

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengelasan merupakan bagian terpenting dalam pengembangan dan perencanaan proses industri karena penting dalam proses pengolahan logam dan dalam pengembangan teknologi manufaktur. Hampir semua alat menggunakan material logam sebagai metode konstruksinya.

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di sektor industri telah meningkatkan kebutuhan untuk memperkenalkan berbagai jenis logam dan beradaptasi dengan kebutuhan baru. Industri yang menggunakan berbagai macam material, baik kapal, mobil, bahkan pesawat terbang, memiliki keterkaitan yang fokus pada ketahanan, kekuatan, dan ketahanan terhadap korosi sehingga memajukan industri tersebut. Hal ini mendorong para penggemar teknologi untuk mengembangkan keterampilan mengelas mereka untuk hasil yang lebih baik.

Arus Pengelasan adalah besarnya aliran atau arus listrik yang keluar dari mesin las. Besar kecilnya arus pengelasan dapat diatur dengan alat yang ada pada mesin las. Arus las harus disesuaikan dengan jenis bahan dan elektroda yang digunakan dalam pengeelasan. Besar arus pada pengelasan mempengaruhi hasil las. Bila arus yang dipakai terlalu rendah atau kecil, maka akan menyebabkan sukar penyalan busur listrik dan busur listrik yang menjadi tidak stabil. Selain arus, faktor lainnya yang juga mempengaruhi hasil dari pengelasan adalah kampuh yang

digunakan. Kampuh las merupakan bagian dari logam induk yang nantinya akan diisi oleh deposit las atau logam las (weld metal).

Upaya untuk mencegah hal tersebut sering dijumpai upaya – upaya yang dilakukan pada proses pengelasan sambungan plat dengan memvariasikan kuat arus dalam pengelasan ,bahkan bisa juga menambah ukuran kampuh, dari pengertian tersebut maka penulis akan mengkaji penelitian tentang Analisa Pengaruh Perbedaan Kuat Arus Dengan Pengelasan SMAW Pada Sambungan Baja ST 37 Terhadap Uji Impak dan Uji Kekerasan.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian diatas, maka perumusan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah Bagaimana pengaruh penggunaan kuat arus 60 Ampere, 80 Ampere, dan 100 Ampere dan kampuh V dalam sambungan Besi SS 400 dengan pengelasan SMAW terhadap pengujian Impak dan Kekerasan.

1.3 Batasan Masalah

Dalam pengerjaannya Tugas Akhir ini akan dibatasi dalam beberapa batasan masalah dengan tujuan untuk memfokuskan permasalahan yang dikaji :

1. Pengujian menggunakan material Besi SS 400.
2. Pengelasan menggunakan proses SMAW.
3. Pengelasan menggunakan Elektroda RD-460.
4. Pengujian yang dilakukan Uji Impak dan Uji Kekerasan.
5. Ketebalan material 5 mm.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dampak dari perbedaan kuat arus yang digunakan dalam menyambung besi ss400 mulai dari 60-100 ampere terhadap sifat mekanis.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Bagi Pembaca, penelitian ini di harapkan dapat memberikan informasi dan pengetahuan tentang pengaruh jarak antara elektroda dan material pada proses pengelasan.
2. Bagi bidang keilmuan, penelitian ini di harapkan dapat memberikan pengetahuan yang baru tentang sifat mekanik hasil proses las dengan perbedaan jarak , dan mungkin menjadi referensi didunia perindustrian.

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Pengelasan (*Welding*)

Pengelasan (*Welding*) adalah salah satu teknik untuk menyambungkan logam dengan mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi, baik dengan maupun tanpa tekanan. Menurut definisi dari DIN (*Deutsche Industrie Normen*), pengelasan adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilakukan dalam keadaan lumer atau cair. Dengan kata lain, pengelasan adalah proses penyambungan logam menjadi satu akibat panas atau tanpa pengaruh tekanan, atau juga dapat didefinisikan sebagai ikatan metalurgi yang dihasilkan oleh gaya tarik menarik antar logam.

Mengelas adalah kegiatan menyambungkan dua bagian benda atau lebih dengan cara memanaskan atau menekan, atau gabungan dari keduanya, sehingga menyatu menjadi satu kesatuan. Penyambungan dapat dilakukan dengan atau tanpa bahan tambah (*Filler Metal*) yang memiliki titik cair maupun struktur yang sama atau berbeda.

Prosedur pengelasan tampak sangat sederhana, tetapi sebenarnya melibatkan banyak masalah yang harus diatasi, yang memerlukan berbagai macam pengetahuan untuk menyelesaikannya. Oleh karena itu, dalam pengelasan, pengetahuan harus selalu mendampingi praktik. Secara lebih rinci, dapat dikatakan bahwa perancangan konstruksi bangunan dan mesin dengan sambungan las harus direncanakan pula mengenai cara-cara pengelasan, metode pemeriksaan, bahan las,

dan jenis las yang akan digunakan, berdasarkan fungsi dari bagian-bagian bangunan atau mesin yang dirancang

2.2 Prosedur dan Teknik Pengelasan

Rincian metode dan praktik yang digunakan untuk persiapan lasan disebut prosedur pengelasan (*welding procedure*). Prosedur las memperkenalkan seluruh variabel las berhubungan dengan suatu kerja atau proyek tertentu. Variabel tersebut meliputi proses pengelasan, jenis base metal, desain sambungan, posisi pengelasan, jenis pelindung (*shielding*), preheating dan post-heating yang dibutuhkan, *setting* mesin las, dan pengujian yang diperlukan.

