

**PENGARUH BENTUK KAMPUH LAS J TUNGGA DOBEL
J DAN U TERHADAP HASIL PENGUJIAN TARIK
PADA MATERIAL BAJA
AISI 1020**

(Skripsi)

**Disusun Oleh:
Bala 2015021072**



**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

**PENGARUH BENTUK KAMPUH LAS J TUNG GAL DOBEL J DAN U
TERHADAP HASIL PENGUJIAN TARIK
PADA MATERIAL BAJA
AISI 1020**

Bala

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung Program Studi S1
Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung Jl. Prof. Sumantri
Brojonegoro 1, Gedung H FT Lt.2 Bandar Lampung, 35145
balaseha@gmail.com

ABSTRAK

Proses pengelasan adalah suatu proses yang menggunakan energi panas untuk menyatukan dua atau lebih bagian logam. Proses ini menyebabkan area di sekitar lasan mengalami siklus termal yang cepat, menyebabkan perubahan metalurgi yang kompleks, deformasi, dan tekanan termal. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh bentuk kampuh las terhadap kekuatan tarik pada material baja AISI 1020 dan juga menganalisis pengaruh penggunaan bentuk kampuh las J, dobel J dan U pada pengelasan *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) terhadap struktur mikro baja AISI 1020. Arus pengelasan yang digunakan dalam pengelasan sebesar 90A dengan posisi pengelasan horizontal. Untuk tipe serta diameter logam pengisi (*filler metal*) pada pengelasan ini digunakan logam pengisi tipe E6013 dengan diameter 3,2 mm, berdasarkan standar AWS A5.1. Sedangkan ukuran alur kampuh diambil berdasarkan rekomendasi JSSC-1997 (*Japan Society Of Steel Construction*) tentang persiapan sisi untuk pengelasan baja. Pengujian tarik yang dilakukan pada spesimen uji menggunakan standar ASTM E8. Pengujian ini dengan menggunakan *universal testing machine* yang dihubungkan langsung dengan *plotter*, sehingga dapat diperoleh grafik tegangan (MPa) dan regangan (%) yang memberikan nilai data dari tegangan *ultimate* (σ_{ult}) dan modulus elastisitas bahan (E). Pengujian tarik dilakukan dengan menyiapkan spesimen uji yang sudah dibentuk sesuai dengan standar ASTM E8. Mikroskop yang digunakan dalam pengamatan struktur mikro adalah mikroskop metalurgi dengan merek *Inverted Metallurgical Mikroscope Nikon ECLIPSE MA 100* dan larutan etsa yang digunakan adalah Nital 2% (2 ml HNO₃ 65% ditambah 98ml etanol (97%) dan pengamatan visualisasi struktur mikro menggunakan metalografi.

Kata Kunci: Pengelasan, Kampuh Las, Uji Tarik, Pengamatan Struktur Mikro

***THE EFFECT OF SINGLE J DOUBLE J AND U GROOVE
WELD SHAPES ON THE TENSILE TEST
RESULTS OF AISI
1020 STEEL***

Bala

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung Program Studi S1
Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung Jl. Prof. Sumantri
Brojonegoro 1, Gedung H FT Lt.2 Bandar Lampung, 35145
balaseha@gmail.com

ABSTRSCT

The welding process is a technique that uses heat energy to join two or more metal parts. This process causes the area around the weld to undergo a rapid thermal cycle, leading to complex metallurgical changes, deformation, and thermal stresses. This research aims to analyze the effect of weld joint shapes on the tensile strength of AISI 1020 steel and to study the impact of using J, double J, and U-shaped weld joints in Shielded Metal Arc Welding (SMAW) on the microstructure of AISI 1020 steel. The welding current used in this welding is 90A with a horizontal welding position. For the type and diameter of the filler metal, an E6013 type with a diameter of 3.2 mm is used, based on AWS A5.1 standards. The groove size of the weld joint is taken based on the JSSC-1997 (Japan Society Of Steel Construction) recommendations on edge preparation for steel welding. Tensile testing was conducted on test specimens using the ASTM E8 standard. This test uses a universal testing machine connected directly to a plotter to obtain stress (MPa) and strain (%) graphs that provide data values for ultimate stress (σ_{ult}) and the material's modulus of elasticity (E). The tensile test is performed by preparing test specimens formed according to the ASTM E8 standard. The microscope used for microstructure observation is a Nikon ECLIPSE MA 100 Inverted Metallurgical Microscope, and the etching solution used is 2% Nital (2 mL of 65% HNO₃ mixed with 98 mL of 97% ethanol). Visualization of the microstructure is performed using metallography.

Keywords: Welding, Weld Joint, Tensile Test, Microstructure Observation

**PENGARUH BENTUK KAMPUH LAS J TUNGGAL DOBEL J
DAN U TERHADAP HASIL PENGUJIAN TARIK
PADA MATERIAL BAJA
AISI 1020**

**Disusun Oleh:
Bala 2015021072**

(Skripsi)

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul Skripsi : **“PENGARUH BENTUK KAMPUH LAS J
TUNGGAL DOBEL J DAN U TERHADAP
HASIL PENGUJIAN TARIK PADA
MATERIAL BAJA AISI 1020”**

Mahasiswa : Bala

Nomor Pokok Mahasiswa : 2015021072

Fakultas : Teknik

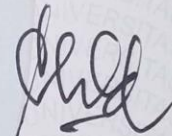
MENYUTUJUI

Komisi Pembimbing



Zulhanif, S.T., M.T.

NIP. 197304022000031002



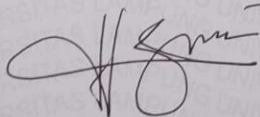
Ir. Tarkono, S.T., M.T. IPP.

NIP. 197004151998021001

MENGETAHUI

Ketua Jurusan

Teknik Mesin

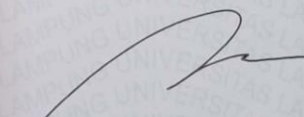


Ir. Gusri Akhyar Ibrahim, S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 197108171998021003

Ketua Program Studi

S1 Teknik Mesin



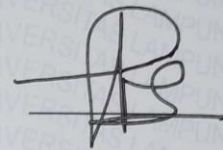
Dr. Ir. Martinus, S.T., M.Sc.

NIP. 197908212003121003

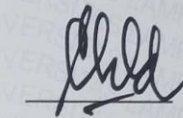
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

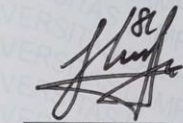
Ketua : Zulhanif, S.T., M.T.



Anggota Penguji : Ir. Tarkono, S.T., M.T. IPP.



Penguji Utama : Dr. Eng. Shirley Savetlana, M.Met.



2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.

NIP. 197509282001121002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 17 Juli 2024

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Bala
Nomor Pokok Mahasiswa : 2015021072
Program Studi : S1 Teknik Mesin
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang telah diajukan memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi dan sepengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini disebut dalam daftar pustaka.

Bandar Lampung, 8 Juni 2024

Yang menyatakan,



Bala

NPM. 2015021072

MOTTO

**“Sepiro Gedhine Sengsoro Yen Tinompo Amung Dadi Cobo”
“Sebesar-Besarnya Cobaan Yang Diberikan Tuhan Kepada Kita Apabila
Kita Terima Dengan Sabar Dan Tawakal Pasti Akan Merasakan
Kenikmatanya Dan Hanya Sebatas Cobaan”
“ Ki Ngabehi Soerodiwirdjo”**

**“Lamun Siro Sekti Ojo Mateni
Lamun Siro Banter Ojo Ndisiki
Lamun Siro Pinter Ojo Minteri”
“Meskipun Kamu Sakti Namun Jangan Membunuh
Meskipun Kamu Cepat Namun Jangan Mendahului
Meskipun Kamu Pandai Namun Jangan Sok Pintar (Membodohi)”
“Ir. Joko Widodo”**

**“Urep Iku Urup”
“Hidup Harus Memberi Makna dan Manfaat Bagi Sesama”
“Eyang Semar”**

**“Jer Basuki Mawa Beya”
“Segala Kesuksesan Membutuhkan Pengorbanan”**

**“Sirno Dalane Pati Lan Sifat Luber Tanpo kebek”
“Hilangkan Rasa Iri Dengki Jadilah Orang Yang Bermanfaat, Sederhana
Dan Tetap Rendah Hati”
“Balaseha”**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan Menyebut Nama Allah Yang Maha Pengasih Lagi Maha Penyayang

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah hirobbil „alamin, dengan mengucap rasa syukur kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmad, rezeki dan karunia yang Engkau berikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Teriring doa, rasa syukur dan segala kerendahan hati. Dengan segala cinta dan kasih sayang ku persembahkan karya ini untuk orang-orang yang sangat berharga dalam hidupku:

Bapakku (Karnoto) Dan Ibukku (Tujinah)

Kedua orangtuaku terima kasih atas segala ilmu yang telah kalian berikan dan atas segala dukungan untuk menguatkan ku yang senantiasa mencintaiku dan menyayangiku dengan penuh kasih sayang dengan penuh kesabaran dalam mendidik, merawatku sedari kecil, mendoakan ku agar aku menjadi orang yang sukses, mengorbankan segalanya untuk kebahagiaan ku dan cita-citaku, menasehatiku agar aku menjadi pribadi yang lebih baik lagi dan tidak pernah menyerah.

Kakakku Nerima Ningsih Dan Mei Krisdayanti

Yang selalu memberikan semangat, kasih sayang dan selalu memberikan arahan saat aku mengalami jalan buntu.

Luluk Fauziah (Pacarku Tercinta)

Terimakasih atas dukungan dan motivasi yang diberikan selama studi sampai dengan penyelesaian tugas akhir ini.

Para pendidik yang telah memberikan ilmu, nasehat, bimbingan, kesabaran, waktu, dan arahan yang telah diberikan.

SANWACANA

Assalamu'alaikum Warahmatullohi Wabarakatuh

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia yang telah memberikan nikmat hidup dan rezeki sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi dengan lancar dan dalam keadaan sehat. Shalawat serta salam dijunjungkan kepada Baginda Rasulullah SAW yang memberikan tuntunan dan syafaatnya kepada umatnya agar berada pada jalan yang lurus. Skripsi ini dibuat sebagai tanda selesai pelaksanaan tugas akhir. Karya tulis ini diharapkan dapat menjadi pengembangan lebih lanjut. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung. Skripsi ini dapat selesai karena adanya dukungan dari beberapa pihak, oleh karena itu penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua penulis, Bapak Karnoto dan Ibu Tujinah yang selalu mendampingi, mendidik, mendoakan, mendukung, dan memberikan restu penulis agar tetap semangat dalam menjalankan serta menyelesaikan studi Teknik Mesin.
2. Kedua kakakku Nerima Ningsih dan Mei Krisdayanti yang telah memberikan semangat dan dukungan kepada saya selama proses perkuliahan hingga penyelesaian skripsi.
3. Luluk Fuziah (Pacarku Tercinta) terimakasih atas dukungan dan motivasi yang diberikan selama studi sampai dengan penyelesaian tugas akhir ini.
4. Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
5. Ir. Gusri Akhyar Ibrahim, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
6. Dr. Ir. Martinus, S.T., M.Sc. selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Lampung.

7. Dr. Muhammad Irsyad, S.T., M.T. selaku dekan 1 fakultas teknik Universitas Lampung.
8. Zulhanif, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing utama yang telah membimbing serta memberikan ilmu selama pelaksanaan tugas akhir di perkuliahan.
9. Ir. Tarkono, S.T., M.T. IPP. selaku Dosen Pembimbing kedua yang telah membimbing dan memberikan ilmu selama pelaksanaan tugas akhir dan selama perkuliahan.
10. Dr. Eng. Shirley Savetlana, M.Met. selaku Dosen Pembahas yang telah bersedia mengoreksi serta meluruskan dalam penyusunan skripsi ini.
11. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung yang tidak bisa disebutkan satu persatu namanya, terima kasih atas ilmu yang telah kalian berikan. Semoga kelak ilmu yang telah saya dapatkan bermanfaat.
12. Keluarga besar grup TA (NAK BERANAK PAK ZUL) yang terdiri dari Aldo, Daud, Meilisa, I Ketut, Fadhil, Kiben, Gerino yang telah membantu, menyemangati, penulis hingga dapat menyelesaikan skripsi ini, semoga kita dapat bertemu kembali dikemudian hari.
13. Keluarga besar grup ENG (ENGINEER MAN) yang terdiri dari Aldo, Bayu, Daud dan Malik yang saling memberikan dukungan, motivasi serta bantuan kepada penulis hingga dapat menyelesaikan skripsi ini, semoga kita semua dapat sukses dikemudian hari.
14. Teman-teman angkatan 2020 (SOLIDARITY M FOREVER) yang telah ada menemani, mendengarkan keluhan, memberikan motivasi, dan memberi dorongan semangat sejak 28 September 2020 menjalin kekeluargaan.

