

## ANALISIS PERLAKUAN PANAS *NORMALISING* PADA PENGELASAN ARGON TERHADAP SIFAT MEKANIK HASIL LASAN BAJA KARBON RENDAH

Basuki Widodo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, ITN Malang

Masuk: 24 April 2009 , revisi masuk: 26 Juni 2009, diterima: 30 Juli 2009

### ABSTRACT

*Welding is a fabric Welder i.e a fabrication process that applied to joint metal material by using temperature dissociation energy of diatomic. Up to this day, welding has been used widely on joining steel and engine constructions. The influence of thermal cycle on welding causes metallurgical changes i.e residual stress and changes of mechanical characteristics (hardness, strength tensile, reconnaissance of macro and micro structures) on the result of low carbon steel weldment. This research was done to obtain the proper treatment for normalizing weldment result on different current to mechanical character. The value of hardness and strength tensile is best obtained after normalizing process at temperature of 860°C is at the current of 140A with hardness mean value of 78,67 HRB ( weld), 73,89 HRB ( HAZ) and 70,11 HRB ( mains), while strength tensile is 45,835 Kgf/mm<sup>2</sup>.*

**Keywords:** Steel, Normalizing, Welding.

### INTISARI

Pengelasan merupakan suatu proses fabrikasi yang digunakan untuk menyambung material logam dengan menggunakan energi panas. Hingga saat ini, las telah banyak dipergunakan secara luas dalam penyambungan batang-batang pada konstruksi bangunan baja dan konstruksi mesin. Pengaruh siklus termal pada pengelasan menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan metalurgi seperti tegangan sisa dan perubahan sifat mekanik (kekerasan, kekuatan tarik, pengamatan struktur makro dan mikro) hasil lasan baja karbon rendah. Dengan dilakukan penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perlakuan normalising hasil lasan yang paling tepat pada arus yang berbeda terhadap sifat mekanik. Harga kekerasan dan kekuatan tarik terbaik yang diperoleh setelah proses Normalising temperature 860°C adalah pada arus 140A dengan nilai rata-rata kekerasan 78,67HRB (las), 73,89HRB (HAZ) dan 70,11HRB (induk), sedangkan kekuatannya dengan nilai 45,835 Kgf/mm<sup>2</sup>.

**Kata Kunci:** Baja, Normalisasi, Pengelasan.

### PENDAHULUAN

Dewasa ini teknik pengelasan secara umum banyak digunakan dalam proses penyambungan batang-batang pada kontruksi baja di bidang industri maupun di bidang permesinan. Salah satunya adalah pengelasan busur gas dimana gas di hembuskan ke daerah las untuk melindungi busur dan logam yang mencair. Gas yang sering di gunakan sebagai pelindung adalah argon (Ar), helium (He), karbondioksida (CO<sub>2</sub>) atau campuran dari gas-gas (AWS, 1991). Proses penyambungan logam seringkali diakhiri

dengan pemanasan daerah sekitar hasil lasan dengan hidrogen rendah yang bertujuan untuk menghilangkan tegangan sisa akibat pengelasan. Material yang digunakan Baja karbon rendah dengan kandungan karbon 0,23%, kemudian dilakukan proses pengelasan MIG dengan gas pelindung argon, setelah itu dilakukan proses perlakuan normalising pada hasil las tersebut dengan suhu pemanasan dan pendinginan yang sesuai sehingga diharapkan akan dapat mengetahui sifat mekanik dari baja tersebut. Baja karbon adalah paduan antara besi dan

karbon. Sifat dari baja karbon tergantung dari seberapa besar karbon yang dikandungnya, oleh karena itu baja karbon dibagi menjadi tiga macam berdasarkan kadar karbon yang dikandungnya, yaitu (Surdia, dkk, 2000):

- Baja karbon rendah (*Low Carbon Steel*), mengandung karbon kurang dari 0,3%.
- Baja karbon sedang (*Medium Carbon Steel*), mengandung karbon antara 0,3-0,40%.
- Baja karbon tinggi (*High Carbon Steel*), mengandung karbon antara 0,40-0,8%.

Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel*) bersifat lunak, kekuatan relatif rendah tetapi keuletannya tinggi atau sering disebut baja lunak (*mild steel*) dengan kandungan karbon kurang dari 0,3%. Baja karbon rendah sangat luas penggunaannya sebagai baja konstruksi, rangka kendaraan, mur, baut, pipa, tangki minyak dan lain-lain karena memiliki sifat pengerjaan yang baik seperti sifat keuletan, sifat mampu tempa, kelunakan dan mampu mesin yang baik. Sehingga dengan keadaan tersebut baja karbon rendah sangat baik sekali untuk disambung dengan proses pengelasan (Wiryosumarto, dkk, 2000). Sifat baja karbon rendah (*Low Carbon Steel*) yang ditunjukkan sebagai baja ringan mempunyai bahan yang sebagian besar digunakan sebagai pembuatan konstruksi umum. Baja ini sederhana karena hampir mempunyai sifat-sifat pengerjaan yang diinginkan. Sifat-sifat tersebut diakibatkan oleh komposisi dari baja ini. Besi (ferit) memberikan keuletan, kemampuan tempa, plastisitas kemagnetan, kelunakan dan elastisitas tetapi dengan mudah membentuk oksida yang mengakibatkan karat dan pembentukan kerak yang tebal jika berada dalam keadaan pijar (ASM Handbook, 1992).

Karbon yang bukan merupakan unsur logam jika di tambahkan pada besi, menghasilkan baja dan bertanggung jawab terhadap bertambahnya kekerasan dan kekuatan tarik dan semakin banyak karbon yang ditambahkan, semakin tinggi kekuatan tarik dan kekerasan tetapi terhadap pengurangan pada sifat-sifat pengerjaan yang diinginkan seperti keuletan, kemampuan tempa dan semakin

besar resiko dalam pengelasan dan peretakannya juga pada pembengkokan atau penekukan tajam (Van Vlack, 1994).

