m)

2.4.3 Pengujian Impak

Pengujian impak adalah suatu pengujian yang digunakan untuk menentukan sifat-sifat suatu material yang mendapatkan beban dinamis, sehingga dari pengujian ini dapat diketahui sifat ketangguhan suatu material baik dalam wujud liat maupun ulet serta getas. Ada dua jenis pengujian impak yang didesain dan masih digunakan sampai sekarang untuk mengukur energi impak yang biasa disebut dengan ketangguhan akibat takikan (*notch toughness*) yakni cara *Charpy* dan cara *Izod* (Saragi, 2023).

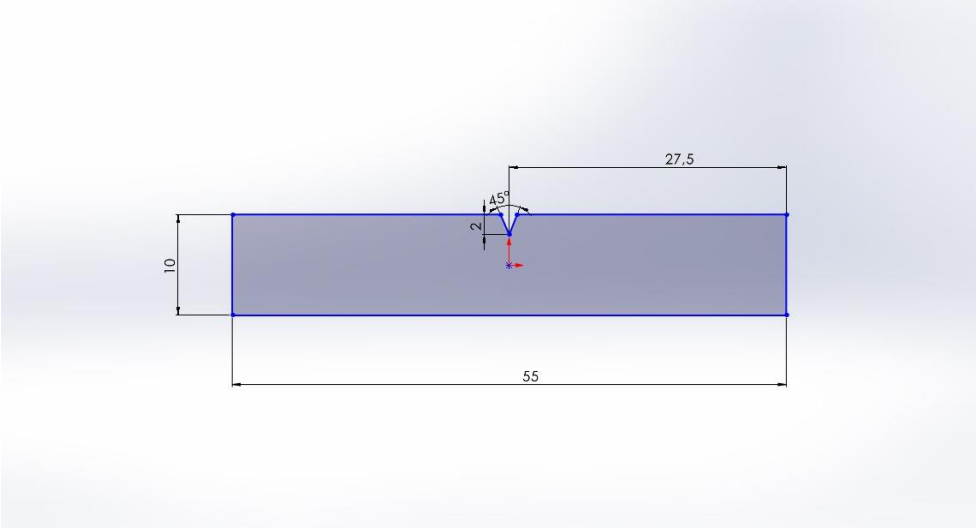
1. Metode *Charpy*

Metode *charpy* merupakan pengujian impak dengan meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi horizontal / mendatar dan arah pembebanan berlawanan dengan arah takikan. Berikut Ilustrasi metode charpy yang ditampilkan pada gambar 2-5.



Gambar 2-5 Metode Charpy (Endramawan, 2013).

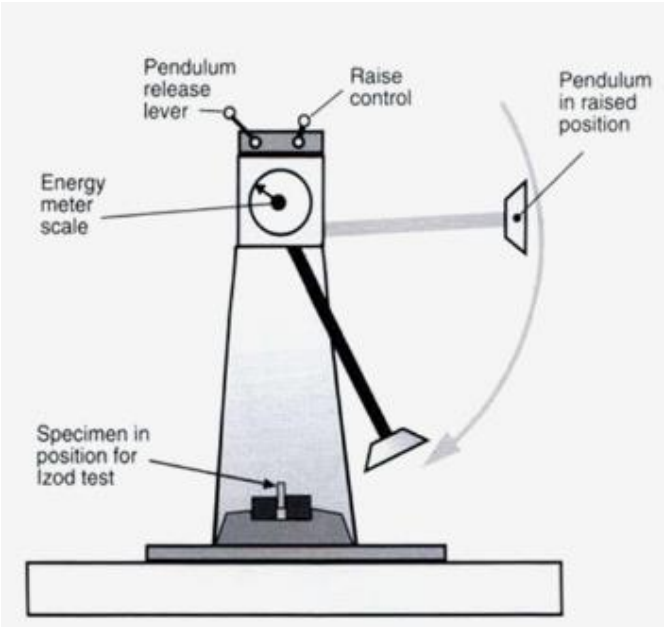
Dalam pengujian *Charpy*, spesimen yang digunakan memiliki ukuran standar yang penting untuk memastikan konsistensi dan keakuratan hasil pengujian. Dimensi Standar Pengujian Impak menggunakan standar JIS Z 2202. Dimensi ukuran spesimen metode charpy pada gambar 2-6.



Gambar 2-6 Dimensi Spesimen metode *charpy*

2. Metode *Izod*

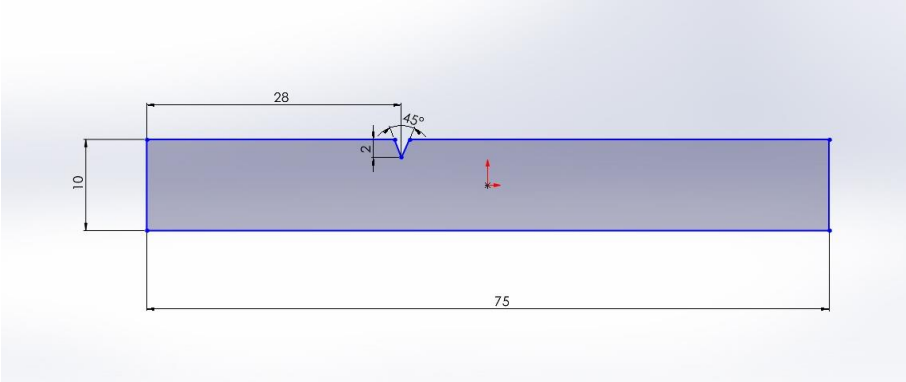
Metode *Izod* merupakan pengujian impak dengan meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi dan arah pembebanan searah dengan arah takikan. Berikut ilustrasi metode izod yang ditampilkan pada gambar 2-7.



Gambar 2-7 Metode Izod

Sumber : (slv.co.id)

Dalam pengujian *Izod*, spesimen yang digunakan memiliki ukuran standar yang berbeda dari pengujian *Charpy*, tetapi tetap dirancang untuk memastikan konsistensi hasil. Dimensi Standar Pengujian Impak menggunakan standar JIS Z 2202. Dimensi ukuran spesimen metode izod pada gambar 2-8.



Gambar 2-8 Dimensi spesimen metode *izod*

Pada Pengujian impak didapatkan data untuk menghitung energi impak , yaitu energi yang diperlukan untuk mematahkan spesimen pengujian impak. Persamaan energi impak sebagai berikut :

$$W = G\ x\ L\ (cos\beta - cos\alpha) \quad (2\text{-}4)$$

dengan :

W = Energi yang diperlukan untuk mematahkan benda uji (kgf.m)

G = Berat Pendulum (kgf)

L = Jarak Lengan pengayun (m)

$cos\beta$ = Sudut posisi akhir pendulum

$cos\alpha$ = Sudut posisi awal pendulum

Setelah energi impak didapatkan diperlukan nilai ketangguhan impak , nilai ketangguhan impak didapatkan dengan rumus :

$$K = \frac{\mathrm{W}}{A_0} \quad (2\text{-}5)$$

dengan :

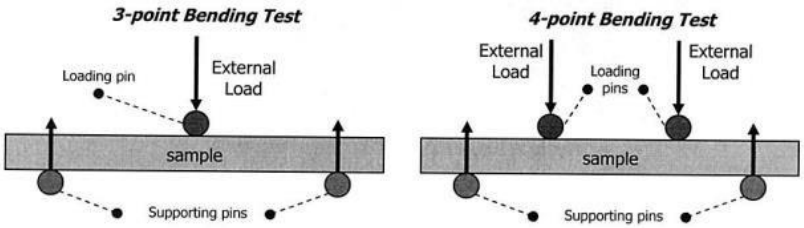
K = Harga ketangguhan Impak (kgf.m/mm^2)

W = Energi yang diperlukan untuk mematahkan benda uji (kgf.m)

A_0 = Luas penampang dibawah takikan (mm^2)

2.4.4 Pengujian Lengkung /*Bending*

Uji lengkung atau *bending test* merupakan salah satu bentuk pengujian untuk menentukan mutu suatu material secara visual. Selain itu uji *bending* digunakan untuk mengukur kekuatan atau ketangguhan material akibat pembebanan dan kekenyalan hasil sambungan las baik di *weld metal* maupun HAZ (Muhazir, 2019). Pengujian *bending* menggunakan 2 metode pengujian yaitu *three point bending* dan *four point bending*. Perbedaan antara keduanya adalah jumlah dan penempatan beban pada spesimen yang dapat dilihat pada gambar 2-9.

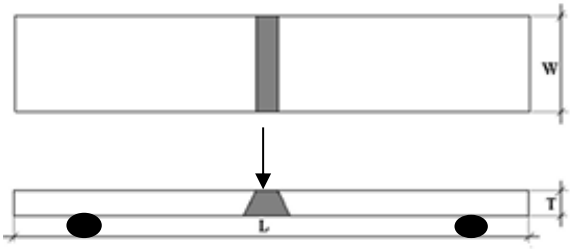


Gambar 2-9 *Three point bending* dan *four point bending*

Sumber : (researchgate.net)

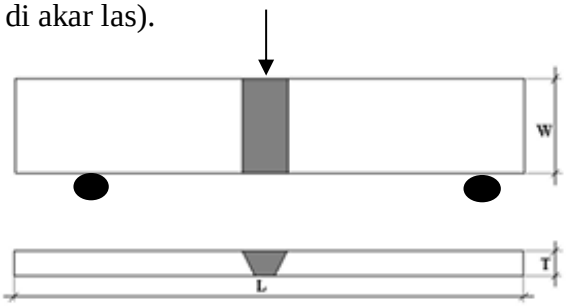
Jenis-jenis pengujian lengkung atau *bending* terlihat pada gambar 2-10 dan 2-11 berikut ini:

a. *Face bend* (*bending* dipermukaan las).



Gambar 2-10 *Face Bend* atas dan samping

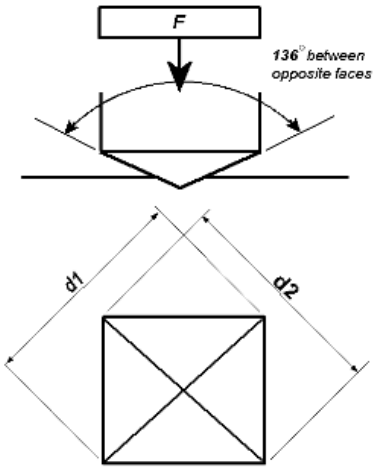
b. *Root Bend* (*Bending* di akar las).



Gambar 2-11 *Root Bend* atas dan samping.

2.4.5 Pengujian Kekerasan

Uji kekerasan *Vikers* menggunakan penumbuk piramida intan yag dasarnya berbentuk bujur sangkar. Besarnya sudut antara permukaan-permukaan piramid yang saling berhadapan adalah 136˚. Sudut ini dipilih karena nilai tersebut mendekati sebagian esar nilai perbandingan yang diinginkan antara diameter lekukan dan diameter bola penumbuk pada uji kekerasan *Brinell*. Karena penumbuknya berbentuk piramid, maka pengujian ini sering dinamakan uji kekerasan piramida intan (Rifaldi, 2021). Gambar pengujian kekerasan *Vickers* bisa dilihat pada gambar 2-12.



Gambar 2-12 Pengujian Kekerasan *Vickers* (Rauf, 2018)

Nilai kekerasan *Vickers* didapatkan dari rumus :

$$HVN = \frac{1{,}854 \text{ x P}}{d^2} \quad (2\text{-}6)$$

dengan :

HVN = nilai kekerasan Vickers (dalam kgf/mm^2 atau HVN)

P = beban yang diterapkan pada indentor (dalam kgf)

d^2 = rata-rata diagonal bekas indentasi yang dihasilkan (dalam mm)

2.4.6 Pengujian Struktur mikro

Metalografi merupakan ilmu yang mempelajari hubungan antar struktur yang terdapat pada logam paduan. Hasil yang diambil adalah pengamatan bentuk gambaran struktur mikro dengan terbentuknya ukuran butir, batas butir, fase baru, dan yang lainnya dapat dilihat dengan gambaran struktur mikro. Proses

pengamatan struktur mikro digunakan sebagai langkah awal untuk gambaran agar dapat dianalisa untuk keperluan yang diinginkan (Saputra, 2018).

2.4.7 Pengujian Laju Korosi

Laju korosi adalah kecepatan rambatan atau kecepatan penurunan kualitas bahan terhadap waktu, dalam perhitungan laju korosi, satuan yang biasa digunakan adalah *mils* pertahun atau *mpy* (Affandi dkk., 2015). Tingkat ketahanan korosi terhadap laju korosi terlihat pada tabel 2-1.