Penulis menyadari bahwa isi skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dan masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan saran dan kritik dari semua pihak yang bersifat membangun dalam rangka penyempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca. Aamiin.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Desa Adi Luhur, Kec. Panca Jaya, Kab. Mesiji, pada tanggal 28 Desember 2001 sebagai anak terakhir, dari pasangan Bapak Karnoto dan Ibu Tujinah. Penulis menempuh Pendidikan dasar di SD NEGERI 01 PANCA JAYA, MESUJI hingga tahun 2014, lalu dilanjutkan di SMP NEGERI 1 PANCA JAYA, MESUJI yang diselesaikan tahun 2017 dan SMKN NEGERI 1 SIMPANG PEMATANG, MESUJI yang diselesaikan tahun 2020, hingga pada tahun 2020 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung melalui Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM). Selain aktif dalam HIMATEM, penulis pernah menjadi bagian panitia kegiatan yang ada di Jurusan Teknik Mesin, Kemudian juga Organisasi diluar kampus seperti Ikatan Alumni SMKN 01 Simpang Pematang, Mesuji (IKASM MESUJI). Penulis pernah melakukan Kerja Praktek (KP) di Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Tahun 2023 dengan judul laporan **“ANALISIS PENGARUH KECEPATAN PUTAR SPINDLE DAN KECEPATAN PEMAKANAN TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN DAN KEKERASAN MATERIAL BAJA AISI 1020 DI PRTTG (BRIN)”**

Tahun 2023 penulis melakukan penelitian dengan judul **“PENGARUH BENTUK KAMPUH LAS J TUNGGAL J GANDA DAN U TERHADAP HASIL PENGUUVIAN TARIK PADA MATERIAL BAJA AISI 1020”** dibawah bimbingan Bapak Zulhanif, S.T., M.T. dan Bapak Ir. Tarkono, S.T., M.T. IPP

DAFTAR ISI

I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Sistematika Penulisan.....	4
I. PENDAHULUAN	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
III. METODOLOGI PENELITIAN.....	5
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	5
V. SIMPULAN DAN SARAN	5
DAFTAR PUSTAKA	5
LAMPIRAN.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Baja Karbon	6
2.2 Struktur Mikro Baja Karbon.....	7
2.3 Pengelasan.....	11
2.4 Jenis-Jenis Pengelasan.....	11
2.5 Jenis-Jenis Cacat Pada Pengelasan.....	14
2.6 Pemilihan Sambungan Las	15
2.7 Jenis Sambungan Las	15
2.8 Pengujian Tarik	20
2.9 Pengamatan Struktur Mikro.....	23
III. METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1 Tempat Penelitian Dan Waktu.....	24
3.1.1 Tempat Penelitian.....	24
3.1.2 Tempat Pemotongan Spesimen	24
3.1.3 Tempat Pembuatan Kampuh	24

3.1.4 Tempat Pengujian Tarik	24
3.1.5 Tempat Pengujian Struktur Mikro	25
3.1.6 Waktu Penelitian	25
3.1 Alat Dan Bahan	25
3.1.1 Mesin <i>Zwick Roell</i> 250 kN	25
3.1.2 Mesin Las	27
3.1.3 Elektroda E6013.....	28
3.1.4 Gerinda Potong.....	29
3.1.5 Mesin Skrap	30
3.1.6 Jangka Sorong	31
3.1.7 Mesin Amplas	32
3.1.8 Baja AISI 1020.....	33
3.1.9 Alat Bantu	34
3.2 Prosedur Percobaan	34
3.2.1 Studi Literatur Dan Survei Lapangan	34
3.2.2 Persiapan Spesimen	34
3.2.3 Persiapan Pengelasan.....	36
3.2.4 Pembuatan Spesimen Uji Tarik	36
3.2.5 Spesimen Foto Mikro	37
3.2.6 Pengujian Kekuatan Tarik	37
3.2.7 Pengamatan Foto Mikro	38
3.3 Alur Proses Penelitian	41
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	42
4.1 Data Alat Dan Material Penelitian.....	42
4.1.1 Hasil Pengujian Komposisi Kimia Baja AISI 1020.....	42
4.1.2 Data Proses Pengelasan <i>Shielded Metal Arc Welding (SMAW)</i>	43
4.2 Pengujian Tarik.....	43
4.2.1 Data Kekuatan Tarik.....	44
4.2.2 Data Kekuatan Luluh Material (<i>Yield Strength</i>)	50
4.2.3 Data Nilai Modulus Elastisitas	52
4.3 Struktur Mikro.....	56
4.3.1 Struktur Mikro <i>Base Metal</i>	56
4.3.2 Struktur Mikro <i>Weld Metal</i>	58

4.3.3 Struktur Mikro HAZ (<i>Heat-Affected Zone</i>)	59
V. SIMPULAN DAN SARAN.....	60
5.1 Simpulan	60
5.2 Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram fasa baja karbon (Saefuloh., dkk. 2018).	8
Gambar 2. 2 Struktur mikro <i>ferrit</i> (Winardi., dkk. 2020).....	8
Gambar 2. 3 Struktur mikro <i>perlit</i> (Santoso., dkk. 2015)	9
Gambar 2. 4 Struktur mikro <i>cementit</i> (Rindam, 2020).....	9
Gambar 2. 5 Struktur mikro <i>martensite</i> (Effendi, 2019).....	10
Gambar 2. 6 Struktur mikro <i>austenite</i> (Daryono., dkk. 2021)	10
Gambar 2. 7 Las <i>Shielded Metal Arc Welding</i> (Naufal., dkk. 2021).....	12
Gambar 2. 8 Skema Las MIG (Asrul., dkk. 2018)	12
Gambar 2. 9 Las Busur Listrik (Wandri., dkk. 2016)	13
Gambar 2. 10 Las Oksi Asetilen (Wisnujati, 2017)	13
Gambar 2. 11 Jenis Sambungan Las (Pratama., dkk.2019).....	16
Gambar 2. 12 Jenis Sambungan Tumpul (Pratama., dkk.2019).....	16
Gambar 2. 13 Jenis Sambungan Sudut (Pratama., dkk.2019)	17
Gambar 2. 14 Sambungan Las Tumpang (Pratama., dkk.2019).....	17
Gambar 2. 15 Sambungan las J (<i>J Groove</i>) (Pratama., dkk.2019)	18
Gambar 2. 16 Sambungan las dobel <i>J Groove</i> (Pratama., dkk.2019).....	19
Gambar 2. 17 Sambungan las dobel <i>J Groove</i> (Pratama., dkk.2019).....	19
Gambar 2. 18 Kurva Tegangan–Regangan (Sardi., dkk. 2018)	21
Gambar 2. 19 Mesin <i>Zwick Roell</i> 250 kN	22
Gambar 2. 20 Mikroskop optik (Winardi., dkk. 2020).....	23
Gambar 3. 1 Mesin <i>Zwick Roell</i> 250 kN	25
Gambar 3. 2 Mesin las SMAW (<i>Shielded Metal Arc Welding</i>)	27
Gambar 3. 3 Elektroda E6013	28
Gambar 3. 4 Gerinda potong	29
Gambar 3. 5 Mesin skrap	30
Gambar 3. 6 Jangka sorong	31
Gambar 3. 7 Mesin amplas.....	32

Gambar 3. 8 Baja AISI 1020.....	33
Gambar 3. 9 Dimensi sambungan las tumpul dengan alur J.....	35
Gambar 3. 10 Dimensi sambungan las tumpul dengan alur dobel J	35
Gambar 3. 11 Dimensi sambungan las tumpul dengan alur U.....	35
Gambar 3. 12 Dimensi spesimen uji tarik sesuai standar ASTM E-8.....	37
Gambar 3. 13 Diagram alir penelitian	41
Gambar 4. 1 Patahan kampuh J setelah dilakukan uji tarik	45
Gambar 4. 2 Patahan kampuh dobel J setelah dilakukan uji tarik.....	46
Gambar 4. 3 Patahan kampuh U setelah dilakukan uji tarik	46
Gambar 4. 4 Grafik kekuatan tarik kampuh J	47
Gambar 4. 5 Grafik kekuatan tarik kampuh JJ.....	48
Gambar 4. 6 Grafik kekuatan tarik kampuh U	49
Gambar 4. 7 Diagram batang rata-rata modulus elastisitas	53
Gambar 4. 8 Diagram batang nilai regangan patah	55
Gambar 4. 9 Daerah pada pengelasan	56
Gambar 4. 10 (a) Struktur Mikro <i>Base Metal</i> (Kenneth Easterling) dan (b) Struktur Mikro <i>Base Metal</i> (dokumen pribadi).....	57
Gambar 4. 11 Struktur Mikro <i>Weld Metal</i>	58
Gambar 4. 12 Struktur Mikro HAZ (<i>Heat Affected Zone</i>)	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi baja	7
Tabel 3.2 Spesifikasi untuk mesin uji tarik mesin <i>Zwick Roell</i> 250 kN	26
Tabel 3.3 Spesifikasi untuk mesin las SMAW (<i>Shielded Metal Arc Welding</i>)	27
Tabel 3.4 Spesifikasi untuk elektroda E6013 yang umum digunakan dalam pengelasan SMAW	28
Tabel 3.5 Spesifikasi umum untuk mesin gerinda potong	29
Tabel 3.6 Spesifikasi umum untuk mesin skrap (<i>shaping machine</i>)	30
Tabel 3.7 Spesifikasi umum untuk alat ukur jangka sorong (<i>vernier caliper</i>)	31
Tabel 3.8 Spesifikasi mesin amplas yang digunakan untuk menghaluskan permukaan spesimen dalam persiapan untuk foto uji mikro	32
Tabel 3.9 Spesifikasi untuk baja AISI 1020	33
Tabel 3.10 Contoh Tabel Data Kekuatan Tarik	39
Tabel 3.11 Contoh Tabel Regangan Tarik Material	40
Tabel 4.1 Hasil pengujian komposisi kimia baja AISI 1020	42
Tabel 4.2 Data proses pengelasan	43
Tabel 4.3 Data Kekuatan Tarik	44
Tabel 4.4 Gambar spesimen uji tarik	45
Tabel 4.5 Data Kekuatan Luluh Material (<i>Yield Strength</i>)	50
Tabel 4.6 Data nilai modulus elastisitas	52

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi yang semakin maju di bidang konstruksi tidak terlepas dari teknologi pengelasan. Teknologi pengelasan memegang peranan penting dalam konstruksi mesin yang terbuat dari bahan dasar logam. Desainnya berfokus pada proses pengelasan yang memerlukan teknik pengelasan canggih untuk menyambung logam guna mencapai sambungan berkualitas tinggi. Ruang lingkup proses pengelasan dalam konstruksi sangat luas, meliputi kapal, jembatan, rangka baja, bejana tekan, alat transportasi, rel, saluran pipa, dan lain-lain. Proses pengelasan adalah suatu proses yang menggunakan energi panas untuk menyatukan dua atau lebih bagian logam. Proses ini menyebabkan area di sekitar lasan mengalami siklus termal yang cepat, menyebabkan perubahan metalurgi yang kompleks, deformasi, dan tekanan termal. Pengelasan sebagai salah satu teknik penyambungan logam pada dasarnya merupakan penyambungan metalurgi pada penyambungan paduan logam yang dilakukan dalam keadaan cair Khotasa, (2016).

Jenis pengelasan yang umum digunakan adalah pengelasan SMAW (*Shielded metal arc welding*). Pada pengelasan ini, logam dasar meleleh akibat pemanasan yang disebabkan oleh busur listrik yang dihasilkan antara ujung elektroda dan permukaan benda kerja. Busur dihasilkan oleh mesin las. Elektroda yang digunakan berupa kawat yang dibungkus dengan pelindung berupa fluks. Oleh karena itu, elektroda las kadang disebut kawat las. Selama pengelasan, elektroda ini menyatu dengan logam dasar yang merupakan bagian dari lasan. Peleburan ini mengisi lasan dengan logam cair yang berasal dari elektroda dan logam dasar. Faktor yang mempengaruhi kualitas

pengelasan adalah metode pengelasan. Hal ini mencakup cara pembuatan las sesuai rencana dan spesifikasi dengan menentukan segala sesuatu yang diperlukan untuk pelaksanaannya.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Kirono dan Sanjaya, (2013) tentang pengaruh hasil pengelasan GTAW (*Gas metal arc welding*) dan SMAW (*Shielded metal arc welding*) pada pelat baja SA 516 dengan kampuh V tunggal terhadap kekuatan tarik, kekerasan dan struktur mikro didapatkan hasil bahwa hasil pengelasan GTAW (*Gas metal arc welding*) lebih tinggi dibandingkan pengelasan SMAW (*Shielded metal arc welding*) dengan selisih tegangan tarik maksimum sebesar 6,62 N/mm² (6,62MPa), selisih tegangan *yield* adalah 17,83 N/mm² (17,83MPa) lebih tinggi pengelasan GTAW serta pada elongasi pengelasan GTAW (*Gas metal arc welding*) lebih tinggi dengan selisih 2,09% dibandingkan pengelasan SMAW (*Shielded metal arc welding*).

