

Analisa Proses Annealing Dengan Hasil Pengelasan Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon Rendah

Rasyidi¹

abeirrasydi27@gmail.com

Abstract

The heat treatment process provided on a metal or alloy may affect the mechanical properties of the metal or alloy. One of the heat treatment processes that can be applied to metal or alloy after welding is annealing process. Annealing process is a process of heat treatment of metal or alloy by heating the metal at a certain temperature, holding at that temperature for a while and cooling the metal with a very slow cooling rate. The process of heat treatment provided aims to improve the mechanical properties of metal or alloys. Based on the above, this research is aimed to find out the influence of St42 steel after welding and to experience annealing process to the hardness and the resulting microstructure. This research is an experimental research. The materials used are St.42 steel, given welding treatment then in annealing process on temperature variation 5000C, 6000C and 7000C with holding time 1 hour. Furthermore, violent testing and microstructural observations are followed. The result of data analysis shows that the highest mean hardness value at annealing temperature is 5000C ie 170.03 HVN. While at annealing temperature 7000C has the lowest mean value of hardness is 125,13 HVN.

Keywords: welding, annealing, hardness and micro structure

PENDAHULUAN

Dimasa kini industry logam berkembang cukup pesat, hal ini disebabkan oleh bebe- rapa aspek yang mendukungnya terutama teknologi proses dan teknologi material. Jika dicermati segala kebutuhan manusia tidak terlepas dari unsur logam. Oleh sebab itu manusia berusaha untuk memperbaiki sifat- sifat fisik dan mekanik dari logam tersebut. Proses perlakuan panas pada logam sangatlah bermanfaat untuk memperbaiki sifat-sifat logam.

Metode pengelasan juga mengalami kemajuan yang didorong oleh peningkatan

ilmu pengetahuan dan teknologi. Pengelasan adalah proses penyambungan antara dua bagian logam atau lebih dengan mengguna- kan energi panas, ini menyebabkan logam pada sekitar daerah las mengalami perubah- an struktur metalurgi, deformasi dan tegang- an termal. Berdasarkan definisi dari *Deutche Industrie Normen*(DIN), las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau paduan yang dilaksanakan pada keadaan lumer atau cair (Wiryosumarto dan Okumura, 1996).

Pengelasan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari pertum- buhan dan peningkatan industri karena memegang peranan utama dalam rekayasa dan reparasi produksi logam. Hal ini disebabkan oleh banyaknya keuntungan yang diperoleh dari sambungan las (Suharto, 1991).

Dalam proses pengelasan, bagian yang dilas menerima panas pengelasan setempat. Hal yang perlu diperhatikan pada hasil pengelasan adalah tegangan sisa. Tegangan sisa pada hasil pengelasan terjadi karena selama siklus termal las berlangsung disekitar sambungan las dengan logam induk yang suhunya relatif berubah sehingga distribusi suhu tidak merata (Wiryosumarto dan Okumura, 1996).

Heat Treatment (perlakuan panas) adalah salah satu proses untuk mengubah struktur logam dengan jalan memanaskan spesimen pada elektrik *furnace* (tungku) pada temperature yang ditentukan selama periode waktu tertentu kemudian didinginkan pada media pendingin seperti udara, air, airgaram, oli dan solar yang masing-masing mempunyai kerapatan pendinginan yang berbeda-beda. Perlakuan panas adalah proses kombinasi antara proses

¹Dosen Fak. Teknik Jur. T. Mesin Unihaz Bengkulu
Majalah Teknik Simes Vol.12 No.2 juli 2018

pemanasan atau pendinginan dari suatu logam atau paduannya dalam keadaan padat untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu (Avner, 1987).