Sifat mekanik adalah salah satu sifat terpenting, karena sifat mekanik menyatakan kemampuan suatu bahan untuk menerima beban dan energi tanpa menimbulkan kerusakan pada bahan atau komponen tersebut. Sering kali bila suatu bahan mempunyai sifat mekanik yang baik tetapi kurang baik pada sifat yang lain, maka diambil langkah untuk mengurangi kekuatan tersebut dengan berbagai cara. Misalnya saja pada baja, baja mempunyai sifat mekanik yang cukup baik (kuat, keras, tangguh) tetapi mempunyai sifat tahan tarik yang kurang baik, maka seringkali sifat tahan tarik ini diperbaiki dengan cara penambahan unsur Si dengan cara dipadu tanpa harus mengganti baja jenis tersebut (Surdia dkk, 2000). Untuk menggunakan bahan teknik yang tepat, maka harus di kenali dengan baik sifat-sifat bahan yang mungkin akan di pilih untuk di pergunakan. Sifat-sifat ini tentunya banyak macamnya, dan dapat ditinjau dari berbagai segi atau bidang keilmuan, sifat kimia dan lain sebagainya.

Adapun unsur-unsur kimia yang berpengaruh dalam baja karbon rendah di antaranya (Van Vlack, 2000):

- Karbon (C), unsur ini merupakan unsur yang paling penting dan berpengaruh terhadap sifat kekerasan. Semakin meningkat kadar karbonnya, maka semakin meningkat pula kekerasannya tetapi sifat keuletannya dan mampu lasnya semakin turun. Kadar karbon 0,25% dengan pendinginan cepat akan menghasilkan baja yang keras dan rapuh pada batas las. Penambahan sedikit unsur paduan pada umumnya akan menaikkan tegangan tarik. Kekuatan maksimum pada daerah las tergantung kadar karbonnya.
- Silikon (Si), berfungsi sebagai deoksidator yang ditambahkan selama pembuatan baja untuk menaikkan ketangguhan dan kekerasannya, akan tetapi pengaruhnya tidak besar. Jika kandungan karbon agak tinggi maka silikon akan mempermudah kecenderungan untuk retak. Agar didapat hasil penyelesaian yang baik, kandungan

silikon jangan melebihi 0,1% meskipun sampai sejumlah 0,3% tidak berakibat serius seperti pada fosfor dan sulfur.

- Mangan (Mn), kandungan Mn kurang dari 0,3% akan menaikkan ketahanan korosi dan mencegah keretakan pada logam las, tetapi apabila kandungan Mn lebih dari 0,3% sampai 0,5% akan menyebabkan kepekaan terhadap retak dan pori-pori didalam las yang lebih besar.
- Nikel (Ni) akan menaikkan ketangguhan atau ketahanan terhadap beban benturan (*impact*).
- Chrom (Cr), unsur ini dapat menaikkan ketahanan korosi dan oksidasi disamping kekuatan suhu tinggi dan sifat-sifat *Creep*.
- Molibdenum (Mo), unsur ini dapat menguatkan fase ferit dan menaikkan kekuatan baja tanpa kehilangan keuletan. Dapat berfungsi sebagai penyetabil karbida sehingga mencegah pembentukan grafit pada pemanasan dengan waktu yang lama. Karena itu penambahan Mo ke dalam baja dapat menaikkan kekuatan dan ketahanan *creep* pada suhu tinggi.
- Aluminium (Al) berfungsi sebagai deoksidan,  $Al_2O_3$  akan mengambil tempat pada batas butir. Dengan demikian berfungsi sebagai penghalus butir dan mencegah pertumbuhan butir pada saat proses pemanasan.

Selain elemen-elemen padu diatas terdapat juga unsur-unsur impurities yang terdapat didalam baja yang mempengaruhi sifat-sifat tersebut (Smith, 2002), antara lain :

- Sulfur (S), kandungan sulfur akan menambah sifat mampu mesin dari baja, akan tetapi akan menurunkan keuletan, tegangan *impact* dan sifat mampu lasnya sampai pada jumlah tertentu, yaitu kira-kira 0,035% dengan Mn memperbaiki sifat mampu las. Apabila kandungan S sampai mencapai 0,05% akan menimbulkan pengaruh yang kurang baik pada pengelasan.
- Fosfor (P) dalam jumlah yang besar akan menambah ketangguhan tetapi akan menurunkan keuletan terutama pada baja karbon tinggi. Pada baja

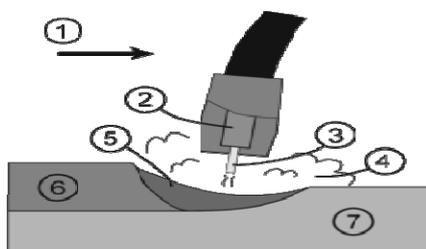
karbon rendah fosfor akan bersifat mampu mesin dan ketahanan terhadap korosi udara. Dalam pengelasan kandungan fosfor yang lebih dari 0,01% akan mempengaruhi dan membuat hasil pengelasan menjadi rapuh dan menyebabkan mudah retak, oleh sebab itu harus dijaga agar kandungan fosfor serendah mungkin.

- Hidrogen ( $H_2$ ) dapat larut ke dalam baja cair yang kemudian berusaha keluar ketika cair dituang dan membeku. Tetapi sebagian hydrogen terperangkap didalam logam membentuk rongga-rongga (*Porositas*).
- Nitrogen memiliki efek pengerasan dan penggetasan terhadap baja. Karena itu dalam beberapa hal mungkin menguntungkan dan dalam beberapa hal mungkin merugikan

Pengelasan merupakan pelaksanaan pengerjaan yang amat penting dalam teknologi produksi dengan bahan baku logam. Cara pengelasan yang digunakan pada sekarang ini adalah pengelasan cair dengan busur dan gas atau dengan las busur listrik dan las gas (Schonmetz, dkk., 1985).

