

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Wunarlan (2008) melakukan penelitian tentang pengaruh perbedaan waktu dan media pendinginan terhadap tingkat kekerasan daerah HAZ kampuh las tipe V pada baja karbon rendah. Dari hasil penelitian dengan menggunakan pengujian Rockwell dan teknik analisis keragaman tanpa pengulangan, didapatkan tingkat nilai kekerasan dari beberapa jenis media pendingin yaitu 45,73 HRC (SAE 40); 44,57 HRC (SAE 20); 42,28 HRC (Air); dan 32,35 HRC (Es). Tingkat nilai kekerasan yang dipengaruhi oleh lamanya waktu pendinginan yang digunakan, didapatkan bahwa tingkat kekerasan yang paling tinggi sebesar 66,456 HRC (5 detik); 60,890 HRC (25 detik); 53,988 HRC (50 detik); 46,930 HRC (80 detik); 44,604 HRC (100 detik); dan 41,610 HRC (200 detik). Hal ini menunjukkan bahwa tingkat kekerasan pada baja karbon rendah akan menurun seiring bertambahnya waktu yang digunakan saat proses pendinginan, sehingga dapat pula disimpulkan bahwa variasi media pendingin serta variasi lamanya waktu pendinginan berpengaruh terhadap nilai kekerasan baja karbon rendah.

Rizal (2013) melakukan penelitian tentang pengaruh pendinginan hasil las MIG (*Metal Inert Gas*) dengan berbagai jenis media pendingin terhadap kekerasan jalur las dan sekitarnya. Dari hasil penelitian dengan menggunakan teknik analisis anava data hasil uji normal lalu dengan uji regresi, didapatkan rata-rata nilai kekerasan tertinggi pada media pendingin yang berbeda, yakni pada media air garam mencapai 79,802 HRB, media air PDAM 78,923 HRB, dan media oli 75,128 HRB yang semakin rendah. Hal ini menunjukkan bahwa laju pendinginan berpengaruh terhadap nilai kekerasan pada pengelasan baja ST 41, semakin cepat laju pendinginan maka nilai kekerasan yang dihasilkan semakin tinggi.

2.2 Proses Pengelasan

2.2.1 Definisi Pengelasan

Pengelasan diartikan sebagai proses penyambungan dua buah logam sampai titik rekristalisasi logam, dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah serta menggunakan energi panas sebagai pencair bahan las. Pengelasan adalah suatu proses penggabungan logam menjadi satu akibat panas las, dengan atau tanpa pengaruh tekanan, dan dengan atau tanpa logam pengisi (Cary, 1989).

Berdasarkan *Deutsche Industrie Normen* (DIN), las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Hal ini bisa dikatakan pula bahwa las merupakan sambungan setempat dari beberapa logam dengan menggunakan bantuan energi panas. Berdasarkan *American Welding Society* (AWS), proses pengelasan adalah proses penyambungan material dengan menggunakan kampuh las, sedangkan kampuh las didefinisikan sebagai logam yang membeku dari logam yang sebelumnya berada dalam keadaan cair akibat pemanasan pada temperatur tertentu dengan atau tanpa tekanan. Menurut *Welding Handbook*, pengelasan adalah proses penyambungan bahan yang menghasilkan peleburan bahan dengan memanasinya dengan suhu yang tepat dengan atau tanpa pemberian tekanan dan dengan atau tanpa pemakaian bahan pengisi.

Dari definisi-definisi tersebut dapat disimpulkan bahwa proses las adalah proses yang menggunakan energi panas dan temperatur yang dicapai sangat tinggi. Akibat proses pemanasan, pencairan, dan kemudian pendinginan maka logam akan mengalami perubahan ukuran maupun perubahan bentuknya.

