



PENGARUH PROSES *ANNEALING* PADA SAMBUNGAN LAS *SMAW* TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN BAJA S45C

Miftakhudin[✉], Rusiyanto, Masugino

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima

Disetujui

Dipublikasikan

Keywords:

Proses Annealing, Las SMAW, Struktur Mikro, Kekerasan

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh proses annealing pada pengelasan baja S45C terhadap struktur mikro dan kekerasannya. Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah baja S45C yang diproduksi oleh PT. Bohler. Kadar karbon pada baja S45C sebesar 0,52%. Baja S45C mempunyai nilai kekerasan 175,6 VHN. Spesimen uji untuk pengamatan struktur mikro menggunakan standar ASTM E8 dan uji kekerasan menggunakan JIS Z 2201 1981. Proses annealing yang digunakan dalam penelitian ada tiga variasi, yaitu anil suhu kritis, anil iso termal dan anil penuh. Pada pengelasan logam tanpa anil nilai kekerasannya meningkat 6,1% dari daerah logam tanpa pengelasan. Peningkatan nilai kekerasan tertinggi pada daerah HAZ. Pada daerah logam induk pengelasan tanpa anil hampir tidak terjadi perubahan struktur mikro. Pada daerah logam pengelasan dengan anil suhu kritis nilai kekerasannya sudah sesuai yang diharapkan yaitu mendekati nilai kekerasan logam tanpa pengelasan, namun nilai kekerasan pada masing- masing daerah las, HAZ dan logam induk belum homogen. Pada daerah pengelasan logam dengan anil iso termal nilai kekerasan masing- masing daerah las, HAZ dan logam induk lebih homogen, namun struktur mikronya masih sedikit kasar. Pada pengelasan logam dengan anil penuh struktur mikronya sudah halus dan homogen. Pada daerah pengelasan logam dengan anil penuh terjadi penurunan nilai kekerasan tertinggi yaitu sebesar 28,3% dari nilai kekerasan daerah logam pengelasan tanpa proses anil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses anil dapat menghomogenkan struktur mikro dan menurunkan kembali nilai kekerasan logam akibat pengaruh proses pengelasan.

Abstract

The objective of this study is to determine the effect of annealing process in the joint welding of S45C steel to the micro structure and hardness. The materials used in the study is S45C steel produced by PT. Bohler. Carbon content in S45C steel is 0.52%. S45C steel has a hardness value of 175.6 VHN. The test specimens for the observation of the microstructure uses the standard of ASTM E8 and the hardness test used JIS Z 2201 1981. There are three variations of annealing process used in this study; they are critical temperature annealing, iso thermal annealing, and full annealing. In the metal welding without annealing, the hardness value increases 6.1% from the metal area without the welding. The highest hardness value increase in the HAZ area. In the main metal welding without annealing area; almost there is no alteration in the microstructure. In the metal welding with critical temperature annealing area, the hardness value has been compatible with the expectation that is close to the hardness value of the metal without welding, but the hardness value of each weld area, HAZ and main metal haven't been homogeneous. In the metal welding with iso thermal annealing, there is a decrease of the average hardness value of 14.85% of the hardness value of the weld area without the annealing process. In the metal welding with iso thermal annealing area, the hardness value of each weld area, HAZ and main metal is more homogeneous, yet the micro structure is still a little rough. In the metal welding with full annealing, the micro structure has been refined and homogeneous. In the metal welding with full annealing area, there is a decrease of the highest hardness value to 28.3% of the hardness value of the metal welding without the annealing process. The results shows that the annealing process may homogenize the microstructure and decrease the metal hardness value back due to the influence of metal welding process

© 2012 Universitas Negeri Semarang

[✉] Alamat korespondensi:

Gedung E9 Lantai 2 FT Unnes

Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang, 50229

E-mail: miftakhudin1@gmail.com

Pendahuluan

Perkembangan produksi manufaktur rancang bangun sekarang ini semakin maju. Beberapa produksi rancang bangun yang rumit tidak bisa di kerjakan dalam satu proses produksi, sehingga salah satunya caranya dengan proses pengelasan.

Baja S45C merupakan baja yang termasuk kelompok baja karbon sedang. Baja S45C mempunyai kandungan karbon 0,52 %. Berikut ini unsur-unsur lain yang terkandung pada baja S45C:

Tabel 1. Komposisi kimia baja S45C (Bohler: Sertifikat baja S45C PT. Bhinneka Bajanas).