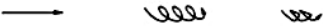






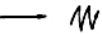
1. Pembuatan Kampuh

Prosedur pengelasan digunakan untuk menghasilkan las yang sesuai kebutuhan yang digunakan. Kampuh las dapat dipersiapkan dengan pemesian atau pemotongan panas lainnya. Metode pemotongan panas yang dapat digunakan meliputi pemotongan gas, pemotongan laser dan sebagainya. Jika kampuh dipersiapkan dengan pemotongan gas serpihan kotoran pada permukaan harus dibuang. Karena permukaan yang dipotong secara kasar pada permukaan kampuh dapat menyebabkan cacat las. Jika kampuh dipersiapkan dengan pemesian minyak yang ada dipermukaan juga harus dibersihkan.

Pada umumnya untuk pengelasan pelat dengan tebal kurang dari 6mm digunakan kampuh persegi sedangkan untuk pelat dengan tebal antara 6 mm sampai 20 mm digunakan kampuh V tunggal atau ganda tujuannya adalah agar logam tambah dapat mengisi seluruh bagian kampuh.

2. Pergerakan Elektroda

Table 2.1 Pergerakan Elektroda

Posisi	Jenis lasan		Gerakan elektroda
Datar	Las sudut horizontal		
	Las tumpul, lapisan pertama	Dengan kaki akar	
		Tanpa kaki akar	
	Las tumpul, lapisan akhir	Lapisan akhir yang umum	
		Dengan gerakan balik	
Verti- kal.	Las sudut dan las tumpul		
Atas kepala	Las sudut		
	Las tumpul		

Cara menggerakkan elektroda banyak sekali tekniknya tetapi tujuannya adalah untuk mendapatkan deposit las dengan permukaan yang rata dan halus dan menghindari pencampuran terak. Dalam hal ini yang penting adalah menjaga agar sudut elektroda dan kecepatan gerakan elektroda tidak berubah dan untuk pengelasan pelat datar yang digunakan adalah gerakan elektroda menggunakan jenis alur spiral. Jarak sudut untuk mengelas posisi datar kedudukan benda kerja yaitu tegak dan arah elektroda mengikuti posisi horizontal. Sewaktu mengelas elektroda dibuat miring sekitar 5° - 10° terhadap garis vertikal dan 70° - 80° kearah benda kerja. Pada las lurus besarnya sudut antara elektroda dan posisi pengelasan adalah 70° - 80° . Sudut antara elektroda dengan logam induk pada arah melintang

terhadap garis las harus 90° . Untuk posisi pengelasan datar dan tegak besarnya sudut harus 45° , dan untuk posisi atas kepala besarnya sudut adalah 30° .

3. Tegangan (*Voltage*)

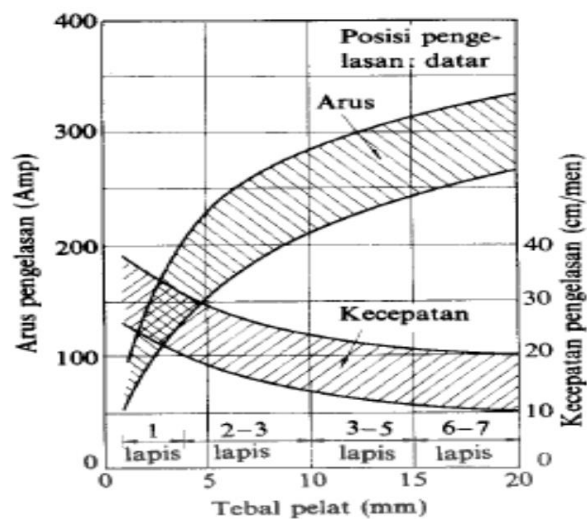
Tinginya tegangan busur tergantung pada panjang busur yang dikehendaki dan jenis dari elektroda yang digunakan. Pada elektroda yang sejenis tingginya tegangan busur yang diperlukan berbanding lurus dengan panjang busur yang diperlukan. Pada dasarnya busur listrik yang terlalu panjang tidak dikehendaki karena stabilitasnya mudah terganggu sehingga hasil pengelasannya tidak rata. Panjang busur yang baik sama dengan garis tengah elektroda, tegangan yang diperlukan untuk mengelas dengan elektroda bergaris tengah 3 sampai 6 mm tegangan yang digunakan adalah 20 sampai 30 volt untuk posisi datar.

4. Kecepatan Pengelasan

Menurut (Wiryosumarto dan Okumara, 2000:225) “Kecepatan pengelasan tergantung pada jenis elektroda, diameter inti elektroda, bahan yang dilas, ketelitian sambungan dan lain-lain”. Dalam hubungannya dengan tegangan dan arus las dapat dikatakan bahwa kecepatan las hampir tidak ada hubungannya dengan tegangan las tetapi berbanding lurus dengan arus las, karena itu pengelasan yang cepat memerlukan arus yang tinggi. Bila tegangan dan arus dibuat tetap sedangkan kecepatan pengelasan dinaikkan maka jumlah deposit per satuan panjang las menjadi menurun.

Kenaikan kecepatan akan memperbesar penembusan pada hasil laslasan. Bila kecepatan pengelasan dinaikkan maka masukan panas per satuan panjang juga akan menjadi kecil, sehingga pendinginan akan berjalan terlalu cepat dan dapat

memperkeras daerah HAZ. Kecepatan pengelasan yang rendah akan menyebabkan pencairan yang banyak dan pembentukan manik datar yang dapat menimbulkan terjadinya lipatan manik. Kecepatan yang tinggi akan menurunkan lebar manik dan menyebabkan terjadinya bentuk manik yang cekung, maka dari itu dibutuhkan pula kecepatan yang sesuai untuk pengelasan agar menghasilkan hasil las-lasan yang baik. Dalam penelitian ini penulis memberikan kecepatan pengelasan sebesar 30 cm/menit sesuai dengan literatur yang dijadikan rujukan dan juga variasi arus yang akan digunakan yaitu sebesar 80-160 A.