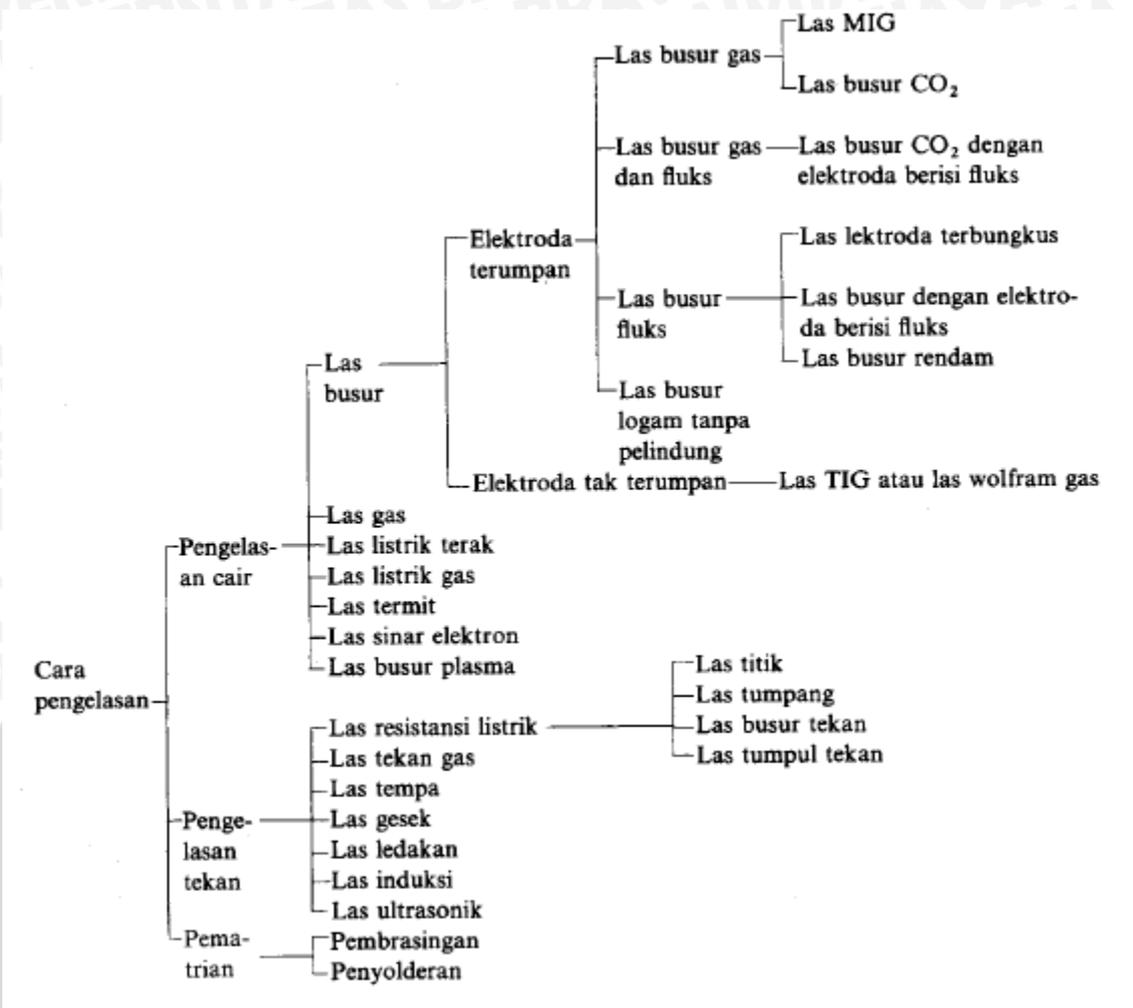
2.2.2 Klasifikasi Pengelasan

Berdasarkan cara kerjanya proses pengelasan dibagi menjadi tiga kelas utama, yaitu:

1. Pengelasan cair merupakan cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan sampai mencair dengan sumber energi panas dari busur listrik atau semburan api gas yang terbakar.
2. Pengelasan tekan merupakan suatu cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan kemudian ditekan menjadi satu.
3. Pematrian merupakan cara pengelasan dimana sambungan diikat dan disatukan dengan menggunakan paduan logam yang mempunyai titik cair rendah. Dalam cara ini logam induk tidak turut mencair.

(Wiryosumarto, 1981: 7)

Untuk lebih lanjutnya klasifikasi pengelasan dapat dilihat skema pada Gambar 2.1 di bawah ini:



Gambar 2.1 Klasifikasi Cara Pengelasan
 Sumber: Wiryosumarto, 1981: 8

2.2.3 Las Busur Gas

Las busur gas merupakan cara pengelasan dimana gas dihembuskan ke daerah las untuk melindungi busur serta logam yang mencair terhadap pengaruh atmosfer. Gas yang digunakan sebagai pelindung antara lain gas helium (He), gas argon (Ar), gas karbondioksida (CO₂) atau campuran dari gas-gas tersebut (Wiryosumarto, 1981: 16).

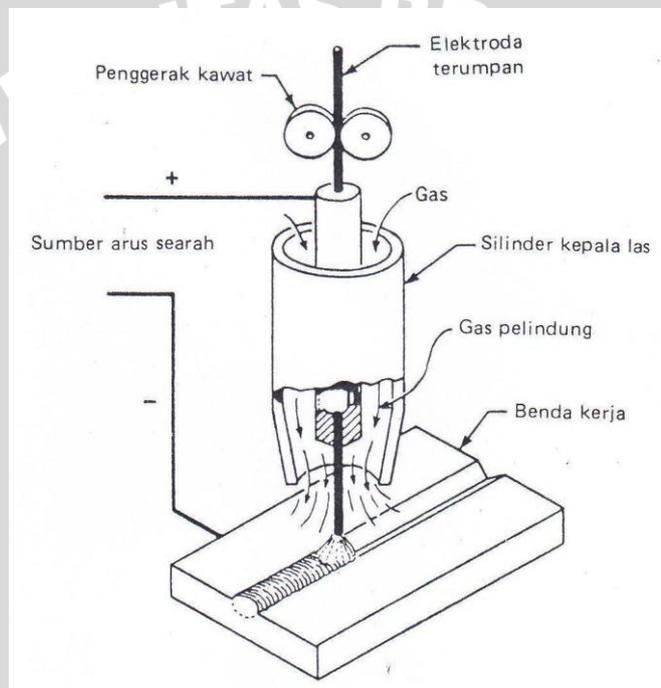
2.2.4 Las Logam Gas Mulia atau MIG (*Metal Inert Gas*)

Dalam las logam gas mulia, kawat las pengisi juga berfungsi sebagai elektroda yang diumpankan secara terus-menerus. Busur listrik terjadi antara kawat pengisi dan logam induk. Gas pelindung yang digunakan adalah gas argon, gas helium, atau campuran dari kedua gas tersebut. Keuntungan menggunakan las MIG antara lain:

1. Karena konsentrasi busur yang tinggi, maka busurnya sangat baik dan percikannya sedikit sehingga memudahkan operasi pengelasan.

2. Karena dapat menggunakan arus listrik yang tinggi, maka kecepatannya juga tinggi sehingga efisiensinya sangat baik.
3. Ketangguhan dan elastisitas, kekedapan udara, serta sifat-sifat lainnya lebih baik daripada yang dihasilkan dengan cara pengelasan lain.

Sifat-sifat yang dijelaskan diatas sebagian besar disebabkan oleh sifat dari busur yang dihasilkan. Pada Gambar 2.2 menunjukkan keadaan busur pada las MIG dimana ujung elektroda yang cenderung selalu runcing. Hal inilah yang menyebabkan butir-butir logam cair menjadi halus dan pemindahannya berlangsung dengan cepat seakan-akan disemburkan.