Proses perlakuan panas bertujuan untuk memperoleh logam yang keras, lunak, ulet, meningkatkan mampu mesin, menghilangkan tegangan sisa. Perlakuan panas yang dilakukan kadang sering diasosiasikan sebagai cara untuk menaikkan kekerasan material, sebenarnya dapat digunakan untuk mengubah sifat tertentu yang berguna atau dengan tujuan tertentu untuk kepentingan manufakturnya, seperti: menaikkan sifat *machining*, menaikkan sifat mudah dibentuk, mengembalikan elastisitas setelah proses *cold work*. Bahkan perlakuan panas bukan hanya sebagai penolong sifat manufaktur, tetapi juga dapat meningkatkan performa material dengan meningkatnya kekuatan atau karakteristik tertentu dari material yang telah diproses laku panas (Beumer, 1985).

Pada proses pelunakkan atau *annealing* merupakan proses perlakuan panas untuk menghasilkan perlit yang kasar (*coarse perlite*) tetapi lunak dengan pemanasan sampai austenisasi dan didinginkan secara perlahan-lahan dalam tungku pemanas (*furnace*), yang bertujuan untuk memperbaiki ukuran butir serta dalam beberapa hal juga memperbaiki *machinability*. Disamping itu juga pelunakan dilakukan untuk tujuan meningkatkan keuletan dan mengurangi tegangan dalam yang meyebabkan material berperilaku getas (Dieter, 1996).

Setelah melakukan proses pengelasan dan perlakuan panas yang dikerjakan dengan benar, maka dilakukan uji kelulusan terhadap hasil pengelasan tersebut. Untuk menentukan hasil pengelasan atau pengujian las adalah dengan pengujian kekerasan bahan dan merusak bahan. Pengujian kekerasan suatu bahan

dilakukan setelah proses pengelasan dan perlakuan panas pada bahan.

Kekerasan suatu material harus Sampel untuk penelitian dibuat dengan ukuran Sampel untuk penelitian dibuat dengan ukuran panjang 200 mm, lebar 100 mm dan tebal 8 mm sebanyak 2 buah dan kemudian akan dilakukan pengelasan. Tiap perlakuan terdiri dari 3 spesimen sehingga total terdiri dari 12 spesimen.

Tabel 1. Penandaan Sampel Penelitian
No. Spesimen Nilai Kekerasan

	I	2	3
diketahui, khususnya untuk material yang	1	RawMa	A A A
dalam penggunaannya akan mengalami	2	Anneali ng500 ⁰	X X X 2 2 2

pergesekan (*frictional force*) dan deformasi plastis. Deformasi plastis sendiri adalah suatu keadaan dari suatu material ketika material tersebut diberikan gaya maka struktur mikro dari material tersebut sudah tidak bisa kembali ke bentuk asal artinya material tersebut tidak dapat kembali ke bentuk semula (Suherman, 1988).

Berdasarkan hal di atas maka penelitian ini difokuskan untuk mempelajari tentang pengaruh proses *annealing* pada hasil pengelasan terhadap kekerasan dan struktur mikro baja St.42.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Untuk menguji secara eksperimental pengaruh variasi temperatur proses *annealing* pada hasil pengelasan terhadap kekerasan dan struktur mikro baja St.42. Material yang digunakan adalah baja St.42 dengan komposisi kimianya : 0,07-0,10%C, 0,035%S, 0,30-0,60%Mn, 0,15-0,25%Si dan 0,15-0,03%P.

Penandaan diberikan pada tiap sampel sesuai proses yang dilakukan.

3 Annealing 600°C X31 X32 X33

4	Annealing 700°C	X41	X42
		X43	

Tempat yang digunakan untuk penelitian adalah :

1. Pengelasan di BLKI Singosari Malang
2. Proses *heat treatment* dan pengujian material dilaksanakan di Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang.

