

ANALISA PENGARUH VARIASI ARUS LISTRIK PADA PENGELASAN SMAW TERHADAP KEKERASAN DAN BENDING PADA BAJA KARBON RENDAH

Asmaun*, Arodi**, Devi***

*Dosen Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tamansiswa Palembang

**Dosen Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tamansiswa Palembang

***Dosen Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tamansiswa Palembang

email: ir.asmaun@yahoo.com

ABSTRAK

Pengelasan (*Welding*) adalah teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan logam dengan menggunakan Baja Karbon Rendah yang sering dipergunakan sebagai bahan konstruksi maupun jembatan serta bangunan lainnya, dan bahan ini mempunyai sifat yang mudah mengalami patahan. Dalam Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana sifat mekanik serta hubungan lainnya dari hasil pengelasan SMAW dengan variasi kuat arus listrik dalam pengelasan menggunakan elektroda E6014, penelitian ini menggunakan penelitian eksperimental untuk memperoleh hasil tentang analisis besarnya kekuatan bending pada baja karbon rendah yang telah mengalami pengelasan SMAW dengan variasi kuat arus, data yang diperoleh dianalisis, yakni menjabarkan perbandingan specimen yang diberi perlakuan secara berbeda-beda ketika proses pengelasannya. Nilai dari hasil uji bending dan kekerasan setiap kelompok di rata-rata. Setiap variasi kuat arus diambil 1 spesimen. Objek penelitian adalah baja karbon rendah dengan Kuat arus listrik pengelasan adalah 90 Ampere, 120 Ampere, 150 Ampere. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada pengelasan logam dengan kuat arus bervariasi, akibat pengaruh panas yang terjadi pada saat pengelasan dengan arus yang berbeda maka menyebabkan perubahan struktur mikro pada daerah HAZ.

Kata kunci: Sifat mekanik, Uji Bending, Uji kekerasan Pengelasan SMAW, Baja karbon rendah.

1. PENDAHULUAN

Bahan logam banyak digunakan untuk konstruksi, peralatan dan peralatan industry Baja merupakan bahan garapan yang mudah dirubah wujudnya, oleh karena itu baja paling banyak pemakaiannya. Berbagai jenis baja berbeda menurut kekuatan, kekerasan, kekenyalan, mampu keras, mampu las dan lain –lain. Karena sifat mampu las ini sangat penting sekali karena dalam perkembangan industri dan konstruksi dikenal adanya penyambungan antara komponen yang satu dengan komponen yang lain yang menggunakan teknik pengelasan dengan mempergunakan las busur listrik. yang salah satu tekniknya mempergunakan elektroda terbungkus dengan bermacam macam ukuran. Hal ini dikarenakan teknik pengelasan tersebut, kecepatan penyelesaian akan lebih cepat dan hasil yang lebih baik dari pengelasan lain, disamping proses produksinya lebih murah.

1.1. Latar Belakang.

Proses pengelasan SMAW dengan variasi arus pengelasan bertujuan untuk mengetahui kekuatan sambungan las, karena pengelasan mempunyai peranan yang sangat penting dalam rancang bangun, permesinan maupun pembangunan konstruksi. Sehingga boleh dikatakan hampir tidak ada logam yang tidak dapat di las. Pengelasan adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam tambahan dan menghasilkan sambungan yang kontinu (Sonawan, 2006).

Penyambungan dengan cara mengelas merupakan salah satu metode penyambungan yang luas penggunaannya selain dari metoda lain yang digunakan pada sambungan logam. Teknologi

pengelasan, selain dapat dipakai untuk menyambung dan memotong logam, juga dapat dipakai untuk mengisi lubang-lubang pada pengecoran, mempertebal bagian yang sudah aus akibat gesekan serta bermacam-macam reparasi lainnya. Pengelasan merupakan salah satu sambungan yang secara teknis memerlukan kualitas yang sangat baik dan sangat luas meliputi rangka baja, jembatan dan perkapalan. Pengelasan berdasarkan klasifikasi cara kerjanya dibagi dalam tiga kelompok yaitu pengelasan cair, pengelasan tekan dan pematrian. Pengelasan cair adalah salah satu cara pengelasan dimana benda yang akan disambung dipanaskan sampai mencair dari sumber energi panas. Pengelasan yang paling banyak digunakan pengelasan cair dengan busur dari jenis las busur elektroda terbungkus yang salah satu adalah las SMAW (*Shielding Metal Arc Welding*). Hal ini dikarenakan dengan teknik pengelasan tersebut, kecepatan penyelesaian akan lebih cepat dan hasil yang lebih baik dari pengelasan lain, disamping proses produksinya lebih murah.

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pelaksanaan penelitian ini adalah Untuk mengetahui berapa besar nilai uji kekerasan dan uji Bending akibat pengelasan SMAW dengan variasi arus listrik yang berbeda. Disamping untuk mengetahui sifat yang timbul akibat pengaruh pengelasan variasi besarnya arus listrik yang berbeda. Juga untuk memberikan kontribusi serta informasi bagi industri dan para pengguna jasa konstruksi akan pengaruh pengelasan terhadap sifat material.