C	Si	Mn	P	S	Cu
0,520	0,310	0,650	0,19	0,02	0,010

SDSBaja S45C mempunyai sifat-sifat pengerjaan dan kekuatan yang sangat baik. Baja inisering digunakan untuk komponen yang tidak membutuhkan kekerasan yang tinggi misalnya konstruksi alat pertanian, semua jenis perkakas tangan dan alat-alat pertanian (Katalog Bohlindo: 19).

Pengelasan dengan menggunakan metode *shielded metal arc welding (SMAW)* sangat luas sekali penggunaannya dan lebih sering digunakan karena mempunyai banyak kelebihan

Metode Penelitian

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini adalah dengan metode eksperimental yaitu digunakan untuk mengumpulkan data primer di laboratorium atau data skunder dari peneliti lain. (Suharto dkk, 2004: 99).

Variabel dalam penelitian ini adalah : 1) Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi anil antara lain, anil suhu kritis 650°C, anil iso termal 695°C dan anil penuh 740°C. 2) Variabel kontrol dalam penelitian adalah: a) Prosedur pengelasan yang baik dan benar. b) Pengelasan

antara lain praktis, mudah pengoperasiannya, dapat digunakan untuk segala macam posisi pengelasan dan lebih efisien.

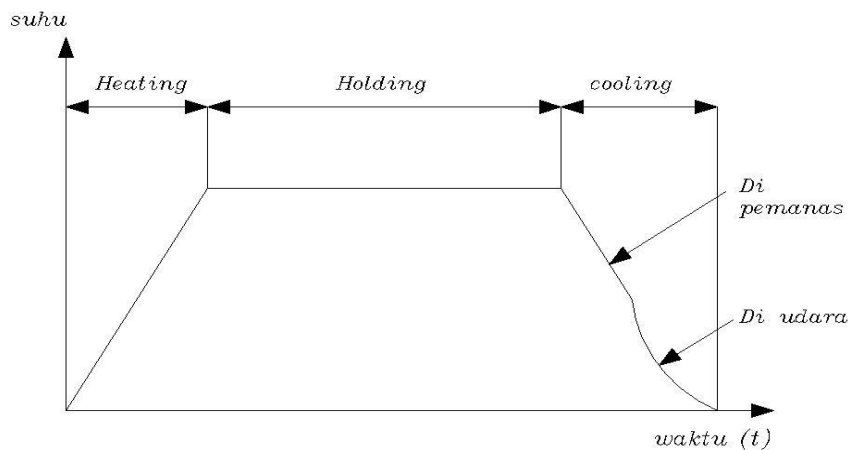
Proses pengelasan menyebabkan terjadinya tegangan sisa dan kekerasan yang tinggi pada baja lasan sehingga membuat rancang bangun logam menjadi getas, tidak tahan getaran dan menimbulkan korosi.

Terdapat dua cara pembebasan tegangan sisa, yaitu cara mekanik dan cara termal. Dari kedua cara ini yang paling banyak dilaksanakan adalah cara termal dengan proses anil (Wirjosumarto dan Okumura, 2004: 144). Penelitian ini menggunakan proses *annealing*. Proses anil yang digunakan dalam penelitian ini yaitu anil penuh, anil iso termal dan a nil suhu kritis agar dapat diketahui bagaimana pengaruh variasi suhu nya.

berdasarkan uraian latar belakang yang menjadi perhatian adalah pengaruh proses *annealing* pada sambungan las *SMAW* terhadap struktur mikro dan kekerasan baja S45C akibat pengaruh proses pengelasan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk: 1) Mengetahui pengaruh proses *annealing* terhadap struktur mikro daerah lasan baja S45C akibat proses pengelasan. 2) Mengetahui pengaruh proses *annealing* terhadap kekerasan daerah lasan baja S45C akibat proses pengelasan.

yang digunakan yaitu jenis las *SMAW*. c) Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu baja S45C. d) Elektroda yang digunakan yaitu E7018 untuk pengelasan dan E7018U untuk penetrasi dengan diameter 3,2 mm standar *ASTM* . 3) Variabel terikat dalam penelitian ini yaitu struktur mikro dan nilai kekerasan mikro dari pengaruh proses *annealing*.



Langkah- langkah proses anil untuk baja S45C untuk ukuran spesimen uji:

Gambar 1. Siklus *Thermal Post Weld Heat Treatment*

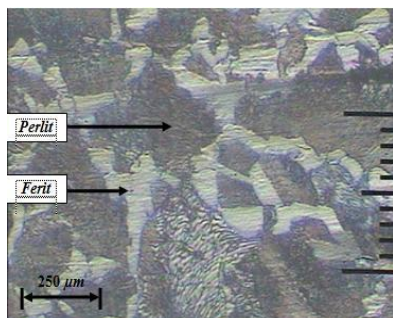
(Purwaningrum, 2006: 235).

