

ANALISA KEKUATAN SAMBUNGAN LAS SMAW PADA PLAT BAJA  
PADUAN DENGAN VARIASI ARUS 100 A, 130 A, 160 A

TUGAS AKHIR

Oleh:

**TOMMI OKTIBER GULTOM**

19320005

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Satu (S-1)


Pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik

Universitas HKBP Nommensen Medan




Disetujui oleh,

Pembimbing I

  
Dr. Richard A. M. Napitupulu, ST, MT  
NIDN: 0126057301


Pembimbing II

  
Sixen E. A. Penngin angin, ST, MT  
NIDN: 0103068964

Penguji I

  
Ir. Suciady Sihombing, MT  
NIDN: 0130016401


Penguji II

  
Dr. Parulian siagian, ST, MT  
NIDN: 0020096805



  
Ir. Yenny Sari Retna Sarag, ST, MT, IPU, ACPE  
NIDN: 0130017503

Program Studi Teknik Mesin  
Ketua

  
Ir. Suciady Sihombing, MT  
NIDN: 0130016401

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar belakang

Pengembangan teknologi dalam dunia industri semakin pesat demikian juga teknologi yang berkaitan penyambungan logam. Pengelasan sebagai salah satu cara penyambungan logam, mempunyai peranan penting dalam rekayasa dan reparasi atau perbaikan logam. Kemajuan pembangunan konstruksi logam pada masa sekarang banyak melibatkan unsur pengelasan khususnya dibidang rancang bangun karena sambungan las merupakan salah satu pembuatan sambungan yang secara teknis memerlukan keterampilan yang tinggi bagi pengelasnya, agar diperoleh sambungan dengan kualitas yang baik. Ruang lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam konstruksi sangat luas meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, sarana transportasi, rel, pipa saluran dan lain sebagainya.

Faktor yang mempengaruhi las adalah prosedur pengelasan yaitu suatu perencanaan untuk pelaksanaan penelitian yang meliputi cara pembuatan konstruksi las yang sesuai rencana dan spesifikasi dengan menentukan semua hal yang diperlukan dalam pelaksanaan tersebut. Faktor produksi pengelasan adalah jadwal pembuatan, proses pembuatan, alat dan bahan yang diperlukan, urutan pelaksanaan, persiapan pengelasan (meliputi: pemilihan mesin las, penunjukan juru las, pemilihan elektroda, penggunaan jenis kampuh) (Wiryosumarto, 2000).

Tidak semua logam memiliki sifat mampu las yang baik. Bahan yang mempunyai sifat mampu las yang baik diantaranya adalah baja paduan rendah. Baja ini dapat dilas dengan las busur elektroda terbungkus, las busur rendam dan las MIG (las logam gas mulia). Baja paduan rendah biasa digunakan untuk pelat-pelat tipis dan konstruksi umum (Wiryosumarto, 2000).

Penyambungan logam dengan menggunakan busur listrik sering juga disebut las listrik, las listrik merupakan suatu proses penyambungan logam dengan menggunakan tenaga listrik sebagai sumber panas, dan elektroda sebagai tambahan. Pengelasan dengan metode SMAW (Shield Metal Arc Welding) banyak digunakan karena proses pengelasan dengan metode ini menghasilkan sambungan yang kuat dan juga mudah digunakan.

Penyetelan kuat arus pengelasan akan mempengaruhi hasil las. Bila arus yang digunakan terlalu rendah akan menyebabkan sukarnya penyalaan busur listrik. Busur listrik

yang terjadi menjadi tidak stabil. Panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan elektroda dan bahan dasar sehingga hasilnya merupakan rigi-rigi las yang kecil dan tidak rata serta penembusan kurang dalam. Sebaliknya bila arus terlalu tinggi maka elektroda akan mencair terlalu cepat dan akan menghasilkan permukaan las yang lebih lebar dan penembusan yang dalam sehingga menghasilkan kekuatan tarik yang rendah dan menambah kerapuhan dari hasil pengelasan (Arifin, 1997).

Berdasarkan latar belakang diatas maka penelitian ini mengambil judul: “Analisa kekuatan sambungan las SMAW pada plat baja dengan variasi arus 100, 130, dan 160 Amper.

### **1.2 Rumusan masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah penelitian ini adalah Bagaimana menghasilkan kualitas sambungan las yang baik dari segi sifat mekanik dan struktur mikro.

### **1.3 Batasan masalah**

1. Penelitian ini menggunakan bahan baja karbon rendah yang mengalami perlakuan pengelasan SMAW dengan variasi arus 100A, 130A dan 160 A dengan menggunakan elektroda E6013 diameter 3,2 mm
2. Jenis kampuh yang digunakan adalah kampuh V dengan sudut  $60^{\circ}$ .
3. Spesimen yang sudah dilas diuji struktur mikro dan sifat mekanisnya (tarik dan kekerasan).
4. Teknik pengelasan yang digunakan dengan posisi pengelasan Horizontal dan sudut  $70^{\circ}$

### **1.4 Tujuan penelitian**

Untuk mendapatkan sambungan las yang baik dengan beberapa variabel dan pengujian secara mekanik serta struktur mikro.

### **1.5 Manfaat penelitian**

Sebagai peran nyata dalam pengembangan teknologi khususnya pengelasan. Maka penulis berharap dapat mengambil manfaat dari penelitian ini diantaranya :

1. Sebagai literatur pada penelitian yang sejenisnya dalam rangka pembangunan teknologi khususnya dibidang pengelasan.
2. Sebagai informasi bagi juru las untuk meningkatkan kualitas hasil pengelasan.
3. Sebagai informasi penting guna meningkatkan pengetahuan bagi peneliti dalam bidang pengujian bahan pengelasan teknik.
4. Bagi dunia industri, memberikan kontribusi dan acuan tentang metode pengelasan pada plate baja karbon rendah .

### **1.6 Metode penelitian**

Penulis menggunakan metode penelitian laboratorium yaitu mengamati dan mencatat hasil pengujian yang dilakukan. Adapun tahapan penelitian sebagai berikut :

1. Tahap studi literatur

Pada tahap ini mempelajari referensi yang berhubungan dengan pengelasan, metalurgi untuk selanjutnya digunakan untuk kajian pada penelitian dan pengujian yang dilakukan.

2. Tahap penyiapan benda uji

Pada tahap ini adalah proses pemotongan untuk membuat spesimen.

3. Tahap pelaksanaan pengujian

Pada tahap ini dilakukan dengan mengacu pada standar uji yang sudah ada dan disesuaikan dengan standar pengujian yang dipakai dalam penelitian.