Tahapan penelitian yaitu pelaksanaan pengelasan SMAW, pemanasan *annealing*, pendinginan dalam dapur dan pengujian sampel. Baja St.42 sebanyak 2 buah dibentuk sesuai spesimen pengelasan dengan kampuh model V bersudut 30° dipotong menggunakan gerinda. Kemudian dilakukan pengelasan SMAW dengan pendinginan udara luar. Proses perlakuan panas *annealing* dilakukan pada specimen hasil pengelasan dalam dapur listrik dengan variasi temperatur 500°C, 600°C dan 700°C kemudian ditahan (*holding time*) selama 1 jam. Kemudian didinginkan didalam dapur listrik. Sedangkan yang normal dibiarkan tanpa perlakuan panas. Setelah proses *annealing*, kemudian dilakukan pengujian terhadap sampel meliputi pengujian kekerasan dan pengamatan struktur mikro. Data yang didapat kemudian dianalisis untuk mendapatkan kesimpulan dari penelitian ini. Pengujian kekerasan bertujuan untuk mengetahui sejauh mana tingkat kekerasan baja ini akibat proses *annealing*. Setelah sampel selesai diproses, dibersihkan kemudian dilakukan pengujian kekerasan pada daerah HAZ masing-masing spesimen dengan menggunakan *Vicker sHardness Tester*, dengan beban 100kg. Alat pengujian ini dapat memberikan hasil berupa kekerasan yang kontinu untuk suatu bahan tertentu dan digunakan pada logam yang sangat lunak yaitu 5HV hingga logam yang

sangat keras dengan 1500HV tanpa perlu mengganti gayatekan. Rumus mencari kekerasan Vickers (HV)

$$HV = 1,854 \frac{P}{L^2}$$

(Surdia, Tata. 1985)

dengan : HV = kekerasan Vickers

P = gayatekan

L = diagonal tapak

Pengamatan struktur mikro dilakukan agar diperoleh gambaran perubahan struktur mikro setelah proses *annealing*. Sampel yang akan dilakukan pengujian struktur mikro diamlashalus hingga 2000 mesh, kemudian di etsa netal 2% agar terjadi pengikisan pada permukaan logam untuk memisahkan batas butir tiap fase. Pemotretan dilakukan dengan pembesaran 400 kali.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Pada penelitian ini pengujian kekerasan dilakukan dengan metode *Vickers Hardness* dengan pembebanan 100kg. Dari pengujian didapat data-data seperti pada tabel berikut,

Tabel 2 Data Pengujian Kekerasan Baja St.42 Hasil Pengelasan Tanpa Perlakuan Annealing
No Spesimen Nilai Kekerasan (HVN)

1	A11	142,6
2	A12	136,4
3	A13	134,6
Rata-rata		137,8

Tabel 3 Data Pengujian Kekerasan Baja St.42 Hasil Pengelasan setelah Proses Annealing pada suhu 5000C
No Spesimen Nilai Kekerasan (HVN)

1	X21	167,3
2	X22	166,2
3	X23	176,6
Rata-rata		170,03

Tabel 4 data pengujian kekerasan baja St.42 Hasil Pengelasan setelah Proses Annealing pada Suhu 6000C
No Spesimen Nilai Kekerasan (HVN)

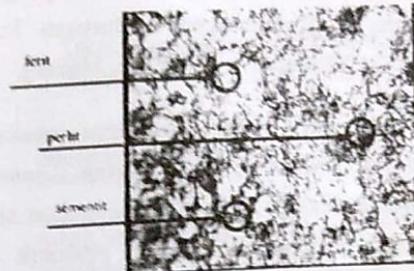
1	X31	164,6
2	X32	162,2
3	X33	170,6
Rata-rata		165,8

Tabel 5 Data Pengujian Kekerasan Baja St.42 Hasil Pengelasan setelah Proses Annealing pada Suhu 7000C
No Spesimen Nilai Kekerasan(HVN)

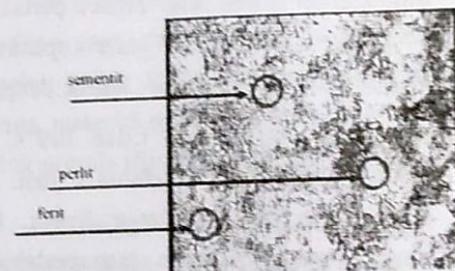
1	X41	134,1
2	X42	128,3
3	X43	113,01
Rata-rata		125,13