Metode analisa data yang digunakan dari pengujian, kemudian diolah dalam penelitian ini adalah teknik analisis persamaan statistika yaitu persamaan nilai statistik deskriptis data mentah yang diperoleh tengah.

Hasil Penelitian

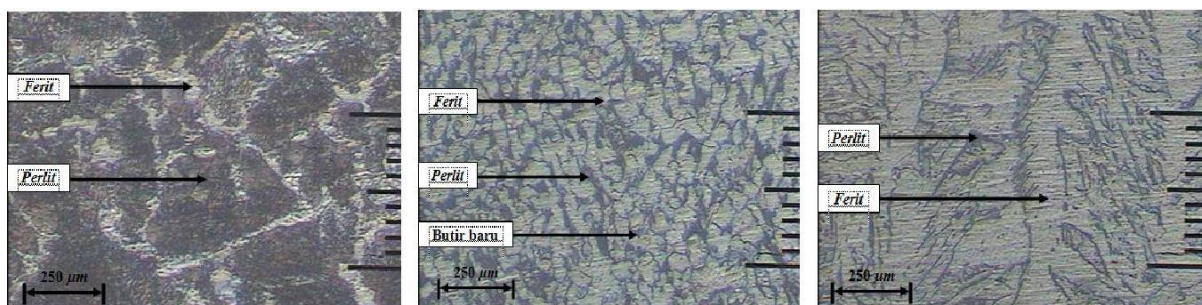
a) Data hasil pengamatan struktur mikro

1. Spesimen logam tanpa pengelasan



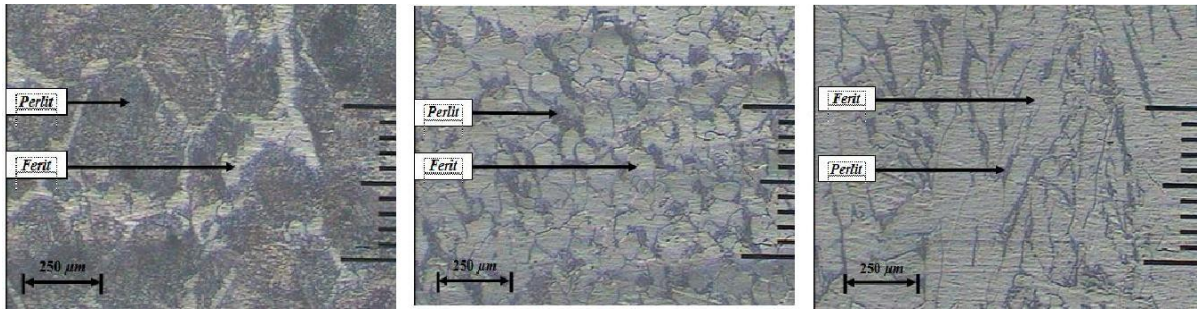
Gambar 2. Logam tanpa pengelasan.

2. Spesimen pengelasan tanpa perlakuan anil



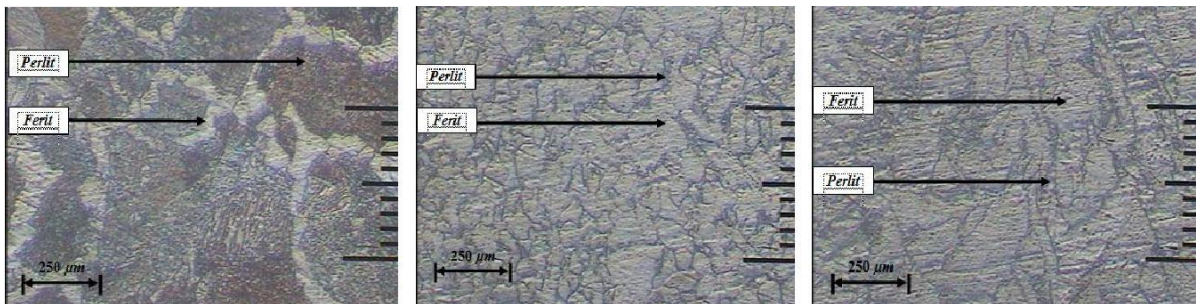
Gambar 3. Logam induk Gambar 4. Daerah *HAZ* Gambar 5. Daerah las

