

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pengelasan (*Welding*) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan tekanan atau tanpa tekanan. 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.

Pengelasan dibagi dalam dua katagori utama, yaitu pengelasan lebur dan pengelasan padat. Pengelasan lebur menggunakan panas untuk melebur permukaan yang akan disambung, beberapa operasi menggunakan logam pengisi dan yang lain tanpa logam pengisi. Pengelasan padat proses penyambungannya menggunakan panas atau tekanan, tetapi tidak terjadi peleburan pada logam dasar dan tanpa penambahan logam pengisi.

Hasil penelitian yang dilakukan (Parekke, 2017), menunjukkan bahwa arus las berpengaruh terhadap kekuatan tarik baik pengelasan SMAW maupun GTAW. Kekuatan tarik tertinggi pada pengelasan SMAW sebesar 64,01 kgf/mm<sup>2</sup> dengan arus 70 A, dan kekuatan tarik terendah 61,97 kgf/mm<sup>2</sup> pada arus 50 A. Pengelasan GTAW kekuatan tarik tertinggi sebesar 49,54 kgf/mm<sup>2</sup> dengan arus 60 A dan kekuatan tarik terendah 46,64 kgf/mm<sup>2</sup> dengan arus 70 A. Kekerasan pengelasan SMAW tertinggi pada arus 60 A sebesar 22,7 HRC dan kekerasan terendah pada -

arus 50 A sebesar 16,5 HRC. Pengelasan GTAW kekerasan tertinggi pada arus 60 nA sebesar 20,5 HRC dan kekerasan terendah pada arus 50 A sebesar 15,9 HRC. Struktur mikro yang terjadi pada arus 50 A didominasi oleh struktur ferit, sementara pada arus 60 A dan 70 A struktur yang terbentuk adalah perlit yang berwarna gelap. Hasil penelitian yang dilakukan oleh (Bangun, 2006) Pengelasan *dissimilar metal welding* baja AISI 1045 dengan AISI 304 dengan variasi arus bahwa karena pengaruh elektroda Xuper 222XH. Ketika dilakukan pengujian tarik material mengalami perpatahan di daerah logam AISI 1045. Harga kekuatan tarik maksimum ( $R_m$ ) dengan arus 100 A adalah 147,5 N/mm<sup>2</sup>. Harga kekerasan pada daerah logam lasan (titik 0) dengan arus 100A = 195,7 VHN.

Dengan latar belakang ini, maka peneliti mengadakan penelitian sebagai tugas sarjana dengan judul **“Pengaruh Kuat Arus Terhadap Kekuatan Benda Kerja Hasil Pengelasan SMAW Dengan Menggunakan Elektroda E6013 Pada Baja AISI 4340”**

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Apakah ada pengaruh arus pengelasan terhadap struktur mikro baja paduan rendah hasil pengelasan dengan elektroda E6013
2. Apakah ada pengaruh arus pengelasan terhadap kualitas kekuatan tarik baja pada baja paduan rendah hasil pengelasan dengan menggunakan elektroda E6013.

## **1.3 Batasan Masalah**

Agar pembahasan tidak terjebak dalam pembahasan yang tidak perlu maka

dibuat batasan masalah yang meliputi :

1. Penelitian ini menggunakan bahan baja AISI 4340.
2. Bentuk ukuran dan dimensi spesimen uji sesuai dengan standar ASTM E8/E8M – 13a.
3. Pengujian yang dilakukan dengan menggunakan mesin uji tarik UTM (*Universal Testing Machine*) dengan tipe UTM-LC05T.
4. Pengujian strukur mikro menggunakan mesin IMM 901 Inverted.
5. Tipe sambungan pada pengelasan dipilih dengan bentuk kampuh V.
6. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini sebanyak 3 spesimen.

#### **1.4 Tujuan**

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui kualitas dan ketahanan hasil pengelasan
2. Untuk mengetahui mikro struktur hasil pengelasan

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dalam penelitian ini adalah :

1. Sebagai masukan dan pertimbangan bagi perkembangan penelitian sejenis dimasa yang akan datang.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengelasan**

Pengelasan (*welding*) adalah teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan logam kontinyu (Siswanto, 2011). Menurut (Tarkono, 2010) perbedaan menggunakan jenis-jenis elektrode akan mempengaruhi kekuatan tarik hasil pengelasan dan perpanjangan (*elongation*). Pada penelitian (Syahrani, 2013) melakukan variasi arus pengelasan terhadap kekuatan tarik dan bending pada baja SM 490 diperoleh perbedaan nilai kekuatan tarik dan bending. Penelitian ini menggunakan perbedaan metode pegelasan, penggunaan arus, dan jenis elektroda. 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, elektrode dan jenis kampuh yang digunakan.