Tabel 2- 1 Tingkat Ketahanan Korosi Berdasarkan Laju Korosi

Relative Corrosion Resistance	*Approximate Metric Equivalent*				
	Mpy	*mm/year*	*μm/yr*	*nm/yr*	*pm/sec*
Outstanding	<1	<0,2	<25	<2	<1
Excellent	1-5	0,02-0,1	25-100	2-10	1-5
Good	5-20	0,1-0,5	100-500	10-50	5-20
Fair	20-50	0,5-1	500-1000	50-100	20-50
Poor	50-200	1-5	1000-5000	150-500	50-200
Unacceptable	200+	5+	5000+	500+	200+

Satuan laju korosi :

$$\mathrm{CR} = \frac{K\ x\ W}{D\ x\ A\ x\ T} \qquad (2\text{-}7)$$

dimana :

CR = Laju korosi (mm/year)

K = Konstanta (8.76×10^4)

W = Selisih masa spesimen (gr) ($W = W_0 - W_1$)

W_0 = Masa awal spesimen sebelum diuji (gr)

W_1 = Masa awal spesimen setelah diuji (gr)

D = Masa jenis benda (g/cm^3)

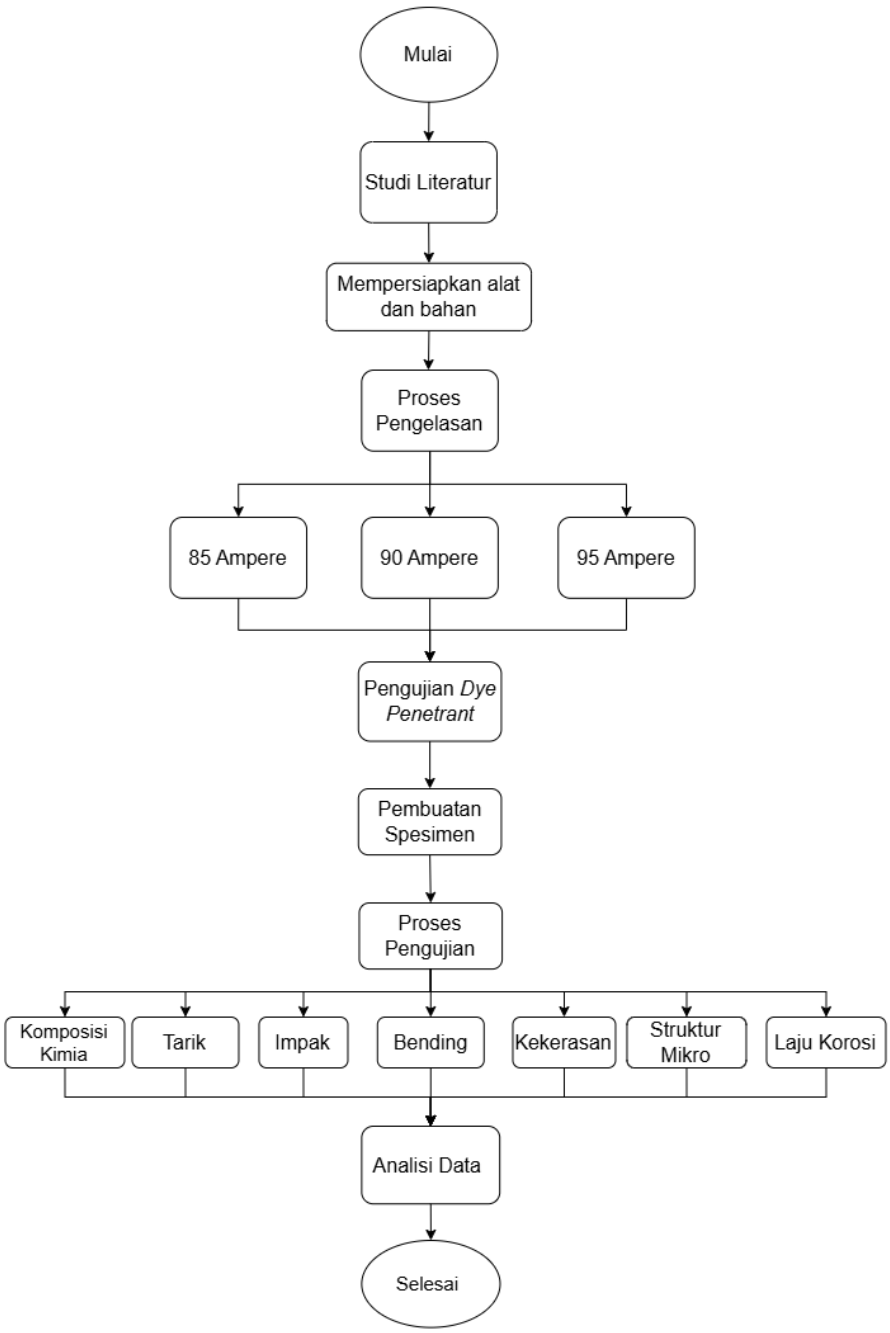
A =luas permukaan benda (cm^2)

T = waktu perendaman (jam)

BAB 3
METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Proses Penelitian pada tugas akhir ini memiliki alur yang ditunjukan pada Gambar 3-1



Gambar 3- 1 Diagram Alur Penelitian

3.2 Peralatan dan Bahan

Berikut ini adalah daftar alat dan bahan yang digunakan sebagai pendukung proses penelitian ini, Seperti yang terdapat pada tabel 3-1 dan 3-2.

Tabel 3-1 Alat Penelitian

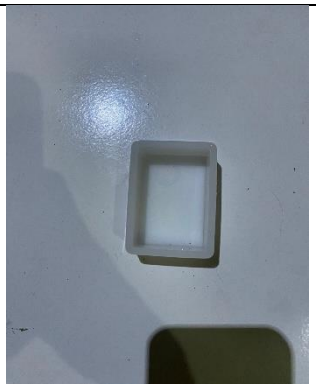
No	Nama Alat	Gambar	Fungsi
1.	Mesin Las TIG		Menyambungkan spesimen 2 pelat baja SS400 yang dipakai dalam penelitian ini. Gas Inert argon.
2.	APD (Alat Pelindung diri)		Menjaga keselamatan pada saat proses pengelasan dan pemotongan spesimen..
3.	Klem		Menjepit 2 pelat baja yang akan dilas. Pelat baja perlu dijepit klem agar tidak melengkung akibat panas dari proses pengelasan.

No	Nama Alat	Gambar	Fungsi
4.	*Bandshow*		Melakukan pemotongan plat baja sesuai dengan ukuran spesimen pengujian.
5.	Gerinda		Memotong plat baja dan menghaluskan hasil las.
6.	Ragum		Menjepit plat baja Ketika proses pemotongan atau pembersihan.
7.	Mesin Frais		Memperkecil ukuran atau menghaluskan spesimen uji impak.

No	Nama Alat	Gambar	Fungsi
8.	Kikir		Membuat kampuh V uji impak *charpy*.
9.	Sikat		Membersihkan hasil las.
10.	Timbangan		Mengukur massa spesimen pengujian korosi.
11.	Ampelas		Membersihkan spesimen untuk pengujian struktur mikro agar menghasilkan permukaan spesimen yang halus sebelum diamati dengan mikroskop.

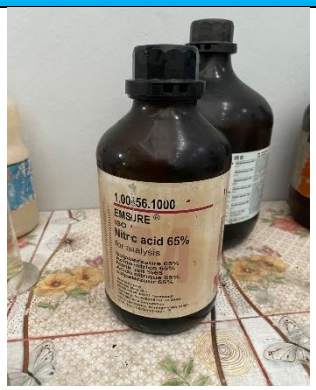
No	Nama Alat	Gambar	Fungsi
12.	Gelas Plastik		Wadah uji laju korosi dan wadah pencampuran resin-katalis.
13.	Pipet		Mengambil larutan HN03 pada saat proses etsa
14.	Gunting dan *double tip*		Gunting berguna untuk menggunting ampelas dan *double tip* berguna untuk menempelkan amplas ke mesin *polishing.*
15.	Mesin *Polishing*		Pengamplasan dan *Polishing* spesimen untuk pengujian struktur mikro.

No	Nama Alat	Gambar	Fungsi
16.	*Universal Testing Machine*		Melakukan pengujian tarik dan *bending* yang terletak di UGM
17.	Komputer dan mikroskop optik		Melakukan pengamatan uji struktur mikro.
18.	*Vickers Microhardness*		Melakukan uji kekerasan .
19.	Alat uji impak *charpy*		Melakukan pengujian impak *charpy.*

No	Nama Alat	Gambar	Fungsi
20.	*Laser Cutting*		Pemotongan untuk spesimen pengujian
21.	Cetakan		Sebagai tempat dalam pembentukan resin dan katalis.
22.	*Toolkit*		Proses pemasangan selang gas argon.

Tabel 3- 2 Bahan Penelitian

No	Nama Bahan	Gambar	Fungsi
1.	Baja SS400		Spesimen Pengelasan ini menggunakan baja SS400 dengan ketebalan 3 mm, panjang 1 spesimen 300 mm dan lebar 100 mm.
2.	Autosol		Mempoles spesimen agar bersih dan mengkilap dari kotoran sebelum dilakukan pengujian struktur mikro.
3.	Alkohol		Proses etsa struktur mikro sebagai campuran dengan HN03.
4.	Resin dan katalis		Pembuatan wadah spesimen pengujian struktur mikro dan pengujian kekerasan .

No	Nama Bahan	Gambar	Fungsi
5.	HNO3		Proses etsa untuk pengujian struktur mikro.
6.	*Spotcheck Penetrant*		*Cleaner* berfungsi untuk membersihkan permukaan sebelum dan sesudah pengujian. *Penetrant* berfungsi untuk memasuki celah-celah yang ada pada pengelasan. Selanjutnya *developer* berfungsi sebagai agen pengembang *dye penetrant* agar terlihat cacat yang ada pada hasil pengelasan
7.	Air laut		Media pengujian korosi. Air laut diambil dari Pantai Parangtritis, Bantul.

No	Nama Bahan	Gambar	Fungsi
8.	*Filler* ER70S-6		Mengisi daerah kampuh dalam proses pengelasan *tungsten inert gas.*
9.	*Tungsten Weldcarf AWS 5 12-80* 2,4 mm		Melelehkan *filler* dalam pengelasan *tungsten inert gas.*

3.3 Proses Pengelasan

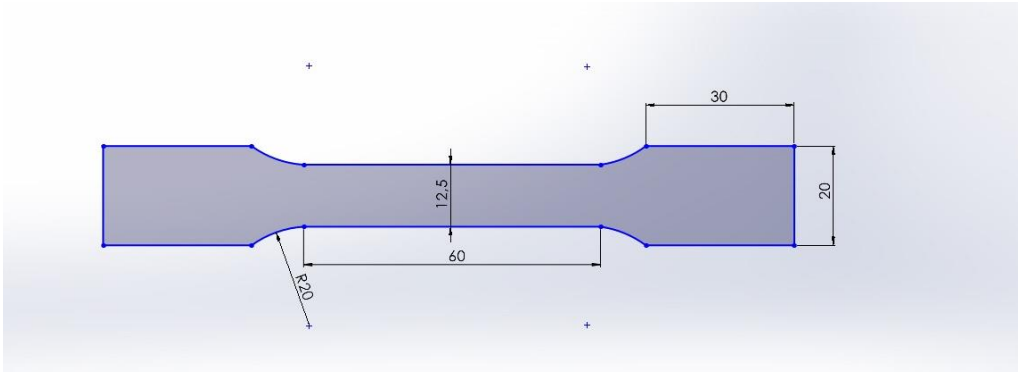
Proses pengelasan plat baja SS400 dilakukan di laboratorium proses produksi dengan variasi arus. Kedua spesimen plat baja dikunci dengan klem agar tidak melengkung karena proses pengelasan. Kedua spesimen menggunakan kampuh *square joint* tidak berjarak yang kemudian kedua spesimen diletakan dalam baja yang rata untuk memudahkan proses pengelasan supaya hasilnya rata. Parameter pengelasan yang digunakan menggunakan tegangan 230 V, Arus listrik yang digunakan 85A, 90 A dan 95 A, menggunakan eelektroda *Tungsten Weldcarf AWS 5 12-80* 2,4 mm, *Filler* ER70S-6 1,6 mm, gas pelindung menggunakan argon, dan *flow rate* 6 liter/menit. Proses pengelasan dilakukan secara manual dimana kawat las dipegang ditangan kiri dan *torch* ditangan kanan dan pengelasan menggunakan standar ISO dengan standar PA dengan posisi datar atau posisi *down hand* dimana permukaan las berada pada posisi horizontal agar memudahkan penulis melakukan pengelasan.

Berikut proses pengelasan yang dapat dilihat pada gambar 3-2.