2. TINJAUAN PUSTAKA.

Pada saat ini teknik pengelasan SMAW (*Shielding Metal Arc Welding*) dan teknik pengelasan SAW (*Submerged Arc Welding*) telah dilakukan secara luas, penggunaan pengelasan terutama untuk menyambung bagian-bagian konstruksi, pipa maupun yang lainnya. Dalam Penelitian sebelumnya, Hadi (2009) telah melakukan penelitian mengenai pengelasan metode SMAW, FCAW dan SAW pada material ST.42 dengan kawat las yang digunakan AWS E6013 dengan diameter 3,2 mm dan diameter 4 mm. Hasil penelitiannya menunjukkan, pengelasan metode SAW mempunyai kekuatan tarik lebih baik dari SMAW. Sedangkan hasil pengujian tegangan lentur (*bending*), menunjukkan bahwa pengelasan dengan metode SMAW mempunyai tegangan lentur atau kekuatan bending yang baik. Naharuddin, (2015) melakukan penelitian mengenai Kekuatan tarik dan bending sambungan las pada material baja dengan metode pengelasan SMAW dan SAW. Dengan metode pengelasan E 7018 (SMAW) dan F7A4EM12K (SAW). Proses pengelasan menggunakan arus pengelasan 100–125 Ampere dengan hasil kekuatan tarik sambungan las tertinggi terjadi pada metode pengelasan SMAW dengan hasil nilai rata-rata tegangan tarik sebesar 666,05 Mpa dibandingkan dengan pengelasan SAW sebesar 621,78 MPa. Kemudian menurut penelitian Tarkono (2012), perbedaan penggunaan jenis-jenis elektroda akan mempengaruhi kekuatan tarik hasil pengelasan dan perpanjangan (*elongation*), kemudian peneliti Syahrani (2013) melakukan penelitian dengan variasi arus pengelasan terhadap kekuatan tarik dan bending pada baja SM 490 diperoleh perbedaan nilai kekuatan tarik dan bending. Penelitian ini menggunakan perbedaan metode pengelasan, penggunaan arus, dan jenis elektroda.

2.1. Pengelasan.

Teknik pengelasan saat ini semakin banyak dipergunakan secara luas baik digunakan dalam proses pembuatan konstruksi. Bangunan gedung serta jembatan maupun untuk rumah tangga. Keunggulan konstruksi lasan yaitu bangunan atau konstruksi mesin menjadi lebih ringan serta proses pembuatannya lebih sederhana sehingga seluruhnya lebih murah. Pengelasan merupakan penyambungan dua bagian logam paduan atau lebih yang dilaksanakan dalam keadaan cair sehingga setelah membeku akan terbentuk sambungan melalui ikatan kimia yang dihasilkan dari ikatan kimia melalui pemakaian energi panas. Penyambungan bisa dengan atau dengan bahan tambah yang sama atau berbeda titik cair maupun strukturnya. Pengelasan dapat diartikan dengan proses penyambungan dua buah logam dengan sampai titik rekristalisasi logam dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah dan menggunakan energi panas sebagai bahan pencair bahan yang

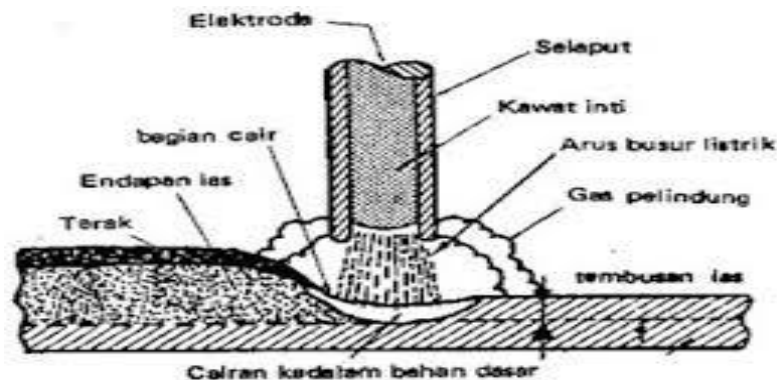
dilas. Pengelasan juga dapat diartikan sebagai ikatan tetap dari benda atau logam yang dipanaskan. Pengelasan bukan saja memanaskan dua buah benda sampai mencair dan membiarkan membeku kembali, tetapi membuat lasan yang utuh dengan cara memberikan bahan tambah atau elektroda pada waktu dipanaskan sehingga mempunyai kekuatan seperti yang dikehendaki kekuatan sambungan las dipengaruhi beberapa faktor yaitu, antara lain prosedur pengelasan, bahan yang digunakan, ketebalan material, jenis material, elektroda, jenis kampuh serta besarnya arus listrik yang digunakan.