Definisi pengelasan menurut DIN (*Deutsch 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.

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 proses pengelasan

adalah prosedur pengelasan itu sendiri yaitu suatu perencanaan untuk pelaksanaan penelitian yang meliputi cara pembuatan konstruksi las dan sambungan yang sesuai rencana dan spesifikasi, dengan menentukan semua hal yang diperlukan dalam pelaksanaan tersebut, sedangkan 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 kuat arus, pemilihan elektroda, dan pemilihan jarak pengelasan serta penggunaan jenis kampuh las (Wiryo Sumarto, 2000).

## 2.2 Mekanisme Pengelasan

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

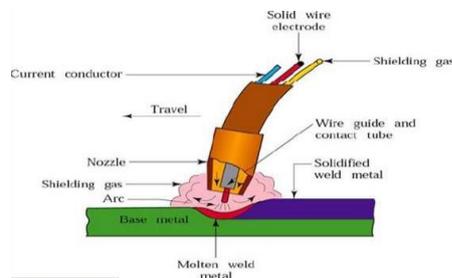
$$HI \text{ (Heat Input)} = \frac{\text{Tegangan Las} \times \text{Arus Las}}{\text{Kecepatan Pengelasan}} \dots\dots\dots(2.1)$$

## 2.3 Jenis – Jenis Pengelasan

### a. Gas Metal Arc Welding (GMAW)

Nama lain dari proses pengelasan ini adalah metal inert gas (MIG) dimana kawat elektroda yang digunakan tidak terbungkus dan sifat suplainya yang terus-menerus. Daerah lasan terlindung dari atmosphere melalui gas yang dihasilkan dari alat las (Genculu, 2007). Gas pelindung yang digunakan adalah gas Argon, helium

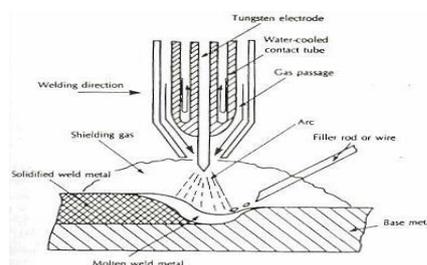
atau campuran dari keduanya. Untuk memantapkan busur kadang-kadang ditambahkan gas O<sub>2</sub> antara 2 sampai 5% atau CO<sub>2</sub> antara 5 sampai 20% (Wiryosumarto, 1996) seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.1 di bawah ini.



Gambar 2.1 Skematik pengelasan *Gas Metal Arc Welding*

#### b. *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW)

*Gas tungsten arc welding* (GTAW) adalah proses las busur yang menggunakan busur antara tungsten elektroda (non konsumsi) dan titik pengelasan. Proses ini digunakan dengan perlindungan gas dan tanpa penerapan tekanan. Proses ini dapat digunakan dengan atau tanpa penambahan filler metal. GTAW telah menjadi sangat diperlukan sebagai alat bagi banyak industri karena hasil las berkualitas tinggi dan biaya peralatan yang rendah skematik proses pengelasan dapat dilihat seperti gambar 2.2 di bawah ini.



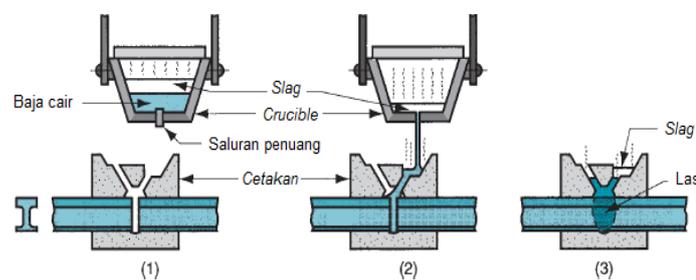
Gambar 2.2 Skematik las *Gas Tungsten Arc Welding*

#### c. *Submerged Arc Welding* (SAW)

*Submerged Arc Welding* (SAW) adalah salah satu jenis las listrik dengan proses memadukan material yang dilas dengan cara memanaskan dan mencairkan



*Thermit* merupakan merk dagang dari *thermite*, yakni sebuah campuran serbuk aluminium dan besi oksida yang bisa menghasilkan reaksi *exothermic* ketika dibakar. Bahan tambah atau *filler* pada pengelasan ini berupa logam cair. Logam cair tersebut dituang pada sambungan yang telah dilengkapi dengan cetakan. Proses penggabungan ini lebih mirip dengan pengecoran dapat dilihat seperti pada gambar 2.5 di bawah ini.



