

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengelasan (*welding*) adalah teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan logam kontinu (Siswanto, 2011). Proses pengelasan yang paling banyak digunakan adalah las listrik atau disebut juga las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*). Las SMAW adalah sebuah proses penyambungan logam yang menggunakan energi panas untuk mencairkan benda kerja dan elektroda (bahan pengisi). Energi panas pada proses pengelasan SMAW dihasilkan karena adanya lompatan ion (katoda dan anoda) listrik yang terjadi pada ujung elektroda dan permukaan material. Proses pengelasan SMAW jenis pelindung yang digunakan seperti selaput *flux* yang terdapat pada elektroda. *Flux* pada elektroda berfungsi untuk melindungi logam las yang mencair saat proses pengelasan berlangsung (Achmadi, 2019).

Pengelasan SMAW mempunyai aplikasi luas di dalam dunia industry, pengelasan SMAW memberikan efisiensi kekuatan sambungan yang tinggi dan dapat diandalkan untuk mengelas berbagai tipe sambungan, posisi, serta lokasi yang sulit dikerjakan, biaya pengoperasian yang relatif rendah dan dapat dipakai untuk mengelas didalam maupun diluar ruangan. Mesin Las Busur metal manual atau nama lain dari SMAW, salah satu jenis proses las busur metal yang menggunakan busur listrik sebagai sumber panas. Panas yang terjadi pada busur listrik yang terjadi antara elektroda dan benda kerja yang akan dilakukan proses

penyambungan atau di tambal. Dengan cara mencairkan dulu keping logam dengan memanaskan elektroda, sehingga terjadi proses penyambungan dua benda logam, tetapi dalam proses pemilihan material harus keduanya jenis sama, supaya dapat memperoleh titik lebur yang sama (Damai, *dkk.*, 2022).

Uji Lengkung adalah salah satu jenis pengujian bahan yang dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik suatu bahan teknik. Dalam prakteknya masih sedikit praktisi pengujian bahan yang memperhatikan aspek dan pengaruh variasi dimensi benda uji terhadap data hasil uji lengkung. Pengujian lengkung merupakan pengujian dengan cara merusak dengan metode membenkokkan benda uji dari ujung dan ujung untuk mengetahui kekuatan maksimum dan dari pengujian lengkung ini didapatkan beberapa data seperti kekuatan elastik bahan, kekuatan plastis bahan kekuatan luluh dan juga kekuatan maksimum bahan menerima beban lengkungan. Dan data pengujian lengkung ini sangat bermanfaat sebagai data acuan untuk diaplikasikan di dunia industri dari pengujian ini dapat diketahui benda tersebut ulet atau getas (Sam dan Nugraha, 2015).

Temperatur pendingin atau juga disebut dengan suhu, merupakan fungsi dalam menentukan kecepatan proses pendinginan, karena pada saat melakukan proses pendinginan merupakan cara alternatif untuk memperbaiki sifat dari karakteristik material tersebut. Adanya perubahan pada karakteristik pada baja karbon rendah setelah terjadinya proses pengelasan, maka perlu adanya pendinginan dengan cara yang berbeda supaya untuk menentukan hasil yang kuat dan tidak mudah patah pada sambungan las, sehingga kekuatan tarik hasil las yang diperoleh dapat maksimal (Damai, *dkk.*, 2022).

Perubahan struktur terjadi karena kecepatan pendinginan dari suhu *austenite* sampai ke suhu kamar. Jika kecepatan pendinginan naik, berarti waktu pendinginan temperatur turun lambat terhadap suhu kamar. Dengan begitu, maka akan membentuk struktur butir yang rapat karena laju pendinginan yang lambat. Laju pendinginan yang lambat akan menghasilkan struktur semakin rapat sehingga kekerasan dan nilai kekuatannya menurun. Kekuatan las yang kurang baik dapat menimbulkan hal-hal yang negatif pada pengaplikasiannya, yaitu dapat mengurangi tingkat keamanan pada konstruksi mesin yang mengakibatkan terjadinya keretakan, patah, dan sobek.