Telah dilakukan juga penelitian Aljufri, (2008) mengenai pengaruh variasi sudut kampuh dan kuat arus pada sambungan logam aluminium–Mg 5083 terhadap kekuatan tarik 3 hasil pengelasan SMAW (*Shielded metal arc welding*). Dari hasil penelitian yang dilakukan pada pengelasan aluminium-magnesium 5083 dengan menggunakan variasi sudut kampuh V tunggal 70°, 80° dan 90° dan variasi kuat arus 100 A, 125 A dan 150 A, diperoleh hasil kekuatan tarik tertinggi yaitu 135,04 MPa pada variasi sudut kampuh 90° dan kuat arus 100 A.

Pada penelitian Sugianto, (2009) proses pengelasan spesimen uji tarik baja karbon rendah (AISI 1020) yang telah dibuat kampuh las tumpul beralur V tunggal dilas menggunakan las SMAW (*Shielded metal arc welding*) dengan metode *multipass welding*. Elektroda yang digunakan adalah elektroda dengan diameter 2,6 mm yang ada dipasaran. Sebelum digunakan untuk mengelas elektroda dikeringkan sehingga kadar airnya menjadi 10% 12% 14% 16% 18% 20%. Kekuatan tarik, kekuatan luluh dan perpanjangan semakin menurun

seiring dengan bertambah besarnya persentase kelembaban elektroda. Pengelasan dengan kelembaban elektroda 10% menunjukkan kekuatan tarik sebesar 572,775 MPa, sedangkan ketika elektroda yang digunakan kelembabannya 20% maka kekuatan tariknya hanya 475,001 MPa. Dengan demikian berarti semakin kering elektroda yang digunakan untuk mengelas maka kekuatan tariknya semakin baik.

Dalam penelitian Winardi, (2020) elektroda yang digunakan adalah jenis E6013 dan E7018. Metode pengelasan menggunakan las SMAW(*Shielded metal arc welding*). Hasil pengamatan struktur mikro pada masing-masing spesimen menunjukkan adanya perbedaan susunan. Struktur mikro didominasi oleh ferit dan perlit. Dengan menggunakan elektroda E7018, menghasilkan perlit yang lebih halus. Berdasarkan uji tarik, terdapat perbedaan yang signifikan. Pada spesimen E6013 memiliki kekuatan tarik rata-rata sebesar 275,7 Mpa, sedangkan E7018 memiliki kekuatan rata-rata sebesar 419,5 Mpa. Sehingga bisa disimpulkan, jenis elektroda mempengaruhi kekuatan tarik pengelasan baja AISI 1045.

Pada penelitian Utomo, (2019) proses pengelasan dilakukan dengan menggunakan arus yang berbeda yaitu 65A, 80A dan 95A dengan diameter elektroda 2,6 mm. Untuk arus 80A mempunyai kekuatan tarik tertinggi yaitu 48,43 Mpa. Semakin tinggi arusnya maka semakin besar nilai kekuatan tariknya namun setiap elektroda juga mempunyai batas maksimum penggunaan arusnya. Jika melebihi batas akan menyulitkan saat pengelasan. Dari hasil foto mikro didapat bahwa semakin besar nilai arus maka semakin besar pula ukuran butirnya.

Berdasarkan permasalahan di atas, maka peneliti ingin mengambil judul penelitian **“Pengaruh Bentuk Kampuh Las J Tunggal Dobel J Dan U Terhadap Hasil Pengujian Tarik Pada Material Baja Aisi 1020”**.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari diadakannya penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh bentuk kampuh las terhadap kekuatan tarik pada material baja AISI 1020.
2. Menganalisis pengaruh penggunaan bentuk kampuh las J, dobel J dan U pada pengelasan *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) terhadap struktur mikro baja AISI 1020.

1.3 Batasan Masalah

Agar dalam penelitian ini lebih mengarah ke tujuannya maka dibuat batasan permasalahan sebagai berikut:

1. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah logam baja AISI 1020.
2. Pengelasan yang dilakukan adalah pengelasan listrik dengan metode las *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW).
3. Bentuk kampuh las yang digunakan adalah kampuh las bentuk J, dobel J, dan U.
4. Pengujian yang dilakukan adalah uji kuat tarik dan struktur mikro pada sambungan las dari material logam bahan AISI 1020.
5. Standarisasi yang digunakan adalah menggunakan standarisasi ASTM E8.

1.4 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan penelitian ini adalah sebagai berikut:

I. PENDAHULUAN

Berisikan tentang latar belakang masalah yang diambil, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan laporan penelitian.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Berisikan tentang teori-teori yang berhubungan dan mendukung pembahasan tentang masalah yang diambil.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Berisikan tentang metode-metode yang dilakukan penulis dalam melakukan pengumpulan informasi, tempat dan waktu penelitian dan menerangkan tentang alur penelitian serta bagaimana proses pengambilan data yang dilakukan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisikan tentang data pengamatan yang diperoleh, hasil analisa dan pembahasan.

V. SIMPULAN DAN SARAN

Berisikan simpulan yang diperoleh dari hasil perhitungan dan pembahasan serta saran yang dapat diberikan kepada penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Berisikan simpulan yang diperoleh dari hasil perhitungan dan pembahasan serta saran yang dapat diberikan kepada penelitian selanjutnya.

LAMPIRAN

Berisikan data-data lainnya yang mendukung laporan penelitian.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Baja Karbon

Baja karbon merupakan paduan besi dan karbon dengan sejumlah kecil Si, Mn, P, S, dan Cu. Sehingga sifat baja karbon sangat bergantung pada kandungan karbon, maka baja karbon diklasifikasikan ke dalam kelompok berdasarkan kandungan karbonnya. Baja karbon rendah adalah baja dengan kandungan karbon kurang dari 0,3%, baja karbon sedang memiliki kandungan karbon 0,3% hingga 0,6%, dan baja karbon tinggi memiliki kandungan karbon 0,6% hingga 1,7%. Dengan bertambahnya kandungan karbon maka kekuatan dan kekerasan juga meningkat, namun perpanjangannya menurun (Wiryosumarto, 2000).

1. Baja karbon rendah

Baja karbon rendah memiliki kandungan karbon kurang dari 0,3%. Baja karbon rendah sering disebut sebagai baja struktural atau baja perkakas. Jenis baja yang paling umum dan banyak digunakan adalah baja *cold roll steel* dengan kandungan karbon 0,08% hingga 0,3%, sering digunakan pada bodi mobil (Sack, 1997).

2. Baja Karbon sedang

Baja karbon sedang adalah baja dengan kandungan karbon 0,3% sampai 0,6%. Baja karbon sedang memiliki kekuatan lebih tinggi, sifat perlakuan panas yang lebih baik, sulit dikerjakan, sulit dilas, dan lebih mudah dikeraskan dibandingkan baja karbon rendah. Baja karbon sedang banyak digunakan pada poros, *track*, roda gigi, pegas, baut, dan bagian mekanis yang membutuhkan kekuatan tinggi (Sack, 1997).

3. Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi memiliki kandungan karbon tertinggi dibandingkan baja karbon rendah dan sedang, dengan kandungan karbon berkisar antara 0,6% hingga 1,7%. Secara umum baja karbon tinggi lebih sulit dilas dibandingkan baja karbon rendah karena mempunyai keuletan yang rendah dan sulit dibentuk (Sack, 1997).

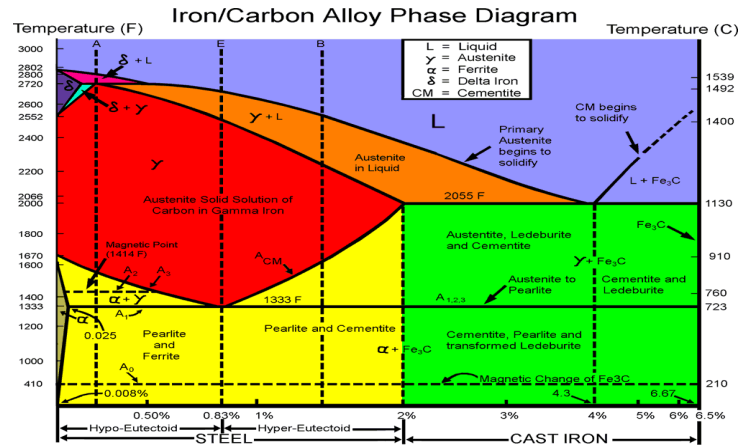
Tabel 2. 1 Klasifikasi Baja Karbon (Gunawan., dkk. 2017).

Jenis	Kadar Karbon (%)	Kadar Karbon (%)	K.Tarik (Kg/mm ²)	K. Brinel	Penggunaan
Baja Karbon Rendah:					
Baja Lunak Khusus	0,08	18 – 28	32 – 36	95 – 100	Pelat Tipis
Baja Sangat Lunak	0,08 – 0,12	20–29	36 – 42	80 – 120	Batang Kawat
Baja Lunak	0,12 – 0,2	22 – 30	38 – 48	100– 130	Konstruksi
Baja Setengah Lunak	0,2 – 0,3	24 – 36	44 – 45	112– 145	Umum
Baja Karbon Sedang	0,3 – 0,5	30 – 40	50 – 60	140 - 170	Alat-Alat Mesin
Baja Karbon Tinggi:					
Baja keras	0,5 – 0,6	34 – 46	58 – 70	160– 200	Perkakas, Rel, Pegas
Baja Sangat Keras	0,6 – 0,8	36 – 47	36 – 47	180– 235	Kawat Piano

2.2 Struktur Mikro Baja Karbon

Siklus termal terjadi selama proses pengelasan baja karbon. Siklus termal adalah proses pemanasan dan pendinginan yang terjadi pada area pengelasan.

Gambar ini menunjukkan diagram fasa baja karbon yang menunjukkan hubungan antara suhu dan perubahan fasa selama proses pemanasan dan pendinginan lambat (Wiryosumarto, 2000).



Gambar 2. 1 Diagram fasa baja karbon (Saefuloh., dkk. 2018).

Berikut merupakan diagram fasa baja karbon dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Ferrit

Fase ferit berbentuk sel satuan BCC. Fasa ini terbentuk dari austenit hipoeutektoid (baja dengan kandungan karbon <0,8%) melalui proses pendinginan lambat dan bersifat lunak serta ulet, dengan kekerasan (70-100) BHN dan konduktivitas termal yang tinggi. Ketika austenit didinginkan di bawah A₃, austenit dengan kandungan karbon yang sangat rendah berubah menjadi ferit dengan kelarutan karbon maksimum sekitar 0,025% pada suhu 523 °C (Suratman, 1994).

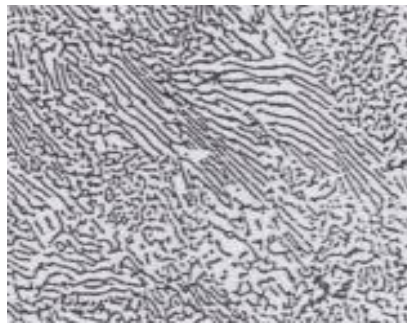


Gambar 2. 2 Struktur mikro ferrit (Winardi., dkk. 2020).

2. Perlit

Perlit adalah campuran ferit dan sementit yang berlapis dalam struktur butiran. Kekerasan fase perlit adalah (10-30) HRC. Pendinginan lambat

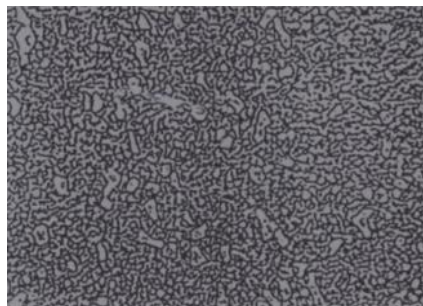
menghasilkan struktur perlit kasar, sedangkan pendinginan cepat menghasilkan struktur perlit halus. Baja dengan struktur perlit kasar memiliki kekuatan yang lebih rendah dibandingkan baja dengan struktur perlit halus. Pada baja *hipoeutektoid*, struktur mikro baja terdiri dari daerah perlit yang dikelilingi oleh ferit. Sebaliknya, pada baja *hipereutektoid*, saat austenit mendingin, serangkaian *pro-eutektoid* terbentuk sebelum perlit tumbuh pada batas butir austenit.



Gambar 2. 3 Struktur mikro *perlit* (Santoso., dkk. 2015).

3. *Cementit*

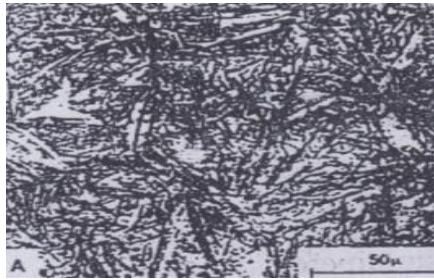
Cementit adalah senyawa besi dan karbon. Sementit biasa dikenal dengan besi karbida dengan rumus kimia Fe_3C . Fase ini mempunyai bentuk sel satuan ortorombik dan HRC keras (65-68). Dalam struktur yang diperoleh dari anil karbida, kemudian berubah menjadi benyuk yang bulat dan tertanam dalam matriks ferit lunak, yang memungkinkannya bertindak sebagai pemotong serpihan dan meningkatkan kemampuan mesin baja tersebut. Kehadiran karbida pada baja yang diperkeras, terutama baja HH dan baja pengerjaan dingin, dapat meningkatkan ketahanan aus.



