

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Baja AISI 1040-T8 adalah jenis baja karbon sedang yang sering digunakan dalam konstruksi mesin, peralatan industri, dan struktur baja pada berbagai aplikasi. Pengelasan adalah salah satu proses utama dalam memmanufaktur dan memperbaiki struktur baja. Salah satu metode pengelasan yang umum digunakan untuk baja karbon seperti AISI 1040-T8 adalah Shielded Metal Arc Welding (SMAW), atau yang dikenal sebagai pengelasan dengan elektroda berlapis.

Elektroda yang sering digunakan untuk pengelasan SMAW baja karbon adalah E7018, yang memiliki sifat-sifat mekanis dan kimia yang sesuai dengan kebutuhan pengelasan baja karbon sedang. Oleh karena itu, penelitian ini akan berfokus pada analisis pengelasan plat berbahan AISI 1040-T8 dengan menggunakan elektroda E7018 pada proses pengelasan SMAW.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi material yang akan dilas (AISI 1040 T8) dan proses pengelasan yang akan digunakan (Shielded Metal Arc Welding/SMAW) serta elektroda yang akan digunakan E7018.
2. Menentukan parameter pengelasan yang optimal yang sesuai dengan material AISI 1040 T8 dan elektroda 7018.
3. Melakukan pengujian tarik pada spesimen las untuk mengetahui kekuatan tariknya.

1.3 Batas Masalah

Dalam permasalahan penelitian yang dibahas tidak melebar terelalu jauh dan penyimpangan dari pokok pembahasan masalah sebagai berikut :

1. Material yang digunakan untuk penelitian adalah baja karbon rendah AISI 1040 dengan panjang 150 mm dan Lebar 100 mm tebal 8 mm.

2. Pengelasan dilakukan dengan las listrik Shielded Metal Arc Welding (SMAW). Elektroda yang digunakan adalah E7018.
3. Material yang akan di las dengan menggunakan variasi kuat arus listrik ialah: 90 Ampere, 100 Ampere, dan 110 Ampere.
4. Pengujian dilakukan dengan mesin uji tarik.

1.4 Tujuan Penelitian

Untuk Menjelaskan Hasil Pengelasan dan pengujian pada penelitian ini Ada beberapa tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pengaruh sambungan las Baja AISI 1040 dengan variasi Kuat arus pada sambungan las Baja AISI 1040 Terhadap Kekuatan Tarik

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian pengelasan SMAW pada AISI 1040 T8 dengan elektroda 7018 dan pengujian tarik serta memiliki sejumlah manfaat penting, antara lain:

1. Menilai Kekuatan Sambungan: Uji tarik bertujuan untuk mengukur kekuatan sambungan las SMAW untuk memastikan bahwa sambungan dapat menahan beban yang diberikan sesuai dengan spesifikasi desain.
2. Mengevaluasi Kualitas Proses Pengelasan: Penelitian ini dapat membantu mengidentifikasi potensi masalah dalam proses pengelasan, seperti kelemahan akibat teknik pengelasan yang tidak tepat atau bahan pengisi yang tidak sesuai.
3. Memverifikasi Kesesuaian dengan Standar: Banyak industri memiliki standar yang ketat untuk kualitas pengelasan. Uji tarik memastikan bahwa sambungan las memenuhi standar industri atau kode pengelasan tertentu.
4. Mengidentifikasi Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kekuatan Sambungan: Penelitian ini dapat membantu dalam memahami bagaimana variabel seperti jenis elektroda, parameter pengelasan, dan kondisi lingkungan mempengaruhi kekuatan sambungan las.

5. Meningkatkan Desain dan Proses Pengelasan: Dengan mengetahui hasil dari uji tarik, peneliti dapat mengoptimalkan parameter pengelasan dan desain sambungan untuk meningkatkan kinerja dan keamanan struktur yang dilas.
6. Menjamin Keamanan: Dalam banyak aplikasi, terutama yang berkaitan dengan struktur kritis atau aplikasi bertekanan tinggi, memastikan bahwa sambungan las memiliki kekuatan yang memadai adalah penting untuk keselamatan.

Dengan demikian, penelitian perumusan masalah pengelasan SMAW pada AISI 1040 T8 dengan elektroda 7018 dan pengujian tarik memiliki dampak yang signifikan dalam meningkatkan kualitas, keandalan, dan efisiensi proses pengelasan, serta memperluas pengetahuan dalam bidang pengelasan dan material.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengelasan

Pengelasan adalah proses menyatukan dua atau lebih bahan logam atau non-logam dengan cara melelehkan dan menggabungkan bahan tersebut. Proses ini dilakukan dengan menggunakan panas atau tekanan, atau keduanya, sehingga terbentuk sambungan permanen antara bahan-bahan yang dihubungkan. Tujuan dari pengelasan adalah untuk menciptakan sambungan yang kuat dan tahan terhadap beban mekanis, panas, atau lingkungan tertentu.

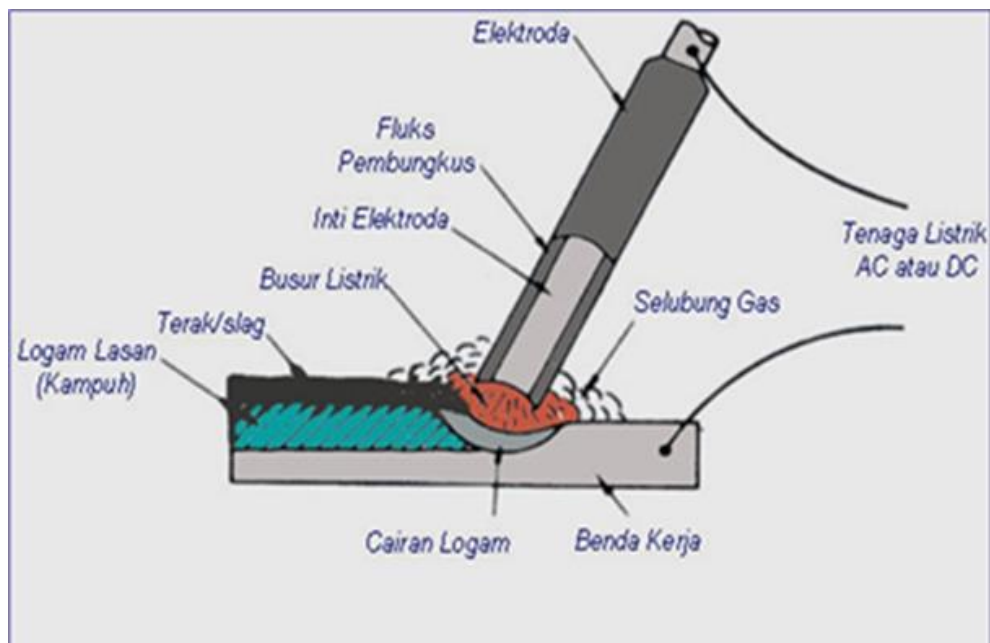
Proses pengelasan biasanya melibatkan langkah-langkah berikut:

1. **Persiapan Material:** Persiapan permukaan bahan yang akan disambung merupakan tahap penting dalam proses pengelasan. Ini melibatkan pembersihan permukaan dari kotoran, oksida, atau lapisan lain yang dapat mengganggu proses pengelasan dan kualitas sambungan akhir.
2. **Penyambungan:** Penyambungan bahan yang akan disatukan dilakukan dengan menggunakan berbagai teknik dan alat, tergantung pada jenis material dan proses pengelasan yang digunakan.
3. **Pengaplikasian Panas:** Proses pengelasan melibatkan pemberian panas yang cukup untuk melelehkan bahan yang akan disambungkan. Ini dapat dilakukan dengan menggunakan sumber panas seperti busur listrik, gas api, atau laser.
4. **Penggunaan Material Tambahan (Jika Diperlukan):** Dalam beberapa kasus, pengelasan memerlukan penggunaan material tambahan dalam bentuk logam tambahan atau pengisi (seperti kawat las) untuk membentuk sambungan yang kuat antara bahan-bahan yang akan disambung.
5. **Pemantapan dan Pendinginan:** Setelah proses pengelasan selesai, sambungan yang baru terbentuk harus didinginkan secara perlahan agar tidak terjadi deformasi atau tegangan yang tidak diinginkan dalam material.
6. **Inspeksi dan Pengujian:** Tahap terakhir dari proses pengelasan adalah inspeksi dan pengujian sambungan las untuk memastikan bahwa sambungan tersebut memenuhi standar kualitas dan keamanan yang ditetapkan.

Pengelasan memiliki berbagai aplikasi dalam berbagai industri, termasuk manufaktur, konstruksi, perkapalan, otomotif, dan banyak lagi. Ini adalah salah satu proses utama yang digunakan untuk membuat berbagai struktur logam, dari bangunan hingga kendaraan, mesin, dan komponen lainnya.

2.2 Pengelasan SMAW (Shielded Metal Arc Welding)

Pengelasan SMAW (Shielded Metal Arc Welding), juga dikenal sebagai pengelasan busur listrik dengan elektroda berlapis, adalah salah satu metode pengelasan yang paling umum digunakan di industri. Proses ini melibatkan penggunaan elektroda yang dilapisi dengan fluks untuk membentuk sambungan logam antara bahan yang akan disatukan. Berikut adalah beberapa komponen utama dan langkah-langkah dalam proses pengelasan SMAW



Gambar 2.1 Pengelasan (SMAW)

(Wiryosumarto&Okumura 2004)

Komponen Utama:

Elektroda: Elektroda adalah kawat logam yang dilapisi dengan fluks. Ketika arus listrik melewati elektroda, ujungnya meleleh dan fluksnya membentuk gas yang melindungi busur listrik dan zona las dari oksidasi dan kontaminasi atmosfer.

Sumber Daya: Sumber daya listrik, seperti mesin las atau generator, menyediakan arus listrik yang diperlukan untuk membentuk dan mempertahankan busur listrik. **Sambungan Bahan:** Bahan yang akan disatukan, seperti logam, ditempatkan dalam posisi yang tepat untuk dilas.

Peralatan Perlindungan: Peralatan perlindungan pribadi seperti helm las, sarung tangan, dan kacamata las digunakan untuk melindungi operator dari cahaya dan percikan yang dihasilkan selama proses pengelasan.

Pengelasan SMAW memiliki keunggulan, seperti fleksibilitas dalam penerapannya dan kemampuannya untuk digunakan dalam berbagai kondisi lingkungan. Namun, proses ini juga membutuhkan keterampilan operator yang baik dan dapat memakan waktu dalam persiapan dan penyelesaiannya.

Elektroda adalah bahan yang digunakan untuk melaksanakan pengelasan listrik, fungsinya ialah sebagai nyala api yang ditimbulkan dari pembakaran. Ada beberapa jenis kawat las dengan spesifikasinya masing masing, tapi kebanyakan orang melakukan pengelasan dengan kawat las yang tanpa dia sadari jenis kawat las yang dia gunakan sudah sesuai dengan prosedur atau belum. Padahal elektroda tersebut yang khususnya tipe SMAW mempunyai kode spesifikasi tersendiri yang tertulis di bagian kardus pembungkus kawat las, dari kardus tersebut kita dapat melihat berapa arus yang harus kita gunakan pada saat pengelasan. Akan tetapi kebanyakan pengelas menghiraukan dan lebih sering memakai pengalaman dan insting mereka dalam melakukan pengelasan seperti menentukan elektroda dan besarnya arus listrik. Kebanyakan orang yang tidak terlalu mengetahui tentang pengelasan.

Ada beberapa jenis elektroda atau kawat las yang biasanya digunakan pada material yang berbeda. Ada beberapa hal pada perbedaan berbagai jenis kawat las listrik atau elektroda ini salah satunya besaran arus listrik yang digunakan pada proses pengelasan. Pada pengelasan sendiri setiap bahan berbeda maka besar arus listrik yang digunakan akan berbeda juga agar sesuai dengan hasil yang diinginkan. Elektroda atau sering disebut juga kawat las adalah benda yang digunakan untuk melakukan pengelasan listrik. Busur nyala akan timbul ketika ujung elektroda sebagai pembakar bersinggungan dengan logam induk, kemudian menghasilkan

banyak panas untuk melelehkan dan melebur logam pengelasan. Secara umum elektroda bisa dibedakan 3 macam yaitu :

1. Elektroda Polos (Uncoated Electrode):

Elektroda polos tidak memiliki lapisan pelindung di sekitarnya Biasanya terbuat dari logam atau paduan logam murni. Digunakan dalam proses pengelasan khusus yang memerlukan kontrol yang sangat ketat terhadap komposisi kimia logam las.

2. Elektroda Berselaput (Covered Electrode):

Elektroda berselaput memiliki lapisan pelindung yang terbuat dari campuran bahan seperti mineral, serbuk logam, dan fluks. Lapisan pelindung ini membentuk gas pelindung, slag, dan memberikan sifat-sifat tertentu kepada logam las, seperti ketahanan terhadap korosi, kekuatan, dan keuletan.