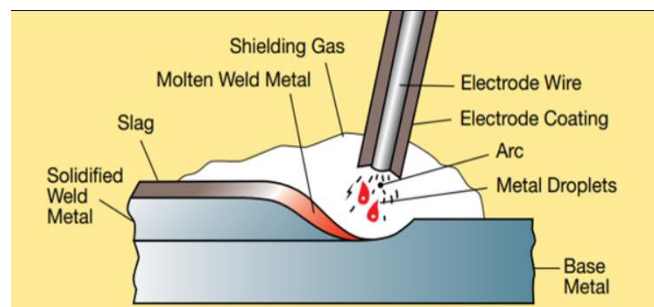
Gambar 2.1 Hubungan Antara Arus Pengelasan dan Kecepatan Pengelasan

mengelas bukanlah sekedar memanaskan dua bagian benda sampai mencair dan membiarkannya beku kembali, tetapi membuat lasan yang utuh dan mempunyai kekuatan seperti yang dikehendaki. Integritas dan kekuatan lasan dipengaruhi beberapa faktor antara lain bahan benda kerja, bahan tambah, lingkungan berlangsungnya proses, jenis proses yang dipakai, sumber panas, besarnya tekanan pada las tekan dan kondisi permukaan benda kerja. Oleh karena itu seluruh aspek mulai dari persiapan sampai pengujian hasil las diatur dalam prosedur dan teknik

pengelasan. Pengelasan yang dilakukan sesuai prosedur dan teknik pengelasan diharapkan akan mendapatkan hasil dan kualitas yang baik.

2.3 SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*)

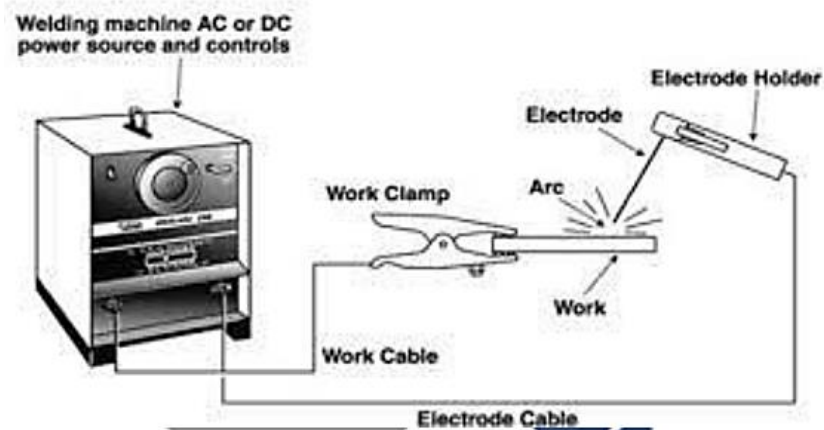
Pengelasan yang biasa digunakan dalam industri konstruksi merupakan pengelasan dengan tata cara pengelasan yang biasa diketahui dengan las busur logam terlindung ataupun *Shield Metal Arc Welding* (SMAW). Tata cara las SMAW saat ini banyak digunakan sebab lebih instan, lebih gampang digunakan, bisa digunakan di seluruh tipe posisi las, serta lebih efektif. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.2 Elektroda Pengelasan

Mesin las SMAW dikala ini dipecah jadi 3 tipe ialah mesin las arus searah ataupun Direct Current (DC), mesin las arus bolak-balik ataupun Alternatif Current (AC), serta mesin las 2 arus yang bisa digunakan buat pengelasan arus (DC) serta arus bolak-balik (AC). Mesin las DC bisa digunakan dengan 2 metode ialah polaritas lurus serta polaritas terbalik. Mesin Las DC polaritas lurus (DC-) bisa digunakan dengan titik leleh besar serta kapasitas besar dari komponen utama menghubungkan pemegang elektroda ke kutub negatif serta logam utama ke kutub positif. Mesin las DC memakai polaritas terbalik (DC+) kala titik leleh bahan utama

rendah serta kapasitasnya kecil, menghubungkan pemegang elektroda ke kutub positif serta logam utama ke ke kutub negatif. Panas yang dihasilkan oleh lonpatan ion listrik ini dapat menggapai 4000- 4500°C .



Gambar 2.3 Pengelasan SMAW 1 G

2.4 Elektroda

Elektroda terdiri dari dua jenis bagian yaitu bagian yang bersalut (fluks) dan tidak bersalut yang merupakan pakal untuk menjepitkan tang las. Fungsi fluks atau lapisan elektroda dalam las adalah untuk melindungi logam cair dari lingkungan udara menghasilkan gas pelindung, menstabilkan busur, sumber unsur paduan.

Bahan elektroda harus mempunyai kesamaan sifat dengan logam. Pemilihan elektroda harus benar-benar diperhatikan apabila kekuatan las diharuskan sama dengan kekuatan material. Penggolongan elektroda diatur berdasarkan standart sistem AWS (American Welding Society) dan ASTM (American Society Testing Material).

Pada las busur listrik manual (SMAW), elektroda yang digunakan adalah elektroda terbungkus, dimana terdiri dari batang kawat (inti) dan salutannya (*flux*).