Dari Tabel 2 diketahui bahwa nilai kekerasan rata-rata specimen hasil pengelasan tanpa perlakuan *annealing* adalah 137,8HVN. Pada Tabel 3 diketahui bahwa nilai kekerasan rata-rata specimen hasil pengelasan mengalami kenaikan setelah proses *Annealing* pada suhu 500⁰C yaitu 170,03HVN. Sedangkan pada Tabel 4 didapat bahwa nilai kekerasan rata-rata specimen hasil pengelasan mengalami penurunan setelah proses *Annealing* pada suhu 600⁰C yaitu 165,8 HVN. Pada Tabel 5

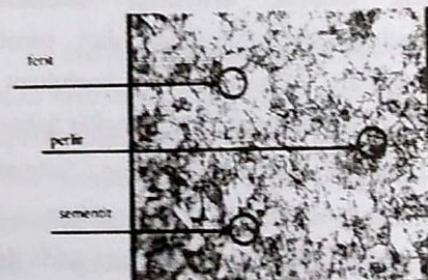
Diketahui bahwa nilai kekerasan rata-rata specimen hasil pengelasan semakin mengalami penurunan yang drastic setelah proses *annealing* pada suhu 700⁰C yaitu 125,13HVN. Foto struktur mikro dilakukan pada baja St.42 yang sebelumnya dipoles sampai halus dan kelihatan logam las dan logam induk sehingga dapat diketahui daerah HAZ-nya.



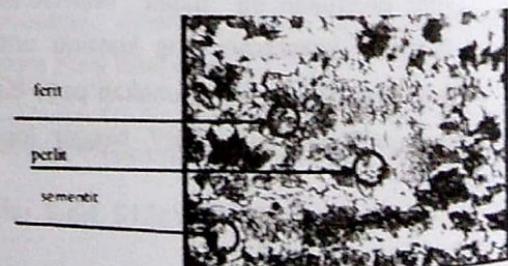
Gambar1 Struktur Mikro pada Raw Material dengan Perbesaran 400x



Gambar2 Struktur Mikro Perlakuan Annealing 5000C dengan Perbesaran 400x



Gambar3 Struktur Mikro Perlakuan Annealing 5000C dengan Perbesaran 400x



Gambar 4 Struktur Mikro Perlakuan Annealing 700°C dengan Perbesaran 400x

Pada *raw material* daerah HAZ terlihat perlit dan sementit lebih mendominasi. Hal ini terjadi karena masih kurangnya temperature panas yang dapat merubah struktur dari baja. Struktur ini merupakan paduan dari ferit yang gelap dan sementit yang terang. Dan terlihat butiran masih keadaan halus. Pada proses *annealing* dengan suhu 500°C, tampak bahwa penambahan temperature perlakuan panas menyebabkan pada daerah HAZ, butir-butir ferit sudah berubah menjadi relatif bulat dibanding pada *raw material*. Pada proses *annealing* dengan suhu 600°C struktur ferit dan perlit semakin mendominasi. Dan setelah proses *annealing* pada suhu 700°C, perubahan semakin tampak, butir-butir ferit menjadi semakin bulat dan semakin besar, sedangkan perlit juga berubah menjadi relatif bulat.

PEMBAHASAN

Seperti pada umumnya sifat mekanik logam ditentukan dari struktur mikronya. Akibat dari pengelasan menyebabkan perubahan struktur mikro di daerah HAZ dan logam las (Adhinata, 2005). Dengan adanya perlakuan panas *annealing* diharapkan dapat membuat struktur butiran disemua daerah lebih seragam dan keuletannya meningkat sehingga diperoleh kesamaan sifat mekanik hasil pengelasan SMAW. Selama proses pemulihan, terjadi penurunan energi yang tersimpan dan penurunan tahanan listrik. Sedangkan terjadi pula penurunan kekerasan (Sonawan dan Rachim, 2004).

Pengukuran *Vickers* dengan penekanan intan berbentuk piramida lurus dengan alas bujur sangkar dan sudut puncak 136° (Dieter, 1996), ditekan kedalam bahan dengan

gaya tertentu selama waktu tertentu. Kekerasan *Vickers* diperoleh dengan mem-bagi gaya pada luas bekas tekanan yang berbentuk piramida. Dan dapat langsung dibaca dimonitor mesin *microvickers* (Beumer, 1995).