Gambar 2.2 Pemindahan Sembur pada Las MIG
Sumber: Amstead *et al.*, 1993: 187

2.2.5 Pengelasan Baja Karbon

2.2.5.1 Klasifikasi Baja Karbon

Baja karbon adalah paduan antara besi dan karbon dengan sedikit Si, Mn, P, S, dan Cu (Wirjosumarto, 1981: 89). Sifat dari baja karbon sangat tergantung pada kadar karbon, sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 2.1. Jenis baja dapat dikelompokkan berdasarkan kadar karbonnya sebagai berikut:

- a. Baja karbon rendah, dengan kandungan karbon kurang dari 0,3%
- b. Baja karbon sedang, dengan kandungan karbon 0,3% - 0,45%
- c. Baja karbon tinggi, dengan kandungan karbon 0,45% - 1,70%

Tabel 2.1 Klasifikasi Baja Karbon

| Jenis dan Kelas | | Kadar karbon (%) | Kekuatan luluh (kg/mm ²) | Kekuatan tarik (kg/mm ²) | Perpanjangan (%) | Kekerasan Brinell | Penggunaan |
|-----------------------|-----------------------|------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------|-------------------|-----------------------------------------|
| Baja karbon rendah | ↑ Baja lunak khusus | 0,08 | 18–28 | 32–36 | 40–30 | 95–100 | pelat tipis |
| | Baja sangat lunak | 0,08–0,12 | 20–29 | 36–42 | 40–30 | 80–120 | batang, kawat |
| | Baja lunak | 0,12–0,20 | 22–30 | 38–48 | 36–24 | 100–130 | Konstruksi umum. |
| ↓ Baja setengah lunak | 0,20–0,30 | 24–36 | 44–55 | 32–22 | 112–145 | | |
| Baja karbon sedang | ↑ Baja setengah keras | 0,30–0,40 | 30–40 | 50–60 | 30–17 | 140–170 | Alat-alat mesin. |
| Baja Karbon tinggi | ↓ Baja keras | 0,04–0,50 | 34–46 | 58–70 | 26–14 | 160–200 | Perkakas Rel, pegas, dan kawat piano |
| | ↑ Baja sangat keras | 0,50–0,80 | 36–47 | 65–100 | 20–11 | 180–235 | |

Sumber: Wiryosumarto, 1981: 90

2.2.5.3 Pengelasan Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah yang juga disebut sebagai baja lunak sering digunakan untuk konstruksi umum. Baja karbon rendah dapat dilas dengan berbagai cara pengelasan yang ada dalam praktek dan hasilnya akan baik, bila semua persiapannya sempurna dan persyaratan dipenuhi. Pada kenyataannya baja karbon rendah merupakan jenis baja yang mudah dilas.

2.2.5.3 Pengelasan Baja Karbon Sedang dan Tinggi

Baja karbon sedang maupun baja karbon tinggi mengandung banyak karbon dan unsur lain yang dapat memperlakus baja. Oleh karena itu, daerah pengaruh panas atau *Heat Affected Zone (HAZ)* pada baja ini mudah menjadi keras ditambah dengan adanya hidrogen difusi menyebabkan baja ini sangat peka terhadap retak las. Selain itu apabila pengelasan dengan menggunakan elektroda yang sama kuat dengan logam lasnya akan mempunyai perpanjangan yang rendah.

2.3 Masukan Panas (*Heat Input*)

Pencairan logam induk sekaligus logam pengisi memerlukan energi yang cukup. Energi yang dihasilkan dalam operasi pengelasan diperoleh dari berbagai macam sumber tergantung pada proses pengelasannya. Pada pengelasan busur listrik, sumber energi berasal dari listrik yang kemudian diubah menjadi energi panas. Energi panas ini merupakan hasil kolaborasi dari arus listrik, tegangan las, dan kecepatan pengelasan. Salah satu parameter tersebut yaitu kecepatan pengelasan ikut mempengaruhi energi pengelasan karena saat proses pemanasannya tidak diam melainkan bergerak dengan kecepatan tertentu.

Kualitas hasil pengelasan sendiri dipengaruhi oleh energi panas yang berasal dari pengaruh tiga parameter yaitu arus listrik, tegangan las, dan kecepatan pengelasan. Hubungan antara ketiga parameter tersebut menghasilkan energi pengelasan yang sering disebut *heat input*. Persamaan dari *heat input* hasil dari penggabungan ketiga parameter dapat dituliskan sebagai berikut (AWS Vol. I, 1996):

$$H_{net} = \eta \frac{E \cdot I}{v} \quad (2-1)$$

dengan:

H_{net} = Masukan panas per satuan panjang ($J \cdot mm^{-1}$)

η = Efisiensi sumber panas

E = Tegangan listrik (Volt)

I = Arus listrik (Ampere)

v = Kecepatan pengelasan ($mm \cdot s^{-1}$)

Dari persamaan tersebut dapat dijelaskan bahwa apabila masukan panas yang diinginkan sangat tinggi maka parameter yang dapat diukur yaitu arus listrik diperbesar atau kecepatan pengelasan diperlambat. Besar kecilnya arus las dapat diukur langsung pada mesin las. Tegangan las umumnya tidak dapat diatur secara langsung pada mesin las tetapi pengaruhnya terhadap masukan panas tetap ada.

Efisiensi masing-masing proses pengelasan dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Efisiensi Proses Pengelasan

| Proses Pengelasan | Efisiensi (%) |
|--------------------------------------------|---------------|
| SAW (<i>Submerged Arc Welding</i>) | 95 |
| GMAW (<i>Gas Metal Arc Welding</i>) | 90 |
| SMAW (<i>Shielded Metal Arc welding</i>) | 90 |
| GTAW (<i>Gas Tungsten Arc Welding</i>) | 70 |