Proses pengelasan adalah proses penyambungan dua buah atau lebih material logam menjadi satu kesatuan dengan adanya energi panas (Wiryosumarto, dkk., 2000). Energi panas yang digunakan untuk mencairkan logam pada proses pengelasan dapat berasal dari pembakaran gas, sinar elektron, gesekan, gelombang ultrasonik, tahanan listrik atau busur listrik. Baja karbon rendah dapat dilas dengan semua cara pengelasan. Sifat mampu las dari baja berbeda-beda tergantung dari kualitas komposisi kimia dan sifat-sifat mekanis lainnya. Sifat mampu las ini sangat penting untuk di ketahui karena akan menentukan sifat-sifat mekanis dan konstruksi yang akan di buat. Dalam las logam gas mulia, kawat las pengisi yang juga berfungsi sebagai elektroda diumpankan secara terus-menerus. Busur listrik terjadi antara kawat pengisi dan logam induk. Dalam banyak hal penggunaan las MIG sangat menguntungkan. Hal ini disebabkan karena sifat-sifatnya yang baik, misalnya konsentrasi busur yang tinggi, maka

busurnya sangat mantap dan percikannya sedikit sehingga memudahkan operasi pengelasan. Karena dapat menggunakan arus yang tinggi maka kecepatannya juga sangat tinggi, sehingga efisiensinya sangat baik. Ketangguhan dan elastisitas, kekedapan udara, ketidakepekaan terhadap retak dan sifat-sifat lainnya lebih baik dari pada yang dihasilkan dengan cara pengelasan yang lain. Proses las MIG secara garis besar digambarkan sebagai berikut:



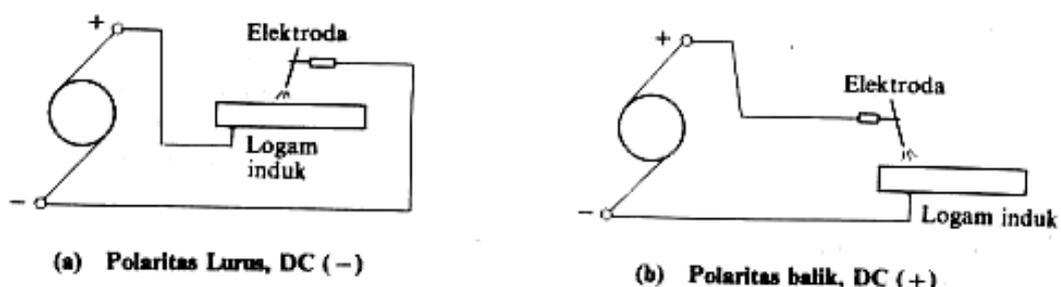
Gambar 1. Las MIG. (1) Arah pengelasan, (2) Contact tube, (3) Electroda, (4) Gas pelindung, (5) Cairan logam, (6) Logam lasan, (7) Logam induk (Wiryosumarto, dkk., 2000).

Dalam proses pengelasan terdapat beberapa parameter las (Schonmetz, 1985 dan Wiryosumarto, dkk., 2000), yaitu:

- Tegangan Busur Las, tingginya tegangan busur tergantung dari panjang busur yang dikehendaki dan dari jenis elektroda yang digunakan. Pada dasarnya busur listrik yang terlalu panjang tidak dikehendaki karena stabilitasnya mudah terganggu sehingga hasil pengelasannya tidak rata. Di-

samping itu tingginya tegangan tidak banyak mempengaruhi kecepatan pencairan, sehingga tegangan yang terlalu tinggi hanya akan membuang energi saja.

- Besar Arus Las yang diperlukan tergantung dari bahan dan ukuran dari lasan, geometri sambungan, posisi pengelasan, macam elektroda dan diameter inti elektroda.
- Kecepatan Pengelasan tergantung pada jenis elektroda, diameter inti elektroda, bahan yang dilas, geometri sambungan, ketelitian sambungan dan lain-lainnya. Dalam hal 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.
- Polaritas Listrik, pemilihan polaritas ini tergantung pada bahan pembungkus elektroda, kondisi termal dari bahan induk, kapasitas panas dari sambungan dan lain sebagainya. Bila titik cair bahan induk tinggi dan kapasitas panasnya besar sebaiknya digunakan polaritas lurus dimana elektrodanya dihubungkan dengan kutub negatif. Sebaliknya bila kapasitas panasnya kecil seperti pada pelat tipis maka dianjurkan untuk menggunakan polaritas balik dimana elektrodanya dihubungkan dengan kutub positif. Seperti terlihat pada gambar 2 berikut.



Gambar 2.. Diagram Rangkaian Listrik Dari Mesin Las listrik DC (Wiryosumarto, dkk., 2000)

Mesin las yang ada pada unit peralatan las berdasarkan arus yang di-

keluarkan pada ujung-ujung elektroda dibedakan menjadi beberapa macam :

- Mesin Las Arus Bolak-balik (Mesin AC ). Arus listrik bolak-balik atau arus AC yang dihasilkan oleh pembangkit listrik, listrik PLN atau generator AC, dapat digunakan sebagai sumber tenaga dalam proses pengelasan. Besarnya tegangan listrik yang dihasilkan oleh sumber pembangkit listrik belum sesuai dengan tegangan yang digunakan untuk pengelasan. Bila terjadi tegangannya terlalu tinggi atau terlalu rendah, sehingga besarnya tegangan perlu disesuaikan terlebih dahulu dengan cara menaikkan atau menurunkan tegangan. Alat yang digunakan adalah transformator atau trafo. Kebanyakan trafo yang digunakan pada peralatan las adalah jenis trafo step down, yaitu trafo yang berfungsi untuk menurunkan tegangan. Hal ini disebabkan kebanyakan sumber listrik mempunyai tegangan yang cukup tinggi. Padahal kebutuhan tegangan yang diperlukan untuk pengelasan hanya 55 volt sampai 85 volt.
- Mesin Las Arus Searah (Mesin DC). Arus listrik yang digunakan untuk memperoleh nyala busur listrik adalah arus searah. Arus searah ini berasal dari mesin las yang berupa dynamo motor listrik searah (gambar 3). Dynamo dapat digerakkan motor listrik, motor bensin, motor disel atau motor penggerak mula yang lain. Mesin arus searah yang menggunakan motor listrik sebagai penggerak mulanya memerlukan peralatan yang berfungsi sebagai penyearah arus. Penyearah arus berfungsi untuk mengubah arus bolak-balik menjadi searah. Arus listrik AC yang diubah menjadi DC pada proses pengelasan mempunyai beberapa keuntungan antara lain:
  - Nyala busur listrik yang dihasilkan lebih stabil dan terang
  - Setiap jenis elektroda dapat digunakan untuk pengelasan pada mesin DC
  - Tingkat kebisingannya lebih rendah
  - Mesin las lebih fleksibel, karena dapat diubah ke arus AC atau DC



Gambar 3. Mesin Las Arus DC

Heat treatment adalah proses pemanasan dan pendinginan yang terkontrol dengan maksud merubah sifat-sifat mekanik dari logam (Dieter, 1996). Heat treatment secara umum dapat diartikan sebagai berikut :

- Pemanasan sampai temperatur tertentu dan kecepatan tertentu.
- Mempertahankan temperatur tertentu hingga temperturnya merata.
- Pendinginan dapat dengan media air, oli, udara, kamar dan dalam tungku.