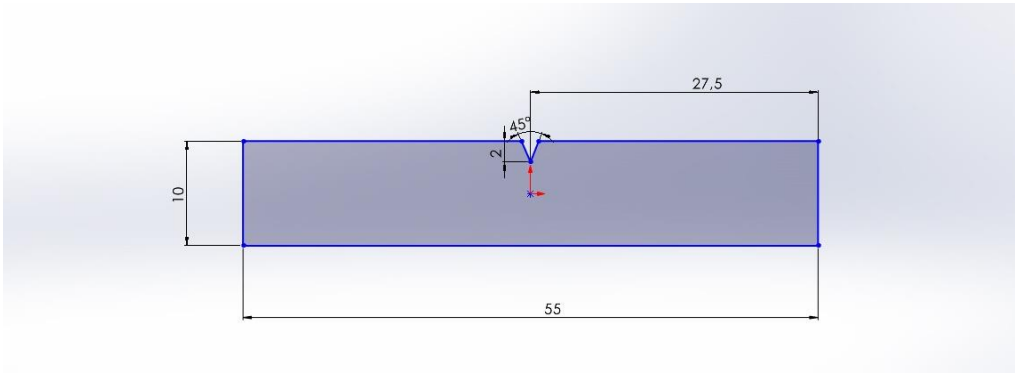
Gambar 3- 2 Proses Pengelasan

3.4 Proses Pemotongan Spesimen

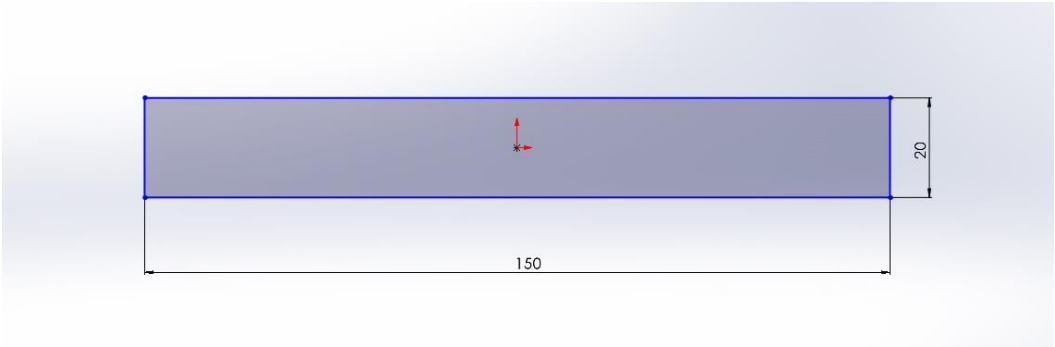
Spesimen hasil pengelasan selanjutnya dipotong menjadi berbagai spesimen sesuai ukuran standar pengujian. Spesimen dipotong dengan mengacu standar JIS Z 2201 spesimen pengujian tarik, JIS Z 2202 spesimen pengujian impak, JIS Z 2204 spesimen pengujian *bending.* Berikut sketsa proses pemotongan untuk pengujian tarik, impak dan *bending* pada gambar 3-3, 3-4 dan 3-5.



Gambar 3- 3 Sketsa pemotongan uji tarik.



Gambar 3- 4 Sketsa pemotongan uji impak.



Gambar 3- 5 Sketsa pemotongan uji *bending*.

3.5 Proses Pengujian

3.5.1 Pengujian *Dye Penetrant*

Pengujian *dye penetrant* dilakukan di laboratorium proses produksi dengan menggunakan cairan *dye penetrant*. Pengujian ini bertujuan untuk mendeteksi cacat terbuka pada hasil pengelasan. Tahapan pengujian *dye penetrant* sebagai berikut:

1. Pembersihan dan pengeringan benda atau lokasi yang diperiksa.
2. Aplikasi penetrant. Dibiarkan beberapa saat agar menyusup ke dalam hasil pengelasan.
3. Pembersihan *penetrant* sisa dipermukaan.
4. Aplikasi *developer*.
5. Evaluasi indikasi,diterima atau ditolak.
6. Pembersihan benda atau lokasi setelah selesai diuji.

3.5.2 Pengujian Komposisi Kimia

Proses Pengujian komposisi kimia dilakukan di PT Itokoh Ceperindo, Klaten. Pengujian komposisi kimia dilakukan dengan mengikuti prosedur yang diberikan oleh PT Itokoh Ceperindo, dimensi spesimen pengujian yaitu berbentuk persegi dengan ukuran 30 x 30 mm. Alat yang digunakan untuk melakukan pengujian komposisi kimia adalah *optical emission spectroscopy*. Spesimen pengujian komposisi kimia dan proses pengujian komposisi kimia terdapat pada gambar 3-6 dan 3-7. Spesimen pengujian komposisi kimia ada 2 yaitu spesimen logam induk dan logam hasil pengelasan.

Gambar 3- 6 Spesimen Uji Komposisi Kimia

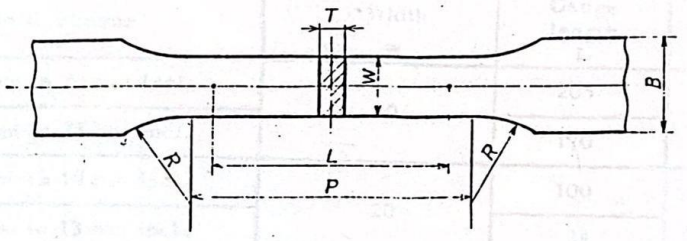
Gambar 3- 7 Uji Komposisi kimia

3.5.3 Pengujian Tarik

Pengujian tarik penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Departemen Teknik Mesin SV UGM. Gambar 3-8 merupakan standar yang digunakan pada pengujian ini mengacu pada JIS Z 2201 *fig.* 13 *type* B karena material pada pengujian ini pada aturan JIS Z 2201 termasuk material *non-proportional test piece* yaitu benda uji yang bentuk dan dimensinya tetap, tidak dipengaruhi oleh luas penampang bagian sejajar.

(13) No. 13 Test Piece The form and dimensions of this test piece shall conform to Fig. 13.

Fig. 13



Unit: mm

Type of test piece	Width W	Gauge length L	Parallel length P	Radius of fillet R	Thickness T	Width of gripped portion B
13 A	20	80	120 approx.	20 to 30	Thickness of material	—
13 B	12.5	50	60 approx.	20 to 30	Thickness of material	20 min.

Gambar 3- 8 Dimensi Spesimen Uji Tarik JIS Z 2201

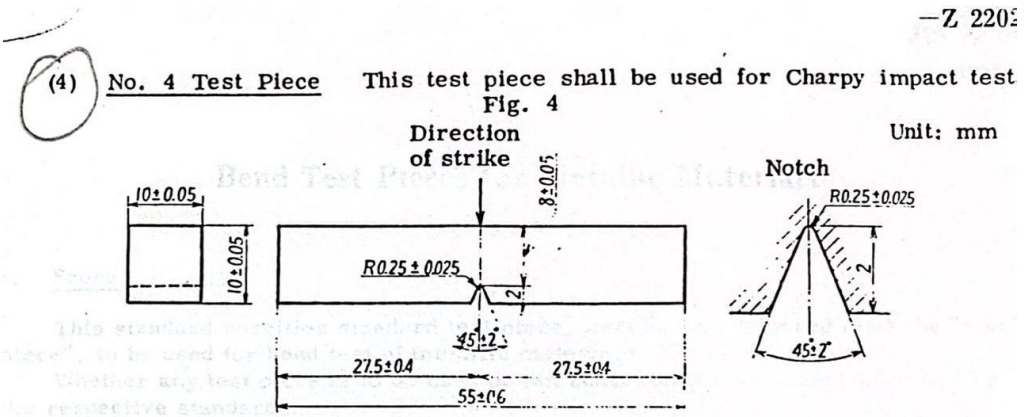
Pengujian tarik menggunakan mesin UTM (*Universal Testing Machine*). Cara pengujian tarik yang dipakai adalah menjepit kedua tepi spesimen dan diposisikan secara vertical. Mesin UTM akan menarik spesimen hingga terputus. Pada saat bersamaan mesin UTM akan menampilkan tegangan melalui panel LED. Nilai tegangan saat spesimen terputus digunakan sebagai nilai tegangan maksimal dan dimasukan ke perhitungan utuk mengetahui hasil uji tarik. Mesin UTM terdapat pada gambar 3-9.

Gambar 3- 9 Mesin UTM (*Universal Testing Machine*).

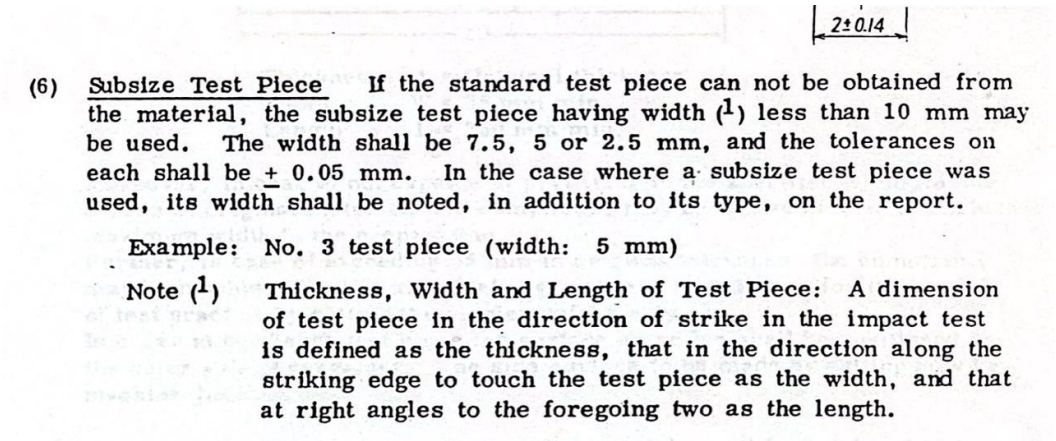
3.5.4 Pengujian Impak

Pengujian impak bertujuan untuk mengetahui ketangguhan impak dari material. Pengujian impak penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik

Departemen Teknik Mesin SV UGM. Gambar 3-10 dan gambar 3-11 merupakan standar yang digunakan pada pengujian ini mengacu pada JIS Z 2202 *fig.* 4. Spesimen yang diuji menggunakan metode *charpy* dengan model *groove* kampuh V memudahkan dalam pembuatanya menggunakan kikir. Selain itu, terdapat aturan mengenai *subsize* yaitu ketebalan harus sesuai dengan cakupan 10, 7,5, 5 dan 2,5 mm. Penulis mengkikis menggunakan mesin *frais* dari ketebalan spesimen 3 mm menjadi 2,5 mm.



Gambar 3- 10 Dimensi Spesimen uji Impak JIS Z 2202



Gambar 3- 11 Ketebalan pengujian impak

Metode yang digunakan adalah metode *charpy* dengan kampuh V. Pada pengujian impak didapatkan data setelah bandul menghantam spesimen. Data tersebut dimasukan ke perhitungan untuk mendapatkan nilai ketangguhan impak spesimen. Alat pengujian impak terlihat pada gambar 3-12.

Gambar 3- 12 Alat Uji Impak

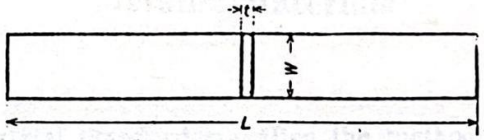
3.5.5 Pengujian *Bending*

Pengujian *bending* penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Departemen Teknik Mesin SV UGM. Gambar 3-13 merupakan standar yang digunakan dalam pengujian ini mengacu pada JIS Z 2204 *fig.* 3. Spesimen dirancang dapat digunakan untuk uji *bending* logam ketebalan tipis.

the diameter not less than 35 mm for the reason of test practice.

3) No. 3 Test Piece This test piece shall be mainly used for bend test of thin metal sheet.

Fig. 3



Thickness	t = Original thickness
Width	W = 20 mm min.
Length	L = 150 mm min.

Moreover, in case of not capable of preparing in the specified width for the reason of original material, compliance may be allowed for an available maximum width in preparation. The side surface to be made by cutting may be machine-finished.

Gambar 3- 13 Dimensi spesimen Pengujian *bending*

Metode pengujian *bending* yang dipakai adalah metode 3 *point bend test* dan pembebanan *face band*. Pembebanan spesimen dilakukan sampai nilai beban pada panel LED mesin berhenti naik. Nilai beban akan digunakan untuk perhitungan pengujian bending. Alat pengujian *bending* terdapat pada gambar 3-14.

Gambar 3- 14 Bagian Uji *bending* mesin UTM

3.5.6 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan di Laboratorium Proses Produksi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia. Spesimen yang digunakan pada uji kekerasan dicetak kedalam resin agar posisinya tidak berubah pada saat pengujian. dimensi spesimen pengujian kekerasan 50 x 10 mm. Alat uji kekerasan pada gambar 3-15.

Gambar 3- 15 *Microhardness Vickers*

Pengujian ini dilaksanakan dengan memberikan indentasi dengan beban 200 gf selama 10 detik di 3 daerah pengelasan pada spesimen. Selanjutnya titik bekas indentasi tersebut diamati di komputer untuk di ukur diagonal indentasinya. Pengamatan dihitung menggunakan persen.

3.5.7 Pengujian Struktur Mikro

Pengujian Struktur mikro dilakukan dengan mengamati penampang spesimen uji melalui mikroskop. Pengujian ini dilakukan di laboratorium Bahan Teknik Departemen Teknik Mesin SV UGM dengan mikroskop metalurgi

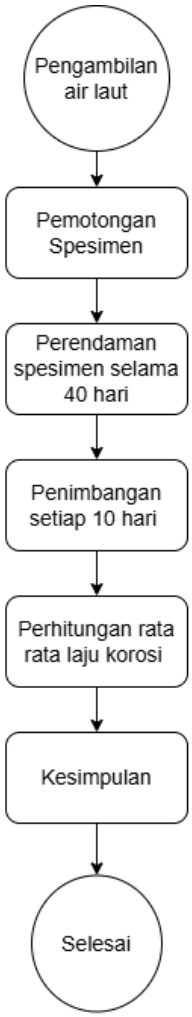
Olympus PME3. Mikroskop tersebut terhubung langsung dengan komputer sehingga memudahkan dalam pengamatan. Pengujian mikro menggunakan perbesaran 200x. Spesimen pengujian mikro ini sama seperti pengujian kekerasan yang di cetak dalam resin. Setelah di resin spesimen akan di amplas sampai halus. Amplas yang digunakan adalah 120, 320, 400, 600, 800, 1000, 1200 dan 1500 secara berurutan dan bertahap agar mendapatkan permukaan yang halus serta memperjelas dalam pengujian struktur mikro. Setelah spesimen diampelas, spesimen akan dipoles menggunakan autosol agar menghilangkan buram. Kemudian setelah di autosol spesimen akan di etsa dengan HN03 (asam nitrat) dengan konsentasi 2,5% agar menunjukan batas butir pada struktur mikro serta zona yang terbentuk akibat panas pengelasan. Spesimen pengujian struktur mikro pada gambar 3-16.