Nilai kekerasan baja St.42 paling tinggi hasil perlakuan panas yang dicapai sebesar 170,03 HVN dan terendah ditunjukkan dengan angka 125,13 HVN, sedangkan pada baja St.42 yang tanpa perlakuan mempunyai nilai laikekerasan rata-rata sebesar 137,8 HVN. Hal ini membuktikan bahwa variasi temperature yang digunakan berpengaruh terhadap nilai kekerasan dalam proses *annealing*. Kekerasan turun sangat tajam ketika *annealing* dilakukan pada temperature 600°C sampai 700°C. Hal ini menunjukkan bahwa proses rekristalisasi yang diikuti oleh pertumbuhan butir memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap penurunan kekerasan baja. Dalam suatu proses laku panas, setelah pemanasan mencapai temperatur yang ditentukan dan diberi *holding time* secukupnya maka dilakukan pendinginan dengan laju tertentu. Sifat mekanik dan struktur mikro yang terjadi setelah pendinginan akan tergantung pada laju pendinginan (Suherman, 1988).

Pada penelitian yang telah dilakukan didapat nilai kekerasan mengalami penurunan seiring semakin tingginya temperature *annealing*. Penurunan nilai kekerasan terlihat setelah dilakukan proses *annealing* dari temperature 500°C sampai temperatur 700°C. Penurunan nilai kekerasan yang sangat tajam terjadi setelah di *annealing* pada temperature 700°C. Penurunan nilai kekerasan baja setelah mekanisme rekristalisasi dan diikuti pertumbuhan ferit dan perlit (Ardra, 2011).

Proses rekristalisasi akan mengubah sifat struktur isi yang terdeformasi diganti oleh kisi baru tanpa regangan melalui proses nukleasi dan

pertumbuhan. Butir tumbuh dari inti yang terbentuk dimatriks yang terdeformasi. Besarnya laju kristalisasi tergantung jumlah deformasi sebelumnya, temperature *annealing* dan kemurnian bahan (Smallman dan Bishop,1999).

Pertumbuhan butir terjadi pada saat kristalisasi primer terhenti, kristal yang tumbuh telah menelan semua bahan yang mengalami regangan. Pada saat *annealing* saat kristalisasi primer terhenti, Kristal yang tumbuh telah menelan semua bahan yang mengalami regangan. Pada saat *annealing* berlangsung, butir yang kecil menyusut dan yang lebih besar tumbuh.

Hal ini berarti *annealing* mempengaruhi sifat mekanis dari baja. Dengan dilakukannya *annealing* dapat menurunkan kekerasan dari sebuah baja. Hal ini terjadi karena dengan adanya *annealing*, maka terjadi penyusunan kembali dislokasi yang sebelumnya tersusun secara tidak teratur, dengan adanya penyusunan kembali dislokasi berarti membuat material tersebut menjadi kurang kuat. Selain itu, melalui *annealing* terjadi pertumbuhan butir yang terjadi dalam proses rekristalisasi. Seperti yang sudah dijelaskan bahwa pertumbuhan butir terjadi pada saat kristalisasi primer terhenti dimana Kristal yang tumbuh telah menelan semua bahan yang mengalami regangan dan pada saat *annealing* butir yang kecil menyusut dan yang lebih besar tumbuh. Apabila butir menjadi lebih besar maka dislokasi semakin mudah bergerak karena tidak banyak yang menghalangi pergerakannya. Apabila dislokasi semakin mudah bergerak maka baja semakin tidak kuat sehingga kekuatan dan kekerasannya menurun (Sitorus, Jeremia 2011). Setelah proses *annealing* di temperatur 500°C seperti terlihat pada gambar 2, butir-butir ferit sudah berubah menjadi semakin bulat, hal ini menunjukkan fasa ferit sudah mengalami rekristalisasi. Sedangkan butir-butir fasa perlit