Gambar 2. 4 Struktur mikro *cementit* (Rindam, 2020).

4. *Martensite*

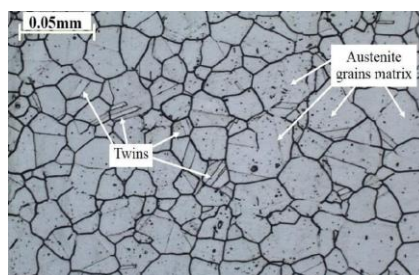
Martensit dibentuk oleh pendinginan cepat fase austenit, yang dengan cepat mengubah sel satuan FCC menjadi BCC, dan unsur karbon yang terlarut dalam BCC terperangkap dan tetap berada di dalam sel satuan. Hal ini menyebabkan distorsi sel satuan, mengubah sel satuan BCC menjadi BCT. Struktur mikro martensit berbentuk runcing halus, keras (20–67) HRC, dan rapuh. Tergantung pada komposisi paduannya, sel satuan martensit adalah BCT (*Body Centra Tetragonal*). Pembentukan martensit berbeda dengan pembentukan perlit dan bainit dan umumnya tidak bergantung pada waktu.



Gambar 2. 5 Struktur mikro *martensite* (Effendi, 2019).

5. *Austenite*

Struktur mikro *austenite* berbentuk sel satuan FCC dan mengandung unsur karbon hingga 1,7%. Fase *austenite* berada dalam kesetimbangan pada suhu tinggi. Fase ini bersifat non-magnetik dan ulet pada suhu tinggi. Kelarutan atom karbon dalam larutan padat *austenitik* lebih besar dibandingkan kelarutan atom karbon dalam fasa ferit. Secara geometris, kita dapat menghitung rasio ukuran spasial fase *austenite* (kristal FCC) dan fase ferit (kristal BCC).



Gambar 2. 6 Struktur mikro *austenite* (Daryono., dkk. 2021).

2.3 Pengelasan

Menurut *American Welding Society* (AWS), pengelasan adalah penyambungan dua bagian atau lebih suatu benda dengan atau tanpa bahan tambahan (logam pengisi) pada titik atau struktur yang sama atau berbarengan dengan memanaskan bahan yang akan disambung sampai suhu pengelasan, dengan atau tanpa tekanan, dan dengan menggunakan logam pengisi. Pengelasan memiliki keuntungan teknis dan ekonomi.

Beberapa metode telah ditemukan untuk menghasilkan proses pengelasan yang kuat dan efisien (Grover, 1996). Pengelasan memiliki beberapa keuntungan, seperti:

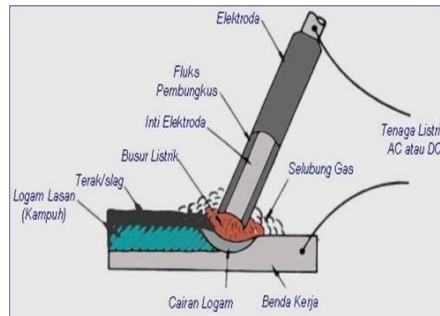
1. Pengelasan membuat kedua komponen terhubung menjadi satu kesatuan secara permanen.
2. Jika logam pengisi memiliki sifat kekuatan yang lebih tinggi dari logam dasar, sambungan las dapat lebih kuat dari logam dasar. Selain itu, teknik pengelasan yang digunakan harus sesuai.
3. Ketika mempertimbangkan biaya produksi dan aplikasi, pengelasan biasanya merupakan opsi yang paling efisien.
4. Tidak hanya di lingkungan pabrik, pengelasan atau pengelasan juga dapat dilakukan di tempat.

2.4 Jenis-Jenis Pengelasan

Menurut (Wirjosumarto, 2000), pengelasan cair dengan busur dan gas adalah metode yang paling umum digunakan saat ini. Metode ini termasuk:

1. Las Busur Elektroda Terbungkus (*Shielded Metal Arc Welding/SMAW*)
Las Busur Elektroda Terbungkus adalah teknik pengelasan di mana panas dari busur listrik terhubung ke ujung elektroda dengan logam yang dilas. Elektroda terdiri dari kawat logam yang berfungsi sebagai pengisi dan penghantar arus listrik ke busur. Kawat ini dibungkus dengan bahan *fluks*,

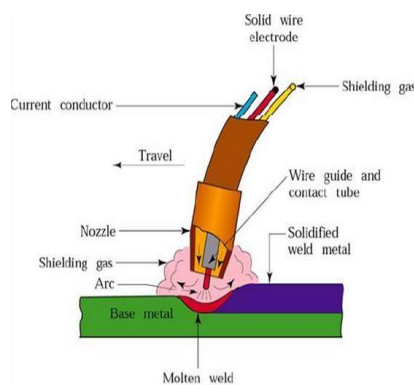
yang biasanya digunakan dengan arus listrik yang tinggi (100-500 A) dan potensial yang rendah (10-50 V). *Fluks* mencair selama proses pengelasan dan membentuk terak, yang melindungi logam las dari udara di sekitarnya. Gas yang dihasilkan oleh *fluks* juga melindungi butiran logam cair.



Gambar 2. 7 Las *Shielded Metal Arc Welding* (Naufal., dkk. 2021).

2. Las Terak Listrik (*Electroslag Welding*)

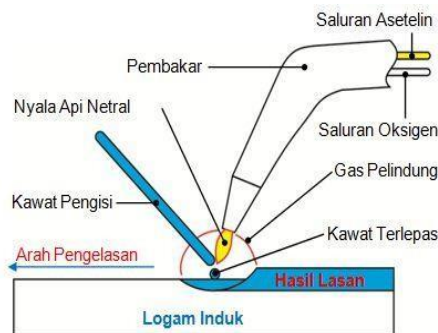
Las terak listrik menggunakan energi panas untuk melelehkan logam dan logam pengisi (*filler*). Ketika terak dialiri listrik, terak berfungsi sebagai tahanan listrik. Busur listrik yang mengenai dasar sambungannya memanasi *fluks* pada awal pengelasan. Logam las kemudian terbentuk pada arah vertikal setelah campuran antara bagian sisi logam induk dengan logam pengisi cair, atau *filler*. Proses pencampuran ini terjadi sepanjang alur sambungan las, di mana plat yang didinginkan dengan air dan logam yang dilas berada di bawahnya. Las ini melindungi busur dan logam cair dengan gas mulia seperti argon dan helium, yang dikenal sebagai *metal inert gas* (MIG).



Gambar 2. 8 Skema Las MIG (Asrul., dkk. 2018).

3. Las Busur Listrik

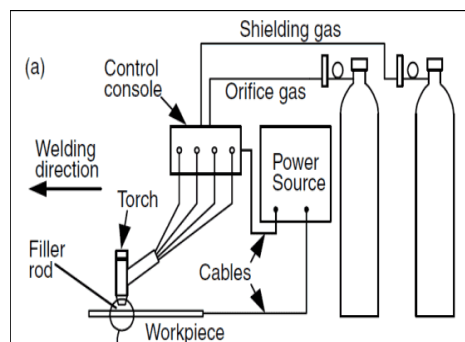
Las busur listrik adalah teknik pengelasan di mana busur nyala listrik digunakan sebagai sumber panas untuk mencairkan logam. Las busur listrik diklasifikasikan sebagai las elektroda terbungkus dan digunakan saat ini dalam proses pengelasan karena prinsipnya adalah bahwa arus listrik yang cukup padat dan tegangan rendah dialirkan pada dua bahan logam yang konduktif, menghasilkan loncatan elektroda yang dapat menghasilkan panas yang sangat tinggi.



Gambar 2. 9 Las Busur Listrik (Wandri., dkk. 2016).

4. Las Oksi Asetilen (*Oxyacetylene Welding*)

Las *Oxyacetylene* menghasilkan panas sebagai hasil dari reaksi pembakaran gas acetylene dan oksigen. Semua nyala berasal dari dua area: daerah pembakaran primer (pembakaran utama) dan daerah pembakaran sekunder. Daerah pembakaran primer menghasilkan sekitar 1/3 dari panas pembakaran sempurna.



Gambar 2. 10 Las Oksi Asetilen (Wisnujati, 2017).

2.5 Jenis-Jenis Cacat Pada Pengelasan

Cacat las adalah keadaan yang menyebabkan kualitas hasil las menurun. Ini biasanya mempengaruhi nilai kekuatan sambungan las, sehingga hasil yang dihasilkan tidak memenuhi nilai konstruksi yang diinginkan. (Salmon, 1992) menyebutkan beberapa jenis cacat las yang dapat terjadi pada konstruksi pengelasan:

1. Retak

Logam las, daerah HAZ (*Heat Affected Zone*), atau logam induk dapat mengalami jenis cacat ini. Dua jenis retak las adalah retak panas dan retak dingin. Retak panas biasanya berbentuk kawah dan memanjang dan terjadi karena tegangan yang keluar dari area kaki di bawah pengaruh panas. Retak dingin terjadi karena logam menjadi lebih dingin.

2. Void (Porositas)

Cacat las yang dikenal sebagai porositas adalah lubang-lubang kecil atau pori-pori yang terbentuk di dalam logam las karena udara terperangkap selama proses pengelasan.

3. Peleburan tidak sempurna

Jika permukaan yang disambung tidak dibersihkan dengan baik, logam induk dan logam las yang berdekatan tidak melebur secara menyeluruh. Penggunaan alat las yang tidak cukup juga merupakan penyebab cacat ini, karena logam dasar tidak mencapai titik lebur yang ideal.

4. Kurang penetrasi

Kampuh yang tidak memadai terjadi ketika kedalaman las lebih rendah dari tinggi alur yang ditetapkan. Dalam las dengan sambungan tumpul, cacat ini terutama terjadi karena perencanaan alur yang salah, elektroda yang terlalu besar, arus listrik yang tidak memadai, dan laju pengelasan yang terlalu cepat.

5. Bentuk yang tidak sempurna

Geometri sambungan las yang buruk, seperti *undercut*, *underfill*, *overlap*, dan reinforcement yang berlebihan, dihasilkan oleh jenis cacat ini. Cacat ini biasanya memiliki morfologi geometri yang berbeda.

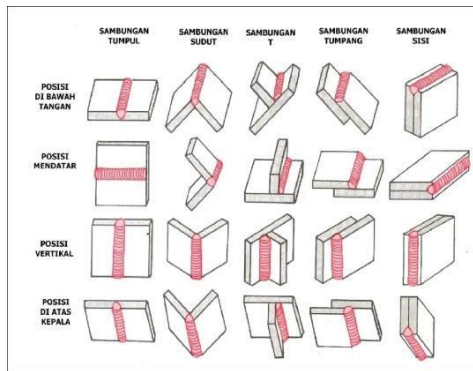
2.6 Pemilihan Sambungan Las

Dalam merencanakan sebuah sambungan las, banyak hal yang harus dipertimbangkan, termasuk kekuatan sambungan dan kemampuan juru las untuk mengerjakannya. Desain sambungan harus memenuhi semua persyaratan ini dengan cara yang paling hemat biaya. Menurut (Heri Sonawan 2003) ada beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan saat memilih sambungan:

1. Sambungan las harus dirancang dengan luas penampang minimal. Luas penampang sambungan las adalah ukuran berapa banyak logam yang dibutuhkan untuk membuat sambungan las.
2. Desain sambungan dan ketebalan pelat akan menentukan jenis perkakas dan peralatan yang dibutuhkan saat mempersiapkan pembuatan kampuh.
3. Rancangan sambungan harus sesuai dengan proses pengelasan yang akan digunakan, dan posisi pengelasan juga harus dipertimbangkan.
4. Luas penampang logam las adalah luas kampuh yang terisi logam las. Jika luasnya lebih kecil, logam las hanya memerlukan sedikit lebih banyak logam las, dan jika luasnya lebih besar, logam las memerlukan lebih banyak logam las.

2.7 Jenis Sambungan Las

Dalam pengelasan, penyambungan diperlukan untuk mengirimkan beban atau tegangan di antara bagian yang disambungkan. Akibatnya, sambungan las paling tidak memiliki kekuatan yang sama dengan bagian yang dihubungkan. Untuk menyambung dua bagian logam, berbagai jenis kampuh sambungan digunakan. Logam tambahan ditambahkan ke kampuh ini sehingga terjadi kesatuan antara bagian yang disambung. Seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut, sambungan las yang dibuat dari baja umumnya terdiri dari sambungan tumpang, sudut, tumpul, dan sambungan dengan bentuk T (Wiryosumarto, 2000).

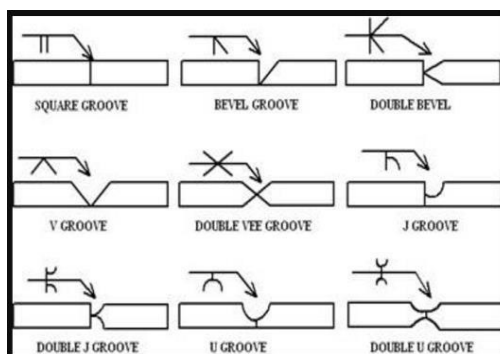


Gambar 2. 11 Jenis Sambungan Las (Pratama., dkk.2019).

