



Analisis Proses Stress Relieving Annealing Terhadap Sambungan Las Gas Metal Arc Welding (Gmaw) Material Baja SS 400

Andri Rudiyanto¹, Ratna Dewi Anjani², Viktor Naubnome³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang Jl. H.S Ronggowaluyo, Telukjambe Timur, Kabupaten Karawang, 41361.

Abstract

Received: 4 November 2022
Revised: 6 November 2022
Accepted: 9 November 2022

SS 400 steel (Structural Steel) is a type of low carbon steel (mild steel) which is classified into low alloy steel because its alloy composition is less than 8% with a composition of carbon (C) of 0.17%, manganese (Mn) 1.4%, phosphorus (P) 0.045%, and sulfur (S) 0.045%. Usually this steel is applied to bridge construction, plates on ships, oil tanks, and others. Almost every construction involves welding elements, although not a few in the welding process often cause residual stresses. Based on this, it is necessary to have a heat treatment process (stress relieving annealing) to reduce the residual stress and make the steel less brittle. The purpose of this study was to determine the effect on steel before and after the stress relieving annealing process at a temperature of 550oC with a holding time of about 30 minutes on the value of hardness and microstructure with Gas Metal Arc Welding (GMAW) welding process. The results showed that the highest hardness value was found in the raw material area of the Heat Affected Zone (HAZ) of 353.14 HV and the lowest hardness value was found in heat treated steel located in the weld metal area.

Kata kunci: SS400 steel, stress relieving annealing, hardness, microstructure.

(*) Corresponding Author: 1810631150005@student.unsika.ac.id; HP.+6285717731967

How to Cite: Rudiyanto, A., Anjani, R., & Naubnome, V. (2022). Analisis Proses Stress Relieving Annealing Terhadap Sambungan Las Gas Metal Arc Welding (Gmaw) Material Baja SS 400. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 8(22), 84-93. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7322926>

PENDAHULUAN

Dewasa ini teknologi industri semakin berkembang khususnya di bidang konstruksi, dimana pengelasan menjadi salah satu sistem yang menjadi pilihan untuk digunakan dalam penyambungan logam. Hampir disetiap konstruksi yang berkaitan dengan logam melibatkan unsur pengelasan[1]. Salah satu unsur pengelasan yang sering dijumpai yaitu *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) yang merupakan jenis proses penyambungan bahan logam dengan menggunakan panas dan listrik yang dirubah atau dikonversi menjadi panas.[2]

Dalam proses pengelasan sering sekali menemukan tegangan sisa, hal itulah yang perlu diperhatikan karena pada pengelasan terjadi tegangan termal akibat perbedaan suhu antara logam induk dan daerah las. Tegangan sisa sendiri terjadi akibat siklus termal las yang berlangsung di sekitar sambungan las dengan logam induk yang suhunya relative berubah, sehingga distribusi suhu tidak merata. Maka dari itu melalui perlakuan panas, sifat-sifat yang kurang menguntungkan pada logam dapat diperbaiki dengan tujuan sebagai pengerjaan panas untuk memberi sifat yang diinginkan untuk kepentingan manufaktur.[3]



Proses *annealing* merupakan proses perlakuan panas untuk menghasilkan perlit yang kasar (*coarse perlite*) tetapi ulet dengan pemanasan sampai austenisasi dan didinginkan secara perlahan-lahan dalam tungku pemanas (*furnace*), dengan tujuan untuk memperbaiki machine-ability. Selain itu tujuan dari dilakukannya pelunakan yaitu untuk meningkatkan keuletan dan mengurangi tegangan dalam yang menyebabkan material bersifat getas.[4] *Stress Relieving Annealing* adalah salah satu jenis proses perlakuan panas yang sering digunakan untuk mengurangi suatu tegangan permukaan yang disebabkan oleh perpanjangan bagian permukaan dari baja yang dikerjakan oleh mesin, Tegangan tersebut akan memberikan peningkatan kekerasan, sehingga dengan tambahan pengerjaan mesin ataupun yang lain mungkin akan terjadi distorsi. Hal ini dapat dikurangi atau diminimalkan dengan perlakuan panas *Stress Relieving Annealing*. [5]

Ridho Prasetyo[6], melakukan penelitian tentang pengaruh *holding time* pada proses *stress relief annealing* terhadap kekerasan hasil pengelasan SMAW. Pada penelitian tersebut, dilakukan proses *stress relieving annealing* dengan suhu 600°C pasca pengelasan dengan variasi waktu penahan 30, 45, 60, 75, serta 90 menit. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian kekerasan dan pengujian mikrostruktur. Hasil dari penelitian tersebut didapatkan bahwa kekerasan pada daerah las mengalami penurunan seiring bertambahnya *holding time*.

Berdasarkan uraian tersebut, maka penulis tertarik melakukan penelitian dengan mengambil judul “Analisis Proses *Stress Relieving Annealing* Terhadap Sambungan Las Gas Metal Arc Welding (GMAW) Material Baja SS 400”.