2.2. Las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*).

Material atau Logam yang dipergunakan dalam pengelasan ini mengalami pencairan akibat pemanasan dari busur listrik yang timbul antara ujung elektroda dan permukaan benda kerja. Busur listrik yang dibangkitkan dari suatu mesin las. elektroda yang dipergunakan berupa kawat yang dibungkus pelindung berupa fluks. elektroda ini selama pengelasan akan mengalami pencairan bersama dengan logam induk. dan membeku bersama menjadi bagian dari kampuh las. proses pemindahan logam elektroda terjadi saat ujung elektroda mencair dan membentuk butir-butir yang terbawa arus busur listrik yang terjadi. Bila digunakan arus listrik yang besar maka butiran logam cair yang terbawa menjadi halus namun sebaliknya bila arusnya kecil maka butirannya menjadi besar. Pola pemindahan logam cair sangat mempengaruhi sifat mampu las dari logam. Logam mempunyai sifat mampu las yang tinggi bila pemindahan terjadi dengan butiran yang halus. Pola pemindahan cairan dipengaruhi oleh besar kecilnya arus dan komposisi dari bahan fluks yang digunakan. bahan fluks yang digunakan untuk membungkus elektroda selama pengelasan mencair dan membentuk terak yang menutupi logam cair yang terkumpul ditempat sambungan dan bekerja sebagai penghalang oksidasi.

2.3. Elektroda terbungkus.

Pengelasan dengan mempergunakan las busur listrik dengan memerlukan kawat las (elektroda) yang terdiri dari satu inti yang terbuat dari logam yang dilapisi dengan lapisan campuran kimia, fungsi dari elektroda ini adalah sebagai pembangkit dan sebagai bahan tambah.



Gambar 2.1. Proses pengelasan dengan Busur.

Elektroda terdiri dari dua bagian yaitu bagian yang berselaput (*fluks*) dan bagian yang tidak berselaput yang merupakan pangkal untuk menjepitkan tang las. Fungsi dari fluks ini adalah untuk melindungi logam cair dari lingkungan udara, menghasilkan gas pelindung dan menstabilkan busur. Bahan fluks yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah jenis E6014 adalah serbuk besi dengan hidrogen rendah. jenis ini menghasilkan kadar hidrogen rendah sehingga kepekaan sambungan terhadap retak sangat rendah dan ketangguhannya sangat memuaskan.

Berdasarkan jenis elektroda dan diameter kawat inti elektroda dapat ditentukan arus dalam ampere dari mesin las seperti tabel dibawah ini:

Tabel 2.1. Spesifikasi arus menurut tipe dan diameter dari elektroda

DIAMETER		TIPE ELEKTRODA DAN AMPERE YANG DIPERGUNAKAN					
mm	inch	E6010	E6014	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	160-240	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	1/4	-	330-415	315-400	335-430	300-420	335-430
8	5/16	-	90.500	375-470	-	-	-

Sumber: Wiryosumarto, 2000.

2.4. Besar Arus Listrik.

Besarnya arus pengelasan yang diperlukan tergantung pada diameter elektroda, tebal bahan yang dilas, jenis elektroda yang dipergunakan diameter inti elektroda, posisi pengelasan. Daerah las mempunyai kapasitas panas yang tinggi, maka diperlukan arus yang tinggi. Arus las merupakan parameter las yang langsung mempengaruhi penembusan dan kecepatan pencairan logam induk. Makin tinggi arus las makin besar penembusan dan kecepatan pencairannya. Besar arus pada pengelasan mempengaruhi hasil las bila arus terlalu rendah, maka perpindahan cairan dari ujung elektroda yang dipergunakan sangat sulit dan busur listrik yang terjadi tidak stabil. Panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan dasar. Sehingga menghasilkan bentuk rigi-rigi las yang kecil dan tidak rata serta penembusan yang kurang dalam jika arus terlalu besar, maka akan menghasilkan penetrasi dalam serta metrik las yang tinggi.

2.5. Baja dalam Pengelasan.

Baja merupakan paduan yang paling banyak digunakan manusia, jenis dan bentuknya sangat banyak, baja karbon adalah paduan antara besi dan karbon dengan sedikit Si, Mn, P, S, dan Cu. Sifat baja sangat tergantung pada kadar karbonnya dan dikelompokkan berdasarkan kadar karbon. Klasifikasi baja karbon Baja karbon rendah dengan kadar karbon 0,01 – 2 % C. Baja karbon rendah dibuat dan diperdagangkan dalam bentuk plat, strip, batang dan profil. Baja karbon sedang. Atau medium. Baja karbon medium memiliki kadar karbon antara 0,2 – 0,45 % C. Baja karbon ini memiliki efek pengerasan yang sangat memadai. Baja karbon medium dibuat untuk keperluan alat-alat dan bagian-bagian mesin, umpamanya baut, poros engkol, batang torak, poros dan Baja karbon tinggi mengandung kadar karbon antara 0,45 – 1,7 % C. Baja ini memiliki kekuatan dan kekerasan yang sangat baik setelah mengalami perlakuan panas, tetapi mengandung pula kelebihan sementit. Partikel sementit menghasilkan ketahanan terhadap keausan dan baja ini dipergunakan untuk mesin perkakas.

2.6. Sifat Material Baja karbon.

a. Sifat fisik.