Kawat elektroda dan salutannya akan mencair didalam busur selama proses pengelasan dan membentuk rigi-rigi las (kampuh las). Dimana salutan (*fluks*) dari elektroda tersebut berfungsi sebagai gas pelindung, yang mana dapat melindungi cairan las dari pengaruh udara luar. Adapun salutan (*fluks*) ini terdiri dari campuran bahan mineral dan zat kimia inilah yang menentukan karakter pengoperasian dan komposisi pada akhir pengelasan. Jenis arus las yang dipakai adalah arus AC, DC+ atau DC-, dan akan berubah sesuai dengan jenis elektroda yang digunakan serta diharapkan dapat memilih jenis elektroda secara berhati-hati sebelum digunakan untuk mengelas. Karena bila arus las yang digunakan sesuai dengan ukuran dan jenis elektrodanya, maka akan dapat menghasilkan lasan yang baik dan ideal. Bila arus las nya tidak sesuai, maka akan menyebabkan hasil lasan menjadi tidak memuaskan atau dapat dikatakan performansi dari elektroda menjadi buruk. Elektroda perlu dan harus disimpan ditempat yang kering dengan temperatur ruangan kira-kira 40° C, agar tidak lembab karena adanya pengaruh kelembaban udara. Dan secepat mungkin ditutup kembali (dirapatkan) bila bungkus elektroda tersebut terbuka, dan juga seharusnya disimpan kembali didalam kabinet yang mempunyai sirkulasi udara yang temperaturnya dapat dikontrol antara 40° C sampai dengan 100° C dan juga tergantung dari jenis elektrodanya. Contoh, elektroda *low hydrogen* dengan temperatur 100°C dan elektroda rutil dengan temperatur 40° C. Jadi dapat dikatakan bahwa penyimpanan, penanganan, dan perawatan elektroda tersebut adalah sangat penting artinya karena dapat menjaga agar salutan dari elektroda tetap dalam kondisi yang baik. Karena elektroda dapat menyerap embun (kelembaban udara) bila penyimpanannya tidak benar, dan dengan kelembaban ini

akan berdampak hilangnya karakter elektroda serta kualitas endapan logam lasan. Hal ini dapat menyebabkan terjadinya porositas pada hasil lasan dan menambah lemahnya struktur lasan yang mengakibatkan retak pada saat pemakaian. Masalah-masalah yang muncul akibat salutan elektroda yang terlalu lembab yaitu :

1. Sulit dalam membuang terak.
2. Salutan menjadi merah terbakar terutama jenis cellulose.
3. Terjadinya porositas pada logam hasil lasan.
4. Nyala busur menjadi tidak stabil.
5. Percikan busur las berlebihan.
6. Retak pada logam las atau pada daerah pengaruh panas (HAZ).

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 :

7. E : menyatakan elektroda busur listrik.
8. XX (dua angka) : sesudah E menyatakan kekuatan tarik deposit las dalam ribuan lb/in² lihat table.
9. X (angka ketiga) : menyatakan posisi pengelasan.
10. angka 1 untuk pengelasan segala posisi. angka 2 untuk pengelasan posisi datar di bawah tangan

X (angka keempat) menyatakan jenis selaput dan jenis arus yang cocok dipakai untuk pengelasan lihat table.

Contoh : E 6013 Artinya:

Kekuatan tarik minimum dan deposit las adalah 60.000 lb/in² atau 42 kg/mm², Dapat dipakai untuk pengelasan segala posisi Jenis selaput elektroda Rutil-Kalium dan pengelasan dengan arus AC atau DC + atau DC –.

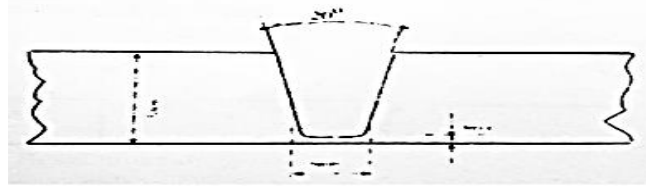
Tabel 2.1 Diameter Elektroda

DIAMETER ELEKTRODA		BESAR ARUS
1/6 INCH	1.5 MM	20-40 A
5/64 INCH	2,0 MM	30-60 A
3/32 INCH	2,5 MM	40-80 A
1/8 INCH	3,2 MM	70-120 A
5/32 INCH	4,0 MM	120-170 A
3/16 INCH	4,8 MM	140-240 A
1/4 INCH	6,4 MM	200-350 A

2.5 Sambungan Dalam Pengelasan

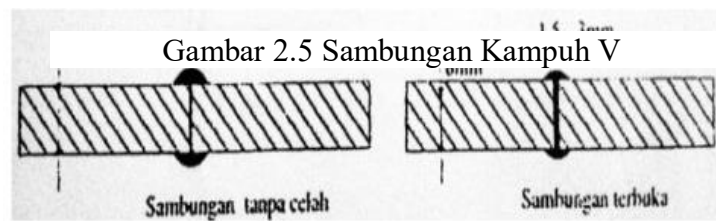
Pengelasan las listrik mempunyai bermacam-macam jenis sambungan, yaitu sambungan I, sambungan V, ½ V, sambungan X, dan ½ X, sambungan sudut luar dan sambungan tumpang.

a. Sambungan I



Gambar 2.4 Sambungan Kampuh I

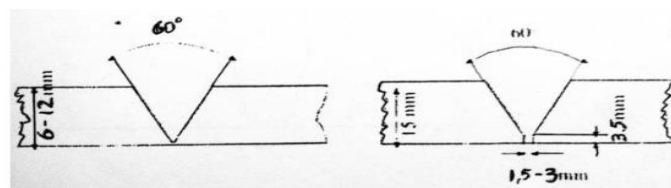
b. Sambungan V



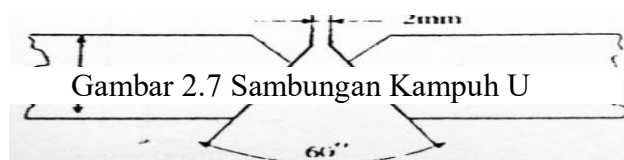
Gambar 2.5 Sambungan Kampuh V

c. Sambungan X

Gambar 2.6 Sambungan Kampuh X



d. Sambungan U



Gambar 2.7 Sambungan Kampuh U

Berbagai

macam

bentuk kampuh sambungan di atas dimaksudkan untuk mengelas bentuk

sambungan yang berbeda, dan untuk memperoleh kekuatan sambungan berhubung dengan kondisi bahan serta bentuk benda kerja yang disambung:

1. Sambungan bentuk I dipakai untuk plat tipis yang tebalnya sekitar 3-8 mm.
2. Las V dipergunakan untuk bahan plat yang tebal sekitar 3-28mm.
3. Kampuh $\frac{1}{2}$ V dibuat jika salah satu bagian yang akan disambung tidak boleh diubah bentuknya. Bilamana las V tertutup maka boleh dipakai pada plat yang tebalnya 28 mm, disini kita perlukan las lawan, artinya setelah salah satu sisinya di las, maka kita balik dan sebelahnyanya lagi kita las.
4. Kampuh X dipakai untuk bahan yang tebalnya 12-45 mm, sudut kampuh biasanya 60°. Pada kampuh X ini ada sudut lancip dan ada sudut tumpul, ini dipakai untuk tebal plat yang 12-20 mm (sudut lancip) dan untuk sudut tumpul digunakan pada bahan yang tebalnya lebih dari 20 mm.

Keuntungan kampuh X dibandingkan dengan kampuh bentuk V adalah penghematan elektroda yang digunakan. Sehingga pemakaian aliran listrik berkurang dan penyusutan yang sama di dalam bentuk sambungan. Dalam pekerjaan pendahuluan kampuh X agak memakan biaya yang mahal sedikit dibanding dengan kampuh V, karena pengelasannya harus bolak balik beberapa kali pada kedua belah sisi permukaan untuk memperoleh penyusutan yang sama.

Tebal plat yang dipakai pada kampuh $\frac{1}{2}$ V adalah 3 sampai 28 mm dan benda kerja terpaksa tidak dapat dibalikannya. Pada sambungan kampuh $\frac{1}{2}$ X ternyata mendapat kesukaran untuk memperoleh sambungan yang baik dan kuat disebabkan oleh pembakaran yang kurang baik, juga karena benda kerja yang berlainan ukurannya dimana yang satu runcing dan yang lain tebal. Pada kampuh

bentuk U dipakai untuk sambungan yang menerima beban berat dan plat yang tebalnya 32 mm, untuk $\frac{1}{2}$ U berisi satu dipergunakan bagi plat yang tebalnya 20 mm sampai 40 mm, dan untuk $\frac{1}{2}$ U berisi dua dipakai untuk tebal plat 40 mm sampai 70 mm.

2.6 Arus Las

Arus las adalah besarnya arus yang mengalir dari mesin las. Penggunaan arus las yang digunakan dapat disesuaikan pada alat mesin las. Arus pengelasan harus sesuai dengan jenis bahan yang digunakan dalam proses pengelasan dan diameter elektroda. Jika arus terlalu rendah maka penetrasi atau penetrasi las akan rendah, dan jika arus terlalu tinggi akan terbentuk las yang terlalu lebar dan las akan mengalami deformasi atau regangan pengelasan . hubungan elektroda dengan arus listrik yang digunakan pada saat proses pengelasan.

Pada proses pengelasan logam memakai teknologi pengelasan SMAW, kuat arus yang digunakan dalam proses penyambungan logam ialah penunjuk bernilai yang wajib diperhitungkan. Perihal ini sebab arus listrik memastikan 7 jumlah panas yang dihasilkan oleh busur listrik. Semakin besar arus suplai ujung elektroda yang digunakan, semakin besar panas yang dihasilkan buat melelehkan logam utama serta logam penghubung ataupun elektroda, serta kebalikannya semakin kecil kuat arus yang diberikan maka terus menjadi kecil pula panas yang dihasilkan buat mencairkan logam induk serta logam penyambung .

Table 2.2 Hubungan Diameter Elektroda Dengan Kuat Arus

Diameter Elektroda (mm)	Arus (Ampere)
2,5	60-90
2,6	60-90
3,2	80-130
4,0	150-190
5,0	180-250

2.7 Cacat Lasan

Weld Defect atau Cacat las adalah hasil pengelasan yang tidak memenuhi syarat keberterimaan yang sudah dituliskan di standart (ASME IX, AWS, API, ASTM). Penyebab cacat las dapat dikarenakan adanya prosedur pengelasan yang salah, persiapan yang kurang dan juga dapat disebabkan oleh peralatan serta consumable yang tidak sesuai standart. Jenis cacat las pada pengelasan ada beberapa tipe yaitu cacat las internal (berada di dalam hasil lasan) dan cacat las visual (dapat dilihat dengan mata). Jika kita ingin mengetahui defect atau cacat pengelasan internal maka kamu memerlukan alat uji seperti *Ultrasonic Test* dan *Radiography Test* untuk pengujian las yang tidak merusak, sedangkan untuk uji merusak kamu dapat menggunakan uji Bending atau makro. Untuk jenis jenis cacat pengelasan visual atau surface Anda dapat menggunakan pengujian Penetrant Test, Magnetic Test atau kaca pembesar. Berikut adalah beberapa macam cacat pada hasil lasan :

1. Undercut adalah sebuah cacat las yang berada di bagian permukaan atau akar, bentuk cacat ini seperti cerukan yang terjadi pada base metal atau logam induk.

