

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pengelasan adalah teknik penyambungan logam dengan mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi, dengan atau tanpa tekanan dan logam tambahan, untuk menghasilkan sambungan yang kontinyu. Proses ini melibatkan energi termal yang dapat mengubah sifat material, sehingga diperlukan perhatian terhadap parameter seperti mesin las, juru las, kuat arus, elektroda, dan jarak pengelasan (Biodun et al., 2016; Bodude & Momohjimoh, 2015). Salah satu metode pengelasan yang banyak digunakan di industri manufaktur dan konstruksi adalah pengelasan busur listrik dengan elektroda terbungkus atau *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW).

*Shielded Metal Arc* (SMAW) dikenal sebagai pengelasan busur logam manual (*Manual Metal Arc Welding*/MMA atau MMAW). Proses SMAW merupakan salah satu metode pengelasan yang paling umum digunakan. Proses ini melibatkan penggunaan elektroda berlapis untuk menggabungkan logam dengan memanfaatkan panas yang dihasilkan dari busur listrik yang terbentuk antara elektroda dan material benda kerja. Proses SMAW biasanya digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk fabrikasi baja, konstruksi, perbaikan dan pemeliharaan, dan banyak lagi. (Prastio, 2024). Kelebihan metode SMAW antara lain adalah fleksibilitasnya yang tinggi, dapat digunakan dalam berbagai posisi pengelasan, dan mampu mengelas berbagai jenis logam. Namun, metode ini memiliki kekurangan seperti tingkat percikan yang cukup tinggi dan membutuhkan keterampilan operator yang baik agar hasil lasan berkualitas.

Salah satu parameter penting dalam pengelasan SMAW adalah arus listrik. Besar arus yang dipakai berdasarkan penyetelan pada ampermeter yang ada pada mesin las dan harus disesuaikan dengan besar diameter elektroda yang akan dipakai untuk pengelasan. Besar arus biasanya dapat dilihat pada bungkus elektroda yang dikeluarkan oleh pabrik pembuat tarik sambungan las, yang merupakan kemampuan sambungan las menahan beban maksimum sebelum mengalami kerusakan. (Fransiscus, 2019). Menurut Hamid, (2016) penyetelan ampere pengelasan akan mempengaruhi hasil las. Bila ampere 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 ampere 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 (Ahmad & Yohanes, 2019). Penelitian ini menggunakan variasi arus 70, 90, dan 110 Ampere.

Pengujian kekuatan tarik penting untuk memastikan keandalan material dalam konstruksi dan manufaktur, dilakukan dengan menarik benda uji hingga putus untuk memperoleh tegangan tarik maksimum sebagai dasar evaluasi sambungan dan penyesuaian parameter pengelasan. Penelitian ini menggunakan baja karbon AISI 1050, baja karbon menengah dengan kandungan karbon 0,48%–0,52%, yang memiliki kekuatan, kekerasan, dan keuletan baik, serta umum digunakan pada komponen teknik. Elektroda yang digunakan adalah E6013, dikenal dengan busur stabil, percikan rendah, dan kompatibel dengan arus AC maupun DC. Elektroda ini cocok untuk baja karbon sedang dan mendukung pengelasan dalam berbagai posisi.

Penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh variasi arus terhadap kekuatan tarik sambungan baja AISI 1050 menggunakan elektroda E6013.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh variasi kuat arus pengelasan terhadap kekuatan tarik sambungan baja AISI 1050 menggunakan metode SMAW dan elektroda E6013. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi industri dalam memilih parameter pengelasan yang tepat untuk menghasilkan sambungan dengan kualitas tinggi. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik pengelasan, khususnya dalam pengelasan baja karbon sedang. Oleh karena itu penulis akan mengambil judul **“Pengaruh Variasi Kuat Arus Pengelasan Smaw (*Shielded Metal Arc Welding*) Dengan Menggunakan Elektroda E6013 Terhadap Kekuatan Tarik Pada Baja AISI 1050 ”**

## **1.2 Batasan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, dengan mempertimbangkan keterbatasan waktu, tenaga, dan pikiran, serta untuk menghindari potensi kesalahpahaman, peneliti membatasi ruang lingkup penelitian dengan memusatkan perhatian pada analisis pengaruh variasi kuat arus (70, 90, dan 110 Ampere) pada metode pengelasan SMAW terhadap kekuatan tarik baja AISI 1050 dengan menggunakan elektroda tipe E6013.

## **1.3 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah di atas rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Bagaimana pengaruh variasi kuat arus pengelasan SMAW terhadap kekuatan tarik pada baja AISI 1050?
- 2) Apakah ada nilai arus tertentu yang memberikan kekuatan tarik optimal pada sambungan las?
- 3) Sejauh mana elektroda E6013 berpengaruh dalam proses pengelasan pada variasi arus yang berbeda?

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

- 1) Untuk menganalisis pengaruh variasi kuat arus pengelasan SMAW terhadap kekuatan tarik pada baja AISI 1050.
- 2) Untuk menentukan nilai arus optimal yang menghasilkan kekuatan tarik terbaik pada sambungan las.
- 3) Untuk memberikan rekomendasi mengenai penggunaan arus yang tepat dalam pengelasan dengan elektroda E6013.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dalam melakukan penelitian ini diantaranya:

- 1) Bagi peneliti dapat memperoleh pengalaman langsung dalam eksperimen dan analisis, yang dapat meningkatkan keterampilan teknis dan metodologis.
- 2) Bagi akademik dapat menjadi bahan referensi bagi mahasiswa dan dosen dalam studi dan pengajaran tentang teknik pengelasan dan material.
- 3) Bagi industri dapat memberikan wawasan baru dalam penggunaan elektroda dan teknik pengelasan yang lebih baik, yang dapat meningkatkan daya saing perusahaan di pasar.

## **BAB 2**

### **LANDASAN TEORITIS**

#### **2.1. Pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*)**

##### **2.1.1 Definisi Pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*)**

Pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) adalah salah satu metode pengelasan manual yang menggunakan elektroda terumpan dengan lapisan fluks untuk menciptakan busur listrik antara elektroda dan benda kerja. Busur listrik yang terbentuk menghasilkan panas tinggi yang mencairkan elektroda dan logam dasar, sehingga menciptakan sambungan las setelah pendinginan. Lapisan fluks pada elektroda berfungsi melindungi logam cair dari kontaminasi udara selama proses pengelasan berlangsung (Krauss, 2005).