Majalah Teknik Simes Vol.12 No.2 juli 2018

masih tampak terelongasi, yang menunjukkan proses kristalisasinya masih belum menyebabkan perubahan pada bentuk butir. Seperti pada gambar 4, setelah proses *annealing* mencapai temperature 700°C , perubahan semakin tampak, butir-butir ferit menjadi makin bulat dan makin besar, dan fasa perlit juga berubah menjadi relative bulat. Pada temperature ini terjadi pertumbuhan butir-butir ferit dan terjadinya rekristalisasi pada butir-butir fasa perlit (Ardra,2011). Pada baja hypoeutektoid bila pemanasan dilanjutkan ketemperatur yang lebih tinggi maka butir kristal feritnya mulai bertransformasi menjadi sejumlah Kristal austenite yang halus, sedang butir Kristal austenite yang sudah ada (yang berasal dari perlit) hampir tidak tumbuh. Perubahan ini selama pada temperatur kritis A3 (Suherman, 1988).

KESIMPULANDAN SARAN

Kesimpulan

1. Perubahan nilai kekerasan baja St.42

Hasil pengelasan terjadi setelah *annealing* dengan temperatur 500°C . Nilai kekerasan rata-rata tertinggi pada *annealing* 500°C yaitu 170,03 HVN. Nilai kekerasan tidak banyak berubah ketika dilakukan *annealing* sampai 600°C . Kekerasan turun sangat tajam ketika *annealing* dilakukan pada temperatur 700°C yaitu 125,13HVN. Hal ini menunjukkan bahwa proses rekristalisasi yang diikuti oleh pertumbuhan butir memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap penurunan kekerasan.

2. Setelah proses *annealing* pada temperature 500°C , butir-butir ferit sudah berubah menjadi *relatif bulat*, hal ini menunjukkan fasa ferit sudah mengalami rekristalisasi. Sedangkan butir-butir fasa perlit masih tampak terelongasi, yang menunjukkan proses rekrisasi masih belum menyebabkan perubahan pada bentuk butir. Pada proses *annealing* temperatur 700°C , perubahan semakin tampak, butir-butir ferit menjadi semakin bulat dan semakin besar, dan fasa perlit juga berubah menjadi *relatif bulat*. Pada temperatur ini terjadi pertumbuhan butir-butir ferit dan terjadinya rekristalisasi pada butir-butir fasa perlit.

Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan perlakuan panas yang lain pada baja St.42.
2. Pengujian yang berbeda dapat diterapkan pada baja St.42 hasil pengelasan setelah diannealing.
3. Penelitian terhadap hasil pengelasan pada material yang berbeda perlu dilakukan agar diperoleh sifat mekanik hasil pengelasan yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

Adhinata. 2005. *Pengaruh Temperatur Annealing Terhadap Kekerasan Hasil Lasan Pada Proses Underwater Welding*. Artikel. Malang: Teknik Mesin Brawijaya

Ardra. 2011. *Proses Perlakuan Panas Anil-Annealing* (Online) (<http://ardra.biz/metalurgi/perlakuan-panas-logam/proses-anil-annealing>)

Avner. 1987. *Introduction to Physical Metallurgy*, 2nd ed. Mc.Graw-Hill Book Company, New York

Beumer. 1985. *Ilmu Bahan Logam Jilid III*.

Jakarta: Bharata Karya Aksara
Dieter. 1996. *Metalurgi Mekanik*. Jakarta: Erlangga

Mubarak, Fahmi. 2008. *Metalurgi I*.

Laboratorium Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Sitorus, Jeremia. 2011. *Pengaruh Annealing Terhadap Kekuatan Tarik Baja Karbon dan Besi Tuang*

Smallman dan Bishop. 1999. *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material*

Sonawan dan Rachim. 2004. *Pengantar untuk Memahami Proses Pengelasan Logam*. Bandung: Alfabeta

Suharto. 1991. *Teknologi Pengelasan Logam*. Cetakan Pertama. Jakarta: PT. Rineka Cipta

Suherman. 1988. *Ilmu Logam III*. Surabaya: Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Surdia, Tata. 1985. *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita
Wiryosumarto dan Okumura. 1996. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Pradnya Paramita.