Jenis cacat pengelasan ini dapat terjadi pada semua sambungan las, baik fillet, butt, lap, corner dan edge joint.

2. Cacat Porositas adalah sebuah cacat pengelasan yang berupa sebuah lubang lubang kecil pada weld metal (logam las), dapat berada pada permukaan maupun didalamnya. Porosity ini mempunyai beberapa tipe yaitu Cluster Porosity, Blow Hole dan Gas Pore.
3. Welding Defect Slag Inclusion adalah cacat yang terjadi pada daerah dalam hasil lasan. Cacat ini berupa slag (flux yang mencair) yang berada dalam lasan, yang sering terjadi pada daerah stop and run (awal dan berhentinya 11 proses pengelasan). Untuk melihat cacat ini kita harus melakukan pengujian radiografi atau bending.
4. Cacat las Tungsten Inclusion adalah cacat pengelasan yang diakibatkan oleh mencairnya tungsten pada saat proses pengelasan yang kemudian melebur menjadi satu dengan weld metal, cacat ini hampir sama dengan slag inclusion namun saat diuji radiografi tungsten inclusion berwarna sangat terang (karena berat jenisnya lebih besar dibanding logam lasnya).
5. *Incomplete Penetration* (IP) adalah sebuah cacat pengelasan yang terjadi pada daerah root atau akar las, sebuah pengelasan dikatakan IP jika pengelasan pada daerah root tidak tembus atau *reinforcemen* pada akar las berbentuk cekung.

2.8 Material

Baja merupakan salah satu jenis logam yang banyak digunakan dengan unsur karbon sebagai salah satu dasar campurannya. Di samping itu baja juga mengandung

unsur lain seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), mangan (Mn), dan sebagainya dengan jumlah yang dibatasi. Sifat baja pada umumnya sangat dipengaruhi oleh perlakuan panas dan komposisi baja. Karbon dengan unsur campuran lain dalam baja membentuk karbid yang dapat menambah kekerasan, tahan gores dan tahan suhu baja. Perbedaan prosentase karbon dalam campuran logam baja karbon menjadi salah satu cara mengklasifikasikan baja. Berdasarkan kandungan karbon, baja dibagi menjadi tiga macam, yaitu :

1. Baja karbon rendah Baja karbon rendah mengandung karbon dalam campuran kurang dari 0,3%. Baja ini bukan termasuk baja yang keras karena kandungan karbonnya yang rendah kurang dari 0,3%. Baja karbon rendah tidak dapat dikeraskan karena kandungan karbon tidak cukup untuk membantuk struktur martensit.
2. Baja karbon menengah Baja karbon menengah mengandung karbon 0,3%C - 0,6%C dengan kandungan karbonnya memungkinkan baja untuk dikeraskan dengan perlakuan panas yang sesuai. Baja karbon sedang lebih keras serta lebih kuat dibandingkan dengan baja karbon rendah.
3. Baja karbon tinggi Baja karbon tinggi mengandung 0,6%C – 1,5% dan memiliki kekerasan tinggi namun keuletannya lebih rendah, berkebalikan dengan baja karbon rendah, pengerasan dengan perlakuan panas pada baja karbon tinggi tidak memberikan hasil yang optimal dikarenakan terlalu banyak martensit sehingga membuat baja menjadi getas.

Sifat mekanis baja juga dipengaruhi oleh cara mengadakan ikatan karbon dengan besi. Menurut schonmetz (1985) terdapat 3 bentuk utama kristal saat karbon mengadakan ikatan dengan besi, yaitu :

1. Ferrit yaitu besi murni (Fe) yang terletak rapat saling berdekatan tidak teratur, baik bentuk maupun besarnya. Ferrit merupakan bagian baja yang paling lunak, ferrit murni tidak akan cocok digunakan sebagai bahan untuk benda kerja yang menahan beban karena kekuatannya kecil.
2. Karbida besi (Fe_3C), suatu senyawa kimia antara besi dengan karbon sebagai struktur tersendiri yang dinamakan sementit. Peningkatan kandungan karbon akan menambah kadar sementit. Sementit dalam baja merupakan unsur yang paling keras.
3. Pearlite merupakan campuran antara ferrit dan sementit dengan kandungan karbon sebesar 0,8%. Struktur pearlite mempunyai kristal ferrit tersendiri dari serpihan sementit halus yang saling berdamping dalam lapisan tipis mirip lamel. Proses pengerasan pada baja menengah akan memberikan hasil yang lebih optimal dibandingkan dengan baja karbon yang lain karena kandungan karbon yang cukup banyak dapat membentuk martensit untuk menambah kekerasan baja.

2.8.1 Baja ST 37

Baja ST-37 merupakan salah satu baja karbon rendah atau sering juga disebut baja lunak. ST-37 menunjukkan bahwa baja ini memiliki kekuatan tarik maximum $\leq 37 \text{ kg/mm}^2$. Baja ST-37 memiliki kandungan karbon kurang dari 0,3 %. Baja ini dapat dijadikan mur, baut, ulir sekrup, peralatan senjata, alat pengangkat presisi,

batang tarik, perkakas silinder, bahan baku pengelasan dan penggunaan yang hampir sama.