Media pendingin merupakan substansi yang berfungsi untuk menentukan kecepatan proses pendinginan terhadap material yang telah diberikan perlakuan panas dari hasil pengelasan. Pendinginan menjadi salah satu alternative untuk memperbaiki dan meningkatkan sifat mekanik pada material pasca pengelasan. Pemilihan temperatur media pendingin sangatlah penting untuk mendapatkan struktur *martensit*. Hal ini disebabkan karena semakin banyak unsure karbon terperangkap, maka struktur *martensit* yang terbentuk juga semakin banyak. Hal tersebutlah yang menyebabkan peningkatan nilai kekerasan dan nilai kekuatan pada suatu bahan (Maulana, 2016).

Hasil pengelasan yang baik tidak hanya dipengaruhi parameter yang digunakan, tetapi juga dipengaruhi oleh material benda kerja yang digunakan. Salah satu material benda kerja yang memiliki sifat las yang baik adalah baja karbon. Hal ini disebabkan karena baja karbon merupakan bahan yang keras dan kuat. Pada umumnya, bangunan konstruksi mesin yang dilakukan dengan

proses pengelasan sering mengalami kerusakan saat menerima beban, seperti patahan, melentur, cacat atau kerusakan yang tidak diinginkan pada daerah bagian sambungan las, terutama pada daerah *heat affected zone* (Januar dan Suwito, 2016).

Adanya perubahan sifat fisis dan sifat mekanis pada baja karbon setelah proses pengelasan, maka perlu adanya perlakuan pendinginan yang berbeda. Hal ini bertujuan untuk menentukan struktur yang terbentuk sehingga kekuatan dan kekerasan hasil las yang diperoleh dapat maksimal.

Berdasarkan latar belakang di atas penulis akan meneliti tentang pengaruh media pendingin terhadap pengujian lengkung sambungan las SMAW pada baja karbon rendah.

1.2 Rumusan Masalah

Masalah pengelasan yang sering terjadi adalah nilai kekuatan hasil lasan yang masih rendah. Oleh karena itu untuk mengatasi masalah tersebut maka perlu adanya pengujian pengaruh media pendingin yang tepat guna meningkatkan nilai kekuatan setelah proses pengelasan SMAW pada baja karbon rendah. Untuk media pendingin yang digunakan oli air dan udara.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki batasan masalah yaitu:

1. Material yang digunakan adalah baja ST-37 yang merupakan baja karbon rendah.
2. Variasi media pendinginnya adalah oli, air dan udara

3. Pengelasan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu pengelasan *SMAW* (*Shielded Metal Arc Welding*).
4. Pengujian untuk mengetahui perubahan sifat mekanik dalam penelitian ini menggunakan pengujian lengkung pada sambungan las.
5. Elektroda E6013 dengan diameter 2,5 mm dan arus 80 ampere.
6. Posisi pengelasan *down position*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis pengaruh media pendingin terhadap kekuatan lengkung sambung baja karbon rendah pasca pengelasan SMAW .

1.5 Manfaat Penelitian

1. Memberi pengetahuan dan informasi tentang perbandingan nilai kekuatan pada baja karbon rendah pasca pengelasan SMAW pada sambungan lengkung dengan variasi media pendingin.
2. Sebagai referensi untuk perkembangan dan penelitian selanjutnya dan sebagai pustaka tambahan untuk menunjang proses pembelajaran.

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Pengelasan (*Welding*)

Pengelasan (*Welding*) merupakan salah satu metode penyambungan logam dengan metode mencairkan sebagian logam induk serta logam pengisi dengan tekanan atau tanpa tekanan. Definisi pengelasan menurut DIN (*Deutch Industrie Normen*) las merupakan suatu hubungan metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilakukan dalam kondisi lumer ataupun cair. Dapat dijelaskan lebih lanjut bahwa las merupakan sambungan setempat dari sekian banyak batang logam dengan memanfaatkan energi panas (Wiryosumarto, 2000).

Prosedur pengelasan dianggap sangat sederhana, namun sebenarnya didalamnya terdapat permasalahan-permasalahan yang harus diatasi Untuk memecahkan permasalahan-permasalahan tersebut, membutuhkan berbagai pengetahuan. Oleh sebab itu dalam pengelasan, pengetahuan harus turut sertamendampingi praktik. Secara lebih rinci, dapat dikatakan bahwa dalamperancangan konstruksi bangunan dan mesin dengan sambungan las, harusdirencanakan pula tentang cara pengelasan, cara pemeriksaan, bahan las dan jenislas yang akan dipergunakan berdasarkan fungsi dari bagian-bagian bangunan ataumesin yang dirancang (Wiryosumarto, 2000).