3. Spesimen pengelasan dengan anil suhu kritis 650°C



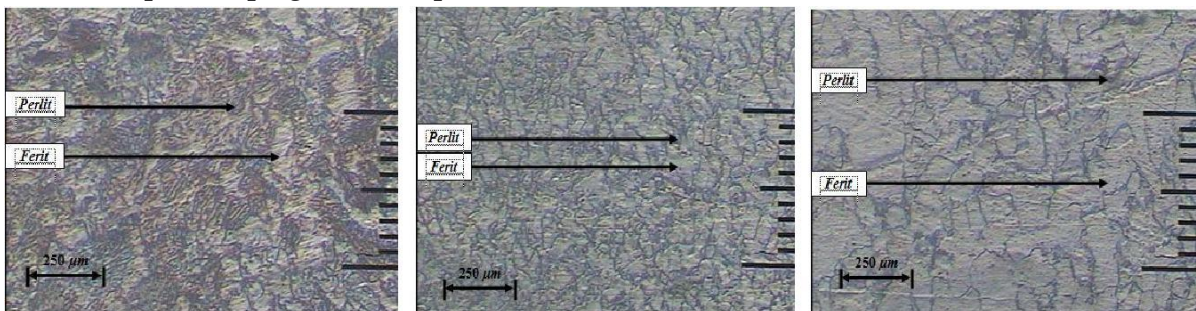
Gambar 6. Logam induk Gambar 7. Daerah *HAZ* Gambar 8. Daerah las

4. Spesimen pengelasan dengan anil iso termal 695°C



Gambar 9. Logam induk Gambar 10. Daerah *HAZ* Gambar 11. Daerah las

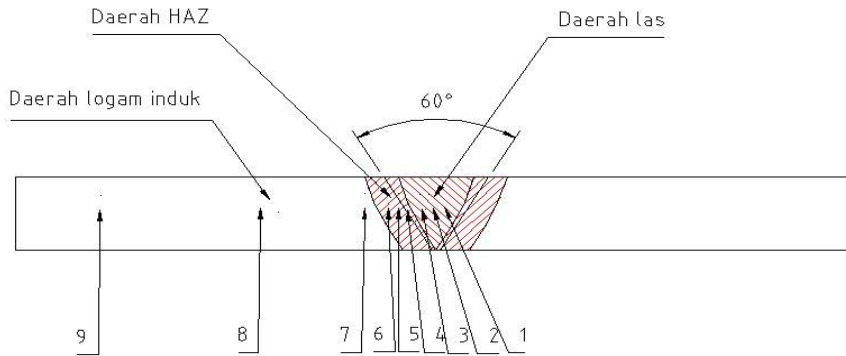
5. Spesimen pengelasan anil penuh 740°C



Gambar 12. Logam induk Gambar 13. Daerah HAZ Gambar 14. Daerah las

B. Data hasil pengujian kekerasan mikro vickers

Titik daerah pengujian kekerasan seperti terlihat pada gambar 15 berikut ini:



Gambar 15. Daerah pengujian kekerasan mikro vickers.

1. Hasil rata-rata nilai kekerasan

Tabel 2. Hasil rata-rata nilai kekerasan tiap variasi.