Bahan ST 37 di dunia baja merupakan satuan ukur untuk kuat tarik maksimum baja (f_y), nilai kuat tarik (Tegangan Tarik) ini diperoleh sesaat sebelum baja mencapai titik lelehnya sedangkan ST 37 merupakan nilai indeks nilainya. Jadi ST 37 artinya baja dengan tensile strength (tegangan tarik) sebesar 37 MPa (Mega Pascal) dan demikian seterusnya, mengapa yang dijadikan acuan mutu baja adalah kekuatan tariknya karena baja memang memiliki kemampuan tahanan tarik yang luar biasa sedangkan kuat tekannya sangat lemah, oleh karena itu sifat ini maka baja digunakan sebagai salah satu unsur penyusun beton, komponen beton memiliki kekuatan yang baik terhadap tekan sedangkan baja memiliki kekuatan yang baik terhadap tarik

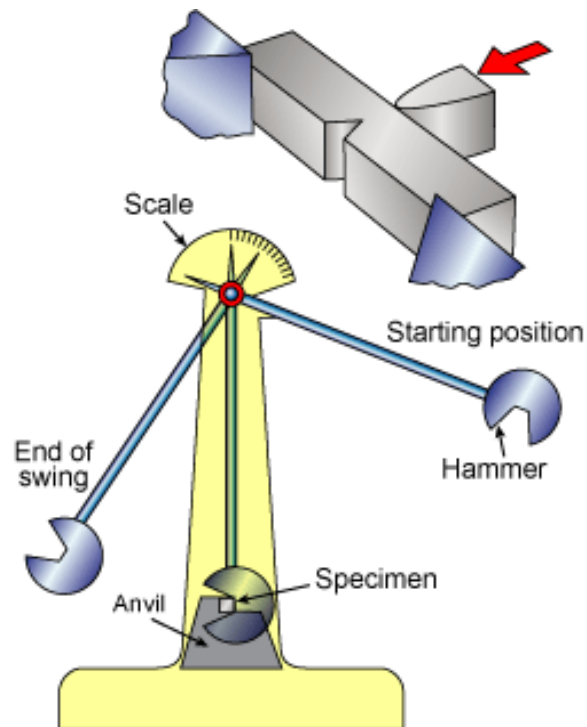
Baja struktural DIN 17100 ditandai dengan nomor seperti ST37, ST 41, ST 44 dll. Penomoran tersebut tentu memiliki makna yang menunjukkan spesifikasi dari baja struktural, penomoran secara umum dimaksud untuk memudahkan penamaan baja atau material sesuai komposisi, spesifikasi, atau sifat baja. ST dalam bahasa Jerman artinya Stahl dan dalam bahasa Inggris steel sehingga, ST 37 memiliki kekuatan tarik sebesar 37 kg/mm atau sekitar 360-270 N/mm sehingga ST menunjukkan baja struktural, sedangkan digitnya menunjukkan nilai kekuatan tarik dalam kg/mm,

Table 2.3 Kandungan Unsur Baja ST 36

Unsur	Kandungan %	Unsur	Kandungan %
Fe	99,310	S	0,015
Mn	0,118	Co	0,007
C	0,284	Nb	0,006
Si	0,055	Cu	Max. 0,004
W	0,046	Mo	Max. 0,005
Ni	0,026	Al	Max 0,002
Cr		V	Max 0,001
P		-	-

2.9 Pengujian Material

2.9.1 Uji Impak

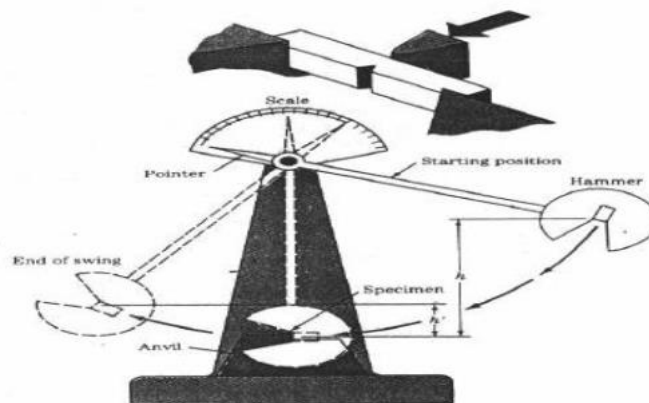


Gambar 2.8 Uji Impak

Uji impact adalah jenis pengujian yang dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kekuatan material terhadap beban kejut. Ada 2 metode uji impact yang biasa dilakukan, yaitu uji impact charpy dan uji impact izod.

Uji impak ialah pengujian yang memakai beban cepat. Dalam pengujian mekanis, terdapat perbandingan dalam mempraktikkan tipe beban pada sesuatu material. Uji tarik, uji tekan, serta uji puntir merupakan pengujian yang memakai beban statis. Pengujian impak memakai beban dinamis. Pada beban cepat, juga disebut beban impak, beberapa besar tenaga diserap oleh tenaga kinetik beban yang menimpa barang uji.

Dalam uji impak, jumlah energi yang diserap material dikala patah merupakan dimensi ketahanan ataupun ketangguhan impak material. Bahan ulet menampilkan ketangguhan yang lebih besar dengan menyerap energi potensial pendulum yang berayun dari ketinggian, serta pasti saja, berakibat pada material uji mengubah wujud menjadi patah [10]. Metode yang telah menjadi standar untuk uji impak ini ada 2, yaitu uji impak metode Charpy dan metode Izod. Berikut ini adalah gambar 2.4 ilustrasi pengujian impak metode Charpy.