Gambar 2.5 Skematik las *Thermit Welding*

f. *Laser beam welding* (LBW)

*Laser beam welding* (LBW) adalah proses pengelasan di mana penggabungan diperoleh dari energi yang terkonsentrasi tinggi, sorotan cahaya sederhana difokuskan pada sambungan benda kerja. Pada umumnya dioperasikan dengan gas pelindung untuk mencegah oksidasi. Gas pelindung yang digunakan contohnya adalah helium, argon, nitrogen, dan karbon dioksida. Pada LBW bahan tambah atau *filler* biasanya tidak diberikan seperti yang terlihat pada gambar 2.6 di bawah ini.

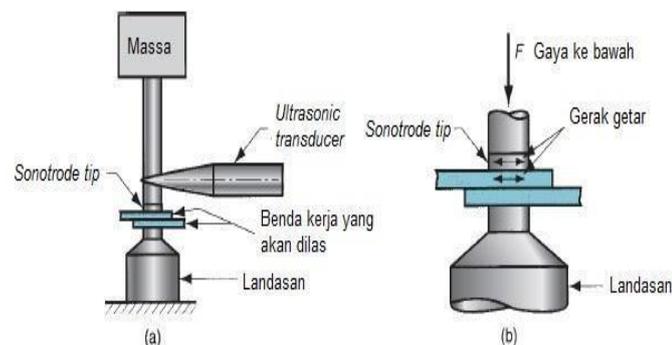
g. *Ultrasonic welding* (USW)

*Ultrasonic welding* (USW) adalah jenis pengelasan *solid-state* di mana dua benda kerja ditahan/dijepit bersamaan dan diberi getaran berfrekuensi *ultrasonic* supaya terjadi penggabungan. Gerak dari getaran melewati celah antara dua benda kerja yang dijepit secara *lap joint*. Hal tersebut mengakibatkan terjadinya kontak

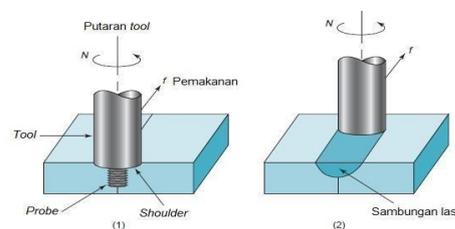
dan ikatan metalurgi yang kuat antara kedua permukaan benda kerja. Panas pada proses USW dihasilkan dari gesekan antar permukaan benda kerja dan deformasi plastis. Suhu panas tersebut berada di bawah titik cair benda kerja seperti yang terlihat pada gambar 2.7 di bawah ini.

Gambar 2.7 Skematik las *Ultrasonic Welding*

#### h. *Friction Stir Welding* (FSW)



*Friction stir welding* (FSW) adalah proses pengelasan *solid-state* di mana sebuah *tool* yang berputar dimakamkan sepanjang garis sambungan antara dua benda kerja. *Tool* yang berputar dan dimakamkan pada garis sambungan tersebut menghasilkan panas serta secara mekanis menggerakkan (*stirring*; bentuk dasar: *stir*, sehingga diberi nama *friction stir welding*) logam untuk membentuk sambungan las seperti yang terlihat pada gambar 2.8 dibawah ini.