Digunakan dalam proses pengelasan seperti Shielded Metal Arc Welding (SMAW) atau pengelasan busur listrik, di mana elektroda ditangani secara manual oleh operator.

3. Elektroda Terbungkus (Flux-Cored Electrode):

Elektroda terbungkus memiliki tabung logam berisi serbuk fluks di bagian dalamnya. Serbuk fluks ini meleleh selama pengelasan, membentuk gas pelindung dan slag yang melindungi logam las. Biasanya digunakan dalam proses pengelasan seperti Flux-Cored Arc Welding (FCAW) atau pengelasan busur terbungkus, di mana elektroda dimasukkan secara otomatis ke dalam proses pengelasan.

Setiap jenis elektroda memiliki kelebihan dan kekurangan tersendiri, dan pemilihan jenis yang tepat tergantung pada aplikasi pengelasan yang spesifik serta kondisi lingkungan kerja.

Tabel 2.1 Spesifikasi elektroda terbungkus dari baja lunak

Klasifikasi AWS/ASTM	Jenis fluks	Posisi	Jenis listrik	Kekuatan tarik (Kg/mm ²)	Kekuatan luluh (Kg/mm ²)	Perpanjangan %
E 6010	Natrium selukosa tinggi	F,V,OH,H	DC+	43,6	35,2	22
E 6011	Kalium selukosa tinggi	F,V,OH,H	AC / DC+	43,6	35,2	22
E 6012	Natrium tipania tinggi	F,V,OH,H	AC / DC-	47,1	38,7	17
E 6013	Kalium tipania rendah	F,V,OH,H	AC / DC+	47,1	38,7	17
E 6020	Oksida besi tinggi	H,S,F	AC / DC / DC+	43,6	35,2	25
E 6027	Serbuk besi oksida besi	H,S,F	AC / DC / DC+	43,6	35,2	25
E 7014	Serbuk besi tipania	F,V,OH,H	AC / DC+			17
E 7015	Natrium hydrogen rendah	F,V,OH,H	DC+			22
E 7016	Kalium hydrogen rendah	F,V,OH,H	AC / DC+			22
E 7018	Serbuk besi hydrogen rendah	F,V,OH,H	AC / DC+	50,6	42,2	22
E 7024	Serbuk besi	H,S,F	AC / DC+			17
E 7028	Serbuk besi hydrogen rendah	H,S,F	AC / DC+			22

Dimana :

Arti simbol :

F : datar

V : vertical

OH : atas kepala

H : horizontal

S : hozontal las sudut

Berdasarkan jenis elektroda dan diameter kawat inti elektroda dapat ditentukan arus dalam ampere dari mesin las seperti pada table 2.2 di bawah ini:

Table 2.2 Spesifikasi Arus Menurut Tipe Elektroda Dan Diameter Dari Elektroda

Diameter		Tipe Elektroda dan Ampere Yang Digunakan					
Mm	Inch	E 6010	E 6014	E7018	E7024	E7027	E7028
2,5	3/32	-	80-125	70-100	70-145	-	-
3,2	1/8	80-120	110-160	115-165	140-190	125-185	140-190
4	3/32	120-160	150-210	150-220	180-250	160-245	180-250
5	3/16	150-200	200-275	200-275	230-305	210-300	230-250
5,5	7/32	-	260-340	360-430	275-375	250-350	275-365
6,3	¼	-	330-415	315-400	335-430	300-420	335-430
8	5/16	-	90-500	375-470	-	-	-

Misal elektroda / kawat las dengan kode E7018 Artinya

E : Elektroda las listrik (E7018 diameter 3,2 mm)

70 : Tegangan tarik minimum dari hasil pengelasan (70.000 Psi) atau sama dengan 492 MPa

1:Elektroda dapat dipakai di semua posisi

8 : penetrasi las sedang, daya AC/DC, kandungan selaputnya serbuk besi 25%-40%, hidrogen rendah.

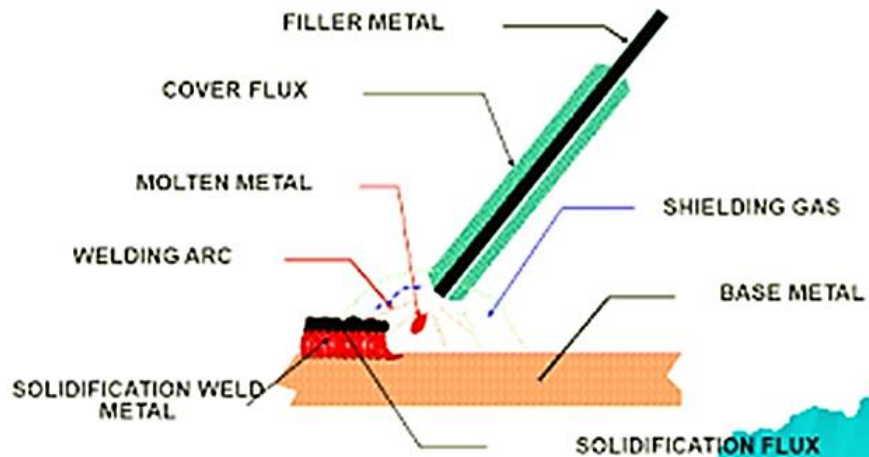
Misal elektroda / kawat las dengan kode E6013 Artinya

E : Elektroda las listrik E6013

60 : Tegangan tarik minimum dari hasil pengelasan (60.000 Psi) atau sama dengan 413 MPa

1:Elektroda dapat dipakai di semua posisi

3: Tipe Salutan Rutile , daya AC/DC



Gambar 2.2 Elektroda terbungkus

2.2.1 Parameter Pengelasan

Kestabilan dari busur api yang terjadi pada saat pengelasan merupakan masalah yang paling banyak terjadi dalam proses pengelasan dengan las SMAW, oleh karena itu kombinasi dari Arus listrik (I) yang dipergunakan dan Tegangan (V) harus benar-benar sesuai dengan spesifikasi kawat elektroda dan fluksi yang dipakai. Parameter pengelasan yang harus diperhatikan dalam proses pengelasan adalah sebagai berikut :

1. Pengaruh dari Arus Listrik (I)

Setiap kenaikan arus listrik yang dipergunakan pada saat pengelasan akan meningkatkan penetrasi serta memperbesar kuantiti lasnya. Penetrasi akan meningkat 2 mm per 100 Ampere dan kuantiti las meningkat juga 1,5 Kg/jam per 100 Ampere.