SMAW adalah proses las busur manual dimana panas pengelasan dihasilkan oleh busur listrik antara elektroda terumpan berpelindung flux dengan benda benda kerja. Untuk ketebalan benda kerja yang berbeda membutuhkan kedalaman penetrasi yang berbeda. Penetrasi merupakan kedalaman penembusan pencairan logam induk dengan logam pengisi. ada berapa faktor yang mempengaruhi kedalaman penetrasi ini yaitu arus yang digunakan, jarak busur, kecepatan pengelasan, arah pengelasan dan sudut pengelasan. (Hafni dan Rifqi, 2019).

Proses pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*), yang juga dikenal sebagai MMAW (*Manual Metal Arc Welding*) atau lebih umum disebut las listrik, merupakan metode pengelasan dengan memanfaatkan panas untuk mencairkan material dasar dan elektroda. Panas ini dihasilkan oleh lonjakan ion listrik yang terjadi antara katoda dan anoda, yaitu ujung elektroda dan permukaan plat yang akan dilas, dengan elektroda berlapis sebagai bahan tambah. Pengelasan terjadi

karena arus listrik yang mengalir di antara elektroda dan material dasar menghasilkan panas yang mampu mencapai suhu hingga 3000°C, sehingga menyebabkan elektroda dan material yang dilas mencair. Proses pengelasan dimulai ketika ujung elektroda bersentuhan dengan material dasar, yang menimbulkan hubungan pendek. Pada saat itu, tukang las (welder) harus segera menarik elektroda untuk membentuk busur listrik, yakni lompatan ion yang menghasilkan panas tinggi.

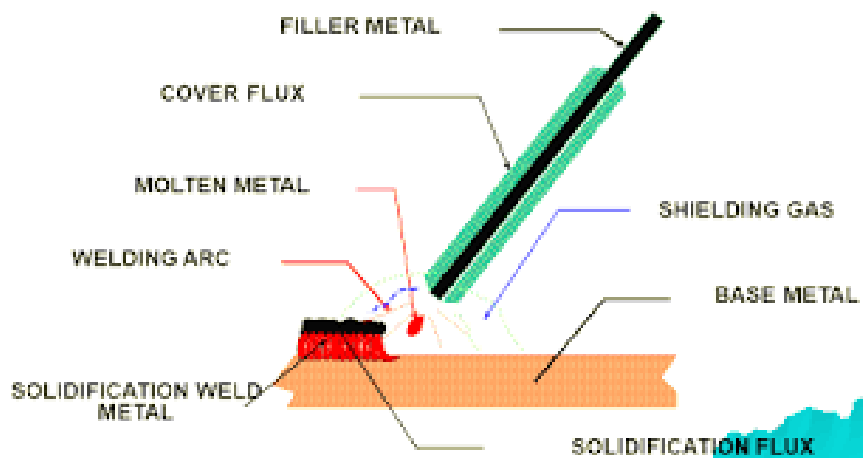
Dalam aplikasi industri, SMAW sering digunakan untuk pekerjaan yang memerlukan sambungan yang kuat dan tahan lama, seperti pada konstruksi jembatan, kapal, dan bejana tekan. Industri minyak dan gas juga sering memanfaatkan metode ini untuk pengelasan pipa karena kemampuannya menciptakan sambungan yang kokoh pada material yang tebal. Di sektor manufaktur, SMAW digunakan dalam fabrikasi berbagai komponen logam yang memerlukan kekuatan tinggi. Keandalan metode ini dalam berbagai kondisi lingkungan membuatnya menjadi salah satu teknik pengelasan yang paling banyak diminati. Dengan demikian, SMAW tetap menjadi pilihan utama dalam berbagai bidang yang membutuhkan pengelasan berkualitas tinggi (Cary & Helzer, 2005).

### **2.1.2 Prinsip Kerja Pengelasan SMAW**

Prinsip kerja pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) didasarkan pada pembentukan busur listrik antara ujung elektroda dan material dasar yang akan dilas. Proses ini menggunakan elektroda terbungkus sebagai sumber logam pengisi. Saat ujung elektroda bersentuhan dengan permukaan benda kerja, arus listrik mengalir dan menciptakan hubungan pendek. Welder kemudian menarik elektroda sehingga terbentuk busur listrik berupa lompatan ion yang menghasilkan

panas tinggi. Panas ini mencairkan elektroda dan material dasar, yang kemudian melebur dan menyatu membentuk sambungan las yang kuat setelah dingin dan mengeras. Selama pengelasan, elektroda akan mencair dan mengalir bersama logam induk yang juga meleleh akibat panas dari busur listrik. Lapisan pembungkus elektroda atau fluks berperan penting dalam melindungi logam cair dari kontaminasi udara dengan menghasilkan gas pelindung serta terak (slag) yang menutupi lelehan logam selama proses pendinginan. Terak ini mencegah oksidasi dan membantu memastikan hasil las yang bersih dan kuat.

Kualitas hasil lasan sangat dipengaruhi oleh besar kecilnya arus listrik, baik arus searah (DC) maupun bolak-balik (AC). Arus yang terlalu besar menyebabkan elektroda mencair terlalu cepat dan penetrasi berlebihan, sedangkan arus terlalu kecil menghasilkan busur listrik yang tidak stabil dan lasan yang buruk. Arus juga mempengaruhi pola pemindahan logam cair dari elektroda, di mana arus besar menghasilkan butiran halus dan arus kecil menghasilkan butiran kasar, yang mempengaruhi sifat mampu las material. Selain itu, komposisi fluks berperan penting dengan mencair dan membentuk terak pelindung untuk mencegah oksidasi serta meningkatkan kualitas sambungan las. Metode SMAW efektif karena menggabungkan pemanasan tinggi, perlindungan logam cair, dan kontrol kualitas melalui pengaturan arus dan fluks.



Gambar 2.1 Skema Prinsip Kerja Pengelasan SMAW

### 2.1.3 Parameter Pengelasan SMAW

Parameter pengelasan merupakan faktor penting yang mempengaruhi kualitas hasil las. Dalam proses SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*), parameter utama yang perlu diperhatikan meliputi arus pengelasan, jenis elektroda, kecepatan pengelasan, dan tegangan busur las. Setiap parameter ini saling berkaitan dan harus disesuaikan dengan jenis material yang dilas serta kebutuhan kekuatan sambungan.