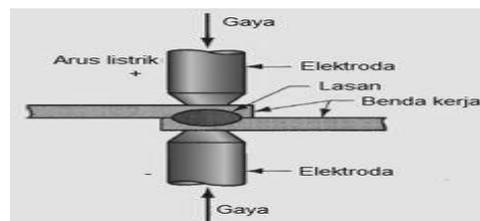


Gambar 2.8 Skematik las *Friction Stir Welding*

#### i. *Diffusion welding* (DFW)

*Diffusion welding* (DFW) adalah proses pengelasan *solid-state* yang dihasilkan

dari pemberian panas dan tekanan supaya terjadi difusi serta penggabungan. Proses tersebut biasanya dilakukan dengan atmosfer yang terkontrol dan waktu yang tepat untuk membiarkan difusi serta penggabungan terjadi. Temperatur yang digunakan sebaiknya di bawah titik cair dari logam benda kerja dan deformasi plastis yang terjadi pada permukaan benda kerja sebaiknya minimal. Mekanisme penggabungan pada *diffusion welding* terjadi dalam bentuk padat, di mana atom berpindah dan saling menyeberang di antara dua permukaan benda kerja yang saling kontak. Pengelasan ini terkadang menggunakan lapisan bahan tambah yang diletakkan di antara dua benda kerja yang akan disambung (seperti roti isi) seperti yang terlihat pada gambar 2.9 di bawah ini.



Gambar 2.9 Skematik las *Diffusion Welding*

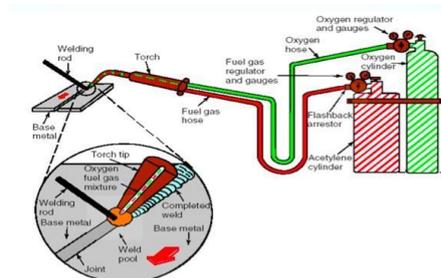
j. *Shielded Metal Arc Welding* ( SMAW )

Pengelasan busur adalah pengelasan lebur dimana penyatuan logam dicapai dengan menggunakan panas dari busur listrik dapat dilihat seperti pada gambar 2.10 di bawah ini.

k. *Oxygen Asitilen Welding* (OAW)

*Oxygen Asitilen Welding* (OAW) suatu proses pengelasan gas yang menggunakan sumber panas nyala api melalui pembakaran gas oksigen dan gas asetilen untuk mencairkan logam dan bahan tambah. Dalam pengelasan OAW ini biasanya digunakan hanya untuk plat tipis, hal ini dikarenakan sambungan las

*Oxygen Acetyline* ini mempunyai kekuatan yang rendah dibandingkan las busur listrik seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.11 dibawah ini.



Gambar 2.11 Skematik las *Oxygen Asitilen Welding*

## 2.4 Pengelasan SMAW

Las busur listrik elektroda terlindung atau lebih dikenal dengan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) merupakan pengelasan menggunakan busur nyala listrik sebagai panas pencair logam. Busur listrik terbentuk diantara elektroda terlindung dan logam induk. Karena panas dari busur listrik maka logam induk dan ujung elektroda mencair dan membeku bersama. Dalam cara pengelasan ini digunakan kawat elektroda logam yang dibungkus dengan fluks. Busur listrik terbentuk diantara logam induk dan ujung elektroda. Karena panas dari busur ini maka logam induk dan ujung elektroda tersebut mencair dan kemudian membeku bersama.

Proses pemindahan logam elektroda terjadi pada saat ujung elektroda mencair dan membentuk butir-butir yang terbawa oleh arus busur listrik yang terjadi. Bila digunakan arus listrik yang besar maka butiran logam cair yang terbawa menjadi halus, sebaliknya bila arusnya kecil maka butirannya menjadi besar. Pola pemindahan cairan dipengaruhi oleh besar kecilnya arus seperti diterangkan diatas dan juga oleh komposisi dari bahan fluks yang digunakan. Selama proses

pengelasan bahan fluks yang digunakan untuk membungkus elektroda mencair dan membentuk terak yang kemudian menutupi logam cair yang terkumpul ditempat sambungan dan bekerja sebagai penghalang oksidasi. Dalam beberapa fluks bahannya tidak dapat terbakar, tetapi berubah menjadi gas yang juga menjadi pelindung dari logam cair terhadap oksidasi dan memantapkan busur (Wiryosumarto dan Okumura, 2000).