4. Tahap pengamatan

Pada tahap ini dilakukan pengamatan serta mencatat hasil pengujian.

5. Tahap analisa dan pembahasan

Pada tahap ini pengujian dianalisa kembali agar mendapatkan hasil penelitian yang validitasnya baik.

6. Tahap kesimpulan

Pada tahap ini hasil penelitian disimpulkan dari tujuan penelitian.

### **1.7 Sistematika penulisan**

Sistematika penulisan pada tugas akhir ini meliputi:

## **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang penelitian yang akan dilakukan, perumusan masalah, tujuan yang hendak dicapai dalam penulisan tugas akhir, manfaat yang diperoleh, ruang lingkup penelitian untuk membatasi analisis yang dilakukan dalam tugas akhir serta sistematika penulisan.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis berpedoman pada beberapa penelitian tentang pengelasan plat baja karbon rendah yang pernah dilakukan, teori pengelasan dan sifat mekanik.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN.

Berisi tentang alur pengerjaan tugas akhir ini dengan tujuan untuk memecahkan masalah yang diangkat dalam bentuk diagram alir yang disusun secara sistematis yang dilengkapi dengan data penelitian serta pengelasan detail untuk setiap langkah pengerjaannya.

## BAB IV ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN.

Bab ini menjelaskan mengenai dua proses pengelasan yang dilakukan, serta mengetahui sifat mekanik dari proses yang dilakukan.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.

Bab ini berisi kesimpulan dari analisis serta saran yang bermanfaat guna berkelanjutan penelitian terkait kedepannya.

## DAFTAR PUSTAKA

Pada daftar pustaka, berisi tentang seluruh sumber yang dipakai penulis pada saat proses penulisan penelitian, baik berbentuk literatur dari internet, jurnal serta media lainnya.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pengelasan

Definisi pengelasan menurut DIN (*Deutsche Industrie Norman*) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dengan kata lain, las merupakan sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas.

Mengelas menurut Alip (1989) adalah suatu aktifitas menyambung dua bagian benda atau lebih dengan cara memanaskan atau menekan atau gabungan dari keduanya sedemikian rupa sehingga menyatu seperti benda utuh. Penyambungan bisa dengan atau tanpa bahan

tambah (*filler metal*) yang sama atau berbeda titik cair maupun strukturnya.

Merujuk *American Welding Society*(AWS), pengelasan adalah suatu proses penyambungan dua material atau lebih biasanya berupa logam, dengan menggunakan energi panas sampai material yang akan disambung tersebut meleleh kemudian menyatu dengan memberikan tekanan atau tidak, serta dengan memberikan bahan tambahan.

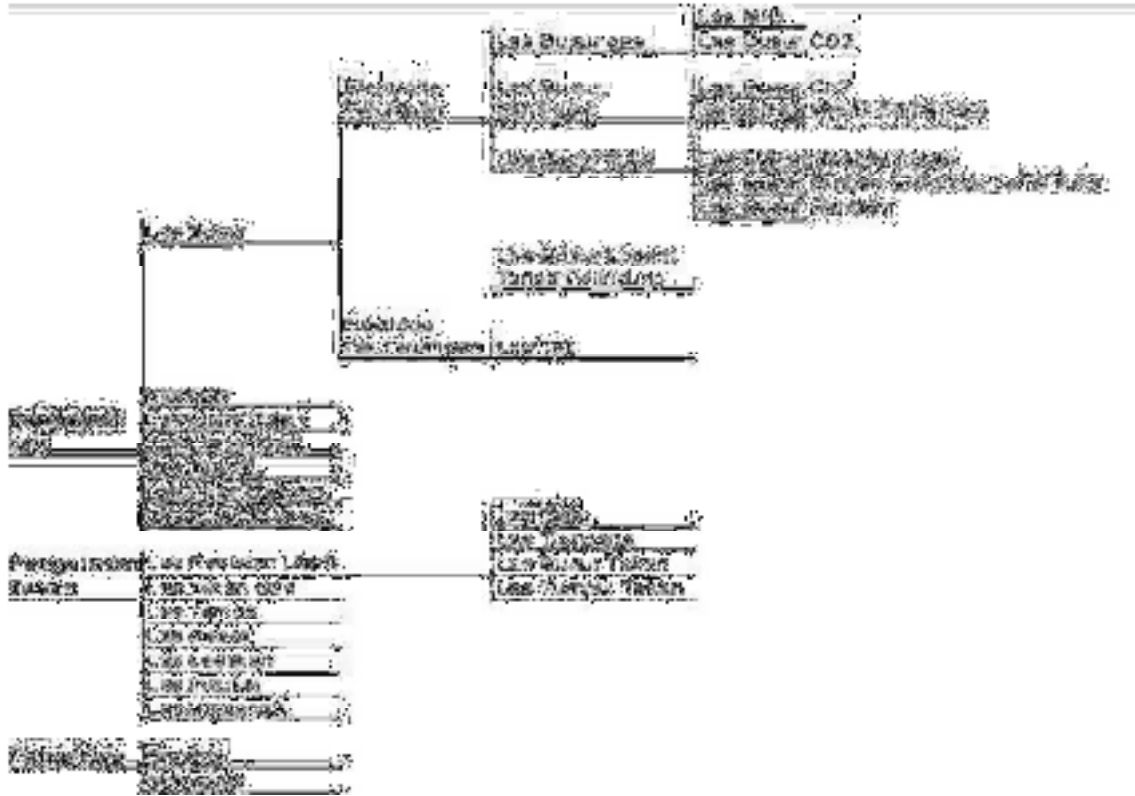
Mengelas bukan hanya memanaskan dua bagian benda sampai mencair dan membiarkan membeku kembali, tetapi membuat lasan yang utuh dengan cara memberikan bahan tambah atau elektroda pada waktu dipanaskan sehingga mempunyai kekuatan seperti yang dikehendaki. Kekuatan sambungan las dipengaruhi beberapa faktor antara lain: prosedur pengelasan, bahan, elektroda dan jenis kampuh yang digunakan.