Ketiga hal tersebut tergantung dari sifat yang diinginkan dari kegunaannya. Pada perlakuan panas, baja akan mengalami siklus pemanasan dan pendinginan. Siklus tersebut akan di ikuti oleh perubahan atau transformasi fase selama proses berlangsung.

Perlakuan panas adalah suatu proses pemanasan dan pendinginan logam dalam keadaan padat untuk mengubah sifat-sifat fisik logam tersebut. Baja dapat dikeraskan sehingga ketahanan aus dan kemampuan memotong meningkat, atau baja dapat dilunakkan untuk memudahkan permesinan lebih lanjut. Melalui perlakuan panas yang tepat, tegangan dalam dapat dihilangkan, besar butir diperbesar atau diperkecil, ketangguhan ditingkatkan atau dapat dihasilkan suatu permukaan yang keras di kelilingi inti yang ulet. Untuk memungkinkan perlakuan panas yang tepat, susunan kimia baja harus di ketahui terlebih dahulu karena perubahan komposisi kimia, khususnya karbon dapat mengakibatkan perubahan sifat-sifat fisik.

Perlakuan panas dimulai dengan proses pemanasan dengan cara menaikkan temperatur logam di atas temperatur dimana mulai terjadi transformasi struktur

dari ferit menjadi austenit. Kemudian logam ditahan pada temperatur tersebut, dilanjutkan dengan pendinginan, secara terstruktur perlakuan panas memiliki tahapan sebagai berikut :

- *Heating* yaitu proses pemanasan baja sampai temperatur tertentu dengan maksud memberi kesempatan agar terjadi perubahan struktur dari atom-atomnya.
- *Holding* yaitu proses penahanan pada temperatur pemanasan tertentu dengan tujuan untuk memberikan kesempatan pemerataan panas pada baja, memberikan waktu pada baja untuk berdekomposisi, agar terjadi homogenisasi struktur baru yang terbentuk.
- *Cooling* yaitu proses pendinginan dengan kecepatan tertentu dengan tujuan untuk mendapatkan struktur dan sifat-sifat logam yang diinginkan.

Proses perlakuan panas secara luas dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu proses perlakuan panas yang menghasilkan kondisi seimbang dan perlakuan panas yang menghasilkan kondisi tak seimbang. *Annealing*, *normalizing*, pembebasan tegangan adalah sebagai contoh pengerjaan baja yang menghasilkan kondisi yang seimbang, sedangkan pengerjaan baja dalam kondisi yang tidak setimbang adalah pekerjaan pengerasan (*hardening*) dan proses penyepuhan (*tempering*). Penjelasan dari klasifikasi proses perlakuan panas (Dieter, 1996) sebagai berikut :

- *Annealing* : Baja dipanaskan sampai suhu austenit kemudian didinginkan dalam tungku sehingga temperaturnya turun. Annealing mempunyai sifat melunakkan, menghilangkan tegangan dalam dan membentuk butiran yang kasar dengan sifat lunak.
- *Normalising* : Memanaskan baja sampai sedikit di atas suhu kritis kemudian setelah suhu merata didinginkan diudara. Normalising mempunyai tujuan menghaluskan struktur butir, menambah kekerasan dibandingkan annealing.
- *Hardening* : Baja dipanaskan mencapai suhu tertentu antara 770° C – 830° C, kemudian di tahan pada suhu tersebut selama beberapa saat dan

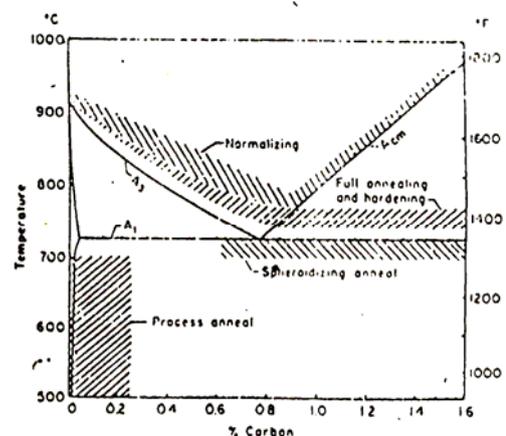
didinginkan secara mendadak dengan mencelupkan ke dalam air, air garam, oli atau media pendingin lainnya. *Hardening* (berpendingin air) mempunyai fasa martensit dimana fasa ini mempunyai sifat keras dan getas juga rapuh. *Hardening* (berpendingin oli) mempunyai fasa martensit dan bainit dimana fasa ini mempunyai sifat yang kurang dari fasa martensit.

- *Tempering* : Memanaskan kembali baja yang telah dikeraskan pada suhu 150-650°C dan didinginkan secara perlahan-lahan.

*Normalising* adalah suatu proses yang bertujuan untuk mendapatkan struktur butiran yang halus dan seragam, menghilangkan tegangan dalam. Proses perlakuan panasnya adalah :

- Dipanaskan sampai sedikit di atas suhu kritis atas untuk baja hypereutektoid.
- Dipanaskan sampai sekitar 50°C diatas temperatur  $A_{cm}$  untuk baja hypereutektoid.

Pendinginan pada proses normalising lebih cepat dari pada pendinginan pada *full annealing*. Karena pendinginan dilakukan pada udara luar, sehingga kesempatan membentuk ferrit proeutectoid akan lebih sedikit dan perlit akan lebih banyak dibandingkan dengan full annealing. Dengan laju pendinginan yang lebih tinggi tersebut, maka terbentuk perlit yang lebih halus.