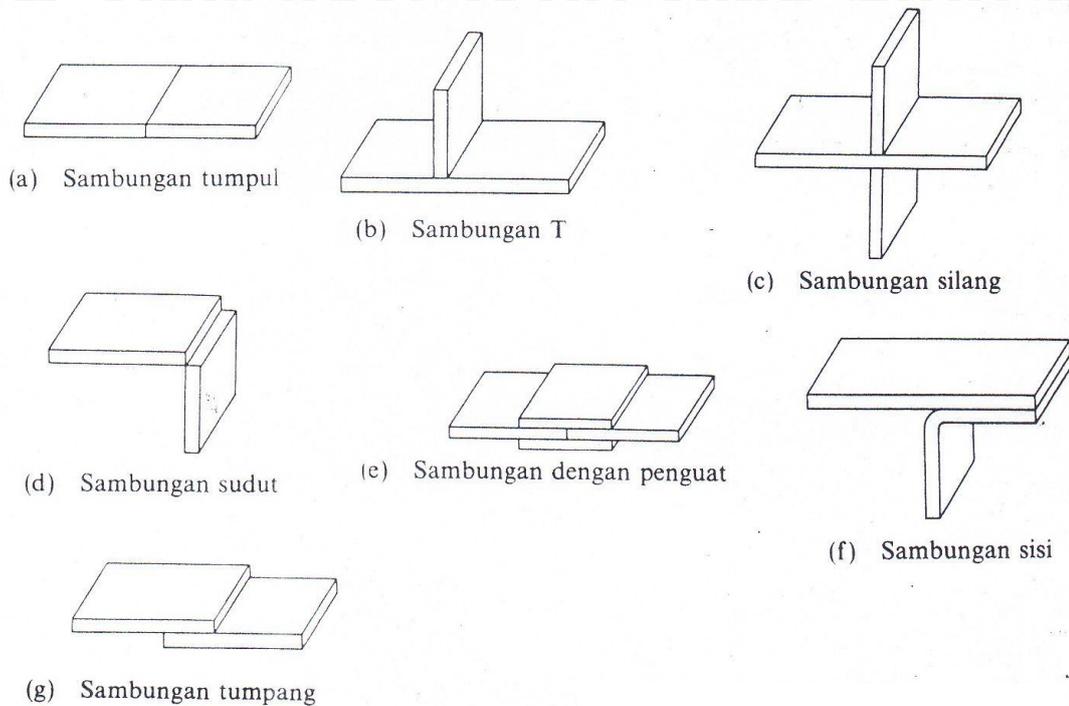
Sumber: Malau, 2003

2.4 Laju Pendinginan (*Cooling Rate*)

Struktur butiran yang terbentuk pada daerah lasan sangat dipengaruhi oleh laju pendinginan dari temperatur puncak pada saat proses pengelasan. Laju pendinginan mempengaruhi kekasaran dan kehalusan struktur mikro pada proses solidifikasi, begitu pula dengan distribusi dan bentuk fase struktur mikro pada daerah HAZ maupun daerah fusi. Jika laju pendinginan terlalu cepat pada baja maka akan terbentuk fase martensit pada mikrostrukturnya. Dengan mengetahui harga dari laju pendinginan memungkinkan untuk bisa menentukan struktur butiran seperti yang diinginkan.

2.5 Klasifikasi Sambungan Las

Berdasarkan jenis sambungannya terdapat 7 jenis sambungan dasar las, yaitu: sambungan tumpul, sambungan T, sambungan silang, sambungan sudut, sambungan dengan penguat, sambungan sisi, dan sambungan tumpang. Bentuk sambungan las dasar dapat dilihat pada Gambar 2.3 di bawah ini.



Gambar 2.3 Jenis-jenis Sambungan Las Dasar

Sumber: Wiryosumarto, 1981: 157

2.6 Jenis dan Bentuk Kampuh Las

Bentuk kampuh pada sambungan las sangat mempengaruhi efisiensi pengerjaan dan jaminan konstruksi yang akan dilas. Dalam memilih bentuk kampuh las harus memperhatikan ketebalan material yang akan disambung. Adapun jenis-jenis kampuh las untuk jenis sambungan las tumpul dapat dilihat dalam Gambar 2.4 sebagai berikut.

| Jenis lasan Jenis alur | Lasan dengan alur | | |
|---------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------|
| | Lasan Penetrasi penuh tanpa pelat penahan | Lasan penetrasi penuh dengan pelat penahan | Lasan penetrasi sebagian |
| Persegi (I) | | | |
| V tunggal (V) | | | |
| Tirus tunggal (V) | | | |
| U tunggal (U) | | — | |
| V ganda (X) | | — | |
| Tirus ganda (K) | | — | |
| U ganda (H) (DU) | | — | |
| J tunggal (J) | | — | |
| J ganda (DJ) | | — | |

Gambar 2.4 Jenis-jenis Kampuh Las untuk Jenis Sambungan Las Tumpul
Sumber: Wiryosumarto, 1981: 158

2.7 Posisi Pengelasan

Posisi atau sikap pengelasan merupakan pengaturan posisi atau letak gerakan elektroda las dan *brander*/ pembakar. Posisi pengelasan yang diambil oleh operator las biasanya tergantung dari letak kampuh atau celah benda kerja yang akan dilas. Terdapat 4 posisi dasar pengelasan, yaitu:

1. Posisi Datar (1G)

Posisi ini dilakukan untuk pengelasan pada permukaan datar atau permukaan yang sedikit miring dimana letak elektroda berada di atas benda kerja.