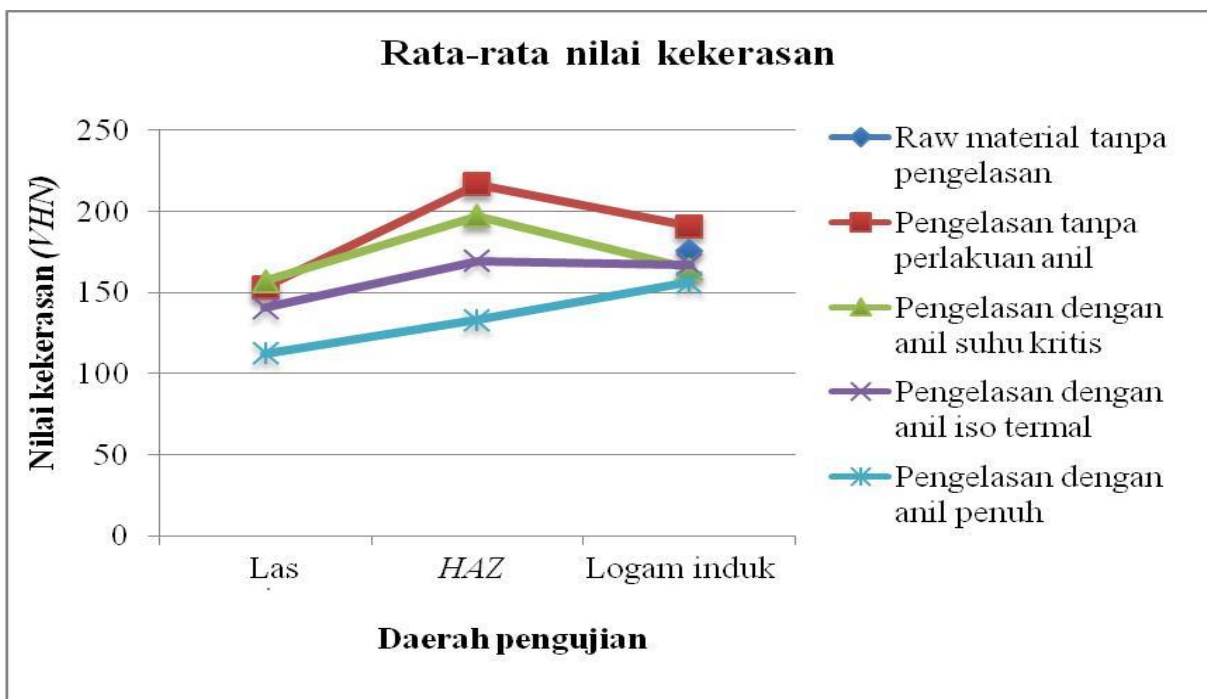
No.	Daerah uji	Logam tanpa pengelasan	Pengelasan tanpa anil	Anil			
				Anil suhu kritis	Anil iso termal	Anil penuh	
1	Las	1	157,5	155,6	155,0	114,5	
2		2	135,6	158,4	130,5	118,5	
3		3	166,9	157,9	136,3	105,1	
4	HAZ	1	209,2	195,2	170,1	133,5	
5		2	221,3	200,7	170,9	133,4	
6		3	219,2	196,4	167,5	132,5	
7	Logam induk	1	171,5	184,2	175,9	174,2	167,9
8		2	167,9	184,7	150,0	162,1	149,3
9		3	187,3	203,8	167,6	166,0	152,3

2. Hasil rata-rata nilai kekerasan seluruh variasi

Tabel 3. Hasil rata-rata nilai kekerasan seluruh variasi.

Raw material	Spesimen	Spesimen	Spesimen	Spesi men
tanpa pengelasan	pengelasan	pengelasan	pengelasan	pengelasan
an	tanpa anil	anil 650°C	anil 695°C	anil 740°C
				13
VHN 175.6	186.9774	173.1	159.2	4.1

Pembahasan



Gambar 16. Rata-rata nilai kekerasan.

Pada hasil pengamatan menunjukkan bahwa proses pengelasan mempengaruhi struktur mikro spesimen. Perbedaan struktur tersebut dikarenakan adanya perbedaan masukan panas. Dari pengamatan struktur mikro dapat diketahui struktur *ferit* dan *perlit*nya.

Pada tabel dan grafik diatas dapat dilihat bahwa spesimen logam tanpa pengelasan, anil suhu kritis, anil iso termal dan anil penuh kekerasannya lebih rendah dibanding spesimen pengelasan tanpa anil. Hal itu menunjukkan bahwa pengelasan mengakibatkan terjadinya

efek tegangan sisa yang menyebabkan kekerasan yang tinggi pada daerah *HAZ* karena pemanasan setempat dan pendinginan yang cepat. Rincian masing-masing pembahasan struktur mikro dan persentase nilai kekerasannya adalah sebagai berikut:

A. Daerah logam tanpa pengelasan

Daerah logam tanpa pengelasan adalah logam yang tidak dikenai pengaruh panas dari proses pengelasan. Pada daerah logam tanpa pengelasan struktur masih didominasi oleh *perlit* (gelap) dan sedikit *ferit* (terang). Pada spesimen tanpa pengelasan ukuran *perlit* nya lebih besar dibanding *ferit*

Pada daerah logam tanpa pengelasan nilai kekerasan rata-rata nya adalah 175,6

VHN. Nilai kekerasan ini merupakan nilai kekerasan dari baja karbon sedang S45C.

B. Logam pengelasan

Pada daerah logam pengelasan nilai kekerasan rata-ratanya adalah 186,97 *VHN*.

Pada daerah ini nilai kekerasan rata-ratanya meningkat sebesar 6,1 % dari daerah logam tanpa pengelasan. Peningkatan ini terjadi karena pada daerah logam pengelasan terjadi siklus termal yang tinggi. Nilai kekerasan tertinggi terjadi pada daerah *HAZ* karena pada daerah ini terjadi proses pemanasan dan pendinginan yang cepat. Rincian struktur mikro, persentase peningkatan dan penurunan nilai kekerasannya adalah sebagai berikut:

1. Daerah logam induk

Logam induk pengelasan adalah bagian logam dasar dimana panas dan suhu pengelasan tidak menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan struktur dan sifat (Wirjosumarto dan Okumura, 2004: 56). Pada daerah logam induk pengelasan tanpa anil struktur mikronya tidak berubah. Nilai kekerasan pada daerah ini meningkat

dikarenakan pada daerah ini telah menerima masukan panas dari perambatan panas daerah las.