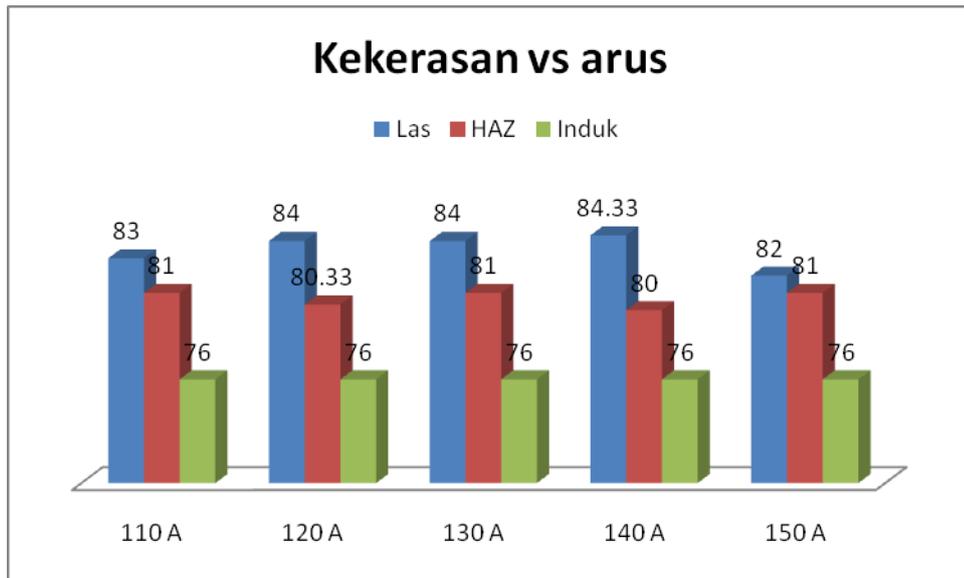


Gambar 4. Diagram suhu heat treatment untuk baja karbon biasa (Dieter, 1996)

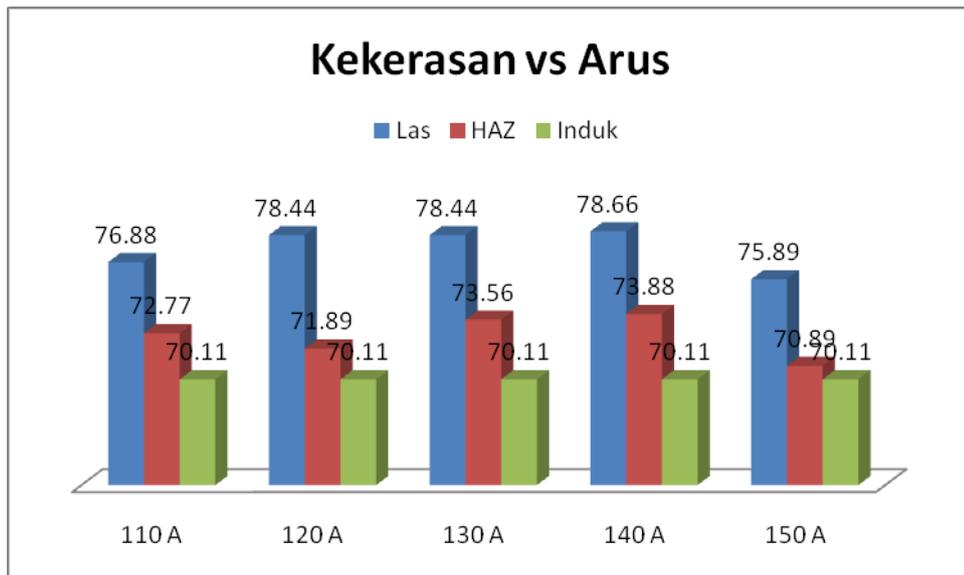
**PEMBAHASAN**

Pada gambar 5, terlihat kekerasan awal dari masing-masing penggunaan arus pengelasan, kekerasan yang tertinggi terdapat pada daerah las berkisar antara 82–84HRB, dan diikuti kekerasan daerah HAZ berkisar antara 80–81HRB dan logam induk dengan 76HRB. Secara umum dapat disimpulkan bahwa arus las tidak mempunyai pengaruh yang signi-

fikan terhadap kekerasan pada daerah las maupun HAZ. Gambar tersebut juga menunjukkan proses pengelasan berjalan dengan baik mengingat hasil kekerasan pada daerah las jauh lebih tinggi dibandingkan dari logam induk. Hal ini dilakukan pada pengelasan konstruksi agar bila terjadi kegagalan tidak pada bagian daerah las.



Gambar 5. Hubungan Variasi Arus Terhadap Kekerasan sebelum Normalising

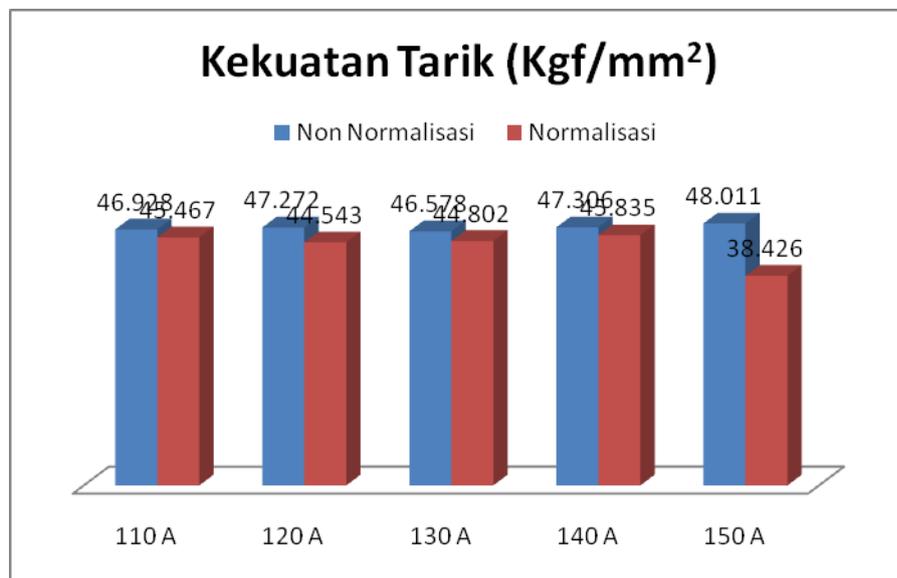


Gambar 6. Hubungan Variasi Arus Terhadap Kekerasan rerata sesudah Normalising

Sedangkan pada gambar 6 menunjukkan perubahan kekerasan setelah mengalami proses normalising. Semua daerah mengalami penurunan kekerasan. Untuk daerah las penurunan berkisar 2-10%, daerah HAZ berkisar 7-12% dan logam induk 8%.