#### 2.4.1 Elektroda Las

Elektroda berselaput yang dipakai pada las busur listrik mempunyai perbedaan komposisi selaput maupun kawat inti. Pelapisan fluksi pada kawat inti dapat dengan cara destrusi, semprot atau celup. Ukuran standar diameter kawat inti dari 1,5 mm sampai 7 mm dengan panjang antara 350 sampai 450 mm. Jenis-jenis selaput fluksi pada elektroda misalnya selulosa, kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ), titanium dioksida (rutil), kaolin, kalium oksida mangan, oksida besi, serbuk besi, besi silikon, besi mangan dan sebagainya dengan persentase yang berbeda-beda, untuk tiap jenis elektroda. Tebal selaput elektroda berkisar antara 70% sampai 50% dari diameter elektroda tergantung dari jenis selaput. Pada waktu pengelasan, selaput elektroda ini akan turut mencair dan menghasilkan gas  $\text{CO}_2$  yang melindungi cairan las, busur listrik dan sebagian benda kerja terhadap udara luar. Udara luar yang mengandung  $\text{O}_2$  dan  $\text{N}$  akan dapat mempengaruhi sifat mekanik dari logam las. Cairan selaput yang disebut terak akan terapung dan membeku melapisi permukaan las yang masih panas.

Elektroda baja lunak dan baja paduan rendah untuk las busur listrik menurut klasifikasi AWS (*American Welding Society*) dinyatakan dengan tanda E XXXX yang artinya sebagai berikut :

E : menyatakan elektroda busur listrik

XX (dua angka setelah E) : Menyatakan kekuatan tarik deposit las dalam ribuan lb/in<sup>2</sup>.

X (angka ketiga) : Menyatakan posisi pengelasan.

X (angka keempat) : Menyatakan jenis selaput dan jenis jenis arus yang cocok dipakai untuk pengelasan.

## 2.5 Sambungan konstruksi baja

Sambungan las dalam konstruksi baja pada dasarnya terbagi dalam sambungan tumpul, sambungan T, sambungan sudut, dan sambungan tumpang. Sambungan tumpul (*butt weld joint*) ialah bentuk sambungan dimana kedua bidang yang akan disambung berhadapan satu sama lain, tetapi sebelumnya dilakukan pengerjaan terhadap bidang sambungan tersebut untuk membentuk kampuh las, agar didapatkan hasil sambungan pengelasan yang kuat (Suryana, 1998). Jenis kampuh sambungan tumpul (*butt joint*) dapat dilihat pada gambar 2.13 dibawah ini.

## 2.6 Elektroda Las

### a. Elektroda Las

Pengelasan 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.

Elektroda adalah bagian ujung (yang berhubungan dengan benda kerja) rangkaian penghantar arus listrik sebagai sumber panas (Alip, 1989).

Spesifikasi arus menurut tipe elektroda dan kuat arus dari elektroda untuk *carbon steel* dan *stainless steel* berdasarkan diameter yang digunakan terdapat pada tabel 2.1 dibawah ini. Tabel 2.1 Spesifikasi Arus Menurut Tipe Elektroda dan Diameter dari Elektroda(Nikko Steel index, 1994).

Tabel 2.1 Spesifikasi Elektroda

Diameter (mm)	Tipe elektroda dan <i>Ampere</i> yang digunakan			
	E 309-16	E 309L-16	E 309LMo-16	E 309Nb-16
2	50 – 70	35 – 80	35 – 80	35 – 80
2.6	70 – 110	65 – 100	65 – 100	65 – 100
3.2	110 – 130	80 – 125	80 – 125	80 – 125
4	120 – 150	120 – 170	120 – 170	120 – 170
5	160 – 210	160 – 210	160 – 210	160 – 210

b. Elektroda GTAW (*Welding Rod*).

Kawat las atau bahan tambah yang digunakan untuk pengelasan GTAW ini bermacam macam, ada tipe ER 70 S, ER 308 L – 16, ER 309 Mo L, ER 309 Mo L-16/17, ER 316 L – 16, ER 312 – 16. Semua jenis Welding rod tersebut dapat diaplikasikan pada pengelasan baja maupun jenis material yang tahan korosi.

Dalam pemilihan tungsten elektroda GTAW juga bermacam macam, pemilihan tersebut disesuaikan dengan jenis material yang digunakan. Oleh karena itu tidak boleh sembarangan dalam memilih tungsten agar hasil lasan yang dihasilkan dapat maksimal dan sesuai dengan standar pengelasan. Berikut ini spesifikasi dalam pemilihan tungsten elektroda GTAW dapat dilihat pada tabel 2.2 dibawah ini.