## **2.2 Klasifikasi Pengelasan**

Sampai saat ini banyak sekali pengklasifikasian yang digunakan dalam bidang las, hal ini disebabkan karena perlu adanya kesepakatan dalam hal-hal tersebut. Secara konvensional cara-cara pengklasifikasian tersebut dibagi dua golongan, yaitu klasifikasi berdasarkan kerja dan klasifikasi berdasarkan energi yang digunakan. Klasifikasi pertama membagi las dalam kelompok las cair, las tekan, las patri dan lain-lainnya. Sedangkan klasifikasi berdasarkan energi membedakan adanya kelompok-kelompok seperti las listrik, las kimia, las mekanik dan seterusnya. Bila diadakan pengklasifikasian yang lebih terperinci lagi, maka kedua klasifikasi tersebut diatas akan terbentuk kelompok-kelompok yang banyak sekali.

Klasifikasi pertama membagi las dalam kelompok las cair, las tekan, las patri dan lain-lainnya. Sedangkan klasifikasi yang kedua membedakan adanya kelompok-kelompok seperti las listrik, las kimia, las mekanik dan seterusnya. Bila diadakan pengklasifikasian yang lebih terperinci lagi, maka kedua klasifikasi tersebut diatas akan terbentuk kelompok-kelompok yang banyak sekali. Berikut tabel klasifikasi cara pengelasan.

Gambar 1 klasifikasi cara pengelasan(Wiryosumarto,2000)



**Gambar 1. Klasifikasi cara pengelasan (Wirjosumarto, 2000)**

Pengelasan dengan menggunakan electric arc welding dibagi menjadi 2 kategori yaitu *Consumable Electrode* dan *NonConsumable Electrode*. Penggolongan proses tersebut didasarkan pada penggunaan jenis elektroda apakah ikut terbakar dan mencair bersama logam las saat proses pengelasan berlangsung atau tidak. Yang dimaksud dengan *Consumable Electrode* adalah bahwa elektroda ikut habis terbakar dan sekaligus sebagai bahan pengisi pada logam las. Macam-macam pengelasan kategori *Consumable Electrode* diantaranya adalah *Shielded Metal Arc Welding (SMAW)*, *Gas Metal Arc Welding (GMAW/MIG)*, *Submerged Arc Welding (SAW)* dan *Flux Core Arc Welding (FCAW)*. Sedangkan *non Consumable Electrode* adalah proses pengelasan dimana elektroda tidak ikut terbakar. Bahan pengisi menggunakan bahan lain yang dicairkan bersamaan dengan proses pencairan logam induk. Macam-macam pengelasan *NonConsumable Electrode* yang paling populer adalah *Gas Tungsten Arc Welding (GTAW/TIG)*. Sedangkan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengelasan SMAW.

### 2.3 SMAW (Shielded Metal Arc Welding)

Logam induk dalam pengelasan ini mengalami pencairan akibat pemanasan dari busur

listrik yang timbul antara ujung elektroda dan permukaan benda kerja. Busur listrik dibangkitkan dari mesin las. Elektroda yang digunakan berupa kawat las yang terbungkus pelindung berupa *fluks*. Elektroda ini selama pengelasan akan mengalami pencairan bersama dengan logam induk dan membeku bersama menjadi bagian kumpuh las.

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

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



**Gambar 2. Las SMAW (Wiryosumarto, 2000)**

## 2.4 Elektroda

Pengelasan dengan menggunakan las busur listrik memerlukan kawat las (elektroda) yang terdiri dari satu inti terbuat dari logam yang dilapisi lapisan dari campuran kimia. Fungsi dari elektroda sebagai pembangkit dan sebagai bahan tambah. Elektroda terdiri dari dua bagian yaitu bagian yang berselaput (*fluks*) dan tidak berselaput yang merupakan pangkal untuk menjepitkan tang las. Fungsi dari *fluks* adalah untuk melindungi logam cair dari lingkungan udara, menghasilkan gas pelindung, menstabilkan busur.

Jenis elektroda E6013 adalah serbuk besi dan hidrogen rendah jenis ini kadang disebut jenis kapur. Jenis ini menghasilkan kadar hidrogen rendah sehingga kepekaan terhadap retak sangat rendah ketangguhannya. Ketangguhan hasil pengelasan yang paling baik pada elektroda E6013 dengan kuat arus 100-130 A (Juniarto,2017). Elektroda adalah bagian ujung yang



behubungan dengan benda kerja rangkaian penghantar arus listrik sebagai sumber panas. Jenis elektroda yang akan dipakai dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



**Gambar 3. Elektroda E6013**

#### Keterangan

- E** : lektroda las listrik (E6013 diameter 3,2 mm).
- 60** : Tegangan tarik maksimum dari hasil pengelasan ( 60.000 psi)atau sama dengan 413MPa
- 1** : Posisi pengelasan (angka 1 dapat dipakai dalam semua posisi pengelasan yaitu: F(datar), V(Vertikal), OH (Atas kepala), H(Horizontal))
- 3** : Menunjukkan jenis selaput serbuk besi hydrogen rendah dan interval arus las yang cocok untuk pengelasan.

Karena kuat tariknya hanya 60.000 psi(413MPa) biasanya hanya untuk *tagweld* dan pengelasan non tekanan Spesifikasi elektroda untuk baja karbon berdasarkan jenis dari lapisan elektroda, jenis listrik yang digunakan, posisi pengelasan dan polaritas pengelasan terdapat pada tabel 2.2 Dibawah ini:

**Tabel 1. Spesifikasi elektroda terbungkus dari baja lunak (WiryoSumarto, 2000)**

Klasifikasi ANSI-ASTM	Induk (Data)	Paduan pengelasan	Jenis las	Ketahanan suhu (°C)	Ketahanan tekanan (MPa)	Pada jarak (mm)
Ketahanan tarik dan ketahanan torsi pada suhu kamar dan suhu tinggi						
E308	Resam stainless steel	F, V, 08, H	DC pelat las	415	385	20
E309	Resam stainless steel	F, V, 09, H	AC atau DC pelat las	415	385	20
E310	Resam stainless steel	F, V, 09, H	AC atau DC pelat las	415	385	20
E307	Resam stainless steel	F, V, 07, H	AC atau DC pelat las	415	385	20
E308	Resam stainless steel	F, V, 08, H	AC atau DC pelat las	415	385	20
E309	Resam stainless steel	F, V, 09, H	AC atau DC pelat las	415	385	20
E310	Resam stainless steel	F, V, 10, H	AC atau DC pelat las	415	385	20
Ketahanan tarik dan ketahanan torsi pada suhu kamar dan suhu tinggi						
E308	Resam stainless steel	F, V, 08, H	AC atau DC pelat las	415	385	20
E309	Resam stainless steel	F, V, 09, H	AC atau DC pelat las	415	385	20
E310	Resam stainless steel	F, V, 10, H	AC atau DC pelat las	415	385	20
E308	Resam stainless steel	F, V, 08, H	AC atau DC pelat las	415	385	20
E309	Resam stainless steel	F, V, 09, H	AC atau DC pelat las	415	385	20
E310	Resam stainless steel	F, V, 10, H	AC atau DC pelat las	415	385	20