Kualitas hasil las harus dipastikan karena dapat mempengaruhi kekuatan sambungan las dan instalasi yang digunakan. Untuk berhasilnya pengelasan diperlukan beberapa persyaratan yang harus dipenuhi, benda padat tersebut dapat cair atau melebur oleh panas, benda yang dilas tersebut terdapat kesesuaian sifat

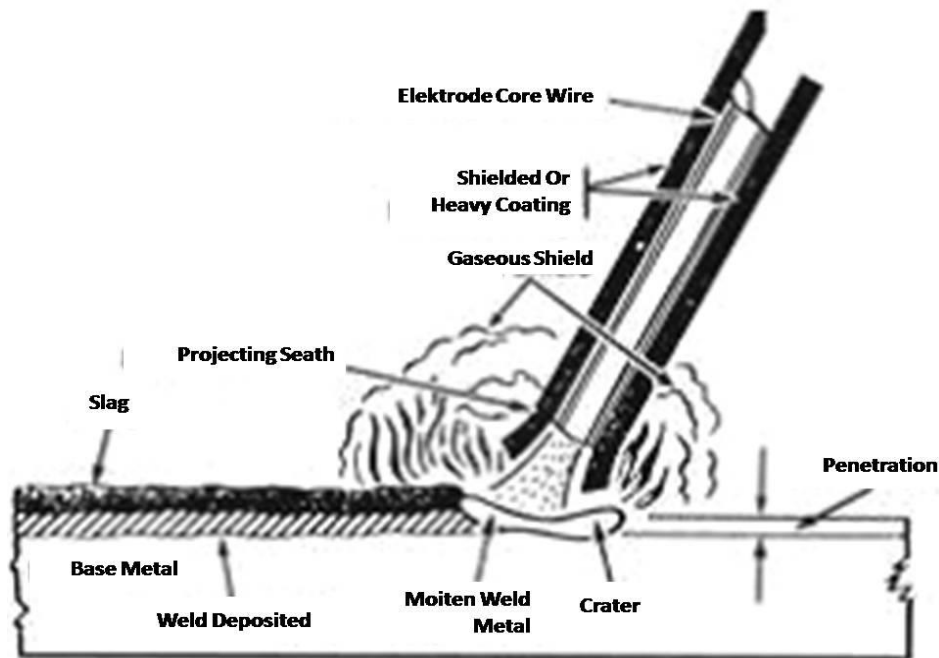
lasnya, cara-cara penyambungan sesuai dengan sifat benda padat dan tujuan penyambungannya. Sebagai contoh dua batang lilin disambung dengan terlebih dahulu mencairkan permukaan-permukaan yang akan disambung dengan mempergunakan sumber panas (api atau obor), peristiwa ini disebut pengelasan. Jadi untuk benda padat yang tidak mencair oleh panas seperti mika, asbes, kayu, kaca, dan lain-lain tidak dapat dilas. Penyambungan hanya dapat dilaksanakan dengan rekatan, baut, ulir, dan cara-cara selain pengelasan (Farid, 2013).

2.2 Las 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.

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 lompatan ion listrik ini dapat menggapai 4000- 4500°C (Wirjosumarto, 2000).



Gambar 2.1 Las busur listrik elektroda terlindungi
(Sumber : Wirjosumarto, 2000)

2.3 Standar Parameter Pengelasan

Penggunaan masukan panas dalam pengelasan sangat luas sehingga diperlukan pengaturan parameter yang tepat dan sesuai dengan penggunaan. antara lain:

1) Arus Listrik Las

Arus berpengaruh dalam proses pengelasan busur listrik, besar kecil arus yang digunakan dapat menentukan ukuran dan bentuk hasil penetrasi dan deposit las. Arus yang semakin besar cenderung menghasilkan penetrasi yang lebih dalam dan luas daerah lasan semakin sempit. Menurut Sonawan dan Suratman (2004)

semakin besar arus las maka semakin besar juga dilusiyang artinya semakin banyak logam induk yang mencair.