Tabel 2.2 Spesifikasi *Welding Rod*

<b>Type</b>	<b>Colour</b>	<b>Size (mm)</b>	<b>Features</b>
<b>Pure Tungsten</b>	Green	0.8 – 1.5	Non-Radioactive : suitable for AC welding of aluminium, magnesium and their alloy
	Yellow	0.8 – 1.5	Excellent electron emission and overall performance; high current-carrying capacity; radioactive;
<b>Thoriated Tungsten</b>	Red	0.8 – 1.5	Suitable for DC welding of carbon steel, stainless steel, nickel alloy, titanium alloy.
	Black	0.8 – 1.5	Non-Radioactive; excellent electric conductivity and welding capacity; high current-carrying
<b>Lanthanum Tungsten</b>	Golden Yellow Blue	0.8 – 1.5	Capacity : minimum ratio of burnt area; substitute for thoriated tungsten electrode; mainly used in DC welding
<b>Cerium Tungsten</b>	Pink	0.8 – 1.5	Non-Radioactive : easier arc initiation under low current circumstances, and low arc-maintaining current; suitable for the welding of pipelines, small components and discontinuous welding
	Orange	0.8 – 1.5	
	Gray		
<b>Yttrium Tungsten</b>	Sky Blue	0.8 – 1.5	Non-Radioactive : long and slim arc beam with high compression deeper burning groove under medium and high current circumstances
<b>Compound Rare Earth Tungsten</b>	Cyan	0.8 – 1.5	compound rare-earth tungsten electrode : different additives contributing to better performance of tungsten electrode

## 2.7 Kelebihan dan Kekurangan

### 2.7.1 Kelebihan Pengelasan SMAW

1. Dapat dipakai dimana saja didalam air maupun di luar air
2. Pengelasan dengan segala posisi.

3. Elektroda tersedia dengan mudah dalam banyak ukuran dan diameter.
4. Perlengkapan yang digunakan sederhana, murah dan mudah dibawa kemana-mana.
5. Tingkat kebisingan rendah.
6. Tidak terlalu sensitif terhadap korosi, oli & gemuk.
7. Dapat dikerjakan pada ketebalan berapapun

#### 2.7.2 Kekurangan Pengelasan SMAW

1. Pengelasan terbatas hanya sampai sepanjang elektroda dan harus melakukan penyambungan.
2. Setiap akan melakukan pengelasan berikutnya flag harus dibersihkan.
3. Tidak dapat digunakan untuk pengelasan bahan baja non – ferrous.  
Efisiensi endapan rendah

#### 2.7.3 Kelebihan Pengelasan GTAW

1. Hasil pengelasan tidak perlu dibersihkan karena tidak menghasilkan slag.
2. Aliran gas menjadikan daerah disekitar cairan logam tidak mengandung udara sehingga mencegah pengotoran oleh nitrogen dan oksigen, yang dapat menyebabkan oksidasi.
3. Hasil lasan lebih kuat karena dapat penetrasi yang dalam dan ketahanan korosi lebih tinggi.
4. Hasil pengelasan sangat bersih.
5. Proses pengelasan dapat diamati dengan mudah, asap yang timbul tidak banyak.
6. Jarang terjadi deformasi karena pusat panas sangat kecil.
7. Tidak menghasilkan spatter atau percikan las sehingga lasan lebih bersih.

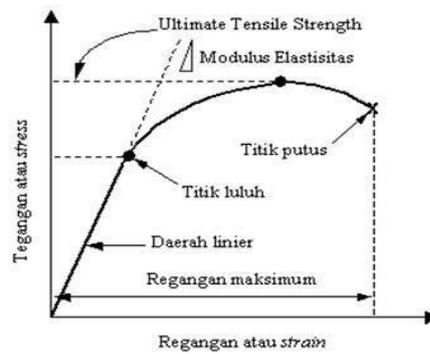
#### 2.7.4 Kekurangan Pengelasan GTAW

1. Untuk efisiensi kecepatan las GTAW rendah.
2. Saat proses pengelasan berlangsung dapat terjadi *burnback*.
3. Cacat las porositas atau lubang-lubang kecil sering terjadi jika gas pelindung permukaan pengelasan tidak dapat melindungi secara maksimal.
4. Dapat terjadi *tungsten inclusion*.