2. Posisi Horizontal (2G)

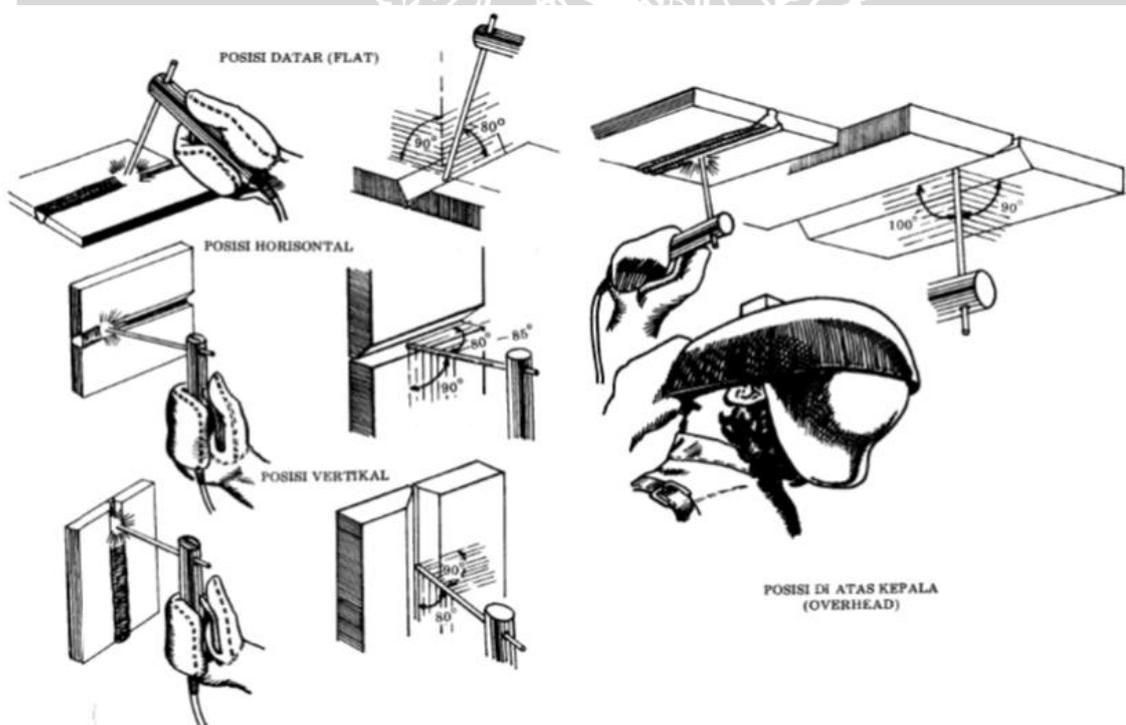
Pengelasan yang arahnya mengikuti arah garis horizontal. Pada posisi pengelasan ini kemiringan dan arah ayunan elektroda juga perlu diperhatikan serta posisi benda kerja biasanya berdiri tegak atau sedikit miring dari arah gerak elektroda las.

3. Posisi Vertikal (3G)

Pengelasan yang arahnya mengikuti arah garis vertikal. Posisi pengelasan vertikal umumnya benda kerja berdiri tegak atau sedikit miring searah dengan gerak elektroda las yaitu naik atau turun.

4. Posisi di Atas Kepala (4G)

Posisi pengelasan ini dilakukan untuk pengelasan pada permukaan datar atau permukaan yang sedikit miring tetapi posisinya berada di atas kepala operator las dimana letak elektroda berada di bawah benda kerja.



Gambar 2.5 Posisi Pengelasan
Sumber: Widharto, 2006: 31-32

2.8 Parameter Pengelasan

Parameter pengelasan meliputi tegangan busur, kecepatan pengelasan, besar arus, polaritas listrik, penetrasi, gas pelindung, dan lain-lain.

2.8.1 Arus Listrik

Besarnya arus listrik pengelasan tergantung dari bahan, ukuran dari lasan, geometri sambungan, posisi pengelasan, macam elektroda, dan diameter inti elektroda. Daerah las mempunyai kapasitas panas yang tinggi dengan sendirinya diperlukan arus listrik lasan yang besar. Untuk menghindari terbakarnya unsur-unsur paduan pada plat tipis sebaiknya digunakan arus las yang kecil (Cary, 1989).

2.8.2 Gas Pelindung

Pada pengelasan GMAW, gas yang dipakai adalah gas mulia karena sifatnya stabil dan tidak cepat mudah bereaksi dengan unsur lain. Fungsi gas pelindung adalah melindungi busur listrik dan logam las dari kontaminasi udara luar. Beberapa alasan las GMAW lebih sering memakai gas argon (Ar) sebagai gas pelindung antara lain:

1. Membuat busur lebih stabil dan halus serta mengurangi percikan.
2. Argon lebih mudah mengion sehingga tidak memerlukan tegangan busur tinggi.
3. Penghantar panas argon yang rendah menyebabkan pengaliran panas melalui busur listrik lambat sehingga baik untuk plat logam yang tipis.

2.8.3 Elektroda

Pengelasan dengan las busur listrik memerlukan kawat las yang terdiri dari satu inti terbuat dari logam dengan dilapisi oleh lapisan yang terbuat dari campuran zat kimia. Selain digunakan sebagai pembangkit, elektroda yang berfungsi sebagai logam pengisi harus memiliki kesamaan sifat dengan logam induk sehingga tidak ada elektroda yang dapat digunakan untuk semua pengelasan. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan elektroda antara lain kekuatan mekanik, gas pelindung yang digunakan, komposisi kimia elektroda, dan logam induk.

Dalam penelitian ini digunakan tipe elektroda ER70S-6 dengan komposisi kimia (Karbon 0,09%, Fosfor 0,012%, Mangan 1,18%, Sulfur 0,011%, Silikon 0,57%) dan spesifikasi mekanik (*yield point* 68.000 psi, *tensile strength* 81.600 psi, regangan 30%). Elektroda ER70S-6 umumnya digunakan pada pengelasan jembatan maupun konstruksi bangunan (ESAB, 2000).

2.8.4 Kecepatan Pengelasan

Kecepatan pengelasan berbanding lurus dengan pergerakan busur las sepanjang benda kerja. Parameter ini biasanya dinyatakan dalam meter per menit. Pernyataan yang berhubungan dengan kecepatan pengelasan:

- Dengan meningkatnya ketebalan material, kecepatan harus diturunkan.
- Dengan material serta jenis penyambungan yang sama, jika arus listrik meningkat, maka kecepatan pengelasan juga harus meningkat.
- Kecepatan pengelasan yang lebih tinggi dapat memakai teknik pengelasan maju (*forehand technique*).

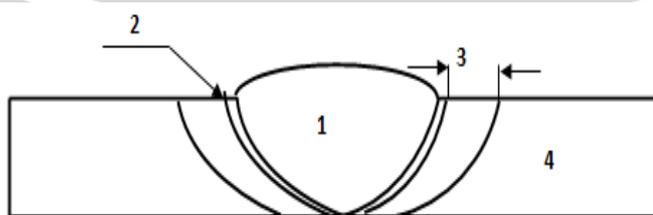
2.9 Metalurgi Las

Pengelasan adalah proses penyambungan logam dengan menggunakan energi panas sehingga di sekitar hasil lasan mengalami siklus termal cepat yang menyebabkan perubahan metalurgi, deformasi, dan tegangan-tegangan termal. Hal ini sangat erat hubungannya dengan ketangguhan, cacat las, retak dan sebagainya yang berpengaruh terhadap keamanan dan konstruksi las.