#### 1. Arus Pengelasan

Jenis arus las (*welding current*) mempunyai peranan yang penting di dalam membantu juru las (*welders*) untuk menghasilkan mutu hasil las (*weldment*) yang baik. Jenis arus las secara umum dibagi dalam dua (2) kelompok utama, antara lain seperti :

- a. Jenis arus las DC atau dikenal dengan istilah polaritas searah yang dibagi lagi dalam dua (2) jenis arus las yaitu : Jenis arus las DCSP (*Direct Current Straight Polarity*) dan Jenis arus las DCRP (*Direct Current Reversed Polarity*). Arah arus dalam DC tetap dan tidak berubah-ubah. Hal ini berbeda dengan arus AC (*Alternating Current*) yang memiliki arah yang berubah-ubah secara periodik. Arus DC

lebih stabil dan dapat diatur dengan lebih mudah, memberikan kontrol yang lebih baik dalam proses pengelasan. Arus DC banyak digunakan untuk pengelasan material yang lebih keras atau tebal, serta memberikan penetrasi las yang lebih dalam pada benda kerja. Selain itu, arus DC juga digunakan untuk menghasilkan las yang lebih bersih dan lebih terkontrol.

- b. Jenis arus las AC (*Alternating Current*), yang dikenal dengan istilah arus las bolak-balik. Mesin las dengan arus bolak-balik pada dasarnya berfungsi sebagai transformator penurun tegangan. Transformator ini, atau sering disebut trafo mesin las, adalah perangkat yang mengubah tegangan keluaran mesin las. Tegangan yang dibutuhkan oleh mesin las bervariasi, biasanya sebesar 110 V, 220 V, 380 V, atau 420 V. Penyesuaian arus saat pengelasan dilakukan dengan memutar tuas, menarik, atau menekan, tergantung pada desain konstruksinya. Hal ini menyebabkan posisi inti medan magnet pada transformator bergerak naik atau turun. Pada mesin las arus bolak-balik, pergantian posisi kabel masa dan kabel elektroda tidak memengaruhi perubahan panas yang dihasilkan oleh busur nyala.

## 2. Jenis Elektroda

Elektroda berfungsi sebagai media penghantar arus listrik sekaligus sebagai bahan pengisi pada sambungan las. Untuk pemilihan jenis elektroda yang digunakan, kita harus memperhatikan jenis proses las, posisi pengelasan, jenis material, biaya operasional, desain sambungan, juru las (*Welder qualification*), dan perlakuan panas.

## 3. Kecepatan pengelasan

Kecepatan pengelasan berperan penting dalam menentukan kualitas hasil lasan, terutama ketebalan dan bentuknya. Kecepatan yang terlalu lambat menyebabkan lasan menjadi tebal dan berisiko mengalami deformasi termal, sementara kecepatan yang terlalu cepat menghasilkan penetrasi yang kurang optimal dan lasan yang tidak merata. Oleh karena itu, kecepatan pengelasan harus disesuaikan dengan arus dan jenis elektroda. Kecepatan pengelasan dapat diukur berdasarkan tiga aspek: panjang deposit tanpa memperhitungkan luas dan tebalnya, luas deposit tanpa memperhitungkan tebalnya, serta volume total deposit yang dihasilkan.

#### 4. Tegangan busur las

Tegangan busur las yang diperlukan dalam proses pengelasan bergantung pada jenis elektroda yang digunakan. Besar kecilnya tegangan busur ini berbanding lurus dengan panjang busur sendiri. Penggunaan busur las yang terlalu panjang sebaiknya dihindari, karena dapat mengurangi stabilitas dan menghasilkan lasan yang tidak rata. Panjang busur tidak mempengaruhi kecepatan pencairan logam, tetapi busur yang panjang akan menambah energi listrik. Kestabilan tegangan sangat mempengaruhi kualitas pengelasan dan dapat dikenali melalui suara yang dihasilkan selama proses berlangsung. Bagi operator las berpengalaman, suara tersebut dapat menjadi indikator keterampilan seorang juru las. Menjaga stabilitas panjang busur merupakan tantangan utama dalam pengelasan menggunakan metode las busur listrik manual.

### 2.1.5 Keunggulan dan Kelemahan Pengelasan SMAW

#### 1. Keunggulan Pengelasan SMAW

Pengelasan SMAW memiliki keunggulan dalam fleksibilitasnya yang dapat digunakan pada berbagai jenis material dan posisi pengelasan. Proses ini tidak memerlukan gas pelindung eksternal karena elektroda berlapis fluks sudah menyediakan pelindung yang cukup untuk melindungi logam cair dari oksidasi. Selain itu, alat yang digunakan dalam proses ini relatif sederhana dan mudah dioperasikan, sehingga cocok untuk digunakan di lokasi kerja dengan keterbatasan fasilitas. Meskipun begitu, kualitas sambungan las sangat bergantung pada keterampilan tukang las dalam mengatur parameter seperti arus listrik, sudut elektroda, dan kecepatan pengelasan. Oleh karena itu, pelatihan dan pengalaman sangat diperlukan untuk menghasilkan las yang berkualitas (Weman, 2012).

- a) SMAW dapat digunakan untuk berbagai jenis logam, seperti baja, besi tuang, dan logam non-ferrous.
- b) SMAW ini bisa diterapkan di berbagai posisi pengelasan, seperti mendatar, vertikal, maupun overhead.
- c) Mesin las SMAW relatif sederhana dan mudah dibawa, sehingga cocok digunakan di lokasi yang sulit dijangkau, seperti konstruksi lapangan.
- d) Proses pengelasan ini menggunakan elektroda berlapis flux yang menciptakan pelindung selama pengelasan berlangsung, sehingga tidak memerlukan gas pelindung dari luar, berbeda dengan metode las MIG atau TIG.

- e) Dibandingkan dengan metode pengelasan lainnya, SMAW memiliki biaya peralatan dan bahan habis pakai yang lebih rendah, sehingga lebih ekonomis untuk penggunaan umum.

## 2. Kelemahan Pengelasan SMAW

Pengelasan SMAW juga memiliki beberapa keterbatasan. Salah satu kekurangannya adalah proses ini kurang efisien untuk material yang sangat tipis karena risiko penetrasi yang terlalu dalam, yang dapat merusak material dasar. Selain itu, elektroda berlapis memiliki panjang tertentu, sehingga perlu diganti secara berkala selama pengelasan, yang dapat memperlambat waktu pengerjaan. Proses ini juga menghasilkan terak (slag) yang harus dibersihkan setelah pengelasan selesai untuk memastikan kualitas lasan yang baik. Tantangan lain adalah kesulitan dalam menjaga stabilitas busur listrik pada lingkungan dengan angin kencang atau cuaca ekstrem (Jeffus, 2017).

- a) Asap dan gas yang terbentuk merupakan masalah, sehingga diperlukan ventilasi memadai pada pengelasan di dalam ruang tertutup. Pandangan mata pada kawah las agak terhalang oleh slag pelindung dan asap yang menutupi endapan logam. Dibutuhkan juru las yang sangat terampil untuk dapat menghasilkan pengelasan berkualitas radiography apabila mengelas pipa atau plat hanya dari arah satu sisi. (Marwanto & Pd, 2017)
- b) Elektroda pada SMAW memiliki panjang terbatas dan harus diganti secara berkala, sehingga menurunkan produktivitas dibandingkan metode las otomatis seperti MIG atau TIG.