### 2.8 Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik (*Tensile Strength, Ultimate Tensile Strength*) adalah tegangan maksimum yang bias ditahan oleh sebuah bahan ketika diregangkan atau ditarik, sebelum bahan tersebut patah. Kekuatan tarik adalah kebalikan dari kekuatan tekan, dan nilainya bisa berbeda. Beberapa bahan dapat patah begitu saja tanpa mengalami deformasi, yang berarti benda tersebut bersifat rapuh atau getas (*brittle*). Bahan lainnya akan meregang dan mengalami deformasi sebelum patah, yang disebut dengan benda elastis (*ductile*).

Kekuatan tarik umumnya dapat dicari dengan melakukan uji tarik dan mencatat perubahan regangan dan tegangan. Titik tertinggi dari kurva tegangan-regangan disebut dengan kekuatan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) nilainya tidak bergantung pada ukuran bahan, melainkan karena faktor jenis bahan. Faktor lainnya yang dapat mempengaruhi seperti keberadaan zat pengotor dalam bahan, temperatur dan kelembaban lingkungan pengujian, dan penyiapan spesimen seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.14 di bawah ini.



Gambar 2.14 Kurva Tegangan-Regangan

## 2.9 Baja

### 2.9.1 Baja AISI 4340

Baja AISI 4340 adalah baja karbon sedang, baja paduan rendah yang dikenal karena ketangguhan dan kekuatannya di bagian yang relatif besar. AISI 4340 juga merupakan salah satu jenis baja nikel kromium molibdenum. Baja paduan 4340 umumnya dipasok dengan pengerasan dan temper pada kisaran tarik 930 - 1080 Mpa. Baja 4340 yang sudah diperkeras dan dikeraskan dapat diperkeras permukaannya lebih lanjut dengan nyala atau pengerasan induksi dan oleh nitridasi. Baja 4340 memiliki ketahanan guncangan dan benturan yang baik serta ketahanan aus dan abrasi dalam kondisi mengeras. Sifat baja AISI 4340 menawarkan keuletan yang baik dalam kondisi anil, memungkinkannya untuk ditekuk atau dibentuk. Pengelasan fusi dan ketahanan juga dimungkinkan dengan baja paduan 4340 kami. Bahan ASTM 4340 sering digunakan di mana baja paduan lain tidak memiliki kekuatan untuk memberikan kekuatan yang dibutuhkan. Untuk bagian yang sangat stres itu adalah pilihan yang sangat baik. Baja paduan AISI 4340 juga dapat dikerjakan dengan semua metode biasa.

Karena ketersediaan, baja kelas ASTM 4340 sering diganti dengan standar berbasis Eropa 817M40 / EN24 dan 1,6511 / 36CrNiMo4 atau baja SNCM439 berbasis Jepang. Anda memiliki data terperinci 4340 baja di bawah ini.

#### 1. AISI Alloy 4340 Rentang Pasokan Baja

4340 Steel Round Bar: diameter 8mm - 3000mm

4340 Plat Baja: tebal 10mm - 1500mm x lebar 200mm - 3000mm

4340 Steel Grade Square: 20mm - 500mm

Permukaan Finish: Hitam, Mesin Kasar, Putar atau sesuai persyaratan yang diberikan

#### 2.9.2 Spesifikasi dan Standar Relevan Baja AISI 4340

Tabel 2.3 Spesifikasi dan Standar Relevan Baja AISI 4340

Negara	Amerika Serikat	Britania	Britania	Jepang
<b>Standar</b>	ASTM A29	EN 10250	BS 970	JIS G4103
<b>Kelas</b>	4340	36CrNiMo4 / 1.6511	EN24 / 817M40	SNCM 439 / SNCM8

#### 2.9.3. ASTM 4340 Komposisi Kimia Baja Dan Keseimbangan

Tabel 2.4 ASTM 4340 Komposisi Kimia Baja Dan Keseimbangan

Standard	Kelas	C	M N	P	S	Si	Ni	Cr	Mo
<b>ASTM A29</b>	4340	0,38 - 0,43	0,60 - 0,80	0,035	0,040	0,15 - 0,35	1.65 - 2.00	0,70 - 0,90	0,20 - 0,30
<b>EN 10250</b>	36CrNiMo4 / 1.6511	0,32 - 0,40	0,50 - 0,80	0,035	0,035	≤ 0,40	0,90 - 1,20	0,90 - 1,2	0,15 - 0,30