2. Pengaruh dari Tegangan Listrik (V)

Setiap peningkatan tegangan listrik (V) yang dipergunakan pada proses pengelasan akan semakin memperbesar jarak antara tip elektroda dengan material yang akan dilas, sehingga busur api yang terbentuk akan menyebar dan mengurangi penetrasi pada material las. Konsumsi fluksi yang dipergunakan akan meningkat sekitar 10% pada setiap kenaikan 1 volt tegangan.

3. Pengaruh Kecepatan Pengelasan

Jika kecepatan awal pengelasan dimulai pada kecepatan 40 cm/menit, setiap penambahan kecepatan akan membuat bentuk jalur las yang kecil (Welding Bead), penetrasi, lebar serta kedalaman las pada benda kerja akan berkurang. Tetapi jika kecepatan pengelasannya berkurang dibawah 40 cm/menit cairan las yang terjadi dibawah busur api las akan menyebar serta penetrasi yang dangkal, hal ini dikarenakan over heat.

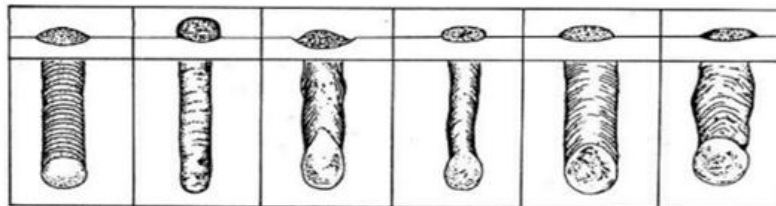
4. Pengaruh Polaritas arus listrik (Alternating Current atau Direct Current)

Pengelasan dengan kawat elektroda tunggal pada umumnya menggunakan tipe arus Direct Current (DC), elektroda positif (EP), jika menggunakan elektroda negatif (EN) penetrasi yang terbentuk akan rendah dan kuantiti las yang tinggi. Pengaruh dari arus Alternating Current (AC) pada bentuk butiran las dan kuantiti.

pengelasan elektroda positif dan elektroda negatif adalah sama yaitu cenderung porosity, oleh karena itu dalam proses pengelasan yang menggunakan arus AC harus memakai fluks yang khusus. Arus adalah aliran pembawa muatan listrik, simbol yang digunakan adalah huruf besar I dalam satuan ampere. Pengelasan adalah penyambungan dua logam dan atau logam paduan dengan cara memberikan panas baik diatas atau dibawah titik cair logam tersebut, baik dengan atau tanpa tekanan serta ditambah atau tanpa logam pengisi yang dimaksud dengan arus pengelasan di sini adalah aliran pembawa muatan listrik dari mesin las yang digunakan untuk menyambung dua logam dengan mengalirkan panas ke logam pengisi atau elektroda. Hubungan diameter elektroda dengan arus pengelasan menurut Howard BC, 1998 dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2.3 Hubungan Diameter Elektroda Dengan Arus Pengelasan

Diameter Kawat Las (mm)	Arus Las (Ampere)
1.6	25-45
2.4	60-90
3.25	91-130
4.0	135-180
5.0	155-240



2.3 Baja

Baja adalah paduan logam yang terdiri secara utama dari besi, karbon, dan elemen lainnya dalam jumlah kecil. Baja merupakan salah satu material yang paling umum digunakan di berbagai industri karena kombinasi kekuatan, keuletan, dan kemampuan untuk ditempa atau diolah secara termomekanis. Berikut adalah beberapa poin penting tentang baja:

1. **Komposisi:** Baja biasanya terdiri dari besi (Fe) sebagai unsur utama dan karbon (C) sebagai unsur penguat utama. Selain itu, baja juga dapat mengandung elemen alloy lainnya seperti mangan (Mn), silikon (Si), nikel (Ni), kromium (Cr), dan lain-lain untuk memperbaiki sifat-sifat mekanisnya.
2. **Proses Pembuatan:** Baja dapat dibuat melalui berbagai proses, termasuk proses konversi langsung dari bijih besi, seperti proses Bessemer dan proses konverteran terbuka. Proses modern melibatkan proses pencampuran dan pemurnian dengan menggunakan teknologi tinggi seperti pengerasan vakum.
3. **Klasifikasi:** Baja dapat diklasifikasikan berdasarkan komposisi kimianya, metode pembuatannya, atau sifat-sifat mekanisnya. Klasifikasi umum meliputi baja karbon rendah, baja karbon menengah, baja karbon tinggi, baja paduan, dan baja tahan karat, di antara lain.

4. Aplikasi: Baja digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk konstruksi bangunan, pembuatan kendaraan bermotor, peralatan industri, peralatan rumah tangga, infrastruktur, dan banyak lagi. Baja dibentuk dan diolah sesuai dengan kebutuhan spesifik aplikasi tersebut.
5. Sifat-sifat: Sifat-sifat baja seperti kekuatan, kekerasan, keuletan, dan ketahanan terhadap korosi dapat disesuaikan dengan mengubah komposisi kimianya dan memanaskan atau mendinginkan baja dalam proses yang tepat.

Secara umum, baja memiliki peran yang sangat penting dalam kemajuan industri dan kehidupan sehari-hari, karena fleksibilitasnya dalam aplikasi yang beragam serta kemampuannya untuk diolah sesuai kebutuhan spesifik.

2.3.1 Klasifikasi Baja

1. Menurut kekuatannya terdapat beberapa jenis baja, diantaranya: ST 37, ST42, ST 50, dst. Standart DIN (Jerman) St X X kekuatan dalam kg/mm²
Contoh : ST37: baja dengan kekuatan 37 kg/mm².
2. Menurut komposisinya, yaitu :
 - a. Baja karbon rendah (low carbon steel): C ~ 0,25 %
 - b. Baja karbon menengah (medium carbon steel): C = 0,25%-0,55%
 - c. Baja karbon tinggi (high carbon steel): C > 0,55%
 - d. Baja paduan rendah (low alloy steel): unsur paduan < 10 %
 - e. Baja paduan tinggi (high alloy steel): unsur paduan >10%

2.3.2 Jenis-jenis Baja

Baja bisa diklasifikasikan berdasarkan komposisi kimianya seperti kadar karbon dari paduan yang digunakan. Berikut dibawah ini klasifikasi baja berdasarkan komposisi kimianya.