Gambar 3- 16 Spesimen Uji struktur mikro dan kekerasan

3.5.8 Pengujian Laju Korosi

Pengujian laju korosi bertujuan untuk mengetahui ketahanan material terhadap kosori. Pengujian laju korosi dilakukan dengan merendam potongan spesimen kedalam air laut selama 40 hari dan dilakukan di tempat tinggal penulis. Setiap 10 hari berat masa spesimen akan selalu diukur untuk melihat perubahan berat akibat efek korosi. Air laut yang digunakan berasal dari pantai parangtritis, Bantul. Spesimen laju korosi variasi arus 85A, 90A dan 95A masih terdapat bagian logam induk di spesimennya, untuk dimensi ukuran pengujian laju korosi yaitu 20 x 20 mm. Spesimen laju korosi dan alur pengujian laju korosi terlihat pada gambar 3-17 dan 3-18.

Gambar 3- 17 Spesimen uji korosi



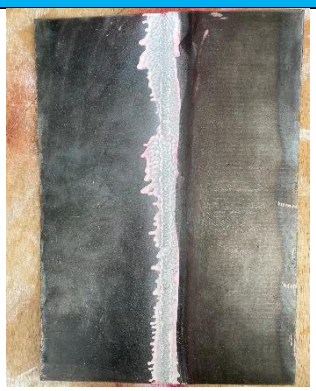
Gambar 3- 18 Diagram alur pengujian laju korosi.

BAB 4
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian *Dye Penetrant*

Pengujian *dye penetrant* dilakukan untuk mengetahui cacat atau retakan yang mungkin ada pada hasil pengelasan penelitian ini, metode pengujian ini sangat efektif dalam mengidentifikasi kecacatan pada permukaan yang tidak terlihat secara kasat mata, sehingga memberikan gambaran yang jelas tentang kualitas hasil pengelasan yang sudah dilakukan. Berikut gambar hasil pengujian *dye penetrant* yang divisualisasikan pada tabel 4-1.

Tabel 4- 1 Hasil Pengujian *Dye Penetrant*

Hasil Pengujian *Dye Penetrant*		
Arus 85A	Arus 90A	Arus 95A
		

Berdasarkan gambar diatas didapatkan bahwa hasil pengelasan yang dihasilkan tidak terdapat adanya cacat atau keretakan pada material yang sudah dilas. Hal tersebut dibuktikan tidak ada bitnik merah pada permukaan las yang muncul setelah cairan *penetrant* terkena cairan *developer*. Tidak adanya bitnik merah tersebut mengidentifikasikan bahwa tidak terdapat cacat atau retak pada permukaan hasil pengelasan. Hal tersebut menunjukan bahwa hasil pengelasan yang diterapkan dalam penelitian ini efektif menghasilkan sambungan kualitas las yang diharapkan. Keberhasilan ini meyakinkan bahwa material sudah sesuai untuk melakukan pemotongan untuk diuji.

4.2 Hasil Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia dilakukan di PT Itokoh Ceperindo, Klaten. Hasilnya unsur yang terdapat pada spesimen pengujian yang diuraikan pada tabel 4-2.

Tabel 4- 2 Komposisi kimia logam induk

Unsur	Kandungan (%)
Fe	98,9431
S	0,0129
Al	0,0229
C	0,1452
Ni	0,0861
Si	0,1278
Cr	0,0648
V	0,0007
Mn	0,3369
Mo	0,0119
P	0,0152
Cu	0,1926
Ti	0,0013
N	0,0095
Pb	0,0008
Sb	0,0015
Ca	0,0016
Zn	0,0009
Co	0,0067

Baja SS400 termasuk pada golongan baja karbon rendah yang memiliki kadar karbon sebesar 0,08% - 0,20 %. Baja SS400 memiiki keseimbangan pada sifat mekanik kekuatan, keuletan dan ketangguhan. Selain itu Baja SS400 merupakan baja karbon rendah yang memiliki sifat mampu las yang baik. Kemampuan las yang baik memiliki nilai CEV <0,4. Berikut perhitungan nilai CEV untuk spesimen baja yang ada pada penelitin ini.

$$CEV = \mathrm{C} + \frac{\mathrm{Mn}}{6} + \frac{\mathrm{Cu} + \mathrm{Ni}}{15} + \frac{\mathrm{Cr} + \mathrm{Mo} + \mathrm{V}}{5}$$

$$CEV = 0{,}1452 + \frac{0{,}3369}{6} + \frac{0{,}1926 + 0{,}0861}{15} + \frac{0{,}0648 + 0{,}0119 + 0{,}0007}{5}$$

$$CEV = 0{,}23541$$

Hasil perhitungan diatas menunjukan bahwa nilai CEV <0,4, Sehingga spesimen material baja yang digunakan termasuk dalam kategori mampu las.

Lalu Pengujian juga dilakukan pada spesimen hasil pengelasan untuk mengetahui kandungan unsur yang ada setelah proses pengelasan. Berikut adalah hasil unsur yang terkandung pada logam las yang diuraikan pada tabel 4-3.

Tabel 4- 3 Komposisi kimia logam las

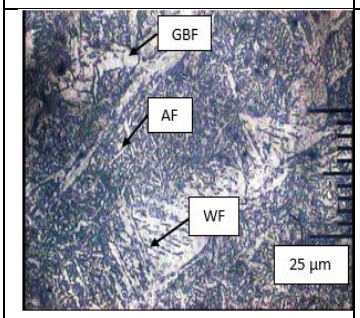
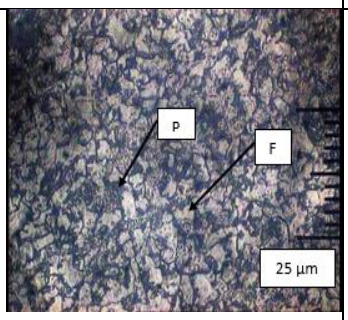
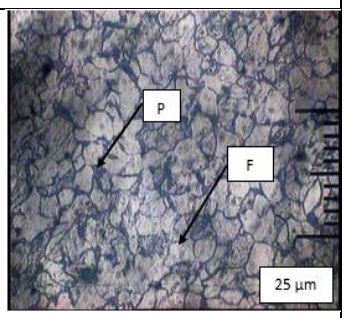
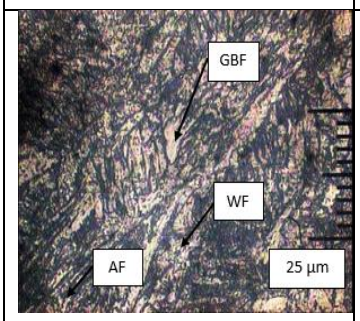
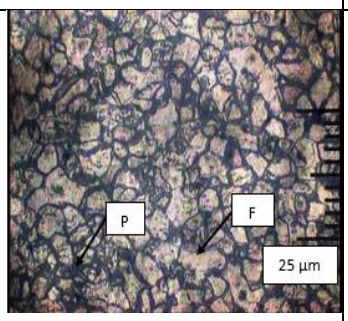
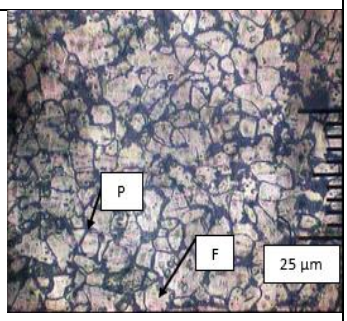
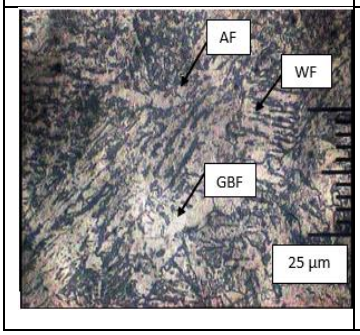
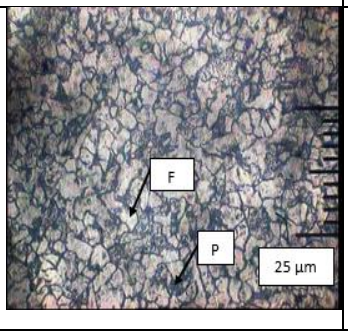
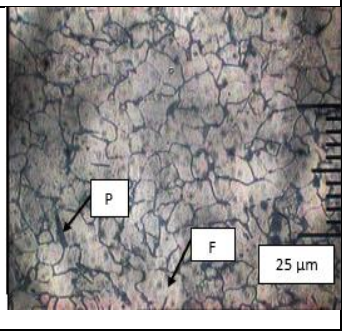
Unsur	Kandungan (%)
Fe	98,9180
S	0,0129
Al	0,0075
C	0,1179
Ni	0,0749
Si	0,1619
Cr	0,0545
V	0,0010
Mn	0,3910
Mo	0,0096
P	0,0171
Cu	0,1807
Ti	0,0060
N	0,0165
Pb	0,0010
Sb	0,0016
Ca	0,0013
Zn	0,0006
Co	0,0067

Berdasarkan kandungan komposisi komposisi baja SS400 Setelah proses pengelasan mengalami penurunan unsur C disebabkan oleh suhu tinggi dan lingkungan pengelasan. Suhu ekstrem di zona las dapat menyebabkan penguapan atau oksidasi karbon. Selain itu unsur Mn dan Si mengalami peningkatan setelah proses pengelasan disebabkan karena unsur dalam *filler* masuk kedalam spesimen hasil pengelasan.

4.3 Hasil Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan foto mikro bertujuan untuk melihat struktur mikro yang dihasilkan akibat proses pengelasan. Struktur mikro berhubungan erat dengan kekerasan dari spesimen karena masing-masing fase memiliki sifat yang berbeda. Pengujian mikro dilakukan dengan mikroskop metalografi dengan perbesaran 200x. Berikut adalah hasil foto mikro yang ditunjukan pada tabel 4-4.

Tabel 4- 4 Foto Mikro Spesimen Hasil Pengelasan

Daerah Logam Las	HAZ	Daerah Logam Induk
85A	85A	85A
		
90A	90A	90A
		
95A	95A	95A
		

Keterangan :

F : *Ferrite* GBF : *Grain Boundary Ferrite*

P : *Pearlite* WF : *Widmanstatten Ferrite*

AF : *Accicular Ferrite*

Berdasarkan hasil pengujian struktur mikro diatas pengelasan pada variasi arus 85A, 90A, dan 95A menunjukkan perubahan dominasi fase *ferrite* dan *pearlite* serta perbedaan ukuran butir di setiap bagian (logam induk, *HAZ*, dan logam las). Pada arus 85A, struktur mikro didominasi oleh *ferrite* dengan ukuran butir yang besar, terutama di daerah logam induk dan *HAZ*. Ferrite menunjukkan keuletan

tinggi tetapi kekerasan yang lebih rendah, karena arus yang lebih rendah tidak memicu perubahan signifikan dalam fase. Di daerah las karena terjadi pemanasan fase berubah menjadi fase GBF, WF dan AF.

Dengan peningkatan arus menjadi 90A, fase *pearlite* mulai meningkat, terutama di *HAZ* dan logam induk. Pada arus ini, peningkatan panas dan pendinginan yang lebih cepat menyebabkan beberapa *ferrite* berubah menjadi *pearlite*, yang muncul sebagai lapisan lamela hitam-putih. Namun, ukuran butir *pearlite* pada arus ini masih relatif besar, dan distribusi *ferrite* tetap dominan di sebagian besar area. Di daerah las karena terjadi pemanasan fase berubah menjadi fase GBF, WF dan AF.

Pada arus 95A, dominasi *pearlite* semakin nyata, khususnya di daerah logam las, dengan ukuran butir yang lebih kecil dan jumlah yang lebih banyak. Pendinginan yang lebih cepat akibat arus tinggi mempercepat pembentukan *pearlite* dari *ferrite*, menyebabkan butiran menjadi lebih halus. Dominasi *pearlite* pada arus 95A menghasilkan kekerasan yang lebih tinggi di area las dan HAZ, meskipun mengurangi keuletan material. Ini menunjukkan bahwa peningkatan arus mengarah pada peningkatan proporsi *pearlite* dan penghalusan butir, yang memengaruhi kekerasan dan keuletan.

4.4 Hasil Pengujian Tarik

Hasil Pengujian Tarik dengan standar pengujian JIS Z 2201, Spesimen diberi beban sebesar P secara bertahap dan kontinu hingga mencapai nilai Pmax yang ditunjukan oleh mesin UTM. Selanjutnya ΔL atau perubahan Panjang dari spesimen setelah pengujian diukur dengan jangka sorong. Dari berbagai data tersebut, diperoleh hasil berupa grafik tegangan-regangan dan tabel hasil pengujian. Berikut adalah salah satu perhitungan dari pengujian tarik.