Gambar 2.9 Alat Uji Impak

Bagian utama dari alat uji impact tipe charpy

- a. Pendulum = 12,087 kg
- b. Lengan pengayun = 0,98 m
- c. Tempat benda uji
- d. Busur derajat
- e. Pisau pemukul (sudut pisau 30°)

Pengujian impak metode Charpy adalah pengujian tumbuk dengan meletakkan spesimen dengan posisi horizontal atau mendatar dan arah pembebanan berlawanan dengan arah takikan. Untuk menghitung jumlah energi yang diserap dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$E = m \cdot g(h_0 - h_1)$$

$$E = 1(1 - \cos \alpha)$$

$$E = 1(1 - \cos \beta)$$

Keterangan:

E :energi yang diserap (joule)

m :massa pendulum (kg)

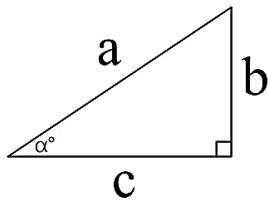
g :percepatan gravitasi (9,8 m/s²)

h_0 :jarak awal pendulum dan material uji (m)

h_1 :jarak akhir pendulum setelah diayunkan (m)

$\cos \beta$:sudut setelah pendulum menabrak benda kerja

$\cos \alpha$: sudut awal sebelum pendulum diayunkan



$$\sin \alpha = \frac{b}{a}$$

$$\cos \alpha = \frac{c}{a}$$

$$\tan \alpha = \frac{b}{c}$$

Untuk menghitung harga impak atau HI dihitung dengan menggunakan persamaan:

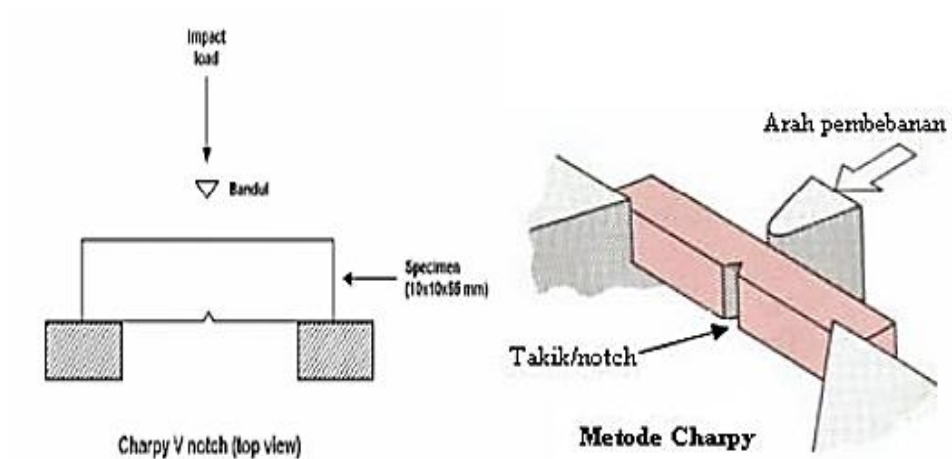
$$HI = E/A$$

Keterangan:

HI : Harga impak

E : Energi yang diserap dalam satuan (joule)

A : Luas penampang takik dalam satuan mm^2



Gambar 2.10 Uji Impak Metode Charpy

2.9.2 Uji Kekerasan

Kekerasan (Hardness) adalah salah satu sifat mekanik (Mechanical properties) dari suatu material. Kekerasan suatu material harus diketahui khususnya untuk material yang dalam penggunaannya akan mengalami gesekan (frictional force) dan deformasi plastis. Deformasi plastis sendiri suatu keadaan dari suatu material ketika material tersebut diberikan gaya maka struktur mikro dari material tersebut sudah tidak bisa kembali ke bentuk asal artinya material tersebut tidak dapat kembali ke bentuknya semula. Lebih ringkasnya kekerasan didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban indentasi atau penetrasi (penekanan).

Pengujian kekerasan dengan metode Vickers bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam yaitu daya tahan material terhadap indentor intan yang cukup kecil dan mempunyai bentuk geometri berbentuk pyramid seperti ditunjukkan pada gambar 3. Beban yang dikenakan juga jauh lebih kecil dibanding dengan pengujian rockwell dan brinell yaitu antara 1 sampai 1000 gram.

Angka kekerasan Vickers (HV) didefinisikan sebagai hasil bagi (koefisien) dari beban uji (F) dengan luas permukaan bekas luka tekan (injakan) dari indentor(diagonalnya) (A) yang dikalikan dengan $\sin(136^\circ/2)$. Rumus untuk menentukan besarnya nilai kekerasan dengan metode vickers yaitu :

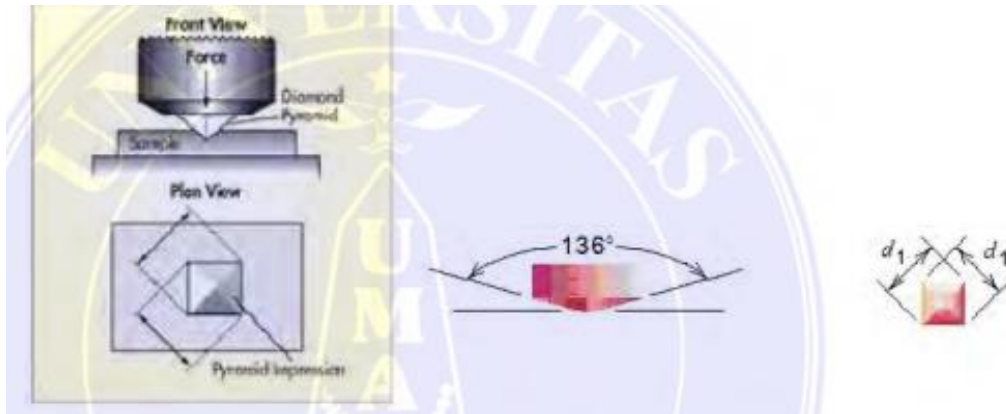
$$HV = 1.854 \cdot \frac{F}{d^2}$$

Keterangan :

HV : Harga Kekerasan Vickers

F : Beban (gf)

d : Diagonal (mm)



Gambar 2.11 Bentuk Indentor Vickers