Klasifikasi ANSI-ASTM	Ketahanan tarik maksudnya	Jenis las	Ketahanan suhu (°C)	Ketahanan tekanan (MPa)	Pada jarak (mm)
E308, E309, E310	20 kg/cm pada 20,0°C	DC atau AC pelat las	415	385	20
E308, E309, E310	20 kg/cm pada 20,0°C	DC atau AC pelat las	415	385	20
E308, E309, E310	tidak dinyatakan	DC atau AC pelat las	415	385	20

## 2.5 Heat Input

Pencairan logam induk logam pengisi memerlukan energi yang cukup. Energi yang dihasilkan dalam operasi pengelasan dihasilkan dari bermacam macam sumber tergantung pada proses pengelasannya. Pada pengelasan busur listrik, sumber energi berasal dari listrik yang diubah menjadi energi. Energi panas ini sebenarnya hasil kolaborasi dari arus las, tegangan las dan kecepatan pengelasan. Parameter ketiga yaitu kecepatan pengelasan ikut mempengaruhi energi pengelasan karena proses pemanasannya tidak diam akan tetapi bergerak dengan kecepatan tertentu.

Kualitas hasil pengelasan dipengaruhi oleh energi panas yang berarti dipengaruhi tiga parameter yaitu arus las, tegangan las, dan kecepatan pengelasan hubungan antara parameter itu menghasilkan energi pengelasan yang disebut *heat input*. Persamaan dari *heat input* hasil dari ketiga parameter dapat dituliskan sebagai berikut:

$$HI(\text{heat input}) = \frac{\text{tegangan pengelasan (E)} \times \text{arus pengelasan}}{\text{kecepatan pengelasan (V)}}$$

Dari persamaan ini dapat dijelaskan beberapa pengertian antara lain jika kita menginginkan masukan panas yang tinggi maka parameter dapat diukur yaitu arus las dapat

diukur langsung pada mesin las. Tegangan las pada umumnya tidak dapat diukur secara langsung pada mesin las, tetapi pengaruhnya terhadap masukan panas tetap ada.

Untuk memperoleh masukan panas yang sebenarnya dari suatu proses pengelasan, persamaan satu dilakukan dengan efisiensi proses pengelasan.

## **2.6 Besar Arus Listrik**

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

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

## **2.7 Baja**

Baja adalah logam paduan, logam besi sebagai unsur dasar dengan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan unsur karbon dalam baja berkisar antara 0,2% hingga 2,1% berat sesuai grade-nya. Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur penguat dengan mencegah dislokasi bergeser pada sisi kristal (crystal lattice) atom besi. Baja karbon ini dikenal sebagai baja hitam karena berwarna hitam, banyak digunakan untuk peralatan pertanian misalnya sabit dan cangkul. Unsur paduan lain yang biasa ditambahkan selain karbon adalah titanium, krom (chromium), nikel, vanadium, cobalt dan tungsten (wolfram). Dengan memvariasikan kandungan karbon dan unsure paduan lainnya, berbagai jenis kualitas baja bisa didapatkan. Penambahan kandungan karbon pada baja dapat meningkatkan kekerasan (hardness) dan kekuatan tariknya (tensile strength), namun di sisi lain membuatnya menjadi getas (brittle) serta menurunkan keuletannya (ductility).

## 2.7.1 Klasifikasi baja

### 1. Baja karbon

Baja karbon tersusun dari unsur besi dan unsur karbon. Oleh sebab itu, pada umumnya baja sebagian besar hanya mengandung karbon dengan sedikit unsur paduan lainnya. Perbedaan nilai persentase kandungan karbon dalam campuran unsur logam baja menjadi salah satu klasifikasi baja. Pada baja karbon dapat dibedakan menjadi tiga berdasarkan nilai karbon yang terkandung dalam baja. Berdasarkan kandungan karbon, baja karbon dibagi kedalam tiga macam, yaitu:

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

Baja karbon rendah adalah baja karbon dengan kandungan unsur karbon kurang dari 0,30% dari berat keseluruhan baja paduan. Perlakuan panas sangat sulit untuk dilakukan pada baja karbon rendah karena tidak terjadi pembentukan martensit. Baja karbon rendah memiliki keuletan dan ketangguhan yang tinggi. Secara mikrotik, baja karbon rendah terdiri dari ferit dan sedikit perlit. Baja karbon rendah merupakan bahan pembuatan peralatan permesinan dan pengelasan. Syarat penggunaan baja karbon rendah ialah kekuatan dan syarat pekerjaan teknis yang tidak terlalu besar. Batas kekuatan tekanan yang mampu diterima oleh baja karbon rendah adalah kurang dari 100.000 psi (690 MPa). Selain itu, pengerasan tidak dapat terjadi pada mesin berukuran besar serta sangat mudah mengalami oksidasi dan korosi.

#### b. Baja karbon Sedang (*Medium Carbon Steel*)

Baja karbon sedang adalah salah satu logam yang banyak dipakai dalam membuat komponen-komponen mesin yang memiliki kekuatan sedang seperti poros dan roda gigi. Karena kandungan karbonnya yang sedang, baja ini memiliki kemudahan untuk dikerjakan dengan menggunakan bermacam-macam peralatan pemesinan ataupun menggunakan perkakas yang mampu untuk dibentuk sesuai dengan keinginan dan kebutuhan, karena sifat dari baja tersebut yang lunak dan ulet. Selain itu, untuk harganya terbilang murah dan lebih mudah ditemukan di toko material logam dibandingkan dengan baja jenis lainnya. Kandungan dari baja karbon sedang sebesar 0,30%-0,60%.

Berdasarkan kandungannya tersebut baja karbon sedang menjadi pilihan untuk dijadikan sebagai bahan baku komponen mesin namun karena memiliki kandungan karbon dibawah 0,6%

maka baja karbon sedang harus diberikan heat treatment (perlakuan panas) untuk mendapatkan sifat-sifat sesuai penggunaannya dari sifat lunak hingga sifat keras. Baja karbon sedang mampu dikeraskan dan ditempering, dapat dilas dan mudah dikerjakan pada mesin yang baik (Surdia & Saito, 1985). Dalam pengerjaannya baja karbon sedang sering dikerjakan dengan metode pengelasan. Pada proses pengelasan banyak terjadi proses perubahan metalurgi, deformasi dan tegangan termal pada daerah sekitar pengelasan karena daerah tersebut mengalami siklus termal yang cepat (Setiawan & Yuli, 2006).