2) Tegangan Las

Tegangan listrik pada pengelasan memegang peranan penting pada jenis transfer logam yang diinginkan. Transfer logam arus pendek membutuhkan tegangan yang rendah, sementara transfer logam spray membutuhkan tegangan yang lebih tinggi lagi. Jika arus listrik dinaikkan, maka tegangan las juga harus dinaikkan untuk menghasilkan kestabilan.

Menurut Widharto, S. (2007) apabila busur terlalu pendek (*voltage* rendah), bola-bola metal cair akan terlalu dekat dengan benda kerjasehingga suhu terlalu panas (*overheated*) akibatnya *globular* pecah dan menghasilkan percikan las yang banyak. Namun pengelasan dengan *voltage* yang terlalu tinggi justru menghasilkan sambungan mentah sehingga tidak adafusi antara bahan las dan benda kerja, penetrasi tidak sempurna, dan kontur terlalu menonjol.

3) Kecepatan Pengelasan

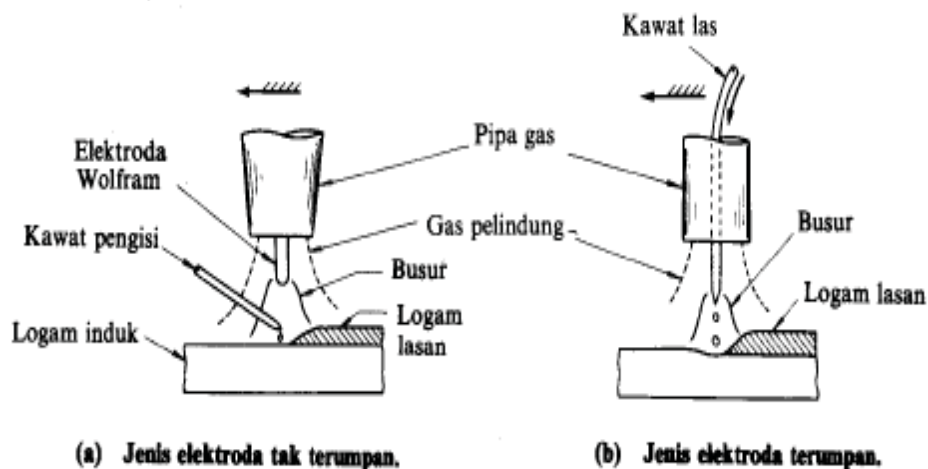
Kecepatan pengelasan tergantung pada jenis elektroda. Diameter inti elektroda. Bahan yang dilas, geometri sambungan, ketelitian sambungan. Kecepatan las tidak ada hubungannya dengan tegangan tetapi berbanding lurus dengan kuat arus, sehingga pengelasan yang cepat membutuhkan arus las yang tinggi untuk mencapai hasil las yang baik. Jika kecepatan las dinaikkan maka masukan panas per satuan panjang akan menjadi kecil sehingga pendinginan akan berjalan cepat.

4) Polaritas Listrik

Sumber listrik yang digunakan berupa listrik *AC* atau listrik *DC* dengan rangkaian listriknya dengan polaritas lurus dimana katup positif dihubungkan dengan logam induk dan katup negatif dihubungkan dengan batang elektroda. Rangkaian listrik polaritas lurus cocok untuk arus listrik yang besar. Pengaruh dari rangkaian ini adalah penetrasi yang dalam dan sempit, sedangkan polaritas terbalik penetrasi yang terjadi dangkal dan lebar karena elektron bergerak dari logam induk menumbuk elektroda sehingga elektroda menjadi panas.

5) Elektroda

Elektroda yang biasa digunakan pada pengelasan yaitu elektroda terumpan dan tak terumpan. Kelompok elektroda tak terumpan menggunakan batang *wolfram* sebagai elektroda yang dapat menghasilkan busur listrik tanpa ikut mencair, sedangkan kelompok elektroda terumpan sebagai elektrodanya digunakan kawat las. Besar kecilnya ukuran elektroda tergantung pada bahan yang digunakan dan ukuran tebal bahan.



Gambar 2.2 Las busur gas
 Sumber: Wiryosumarto (2000).

Tabel 2.1 Hubungan Elektroda dengan Arus Listrik yang Digunakan pada Saat Proses Pengelasan.