1. Baja karbon (Carbon steel)

Baja karbon memiliki 2 unsur yaitu besi dan karbon. Persentase kandungan karbon memiliki perbedaan pada campuran logam baja yang menjadi salah satu klasifikasi baja. Berdasarkan dari kandungan karbon, baja dibagi menjadi 3 (tiga) macam yaitu :

a. Baja karbon rendah (low carbon steel)

Low carbon steel, kadar karbon sampai 0,2 %, sangat luas penggunaannya, sebagai baja konstruksi umum, untuk baja profil rangka

bangunan, baja tulangan beton, rangka kendaraan, mur baut, pelat, pipa dan lain-lain. Baja ini kekuatannya relatif rendah, lunak, tetapi keuletannya liuggi, mudah dibentuk dan dimachining. Baja ini tidak dapat dikeraskan (Suarsana, 2014).

b. Baja karbon menengah (medium carbon steel)

Medium carbon steel, kadar karbon 0,25-0,55 %, lebih kuat dan keras, dan dapat dikeraskan. Penggunaannya hampir sama dengan low carbon steel, digunakan untuk yang memerlukan kekuatan dan ketangguhan yang lebih tinggi. Juga banyak digunakan sebagai baja konstruksi mesin, untuk poros, roda gigi, dan lainnya (Suarsana, 2014).

c. Baja karbon tinggi (high carbon steel)

High carbon steel, kadar karbon lebih dari 0,55 %, lebih kuat dan lebih keras lagi, tetapi keuletan dan ketangguhannya rendah. Baja ini terutama digunakan untuk perkakas, yang biasanya memerlukan sifat tahan aus, misalnya untuk mata bor, hamer, tap dan perkakas tangan yang lain (Suarsana, 2014).

2. Baja Paduan (Alloy steel)

Baja paduan dapat disimpulkan sebagai suatu baja yang mengalami pencampur dengan satu atau lebih unsur campuran seperti nikel dan unsur lain-lain yang berguna untuk memperoleh sifat-sifat baja yang dikehendaki. Seperti sifat kekuatan, kekerasan dan keuletanya. Baja paduan juga dibagi menjadi tiga macam yaitu :

a. Baja paduan rendah (Low Alloy Steel)

Unsur paduan baja ini dibawah 2,5 %. Baja paduan ini memiliki kekuatan dan ketangguhan lebih baik dari baja karbon dengan kadar karbon yang sama. Memiliki keuletan lebih baik dari baja karbon dengan kekuatan yang sama. Baja ini banyak digunakan sebagai pahat kayu dan gergaji.

b. Baja Paduan Khusus (special alloy steel)

Baja paduan menengah memiliki unsur paduan 2,5 % - 10 %. Baja paduan khusus terbuat dari unsur-unsur yang digunakan secara khusus. Pembuatan baja khusus dilakukan dengan menambahkan mulai dari satu unsur atau bahkan lebih yang jenisnya adalah logam.

c. Baja paduan tinggi (High Speed Steel)

Baja paduan tinggi adalah baja paduan dengan kadar unsur paduan lebih dari 10 %. Adapun unsur-unsur pada baja ini adalah Cr, Mn, Ni, S, Si, P dan lain-lain.

2.3.3 Baja AISI 1040

Baja AISI 1040 adalah baja karbon menengah yang merupakan bagian dari kelompok baja karbon rendah hingga menengah. Klasifikasi ini berarti baja ini memiliki kandungan karbon yang cukup rendah, yang berkontribusi pada kekuatan dan kekerasan yang moderat, tetapi dengan keuletan yang baik. AISI 1045 diberi nama menurut standar American Iron and Steel Institute (AISI) dimana angka 1xxx menyatakan baja karbon, angka 10xx adalah karbon steel sedangkan angka 40 menyatakan kadar karbon persentase (0,40%).

Komposisi kimia dan sifat mekanis pada baja AISI 1040 dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.4 Komposisi Kimia Baja AISI 1040

Unsur	Persentase (%)
Karbon	0,37 - 0,44
Mangan	0,60 - 0,90
Silikon	0,15 - 0,35
Fosfor	≤ 0,040
Belerang	≤ 0,050

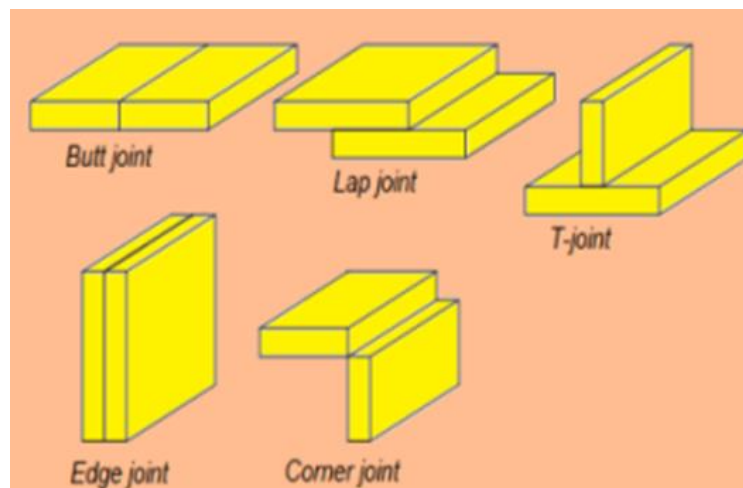
Tabel 2.5 Sifat Mekanis Baja AISI 1040

Sifat Mekanis	Nilai Tipikal
Kekuatan Tarik (MPa)	550 - 750
Batas Tarik (MPa)	485 - 655
Regangan Patah (%)	10 - 20
Kekerasan Brinell	170 - 210 HB

2.4 Jenis-Jenis Sambungan Las

Sambungan las tipe plat atau material yang digunakan untuk proses pengelasan yang bertujuan untuk mendapatkan hasil sambungan atau penetrasi yang diharapkan. Sambungan las memiliki macam-macam sambungan pengelasan utama yaitu Butt joint, Lap joint, T-joint, Edge joint dan Corner joint dimana sambungan utama jenis ini banyak digunakan dan diterapkan dibidang pengelasan. Berikut adalah penjelasan mengenai jenis-jenis sambungan las:

1. Butt joint merupakan sambungan di mana kedua benda kerja berada pada bidang yang sama dan disambung pada ujung kedua benda kerja yang saling berdekatan.
2. Lap joint merupakan sambungan yang terdiri dari dua benda kerja yang saling bertumpukan.
3. T-joint merupakan sambungan di mana salah satu benda kerja tegak lurus dengan benda kerja lainnya sehingga membentuk huruf "T".
4. Edge joint merupakan sambungan di mana kedua benda kerja sejajar satu sama lain dengan catatan salah satu ujung dari kedua benda kerja tersebut berada pada tingkat yang sama.
5. Corner joint merupakan sambungan di mana kedua benda kerja membentuk sudut sehingga keduanya dapat disambung pada bagian pojok dari sudut tersebut.