Sifat fisik merupakan sifat dasar yang tidak dapat dirubah ataupun dipengaruhi contoh sifat fisik baja karbon sedang adalah warnanya abu-abu mengkilap, memiliki sifat magnetis, kerapatan logam yang relatif tinggi, penghantar listrik dan panas serta memiliki titik cair yang tinggi.

b. Sifat mekanik.

Sifat mekanik adalah merupakan sifat dasar atau bawaan yang dapat berubah dan dipengaruhi dari luar. Pengaruh tersebut biasanya berupa pemanasan pada temperatur tertentu, sehingga struktur mikro logam tersebut berubah dan sifat mekaniknya berubah karena pemanasan tersebut. Dengan demikian sifat mekanik suatu logam dapat kita kontrol sesuai dengan yang kita kehendaki dengan cara pemanasan atau biasanya proses Heat Treatment. Sifat mekanik logam diantaranya: Kekerasan yang merupakan ketahanan material terhadap goresan, gesekan dan tumbukan. Kekuatan ditunjukkan dengan ketahanan material terhadap beban yang dikenakan padanya jenis dari kekuatan diantaranya, kekuatan

tarik, kekuatan luluh, dan kekuatan patah. Kekuatan material ini dibidang teknik disebut dengan tegangan patah. Keuletan (*Ductility*) merupakan kemampuan logam untuk terdeformasi. Kegetasan (*Brittleness*) merupakan sifat kebalikan dari keuletan Ketangguhan (*Toughness*) kemampuan logam untuk mempertahankan bentuknya dengan cara menyerap energi yang mempengaruhinya.

c. Sifat Teknologi.

Sifat teknologi merupakan kemampuan logam untuk diproses lebih lanjut dengan teknologi tertentu. Sifat teknologi logam antara lain: Sifat mampu mesin (*Machineability*) merupakan kemampuan material untuk dibentuk dengan alat-alat pemesian dan hasil yang diperoleh cukup baik dan presisi. Sifat mampu bentuk (*Formability*) merupakan kemampuan material untuk dibentuk dengan penempaan, pengerolan, ataupun proses pembentukan lainnya. Sifat mampu cor (*Castability*) merupakan kemampuan material logam pada saat dilakukan proses pengecoran sehingga didapat hasil yang baik. Sifat mampu las (*Weldability*) kemampuan material logam yang memudahkan proses pengelasan sehingga didapat hasil pengelasan yang baik.

2.7. Baja Karbon rendah.

Baja karbon rendah adalah baja paduan yang mempunyai kadar karbon sama dengan baja lunak tetapi ditambah sedikit dengan unsur-unsur paduan. Penambahan unsur ini dapat meningkatkan kekuatan baja tanpa mengurangi keuletannya. Baja paduan banyak digunakan untuk kapal, jembatan, tanki-tanki serta konstruksi bangunan dan dalam permesinan.

Baja paduan rendah dibagi menurut sifatnya yaitu baja tahan suhu rendah, baja kuat dan baja tahan panas.

- Baja tahan suhu rendah yaitu baja yang mempunyai kekuatan tumbuk yang tinggi dan suhu transisi yang rendah, karena itu dapat dipergunakan dalam konstruksi dengan suhu yang lebih rendah dari suhu biasanya.
- Baja kuat, baja ini dibagi dalam dua kelompok yaitu kekuatan tinggi dan ketangguhan tinggi. Kelompok kekuatan tinggi mempunyai sifat mampu las yang baik karena kadar karbonnya yang rendah.
- Baja tahan panas. adalah baja paduan yang tahan terhadap panas. Baja tahan panas terkenal dengan baja paduan dengan jenis Cr-Mo yang tahan suhu 600°C.

Pengelasan yang banyak dipakai untuk baja paduan rendah adalah las busur elektroda terbungkus las busur rendah dan las MIG (las logam gas mulia). Perubahan struktur dapat terjadi di daerah las selama pengelasan, karena adanya pemanasan dan pendinginan yang cepat menyebabkan daerah HAZ menjadi keras. Keerasan yang tinggi terdapat pada daerah HAZ.

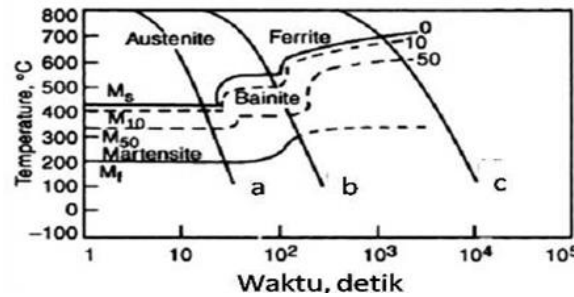
2.8. Struktur Mikro Daerah Las lasan.

Daerah las lasan terdiri dari tiga bagian yaitu daerah logam las, daerah pengaruh panas atau *heat effected zone* disingkat menjadi HAZ dan logam induk yang terpengaruhi panas yaitu Daerah logam las dimana bagian dari logam yang pada waktu pengelasan mencair kemudian membeku. Komposisi logam las terdiri dari komponen logam induk dan bahan tambah dari elektroda, karena logam las dalam proses pengelasan ini mencair kemudian membeku, maka kemungkinan besar terjadi pemisahan komponen yang menyebabkan terjadinya struktur yang tidak homogen. Ketidakhomogen struktur akan menimbulkan struktur ferit kasar dan bainit yang akan menurunkan ketangguhan logam lasan. Pada daerah ini struktur mikro yang terjadi adalah struktur cor. struktur mikro dilogam las dicirikan dengan adanya struktur berbutir panjang, struktur ini berawal dari logam induk tumbuh kearah tengah daerah logam las.