Pada daerah logam induk pengelasan nilai rata-rata kekerasannya adalah 190,9

VHN. Pada daerah logam induk dengan pengelasan nilai kekerasannya meningkat 8,71 % dari nilai kekerasan rata-rata daerah logam tanpa pengelasan. Peningkatan ini terjadi karena pada logam induk pengelasan telah terkena pengaruh panas dari proses pengelasan.

2. Daerah *HAZ*

Daerah *HAZ* yaitu daerah pengaruh panas atau logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan cepat (Wirjosumarto dan Okumura, 2004: 56) sehingga pada daerah ini terjadi kekerasan yang tinggi. Pada daerah *HAZ* pengelasan tanpa anil sudah terjadi perubahan struktur mikro. Perubahan ini ditandai dengan pertumbuhan butir kristal. Pada daerah ini strukturnya berbentuk *martensit* karena strukturnya berbentuk kecil dan memanjang.

Pada daerah *HAZ* nilai kekerasannya rata-ratanya 216,6 *VHN*. Pada daerah *HAZ* nilai kekerasannya meningkat 23,4 % dari nilai kekerasan rata-rata daerah logam tanpa pengelasan. Peningkatan nilai kekerasan pada daerah *HAZ* adalah yang paling tinggi. Peningkatan nilai kekerasan yang tinggi ini terjadi karena pada daerah ini terjadi siklus termal pemanasan dan pendinginan yang cepat.

3. Daerah las

Logam las adalah bagian dari logam yang pada waktu pengelasan mencair dan kemudian membeku (Wirjosumarto dan Okumura, 2004: 56). Pada daerah las struktur mikronya berbentuk *perlit*. Pada daerah ini jarak strukturnya masih rapat.

Pada daerah las nilai kekerasannya adalah 153,4 *VHN*. Pada daerah las nilai kekerasannya menurun 12,6 % dari nilai kekerasan rata-rata daerah logam tanpa pengelasan. Penurunan kekerasan ini terjadi karena pada daerah las terjadi siklus pemanasan dan pendinginan yang lebih lama.

C. Logam pengelasan dengan anil suhu kritis 650°C

Pada daerah logam pengelasan dengan anil suhu kritis nilai kekerasan rata-ratanya adalah 173,1 *VHN*. Pada daerah ini terjadi penurunan nilai kekerasan sebesar 7,4 %. Pada daerah ini nilai kekerasan rata-ratanya hampir sama dengan nilai kekerasan rata-rata logam tanpa pengelasan dan hanya menurun sedikit yaitu sebesar 1,4 %. Pada daerah ini nilai kekerasan rata-ratanya telah sesuai yang diharapkan yaitu mendekati nilai kekerasan logam tanpa pengelasan namun nilai kekerasan pada masing masing daerah las ini belum mendekati homogen. Homogenitas ini terlihat dari peningkatan nilai kekerasan rata-rata daerah las pengelasan dengan anil suhu kritis. Rincian struktur mikro, persentase peningkatan dan penurunan nilai kekerasannya adalah sebagai berikut:

1. Daerah logam induk

Pada daerah logam induk pengelasan dengan anil suhu kritis struktur mikronya tidak banyak berubah. Perubahan ini hanya pada ukuran *ferit* yang mulai membesar. Perubahan ukuran *ferit* yang membesar menyebabkan nilai kekerasan pada daerah logam induk pengelasan dengan anil suhu kritis menurun dibanding daerah logam induk pengelasan tanpa anil.

Pada daerah logam induk pengelasan dengan anil suhu kritis nilai kekerasannya adalah 164,5 *VHN*. Pada daerah ini terjadi penurunan nilai kekerasan sebesar 13,8 % dari daerah logam induk pengelasan dan menurun 6,3 % dari daerah logam tanpa pengelasan.

2. Daerah *HAZ*

Pada daerah *HAZ* pengelasan dengan anil suhu kritis strukturnya sudah mulai berubah. Perubahan ini ditandai dengan munculnya pertumbuhan butir kristal *perlit*. Pada daerah ini struktur *ferit* lebih besar dibanding *perlit*.

Pada daerah *HAZ* dengan anil suhu kritis nilai kekerasannya adalah 197,4 *VHN*.