- c) Akibat proses manual, risiko terjadinya cacat las seperti slag inclusion, undercut, dan porositas lebih tinggi dibandingkan metode otomatis.
- d) SMAW kurang efektif untuk pengelasan material dengan ketebalan tipis, karena panas yang dihasilkan sulit dikontrol dengan presisi tinggi, yang berisiko menyebabkan deformasi atau burn-through pada material.

## **2.2. Elektroda**

### **2.2.1 Fungsi Elektroda**

Bagian yang sangat penting dalam las busur listrik adalah elektroda. Jenis elektroda yang digunakan akan sangat menentukan hasil pengelasan. Elektroda memiliki beberapa fungsi, diantaranya sebagai berikut :

1. Sebagai pelindung busur las dari pengaruh udara luar seperti oksigen, H<sub>2</sub>O, nitrogen dan udara.
2. Mencegah terjadinya ionisasi pada ujung elektroda.
3. Menjaga busur tetap stabil.
4. Menghasilkan terak dan slag
5. Sebagai unsur pemuat pada logam las
6. Untuk mengontrol kecairan elektroda
7. Untuk mengontrol penetrasi pada sambungan las
8. Untuk mengontrol profil atau kontur las, khususnya pada proses pengelasan yang menggunakan bahan tambah (*filler metal*).

### **2.2.2 Bagian Elektroda**

Elektroda terdiri dari beberapa komponen utama, salah satunya adalah sumbu elektroda atau kawat las, yang berfungsi sebagai logam pengisi. Kawat ini akan mencair bersama dengan logam dasar dan kemudian membeku untuk membentuk sambungan las atau kampuh las. Selain itu, elektroda dilapisi dengan pembungkus (*flux*), yang akan terbakar selama proses pengelasan. Pembungkus ini berfungsi melindungi kampuh las yang sedang terbentuk dari pengaruh merusak udara di sekitarnya. Selain berfungsi melindungi kampuh las, dan juga fluks berfungsi:

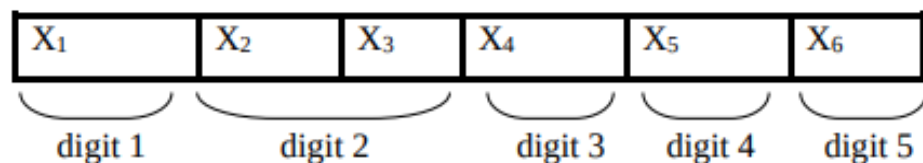
1. Mencegah terbentuknya oksida-oksida logam, sewaktu proses pengelasan Berlangsung.
2. Membuat terak pelindung sehingga dapat mengurangi kecepatan pendinginan, hal ini bertujuan agar hasil lasan yang terjadi tidak getas dan rapuh.
3. Memberikan sifat-sifat khusus terhadap hasil las-lasan dengan cara menambahkan zat-zat tertentu yang terkandung dalam fluks.
4. Menstabilkan terjadinya busur las (*arc welding*) dan mengarahkan nyala busur las sehingga mudah dikontrol.
5. Membantu mengontrol ukuran dan frekuensi tetesan logam cair (*drople*).
6. Memungkinkan dilakukannya posisi pengelasan yang berbeda-beda.

### **2.2.3 Sistem Identifikasi AWS**

AWS (*American Welding Society*) adalah organisasi nirlaba internasional yang bertujuan untuk memajukan ilmu, teknologi, dan praktik pengelasan,

pemotongan, dan proses terkait lainnya. Didirikan pada tahun 1919, AWS menyediakan berbagai standar, spesifikasi, pelatihan, sertifikasi, dan sumber daya yang digunakan secara global untuk meningkatkan kualitas dan keamanan dalam industri pengelasan.

AWS mengklasifikasikan filler metal menggunakan kombinasi huruf dan angka. Angka-angka ini memberikan informasi tentang kekuatan mekanis bahan tambahan, posisi pengelasan yang paling sesuai untuk filler tertentu, jenis arus yang dapat digunakan, serta jenis lapisan pelindung (coating) yang dimiliki.



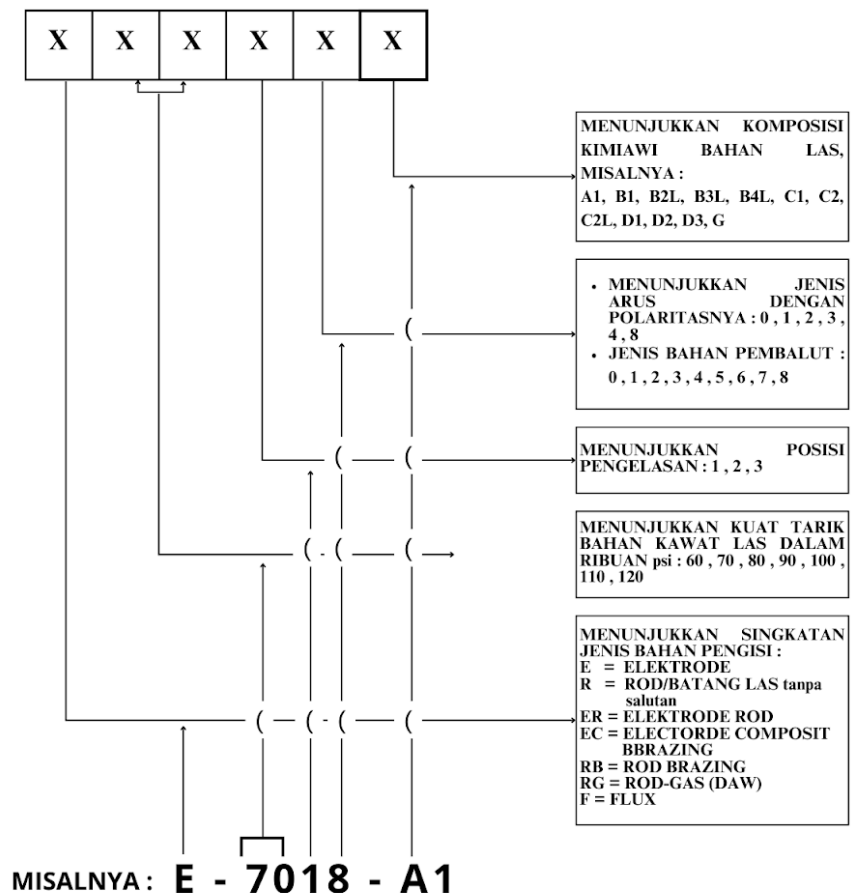
Gambar 2.2 Sistem Identifikasi AWS

Keterangan :

- digit 1 : berupa alphabet, menunjukkan jenis kawat pengisi ( E = Elektroda).
- digit 2 : berupa dua atau tiga angka, menunjukkan kekuatan tarik kawat pengisi dalam satuan psi dikali 1000 dalam contoh (kekuatan tarik kawat = 60x1000 psi dan 70 x 1000 psi).
- digit 3 : berupa angka, menunjukkan posisi pengelasan yang paling sesuai, (1 = all position).
- digit 4 : berupa angka, menunjukkan bahan salutan elektroda serta penggunaan arus dan polaritas mesin las yang dapat dipakai, (0 = bahan salutan high cellulose sodium/high sodium oxide, cocok untuk mesin las DCRP).