Dilihat dari gambar secara keseluruhan nilai kekerasan daerah las, HAZ dan logam induk sebelum dan sesudah perlakuan mengalami perubahan penurunan. Dimana sebelum proses perlakuan normalising pada daerah las mempunyai nilai kekerasan antara 82 – 84 HRB dan daerah HAZ mempunyai nilai kekerasan antar 80 – 81. Sedangkan setelah dilakukannya proses normalising nilai

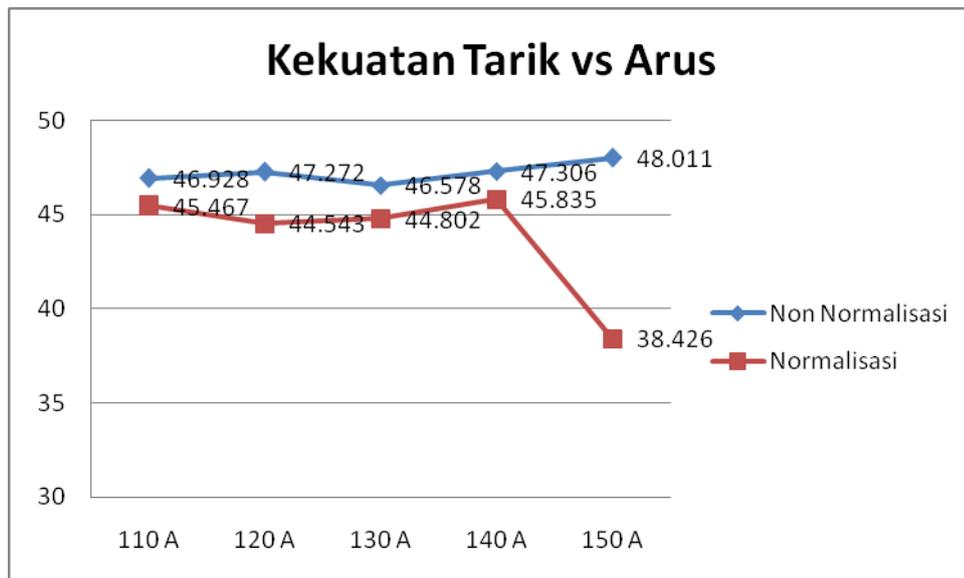
kekerasan daerah las berkisar antara 75,89 – 78,44 dan daerah HAZ mempunyai nilai kekerasan antara 70,78 – 73,56 HRB). Perubahan penurunan kekerasan ini disebabkan karena pada proses normalising temperatur 860°C dengan kadar karbon 0,23% dan ditahan selama setengah jam, Austenit terurai secara serentak membentuk Austenit+Ferit sehingga pada saat pendinginan mencapai temperatur  $A_1$ , komposisi sisa austenit akan bertransformasi menjadi perlit, sehingga setelah transformasi selesai terdiri dari ferrit dan perlit dimana ferrit bersifat lunak dan ulet, perlit bersifat keras dan kurang ulet.



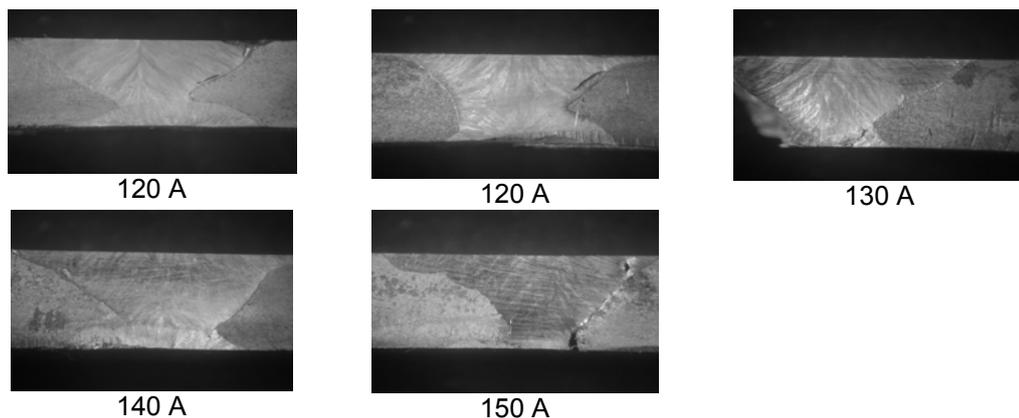
Gambar 7. Kekuatan tarik sebelum dan sesudah Normalising

Berdasarkan gambar 7 dan gambar 8 berikut bahwa terjadi perubahan penurunan kekuatan tarik dari sebelum dan sesudah proses normalizing. Namun perubahan tersebut tidak signifikan, melemahkan kekuatan tarik yang ada, sehingga dapat disimpulkan bahwa proses normalisasi ini berhasil menghilangkan tegangan sisa akibat pengelasan. Perubahan tersebut disebabkan karena proses normalizing pada temperatur 860°C dengan kadar karbon 0,23% dan penahanan selama setengah jam menggunakan pendinginan udara mengakibatkan

terbentuknya austenit yang bertransformasi menjadi ferrit, Dengan turunnya temperatur, inti ini akan tumbuh makin besar, dan semakin banyak austenit yang berubah menjadi ferrit. struktur ferrit ini yang cenderung menurunkan kekuatan tarik. Kekuatan tarik paling rendah setelah proses normalizing terdapat pada arus 150A dengan nilai kekerasan rata-rata 38,426 (kgf/mm<sup>2</sup>). Dan kekuatan tarik paling tinggi setelah proses normalizing terdapat pada arus 140A dengan nilai kekerasan rata-rata 45,835 (Kgf/mm<sup>2</sup>).