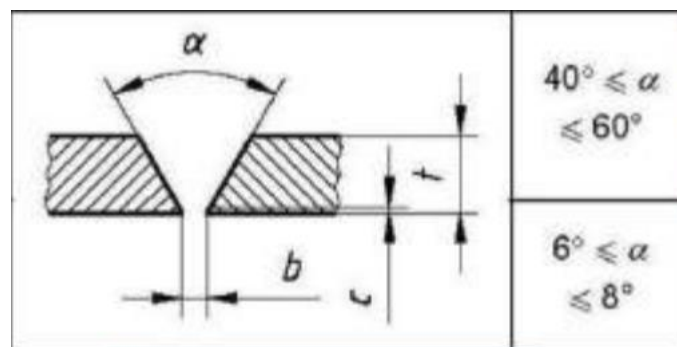


Gambar 2.3 Jenis Sambungan Las

2.5 Kampuh Las

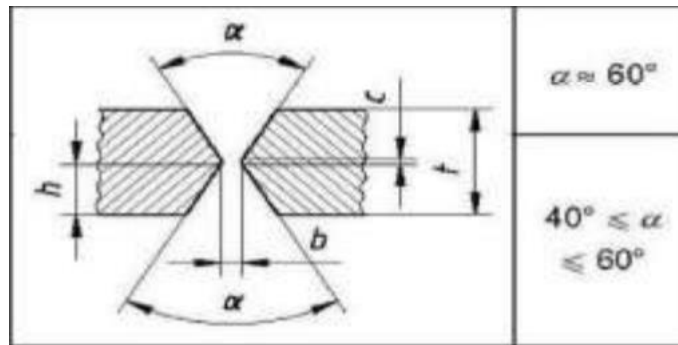
Berdasarkan berbagai sumber baik dari artikel maupun buku, kampuh las merupakan salah satu faktor penting yang harus dipertimbangkan dalam proses pengelasan untuk menghasilkan sambungan lasan yang baik. Kampuh las adalah kubangan yang diisi bahan tambah sebagai penghubung antara logam induk satu dengan logam induk lainnya. Sambungan las menggunakan alur kampuh diklasifikasikan sebagai sambungan las tumpul. Hal yang paling mendasar dalam pemilihan kampuh harus menuju pada penurunan masukan panas dan penurunan logam las sampai pada harga terendah dan tidak menurunkan mutu sambungan (Dariyanto, 2018).

Menyambung logam atau plat dengan ketebalan 6-15mm kampuh V sering digunakan untuk penyambungan dengan sudut kampuh antara 60° - 80° , jarak akar 2 mm, tinggi akar 1-2 mm (Wahyudi et al., 2019). Kampuh las V menjadi desain yang paling banyak digunakan dalam aplikasi konstruksi. Selain menghasilkan lasan yang sangat baik, luas penampang pada kampuh V lebih luas daripada jenis kampuh yang lainnya. Berikut profil kampuh V yang ditunjukkan oleh gambar 2.4



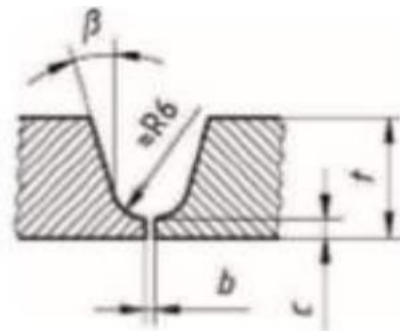
Gambar 2.4 Kampuh las V (Wurdhani, et al. 2021)

Kampuh X ditujukan untuk mengurangi tingkat endapan dan distorsi yang terjadi pada material. Sehingga kampuh jenis ini bisa digunakan pada material yang lebih tebal dibandingkan dengan jenis kampuh yang lainnya (Marzuki, 2020). Profil kampuh X ditunjukkan oleh gambar 2.5.



Gambar 2.5 Kampuh las X (Wurdhani, et al. 2021)

Pembuatan kampuh U dengan cara di frais dengan $r = 3,7$ mm pada sisi bagian atas plat, sehingga bagian bawah tersisa kurang dari 3 mm pada tepi bagian bawah plat (Salahudin, et al. 2021). Kampuh U ditunjukkan oleh gambar 2.6.



Gambar 2.6 Kampuh las U (Budiarto, et al. 2019)

Keterangan: $\beta = 8^\circ - 12^\circ$

$b = < 4$ mm

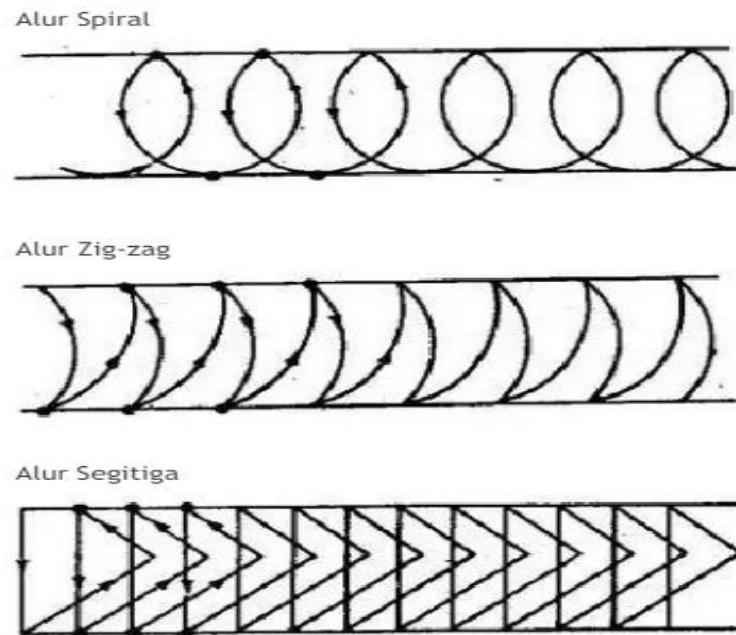
$c = < 3$ mm

2.6 Teknik Ayunan Dalam Pengelasan

- a. Gerakan arah turun sepanjang sumbu elektroda. Gerakan ini dilakukan untuk mengatur jarak busur listrik agar tetap.
- b. Gerakan ayunan elektroda. Gerakan ini diperlukan untuk mengatur lebar jalur las yang dikehendaki.
 - Ayunan keatas menghasilkan alur las yang kecil,
 - Ayunan kebawah menghasilkan jalur las yang lebar. Penembusan las pada ayunan keatas lebih dangkal daripada ayunan kebawah.
 - Ayunan segitiga dipakai pada jenis elektroda Hydrogen rendah untuk mendapatkan penembusan las yang baik diantara dua celah pelat.