2.9. Digram CCT (*Continuous Cooling Transformation*)

Pada proses pengelasan transformasi austenit menjadi ferit merupakan tahap yang paling penting karena akan mempengaruhi logam las, hal ini disebabkan karena sifat sifat mekanis material ditentukan oleh pada tahap tersebut. Faktor faktor yang mempengaruhi transformasi

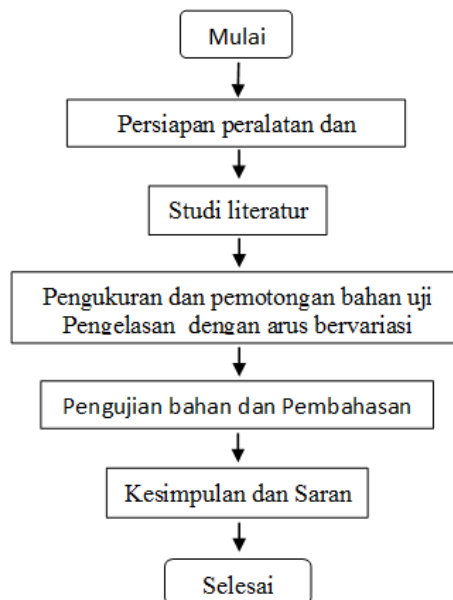
austenit menjadi ferit adalah masukan panas, komposisi kimia las, kecepatan pendinginan dan bentuk sambungan las. Struktur mikro dari baja pada umumnya tergantung dari kecepatan pendinginannya. Dari daerah suhu austenit sampai suhu kamar. karena perubahan struktur ini, maka dengan sendirinya sifat-sifat mekanik yang dimiliki baja juga akan berubah. Hubungan antara kecepatan pendinginan dan struktur mikro yang terbentuk biasanya digambarkan dalam diagram yang menghubungkan waktu, suhu dan transformasi, diagram tersebut dikenal dengan diagram CCT (*Continuous Cooling Transformation*).



Gambar 2.2. Diagram CCT. (Wiryosumarto.2000)

3. METODE PENELITIAN.

Pada penelitian ini dilakukan dan dilaksanakan dengan beberapa tahapan yang meliputi standar prosedur seperti yang dibuat dalam diagram alir seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3.1. Diagram Alir penelitian

3.1. Metode, Waktu, Tempat.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental (*Experimental research*) yaitu melakukan pengamatan secara langsung untuk mendapatkan data dari sebab dan akibat dalam suatu proses eksperimental. Penelitian ini dilakukan selama 1 bulan dengan selesai berikut tempat

melakukan penelitian yaitu:

- a. Bengkel Perawatan PT. Conoco Palembang.
- b. Laboratorium Teknik PT. Pupuk Sriwijaya Palembang.
- c. Laboratorium Metalurgi Politeknik Sriwijaya Palembang.
- d. Laboratorium Universitas Tamansiswa Palembang.

3.2. Tahap Pemotongan .

Material dipotong sesuai dengan ukuran yang diinginkan sebanyak 9 buah spesimen dimana 3 buah untuk masing-masing untuk pengelasan dengan menggunakan kekuatan arus 90 A, 120 A, dan 150 A.

3.3. Tahap pengelasan Spesimen.

Proses pengelasan spesimen dilakukan dengan langkah-langkah berikut :

- a. Mempersiapkan peralatan dan instalasi mesin las sesuai dengan pemasangan yang diinginkan.
- b. Mempersiapkan spesimen yang akan di las. Menggunakan posisi pengelasan mendatar atau bawah tangan mempersiapkan elektroda sesuai dengan ketebalan plat dan arus yang digunakan.
- c. Pada pengelasan SMAW ampere meter yang digunakan disetel pada posisi nol untuk mengukur arus. Selanjutnya salah satu penjepit dijepitkan pada kabel yang digunakan sebagai penjepit elektroda. Menghidupkan mesin las dan melakukan pengelasan dengan pembentukan kampuh I masing-masing dibuatkan 3 spesimen untuk setiap pengujian. Elektroda yang digunakan jenis E6014 dimana arti dari angka 60 adalah nilai tegangan tarik minimum dari hasil pengelasan (60.000 psi), sedangkan angka 1 adalah posisi pengelasan yang selalu digunakan. 4 adalah menunjukkan selaput serbuk hidrogen rendah dan interval arus las yang cocok untuk pengelasan. (Hari Sonawan,2006)



Gambar 3.2. Proses Pengelasan Bahan

Prosedur penelitian diawali dengan pemotongan bahan material yaitu baja Karbon rendah, dengan tebal 6 mm dengan ukuran yang disesuaikan dengan kebutuhan dilanjutkan dengan pembuatan spesimen uji kekerasan dan bending serta dilanjutkan pengelasan dengan pembentukan kampuh I masing-masing dibuatkan 3 spesimen untuk setiap pengujian. Elektroda yang digunakan jenis E6014 dimana 60 adalah nilai tegangan tarik minimum dari hasil pengelasan (60.000 psi), sedangkan angka 1 adalah posisi pengelasan yang selalu digunakan. 4 adalah menunjukkan selaput serbuk hidrogen rendah dan interval arus las yang cocok untuk pengelasan.