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

Sumber : Saputra, (2014)

2.4 Siklus Termal Daerah Lasan

Setiap titik dari daerah hasil lasan mengalami tingkat pemanasan berbeda akibatnya laju proses pendinginan tiap daerah pengelasan juga berbeda dan struktur mikro dimasing-masing daerah memiliki karakteristik berbeda tergantung pada laju pendinginan yang dialaminya (Sonawan dan Suratman 2004). Daerah lasan terdiri dari atas 3 bagian, yaitu (1) logam lasan, (2) daerah pengaruh panas atau *HAZ (Heat Affected Zone)*, dan (3) logam induk yang tidak terpengaruh panas.

1) Logam lasan

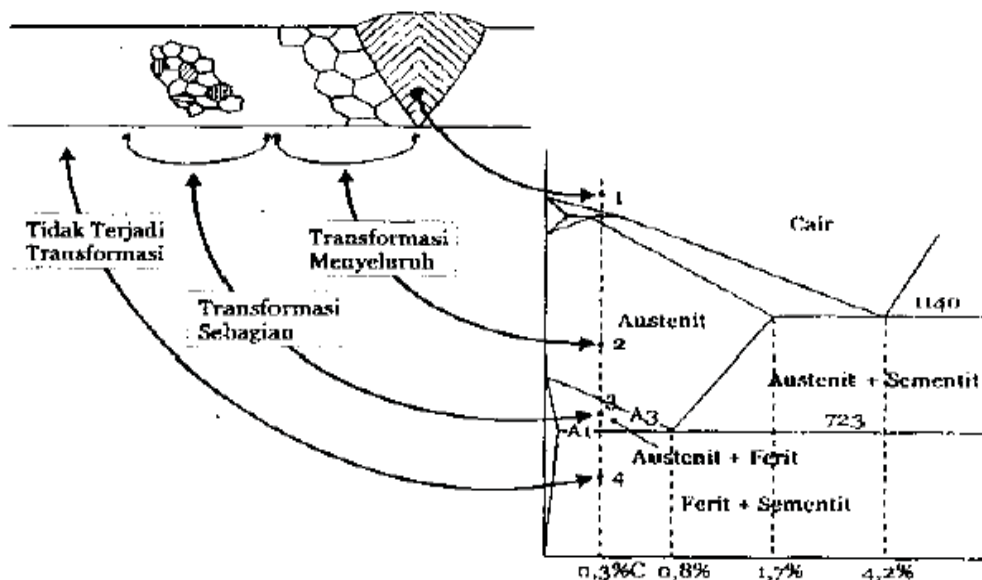
Logam lasan merupakan bagian logam yang pada waktu pengelasan mencair dan kemudian membeku. Logam di daerah pengelasan mengalami siklus termal yaitu pencairan kemudian pembekuan yang menyebabkan terjadinya perubahan struktur dari material.

2) Daerah pengaruh panas atau *HAZ (Heat Affected Zone)*

Daerah pengaruh panas atau *HAZ (Heat Affected Zone)* merupakan logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan cepat (Wiryosumarto, 2000).

3) Logam induk

Logam induk merupakan bagian logam dasar dimana panas dan suhupengelasan tidak menyebabkan terjadinya perubahan struktur dan sifat.



Gambar 2.3 Tranformasi fasa pada logam hasil pengelasan
(Sumber: Sonawan dan Suratman (2004))

Ada tiga titik berbeda yang terdapat di daerah *HAZ* yang dapat dilihat pada gambar 2.3. Titik satu dan dua menunjukkan temperatur pemanasan mencapai daerah berfasa *austenit*, daerah ini disebut dengan daerah transformasi menyeluruh yang artinya struktur mikro baja mula-mula *ferit+perlit* kemudian bertransformasi menjadi *austenit* 100 %. Titik tiga menunjukkan temperatur pemanasan mencapai daerah berfasa *ferit* dan *austenit*, daerah ini disebut dengan daerah transformasi sebagian yang artinya struktur mikro baja mula-mula *ferit+perlit* berubah menjadi *ferit+austenite* (Sonawan dan Suratman, 2004).