Beberapa bentuk-bentuk ayunan diperlihatkan pada gambar dibawah ini. Titik-titik pada ujung ayunan menyatakan agar gerakan las berhenti sejenak pada

tempat tersebut untuk memberi kesempatan padacairan las untuk mengisi celah sambungan. Tembusan las yang dihasilkan dengan gerakan ayun tidak sebaik dengan gerakan lurus elektroda. Waktu yang diperlukan untuk gerakan ayun lebih lama, sehingga dapat menimbulkan pemuaihan atau perubahan bentuk dari bahan dasar. Dengan alasan ini maka penggunaan gerakan ayun harus memperhatikan tebal bahan dasar.



Gambar 2.7 Ayunan Pada Pengalasan

2.7 Cacat Las

Cacat las adalah suatu cacat atau kerusakan sambungan las yang dapat terjadi dari berbagai faktor yakni, arus terlalu tinggi, kecepatan tarikan atau ayunan terlalu lambat, dan lain sebagainya. Adapun beberapa jenis-jenis cacat las adalah sebagai berikut:

1. Cacat Las Slag Inclusion (si)

Cacat las ini terjadi karena terperangkapnya slag atau terak dalam jalur pengelasan.

2. Cacat Las Tungsten Inclusion (ti)

Cacat Las ini terjadi karena terperangkapnya serpihan tungsten pada pengelasan.

3. Cacat Las Porosity (p)

Cacat Las ini terjadi karena terdapat lubang-lubang kecil pada jalur pengelasan akibat elektrodanya lembab.
4. Cacat Las Crack/retak (c).

Cacat Las ini disebabkan karena pendinginan yang terlalu cepat.
5. Cacat Las Underfill (uf)

Hal ini terjadi karena pengisian yang tidak sempurna.
6. Cacat Las Undercut (uc)

Undercut terjadi karena penetrasi yang terlalu tinggi, travel speed yang lambat dan amper yang terlalu tinggi.
7. Cacat Las Burn Through (bt)

Cacat las yang dapat terjadi karena amper yang terlalu tinggi.
8. Cacat Las Overlap (ol)

Cacat las ini terjadi karena pada saat proses pengelasan filler peleburan elektrod tidak melebur dengan sempurna.
9. Cacat Las excessive reinforcement (excess)

Cacat las ini terjadi karena permukaan jalur hasil pengelasan terlalu timbul atau terlalu tinggi.
10. Cacat Las Misalignment

Cacat las ini terjadi karena material yang dilas terlalu panas menyebabkan terjadi pembengkokan pada benda kerja.
11. Cacat Las *Poor stop/start*

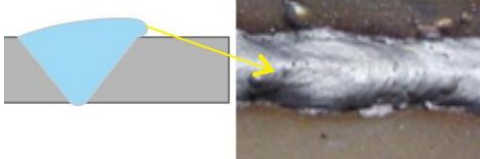


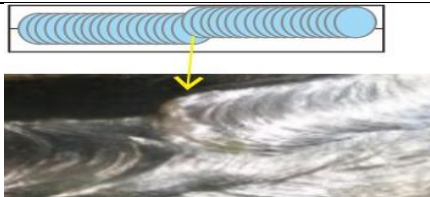
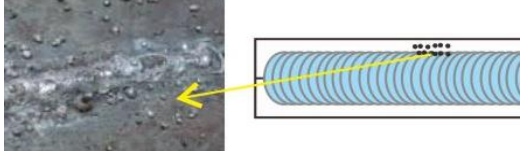
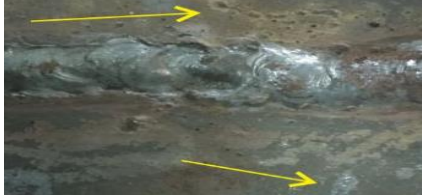
Cacat las ini terjadi karena proses refill elektroda untuk menghasilkan jalur yang panjang.
12. Cacat Las *Spatter*

Cacat las ini dapat terjadi karena percikan elektroda yang mengenai benda kerja karena amper yang terlalu tinggi dan elektrodanya dalam kondisi lembab.
13. Cacat Las *Arc Strike* (as)

Cacat las ini terjadi karena ketika seorang juru las tanpa sengaja menyentuh stang elektroda ke base metal sehingga terjadi goresan lasan.

Tabel 2.6 Cacat Las

No	Jenis Cacat Las	Gambar
1	Cacat Las Slag Inclusion (si)	
2	Cacat Las Tungsten Inclusion (ti)	
3	Cacat Las Porosity (p)	
4	Cacat Las Crack/retak (c)	
5	Cacat Las Underfill (uf)	
6	Cacat Las Undercut (uc)	
7	Cacat Las Burn Through (bt)	

8	Cacat Las Overlap (ol)	
9	Cacat Las excessive reinforcement (excess)	
10	Cacat Las Misalignment	
11	Cacat Las <i>Poor stop/start</i>	
12	Cacat Las <i>Spatter</i>	
13	Cacat Las Arc Strike (as)	

2.8 Pengujian Tarik

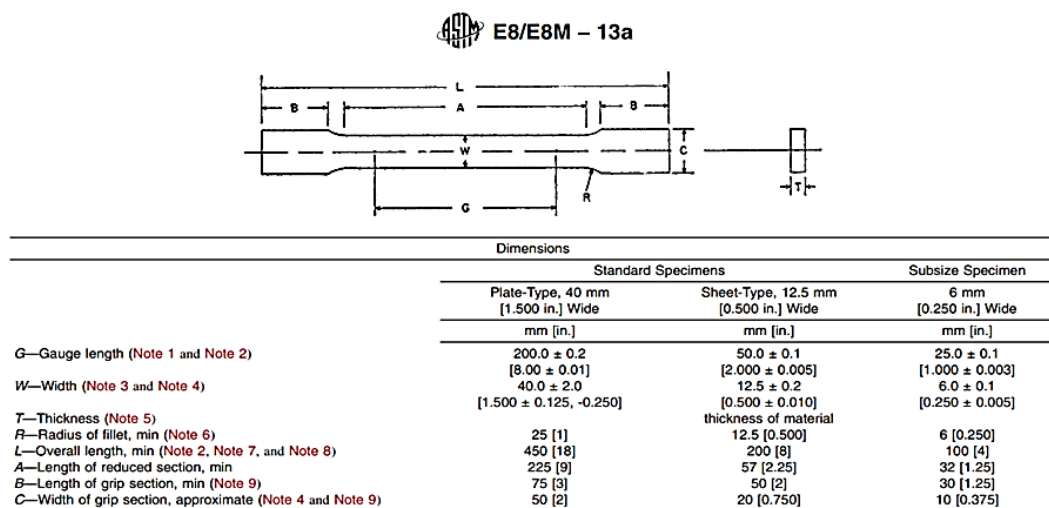
Proses pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik benda uji. Pengujian tarik untuk kekuatan tarik daerah las dimaksudkan untuk mengetahui apakah kekuatan las mempunyai nilai yang sama, lebih rendah atau lebih tinggi dari kelompok raw materials. Pengujian tarik untuk kualitas kekuatan tarik bertujuan untuk mengetahui berapa nilai kekuatannya dan dimanakah letak putusnya suatu sambungan las. Pembebanan tarik adalah pembebanan yang diberikan pada benda dengan memberikan gaya tarik berlawanan arah pada salah satu ujung benda. satu ujung benda.