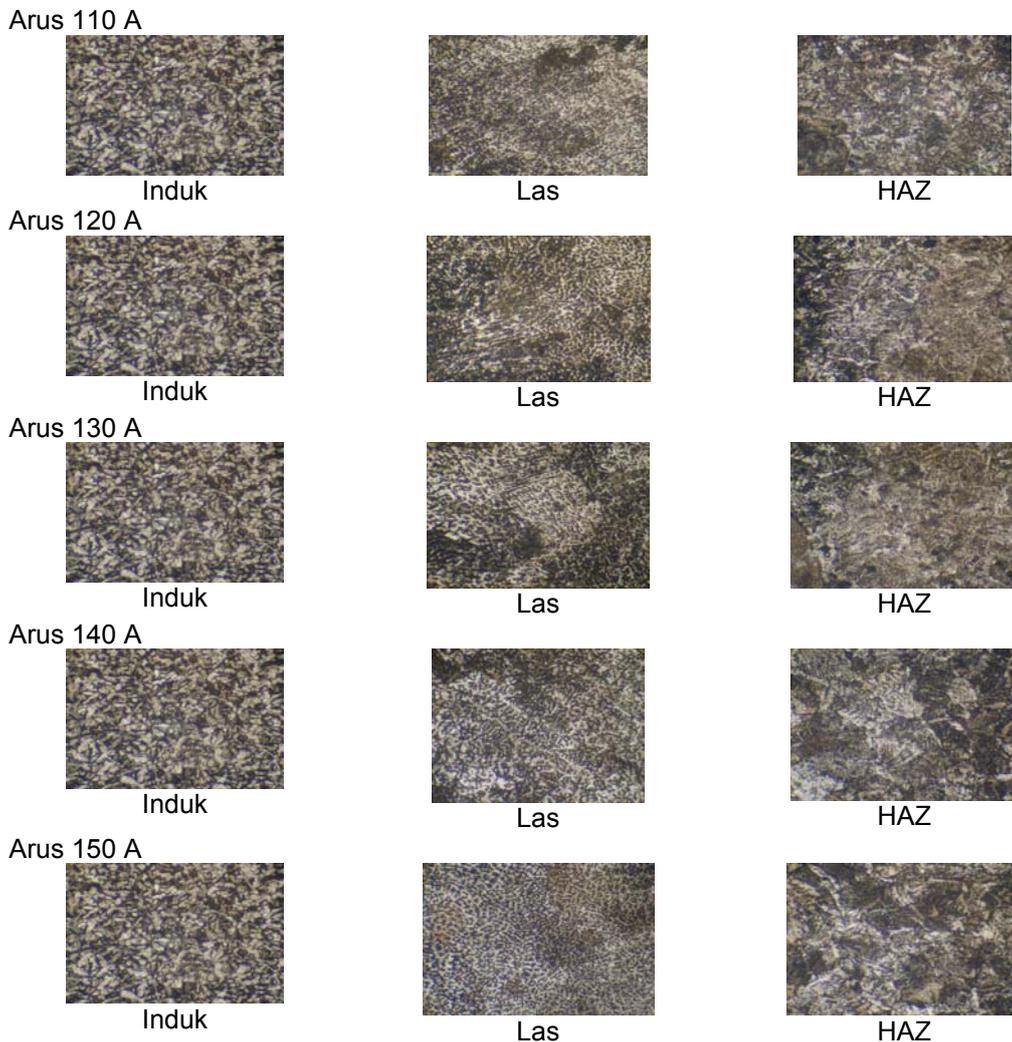
Gambar 8. Perubahan kekuatan tarik sebelum dan sesudah Normalising terhadap arus pengelasan



Gambar 9. Struktur Makro Hasil Pengelasan

Gambar 9 memperlihatkan struktur makro pada daerah las dan sekitarnya. Tidak terlihat perbedaan yang menyolok dari kontur lasan terhadap daerah HAZ. Hal ini dibuktikan dari pengujian kekerasan dan pengujian kekuatan tarik yang menghasilkan hasil yang serupa. Dari hasil struktur mikro (terlihat pada gambar 10 dan 11) daerah logam induk yang mengalami rambatan suhu pengelasan menghasilkan struktur perlit dan Ferrit. Untuk daerah HAZ yang mengalami rambatan panas yang cepat pada saat pengelasan hingga mencapai suhu  $\pm 900^{\circ}\text{C}$  akan membentuk struktur austenit + ferrit dan perlit. Perlit terlihat lebih ba-

nyak, ini disebabkan karena kadar karbon yang tidak sempat larut dalam besi  $\alpha$  akan menjadi perlit yang tumbuh lebih banyak dan menyebar membentuk lamel – lamel. Ukuran butir tidak beraturan, ada yang halus dan ada yang kasar. Hal ini disebabkan pada daerah ini butiran mengalami tahap pertumbuhan. Sedangkan untuk daerah las yang menggunakan elektroda A.5.9 (ER308LSi) dengan temperatur lasan mencapai  $1350^{\circ}\text{C} - 1500^{\circ}\text{C}$ , akan membentuk struktur ferrit pada matrik austenit dan struktur perlit. Pembentukan perlit dimulai dengan terbentuknya inti sementit di batas butir austenit.