#### c. Baja karbon tinggi (*High Carbon Steel*)

Baja karbon tinggi adalah baja paduan dengan kandungan karbon antara 0,60–1,4% dari keseluruhan berat baja paduan. Sifat baja karbon tinggi adalah sangat keras dan kuat tetapi memiliki keuletan yang rendah. Baja karbon tinggi digunakan dalam pembuatan alat-alat potong dan cetakan baja dengan penambahan unsur krom, vanadium, wolfram dan molibdenum sehingga sangat keras dan kuat serta memiliki ketahanan terhadap gesekan yang tinggi. Pada peralatan dengan ketahanan gesek yang tinggi dan pada pisau potong, baja karbon tinggi dapat digunakan setelah mengalami proses pengerasan dan penemperan.

## 2.8 Pengujian Logam

Dalam pengujian logam, terdapat beberapa cara yang biasanya digunakan seperti *Destructive Test*, *Non-Destructive Test*, dan *Metallography*.

#### a. Pengujian merusak (**Destructive Test**)

Metode satu ini adalah pengujian logam yang menimbulkan kerusakan pada logam yang sedang diuji. Tujuan dari metode pengujian ini adalah mengetahui ketahanan material dengan cara rusak menggunakan alat uji, yang meliputi uji tarik, uji puntir, uji tekan, uji lelah, uji impak, uji metalografi untuk diketahui kualitasnya

#### b. pengujian tidak merusak (**Non Destructive Test**)

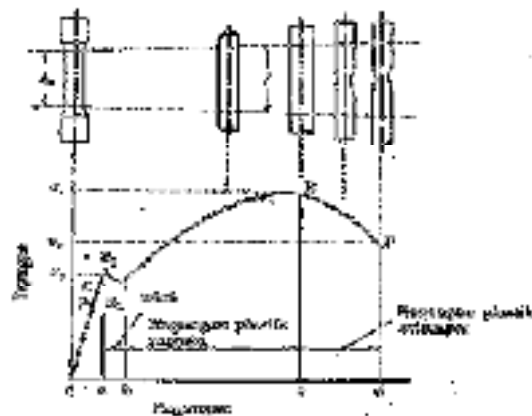
Untuk metode pengujian ini dipakai untuk mengetahui apakah material logam yang diuji masih aman atau sudah melewati batas kerusakan. NDT ini dilakukan minimal dua kali yaitu selama fabrikasi dan di akhir proses fabrikasi dan dilakukan dalam jangka waktu tertentu. Untuk kebutuhan hasil kualitas las pada penelitian ini menggunakan pengujian merusak *Destructive Test*.

### 2.8.1 Pengujian Tarik

Proses pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik benda uji. Pengujian tarik untuk kekuatan tarik daerah las dimaksudkan untuk mengetahui apakah kekuatan las mempunyai nilai yang sama. Pengujian tarik untuk kualitas kekuatan tarik dimaksudkan untuk mengetahui berapa nilai kekuatan 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.

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

Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinu dan perlahan bertambah besar. Bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan yang dialami benda uji dan dihasilkan kurva berupa tegangan-regangan.



Gambar 4. Kurva tegangan regangan (Wiryo Sumarto, 2000)

Tegangan pengujian dapat diperoleh dengan membagi beban dengan luas penampang mula benda uji.

$$\sigma_u = \frac{F_u}{A_0} \dots\dots\dots \text{(callister)}$$

Dimana :

$\sigma_u$  = Tegangan nominal ( $\text{kg/mm}^2$ )

$F_u$  = Beban maksimal (kg)

$A_o$  = Luas penampang mula dari penampang batang( $\text{mm}^2$ )

Regangan (persentase pertambahan panjang) yang diperoleh dengan membagi perpanjangan panjang ukur ( $\Delta L$ ).

$$e = \frac{L-L_o}{L_o} \times 100 \% \dots\dots\dots(\text{Callister})$$

$$e = \frac{\Delta L}{L_o} \times 100\%$$

Dimana :

$e$  = Regangan (%)

$L$  = Panjang akhir (mm)

$L_o$  = Panjang awal (mm)

Pembebanan tarik dilakukan terus menerus dengan menambahkan beban sehingga akan mengakibatkan perubahan bentuk pada berupa benda berupa pertambahan panjang dan pengecilan luas permukaan dan akan mengakibatkan kepatahan pada beban. Persentase pengecilan yang terjadi dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut.

$$\%RA = \frac{A_o-A_i}{A_o} \times 100\% \dots\dots\dots(\text{callister})$$

Dimana :

$RA$  = Reduksi penampang (%)

$A_o$  = Luas penampang mula mula ( $\text{mm}^2$ )

$A_i$  = Luas penampang akhir ( $\text{mm}^2$ )

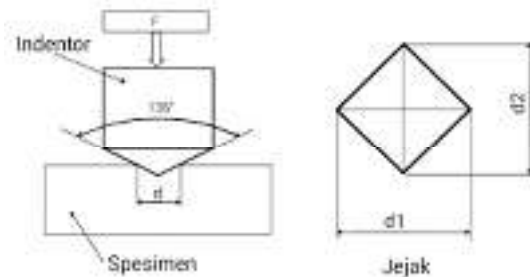
### 2.8.2 Pengujian kekerasan

Kekerasan adalah ketahanan suatu logam terhadap deformasi plastis karena pembebanan pada permukaan yang berupa beban tekan atau goresan.