<b>BS 970</b>	EN24 / 817M40	0,36 - 0,44	0,45 - 0,70	0,035	0,040	0,1 - 0,40	1.3 - 1.7	1,00 - 1,40	0,20 - 0,35
<b>JIS G4103</b>	SNCM 439 / SNCM8	0,36 - 0,43	0,60 - 0,90	0,030	0,030	0,15 - 0,35	1.60 - 2.00	0,60 - 1,00	0,15 - 0,30

#### 2.9.4. Sifat Mekanik Baja

Tabel 2.5 Sifat Mekanik Baja

Properti Mechanical	Kondisi	Bagian yang berkuasa (mm)	Kekuatan Tarik (Mpa)	Kekuatan luluh (Mpa)	Elong (%)	Dampak Izod (J)	Brinell Kekerasan
	T	250	850-1000	635	13	40	248-302
	T	150	850-1000	665	13	54	248-302
	U	100	930-1080	740	12	47	269-331

#### 2.9.5 Perlakuan Panas Baja AISI 4340

##### 1. Menghilangkan Stres

Untuk pra-pengerasan baja, pelepasan tegangan dicapai dengan memanaskan baja 4340 hingga antara 500 hingga 550 ° C. Panaskan hingga 600 ° C - 650 ° C, tahan hingga suhu merata di seluruh bagian, rendam selama 1 jam per bagian 25 mm, dan dinginkan di udara diam.

##### 2. Annealing

Anil lengkap dapat dilakukan pada 844 ° C (1550 F) diikuti oleh pendinginan terkontrol (tanur) pada kecepatan tidak lebih cepat dari 10 ° C (50 F) per jam hingga 315 ° C (600 F). Dari 315 ° C 600 F mungkin udara didinginkan.

##### 3. Tempering

Baja paduan AISI 4340 harus dalam kondisi panas atau normal dan kondisi panas sebelum temper. Temperatur temper untuk tergantung pada tingkat kekuatan yang

diinginkan. Untuk tingkat kekuatan pada kisaran 260 - 280 ksi temper pada 232 ° C (450 F). Untuk kekuatan dalam kisaran temper 125 - 200 ksi pada 510 ° C (950 F). Dan jangan marah baja 4340 jika berada dalam kisaran kekuatan 220 - 260 ksi karena temper dapat mengakibatkan degradasi resistensi dampak untuk tingkat kekuatan ini.

Tempering harus dihindari jika mungkin dalam kisaran 250 ° C - 450 ° C karena suhu yang rapuh.

#### 4. Pengerasan Api atau Induksi

Seperti disebutkan di atas, pelat atau pelat baja 4340 pra-pengerasan dan temper dapat lebih lanjut dikeraskan dengan api atau metode pengerasan induksi yang menghasilkan kekerasan case yang melebihi Rc 50. Bagian baja AISI 4340 harus dipanaskan secepat mungkin untuk kisaran suhu austenitik (830 ° C - 860 ° C) dan kedalaman selubung yang diperlukan diikuti oleh pendinginan langsung minyak atau air, tergantung pada kekerasan yang diperlukan, ukuran / bentuk benda kerja dan pengaturan pendinginan.

Mengikuti pendinginan ke tangan hangat, temper pada 150 ° C - 200 ° C akan mengurangi tekanan dalam case dengan efek minimal pada kekerasannya.

#### 5. Nitridasi

Baja paduan 4340 yang dikeraskan dan dikeraskan juga dapat dinitridasi, memberikan kekerasan permukaan hingga Rc 60. Panaskan hingga 500 ° C - 530 ° C dan tahan selama waktu yang cukup (dari 10 hingga 60 jam) untuk mengembangkan kedalaman selubung. Nitridasi harus diikuti dengan pendinginan lambat (tanpa pendinginan) yang mengurangi masalah distorsi. Karenanya, material nitrided grade 4340 dapat dikerjakan hingga mendekati ukuran akhir,

hanya menyisakan sedikit tunjangan penggilingan. Kekuatan tarik inti material baja 4340 biasanya tidak terpengaruh karena kisaran suhu nitridasi umumnya di bawah suhu temper asli yang digunakan. Kekerasan permukaan yang dapat dicapai adalah 600 hingga 650HV

? u7.