Sambungan silang, penguat, dan sisi terbentuk setelah sambungan dasar tersebut di atas. Berbagai faktor, seperti bentuk dan ukuran batang yang akan membentuk sambungan, tipe pembebanan, besarnya luas sambungan yang akan dilas, dan biaya relatif untuk berbagai jenis sambungan las, membentuk jenis sambungan. Pengelasan memiliki lima jenis sambungan dasar, tetapi banyak variasi dan kombinasi di antaranya:

1. Sambungan Tumpul (*Butt Joint*)

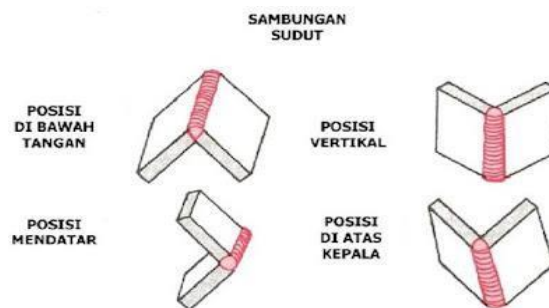
Sambungan terbaik adalah sambungan tumpul. Bentuk alur sambungan ini sangat memengaruhi jaminan pekerjaan, efisiensi pekerjaan, dan efisiensi sambungan. Karena pemilihan alur sangat penting, bentuk alur dan sambungan datar ini sudah distandarkan dalam standar seperti AWS, BN, DIN, GOST, dan JSSC. Ujung plat datar dengan ketebalan yang sama atau hampir sama, biasanya divariasikan pada alur atau kampuh, disambung dengan sambungan tumpul. Gambar menunjukkan jenis kampuh sambungan tumpul, juga dikenal sebagai butt joint.



Gambar 2. 12 Jenis Sambungan Tumpul (Pratama., dkk.2019)

2. Sambungan Sudut (*Corner Joint*)

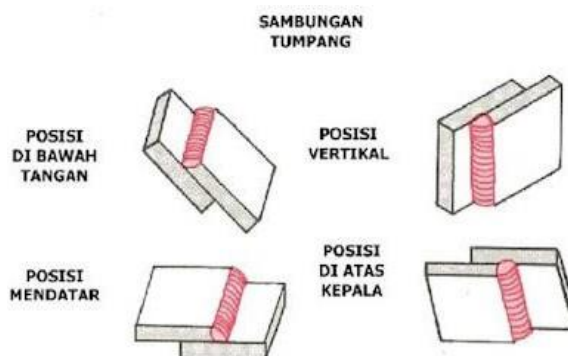
Untuk menghindari retak lamel saat sambungan ini terjadi, dapat membuat alur pada plat tegak. Jika ruang terlalu sempit untuk mengelas, pengelasan tembus atau pengelasan dengan plat pembantu dapat digunakan. Penampang kotak segi empat terangkai, seperti yang digunakan pada balok baja yang membutuhkan ketahanan torsi yang tinggi, dibuat dengan sambungan sudut. Gambar berikut menunjukkan sambungan sudut:



Gambar 2. 13 Jenis Sambungan Sudut (Pratama., dkk.2019).

3. Sambungan Tumpang (*Lap Joint*)

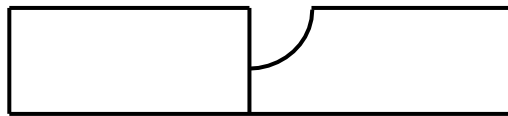
Karena eisiensi yang rendahnya, sambungan tumpang biasanya dilakukan dengan las sudut dan sisi. Oleh karena itu, jarang digunakan dalam pelaksanaan sambungan konstruksi utama. Sambungan tumpang, juga dikenal sebagai sambungan tumpang, biasanya digunakan untuk menyambung plat dengan berbagai ketebalan; keuntungan dari sambungan ini adalah bahwa mereka tidak membutuhkan kampuh atau alur (Wiryosumarto, 2000).



Gambar 2. 14 Sambungan Las Tumpang (Pratama., dkk.2019).

2.8 Sambungan Las J (*J Groove*)

Sambungan las J adalah salah satu jenis desain sambungan dalam teknik pengelasan yang berbentuk seperti huruf "J". Desain ini memiliki satu sisi yang melengkung dengan sisi lainnya berbentuk sudut yang lebih tajam. Kampuh las J adalah jenis sambungan las yang dibuat dengan mesin kusus atau memotong tepi logam yang akan disambung sehingga membentuk profil yang menyerupai huruf "J". Salah satu tepi logam tersebut memiliki lengkungan atau cekungan, sedangkan tepi lainnya biasanya tetap lurus atau memiliki sudut tertentu.



Gambar 2. 15 Sambungan las J (*J Groove*) (Pratama., dkk.2019)

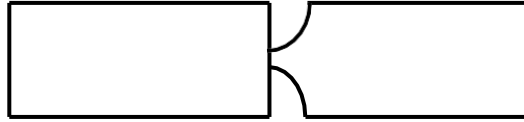
Kampuh las J memiliki beberapa kegunaan utama dalam pengelasan, terutama dalam konteks teknik dan fabrikasi logam.

1. Penyambungan logam tebal dalam konstruksi dan fabrikasi.
2. Pembuatan struktur bertekanan seperti pipa dan tangki.
3. Pengelasan di industri yang membutuhkan sambungan las yang kuat dan handal, seperti pembuatan kapal, boiler, dan peralatan berat.

2.9 Sambungan Las Dobel J Grove

Sambungan las Dobel J *Groove* adalah jenis sambungan las di mana kedua tepi logam yang akan disambung dipersiapkan dengan profil cekung atau lengkung berbentuk huruf "J" pada kedua sisi dari sambungan tersebut. Desain ini memungkinkan penetrasi las dari kedua sisi sambungan, yang meningkatkan kekuatan dan integritas struktural sambungan tersebut. Dengan desain yang memungkinkan penetrasi dari kedua sisi, kampuh las Dobel J *Groove* memberikan kekuatan dan keandalan yang lebih tinggi pada

sambungan, menjadikannya ideal untuk aplikasi yang memerlukan ketahanan dan durabilitas yang sangat baik.



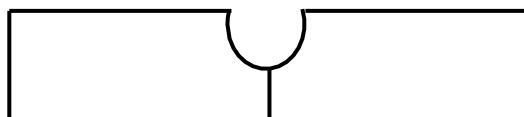
Gambar 2. 16 Sambungan las dobel J Groove (Pratama., dkk.2019)

Berikut adalah beberapa kegunaan utama kampuh las Dobel J Groove:

1. Penyambungan struktur tebal seperti konstruksi bangunan dan jembatan yang memerlukan sambungan logam tebal.
2. Industri kapal digunakan dalam pembuatan kapal dan struktur laut lainnya yang memerlukan kekuatan dan ketahanan tinggi.
3. Fabrikasi peralatan berat digunakan dalam pembuatan mesin industri dan peralatan berat yang memerlukan sambungan yang sangat kuat.
4. Pengelasan pipa dan tangki bertekanan tinggi digunakan dalam pembuatan pipa dan tangki yang beroperasi di bawah tekanan tinggi untuk memastikan sambungan yang kedap dan kuat.

2.10 Sambungan Las U (U Groove)

Sambungan las U, atau sering disebut sebagai U Groove, adalah jenis sambungan las di mana tepi logam yang akan disambung dipersiapkan dengan profil berbentuk huruf "U". Bentuk ini dicapai dengan menggiling atau memotong tepi logam sehingga membentuk cekungan melengkung yang menyerupai huruf "U".



Gambar 2. 17 Sambungan las dobel J Groove (Pratama., dkk.2019)

Berikut adalah beberapa kegunaan utama dari sambungan *U-Groove*:

1. Penetrasi las yang mendalam kampuh *U-Groove* dirancang untuk memberikan penetrasi las yang mendalam dan konsisten, yang sangat penting untuk memastikan kekuatan dan integritas sambungan pada pelat yang tebal.
2. Efisiensi material dengan meminimalkan volume bahan yang dilelehkan, kampuh *U-Groove* mengurangi jumlah logam pengisi yang diperlukan, sehingga lebih efisien dari segi penggunaan material.
3. Kekuatan sambungan yang tinggi yang dihasilkan dari sambungan *U-Groove* cenderung sangat kuat dan dapat menahan beban yang tinggi, baik beban statis maupun dinamis.
4. Pengelasan pelat tebal kampuh *U-Groove* sangat cocok untuk pengelasan pelat yang sangat tebal, seperti yang sering ditemukan dalam industri konstruksi berat, pembuatan kapal, dan manufaktur bejana tekan.
5. Mengurangi distorsi karena bentuk *U-Groove* mengurangi jumlah bahan yang perlu dilelehkan dibandingkan dengan kampuh *V-Groove*, ini membantu mengurangi distorsi yang disebabkan oleh panas selama proses pengelasan.

2.11 Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengukur kekuatan tarik sambungan logam yang telah dilas. Ini dilakukan dengan mudah dan menghasilkan tegangan yang sama pada penampang, tetapi umumnya sambungan logam yang telah dilas memiliki kelemahan untuk menerima tegangan tarik. Sifat logam induk, daerah HAZ (*Heat Affected Zone*), sifat logam las, geometri, dan distribusi tegangan dalam sambungan adalah semua faktor yang memengaruhi kekuatan tarik sambungan las. Menurut (Wiryosumarto, 2000), pengujian melibatkan pemberian beban pada spesimen uji secara bertahap hingga spesimen tersebut patah. Setelah itu, sifat tarik spesimen dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

Tegangan:

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \text{ (Kg/mm}^2\text{)} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

F = Beban (Kg)

A₀ = Luas mula dari penampang batang uji (mm²)

Regangan:

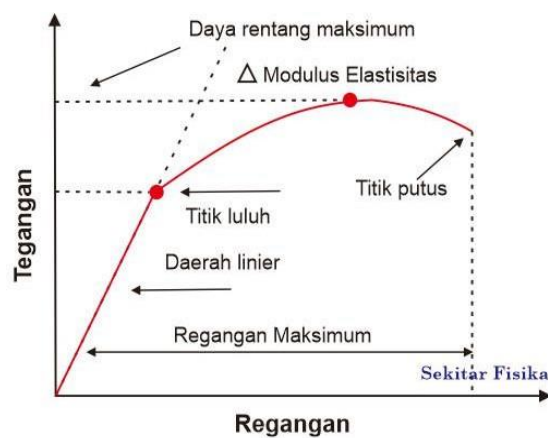
$$\varepsilon = \frac{L-L_0}{L_0} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

L₀ = Panjang mula dari batang uji (mm)

L = Panjang batang uji yang telah diberi beban (mm)

Gambar dibawah menunjukkan hubungan antara tegangan dan regangan. Titik S1 dan S2 adalah titik luluh atas dan bawah, masing-masing, dan titik E adalah batas elastis, yang ditentukan dengan perpanjangan tetap 0,005% hingga 0,01%. Titik E adalah batas proporsi, dan titik P adalah batas di mana hukum *Hooke* masih berlaku, dan tidak akan terjadi perpanjangan tetap pada batang uji.



Gambar 2. 18 Kurva Tegangan–Regangan (Sardi., dkk. 2018).

Untuk menentukan tegangan leleh menggunakan metode *offset* dalam uji tarik, terutama untuk regangan *offset* (0,2% atau 0,002%). Metode *offset* ini digunakan untuk mengidentifikasi titik di mana material mulai menunjukkan deformasi plastis yang signifikan. Berikut adalah panduan rinci untuk mencari nilai regangan *offset* dalam uji tarik.

$$\sigma_{\text{offset}} = E(\epsilon - \epsilon_{\text{offset}}) \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

σ_{offset} = Tegangan pada garis *offset*

E = Modulus elastisitas

ϵ = Regangan

ϵ_{offset} = Regangan *offset* (0,2%)

Gambar berikut menunjukkan cara mesin uji universal *Zwick Roell* 250 kN menguji tarik suatu material:

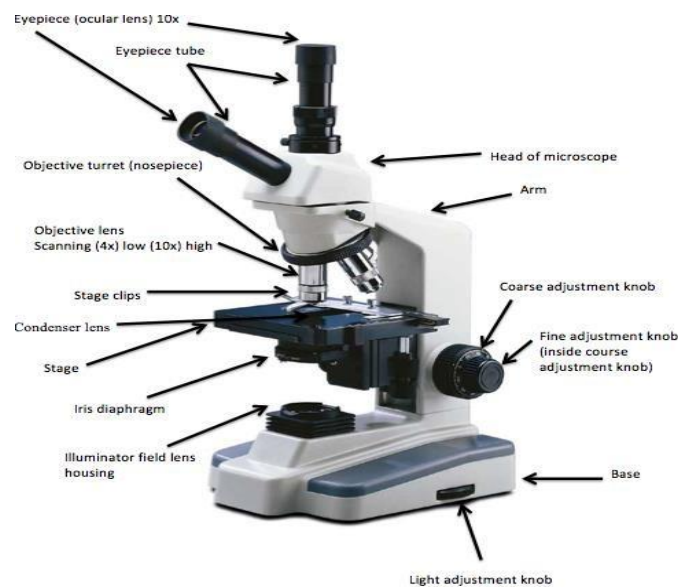


Gambar 2. 19 Mesin *Zwick Roell* 250 kN

Setelah spesimen dijepit pada mesin uji tarik, beban statik ditambahkan secara bertahap sampai spesimen putus. *Plotter* dihubungkan langsung ke besarnya beban dan pertambahan panjang, yang menghasilkan grafik tegangan (MPa) dan regangan (%). Grafik ini memberikan informasi tentang tegangan luluh, tegangan *ultimate*, modulus elastisitas beban, dan keuletan sambungan las yang diuji tarik (Dowling, 1999).