Uji kekerasan adalah pengujian yang paling efektif untuk menguji kekerasan dari suatu material, karena dengan pengujian ini kita dapat dengan mudah mengetahui gambaran sifat mekanis suatu material. Meskipun pengukuran hanya dilakukan pada suatu titik, atau daerah tertentu saja, nilai kekerasan cukup valid untuk menyatakan kekuatan suatu material. Dengan melakukan uji keras, material dapat dengan mudah di golongkan sebagai material ulet atau getas. Gambar uji kekerasan vikcers dapat dilihat pada gambar dibawah ini

Pengujian kekerasan logam ini secara garis besar ada 3 jenis yaitu cara goresan,

penekanan, cara dinamik. Proses pengujian yang mudah dan cepat dalam memperoleh angka kekerasan yaitu penekanan. Penentuan kekerasan penekanan ada 3 cara yaitu *Brinell*, *Vickers*, dan *Rockwell*. Pada penelitian ini digunakan cara mikro *Vickers* dengan menggunakan penekan berbentuk piramida intan. Besar sudut antara permukaan piramida yang saling berhadapan  $136^{\circ}$ . pada pengujian ini bahan ditekan dengan gaya tertentu dan terjadi cetakan pada bahan uji dari intan. Gambar uji kekerasan vikcers dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 5. Kekerasan *Vickers***

Pengujian ini sering dinamakan uji kekerasan piramida intan, karena menggunakan bentuk piramida intan. Nilai kekerasannya disebut dengan kekerasan HV atau VHN (*Vickers Hardness Number*), didefinisikan sebagai beban dibagi luas permukaan bekas penekanan.

$$HVN = 1,854 \times \frac{P}{D^2}$$

Dimana :  $D^2 = \frac{d_1 + d_2}{2}$

P = Beban yang diujikan

$d_1$  = Tinggi bagian yang diuji

$d_2$  = Lebar bagian yang diuji

$D^2$  = Diagonal bekas penekanan indenter



**Gambar 6. hasil penekanan indenter**



### **2.8.3 Uji struktur mikro**

Struktur bahan dalam orde kecil sering disebut struktur mikro. Struktur ini tidak dapat dilihat dengan mata telanjang, tetapi harus menggunakan alat pengamat struktur mikro.

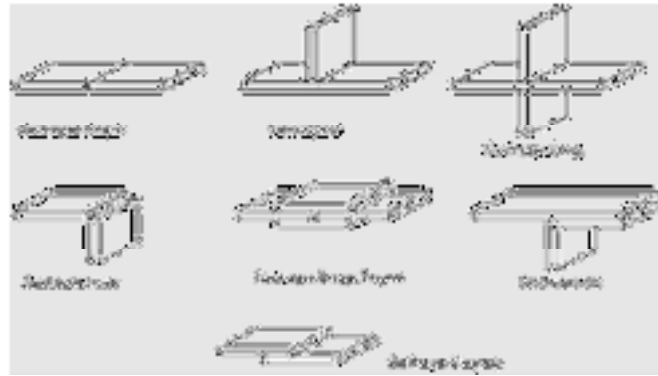
Penelitian ini menggunakan mikroskop cahaya. Persiapan yang dilakukan sebelum mengamati struktur mikro adalah pengefraisan spesimen, pengampelasan, pemolesan dan pengetsaan. Setelah dipilih, bahan uji diratakan kedua permukaannya dengan menggunakan mesin frais, dalam pendinginan harus selalu terjaga agar tidak timbul panas yang mempengaruhi struktur mikro. Setelah rata digosok dengan menggunakan ampelas mulai dari yang kasar sampai yang halus. Arah pengampelasan tiap tahap harus diubah, pengampelasan yang lama dan penuh kecermatan akan menghasilkan permukaan yang halus dan rata. Bahan yang halus dan rata itu diberi autosol untuk membersihkan noda yang menempel pada bahan. Langkah terakhir sebelum dilihat struktur mikro adalah dengan mencelupkan spesimen ke dalam larutan etsa dengan penjepit tahan karat dan permukaan menghadap keatas. Kemudian spesimen dicuci, dikeringkan dan dilihat struktur mikronya.

Pemilihan daerah pengamatan pada uji struktur mikro pengelasan adalah daerah WELD, HAZ, BASE METAL. Untuk proses pengetsaan digunakan campuran Asam nitrat dan Etanol. Dengan 98% etanol dan Asam nitrat 30% untuk mendapatkan hasil yang sesuai maka dibutuhkan waktu penahanan selama 5 detik, kemudian dicuci dengan air bersih dan alkohol, spesimen yang sudah dibersihkan kemudian dikeringkan.

## **2.9 Jenis-jenis Sambungan las**

### **2.9.1. Sambungan las dasar**

Sambungan las dalam konstruksi baja pada dasarnya terbagi dalam sambungan tumpul, sambungan T, sambungan sudut, dan sambungan tumpang. Sebagai perkembangan sambungan dasar tersebut di atas terjadi sambungan silang, sambungan dengan penguat dan sambungan sisi (Wiryosumarto, 2000)



**Gambar 7. Sambungan las dasar**

### 2.9.2 Sambungan Las tumpul

Sambungan tumpul adalah jenis sambungan yang paling efisien. Sambungan ini dibagi lagi menjadi dua yaitu sambungan penetrasi penuh dan sambungan penetrasi sebagian.

Bentuk alur dalam sambungan tumpul sangat mempengaruhi efisiensi pengerjaan, pengerjaan efisiensi sambungan dan jaminan sambungan. Karena itu pemilihan sambungan las sangat penting. Bentuk dan ukuran alur sambungan datar ini sudah banyak di standarkan dalam standar AWS, BS, GOST, DIN, JSSC. Berikut gambar sambungan las tumpul(Wiryosumarto, 2000)

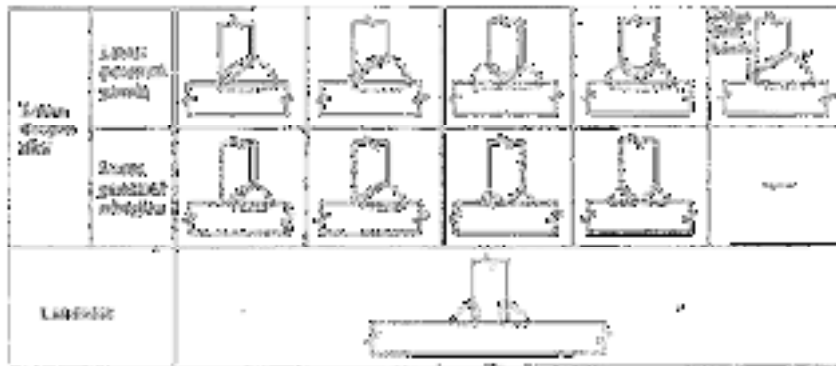
Jenis las	Las tumpul datar		
	Las tumpul datar dengan las	Las tumpul datar dengan las dan las	Las tumpul datar dengan las dan las
Las tumpul			
Las tumpul 90°			
Las tumpul 60°			
Las tumpul 45°		—	
Las tumpul 30°		—	
Las tumpul 15°		—	
Las tumpul 5°		—	
Las tumpul 0°		—	

**Gambar 8. Sambungan las tumpul**

### 2.9.3 Sambungan las T dan Sambungan Silang

Pada kedua sambungan ini secara garis besar dibagi dalam dua jenis yaitu jenis las dengan alur dan jenis las sudut. Hal-hal yang dijelaskan untuk sambungan tumpul diatas juga berlaku untuk sambungan las ini. Dalam pelaksanaan pengelasan mungkin sekali ada bagian datang yang menghalangi yang dalam hal ini dapat diatasi dengan memperbesar sudut alur (Wiryosumarto,2000).