Penarikan gaya terhadap beban akan mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (deformasi) pada beban uji adalah proses pergeseran butiran Kristal logam yang mengakibatkan melemahnya gaya elektromagnetik setiap atom logam hingga terlepas ikatan tersebut oleh penarikan gaya maksimum. Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinu secara perlahan dan bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan untuk mengetahui penjangnya benda uji dan hasil kurva tegangan regangan. Oleh karena pentingnya pengujian tarik ini, hendaknya mengetahui mengenai pengujian ini. Dengan adanya kurva tegangan regangan kita dapat mengetahui kekuatan tarik, kekuatan luluh, keuletan, modulus elastisitas, ketangguhan, dan lain-lain.

Pada pegujian tarik ini juga harus mengetahui dampak pengujian terhadap sifat mekanis dan fisik suatu logam. Dengan mengetahui parameter-parameter tersebut maka dapat data dasar mengenai kekuatan suatu bahan atau logam

Dalam sambungan las sifat tarik berhubungan dengan sifat dari logam jenis induk, jenis elektroda yang digunakan, sifat daerah HAZ, sifat logam las dan sifat dinamik dari sambungan berhubungan erat dengan geometri dan distribusi tegangan dalam sambungan.

Standar dimensi yang digunakan pada spesimen pengujian tarik menggunakan ASTM E8 seperti pada gambar 2.6 ASTM E8

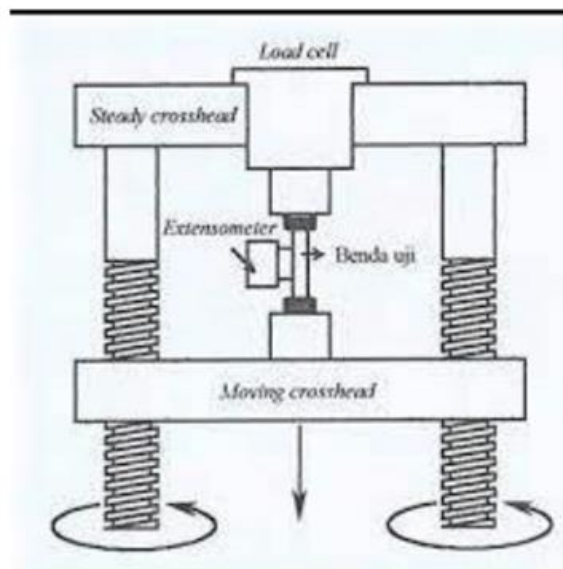


Gambar 2.8 ASTM E8

Salah satu hal yang bisa menyebabkan kegagalan pada elemen sebuah konstruksi mesin adalah beban yang bekerja pada elemen mesin karena besarnya melebihi kekuatan material. Kekuatan merupakan sifat yang dimiliki oleh setiap material. Kekuatan pada material dibagi menjadi dua bagian yaitu kekuatan tarik dan kekuatan luluh. Kekuatan material bisa diperoleh dari sebuah pengujian yang dikenal dengan nama uji tarik. Dari pengujian itu selain diperoleh spesimen kerja yang putus karena proses penarikan, juga dihasilkan sebuah kurva uji tarik. Kurva ini merupakan gambaran dari proses pembebanan pada spesimen kerja mulai dari awal penarikan hingga spesimen kerja itu putus. (Budiman, H, 2016)

2.8.1 Prinsip Kerja Uji Tarik

Pengujian tarik dapat menunjukkan beberapa fenomena perpatahan ulet dan getas yang dapat dilihat dengan mata telanjang.



Gambar 2.9 Prinsip Kerja Uji Tarik

2.8.2 Tanganan luluh

Tegangan luluh atau titik luluh merupakan suatu gambaran kemampuan bahan menahan deformasi permanen bila digunakan dalam penggunaan struktural yang melibatkan pembebanan mekanik seperti tarik, tekan bending atau puntiran. Tegangan (stress) yang mengakibatkan bahan menunjukkan mekanisme luluh ini disebut tegangan luluh (yield stress). Di sisi lain, batas luluh ini harus dicapai ataupun dilewati bila bahan (logam) dipakai dalam proses manufaktur produk

produk logam seperti proses rolling, drawing, stretching dan sebagainya. Dapat dikatakan bahwa titik luluh adalah suatu tingkat tegangan yang tidak boleh dilewati dalam penggunaan struktural (in service) dan harus dilewati dalam proses manufaktur logam (forming process).

Rumus tegangan luluh sebagai berikut :

$$\sigma_y = \frac{P_y}{A_0}$$

Dimana σ_y : Tegangan *yield* ($\frac{kN}{mm^2}$)

P_y : Beban *yield* (kN)

2.8.3 Tegangan tarik maksimum / ultimate

Merupakan tegangan maksimum yang dapat ditanggung oleh material sebelum terjadinya perpatahan (fracture). Nilai kekuatan tarik maksimum σ_{uts} ditentukan dari beban maksimum F_{maks} dibagi luas penampang awal A_0 .

Rumus dari tegangan tarik maksimum sebagai berikut :

$$\sigma_u = \frac{P_u}{A_0}$$

Dimana σ_u : Tegangan *ultimate* ($\frac{kN}{mm^2}$)

P_u : Beban *ultimate* (kN)

2.8.4 Regangan

Regangan adalah pertambahan panjang suatu benda terhadap panjang mula-mula yang disebabkan oleh adanya gaya luar yang mempengaruhi benda.

Rumus dari regangan sebagai berikut :

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\%$$

Dimana ε : regangan (%)

ΔL : pertambahan panjang (mm)

L_0 : panjang awal spesimen (mm)