2.12 Pengamatan Struktur Mikro

Dalam penelitian ini, mikroskop cahaya adalah alat pengamat struktur mikro yang digunakan untuk melihat struktur bahan dalam orde kecil yang tidak dapat dilihat secara langsung. Pemontongan, pengamplasan, pemolesan, dan pengetsaan adalah langkah-langkah yang dilakukan sebelum pengamatan. Setelah bahan uji dipilih, permukaannya diratakan dengan mesin kikir dan amplas. Proses perataan harus terus berlanjut untuk menghindari panas yang mempengaruhi struktur mikro. Setiap tahap pengamplasan harus diubah karena pengamplasan yang lama dan penuh kecermatan akan membuat permukaan halus dan rata. Autosol digunakan pada bahan yang telah halus dan rata untuk menghilangkan noda yang menempel padanya. Sebelum memulai struktur mikro, spesimen dimasukkan ke dalam larutan etsa dengan penjepit tahan karat dengan permukaan menghadap ke atas. Setelah itu, spesimen dicuci untuk memeriksa struktur mikronya. Meskipun mikroskop optik digunakan, keakuratan yang tinggi hanya dapat dicapai dengan mikroskop elektron.



Gambar 2. 20 Mikroskop optik (Winardi., dkk. 2020).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat Penelitian Dan Waktu

Penelitian ini dilakukan pada waktu dan tempat yaitu sebagai berikut:

3.1.1 Tempat Penelitian

Tempat pengujian untuk pengambilan data pada penelitian tugas akhir ini akan dilakukan di Laboratorium Material Teknik, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.

3.1.2 Tempat Pemotongan Spesimen

Tempat pemotongan spesimen pada penelitian tugas akhir ini dilakukan di laboratorium Material Teknik, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.

3.1.3 Tempat Pembuatan Kampuh

Proses pembuatan kampuh dilakukan di Laboratorium Material Teknik, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.

3.1.4 Tempat Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan di Laboratorium Rekayasa Material Institut Teknologi Sumatra (ITERA).

3.1.5 Tempat Pengujian Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro dilakukan di Laboratorium Bahan Tambang Lampung-BRIN.

3.1.6 Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan pada bulan Febuari sampai Juni 2024 di laboratorium Material Teknik Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung. Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah baja AISI 1020. Adapun prosedur pengujian dalam penelitian ini yaitu pengaruh bentuk kampuh las terhadap hasil pengujian tarik pada material baja AISI 1020.

3.1 Alat Dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.1.1 Mesin *Zwick Roell* 250 kN

Mesin uji tarik Mesin *Zwick Roell* 250 kN adalah alat yang digunakan untuk pengujian tarik. Berikut adalah tabel 3.1 spesifikasi untuk mesin uji material Mesin *Zwick Roell* 250 kN:



Gambar 3. 1 Mesin *Zwick Roell* 250 kN

Tabel 3.1 Spesifikasi mesin *Zwick Roell* 250 kN

Spesifikasi	Keterangan
Model	<i>Zwick Roell</i> 250 Kn
Tipe mesin	Mesin Uji Universal
Kapasitas beban maksimal	0.01-500 mm/menit (bisa diatur)
Sistem penggerak	<i>Servo-hydraulic</i> atau <i>Electromechanical</i>
Rentang keepatan pengujian	0.0005 - 1000 mm/min
Panjang maksimal <i>stroke</i>	1200 mm
Resolusi pengukuran beban	0.001 N
Akurasi beban	±0.5% dari nilai terukur
Resolusi pengukuran posisi	0.1 µm
Akurasi pengukuran posisi	±0.5% dari nilai terukur
Jenis pengujian	Tarik, Tekan, Lentur, <i>Shear</i> , dan Pengujian <i>Multiaxial</i>
Tinggi area pengujian	1200 mm
Lebar area pengujian	600 mm
Jenis kontrol	Kontrol PC dengan <i>software Zwick Roell testXpert III</i>
Antarmuka pengguna	Layar sentuh atau PC dengan <i>software</i>
Fitur keamanan	Perlindungan <i>Overload</i> , <i>Emergency Stop</i>
Konstruksi rangka	Rangka baja kaku dengan desain ergonomis
Kalibrasi	Otomatis dan Manual, sesuai dengan standar ISO 7500-1
Daya input	220-240V AC, 50/60 Hz
Konsumsi daya	3 Kw
Dimensi (P x L x T)	1000 mm x 800 mm x 2200 mm
Berat	1200 kg
Aksesoris tambahan	Ragam Grip (<i>Hydraulic</i> , <i>Pneumatic</i> , <i>Mechanical</i>), <i>Extensometers</i> , <i>Temperature Chambers</i>

3.1.2 Mesin Las

Mesin las yang dipakai adalah mesin las *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW), digunakan untuk mengelas atau menyambung spesimen.



Gambar 3. 2 Mesin las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*)

Tabel 3.2 Spesifikasi mesin las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*)

Spesifikasi	Keterangan
Model	<i>Shielded Metal Arc Welding</i> (SMAW) 300A
Tipe	Inverter atau Transformer
Tegangan input	220V atau 380V AC
Fase	<i>Single-phase</i> atau <i>Three-phase</i>
Frekuensi	50/60 Hz
Daya input	6 kVA - 15 Kva
Arus output	20A - 300A
Voltage no-load	60V - 80V
Duty cycle	60% pada 300A, 100% pada 200A
Efisiensi	> 85%
Power factor	0.93
Diameter elektroda	1.6 mm - 5.0 mm
Jenis elektroda	E6010, E6011, E6013, E7018, dll.
Proteksi thermal	<i>Thermal otomatis</i>
Dimensi	500 mm x 220 mm x 370 mm
Berat	15 kg - 25 kg
Fitur tambahan	<i>Hot Start, Arc Force, Anti-Stick</i>
Pendinginan	Kipas Angin
Material casing	Metal atau Plastik Tahan Panas
Aksesoris	Kabel las, Tang elektroda, <i>Clamp massa</i> , <i>Brush</i> , <i>Shield Mask</i>

3.1.3 Elektroda E6013

Elektroda E6013 adalah salah satu jenis elektroda yang paling umum digunakan dalam pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*).



Gambar 3. 3 Elektroda E6013

Tabel 3.3 Spesifikasi elektroda E6013

Spesifikasi	Detail
Jenis elektroda	E6013
Kode AWS	E6013
Komposisi fluks	Selulosa dan titania
Tegangan pengelasan	20-30 V
Arus pengelasan	AC/DC
Diameter elektroda	2.0 mm, 2.5 mm, 3.2 mm, 4.0 mm, 5.0 mm
Arus pengelasan (<i>ampere</i>)	2.0 mm: 40-60A 2.5 mm: 60-100A 3.2 mm: 100-130A 4.0 mm: 140-180A 5.0 mm: 180-240 A
Penetrasi	Moderat
Posisi pengelasan	Semua posisi (<i>flat, horizontal, vertical, overhead</i>)
Material yang dilas	Baja lunak (<i>mild steel</i>)
Slag	Mudah dilepas
Deposit logam	Halus, sedikit percikan
Aplikasi	Fabrikasi ringan, konstruksi umum, pekerjaan rumah, perbaikan umum
Fitur utama	<i>Restart arc</i> mudah, Hasil las yang baik
Standar	AWS A5.1
Kekuatan tarik	Minimum 60,000 psi (415 MPa)
Kekuatan luluh	Minimum 50,000 psi (345 MPa)
Perpanjangan	Minimum 22%
Efisiensi	Sekitar 60% - 70%

3.1.4 Gerinda Potong

Gerinda potong digunakan untuk memotong spesimen yang akan dipakai sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan.



Gambar 3. 4 Gerinda potong

Tabel 3.4 Spesifikasi mesin gerinda potong

Spesifikasi	Detail
Model	Tergantung pada produsen dan tipe (misalnya, Bosch GCO 2000)
Type	Mesin Gerinda Potong (<i>Cut-Off Grinder</i>)
Daya input	2000 W - 2500 W
Tegangan	220V - 240V AC, 50/60 Hz
Kecepatan tanpa beban	3800 - 4000 RPM
Diameter mata gerinda	355 mm (14 inci)
Tebal mata gerinda	3 mm - 4 mm
Lubang arbor	25.4 mm (1 inci)
Maksimum kedalaman	120 mm - 130 mm
Material yang dapat dipotong	Baja, Besi, Aluminium, Logam, Pipa
Berat	15 kg - 20 kg
Fitur keselamatan	Pelindung mata gerinda, Tombol pengunci saklar, Pengunci spindle
Fitur tambahan	Pengaturan sudut potong, Klem cepat untuk material, Sistem pendinginan
Dimensi	500 mm x 300 mm x 600 mm
Aksesoris	Mata gerinda potong, Kunci pas, Manual pengguna
Material rangka	Metal dan Plastik tahan panas
Kegunaan	Pemotongan logam, Pipa, Batang besi, Besi <i>hollow</i>

3.1.5 Mesin Skrap

Mesin skrap digunakan untuk membuat alur kampuh pada spesien.



Gambar 3. 5 Mesin skrap

Tabel 3.5 Spesifikasi mesin skrap (*shaping machine*)

Spesifikasi	Detail
Model	Tergantung pada produsen dan tipe
Tipe mesin	Mesin Skrap (<i>Shaping Machine</i>)
Panjang langkah	300 mm - 1000 mm
Lebar meja kerja	300 mm - 800 mm
Panjang meja kerja	600 mm - 2500 mm
Gerakan meja	Longitudinal: 500 mm 2000 mm Lateral: 300 mm - 800 mm
Kapasitas potong maksimal	500 mm - 1000 mm
Kecepatan langkah	20 - 120 langkah per menit (<i>variable speed</i>)
Daya motor utama	2 HP - 10 HP
Tegangan	220V - 440V, 50/60 Hz
Sudut potong	0 - 90 derajat
Jenis penggerak	Mekanik atau Hidrolik
Sistem pelumasan	Otomatis atau Manual
Dimensi	1500 mm x 1000 mm x 1500 mm (variasi tergantung model)
Berat	1000 kg - 5000 kg
Fitur keselamatan	<i>Overload Protection, Emergency Stop</i>
Aksesoris	Ragum mesin, set pahat skrap, kunci pas
Material konstruksi	Rangka besi tuang dan komponen baja
Aplikasi	Pemesinan umum, pembuatan komponen presisi, fabrikasi

3.1.6 Jangka Sorong

Jangka sorong digunakan dalam membaca ukuran spesimen yang akan dibuat.



Gambar 3. 6 Jangka sorong

Tabel 3.6 Spesifikasi jangka sorong (*vernier caliper*)

Spesifikasi	Detail
Model	Tergantung pada produsen dan tipe (misalnya, Mitutoyo 530-104)
Tipe alat	Jangka Sorong (<i>Vernier Caliper</i>)
Bahan	Baja tahan karat (<i>Stainless Steel</i>)
Rentang pengukuran	0-150 mm, 0-200 mm, 0-300 mm (umum)
Skala vernier	0.02 mm atau 0.01 mm
Akurasi	± 0.02 mm
Jenis pengukuran	Luar, dalam, dan kedalaman
Sistem pembaca	Analog (<i>vernier scale</i>) atau Digital (<i>LCD display</i>)
Resolusi (untuk digital)	0.01 mm
Dimensi	Panjang keseluruhan tergantung pada rentang pengukuran
Berat	Tergantung pada model, sekitar 200g-500 g
Fitur tambahan	Pengunci, <i>thumb wheel</i> , <i>depth rod</i>
Sertifikasi	ISO 9001, DIN 862 (tergantung produsen)
Aksesoris tambahan	Kotak penyimpanan, manual pengguna, baterai cadangan (untuk digital)

3.1.7 Mesin Amplas

Mesin amplas digunakan untuk menghaluskan permukaan spesimen dalam foto pengamatan mikro.