Logam akan mengalami pengaruh panas akibat pengelasan dan akan mengalami perubahan struktur mikro di sekitar lasan. Bentuk struktur mikro dipengaruhi oleh suhu tertinggi yang dicapai saat pengelasan, kecepatan pengelasan, dan laju pendinginan. Daerah logam yang mengalami perubahan struktur mikro akibat pemanasan karena pengelasan disebut daerah pengaruh panas atau *Heat Affected Zone (HAZ)*.

Daerah lasan terdiri dari 3 bagian seperti pada Gambar 2.6 antara lain:

- Logam las adalah bagian logam yang pada waktu pengelasan mencair kemudian membeku.
- Fusion line* adalah garis batas cair antara logam las dan logam induk.
- Daerah pengaruh panas atau HAZ adalah logam dasar yang bersebelahan dengan logam las selama pengelasan mengalami pemanasan dan pendinginan yang cepat.



Gambar 2.6 Pembagian Daerah Lasan
Sumber: ASM Handbook Vol. 1, 1993

Keterangan:

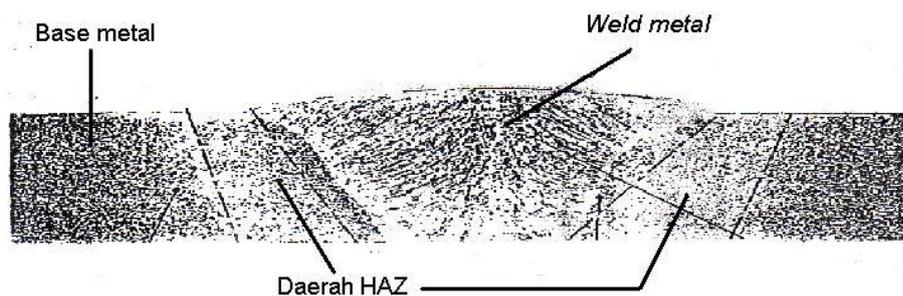
1. Logam Las
2. *Fusion Line* (Garis Penggabung)
3. HAZ (Daerah Pengaruh Panas)
4. Logam Induk

2.10 Daerah Pengaruh Panas (*Heat Affected Zone*)

Pengelasan pada logam akan menghasilkan konfigurasi logam lasan dengan tiga daerah pengelasan yaitu:

1. Daerah logam induk adalah daerah yang tidak mengalami perubahan mikrostruktur.
2. Daerah pengaruh panas atau *heat affected zone* (HAZ) merupakan daerah terjadinya pencairan logam induk yang mengalami perubahan mikrostruktur karena pengaruh panas saat pengelasan dan pendinginan setelah pengelasan.
3. Daerah las merupakan daerah terjadinya pencairan logam dan kemudian secara cepat mengalami pembekuan.

Daerah pengaruh panas (HAZ) merupakan daerah yang paling kritis dari sambungan las karena selain terjadi perubahan mikrostruktur juga terjadi perubahan sifat. Secara umum daerah HAZ efektif dipengaruhi oleh lamanya pendinginan dan komposisi logam induk sendiri. Secara visual daerah yang dekat dengan garis lebur logam las akan memiliki susunan struktur logam yang semakin kasar. Daerah HAZ dan daerah pengelasan lainnya dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Penampang Lintang Daerah HAZ

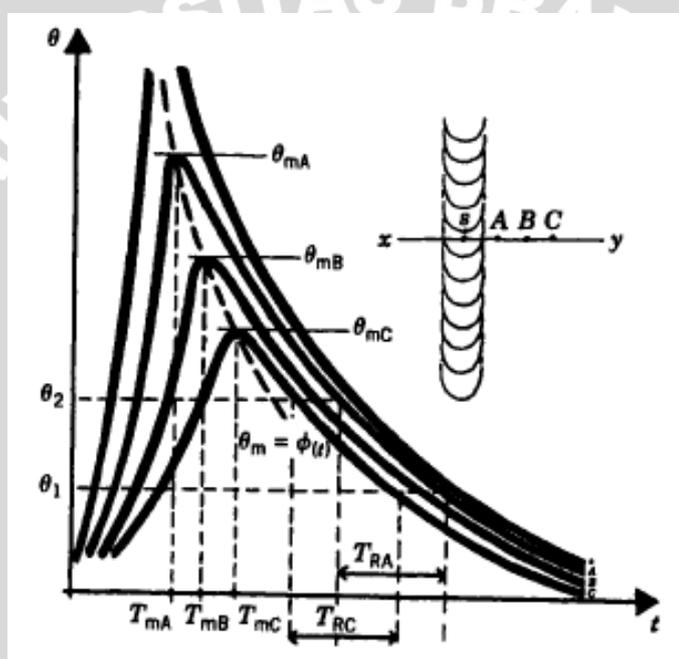
Sumber: Cary, 1989: 482

Struktur dan sifat mekanik pada HAZ sangat dipengaruhi oleh siklus termal yang terjadi dimana proses pemanasan dan pendinginan terjadi di daerah lasan. Jumlah masukan panas dan lamanya pendinginan pada suatu daerah tertentu sangat berpengaruh terhadap kualitas hasil lasan. Struktur logam pada HAZ berubah secara perlahan dari

struktur logam induk ke struktur logam las. Pada daerah HAZ yang dekat dengan garis lebur, kristalnya tumbuh dengan cepat dan membentuk butir-butir kasar. Daerah ini yang disebut dengan batas las (Wirjosumarto, 1981: 65).

2.11 Siklus Termal Las

Siklus termal las adalah proses pemanasan dan pendinginan pada daerah lasan. Panas pengelasan akan mencairkan logam lasan dan selanjutnya panas tersebut akan merambat sekaligus terdistribusi ke daerah lasan yang lain. Setelah proses pengelasan berhenti maka logam cair akan membeku dimana kecepatan dan lamanya pendinginan sangat berpengaruh terhadap kualitas sambungan las yang dihasilkan.