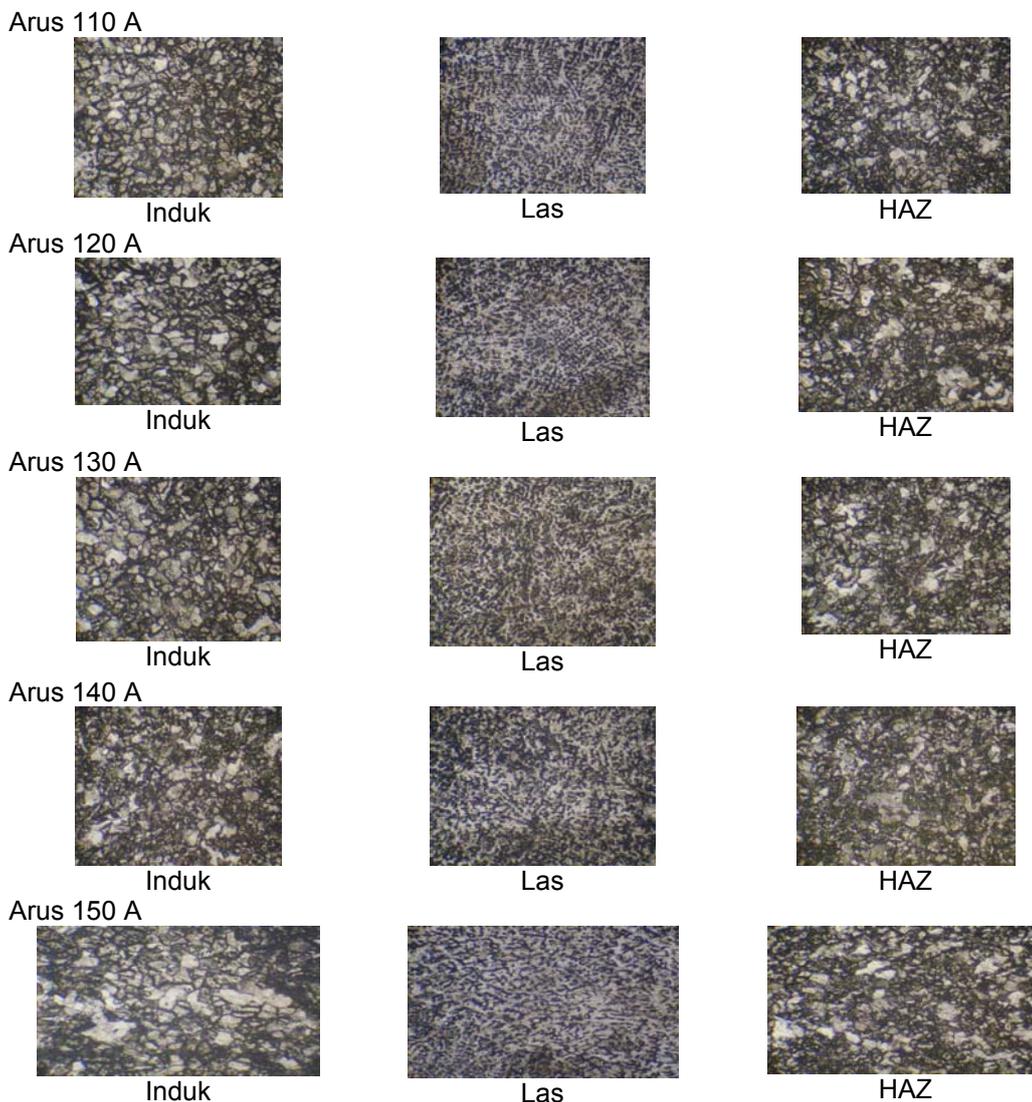


Gambar 10. Struktur Mikro Sebelum Normalising

Struktur Mikro Setelah Normalising, pada daerah logam induk terlihat struktur kristal perlit dan ferrit yang tumbuh menyebar dan membesar (lihat gambar 11) mengakibatkan penurunan kekerasan walupun prosentasenya kecil namun karena kekerasan awal juga tidak tinggi maka terlihat cukup signifikan. Sedangkan pada daerah HAZ memiliki struktur perlit yang lebih banyak dan tumbuh menyebar, terdiri dari lamel – lamel ferrit dan sementit. Ferrit yang bersifat lunak dan ulet sedangkan sementit keras tetapi agak getas. Dan untuk daerah las masih terdapat pembentukan struktur ferrit yang terdapat pada matrik austenit,

dan struktur perlit hanya saja struktur pembentukannya terlihat lebih halus di bandingkan sebelum perlakuan normalizing.

Secara umum hasil struktur mikro yang didapatkan antara sebelum dan sesudah normalizing tidak jauh berbeda, penghalusan butir terlihat tidak terlalu menyolok, dan bentuk fase tidak berubah secara signifikan. Melihat hasil struktur mikro ini dapat disimpulkan proses normalizing ini telah menghilangkan tegangan sisa yang terjadi namun tetap masih dapat mempertahankan sifat kekerasan maupun kekuatan tariknya



Gambar 11. Struktur Mikro Setelah Normalising

### KESIMPULAN

Dari data hasil pengujian proses normalizing temperature  $860^{\circ}\text{C}$  pada hasil pengelasan argon (110A, 120A, 130A, 140A, 150A) dapat menurunkan sifat mekanis (kekerasan dan kekuatan tarik) dari baja karbon rendah dengan kandungan karbon 0,23 %. Penurunan kekuatan tarik yang paling tinggi terjadi pada pengelasan 150A dengan prosentase penurunan mencapai 19,96 %. Dan penurunan kekuatan tarik paling rendah terjadi pada pengelasan 110A dan 140A yaitu dengan prosentase penurunan 3,11 %.

Sedangkan untuk penurunan kekerasan daerah Las paling tinggi terjadi pada pengelasan 150A dengan prosentase penurunan 9,65 % dan penurunan kekerasan daerah Las paling rendah pada pengelasan 140A dengan prosentase penurunan 2,08%. Untuk daerah HAZ mengalami prosentase penurunan paling tinggi 12,48% pada pengelasan 150A dan penurunan paling rendah pada pengelasan 140A dengan 7,65%. Dari pengamatan struktur mikro dapat disimpulkan bahwa dengan dilakukannya proses normalizing pada hasil las argon dapat berpengaruh pada pertumbuhan bu-

tiran ferrit dan perlit di daerah las, HAZ dan logam induk.

Harga kekerasan dan kekuatan tarik terbaik yang diperoleh setelah proses Normalising temperatur 860°C adalah pada arus 140A dengan nilai rata-rata kekerasan 78,67 HRB (las), 73,89 HRB (HAZ) dan 70,11 HRB (induk), sedangkan kekuatan tariknya dengan nilai 45,835 (kgf/mm<sup>2</sup>).

#### DAFTAR PUSTAKA

- \_\_\_\_ 1992, *Properties and Selection Ferrous*, ASM Handbook, Ninth edition Ohio
- \_\_\_\_ 1992, *Metallography and Microstructure*, ASM Handbook, Ninth edition Ohio
- AWS, 1991, *Fundamental of Welding*, Welding Handbook, Seventh Edition, Vol I.
- Dieter, GE, Terjemahan Djaprie, S, 1996, *Metalurgi Mekanik*, Edisi Ketiga, Jilid 1, Erlangga Jakarta.
- Djaprie S, 2000, *Teknologi Mekanik I*, Edisi Ketujuh, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Schonmetz Alois & Gruber Karl, 1985, *Pengetahuan Dalam Pengerjaan Logam*, Penerbit Angkasa, Bandung.
- Smith, WF, 2002, *Foundations of Material Science And Engineering*, McGraw, Hill International Editions, Singapore.
- Surdia T, & Shinroku S, 2000, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Van Vlack, LH, 1994 Terjemahan Djaprie, S. *Ilmu Dan Teknologi Bahan* Edisi Kelima, Erlangga, Jakarta.
- Wiryosumarto H, & Toshie O, 2000, *Teknologi Pengelasan Logam* Pradnya Paramita, Jakarta.