Gambar 3. 7 Mesin amplas

Tabel 3.7 Spesifikasi mesin amplas

Spesifikasi	Detail
Merek	XYZ Precision
Model	XYZ-2000
Tipe	Meja Putar (<i>Rotary Table</i>)
Daya motor	1.5 Kw
Kecepatan putaran	50 - 3000 RPM (<i>Variable Speed</i>)
Ukuran disk amplas	200 mm (Diameter)
Kecepatan linier	2 - 30 m/s
Sistem pendingin	Air atau cairan (<i>Liquid Coolant System</i>)
Kontrol	Digital dengan layar sentuh (<i>Touchscreen Control Panel</i>)
Jenis abrasif	Aluminium Oxide, Silicon Carbide
Ujuran partikel abrasif	P60 - P1200
Dimensi mesin (L x W x H) berat	700 mm x 500 mm x 1000 mm
Fitur tambahan	Sistem penghisap debu otomatis (<i>Automatic Dust Collection System</i>)
Garansi	2 tahun
Aksesoris	Penjepit spesimen, set abrasif, alat pengukur keausan (<i>Wear Gauge</i>)

3.1.8 Baja AISI 1020

Baja AISI 1020 adalah jenis baja karbon rendah yang termasuk dalam kelompok baja karbon rendah.



Gambar 3. 8 Baja AISI 1020

Tabel 3.8 Spesifikasi untuk baja AISI 1020

Spesifikasi	Detail
Nama baja	AISI 1020
Standar	AISI, ASTM A36, SAE J403
Karbon (C)	0.18% - 0.23%
Mangan (Mn)	0.30% - 0.60%
Fospor (P)	Maks. 0.040%
Belerang (S)	Maks. 0.050%
Kekuatan tarik	410 - 550 MPa (60 - 80 ksi)
Kekuatan luluh	205 MPa (30 ksi)
Perpanjangan	15% - 30%
Kekerasan	111 - 159 HB
Kepadatan (<i>density</i>)	7.87 g/cm ³
Modulus elastisitas	205 Gpa
Konduktivitas termal	51.9 W/Mk
Koefisien muai panjang	11.7 $\mu\text{m/m}^{\circ}\text{C}$
Proses pembentukan	<i>Cold rolled, Hot rolled</i>
Kemampuan las	Sangat baik, dapat dilas dengan semua metode pengelasan
Kemampuan mesin	Baik, dapat dimesin dengan baik menggunakan alat potong standar
Aplikasi umum	Komponen otomotif, bagian mesin, pipa, struktur baja, alat pertanian
Tersedia dalam bentuk	Batang, pelat, lembaran, pipa, profil
Proses panas	<i>Annealing, Normalizing, Quenching, Tempering</i>

3.1.9 Alat Bantu

Alat bantu lain seperti palu, kikir, dan lain-lain digunakan untuk membantu dalam pembuatan spesimen ataupun proses pengelasan.

3.2 Prosedur Percobaan

Adapun prosedur penelitian ini memiliki beberapa tahapan, yaitu adalah sebagai berikut:

3.2.1 Studi Literatur Dan Survei Lapangan

Pada penelitian tugas akhir ini yang pertama dilakukan adalah mengumpulkan materi dasar sebagai studi literatur, studi literatur bertujuan untuk mengenal masalah yang dihadapi, serta menyusun rencana kerja yang akan dilakukan. Pada survei lapangan dilakukan pencarian terhadap lokasi pengujian keausan bahan, guna nantinya dilakukan pengujian bahan pada penelitian ini.

3.2.2 Persiapan Spesimen

Persiapan spesimen uji merupakan langkah awal dari penelitian ini. Ada dua tahap dalam melakukan persiapan spesimen uji yakni pemilihan material yang akan digunakan dan pembuatan kampuh las. Untuk persiapan spesimen pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Pemilihan material spesimen uji

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah baja AISI 1020 dengan ketebalan 12 mm.

2. Pemilihan elektroda las , kecepatan dan arus pengelasan

Elektroda yang digunakan pada penelitian ini adalah elektroda jenis E6013 dengan diameter 3,2 mm dan arus yang digunakan pada

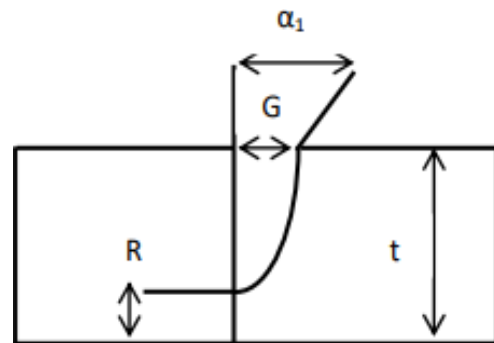
penelitian ini adalah arus searah DC (*direct current*) dengan besar arus tetap yaitu 90 *ampere*.

3. Pembuatan kampuh

Jenis kampuh las yang digunakan dalam penelitian ini adalah sambungan las tumpul alur J tunggal, dobel J dan U seperti pada gambar berikut:

Keterangan

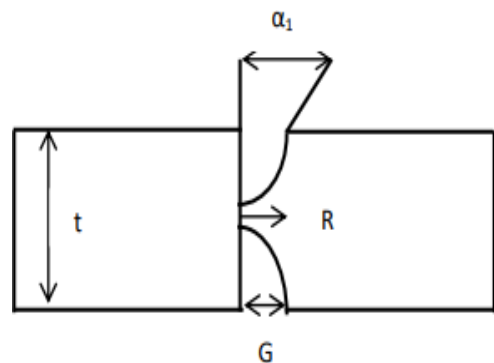
R = Kaki akar	= 5 mm
G = Celah akar	= 10 mm
α_1 = Sudut alur	= 60°
t = Tebal	= 12 mm



Gambar 3. 9 Dimensi sambungan las tumpul dengan alur J

Keterangan

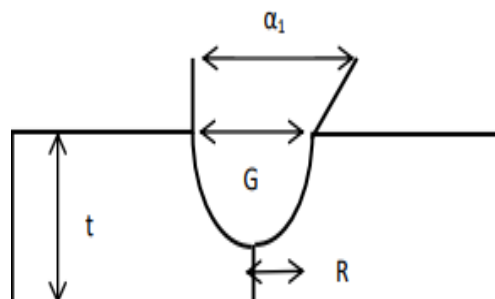
R = Kaki akar	= 5 mm
G = Celah akar	= 10 mm
α_1 = Sudut alur	= 60°
t = Tebal	= 12 mm



Gambar 3. 10 Dimensi sambungan las tumpul dengan alur dobel J

Keterangan

R = Kaki akar	= 5 mm
G = Celah akar	= 10 mm
α_1 = Sudut alur	= 60°
t = Tebal	= 12 mm



Gambar 3. 11 Dimensi sambungan las tumpul dengan alur U

Ukuran alur kampuh diambil berdasarkan rekomendasi JSSC-1997 (*Japan Society Of Steel Construction*) tentang persiapan sisi untuk pengelasan baja.

3.2.3 Persiapan Pengelasan

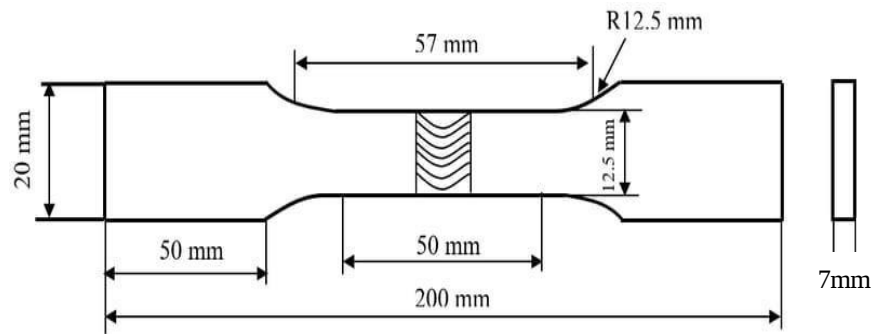
Jenis las yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW). Sebelum proses las dimulai, logam induk yang telah dibuat kampuh las harus dibersihkan dari kotoran seperti debu, minyak, oli, gemuk, karat, air, dan sebagainya. Ini dilakukan untuk mencegah kerusakan pada las. Selanjutnya, baja dilas dengan las *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) menggunakan prosedur dan teknik pengelasan yang tepat, serta dengan parameter yang telah ditetapkan sebelumnya yaitu:

1. Pengelasan kampuh J dengan arus 90 A.
2. Pengelasan kampuh dobel J dengan arus 90 A.
3. Pengelasan kampuh U dengan arus 90 A.

Untuk tipe serta diameter logam pengisi (*filler metal*) pada pengelasan ini digunakan logam pengisi tipe E6013 dengan diameter 3,2 mm, berdasarkan standar AWS A5.1.

3.2.4 Pembuatan Spesimen Uji Tarik

Setelah proses pengelasan selesai dilakukan tahap selanjutnya adalah pembuatan spesimen uji tarik yang sesuai dengan standar. Standar yang digunakan untuk pengujian tarik ini adalah ASTM E-8. Pada gambar dibawah ditunjukkan dimensi dari spesimen uji tarik.



Gambar 3. 12 Dimensi spesimen uji tarik sesuai standar ASTM E-8

3.2.5 Spesimen Foto Mikro

Untuk membuat spesimen pengamatan foto mikro, spesimen diambil dari hasil uji tarik yang menunjukkan daerah las. Spesimen ini dimasukkan ke dalam cetakan untuk dicetak dengan campuran resin dan katalis, dan kemudian permukaannya diampas dengan grinder-polisher sampai permukaannya rata dan halus. Setelah bahan uji dihaluskan secukupnya, langkah selanjutnya adalah memolesnya dengan autosol. Pemolesan ini dilakukan dengan tujuan menghilangkan goresan yang disebabkan oleh amplas dan menghasilkan permukaan yang halus dan mengkilat, yang memungkinkan pemahaman lebih baik tentang struktur benda uji.

3.2.6 Pengujian Kekuatan Tarik

Pengujian dilakukan dengan terlebih mempersiapkan spesimen baja AISI 1020. Spesimen kemudian diuji dengan Pengujian yang dilakukan di Laboratorium Rekayasa Material Institut Teknologi Sumatra (ITERA). Pengujian tarik yang dilakukan pada spesimen uji menggunakan standard ASTM E8. Pengujian ini dengan menggunakan *universal testing machine* yang dihubungkan langsung dengan *plotter*,

sehingga dapat diperoleh grafik tegangan (MPa) dan regangan (%) yang memberikan nilai data dari tegangan *ultimate* (σ_{ult}) dan modulus elastisitas bahan (E). Pengujian tarik dilakukan dengan menyiapkan spesimen uji yang sudah dibentuk sesuai dengan standar ASTM E8. Adapun proses uji tarik statis yang dilakukan dengan mesin *Zwick Roell* 250 kN adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan spesimen sesuai dengan standar ASTM E8
2. Membuka program *controller 793B* setelah itu klik *manual command*.
3. Memasang spesimen *pada cross head grip* atas, kemudian spesimen dicekam.
4. Melakukan proses penurunan pada *cross head grip* sampai ujung spesimen masuk kedalam grip bawah dengan kedalaman 3 cm.
5. Menekan tombol *manual command* dan klik *control mood* ke *force*.
6. Menekan tombol *auto offset* untuk *force*. Setelah itu grip bagian bawah dicekam sehingga ujung spesimen bagian bawah tidak berubah.
7. Memasang *extensometer* ke spesimen dengan posisi *zero pin*, dan klik *manual offset* untuk *extensometer*. Lalu lepaskan *zero pin* dari *extensometer*.
8. Membuka *software Zwick Roell test suite* (MPE), lalu pilih untuk uji tarik statis.
9. Memasukan data spesimen.
10. Memasukan *initial speed* dan *secondary speed* (mm/s).
11. Menginput semua data lalu klik RUN.

3.2.7 Pengamatan Foto Mikro

Setelah spesimen pengamatan foto mikro dibuat, foto spesimen diambil menggunakan mikroskop optik dengan pembesaran yang diinginkan. Prosedur ini diterapkan pada setiap spesimen yang akan diuji hingga selesai.

3.2.8 Analisis

Dari pengujian tarik diperoleh data-data yang berupa nilai tegangan tarik (*tensile strength*), tegangan luluh (*yield strength*) dan perpanjangan (*elongation*) serta grafik tegangan regangan. Data-data tersebut dapat dianalisis dengan cara melihat hubungan tegangan tarik, tegangan luluh, dan regangan yang terjadi pada spesimen uji berdasarkan variasi atau parameter yang digunakan pada saat pengelasan. Data dari tiap-tiap spesimen dirata-atakan dan dimasukkan kedalam tabel data hasil uji tarik untuk keperluan analisis.