3.3. Pengujian Kekerasan.

Pengujian kekerasan dengan penekanan banyak digunakan oleh industri permesinan. Ini dikarenakan prosesnya sangat mudah dan cepat dalam memperoleh angka kekerasan logam tersebut, bila dibandingkan dengan metoda pengujian lainnya. Pengujian kekerasan yang menggunakan penekanan ini ada tiga jenis yaitu pengujian kekerasan dengan metoda Rockwell, metoda Brinell dan metoda Vickers. Dalam penelitian ini dilakukan pada benda uji dengan menggunakan metode Vickers dimana pengujian ini bertujuan untuk menentukan atau

mendapatkan nilai kekerasan suatu material dalam yaitu daya tahan material terhadap indentor intan yang cukup kecil dan mempunyai bentuk geometri berbentuk pyramid. Alat uji kekerasan yang digunakan adalah Hardness test. Nilai kekerasan vickers dapat diketahui dari persamaan:

$$HV = 1,854 \cdot \frac{F}{d^2} \cdot 2 \text{ kg/mm}^2 \dots\dots\dots \text{pers. 3-1}$$

dimana :

HV = Angka kekerasan vickers

F = Beban (kg)

d = Diagonal (mm)



Gambar 3.3. Alat uji kekerasan

4.3. Pengujian Bending

Pengujian bending akan dilakukan pada benda uji dengan menggunakan metode konfigurasi three -point bending bertujuan untuk menentukan atau mendapatkan nilai kekuatan bending , hasil uji bending dapat diketahui dari persamaan :

$$\sigma_b = \frac{3 P L}{2 b d^2} \dots\dots\dots \text{pers. 3-2}$$

dimana :

σ_b = Kekuatan bending (N/mm²)

P = Beban (N)

L = Panjang Spesimen (mm)

d = Tebal / depth (mm)

b = Lebar / Width (mm)



Gambar 3.4. Alat uji bending

3.4. Analisa Uji Kekerasan dan Pembahasan.

Dari hasil pengujian dari sambungan pengelasan dengan proses pengelasan SMAW pada plat baja karbon rendah. Meliputi perubahan sifat mekanik yang berupa uji kekerasan yang terjadi akibat proses pengelasan. Berdasarkan pengujian kekerasan yang dilakukan pada semua

specimen, didaerah sambungan pengelasan didapat data mengenai distribusi nilai kekerasan pada daerah logam induk, daerah terpengaruh panas dan daerah logam lasan.

Dengan menggunakan metoda pengujian kekerasan Vickers dimana indenter intan 136⁰ dengan beban 30 kg pada specimen dapat langsung dibaca dari indicator dan diperoleh data kekerasan yang tercantum dibawah ini. Dari hasil pengujian kekerasan dan perhitungan tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 3.1. Spesimen Baja dengan Arus 90 A

Titik Pengujian	Daerah Uji	Indentor	P (kg)	d ₁ /d ₂ (mm)	d _f (mm)	VHN (kg/mm ²)
1	HAZ	Intan 136 ⁰	30	0,65/0,64	0,59	162,52
2				0,65/0,65	0,59	159,78
3				0,68/0,68	0,59	162,52
Rata-rata						161,61
1	I	Intan 136 ⁰	30	0,65/0,65	0,65	131,64
2				0,67/0,66	0,67	125,77
3				0,66/0,68	0,67	123,90
Rata-rata						127,11
1	II	Intan 136 ⁰	30	0,65/0,64	0,65	133,69
2				0,65/0,65	0,65	131,64
3				0,65/0,66	0,65	129,64
Rata-rata						131,66

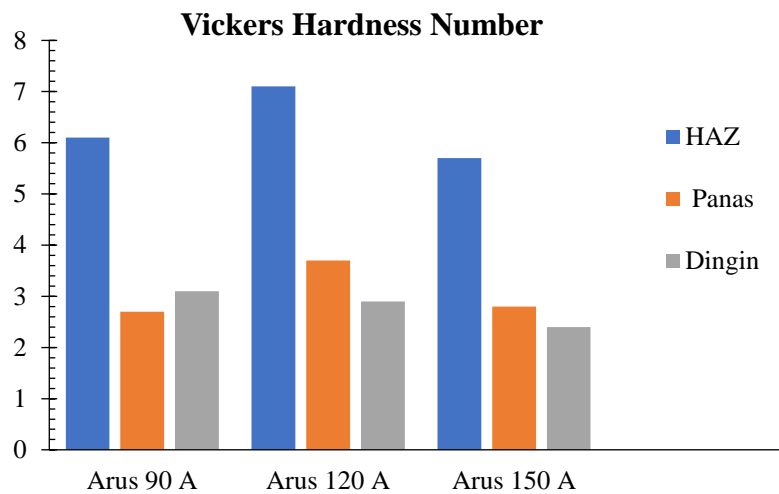
Tabel 3.2. Spesimen Baja dengan Arus 120 A