2.5 Baja

Baja pada dasarnya adalah paduan besi dan karbon. Selain terdiri dari besi dan karbon, baja juga mengandung unsur lain. Sebagian berasal dari pengotoran

bijih besi yang biasanya kadarnya ditekan serendah mungkin. Sebagian lagi unsure yang digunakan pada proses pembuatan besi atau baja. Selain itu, sering kali juga sejumlah unsur paduan sengaja ditambahkan ke dalam untuk memperoleh sifat tertentu sehingga jenis baja akan beragam (Zakharov, 2002).

Baja adalah paduan yang paling banyak digunakan oleh manusia, jenis dan juga bentuknya sangat banyak. Karena penggunaannya yang sangat luas, maka berbagai pihak sering membuat klasifikasi menurut kebutuhan masing – masing.

Ada beberapa cara mengklasifikasikan baja, diantaranya:

- 1) Menurut penggunaannya: baja konstruksi, baja mesin, baja pegas, baja ketel, baja perkakas dan lainnya.
- 2) Menurut kekuatannya: baja lunak, baja kekuatan tinggi.
- 3) Menurut struktur mikronya: baja eutektoid, baja hypoeutectoid, baja hypereutectoid, baja ferritik dan lainnya.
- 4) Menurut komposisinya: baja karbon, baja paduan rendah, baja paduan tinggi dan lainnya.

Baja dapat digolongkan menjadi 3 jenis, yaitu baja karbon rendah, baja karbon menengah dan baja karbon tinggi. Baja karbon rendah (*Low Carbon Steel/Mild Steel*) merupakan baja karbon yang mempunyai kadar karbon sampai 0,30%. Baja karbon rendah sangat luas penggunaannya, yaitu sebagai konstruksi umum untuk baja profil rangka bangunan, baja tulangan beton, rangka kendaraan, mur – baut, pipa, lambung kapal, dan lain – lain. Strukturnya terdiri dari ferrit dan sedikit perlit sehingga kekuatan baja ini relatif rendah dan lunak tetapi memiliki keuletan

yang tinggi. Baja ini tidak dapat dikeraskan (kecuali dengan pengerasan permukaan).

2.6 Baja Karbon Rendah

Baja karbon merupakan paduan besi dan karbon sebagai paduan utama dengan kandungan karbon kurang dari 1,7 % dan sangat sedikit mengandung unsur-unsur lainnya (Sonawan dan Suratman, 2004). Menurut Saputra, (2014) Sifat baja karbon tergantung kadar karbonnya. Baja dengan kadar karbon kurang dari 0,3 % disebut baja karbon rendah, baja dengan kadar karbon 0,3 %-0,6 % disebut baja karbon sedang dan baja dengan kadar karbon 0,6 %-1,5 % disebut baja karbon tinggi. Baja karbon rendah mempunyai kepekaan retak las yang rendah dibandingkan dengan baja karbon lainnya (Wiryo Sumarto, 2000).

Baja karbon rendah merupakan karakter material yang ulet dan sering digunakan untuk alat-alat mesin dan konstruksi dengan kadar karbon kurang dari 0,3 %, kekuatan tarik berkisar antara 32-55 kg/mm², perpanjangan yang terjadi antara 40-22 % dan kekerasan 95-145.

Baja *ST 37* yang akan digunakan dalam penelitian ini merupakan golongan baja karbon rendah karena mengandung karbon 0,08 % - 0,30 %. Kandungan komposisinya dijelaskan pada tabel berikut ini.

Tabel 2.2 Komposisi Kimia Baja *ST 37* (%)

Komposisi kimia (%)							
C	P	S	Mn	Si	Cu	Al	Fe
0,12	0,04	0,50	0,50	0,10	0,02	0,02	Sisa

Sumber: Saputra, (2014)

Komposisi kimia yang paling banyak dalam kandungan Baja *ST 37* adalah Mn dan Si sebesar 0,50 %. Kandungan yang paling besar dalam komposisi kimia