Tabel 3.9 Contoh Tabel Data Kekuatan Tarik

Material	Jenis Kampuh	Nomor Spesimen	Kekuatan Tarik (MPa)	Rata-rata Kekuatan Tarik (MPa)
Baja AISI 1020	J	1		
		2		
		3		
	Dobel J	1		
		2		
		3		
	U	1		
		2		
		3		

Tabel 3.10 Contoh Tabel Kekuatan Luluh Material (*Yield Strength*)

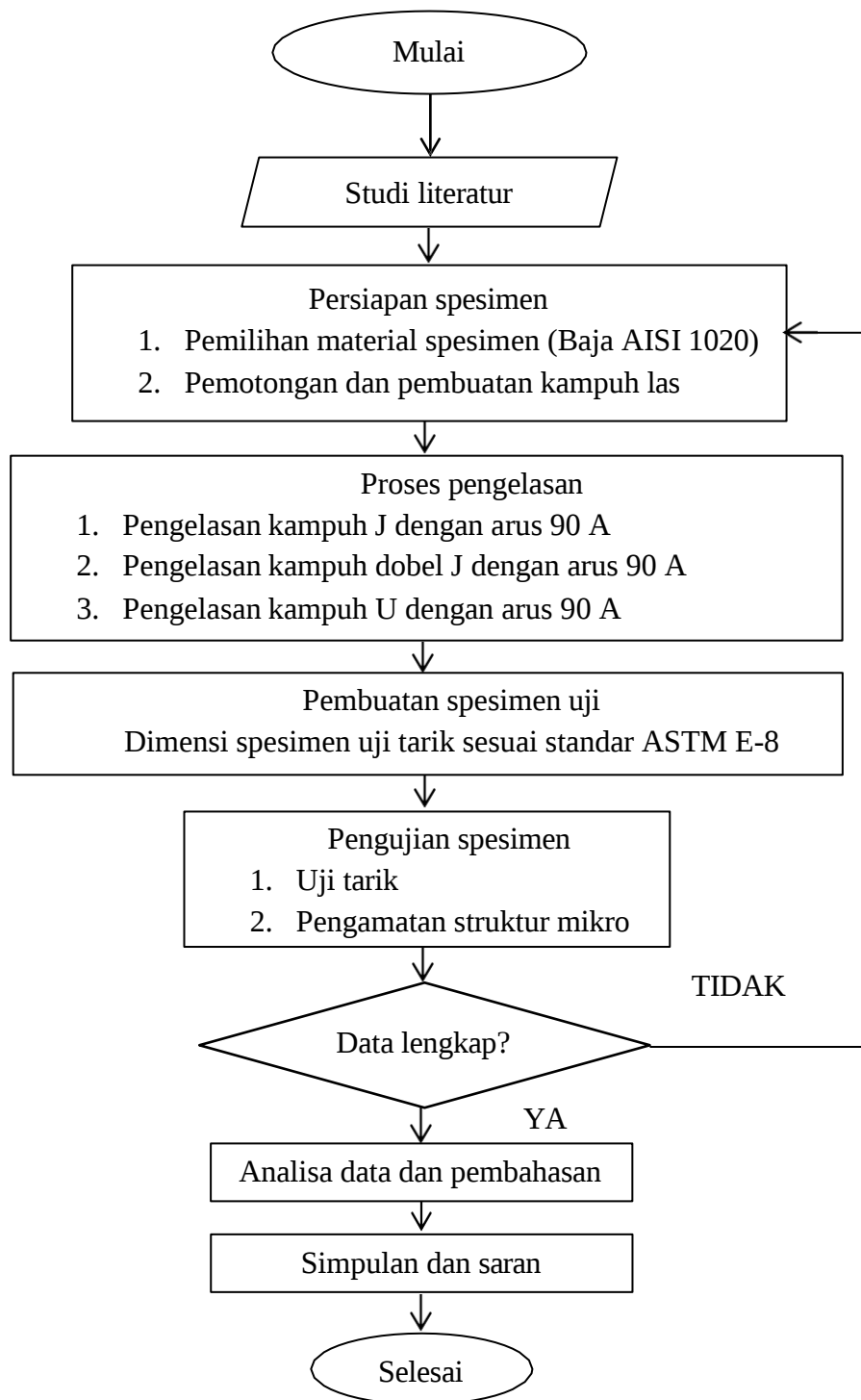
Material	Jenis Kampuh	Nomor Spesimen	Kekuatan Luluh (MPa)	Rata-rata Kekuatan Luluh (MPa)
Baja AISI 1020	J	1		
		2		
		3		
	Dobel J	1		
		2		
		3		
	U	1		
		2		
		3		

Tabel 3.11 Contoh Tabel Modulus Elastisitas

Material	Jenis Kampuh	Nomor Spesimen	Modulus Elastistas (GPa)	Rata-rata Modulus Elastisitas (GPa)
Baja AISI 1020	J	1		
		2		
		3		
	Dobel J	1		
		2		
		3		
	U	1		
		2		
		3		

3.3 Alur Proses Penelitian

Alur proses penelitian ditunjukkan pada diagram alir berikut ini:



Gambar 3. 13 Diagram alir penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Alat Dan Material Penelitian

Adapun alat dan material yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

4.1.2 Hasil Pengujian Komposisi Kimia Baja AISI 1020

Pengujian komposisi dilakukan di Laboratorium Material Teknik Universitas Diponegoro. Langkah pertama dalam melakukan uji komposisi kimia adalah dengan memotong spesimen baja AISI 1020 sepanjang 10 mm dengan lebar 10 mm. Berikut adalah tabel dari hasil pengujian komposisi kimia baja AISI 1020.

Tabel 4.1 Hasil pengujian komposisi kimia baja AISI 1020

No	Elemen	Baja Aisi 1020 Kadar (%)	Metode
1.	Fe	99,2	<i>Spectrometry Test</i>
2.	C	0,197	
3.	Si	<0,0030	
4.	Mn	0,426	
5.	P	0,0231	
6.	S	0,0086	
7.	Cr	0,0274	
8.	Mo	0,0033	
9.	Ni	0,0123	
10.	Al	0,0368	
11.	Co	0,0037	
12.	Cu	0,0105	
13.	Nb	<0,0010	

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Setelah melakukan penelitian dan pengolahan data maka dapat diambil simpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian kekuatan tarik, dapat disimpulkan bahwa kampuh Las U memberikan kekuatan tarik tertinggi dengan nilai 563,173 MPa dan menunjukkan efisiensi serta keandalan terbaik dalam hal daya tahan sambungan las. Kampuh Las J menunjukkan performa yang lebih stabil dan lebih baik dibandingkan kampuh dobel J dengan dan menghasilkan sambungan yang kuat dan mendapatkan nilai kekuatan tarik tertinggi 420,868 MPa. Sedangkan untuk kampuh Las dobel J menunjukkan hasil terkecil dalam kekuatan tarik dibandingkan dengan dua jenis kampuh lainnya sehingga dalam analisis menghasilkan sambungan yang kurang kuat dan sifat material yang getas karena adanya cacat dalam sambungan pengelasan dan memiliki rata-rata kekuatan tarik sebesar 419,090 MPa.
2. Dari hasil analisis kekuatan tarik baja AISI 1020 kampuh U mendapatkan nilai rata-rata kekuatan tarik sebesar 563,173 MPa. Nilai kekuatan tarik bisa lebih tinggi dari standar kekuatan tarik material karena proses pengelasan yang melibatkan pendinginan cepat menyebabkan perubahan struktur mikro menjadi lebih keras dan kuat, seperti pembentukan martensit, penggunaan bahan pengisi (elektroda) yang tepat menghasilkan penetrasi yang cukup baik sehingga dapat meningkatkan kekuatan daerah las, sementara tegangan sisa yang tertinggal setelah proses pengelasan akan berkontribusi pada peningkatan kekuatan tarik material.

3. Hasil dari pengamatan struktur mikro pada daerah *base metal*, *weld metal*, dan HAZ (*Heat Affected Zone*) pada penelitian ini menunjukkan bahwa pada *base metal* fasa ferit dan perlit seimbang lalu pada HAZ (*Heat Affected Zone*) sedikit dominan ferit dari pada perlit. Kemudian pada *weld metal* sangat dominan fasa ferit, maka disimpulkan semakin terpengaruh panas akibat pengelasan yang dilakukan maka semakin banyak juga struktur ferit yang terbentuk.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka peneliti menyarankan:

1. Sebaiknya pada proses pengelasan harus memperhatikan faktor–faktor yang mempengaruhi hasil sambungan las. Diantaranya penggunaan parameter las yang sesuai, kebersihan kampuh las dan kontaminasi dari udara luar, sehingga dapat mengurangi cacat yang terjadi pada logam hasil pengelasan.
2. Sebaiknya dalam penelitian selanjutnya melakukan uji porositas dalam pengelasan agar dapat mengetahui cacat yang terjadi akibat terjebak gas dalam logam cair yang kemudian menjadi gelembung gas saat logam tersebut mendingin dan mengeras. Uji porositas bertujuan untuk mendeteksi dan mengevaluasi keberadaan porositas dalam sambungan las.

DAFTAR PUSTAKA

- Alip, M. 1989. Teori Dan Praktik Las. Departemen Pendidikan Dan Kebudayaan.
- Aljufri. 2008. Pengaruh Variasi Sudut Kampuh V Tunggal Dan Kuat Arus Pada Sambungan Logam Aluminium–Mg 5083 Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan TIG.
- Asrul., Dkk. 2018. Analisis Kekuatan Sambungan Las Metal Inert Gas (Mig) Pada Logam Aluminium Paduan Aa6063 Dengan Variasi Arus Listrik
- Daryono., Dkk. 2021. Pengaruh Kuat Arus Las Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Sambungan Las Besi Tuang Kelabu Menggunakan Elektroda Nikel Dengan Proses Pengelasan Smaw.
- Dowling E, Norman. 1999. Mechanical Behavior Of Materials. 2nd Adition. Printed In The United States Of America.
- Effendi, N. 2019. Struktur Mikro Dan Kekerasan Baja S45c Pada Pengelasan Smaw Dengan Variasi Media Quench
- Groover, Mikell P. 1996. Fundamental Of Modern Manufacturing, Material, Proses And System. Penerbit Prentice-Hall Inc. Usa.
- Gunawan., Dkk. 2017. Analisa Pengaruh Pengelasan Listrik Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon Rendah Dan Baja Karbon Tinggi.
- Haryoyudanto., dkk. 2020. Analisa Sambungan Baja Aisi 1020 Dan Aisi 1040 Dengan Variasi Kombinasi Elektroda Menggunakan Metode Pengelasan Shielded Metal Arc Welding (Smaw)
- Iman Saefuloh., Dkk. 2018. Pengaruh Proses Quenching Dan Tempering Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Baja Karbon Rendah Dengan Paduan Laterit.

- Khotasa, S. (2016). Analisa Pengaruh Variasi Arus Dan Bentuk Kampuh Pada Pengelasan Smaw Terhadap Kekuatan Impact Sambungan Butt Joint Pada Plat Baja A36. (Doctoral Dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Kirono, S Dan Sanjaya, A. 2013. Pengaruh Hasil Pengelasan Gtaw Dan Smaw Pada Pelat Baja Sa 516 Dengan Kampuh V Tunggal Terhadap Kekuatan Tarik, Kekerasan Dan Struktur Mikro.
- Naufal., Dkk. 2021. Pengaruh Variasi Arus Las Smaw Terhadap Laju Korosi Dan Kekuatan Tarik Baja St 40
- Pratama., Dkk. 2019. Analisa Perbandingan Kekuatan Tarik, Tekuk, Dan Mikrografi Pada Sambungan Las Baja Ss 400 Akibat Pengelasan Fcaw (Fluxcored Arc Welding) Dengan Variasi Jenis Kampuh Dan Posisi Pengelasan.
- Rindam, P.M. 2020. Pengaruh Variasi Kuat Arus Pada Pengelasan Baja Aisi 1050 Terhadap Karakteristik Baja Dengan Menggunakan Metode Las Smaw Dan Tig.
- Sack, Raymond J. 1976. "Welding Principles And Practices". Mc Graw Hill.Usa.
- Salmon Charles G. 1991. Disain Dan Perilaku Struktur Baja. Penerbit Erlangga.
- Santoso., Dkk. 2015. Pengaruh Kuat Arus Listrik Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Las Smaw Dengan Elektroda E7016.
- Sardi., Dkk. 2018. Pengaruh Normalizing Dengan Variasi Waktu Penahanan Panas (Holding Time) Baja St 46 Terhadap Uji Kekerasan, Uji Tarik, Dan Uji Mikrografi.
- Sonawan H, 2003. Pengelasan Logam. Penerbit Alfabeta, Bandung.
- Sugianto. 2019 Pengaruh Kelembaban Elektroda Las Terhadap Kekuatan Tarik Multipass Welding Baja Aisi 1020.
- Suratman, R. 1994. Panduan Proses Perlakuan Panas. Penerbit Lembaga Penelitian Itb, Bandung.

- Utomo, Y.B. 2019. Studi Struktur Mikro Dan Sifat Mekanik Sambungan Butt Joint Pada Material Baja Karbon Dengan Las Listrik.
- Wandri., Dkk. 2016. Pengaruh Arus Ac Dan Dc Terhadap Hasil Pengelasan Pada Las Busur Listrik.
- Winardi., Dkk. 2020. Pengaruh Elektroda Pengelasan Pada Baja Aisi 1045 Dan Ss 202 Terhadap Struktur Mikro Dan Kekuatan Tarik
- Wiryosumarto, H Dan Okumura, T. 2000. Teknologi Pengelasan Logam. Cetakan Ke 8. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Wisnu Dan Nurhuda. 2017. Analisis Sifat Fisik Dan Mekanik Sambungan Las Oxy-Acetylene Pada Pelat Baja Karbon Rendah Dengan Variabel Nyala Torch Karburasi.