Pada daerah ini terjadi penurunan nilai kekerasan sebesar 8,9 % dari daerah *HAZ* tanpa anil.

3. Daerah las

Pada daerah las pengelasan dengan anil suhu kritis struktur mikronya hanya sedikit mengalami perubahan sehingga pada daerah las nilai kekerasannya belum turun secara signifikan. Perubahan ini hanya ditandai dengan mulai menjauhnya jarak antar struktur mikronya karena pendinginan dari proses anil yang secara lambat.

Pada daerah las dengan anil suhu kritis nilai kekerasannya adalah 157,3 *VHN*. Pada daerah ini terjadi peningkatan nilai kekerasan sebesar 2,54 % dari daerah las tanpa proses anil. Pada daerah las ini peningkatan hanya sedikit. Pada daerah ini belum terjadi penurunan, karena tujuan utama dari proses anil suhu kritis adalah untuk menghilangkan tegangan dalam.

D. Logam pengelasan dengan anil iso termal 695°C

Pada daerah pengelasan dengan anil iso termal nilai kekerasan rata-ratanya adalah 159,2 *VHN*. Pada daerah ini terjadi penurunan nilai kekerasan rata-rata sebesar 14,85 % dari nilai kekerasan rata-rata daerah las tanpa proses anil. Pada grafik nilai kekerasan rata-rata menunjukkan bahwa pada daerah ini nilai kekerasannya lebih homogen namun nilai kekerasan rata-ratanya menurun 9,3 % dari nilai kekerasan rata-rata daerah logam tanpa pengelasan. Rincian struktur mikro dan persentase penurunan nilai kekerasannya adalah sebagai berikut:

1. Daerah logam induk

Pada daerah logam induk pengelasan dengan anil iso termal struktur mikronya tidak banyak berubah. Perubahan hanya ditandai pada bentuk ukuran *ferit* yang sedikit membesar. Sehingga pada daerah ini nilai kekerasannya hampir sama dengan anil suhu kritis.

Pada daerah logam induk pengelasan dengan anil iso termal nilai kekerasannya adalah 167,4 *VHN*. Pada daerah ini nilai kekerasan menurun 12,3 % dari daerah logam induk pengelasan tanpa proses anil.

2. Daerah *HAZ*

Pada daerah *HAZ* pengelasan dengan anil iso termal struktur mikronya sudah mulai berubah. Perubahan ini ditandai dengan makin halusya struktur ukuran butir kristal *ferit* dan mengecilnya *perlit* sehingga pada daerah ini nilai kekerasannya menurun secara signifikan dibanding daerah *HAZ* tanpa proses anil.

Pada daerah *HAZ* dengan anil iso termal nilai kekerasannya adalah 169,5 *VHN*.

Pada daerah ini terjadi penurunan nilai kekerasan sebesar 21,7 % dari daerah *HAZ* tanpa proses anil.

3. Daerah las

Pada daerah las pengelasan dengan anil iso termal struktur mikronya sudah mulai berubah. Perubahan ini ditandai dengan butiran struktur mikro yang makin halus. Pada daerah ini ukuran *ferit* mulai mengecil hampir menyerupai struktur mikro daerah

HAZ pengelasan dengan anil iso termal.

Pada daerah las dengan anil iso termal nilai kekerasannya adalah 140,6 *VHN*. Pada daerah ini terjadi penurunan nilai kekerasan sebesar 8,3 % dari daerah las tanpa proses anil.

E. Logam pengelasan dengan anil penuh 740°C

Pada daerah pengelasan dengan anil penuh struktur mikronya sudah halus. Antara daerah logam induk, *HAZ* dan las struktur mikronya sudah mulai seragam namun struktur mikro dengan butiran terhalus terdapat pada daerah *HAZ*. Nilai kekerasan pada daerah ini menurun karena struktur mikro pada daerah ini tidak menimbulkan *martensit*.

Pada daerah logam pengelasan dengan anil penuh nilai kekerasan rata-ratanya adalah 134,1 *VHN*. Pada daerah ini terjadi penurunan nilai kekerasan rata-rata tertinggi yaitu sebesar 28,3 % dari nilai kekerasan rata-rata daerah logam pengelasan tanpa proses anil. Pada daerah ini nilai kekerasannya kurang homogen dan nilai kekerasan rata-ratanya pun jauh dari nilai kekerasan rata-rata logam tanpa pengelasan yaitu menurun sebesar 23,6 %. Rincian persentase penurunan nilai kekerasannya adalah sebagai berikut:

1. Daerah logam induk

Pada daerah logam induk pengelasan dengan anil penuh struktur mikronya sudah halus, bahkan paling halus diantara variasi anil lainnya. Perubahan ini dikarenakan pada anil penuh telah terjadi pertumbuhan butir kristal.