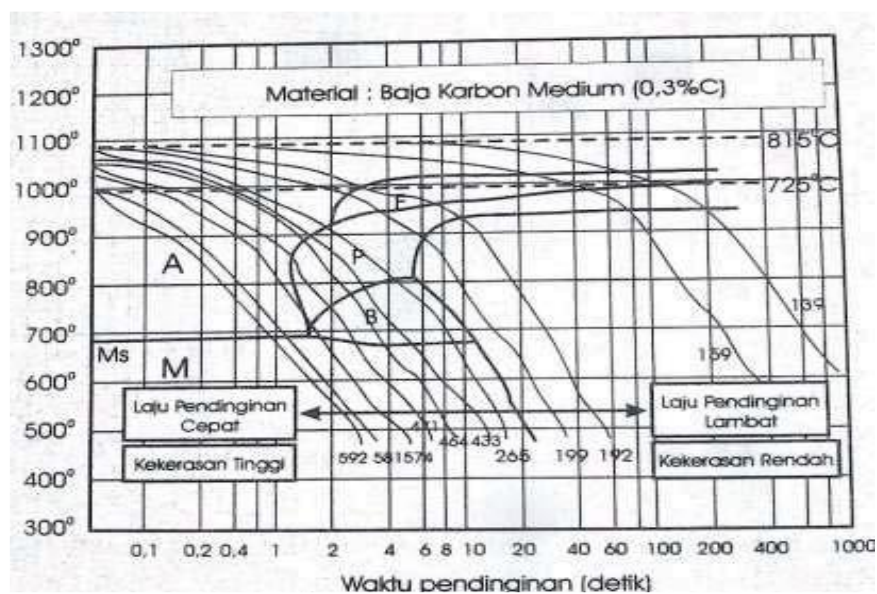
tersebut menjadi patokan *filler* yang akan digunakan dalam penelitian ini karena untuk mendapatkan kekuatan maksimal hasil las perlu pertimbangan dalam menggunakan *filler* yang sesuai dengan kandungan yang ada pada bahan yang digunakan. Baja *ST 37* memiliki sifat mudah dilas karena bisa dilas dengan semua cara pengelasan, baja *ST 37* mempunyai kepekaan retak las yang rendah dibandingkan baja karbon lainya dan baja karbon paduan.

Weld-ability atau mampu las merupakan kemampuan suatu logam atau kombinasi logam yang dilas menjadi suatu konstruksi yang memiliki karakteristik dan sifat tertentu sehingga sanggup memenuhi persyaratan yang diinginkan. Suatu logam dikatakan memiliki sifat mampu las yang tinggi jika logam dilas tidak banyak usaha-usaha yang dibutuhkan seperti tidak memerlukan *preheat*, *post weld heat treatment* dan tidak memerlukan prosedur pengelasan khusus. Selain dipengaruhi perlu tidaknya *preheat* dan *post weld heat treatment*, logam yang memiliki sifat mampu las tinggi jika selama dan setelah proses pengelasan tidak menghasilkan retak/cacat di daerah hasil lasan. Baja karbon rendah memiliki sifat mampu las tinggi karena pengelasan baja karbon rendah tidak memerlukan *preheat* dan *post weld heat treatment* (Sonawan dan Suratman, 2004).

2.7 Pendinginan (*Colling*)

Proses pendinginan dalam proses pengelasan merupakan proses pengerasan sifat logam. Menurut Surdja dan Saito (1999: 82), kekerasan baja setelah dicelup dingin meningkat hampir berbanding lurus dengan kadar karbon sampai 0,6 % selanjutnya peningkatan gradient lebih kecil kalau kadar karbon meningkat.

Mampu keras baja dapat diperoleh dari temperatur transformasi, waktu, dan pendinginan kontinu. Jika garis pendinginan makin ke kanan waktu atau waktu yang singkat akan menghasilkan laju pendinginan yang cepat dan akan menghasilkan struktur yang semakin keras. Sebaliknya, jika garis pendinginan makin ke kanan atau waktu yang lama akan menghasilkan laju pendinginan yang lambat akan menghasilkan struktur yang semakin lunak.



Gambar 2.4 Garis-garis pendinginan diagram *Continuous Cooling Transformation*
Sumber: Sonawan dan Suratman (2004)

Beberapa media pendingin yang digunakan dalam penelitian ini adalah Oli, air dan udara

1) Oli

Oli merupakan pelumas dengan viskositas 40 pada temperatur 100 °C. Penggunaan Oli sebagai media pendingin akan menyebabkan timbulnya selaput karbon pada specimen tergantung dari besarnya viskositas dan kadar karbon specimen. Kekentalan merupakan salah satu unsur kandungan oli paling rawan

karena berkaitan. dengan ketebalan oli atau seberapa besar resistensinya untuk mengalir (Febrianto, 2013).