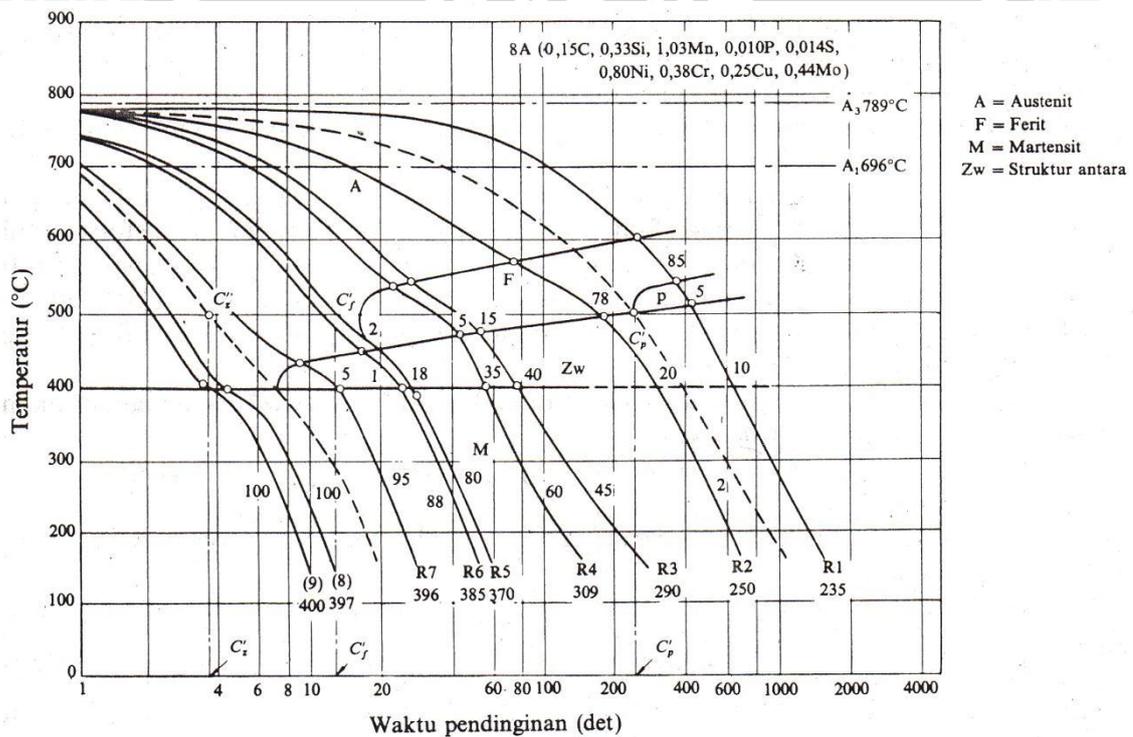


Gambar 2.8 Siklus Termal sebagai Fungsi Jarak dari Pusat Lasan
Sumber: Messler, 2004: 157

Pada Gambar 2.8 menunjukkan bahwa temperatur puncak dari masing-masing siklus termal menurun sebagai fungsi jarak dari pusat lasan. Kecepatan pemanasan dan pendinginan pada suatu siklus termal berkurang dengan semakin jauhnya jarak lokasi tersebut dari pusat lasan. Siklus yang terjadi pada pengelasan dipengaruhi oleh *input* panas yang ditentukan oleh parameter pengelasan seperti arus, tegangan, dan kecepatan pengelasan. Dengan kata lain, perubahan parameter pengelasan dan proses *input* panas akan cenderung memperlebar daerah HAZ.

2.12 Struktur Mikro Daerah Pengaruh Panas (HAZ)

Nilai kekerasan, struktur, dan berlangsungnya transformasi di daerah HAZ dapat dibaca dengan diagram transformasi pendinginan berlanjut atau diagram CCT. Diagram ini dapat digunakan untuk membahas pengaruh struktur terhadap retak las maupun keuletannya sehingga dapat dipakai untuk menentukan prosedur pengelasan. Biasanya diagram CCT menunjukkan pula kekerasan yang akan dimiliki oleh baja setelah proses pendinginan mengikuti siklus termal tertentu. Pada Gambar 2.9 menunjukkan hubungan antara prosentase struktur dan kekerasan baja dengan melalui beberapa macam waktu pendinginan.



Gambar 2.9 Diagram CCT

Sumber: Wiryosumarto, 1981: 62

Dengan mengukur waktu yang diperlukan saat pendinginan dan menggabungkan dengan diagram CCT, maka struktur dan kekerasan baja pada daerah HAZ dapat ditentukan. Diagram CCT dapat dengan segera mengetahui kecepatan terbentuknya struktur dalam baja dan kekerasan yang terjadi karena pengelasan.

2.13 Pendinginan dan Media Pendingin

Dalam proses *quenching* dilakukan pendinginan secara cepat dengan tujuan untuk mendapatkan struktur martensit. Semakin banyak unsur karbon maka struktur martensit yang terbentuk juga akan semakin banyak, karena martensit terbentuk dari

fase austenit yang didinginkan secara cepat. Hal ini disebabkan karena atom karbon tidak sempat berdifusi keluar dan terjebak dalam struktur kristal serta membentuk struktur tetagonal yang ruang kosong antar atomnya kecil, sehingga nilai kekerasannya meningkat.

Untuk mendinginkan logam hasil lasan dikenal berbagai macam bahan, dimana untuk memperoleh pendinginan yang merata maka bahan pendinginan tersebut hampir semuanya disirkulasi, yaitu:

1. Air

Air mampu melakukan pendinginan secara cepat, bahkan untuk memperbesar daya pendinginannya sering dilarutkan garam dapur antara 5 sampai 10%.

2. Minyak atau Oli

Minyak maupun oli juga dapat melakukan pendinginan secara cepat dan untuk keperluan ini minyak harus memenuhi berbagai macam persyaratan.

3. Udara

Udara memberi pendinginan secara perlahan karena udara tersebut ada yang disirkulasi dan ada pula yang tidak disirkulasi.

4. Garam

Garam memberi pendinginan yang cepat dan merata sehingga sering digunakan terutama untuk proses hardening.