- digit 5 : berupa abjad dan angka, menunjukkan bahan paduan yang ada pada kawat las tersebut. Filler dari bahan non ferrous digit setelah E atau ER menunjukkan komposisi kimiawi metal penambah tersebut misalnya E310 Mo-15 , ER – Ni –1 , ER. Ti 0.2 Pd . dst.

Setiap produsen elektroda mencantumkan spesifikasi produknya secara jelas pada label kemasan atau pembungkus elektroda. Oleh karena itu, penting untuk memastikan label tersebut tetap utuh dan tidak tertutupi cat atau bahan lain yang dapat menghalangi pembacaan. Penggunaan elektroda yang tidak sesuai dengan spesifikasinya dapat menimbulkan dampak serius. Berikut ini adalah rincian identifikasi dari elektroda tersebut:



Gambar 2.3 Sistem Identifikasi Filler Metal Menurut Aws

Tabel 2.1 Rincian Rincian arti identifikasi symbol-simbol tersebut diatas.

Digit Ke...	Simbol	Arti
1	E	<i>Electrode</i> (Elektroda)
	ER	<i>Electrode &amp; Rod</i> (Batang Las)
	R	<i>Rod</i> tanpa Saluan
	EC	<i>Electrode Composite</i>
	B	<i>Brazing</i>
	RB	<i>Rod Brazing</i>
2	RG	<i>Rod-Gas Welding (Oxy Acetylene Welding / OAW )</i>
	F	FLUX
	60	60.000 PSI ( Kekuatan Tarik Kawat Pengisi )
	70	70.000 PSI
	80	80.000 PSI
	90	90.000 PSI
3	100	100.000 PSI
	110	110.000 PSI
	120	120.000 PSI
	1	Semua Posisi Las : 1G = Datar , 2G = Horizontal , 3G = Vertikal, 4 G = Atas Kepala
	2	Posisi Las Hanya : 1G , 2G
	3	Posisi Las Hanya : 1G
4	A	Menunjukkan Arus Listrik & Polaritas
	0	D.C.R.P = Arus Searah Polaritas Terbalik
	1	AC = Arus Bolak Balik dan D.C.R.P
	2	D.C.S.P = Arus Searah Polaritas Lurus.
	3	AC dan DC
	4	AC dan D.C.S.P
	5	AC dan D.C.R.P
4	B	Menunjukkan Jenis Bahan Coating (Lapisan pelindung
	0	High Cellulose Sodium / High Iron Oxide
	1	High Cellulose Potassium
	2	High Titania Sodium

	3	High Titania Potassium
	4	Iron Powder Titania
	5	Low Hydrogen Sodium
	6	Low Hydrogen Potassium
	7	Iron Powder Low Hydrogen
5	A1	C = 0.12 % , Mn = 0.6 % , Si = 0.4 % , P = 0.03 % , S = 0.04 % , Mo = 0.4 – 0.65 %
	B1	C = 0.05 % - 0.12 % , Mn = 0.90 % , P = 0.03 % , Cr = 0.4 % , Si = 0.6 – 0.8 % S = 0.04 % , Mo = 0.4 – 0,65 %.
	<b>C      Mn      Si      P      S      Mo      Cr</b>	
	B2	0.05    0.9    0.8    0.03    0.04    0.65    1-1.5
	B2L	0.05    0.9    1.0    0.03    0.04    0.65    1-1.5
	B3	0.05    0.9    0.8    0.03    0.04    1.2    2-2.5
	B3L	0.05    0.9    0.8    0.03    0.04    1.2    2-2.5
	B4L	0.05    0.9    1.0    0.03    0.04    0.6    2-2.5
B5	0.07    0.7    0.6    0.03    0.04    1.25    0.6	

Tabel 2.2 Klasifikasi Metal Penambah (Filler)

KLASIFIKASI AWS	UNSUR KIMIAWI LAPIS PELINDUNG	POSISI PENGELASAN YANG PALING SESUAI	JENIS ARUS LISTRIK
<b>ELEKTRODA SERI E 60</b>			
E 6010	High Cellulose Sodium	F , V , OH , H	DCRP
E 6011	High Cellulose Potassium	F , V , OH , H	AC atau DCRP
E 6012	High Titania Sodium	F , V , OH , H	AC atau DCSP
E 6013	High Titania Potassium	F , V , OH , H	AD atau DCR/SP
E 6020	High Iron Oxide	H, FL	AC atau DSCP
E 6022	High Iron Oxide	F	AC atau DCR/SP
E 6027	High Iron Oxide , Iron Powder	H, FL, F	AC atau DSCP
<b>ELEKTRODA SERI E 70</b>			