Viskositas dari suatu pelumas dipengaruhi oleh perubahan suhu dan tekanan, apabila suhu suatu pelumas meningkat, maka viskositasnya akan menurun, begitu juga sebaliknya apabila suhu suatu pelumas menurun, maka viskositasnya akan meningkat ini berarti pelumas akan mudah mengalir ketika pada suhu panas dibandingkan pada saat suhu dingin (Effendi dan Adawiyah 2014).

Penggunaan media pendingin Oli dalam penelitian ini, karena apabila Oli digunakan di lingkungan yang memiliki suhu panas akan bersikap sebagai pelumas atau peka terhadap temperatur. Oli akan menyebabkan timbulnya selaput karbon pada specimen tergantung pada besarnya viskositas.

(2) Air

Air merupakan media pendingin yang paling tua dan murah dan juga mempunyai kemampuan pendinginan yang tinggi sekali. Keburukan dari air adalah bahwa laju pendinginannya sangat tinggi pada daerah temperature pembentukan *martensit* sehingga akan menyebabkan terjadinya tegangan akibat transformasi dan selisih temperatur. Hal ini akan mendorong terjadinya keretakan pada saat quenching. Mengingat kemampuan pendinginannya yang sangat tinggi ini, maka air biasanya digunakan untuk pendinginandan baja yang kekerasannya tidak begitu tinggi, misalnya baja karbon.

(3) Udara

Selain menggunakan oli dan air dalam penelitian ini, peneliti juga melakukan pendinginan dengan menggunakan media udara atau angin yang dilaksanakan dengan cara membiarkan hasil lasan beberapa saat sampai dingin. Tujuannya adalah untuk mendapatkan struktur *martensit*, semakin banyak unsur karbon, maka struktur *martensit* yang terbentuk juga akan semakin banyak. Hal ini disebabkan karena *martensit* terbentuk dari fasa *Austenit* yang didinginkan, sehingga kekerasan dan kekuatannya meningkat. Proses pendinginan pengelasan lazimnya berlangsung relative cepat (Sonawan dan Suratman, 2004: 60).

2.8 Uji Lengkung

Pengujian ini merupakan salah satu pengujian sifat mekanik bahan yang diletakkan terhadap *specimen* dan bahan, baik bahan yang akan digunakan pada kontraksi atau komponen yang akan menerima pembebanan terhadap suatu bahan pada satu titik tengah dari bahan yang ditahan diatas dua tumpuan.

Uji lengkung (*bending test*) merupakan salah satu bentuk pengujian untuk menentukan mutu suatu material secara visual. Selain itu uji bending digunakan untuk mengukur kekuatan material akibat pembebanan dan kekenyalan hasil sambungan las baik di *weld metal* maupun HAZ.

Pada transversal bending ini, pengambilan spesimen tegak lurus dengan arah pengelasan. Berdasarkan arah pembebanan dan lokasi pengamatan yaitu *Face Bend* (*Bending* pada permukaan las)

Dikatakan *face bend* jika bending dilakukan sehingga permukaan las mengalami tegangan tarik dan dasar las mengalami tegangan tekan Pengamatan

dilakukan pada permukaan las yang mengalami tegangan tarik. Apakah timbul retak atau tidak. Jika timbul retak dimanakah letaknya, apakah di *weld metal*, HAZ atau di *fusion line* (garis perbatasan WM dan HAZ). uji lengkung ini memiliki alat yang canggih, berat dan tenaga yang kuat serta kualitas dan kinerja yang menjanjikan untuk para pengguna alat uji tekan tersebut. Sebesar apapun benda yang akan di uji tekannya dengan alat uji tekan ini kita bisa mengetahui kekuatan suatu benda tersebut.

Kekuatan tegangan *bending* atau lengkung (A.Makhrus.2015)

$$\sigma_b = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2}$$

σ_b : tegangan *bending* atau lengkung (N/mm²)

P : beban maksimum (N)

L : jarak antara penumpu (mm)

b : lebar specimen (mm)

d : tebal specimen (mm)