Spesimen 85A_1 (Spesimen 1 untuk arus listrik 85A)

Diketahui tebal = 3,10 mm, lebar = 11,86 mm dan Pmax = 10,78 kN

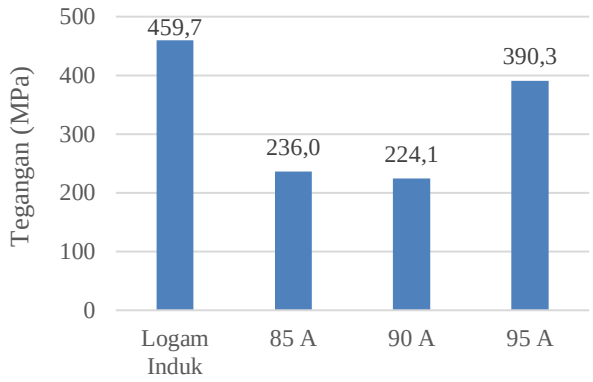
Persamaan nilai tegangan :

$$\sigma = \frac{\mathrm{P}}{\mathrm{A}} = \frac{10{,}78 \text{ x } 10^3}{3{,}10 \text{ x } 11{,}86} = 293{,}21 \text{ Mpa}$$

Persamaan nilai regangan :

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{3{,}66}{50}\ x\ 100\% = 7{,}32\ \%$$

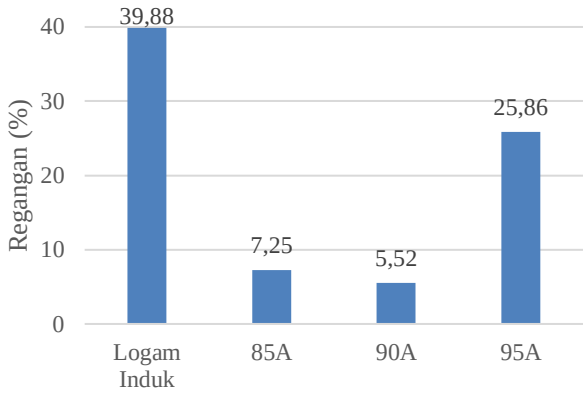
Selanjutnya, hasil perhitungan tegangan dan regangan dari seluruh spesimen disimpulkan menjadi satu dalam diagram batang yang dapat mewakili seluruh data masing-masing tegangan-regangan. Berikut adalah diagram batang tegangan-regangan hasil pengujian tarik yang ditampilkan oleh gambar 4-1 dan 4-2.



Gambar 4-1 Diagram Tegangan hasil Uji tarik

Dari diagram tegangan tarik di atas, terlihat bahwa variasi arus listrik mempengaruhi kekuatan tarik spesimen yang diuji. Spesimen logam induk memiliki tegangan tarik tertinggi dengan nilai 459,7 MPa, menunjukkan kekuatan maksimum material dalam kondisi asli. Pada spesimen yang dilas dengan arus 85A, nilai tegangan tarik menurun menjadi 236,0 MPa. Penurunan kekuatan ini semakin terlihat pada spesimen dengan arus 90A, yang mencapai tegangan tarik 224,1 MPa. Namun, ketika arus menjadi 95A, kekuatan tarik meningkat kembali hingga mencapai 390,3MPa, mendekati kekuatan spesimen dalam kondisi logam induk.

Penurunan signifikan pada kekuatan tarik spesimen dengan arus 90A ini disebabkan oleh penetrasi las yang tidak cukup dalam. Penetrasi yang kurang menyebabkan sambungan antara logam las dan logam induk tidak terbentuk secara optimal, sehingga sambungan menjadi lebih lemah ketika mendapat beban tarik.



Gambar 4-2 Diagram Regangan tarik

Berdasarkan grafik di atas, regangan tarik tertinggi terdapat padalogam induk dengan nilai sebesar 39,88%. Setelah proses pengelasan, terjadi penurunan regangan tarik yang signifikan pada spesimen dengan arus 90A, yang hanya mencapai 5,52%. Penurunan ini disebabkan oleh kurangnya penetrasi las pada arus 90A, yang mengakibatkan sambungan kurang optimal dalam menahan regangan. Sementara itu, spesimen dengan arus 85A dan 95A menunjukkan regangan tarik yang lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen 90A, yaitu masing-masing sebesar 7,25% dan 25,86%.

Setelah proses pengujian tarik menggunakan mesin UTM didapatkan bentuk hasil spesimen akibat beban tarik yang terlihat pada gambar 4-3.

Gambar 4- 3 Spesimen hasil uji tarik.

Pada arus 85A dan 90A, patahan terjadi di daerah las karena kekuatan sambungan lebih lemah dibanding logam induk. Sedangkan pada arus 90A, penetrasi yang kurang baik membuat kekuatan tarik dan regangan menjadi paling

rendah. Sementara itu, pada arus 95A, patahan terjadi di material induk karena sambungan las lebih kuat akibat penetrasi yang lebih dalam.

4.5 Hasil Pengujian Impak

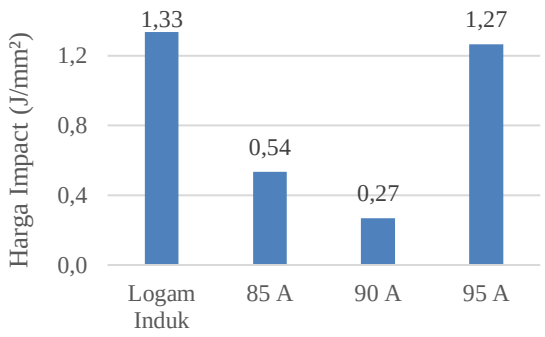
Spesimen pada pengujian impak akan dihantam bandul dengan ketinggian, sudut, serta beratnya sudah ditentukan. Standar JIS Z 2202 dan metode *charpy* digunakan dalam pengujian ini. Pada pengujian impak didapatkan data sudut setelah hantaman bandul. Selanjutnya sudut ini digunakan pada perhitungan energi yang diserap spesimen saat dihantam bandul. Nilai energi ini akan dipakai untuk menentukan harga impak yang menentukan ketangguhan impak spesimen. Berikut adalah perhitungan energi yang diserap dan harga impak pada salah satu spesimen.
Spesimen 85A_1 (Spesimen 1 arus 85A)
Diketahui sudut $\alpha = 151$, sudut $\beta = 139$, luas penampang = 19 mm^2, energi bandul= 300 J, Panjang lengan= 0,8 m dan berat bandul= 20kg
Persamaan energi yang diserap :

$$W = GxL(cos\beta - cos\alpha)$$
$$W = 20x10x0{,}8(cos139 - cos151)$$
$$W = 160((-0{,}76) - (-0{,}88))$$
$$W = 19{,}2\ Joule$$

Persamaan harga impak :

$$K = \frac{\mathrm{W}}{A_0} = \frac{19{,}2\ J/mm2}{19\ \mathrm{mm2}} = 1{,}007\ J/mm2$$

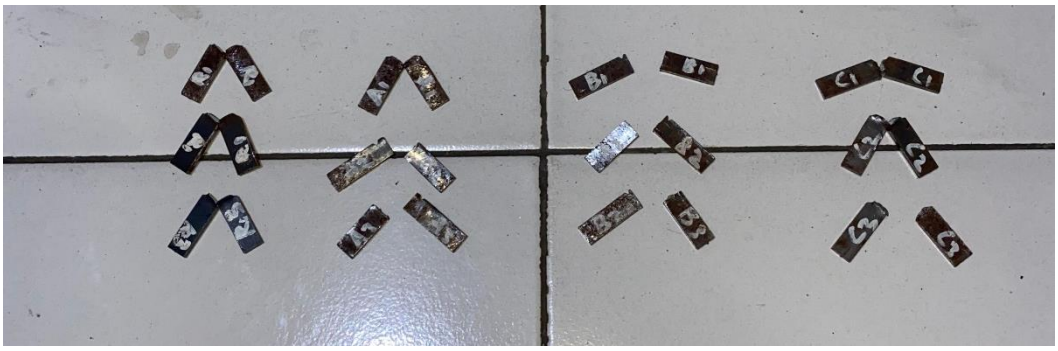
Setelah semua spesimen mendapatkan data nilai harga impak kemudian data diolah menjadi diagram yang bisa dilihat pada gambar 4-4.



Gambar 4-4 Diagram harga impak

Berdasarkan diagram harga impak di atas, spesimen logam induk menunjukkan harga impak sebesar 1,33 J/mm², menunjukan ketangguhan material yang baik dalam kondisi tanpa pengelasan. Pada spesimen yang dilas dengan arus 85A, harga impak menurun menjadi 0,54 J/mm², namun masih menunjukkan ketangguhan yang cukup. Penurunan drastis terjadi pada spesimen dengan arus 90A, di mana harga impaknya 0,27 J/mm², yang menunjukkan ketangguhan material yang jauh lebih rendah. Pada spesimen dengan arus 95A, harga impak kembali meningkat mendekati nilai spesimen logam induk mencapai 1,27 J/mm².

Penurunan ketangguhan yang signifikan pada spesimen dengan arus 90A disebabkan oleh penetrasi las yang kurang mendalam,sehingga lebih mudah mengalami kerusakan saat mendapat beban impak. Setelah proses pengujian impak didapatkan bentuk hasil spesimen akibat beban kejut yang terlihat pada gambar 4-5.



Gambar 4- 5 Hasil spesimen uji impak

Pada arus 85A, pola patahan menunjukkan patahan ulet dimana dari permukaan patahan yang lebih kasar menandakan ketangguhan yang paling tinggi.

Pada arus 95A, pola patahan menunjukkan kombinasi antara ulet dan getas, dengan permukaan yang sedikit lebih halus di beberapa area akibat peningkatan penetrasi. Sebaliknya, pada arus 90 A, pola patahan terlihat lebih getas karena penetrasi yang kurang dalam dan kekuatan sambungan yang lebih lemah, sehingga menghasilkan ketangguhan terendah.

4.6 Hasil Pengujian *Bending*

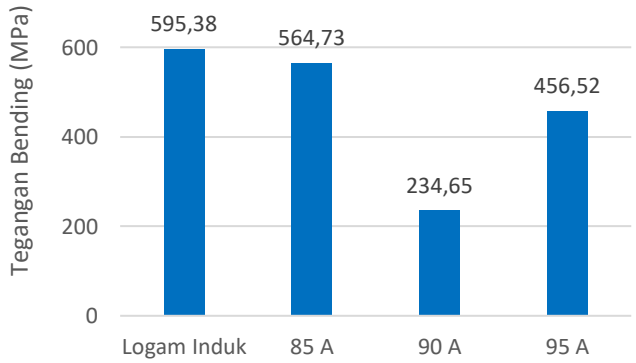
Pada pengujian *bending*, spesimen dikenai beban sebesar P secara bertahap dan kontinyu hingga mencapai nilai Pmax yang ditunjukan oleh mesin UTM dengan menggunakan standar pengujian JIS Z 2204. Berdasarkan nilai Panjang tumpuan (L) yang sudah ditentukan sebelum pengujian, nilai tegangan *bending* bisa didapatkan melalui perhitungan. Berikut adalah salah satu perhitungan *bending.*

Spesimen 85A_1 (Spesimen 1 arus 85A)

Diketahui P= 2,26 kN, tebal(d)= 3,04 mm, lebar(b) =19,43 mm dan L=30 mm

$$\sigma_b = \frac{3 \text{ x P x L x } 1000}{2 \text{ x b x } d^2} = \frac{3 \text{ x } 2{,}26 \text{ x } 1000 \text{ x } 30}{2 \text{ x } 19{,}43 \text{x } 3{,}04^2} = 566{,}37 \text{ MPa}$$

Selanjutnya, seluruh hasil perhitungan tegangan *bending* dikumpulkan dalam tabel hasil pengujian dan bisa dilihat melalui diagram pada gambar 4-6.



Gambar 4- 6 Diagram Tegangan *bending*

Dari diagram tegangan bending di atas, terlihat bahwa variasi arus listrik pada spesimen yang diuji memiliki pengaruh signifikan terhadap nilai tegangan *bending* yang dihasilkan. Spesimen logam induk memiliki tegangan *bending*

595,38 MPa, menunjukkan bahwa material dalam kondisi awal memiliki ketahanan lentur yang baik. Pada spesimen yang dilas dengan arus 85A, tegangan *bending* sedikit menurun tetapi masih mendekati nilai spesimen logam induk, yaitu 564,73 MPa. Namun, pada spesimen dengan arus 90A, tegangan *bending* menurun drastis dengan nilai 234,65 MPa, yang menunjukkan kelemahan pada sambungan las. Sementara itu, pada arus 95A, tegangan *bending* meningkat kembali menjadi 456,52 MPa, meskipun masih di bawah nilai sambungan pada arus 85A.

Penurunan tegangan *bending* yang signifikan pada spesimen dengan arus 90A ini disebabkan oleh kurangnya penetrasi las yang mendalam. Dengan penetrasi yang kurang menyebabkan sambungan lebih rentan terhadap beban lentur. Setelah proses pengujian *bending* didapatkan bentuk hasil spesimen akibat beban lentur yang terlihat pada gambar 4-7.