E 7014	Iron Powder , Titania	F , V , OH , H	AC atau DCR/SP
E 7015	Low Hydrogen Sodium	F , V , OH , H	DCRP
E 7016	Low Hydrogen Potassium	F , V , OH , H	AC atau DCRP
E 7018	Low Hydrogen Potassium , Iron Powder	F , V , OH , H	AC atau DCRP
E 7024	Iron Powder , Titania	H, FL, F	AC atau DCR/SP
E 7027	High Iron Oxide , Iron Powder	H, FL, F	AC atau DSCP
E 7028	Low Hydrogen Potassium , Iron Powder	H, FL, F	AC atau DCRP
E 7048	Low Hydrogen Potassium , Iron Powder	F, V, OH, H	AC atau DCRP
<b>SERI E 70 Dengan Kuat Tarik Min. Bahan Dilaskan 70.000 Psi (480 Mpa)</b>			
E 7010-X	High Cellulose Sodium	F, V, OH, H	DCRP
E 7011-X	High Cellulose Potassium	F, V, OH, H	AC atau DCRP
E 7015-X	Low Hydrogen Sodium	F, V, OH, H	DCRP
E 7016-X	Low Hydrogen Potassium	F, V, OH, H	AC atau DCRP
E 7018-X	Iron Powder, Low Hydrogen	F, V, OH, H	AC atau DCRP
E 7020-X	High Iron Oxide	F	AC atau DCR/SP
E 7027-X	Iron Powder	F	AC atau DCR/SP
E 7010-X	High Cellulose Sodium	F, V, OH, H	DCRP
<b>Seri E 80 Dengan Kuat Tarik Min. Bahan Dilas 80.000 Psi (550 Mpa)</b>			
E 8018-X	High Cellulose Sodium	F, V, OH, H	DCRP
E 8011-X	High Cellulose Potassium	F, V, OH, H	AC atau DCRP
E 8013-X	High Titania Potassium	F, V, OH, H	AC atau DCR/SP
E 8015-X	Low Hydrogen Sodium	F, V, OH, H	DCRP
E 8016-X	Low Hydrogen Potassium	F, V, OH, H	AC atau DCRP
E 8018-X	Iron Powder, Low Hydrogen	F, V, OH, H	AC atau DCRP
E 7027-X	Iron Powder	F	AC atau DCR/SP
E 8018-X	High Cellulose Sodium	F, V, OH, H	DCRP
<b>Seri E 90 Dengan Kuat Tarik Min. Bahan Dilas 90.000 Psi (620 Mpa)</b>			
E 9010-X	High Cellulose Sodium	F, V, OH, H	DCRP
E 9011-X	High Cellulose Potassium	F, V, OH, H	AC atau DCRP

E 9013-X	High Titania Potassium	F, V, OH, H	AC atau DCR/SP
E 9015-X	Low Hydrogen Sodium	F, V, OH, H	DCRP
E 9016-X	Low Hydrogen Potassium	F, V, OH, H	AC atau DCRP
E 9018-X	Iron Powder, Low Hydrogen	F, V, OH, H	AC atau DCRP
E 9010-X	High Cellulose Sodium	F, V, OH, H	DCRP
<b>Seri E 100 Dengan Kuat Tarik Min. Bahan Dilaskan 100.000 Psi (690 Mpa)</b>			
E 10010-X	High Cellulose Sodium	F, V, OH, H	DCRP
E 10011-X	High Cellulose Potassium	F, V, OH, H	AC atau DCRP
E 10013-X	High Titania Potassium	F, V, OH, H	AC atau DCR/SP
E 10015-X	Low Hydrogen Sodium	F, V, OH, H	DCRP
E 10016-X	Low Hydrogen Potassium	F, V, OH, H	AC atau DCRP
E 10018-X	Iron Powder, Low Hydrogen	F, V, OH, H	AC atau DCRP
E 10010-X	High Cellulose Sodium	F, V, OH, H	DCRP
<b>Seri E 110 Dengan Kuat Tarik Min. Bahan Dilaskan 110.000 Psi (760 Mpa)</b>			
E 11015-X	Low Hydrogen Sodium	F, V, OH, H	DCRP
E 11016-X	Low Hydrogen Potassium	F, V, OH, H	AC atau DCRP
E 11018-X	Iron Powder, Low Hydrogen	F, V, OH, H	AC atau DCRP
E 11015-X	Low Hydrogen Sodium	F, V, OH, H	DCRP
E 11016-X	Low Hydrogen Potassium	F, V, OH, H	AC atau DCRP
<b>Seri E 120 Dengan Kuat Tarik Min. Bahan Dilaskan 12.000 Psi (830 Mpa)</b>			
E 12015-X	Low Hydrogen Sodium	F, V, OH, H	DCRP
E 12016-X	Low Hydrogen Potassium	F, V, OH, H	AC atau DCRP
E 12018-X	Iron Powder, Low Hydrogen	F, V, OH, H	AC atau DCRP

Fluks biasanya terdiri dari bahan-bahan tertentu dengan perbandingan komposisi kimia yang tertentu pula. Bahan-bahan yang digunakan dapat digolongkan dalam bahan untuk pemantapan busur, pembuat terak, penghasil gas, oksidator, unsur paduan dan bahan pengikat. Bahan-bahan tersebut antara lain oksida-oksida logam, karbonat, silikat, fluoride, zat organik, baja paduan dan serbuk besi.

#### 2.2.4 Pengujian Elektroda

Semua jenis elektroda harus melalui pengujian untuk menentukan kualitasnya, apakah telah memenuhi semua persyaratan yang ditetapkan untuk elektroda las. Proses pengujiannya meliputi beberapa tahapan, yaitu:

1. Uji analisis kimiawi, yang memastikan komposisi kimia elektroda baja karbon tidak melebihi batasan yang tercantum dalam tabel batas komposisi logam las.
2. Uji las fillet, di mana hasil las fillet diperiksa secara visual untuk memastikan tidak ada retakan, overlap, terak yang terperangkap (*slag inclusion*), porositas permukaan, atau undercut yang melebihi 1/32" (0,8 mm).
3. Uji mekanik, meliputi uji tarik pada bahan yang telah dilas secara transversal untuk menilai kekuatannya.
4. Uji pukul takik (*charpy V-notch impact test*) untuk mengukur ketahanan terhadap benturan.
5. Uji lengkung, yang dilakukan pada bahan yang telah dilas dengan pengujian lentur terarah secara longitudinal (*longitudinal guided bend test*).

Kecembungan (convex) dan panjang kakinya harus sesuai dengan yang tertera pada tabel berikut ini:

Tabel 2.3 Syarat ukuran las fillet untuk pengujian elektroda

UKURAN LAS FILLET		KECEMBUNGAN MAKSIMUM		BEDA MAKSIMUM PANJANG KAKI-KAKI LAS FILLET	
inchi	mm	inchi	mm	inchi	mm
1/8	3.2	3/64	1.2	1/32	0.8
5/32	4.0	3/64	1.2	3/64	1.2
7/16	4.8	1/16	1.6	1/16	1.6
7/32	5.6	1/16	1.6	5/64	2.0
1/4	6.4	1/16	1.6	3/32	2.4
9/32	7.1	1/16	1.6	7/64	2.8
5/16	8.0	5/64	2.0	1/8	3.2
11/32	8.7	5/64	2.0	9/64	3.6
3/8	9.5	5/64	2.0	5/32	4.0

Ukuran standar dan panjang elektroda tercantum dalam tabel di bawah ini:

Tabel 2.4 Ukuran standar dan panjang elektroda

Ukuran standar kawat inti		Klasifikasi Panjang Standar			
		E 6010, E 6011, E 6012, E 6013, E 6022, E 7014, E 7015, E 7016, E 7018		E 6020, E 6027, E 7024, E 7027, E 7028, E 7048	
inchi	mm	inchi	mm	inchi	mm
1/16	1.6	-	230	-	-
5/64	2.0	9/12	230/300	-	-
3/32	2.4	12/14	300/350	12/18	300/350
1/8	3.2	14	350	14	350
5/32	4.0	14	350	14	350
3/16	4.8	14	350	14/18	350/450
7/32	5.6	14/18	350/450	18/28	450/700
1/4	6.4	18	450	18/28	450/700
5/16	8.0	18	450	18/28	450/700

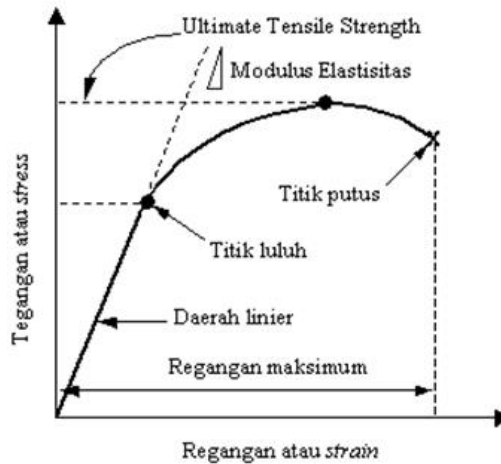
### 2.3. Pengujian Tarik (*Tensile Test*)

Pengujian tarik adalah salah satu metode pengujian mekanis yang bertujuan untuk mengukur sifat-sifat mekanis material, seperti kekuatan tarik (*tensile strength*), kekuatan luluh (*yield strength*), dan perpanjangan (*elongation*). Dalam pengujian ini, material diuji dengan memberikan gaya tarik secara bertahap hingga mencapai titik patah untuk menentukan seberapa besar beban yang dapat ditahan material tersebut. Hasil pengujian tarik sangat penting dalam memastikan kualitas hasil las, karena sifat mekanis material yang diuji akan memberikan gambaran tentang keandalan dan ketahanan sambungan las terhadap beban yang diterapkan. Pengujian ini juga digunakan untuk memastikan bahwa material atau sambungan las memenuhi standar yang dipersyaratkan untuk aplikasi tertentu. (ASTM International, 2023).

Tujuan utama dari pengujian tarik adalah untuk menentukan sifat mekanis material, seperti kekuatan tarik (*tensile strength*), yang mengukur kemampuan material untuk menahan tegangan maksimum sebelum putus; kekuatan luluh (*yield strength*), yang menunjukkan batas tegangan di mana material mulai mengalami deformasi plastis; dan perpanjangan (*elongation*), yang mengindikasikan seberapa besar material dapat meregang sebelum putus. Ketiga parameter ini sangat penting dalam mendeskripsikan performa material dalam berbagai aplikasi teknik, termasuk pada sambungan hasil las.

Pengujian tarik dilakukan untuk mengukur kekuatan tarik suatu benda uji. Khusus pada area las, pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi apakah kekuatan las sebanding, lebih rendah, atau lebih tinggi dibandingkan bahan dasar. Selain itu, pengujian ini juga bertujuan untuk menentukan besarnya kekuatan tarik serta lokasi terjadinya kerusakan pada sambungan las. Pembebanan tarik dilakukan dengan memberikan gaya tarik berlawanan arah pada kedua ujung benda. Selama proses

pengujian, beban diberikan secara bertahap dan perlahan-lahan meningkat, sambil dilakukan pengamatan terhadap perpanjangan benda uji hingga diperoleh kurva tegangan-regangan. (Wiryosumarto, 2010).



Gambar 2.4 Kurva tegangan - regangan

Dari pendapat ahli diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa dalam industri manufaktur dan konstruksi, pengujian tarik berperan penting dalam memastikan kualitas dan keandalan sambungan las dengan mengevaluasi sifat mekanis material pada area lasan untuk memastikan kesesuaiannya dengan standar yang diperlukan. Pengujian ini tidak hanya menjamin keamanan dan daya tahan struktur yang dilas, tetapi juga membantu mengidentifikasi cacat seperti penetrasi yang buruk, porositas, atau kualitas material yang tidak sesuai, sehingga dapat meningkatkan proses pengelasan dan mencegah kegagalan struktural.

Tegangan dihitung dengan membagi gaya beban yang diterapkan terhadap luas penampang awal benda uji. Persamaan yang digunakan untuk mencari tegangan yang terjadi pada uji tarik adalah :

$$\sigma_u = \frac{F_u}{A_0} \dots\dots\dots (2.1)$$

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

$F_u$  = Beban maksimal (kg)

$A_0$  = Luas penampang mula dari penampang batang ( $\text{mm}^2$ )

Pada uji tarik, gaya tarik diaplikasikan secara bertahap mulai dari nol hingga mencapai tegangan maksimum dari logam yang diuji. Tegangan maksimum menunjukkan batas tertinggi kemampuan material menahan gaya tarik sebelum mengalami kerusakan (patah). Sementara itu, Yield Stress adalah batas maksimum kemampuan material untuk meregang tanpa patah, sesuai dengan hukum Hooke. Regangan pada kurva diperoleh dengan membagi pertambahan panjang dengan panjang awal spesimen. Regangan yang digunakan pada kurva diperoleh dengan cara membagi perpanjangan panjang ukur dengan panjang awal dengan rumus :

$$\varepsilon = \frac{L-L_0}{L} \times 100 \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :  $\varepsilon$  = Regangan (%)

$L_0$  = Panjang Awal (mm)

$L$  = Panjang Akhir (mm)

Kurva tegangan-regangan pada daerah elastis menunjukkan hubungan linier antara tegangan dan regangan, dan deformasi bersifat sementara dan material kembali ke bentuk semula saat beban dilepaskan. Jika beban melampaui batas kekuatan luluh, material memasuki daerah deformasi plastis dengan deformasi permanen. Kekuatan yang diukur dalam uji tarik meliputi kuat luluh (*Yield Strength*) dan kuat tarik maksimum (*Ultimate Tensile Strength/UTS*), dimana UTS merupakan hasil pembagian beban maksimum dengan luas penampang awal benda uji.

$$\sigma_y = \frac{F_y}{A_0} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :  $\sigma_y$  = Tegangan luluh (N/mm<sup>2</sup> )

$F_y$  = Beban luluh (N)

$A_0$  = Luas Penampang (mm<sup>2</sup> )