Titik Pengujian	Daerah Uji	Indentor	P (kg)	d ₁ /d ₂ (mm)	d _f (mm)	VHN (kg/mm ²)
1	HAZ	Intan 136 ⁰	30	0,57/0,56	0,57	174,23
2				0,58/0,57	0,58	168,23
3				0,57/0,57	0,57	171,19
Rata-rata						171,22
1	I	Intan 136 ⁰	30	0,64/0,64	0,65	135,79
2				0,64/0,65	0,67	133,69
3				0,65/0,65	0,67	131,64
Rata-rata						133,71
1	II	Intan 136 ⁰	30	0,66/0,66	0,66	127,69
2				0,66/0,65	0,66	129,64
3				0,65/0,66	0,65	131,64
Rata-rata						129,66

Tabel 3.2. Spesimen Baja dengan Arus 150 A

Titik Pengujian	Daerah Uji	Indentor	P (kg)	d ₁ /d ₂ (mm)	d _f (mm)	VHN (kg/mm ²)
1	HAZ	Intan 136 ⁰	30	0,63/0,62	0,63	142,39
2				0,62/0,61	0,62	147,06
3				0,60/0,60	0,60	154,50
Rata-rata						147,98
1	I	Intan 136 ⁰	30	0,65/0,67	0,66	127,69
2				0,66/0,66	0,66	127,69
3				0,66/0,65	0,66	129,64
Rata-rata						128,34
1	II	Intan 136 ⁰	30	0,69/0,67	0,68	120,29
2				0,66/0,67	0,67	125,77
3				0,67/0,65	0,66	127,69
Rata-rata						124,58

Berdasarkan tabel diatas, maka dapat tuangkan kedalam grafik seperti dibawah ini,



Gambar 3.5. Nilai kekerasan Vickers hasil pengelasan.

Dalam Gambar 3.5 dapat dilihat kekerasan daerah HAZ pada masing-masing batang yang terdiri dari arus 90 Ampere, arus 120 Ampere dan arus 150 Ampere. Pengaruh panas yang terjadi pada saat pengelasan menyebabkan perubahan struktur mikro pada daerah HAZ menjadi lebih tinggi menerima panas, daerah HAZ yang mengalami pemanasan tetapi tidak sampai mencair. Pengaruh panas juga disebabkan oleh perbedaan arus listrik yang digunakan saat pengelasan.

3.5. Analisa uji Bending dan Pembahasan.

Dari data hasil pengujian bending yang didapat, maka dapat dihitung besarnya jumlah tegangan Uji Bending hasil pengelasan dengan variasi kuat arus dengan menggunakan metode SMAW dapat ditunjukkan pada tabel dibawah ini . Hasil pengujian Bending menunjukkan nilai rata rata tegangan bending pada metode pengelasan SMAW lebih besar tegangannya pada arus listrik yang menggunakan arus yang lebih tinggi. Nilai rata-rata tegangan Bending pada arus listrik 90 ampere sebesar 104,04 (kg/mm^2) dan pada arus 120 Ampere adalah 127,39 (kg/mm^2) dan pada 150 ampere 128,46 (kg/mm^2).

Berdasarkan hasil uji Bending, tidak ditemukan keretakan pada hasil lasan baik pada proses pengelasan arus 90 Ampere, arus 120 Ampere dan 150 Ampere. Hasil tersebut menunjukkan hasil las memenuhi standar. Nilai tegangan bending yang diperlukan untuk menekuk spesimen hasil pengelasan dengan metode SMAW. sedang nilai modulus elastisitas metode pengelasan SMAW juga menunjukkan lebih lentur dikarenakan pengelasan SMAW dapat mengalami pemanasan akibat nyala busur.

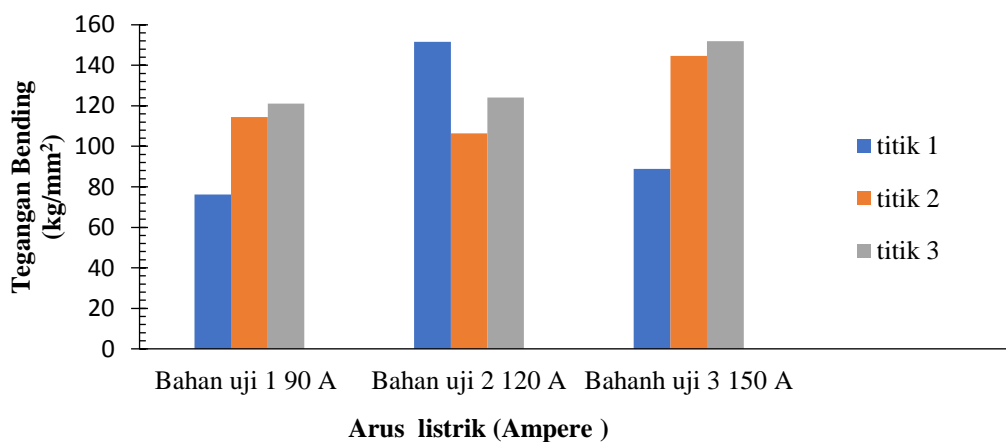
3.6. Pengujian Bending.