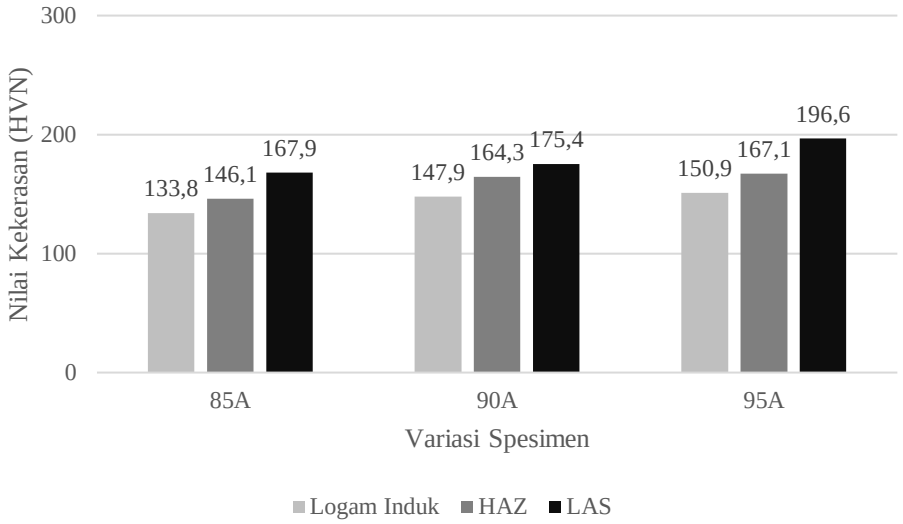
Gambar 4- 7 Hasil spesimen uji *bending*

Pada arus 90A, terjadi patahan pada area las saat uji *bending* akibat penetrasi las yang kurang optimal. Sebaliknya, pada arus 85A dan 95A, sambungan las tetap utuh tanpa kerusakan, menandakan kualitas mekanik yang lebih baik dalam menahan beban lentur.

4.7 Hasil Pengujian Kekerasan

Spesimen baja hasil pengelasan yang sudah dicetak dalam resin selanjutnya dilakukan pengujian kekerasan menggunakan metode *microhardness Vickers* dengan pembebanan 200 gf selama 10 detik . Titik yang diambil di setiap daerah pengelasan ada 3 titik. Setelah dilakukan indentasi, spesimen diukur menggunakan

mikroskop untuk melihat ukuran dari bekas indentasi. Panjang kedua diagonal yang dihasilkan dari indentor berbentuk piramida akan digunakan pada penentuan nilai kekerasan *Vickers.* Hasil Pengujian *vickers* dapat dilihat pada gambar 4-8.



Gambar 4- 8 Hasil Pengujian Kekerasan

Jika dilihat berdasarkan daerah pengujian, daerah logam las memiliki nilai kekerasan tertinggi di setiap variasi arus dimana 85A dengan nilai 167,9 HVN, 90A dengan nilai 175,4 HVN dan 95A dengan nilai 196,6 HVN dibandingkan daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) dan logam induk. Hal ini disebabkan oleh pendinginan yang lebih cepat di daerah lasan, yang meningkatkan kekerasan. Di sisi lain, kekerasan daerah HAZ cenderung lebih tinggi daripada logam induk tetapi masih di bawah daerah las, karena mengalami panas yang signifikan selama pengelasan, meski tidak mencapai suhu leleh. Pada logam induk, kekerasan relatif lebih rendah dibandingkan dengan kedua daerah lainnya karena logam induk tidak mengalami pengaruh panas langsung dari proses pengelasan.

4.8 Hasil Pengujian Laju Korosi

Pengujian laju korosi dilakukan selama 40 hari dengan merendam spesimen kedalam air laut dan setiap 10 harinya diukur pengurangan berat spesimen. Spesimen laju korosi variasi arus 85A, 90A dan 95A masih terdapat bagian logam induk di spesimennya, untuk dimensi ukuran pengujian laju korosi yaitu 20 x 20 mm. Setelah didapatkan data pengurangan berat spesimen, langkah selanjutnya

adalah menghitung laju korosi dalam satuan *milimeter per year* (mmpy).Berikut adalah tabel 4-5 yang berisi data pengurangan berat spesimen selama 40 hari.

Tabel 4- 5 Hasil Pengukuran berat spesimen selama 40 hari

Spesimen	Berat awal (gram)	Hasil Timbang 10 hari ke- (gram)			
		1	2	3	4
Logam Induk	8,97	8,94	8,93	8,91	8,89
85A	9,60	9,57	9,54	9,49	9,47
90A	9,11	9,09	9,08	9,05	9,04
95A	8,59	8,57	8,56	8,54	8,52

Berdasarkan hasil penimbangan setiap 10 harinya pada baja SS400 kemudian untuk memastikan hal tersebut dilakukan perhitungan laju korosi. Berikut adalah contoh perhitungan laju korosi pada spesimen 90A pada 10 hari pertama dengan menggunakan persamaan (2-7).

Diketahui W = 0,02 gram, D = 7,9 g/cm^3, T = 24 x 10 = 240 jam dan A = 3,69 cm^2

$$\text{CR} = \frac{K\ x\ W}{D\ x\ A\ x\ T} = \frac{(8{,}76\ x\ 10^4) x\ 0{,}02\ \text{gram}}{7{,}9\ g/cm^3 x\ 3{,}69\ cm^2 x\ 240\ \text{jam}} = 0{,}25$$

Berikut hasil perhitungan laju korosi pada tabel 4-6.

Tabel 4- 6 Hasil Perhitungan laju korosi

Spesimen	Laju Korosi 10 hari ke-(*mm/year*)				Rata rata laju korosi
	1	2	3	4	
Logam induk	0,34	0,05	0,07	0,05	0,13
85A	0,33	0,16	0,18	0,05	0,18
90A	0,25	0,06	0,12	0,03	0,12
95A	0,24	0,06	0,08	0,06	0,11

Setelah menghitung laju korosi, kemudian hasil tersebut dibandingkan dengan tingkat ketahanan korosi untuk melihat kualitas laju korosi, tingkat ketahanan korosi dapat dilihat pada tabel 4-7.

Tabel 4- 7 Hasil ketahanan korosi

Laju Korosi	Standar (*mm/year*)	Hasil (mm/year)				Keterangan
		Logam induk	85A	90A	95A	
Outstanding	<0,02					
Excellent	0,02-0,1					
Good	0,1-0,5	0,13	0,18	0,12	0,11	*Good*
Fair	0,5-1					
Poor	1-5					
Unacceptable	>5					

Berdasarkan Hasil pengujian laju korosi menunjukkan bahwa dengan variasi arus las yang digunakan, yaitu 85A, 90A, dan 95A, semua sampel berada dalam kategori "Baik" dengan nilai laju korosi masing-masing sebesar 0,18 *mm/year*, 0,12 *mm/year*, dan 0,11 *mm/year*. Selain itu logam induk juga masuk katerogri “Baik” dengan nilai laju korosi 0,13 *mm/year*. Ketiga variasi arus memiliki nilai berada dalam rentang 0,1-0,5 *mm/year*, yang menunjukkan performa yang memuaskan terhadap korosi.Dapat disimpulkan bahwa penggunaan arus las dalam rentang tersebut efektif dalam menghasilkan sambungan yang tahan terhadap korosi.

BAB 5
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini, pengaruh variasi arus listrik 85A, 90A dan 95A menunjukan pengaruh yang berbeda terhadap sifat fisik dan mekanik sambungan las TIG pada baja SS400. Variasi arus listrik 95 A merupakan Arus yang paling optimal untuk menghasilkan kekuatan mekanik tinggi pada sambungan las TIG baja SS400, dengan kekuatan tarik tertinggi 390,3 Mpa, kekerasan tertinggi di ketiga daerah pengelasan dengan nilai, daerah las 196,6 HVN, HAZ 167,1 HVN dan logam induk 150,9 HVN dan harga impak 1,27 J/mm^2. Dominasi struktur mikro *pearlite* mendukung kekuatan tersebut. Sebaliknya, arus 85 A nilai kekuatan tarik menurun menjadi 236 MPa dan kekerasan menurun di daerah pengelasan 167,9 HVN, HAZ 146,1 HVN dan logam induk 133,8 HVN dan harga impak 0,54 J/mm^2. karena didominasi fase *ferrite*. Arus 90 A kurang optimal karena penetrasi las tidak memadai, menghasilkan performa terendah pada semua parameter uji. Pengujian korosi menunjukkan semua variasi arus memiliki ketahanan baik, meskipun terjadi penurunan karbon pada logam las akibat suhu tinggi selama proses pengelasan.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang dilakukan, saran dari penulis yiatu

1. Pembelian *torch* baru pengelasan TIG karena *torch* yang sekarang kondisinya mudah lepas dari sensor sehingga selama proses pengelasan harus menekan *torch* dengan kuat yang menyulitkan dalam proses pengelasan.
2. Perlunya hati-hati selama proses pengelasan untuk menghindari kecelakaan kerja seperti memakai kemeja panjang dan kacamata las.

DAFTAR PUSTAKA

Affandi, Tanjung, I., Nasution, A. R., Fonna, S., & Huzni, S. (2015). Investigasi Laju Korosi Atmosferik Baja Karbon Rendah Profil Segiempatdi Kawasan Industri Medan. *Baja Karbon Rendah, Plat, KIM, Korosi Atmosferik Vol. 3 No. 2.*

Barekeng. (2011). Analisis Modulus Elastisitas Dan Angka Poisson Bahan Dengan Uji Tarik. *Jurnal Matematika FMIPA Unpati*, *Vol. 5 No. 2 Hal. 9 – 14.*

Budiyanto, E., Nugroho, E., & Masruri, A. (2017). Pengaruh Diameter Filler Dan Arus Pada Pengelasan Tig Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Pada Baja Karbon Rendah. *Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro, Vol. 6 No. 1*.

Drastiawati, N. S. (2021). *Pengaruh Variasi Arus Listrik Pengelasan Tungsten Inert Gas (Tig) Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Las Pada Stainless Steel SS 304 Bagus Prasetyo Anggoro*. *Vol 09.*

Endramawan, T. (2013). *Perancangan Alat Uji Impak Metode Charpy Jurnal Teknologi Terapan, Volume 3, Nomor2.*

Endramawan, T. (2017). Aplikasi Non Destructive Test Penetrant Testing (Ndt-Pt) Untuk Analisis Hasil Pengelasan SMAW 3G Butt Joint. *Jurnal Teknologi Terapan*, *Volume 3, Nomor 2*.

Fatoni, Z. (2016). Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Sifat Kekerasan Baja Paduan Rendah Untuk Bahan Pisau Penyayat Batang Karet. *Jurnal Desiminasi Teknologi*, *Vol.4 Nomor 1*.

Hamid, A. (2016). Analisa Pengaruh Arus Pengelasan Smaw Pada Material Baja Karbon Rendah Terhadap Kekuatan Material Hasil Sambungan. *Jurnal Teknologi Elektro, Universitas Mercu Buana*, *VOL 7.NO 1*.

Mihrozi, M. I. (2018). *Pengaruh Diameter Elektroda Terhadap Uji Tarik Las Smaw*. *Vol. 2 No. 2.*

Muhazir, A. (2019). Pengaruh Jenis Elektroda Pengelasan Smaw Terhadap Sifat Mekanik Material SS400. *Jurnal Polimesin*, *Volume 17, Nomor 1*.

Murtiono, A. (2012). Pengaruh Quenching Dan Tempering Terhadap Kekerasan Dan Kekuatan Tarik Serta Struktur Mikro Baja Karbon Sedang Untuk Mata Pisau Pemanen Sawit. *Jurnal E-Dinamis, Volume II, No.2*.

Permadi, A. (2022). Analisa Kekuatan Pada Hasil Pengelasan Bawah Air Baja Ss400 Dengan Bahan Elektroda Darat Lb 52 Aws E7016 Terbungkus Selotip. *Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro, Vol. 10, No.1*.

Rahmatika, A., Ibrahim, S., Hersaputri, M., & Aprilia, E. (2019). Studi Pengaruh Variasi Kuat Arus Terhadap Sifat Mekanik Hasil Pengelasan Gtaw Aluminium 1050 Dengan Filler ER 4043. *Jurnal Polimesin, 17*.

Rauf, F. A. (2018). Uji Kekerasan Denganmenggunaan Alat Microhardness Vickerspada Berbagai Jenis Material TEKNIK. *Jurnal Tekno Mesin, Volume 5 Nomor 1,*.

Rifaldi, A. (2021). Pengaruh Suhu Preheating Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Pelat Baja Astm A36 Pada Pengelasan Shielded Metal Arc Welding (Smaw). *Sigma Teknika, Vol. 4, No.1*.

Riki, A. M., Kosjoko, & Rohimatush, S. (2024). Pengaruh Variasi Arus Padapengelasan Smaw Terhadap Uji Kekuatanbending Dan Struktur Micro Baja St 42. *Journal Of Engineering Science Andtechnology (JESTY), Vol. 2, No. 2(2024) 53-61*.

Romli, S. (2012). Pengaruh Proses Pengelasan Tig Terhadap Sifat Mekanis Bahan Paduan Aluminium. *Jurnal Austenit, Volume 4, Nomor 1*.

Saputra. (2018). *Analisis Struktur Mikro Logam Stainless Steel Tipe Ss 304 Di Instalasi Khipsb3 Journal Of Welding Technologi, Volume 1, No. 1*.

Saputra, I. (2019). Analisa Kekuatan Sambungan Material AISI 1050 Dengan ASTM A36 Dengan Variasi Arus Pada Proses Pengelasan SMAW. *Journal Of Welding Technology, Volume 1, No. 1*.

Saragi, J. H. (2023). Pengaruh Temperatur Terhadap Kekuatan Impak Pada Material Besi Nako 10 Mm. *Jurnal Mesin (Mesin Elektro Sipil), Vol.04, No.01*.