Pada daerah logam induk pengelasan dengan proses anil penuh nilai kekerasannya adalah 156,5 *VHN*. Pada daerah ini terjadi penurunan nilai kekerasan tertinggi sebesar 18 % dari logam induk pengelasan tanpa proses anil.

2. Daerah *HAZ*

Pada daerah *HAZ* pengelasan dengan anil penuh struktur mikronya sudah halus, bahkan paling halus diantara variasi anil lainnya. Pada daerah *HAZ* pengelasan dengan anil struktur perlitnya sudah berkurang dibanding pengelasan tanpa proses anil.

Pada daerah *HAZ* anil penuh nilai kekerasannya adalah 133,1 *VHN*. Pada daerah ini terjadi penurunan nilai kekerasan tertinggi yaitu sebesar

38,5 % dari daerah *HAZ* pengelasan tanpa proses anil .

3. Daerah las

Pada daerah las pengelasan dengan proses anil penuh struktur mikronya sudah halus. Struktur mikro daerah las pengelasan dengan anil penuh paling halus diantara variasi anil lainnya. Struktur mikro daerah ini hampir sama dengan daerah *HAZ* dan logam induk pengelasan dengan anil penuh.

Pada daerah las anil penuh nilai kekerasannya adalah 112,7 *VHN*. Pada daerah ini terjadi penurunan nilai kekerasan tertinggi yaitu sebesar 26,5 % dari daerah las pengelasan tanpa proses anil.

Pengamatan struktur mikro menunjukkan bahwa daerah pengelasan dengan anil penuh struktur mikro daerah las, *HAZ* dan logam induk hampir seragam. Pada daerah pengelasan dengan anil penuh struktur mikronya lebih halus dan seragam dibanding variasi anil lainnya. Semakin tinggi suhu anil struktur mikronya semakin halus dan seragam.

Rata-rata nilai kekerasan diatas juga menunjukkan bahwa spesimen dengan anil iso termal 695°C kekerasannya hampir seragam (homogen) namun nilai kekerasan rata-rata yang mendekati nilai kekerasan logam tanpa pengelasan adalah spesimen dengan anil suhu kritis.

Dari data diatas secara keseluruhan menunjukkan bahwa proses anil dapat melunakan sifat keras dan menghomogenkan kembali kekerasan yang berbeda-beda ditiap daerah pengelasan akibat pengaruh proses pengelasan.

Simpulan

Hasil penelitian ini dapat disimpulkan:

1. Proses *annealing* mempengaruhi struktur mikro baja S45C akibat pengaruh proses pengelasan *SMAW* menjadi halus dan relatif homogen pada perbandingan struktur antara daerah las, *HAZ* dan logam induk terutama pada proses anil penuh 740°C.

2. Proses *annealing* mempengaruhi nilai kekerasan spesimen pengelasan menjadi menurun (lunak) terutama pada proses anil 740°C yang penurunan nilai kekerasan rata-ratanya sangat signifikan yaitu menurun 28,3 % dari nilai kekerasan rata-rata daerah logam pengelasan tanpa proses anil dan nilai kekerasannya menjadi relatif homogen terutama pada proses anil iso termal 695°C dengan nilai kekerasan rata-rata sebesar 159,2 *VHN*.

Dari penelitian ini, saran yang diberikan adalah

1. Perlu dilakukan penelitian lanjut dengan menambahkan variasi waktu anil.
2. Perlu dilakukan uji komposisi baja walaupun dalam perdagangan di industri telah menyertakan sertifikat.
3. Perlu dilakukan pengujian tambahan seperti pengujian puntir dan *impact*.

DAFTAR PUSTAKA

- Bohler. 2012. *Test Certificate*. Jakarta: PT. Bhinneka Bajas.
- Bohlindo. *Bohler Special Steel Manual*. Jakarta: PT. Bhinneka Bajas.
- Purwaningrum, Yustiasih. 2006. *Karakterisasi Sifat Fisis dan Mekanis Sambungan Las SMAW Baja A-287 Sebelum dan Sesudah PWHT*. *Jurnal TEKNOIN*. Vol.11, No.3: 233-242.
- Suharto, Buana Girisuta dan Arry Miryanti. 2004. *Perekayasa Metodologi Penelitian*. Yogyakarta: Andi
- Wiryo Sumarto, Harsono dan Toshie Okumura. 2004. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.