## 2.4 Baja AISI 1050

Baja AISI 1050 adalah baja karbon menengah yang diklasifikasikan oleh American Iron and Steel Institute (AISI). Baja ini memiliki kandungan karbon antara 0,48%-0,55% dengan paduan mangan sekitar 0,60%-0,90%. Kandungan karbon menengah memberikan sifat mekanik yang baik, termasuk kekuatan tarik, kekerasan, dan ketangguhan, sehingga sering digunakan dalam aplikasi teknik seperti poros, pegas, roda gigi, dan komponen mesin lainnya. Baja ini juga dapat diproses melalui perlakuan panas, seperti quenching dan tempering, untuk meningkatkan kekuatan dan kekerasannya. Komposisi kimia dan sifat mekanis pada baja AISI 1050 dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.5 Komposisi Kimia Baja AISI 1050

Unsur	%
C	0,48-0,52
Mo	0,030
Mn	0,620-0,90
P	Max 0,04
S	Max 0,5
Si	1,0-0,3

Sifat-sifat mekanik yang dimiliki oleh Baja AISI 1050 menjadikannya salah satu material yang serbaguna dan ekonomis untuk berbagai aplikasi teknik dan industri. Berikut ini adalah sifat mekanisme baja :

### 1. Kekuatan Tarik dan Kekuatan Luluh

Baja AISI 1050 memiliki kekuatan tarik yang cukup tinggi, berkisar antara 620-715 MPa setelah perlakuan panas. Kekuatan luluhnya berada di rentang kisaran 310-365 MPa, yang memungkinkan baja ini mampu menahan deformasi permanen sebelum mencapai batas elastisitasnya. Nilai ini menunjukkan bahwa baja ini mampu menahan beban besar sebelum mengalami deformasi permanen. Kekuatan tarik dan luluh yang dimiliki membuat baja ini cocok untuk digunakan dalam aplikasi struktural yang membutuhkan kemampuan menahan tegangan tinggi, seperti poros, roda gigi, dan komponen mesin lainnya.

### 2. Kekerasan dan Ketangguhan

Dalam kondisi normal, kekerasan Baja AISI 1050 berkisar antara 170-210 HB dalam kondisi anil (annealed) dan dapat meningkat secara signifikan melalui perlakuan panas, seperti quenching dan tempering, hingga mencapai kekerasan lebih dari 55 HRC. Kekerasannya dapat ditingkatkan melalui proses perlakuan panas, seperti quenching, diikuti dengan tempering, hingga mencapai sekitar 500 HB. Sementara itu, ketangguhannya memungkinkan baja ini menyerap energi dalam jumlah besar sebelum mengalami keretakan, menjadikannya tahan terhadap benturan. Kombinasi kekerasan dan ketangguhan ini memungkinkan AISI 1050 digunakan dalam aplikasi yang melibatkan beban dinamis dan risiko keausan tinggi.

### 3. Sifat Keausan dan Kemampuan Mesin

Baja AISI 1050 memiliki sifat keausan yang baik, terutama setelah dilakukan perlakuan panas untuk meningkatkan kekerasan permukaannya. Kemampuan ini menjadikannya pilihan ideal untuk komponen yang

mengalami gesekan konstan, seperti poros dan roda gigi. Selain itu, baja ini mudah dikerjakan menggunakan alat potong konvensional, sehingga memiliki kemampuan mesin yang baik. Hal ini mempermudah proses fabrikasi dan meningkatkan efisiensi produksi dalam industri manufaktur.

Tabel 2.6 Sifat Mekanis Baja AISI 1050

<b>Sifat Mekanik</b>	<b>Besaran</b>
Kekuatan Tarik, Maks	785 N/mm <sup>2</sup>
Kekuatan Tarik, Lulus	471 N/mm <sup>2</sup>
Elongasi	21,0 %
Reduksi Area	45,0 %

Dengan meningkatnya kandungan karbon maka kekuatan tarik dan kekerasan semakin menjadi naik sedangkan kemampuan regang, keuletan, ketangguhan dan kemampuan lasnya menurun. Kekuatannya akan banyak berkurang bila bekerja pada temperatur yang agak tinggi. Pada temperatur yang rendah ketangguhannya menurun secara drastis.

## 2.5 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu tentang pengaruh variasi kuat arus pengelasan SMAW (*shielded metal arc welding*) terhadap kekuatan tarik pada baja, yaitu :

1. Penelitian yang dilakukan Hendra Barus (2023) berjudul “Pengaruh variasi kuat arus pengelasan SMAW (*shielded metal arc welding*) dengan menggunakan elektroda E6013 terhadap kekuatan tarik pada baja AISI 1045” memperoleh hasil secara keseluruhan, kekuatan tarik yang dihasilkan dari pengelasan baja AISI 1045 dengan variasi arus 60, 80, dan 100 Ampere

mengalami penurunan dari kekuatan baja tanpa lasnya yaitu 615,78 N/mm<sup>2</sup> (kekuatan tarik hasil pengujian tertinggi) dan 785 N/mm<sup>2</sup> (tanpa las).

2. Penelitian yang dilakukan Novendri Chairul,dkk (2022) berjudul “Pengaruh variasi kuat arus terhadap kekuatan tarik hasil pengelasan smaw pada baja karbon rendah dengan elektroda E7018” memperoleh hasil pengelasan dengan arus 90 A, 100 A, dan 130 A pada baja karbon rendah menunjukkan pengaruh berbeda terhadap kekuatan tarik. Arus 130 A menghasilkan kekuatan tarik tertinggi sebesar 603,50 N/mm<sup>2</sup>, dengan hasil pengisian dan penembusan yang baik. Oleh karena itu, arus 130 A paling sesuai untuk material setebal 8 mm.
3. Penelitian yang dilakukan Aditia, dkk (2019) berjudul “Analisa kekuatan sambungan material AISI 1050 dengan ASTM A36 dengan variasi arus pada proses pengelasan SMAW” memperoleh hasil pengujian tarik menunjukkan tegangan tarik maksimum sebesar 51,27 kgf/mm<sup>2</sup> pada spesimen dengan arus 120A, yang memiliki kekuatan tarik lebih tinggi. Sebaliknya, pada arus 160A, tegangan tarik maksimum menurun menjadi 48,25 kgf/mm<sup>2</sup>. Pengelasan SMAW pada sambungan baja karbon rendah dan sedang dengan arus 120A memberikan hasil uji tarik yang lebih baik dan meningkatkan kekuatan tarik.

Dengan demikian, seluruh penelitian ini mendukung bahwa pemilihan arus yang tepat sangat krusial untuk mencapai hasil pengelasan yang optimal, tergantung pada jenis material, elektroda, dan ketebalan benda kerja.