Untuk mengetahui kekuatan bending dari hasil pengelasan maka perlu pengujian. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana sifat ulet (*ductility*) dan kegetasan dari bahan serta mengetahui mampu deformasi dengan radius bengkok tertentu. Sedangkan metode pengujian yang dilakukan *Three point* yaitu benda uji dengan satu tumpuan dibagian atas benda uji dan dua buah tumpuan dibawah benda uji. Dari hasil pengujian tekuk akan didapatkan data gaya tekan maksimum, maka kekuatan Bending (σ_b) dari data tersebut dapat dihitung tegangan lentur maksimumnya. Tegangan Bending yang terjadi adalah untuk kuat arus 90 A, 120 A dan 150 A dalam tabel dibawah ini.

Tabel 3.2. Hasil Pengujian Bending.

No.	Spesimen	Luas (mm ²)	L (mm)	Beban Max (kg)	Tegangan Bending, σ_b (kg/mm ²)
1	Arus 90 A	420	140	914,14	76,178
2		420	140	1372,79	114,399
3		420	140	1454,37	121,167
1	Arus 120 A	420	140	1818,92	151,576
2		420	140	1277,20	106,433
3		420	140	1490,06	124,172
1	Arus 150 A	420	140	1066,60	88,883
2		420	140	1735,36	144,613
3		420	140	1822,74	151,895

Berdasarkan perhitungan diatas maka dapat tuangkan kedalam grafik seperti dibawah ini dengan masing-masing arus 90 A, 120 A dan 150 A.



Gambar 3.6. Grafik Tegangan Bending pada masing-masing bahan uji

Pada Bahan uji 1 terlihat bahwa pada daerah panas (titik 1) akibat arus las dengan arus 90 Ampere lebih kecil Tegangan Bendingnya lebih kecil dibandingkan dengan titik 2 dan 3 akibat pengelasan. Pada Bahan uji 2 ini terlihat bahwa pada daerah panas (titik 1) akibat arus las dengan arus 120 Ampere, Tegangan Bendingnya lebih besar dibandingkan dengan titik 2 dan 3 akibat pengelasan.

Pada Bahan uji 3 ini terlihat bahwa pada daerah panas (titik 3) akibat arus las dengan arus 150 Ampere, Tegangan Bendingnya lebih besar dibandingkan dengan titik 2 dan 3 akibat pengelasan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada pengelasan logam dengan kuat arus bervariasi, maka didapat kesimpulan yaitu akibat pengaruh panas yang terjadi pada saat pengelasan dengan arus yang berbeda maka menyebabkan perubahan struktur mikro pada daerah HAZ.

5.2. Saran

Agar dalam setiap pengelasan agar diperhatikan kuat arus dari mesin las yang dipergunakan. setiap kuat arus atau ampere dapat mempengaruhi dari kekerasan logam yang akan dipergunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amstead, (1988), Ilmu dan Teknologi Bahan, Erlangga, Jakarta
- Daryanto, (2011), Teknik Mengelas Logam, edisi 1, PT. Sarana Tutorial Nurani Sejahtera
- Hery Sonawan., Rohim Suratman, (2006), Pengantar Untuk Memahami Pengelasan Logam, Alfa Beta, Bandung.
- Hadi, S., Eko, (2009), Analisa pengelasan Mild Steel (ST.42) Dengan Proses SMAW, FCAW dan SAW Ditinjau dari segi kekuatan dan nilai Ekonomis. KAPAL Vol. 6, No. 2 107-117
- Keyon. W, (1985), Dasar Dasar Pengelasan, Erlangga, Jakarta.
- Lagiyono, (2011), Pengaruh temperature terhadap Sifat mekanik Pada baja karbon sedang ST 60, Jurnal mekanikal, Vol 2, Universitas Pancasakti Tegal.
- Naharudin, Kekuatan Tarik dan Bending sambungan Las pada Material Baja dengan metode Pengelasan SMAW, Jurnal Mekanikal Vol. 7, 2015.
- PT. Intan Pertiwi Industri, (2006), Tuntunan Pengelasan SMAW, Jakarta.
- Syahrani, A., Sam, A., Chairunass. (2013), Variasi arus terhadap kekuatan tarik dan bending pada hasil Pengelasan SM 490, Jurnal mekanikal, Vol 4 No. 2 Juli 2013 393-402
- Tarkono, Siahaan, P.,G., Zulhanif, (2012), Studi Penggunaan Jenis Elektroda yang berbeda terhadap sifat mekanik Pengelasan Baja AISI 1045, Jurnal mechanical, Vol 3 Nomor 2,
- Wirjosumarto, H dan Okumura, (2000). Teknologi Pengelasan Logam, PT. Pradnya Paramita, Jakarta