2.14 Uji Kekerasan *Vickers* (*Vickers Hardness Test*)

Pada pengujian kekerasan *Vickers* menggunakan penumbuk piramida intan yang dasarnya berbentuk bujur sangkar. Besar sudut antara permukaan-permukaan piramida adalah 136° . Sudut ini dipilih karena nilai tersebut mendekati sebagian besar nilai perbandingan yang diinginkan antara diameter lekukan dan diameter bola penumbuk pada uji kekerasan *Brinell*. Angka kekerasan piramida intan (DPH) atau angka kekerasan *Vickers* (VHN) didefinisikan sebagai beban dibagi luas permukaan lekukan. Pada prakteknya, DPH dapat ditentukan dengan persamaan:

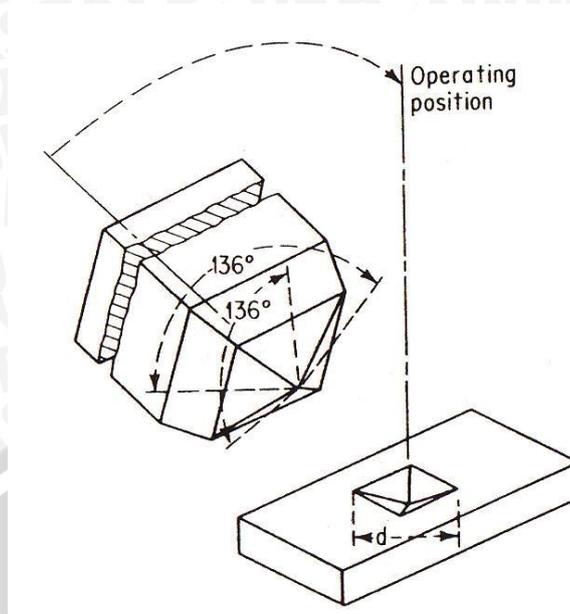
$$VHN = \frac{2P \sin(\theta/2)}{L^2} = \frac{1,854 P}{L^2} \quad (2-2)$$

dengan:

P = Beban yang diterapkan (kgf)

L = Panjang diagonal rata-rata (mm^2)

θ = Sudut antara permukaan intan yang berlawanan (136°)

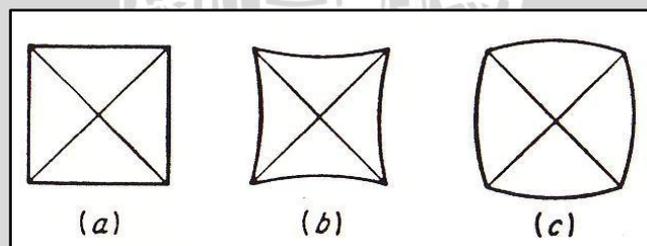


Gambar 2.10 Skema Pengujian *Vickers Hardness*
Sumber: Avner, 1982: 31

Kelebihan dari pengujian kekerasan *Vickers* antara lain:

1. Indentor terbuat dari bahan yang cukup keras, sehingga dimungkinkan dilakukan untuk berbagai jenis logam.
2. Dapat dilakukan pada benda-benda dengan ketebalan yang tipis sampai 0,006 inci.
3. Harga kekerasan yang didapat tidak bergantung pada besar beban indentor.

Jenis atau tipe lekukan piramida intan pada pengujian *Vickers* dapat dilihat pada Gambar 2.11 di bawah ini.



Gambar 2.11 Tipe – tipe Lekukan Piramida Intan: (a) Lekukan yang Sempurna, (b) Lekukan Bantal Jarum (*Pinchusion*), (c) Lekukan Berbentuk Tong
Sumber: Dieter, 1987: 332

2.15 Struktur Mikro

Mikrografi berasal dari dua kata yaitu mikro yang berarti sangat kecil dan grafi yang berarti gambar. Secara istilah mikrografi merupakan teknik untuk memperoleh gambar pencitraan yang memperlihatkan fasa sebuah logam dan paduannya, sehingga dapat diketahui sifat dan karakteristik dari material logam tersebut.

Adapun manfaat dari pengamatan struktur mikro adalah:

1. Mempelajari hubungan antara sifat-sifat bahan dengan struktur dan cacat bahan.
2. Memperkirakan sifat bahan jika hubungan tersebut telah diketahui.
3. Memberikan informasi tentang bentuk struktur, ukuran butir, dan banyaknya bagian struktur yang berbeda.

Penelitian ini menggunakan mikroskop cahaya. Persiapan yang perlu dilakukan sebelum mengamati struktur mikro antara lain pengefraisan spesimen, pengampelasan, pemolesan, dan pengetsaan. Bahan uji yang terpilih diratakan kedua permukaannya dengan menggunakan mesin frais dengan pendinginan harus selalu terjaga agar tidak timbul panas yang akan mempengaruhi struktur mikro. Setelah rata, bahan uji digosok dengan menggunakan ampelas mulai dari yang kasar sampai yang halus. Pengamplasan yang lama dan kecermatan akan menghasilkan permukaan yang halus dan rata. Langkah terakhir adalah mencelupkan spesimen kedalam larutan etsa dan kemudian dibersihkan sehingga dapat dilihat struktur mikronya.

2.16 Hipotesis

Berdasarkan penelitian sebelumnya dan referensi yang ada bahwa penggunaan air sebagai media pendingin akan mempercepat proses pendinginan hasil lasan sehingga waktu yang dibutuhkan saat pendinginan menjadi cukup singkat. Semakin tinggi waktu pendinginan yang dibutuhkan selama proses pencelupan dalam air maka nilai kekerasan pada daerah las, daerah batas (*fusion line*), serta daerah HAZ akan semakin rendah dan semakin mengurangi jumlah struktur martensit yang terbentuk. Begitu pula sebaliknya, bila semakin singkat waktu pendinginan saat proses pencelupan maka nilai kekerasan pada daerah las, daerah batas (*fusion line*), serta daerah HAZ akan semakin tinggi dan meningkatkan pembentukan jumlah struktur martensit.