Berikut gambar sambungan las T dan silang.



Gambar 9. Sambungan T(Wiryosumarto, 2000)

### 2.9.4 Sambungan Sudut

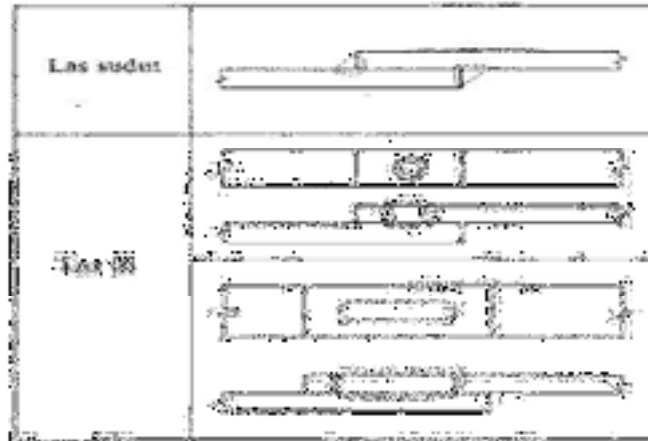
Dalam sambungan ini dapat terjadi penyusutan dalam arah tebal pelat yang dapat menyebabkan terjadinya retak lamel. Hal ini dapat dihindari dengan membuat alur pada pelat tegak seperti yang terlihat pada gambar 2.9. Bila pengelasan dalam tidak dapat dilakukan karena sempitnya ruang maka pelaksanaannya dapat dilakukan dengan pengelasan tembus atau pengelasan dengan pelat pembantu(Wiryosumarto, 2000)



Gambar 10. Macam-macam sambungan sudut

### 2.9.5 Sambungan Tumpang

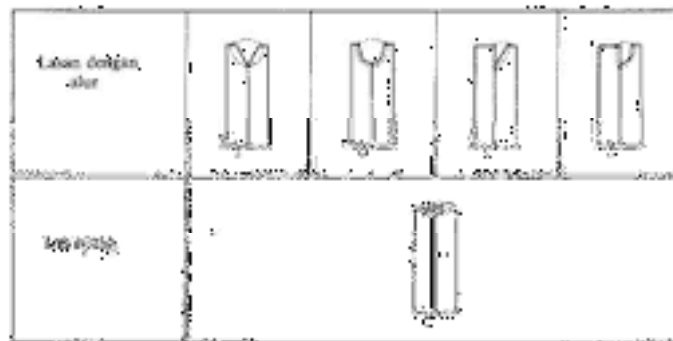
Sambungan tumpang dibagi dalam 2 jenis seperti ditunjukkan dalam gambar 2.10. karena sambungan ini efisiensinya rendah maka jarang sekali digunakan untuk pelaksanaan penyambungan konstruksi utama. Sambungan tumpang biasanya dilaksanakan dengan las sudut, dan las isi(Wiryosumarto, 2000).



Gambar 11. Sambungan Tumpang

### 2.9.6 Sambungan Sisi

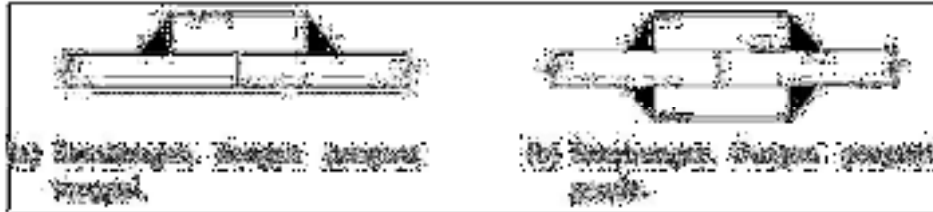
Sambungan sisi dibagi dalam sambungan las dengan alur dan sambungan las ujung seperti yang terlihat pada gambar. 2.11. Untuk jenis yang pertama pada pelatnyaharus dibuat alur sedangkan pada jenis kedua pengelasan dilakukan pada ujung pada pelat tanpa alur. Jenis yang kedua ini biasanya hasilnya kurang memuaskan kecuali bila pengelasannya dilakukan dengan dalam posisi datar dengan aliran listrik yang tinggi. Karena hal ini maka jenis ini hanya dipakai untuk pengelasan tambahan atau sementara pada pelat-pelat yang tebal (Wiryosumarto).



Gambar 12. Sambungan Sisi

### 2.9.7 Sambungan dengan pelat penguat

Sambungan ini dibagi menjadi dua jenis yaitu sambungan pelat penguat tunggal dan dengan pelat penguat ganda seperti yang ditunjukkan dalam gambar 2.12. Dari alasan yang sama dengan sambungan tumpang, maka sambungan inipun jarang digunakan untuk penyambungan konstruksi utama (Wiryosuarto, 2000).



**Gambar 13. Sambungan dengan penguat**

Dalam perencanaan pengelasan ini sambungan las yang digunakan adalah sambungan las tumpul V tunggal atau sering disebut kampuh V. Sambungan kampuh V dipergunakan untuk menyambung logam atau plat dengan ketebalan 6-15 mm. Sambungan ini terdiri dari sambungan kampuh V terbuka dan sambungan kampuh V tertutup. Sambungan kampuh V terbuka dipergunakan untuk menyambung plat dengan ketebalan 6-15 mm. dengan sudut kampuh antara  $60^{\circ}$ - $80^{\circ}$ , jarak akar 2 mm, tinggi akar 1-2 mm( Sonawan, 2004).



**Gambar 14. Sambungan Kampuh V**

# METODOLOGI PERCOBAAN

## 3.1 Waktu dan tempat penelitian

1. Pembuatan bentuk spesimen benda uji dan proses pengelasan dilakukan di laboratorium Teknik Mesin Universitas HKBP Nommensen Medan.
2. Pengujian kekuatan tarik dan pengujian kekerasan dilakukan dilaboratorium Metalurgi jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas HKBP Nommensen Medan.