Surjadi, E., Wijoyo, W., Mujahid, M., & Saefuloh, I. (2021). The Effect Of Current Strength On Tensile Strength And Impact Toughness Of Cast Iron Welded Joints. *Journal Homepage, VOL 17 NO 02*.

Syukran, A. (2021). Effect Of Variation Of TIG Welding Current On Tensile Strength And Hardness Of Aluminium A-6061. *Journal Of Welding Technology, Volume 3, No. 1*.

Wahyudi, R., Nurdin, & Saefuddin. (2019). Analisa Pengaruh Jenis Elektroda Pada Pengelasan SMAW Penyambungan Baja Karbon Rendah Dengan Baja Karbon Sedang Terhadap Tensile Strenght. *Journal Of Welding Technology, Volume 1, No. 2*.

LAMPIRAN

Report

Sample Name	Test 85A	Sample Sn	S 701
Min Value	0	Max Value	1000
Inspection Company	UII	Inspection Date	2024/10/28
Tester	Lab Mesin	Reviewer	Kalab
Force	0.2kgf	Load Time (s)	10

Statistical data							
NO	MAX	MIN	AVE	VAR	STD	Cp	Cpk
9	179,20	125,30	149,26	261,62	16,17	10,30	3,08

Detailed data								
#	D1(um)	D2(um)	Davg(um)	Hardness type	Hardness value	Convet type	Convet value	Qualified
1	170,94	173,18	172,06	HV0.2	125,3	HV	125,3	YES
2	158,86	163,34	161,10	HV0.2	142,9	HV	142,9	YES
3	167,81	166,02	166,92	HV0.2	133,1	HV	133,1	YES
4	165,13	156,62	160,87	HV0.2	143,3	HV	143,3	YES
5	157,97	169,15	163,56	HV0.2	138,6	HV	138,6	YES
6	151,70	156,18	153,94	HV0.2	156,5	HV	156,5	YES
7	149,02	138,72	143,87	HV0.2	179,2	HV	179,2	YES
8	147,67	150,36	149,02	HV0.2	167,0	HV	167,0	YES
9	153,04	153,94	153,49	HV0.2	157,4	HV	157,4	YES

Report

Sample Name	Test 90A	Sample Sn	S 701
Min Value	0	Max Value	1000
Inspection Company	UII	Inspection Date	2024/10/25
Tester	Lab Mesin	Reviewer	Kalab
Force	0.2kgf	Load Time (s)	10

Statistical data							
NO	MAX	MIN	AVE	VAR	STD	Cp	Cpk
9	179,20	138,60	162,51	151,47	12,31	13,54	4,40

Detailed data								
#	D1(um)	D2(um)	Davg(um)	Hardness type	Hardness value	Convet type	Convet value	Qualified
1	157,97	155,28	156,62	HV0.2	151,2	HV	151,2	YES
2	154,39	156,18	155,28	HV0.2	153,8	HV	153,8	YES
3	150,81	154,83	152,82	HV0.2	158,8	HV	158,8	YES
4	151,25	147,67	149,46	HV0.2	166,0	HV	166,0	YES
5	150,81	146,33	148,57	HV0.2	168,0	HV	168,0	YES
6	145,44	149,02	147,23	HV0.2	171,1	HV	171,1	YES
7	147,67	142,75	145,21	HV0.2	175,9	HV	175,9	YES
8	144,54	143,20	143,87	HV0.2	179,2	HV	179,2	YES
9	164,68	162,44	163,56	HV0.2	138,6	HV	138,6	YES

Report

Sample Name	Test 85A	Sample Sn	S 701
Min Value	0	Max Value	1000
Inspection Company	UII	Inspection Date	2024/10/28
Tester	Lab Mesin	Reviewer	Kalab
Force	0.2kgf	Load Time (s)	10

Statistical data							
NO	MAX	MIN	AVE	VAR	STD	Cp	Cpk
9	179,20	125,30	149,26	261,62	16,17	10,30	3,08

Detailed data								
#	D1(um)	D2(um)	Davg(um)	Hardness type	Hardness value	Convet type	Convet value	Qualified
1	170,94	173,18	172,06	HV0.2	125,3	HV	125,3	YES
2	158,86	163,34	161,10	HV0.2	142,9	HV	142,9	YES
3	167,81	166,02	166,92	HV0.2	133,1	HV	133,1	YES
4	165,13	156,62	160,87	HV0.2	143,3	HV	143,3	YES
5	157,97	169,15	163,56	HV0.2	138,6	HV	138,6	YES
6	151,70	156,18	153,94	HV0.2	156,5	HV	156,5	YES
7	149,02	138,72	143,87	HV0.2	179,2	HV	179,2	YES
8	147,67	150,36	149,02	HV0.2	167,0	HV	167,0	YES
9	153,04	153,94	153,49	HV0.2	157,4	HV	157,4	YES

PT. ITOKOH CEPERINDO

Stainless Steel & Alloy Steel Casting

Management System ISO 9001:2015

COMPANY : PT. ITOKOH CEPERINDO
SAMPLE NAME : 23400 (RAW MATERIAL)
CUSTOMER : Bdr. ISAL DAN REZA
FURNACE : CI0901501/53
OPERATOR : FIYAN
DATE / TIME : 09-SEP-2024 15:10:41
TASK :Cons_Fei METHOD :FEGLFE

QC PASSED By: Date: 09/24

	Fe*	S	Al	C	Ni	Nb	Si
1	98,9315	0,0126	0,0228	0,1701	0,0835	-0,0001	0,1278
2	98,9546	0,0131	0,0231	0,1203	0,0888	0,0001	0,1279
AVG	98,9431	0,0129	0,0229	0,1452	0,0861	0,0000	0,1278
SD	0,01631	0,00034	0,00021	0,03518	0,00371	0,00013	0,00009
SD%	0,02	2,62	0,93	24,23	4,31	461,53	0,07

	Cr	V	Mn	Mo	W	P	Cu
1	0,0615	0,0007	0,3350	0,0112	0,0001	0,0151	0,1900
2	0,0681	0,0007	0,3388	0,0125	0,0001	0,0154	0,1952
AVG	0,0648	0,0007	0,3369	0,0119	0,0001	0,0152	0,1926
SD	0,00470	0,00005	0,00267	0,00092	0,00000	0,00019	0,00367
SD%	7,25	4,46	0,79	7,75	0,00	1,27	1,91

	Ti	N	B	Pb	Sb	Ca	Mg
1	0,0013	0,0088	0,0002	0,0007	0,0012	0,0020	0,0001
2	0,0013	0,0101	0,0001	0,0009	0,0018	0,0013	0,0001
AVG	0,0013	0,0095	0,0002	0,0008	0,0015	0,0016	0,0001
SD	0,00003	0,00087	0,00001	0,00014	0,00041	0,00045	0,00000
SD%	2,20	9,21	8,66	17,29	26,70	27,55	0,00

	Sn	Co
1	0,0009	0,0065
2	0,0009	0,0069
AVG	0,0009	0,0067
SD	0,00002	0,00018
SD%	1,81	2,65

INDONESIA OFFICE & FACTORY : Jl. KH. Hasyim As'ari By Pass Selatan Klaten, Gumulan, Klaten Tengah, Klaten 57417
Jawa Tengah - Indonesia
Phone : 0272 - 324208, 324038, Fax. 0272 - 324213

JAPAN OFFICE : 3-22-2 Motogo, Kawaguchi City, Saitama, Japan
Phone : 81 482 248 401, Fax : 81 482 242070

PT. ITOKOH CEPERINDO

Stainless Steel & Alloy Steel Casting

Management System ISO 9001:2015

COMPANY : PT. ITOKOH CEPERINDO
SAMPLE NAME : 33400 (LAS)
CUSTOMER : Sdr. ISAL DAN REZA
FURNACE : CI0912D03/51
OPERATOR : FIYAN
DATE / TIME : 09-SEP-2024 15:04:49
TASK :Conc_Fei METHOD :FEGLFE

QC PASSED By. Date 9/09

	Fe*	S	Al	C	Ni	Nb	Si
1	98,8928	0,0128	0,0052	0,1195	0,0712	0,0001	0,1777
2	98,9432	0,0131	0,0097	0,1222	0,0786	0,0004	0,1461
AVG	98,9180	0,0129	0,0075	0,1179	0,0749	0,0003	0,1619
SD	0,03558	0,00025	0,00325	0,00615	0,00520	0,00018	0,02236
SD%	0,04	1,94	43,20	5,22	6,94	67,50	13,83

	Cr	V	Mn	Mo	W	P	Cu
1	0,0524	0,0010	0,4230	0,0088	0,0005	0,0178	0,1749
2	0,0567	0,0010	0,3590	0,0104	0,0001	0,0164	0,1864
AVG	0,0545	0,0010	0,3910	0,0096	0,0003	0,0171	0,1807
SD	0,00304	0,00001	0,04524	0,00111	0,00031	0,00097	0,00813
SD%	5,57	1,20	11,57	11,52	97,98	5,70	4,50

	Ti	N	B	Pb	Sb	Ca	Mg
1	0,0025	0,0177	0,0002	0,0008	0,0015	0,0001	0,0001
2	0,0095	0,0152	0,0002	0,0013	0,0018	0,0025	0,0001
AVG	0,0060	0,0165	0,0002	0,0010	0,0016	0,0013	0,0001
SD	0,00496	0,00181	0,00002	0,00036	0,00021	0,00171	0,00000
SD%	82,14	11,02	11,20	37,06	12,70	131,23	0,00

	Sn	Co
1	0,0006	0,0067
2	0,0007	0,0068
AVG	0,0006	0,0067
SD	0,00006	0,00009
SD%	8,78	1,30

INDONESIA OFFICE & FACTORY : Jl. KH. Hasyim As'ari By Pass Selatan Klaten, Gumulan, Klaten Tengah, Klaten 57417
Jawa Tengah - Indonesia
Phone : 0272 - 324208, 324038, Fax. 0272 - 324213

JAPAN OFFICE : 3-22-2 Motogo, Kawaguchi City, Saitama, Japan
Phone : 81 482 248 401, Fax ; 81 482 242070

LABORATORIUM BAHAN TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS GADJAH MADA

HASIL PENGUJIAN TARIK

No.	Variasi Spesimen	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Pmax (KN)	ΔL (mm)	Tegangan (MPa)	Regangan (%)
1	Raw_1	2.95	12.06	16.38	12.51	460.41	25.02
2	Raw_2	2.95	12.05	16.15	13.83	454.32	27.66
3	Raw_3	2.95	12.25	16.78	13.54	464.34	27.08
4	85A_1	3.10	11.86	10.78	3.66	293.21	7.32
5	85A_2	3.22	11.98	11.20	1.94	290.34	3.88
6	85A_3	3.10	11.97	4.62	1.65	124.50	3.30
7	90A_1	3.21	11.92	8.25	1.65	215.61	3.30
8	90A_2	3.14	11.73	10.84	2.67	294.31	5.34
9	90A_3	3.16	12.02	6.17	1.20	162.44	2.40
10	95A_1	3.01	12.11	14.99	5.71	411.24	11.42
11	95A_2	3.27	12.32	15.70	10.31	389.71	20.62
12	95A_3	3.49	11.97	15.46	9.84	370.08	19.68

Keterangan:

1. Pengujian dilakukan tanggal 12 September 2024
2. Pengujian menggunakan Universal Testing Machine
3. Standar Spesimen menggunakan JIS Z 2201

Identitas Penguji :

Nama : Isal Alvianto dan Reza Arief Sidiq
NIM : 20525095 dan 20525132
Institusi : Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 12 September 2024
Staf Laboratorium Bahan Teknik

Pengujian & Analisa Material

Dr. Lilik Dwi Setyana, S.T., M.T
NIP. 19770331200212100 2

Lembar asli, tidak untuk digandakan

Kampus : Jl. Grafika 2A Yogyakarta 55281

LABORATORIUM BAHAN TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS GADJAH MADA

HASIL PENGUJIAN IMPACT

No.	Variasi Spesimen	Sudut α (°)	Energi (J)	Sudut β (°)	Energi Terserap (J)	Luas (mm^2)	Harga Impact (J/mm^2)
1	Raw_1	151	300	131.00	35.0	24.8	1.413
2	Raw_2	151	300	134.00	28.8	23.6	1.221
3	Raw_3	151	300	133.00	30.8	22.5	1.370
4	85A_1	151	300	139.00	19.2	19.0	1.007
5	85A_2	151	300	146.00	7.3	21.8	0.334
6	85A_3	151	300	147.00	5.8	21.7	0.265
7	90A_1	151	300	147.00	5.8	23.2	0.248
8	90A_2	151	300	147.00	5.8	23.2	0.248
9	90A_3	151	300	146.00	7.3	23.9	0.305
10	95A_1	151	300	134.00	28.8	23.3	1.233
11	95A_2	151	300	132.00	32.9	23.2	1.415
12	95A_3	151	300	136.00	24.8	21.7	1.147

Keterangan :

1. Menggunakan metode Charpy
2. Standar Spesimen menggunakan JIS Z 2202
3. Panjang lengan 0,8 meter
4. Berat palu 20 kilogram

Identitas Penguji :

Nama : Isal Alvianto dan Reza Arief Sidiq
NIM : 20525095 dan 20525132
Institusi : Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 12 September 2024
Staf Laboratorium Bahan Teknik