## 3.2 Alat dan bahan

Dalam penelitian ini peralatan yang digunakan selama pembuatan spesimen dan pengambilan data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mistar. Digunakan untuk mengukur dimensi dari benda yang akan diuji sesuai dengan ukuran yang diinginkan.
2. Mesin gergaji. Digunakan untuk memotong spesimen yang akan dibuat benda uji.
3. Mesin gerinda. Digunakan untuk meratakan permukaan las setelah dilas dan membuat takikan pada benda uji.
4. Mesin las. Digunakan untuk mengelas atau menyambung benda kerja yang akan digunakan untuk mengadakan pengujian.
5. Kertas gosok. Digunakan untuk menghaluskan permukaan benda uji.
6. Mesin penguji. Digunakan untuk menguji kekuatan dan kekerasan sambungan las.

Bahan atau spesimen yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja paduan sedang yang berbentuk plat, kemudian bahan tersebut dibagi dalam beberapa potongan dan dilas dengan elektroda E6013 dengan diameter 3,2 mm. Ukuran spesimen yang dibutuhkan sesuai standar uji tarik. Panjang keseluruhan spesimen uji 220 mm dengan panjang : $L_o = 80$  mm,  $W_o = 12,5$  mm dengan ketebalan spesimen 12 mm.

### 3.2.1 Alat yang digunakan

Peralatan-peralatan yang digunakan untuk membentuk spesimen dalam pengujian adalah sebagai berikut :

1. **Mesin Las Listrik.**

Mesin Las Listrik adalah mesin perkakas untuk pengelasan yang menggunakan panas untuk mencairkan material dasar dan elektroda. Panas tersebut ditimbulkan oleh lompatan ion listrik yang terjadi antara katoda dan anoda (ujung elektroda dan permukaan plat yang akan dilas). Panas yang timbul dari lompatan ion listrik ini besarnya dapat mencapai  $4000^{\circ}$  sampai  $4500^{\circ}$  Celcius. Sumber tegangan yang digunakan ada dua macam yaitu listrik AC ( Arus bolak balik ) dan listrik DC ( Arus searah ). Sehingga elektroka yang sudah dicairkan dapat menyambungkan logam yang akan dilas.



**Gambar 15. Mesin Las Listrik**

## **2. Gerinda.**

Mesin Gerinda adalah suatu alat ekonomis untuk menghasilkan bahan dasar benda kerja dengan permukaan kasar maupun permukaan yang halus untuk mendapatkan hasil dengan ketelitian yang tinggi. Mesin gerinda bekerja dengan berputar bersentuhan dengan benda kerja sehingga terjadi pengikisan, penajaman, pengasahan, pemolesan, maupun pemotongan.



**Gambar 16. Mesin gerinda**

## **3. Penggaris**

Penggaris Penggaris digunakan untuk mengukur panjang spesimen sesuai kebutuhan.



**Gambar 17. Penggaris**

#### **4. Mesin gergaji**

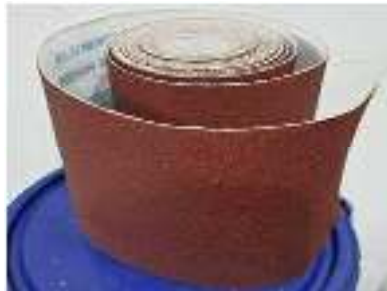
Mesin gergaji digunakan untuk memotong spesimen sesuai ukuran yang dibutuhkan.



**Gambar 18. Mesin gergaji**

#### **5. Kertas gosok**

Kertas gosok digunakan untuk menghaluskan benda kerja untuk pengujian metalografi kekerasan dan mikri struktur. Kertas gosok diusahakan menggunakan kertas halus dari 600 sampai 1000



**Gambar 19. Kertas gosok**

### **3.2.2 Bahan**

Bahan yang digunakan untuk penelitian adalah :

#### **1. Baja karbon**



Baja karbon ini adalah sebagai spesimen untuk pengujian. Spesimen ini akan dipotong menjadi dua bagian untuk persiapan pembuatan kampuh V  $60^{\circ}$ . yang akan dilas dengan.



**Gambar 20. Baja paduan**

## **2. Elektroda**

Adapun elektroda yang digunakan :  
E6013 dengan diameter 3,2 mm dengan tipe RB 26



**Gambar 21. Elektroda E6013 RB26**

### **3.2.3 Mesin yang digunakan untuk pengujian**

#### **1. Mesin uji tarik**

Uji tarik merupakan salah satu pengujian untuk mengetahui sifat-sifat suatu bahan. Dengan menarik suatu bahan kita akan segera mengetahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang. Alat eksperimen untuk uji tarik ini harus memiliki cengkeraman (*grip*) yang kuat dan kekakuan yang tinggi (*highly stiff*).



**Gambar 22. Mesin uji tarik**

## **2. Mesin uji kekerasan.**

Uji kekerasan merupakan sebuah alat yang digunakan untuk mengukur nilai kekerasan atau kekakuan suatu material.



**Gambar 23. Mesin uji kekerasan**

## **3. Mikroskop**

Mikroskop digunakan untuk mengetahui isi unsur kandungan yang terdapat didalam spesimen baja paduan yang akan diuji. Dengan menggunakan spesimen uji yang telah dihaluskan agar dapat terlihat kandungan didalam benda uji tersebut.



**Gambar 24. Mikroskop**

### **3.3 Keamanan dan keselamatan kerja**

#### **3.3.1 Peralatan keselamatan kerja**

##### **1. Mantel las**

Jaket dan pakaian las adalah item alat pelindung diri (APD) yang dimaksudkan untuk melindungi diri dalam melakukan tahap penelitian dari percikan logam dan panas tinggi dengan menggunakan bahan tahan api dan isolasi termal.



**Gambar 25. Mantel Las**

##### **2. Welding gloves (sarung tangan las)**

Sarung tangan las adalah sarung tangan yang khusus dibuat untuk proses pekerjaan las, bahan sarung tangan las terbuat dari kulit atau bahan sejenis asbes dengan kelenturan yang baik.



**Gambar 26. Sarung Tangan Las**

##### **3. Helm las**

Berfungsi untuk melindungi mata sekaligus dari debu, dan percikan api pada saat melakukan pengelasan.



**Gambar 27. Helm Las**

#### **4. Sepatu las**

Sepatu las terbuat dari bahan kulit dan terdapat sebuah plat baja pada bagian depannya, yang berfungsi untuk melindungi kaki dari kejatuhan benda yang berat dan benda yang tajam. Selain itu karena bersifat isolator, sepatu ini juga melindungi dari bahaya sengatan listrik.



**Gambar 28. Sepatu Las**

### 3.4 Diagram alir penelitian