Dr. Lilik Dwi Setyana, S.T., M.T
NIP. 197703312002121002

Kampus : Jl. Grafika 2A Yogyakarta 55281

Lembar asli, tidak untuk digandakan

LABORATORIUM BAHAN TEKNIK

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN SEKOLAH VOKASI

UNIVERSITAS GADJAH MADA

HASIL PENGUJIAN BENDING

No.	Variasi Spesimen	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Pmax (KN)	Defleksi (mm)	Tegangan Bending (MPa)
1	Raw_1	2.99	19.21	2.31	24.58	605.28
2	Raw_2	2.99	19.53	2.34	25.52	603.09
3	Raw_3	3.02	19.30	2.26	26.06	577.76
4	85A_1	3.04	19.43	2.26	23.71	566.37
5	85A_2	3.00	19.81	2.32	26.89	585.56
6	85A_3	3.10	19.43	2.25	16.13	542.25
7	90A_1	3.00	19.69	0.72	2.17	182.83
8	90A_2	3.24	19.62	0.93	3.99	203.19
9	90A_3	3.60	19.55	1.79	12.84	317.92
10	95A_1	3.54	19.45	2.20	26.51	406.17
11	95A_2	3.24	20.04	2.30	27.06	491.99
12	95A_3	3.39	19.52	2.35	26.80	471.41

Keterangan:

1. Pengujian dilakukan tanggal 17 Oktober 2024
2. Pengujian menggunakan Universal Testing Machine
3. Standar spesimen menggunakan JIS Z 2204

Identitas Penguji :

Nama : Isal Alvianto dan Reza Arief Sidiq
NIM : 20525095 dan 20525132
Institusi : Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia

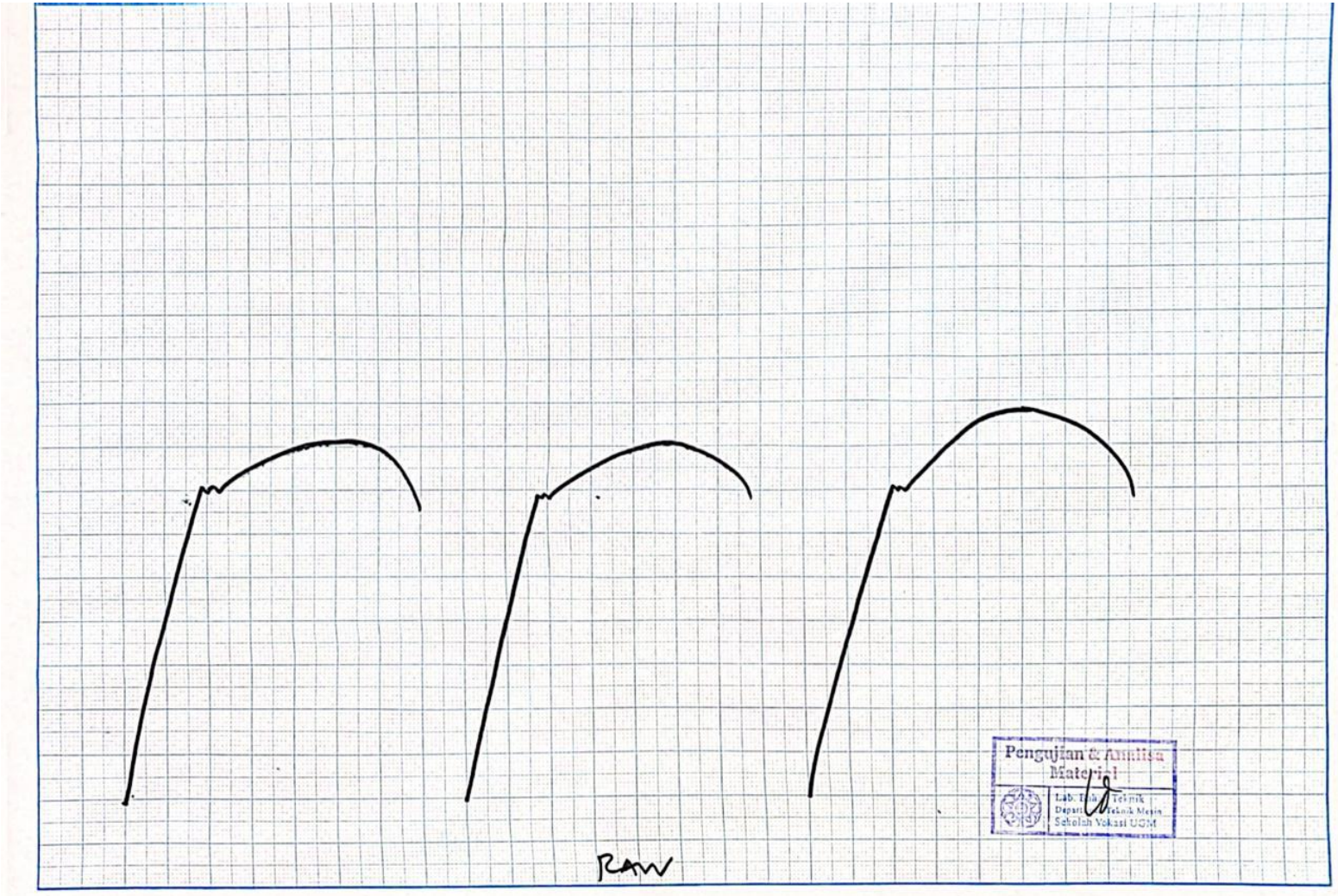
Yogyakarta, 17 Oktober 2024
Staf Laboratorium Bahan Teknik

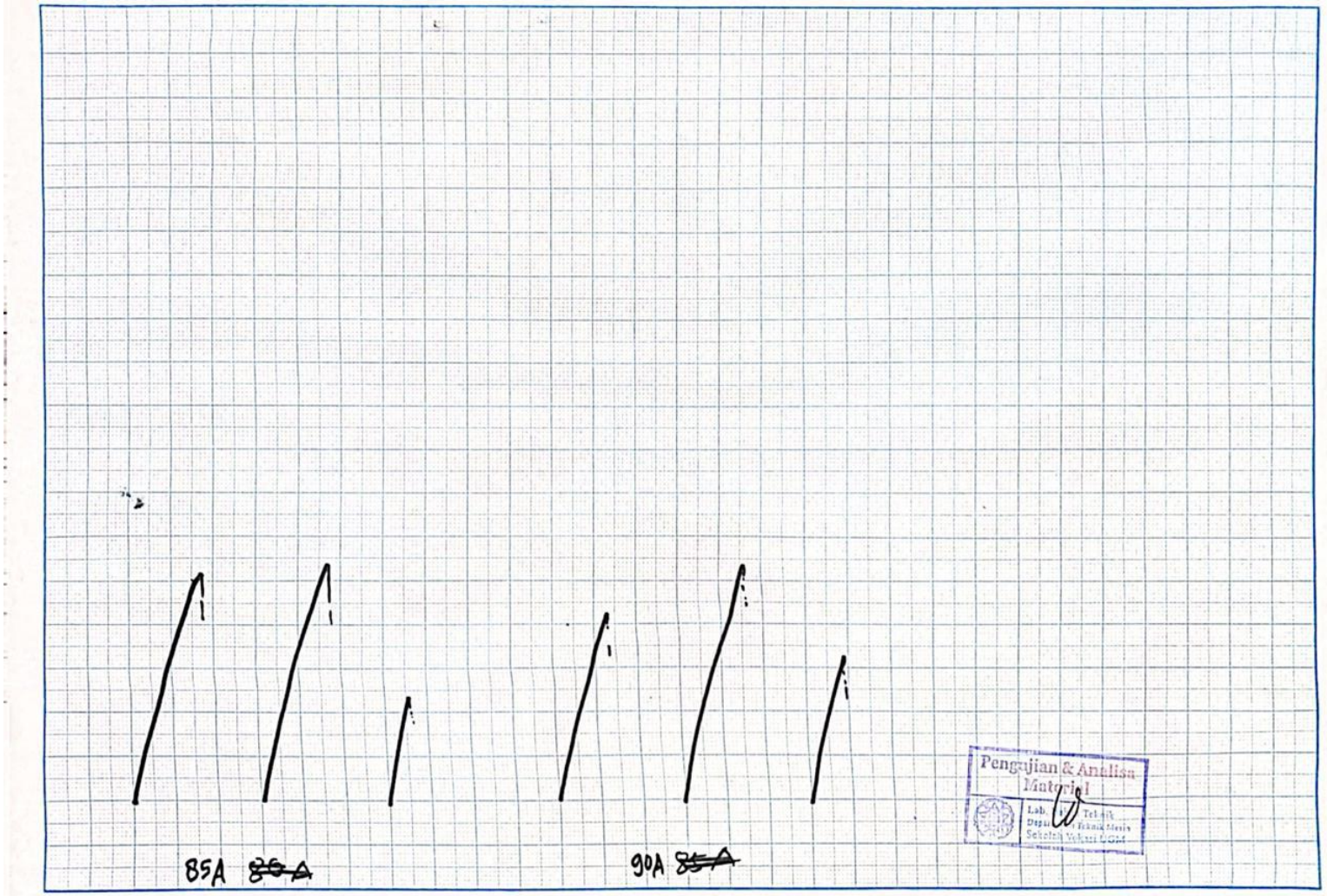
Pengujian & Analisa Material

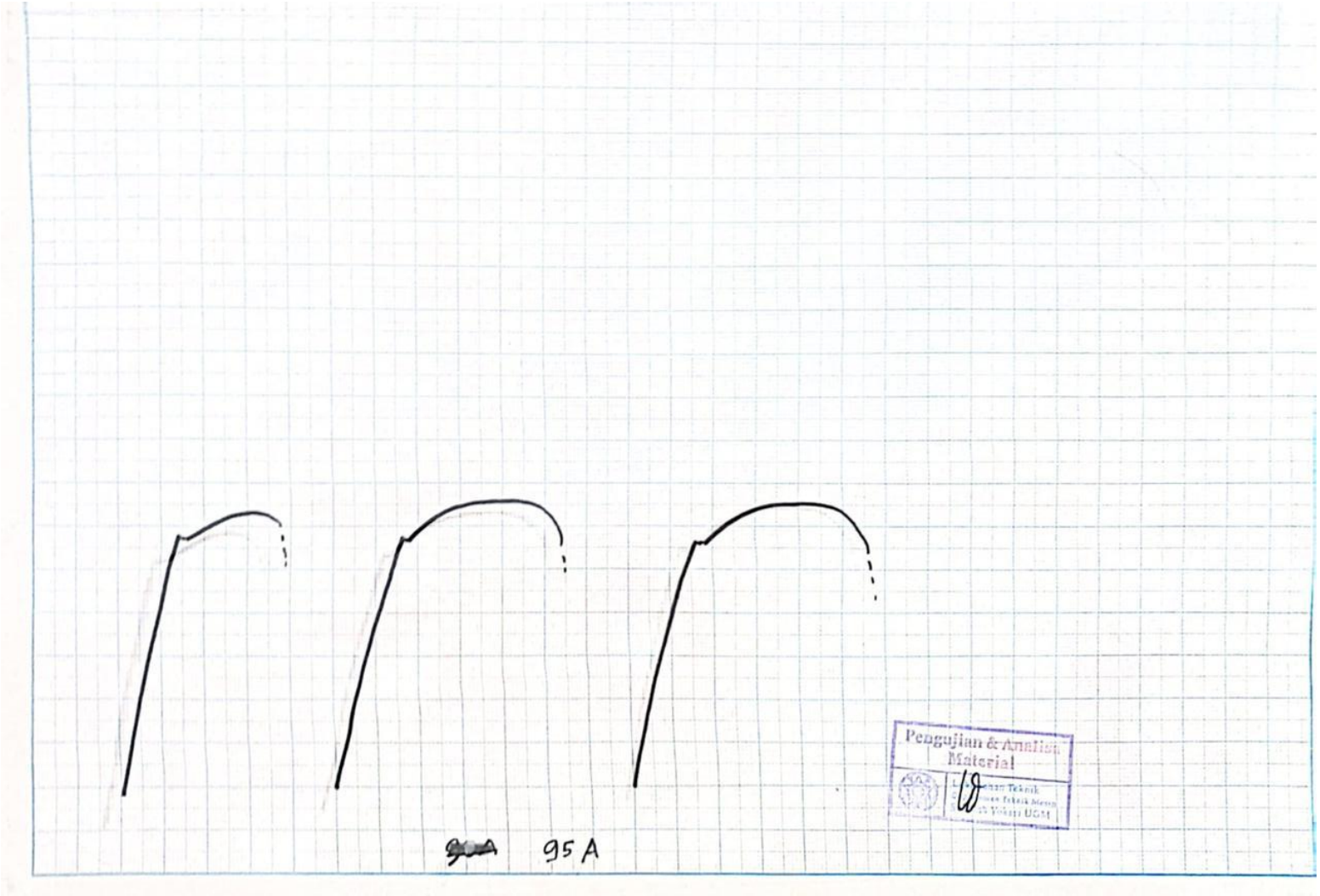
Dr. Lilik Dwi Setyana, S.T., M.T
NIP. 197703312002121002

Kampus : Jl. Grafika 2A Yogyakarta 55281

Lembar asli, tidak untuk digandakan


Pengujian & Analisa
Material
Lab. Ilmu Teknik
Departemen Teknik Mesin
Sekolah Vokasi UGM
RAW


85A
90A
Pengujian & Analisa
Material


95 A
Pengujian & Analisis Material