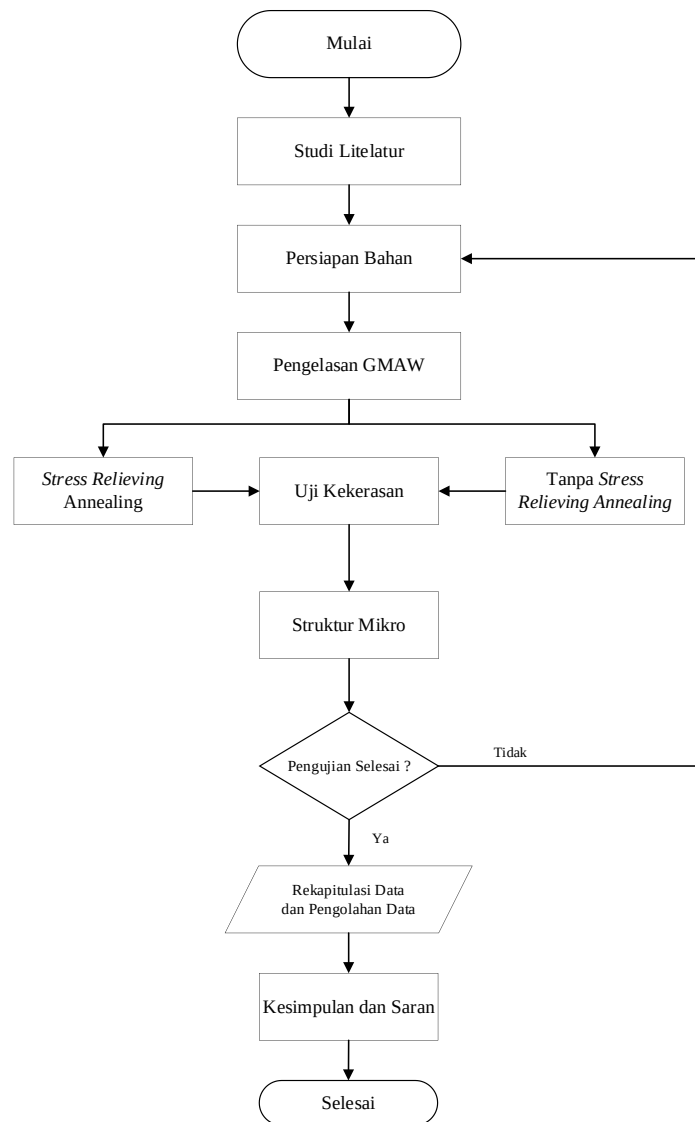
METODOLOGI PENELITIAN

Pengumpulan Data

Pengumpulan data diperoleh dari jurnal, buku – buku referensi, modul, artikel, dan internet, serta metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental yang dilakukan di laboratorium teknik. Rancangan penelitian ini yaitu dengan menguji serta membandingkan antara benda uji yang melalui proses perlakuan panas dan tanpa adanya perlakuan panas untuk mengetahui karakteristik mekanik (kekerasan) dan fisis (struktur mikro) terhadap bahan uji (Baja SS 400).

Baja SS 400 (*Structural Steel*) merupakan baja karbon rendah (*mild steel*) yang sesuai standar ASTM (*American Society for Testing Material*) A36, atau JIS (*Japanese Industrial Standards*) G3101. Baja ini digolongkan ke dalam baja paduan rendah karena komposisi paduannya kurang dari 8% dengan komposisi karbon (C) sebesar 0.17%, mangan (Mn) 1.4%, fosfor (P) 0.045%, dan sulfur (S) 0.045%. Biasanya baja ini diaplikasikan pada konstruksi jembatan, pelat pada kapal laut, tangki minyak, dan lainnya. Adapun pembuatan spesimen dilakukan dengan menggunakan mesin perkakas gerinda dan skrap terhadap dimensi ukuran panjang 50mm, lebar 20mm dan tebal 10mm sesuai standarisasi pengujian.

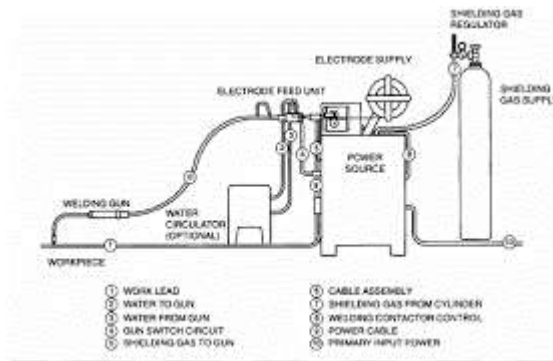
Adapun langkah – langkah penelitian tersirat pada gambar diagram alir berikut ini:



Gambar 1 Diagram alir

Jenis Pengelasan

Jenis pengelasan yang digunakan pada kesempatan kali ini adalah jenis pengelasan *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) dengan mengikuti standarisasi AWS D1.1 dan menggunakan mesin las jenis Las Inverter Co2 MIG 200a. *Gas Metal Arc Welding* adalah proses penyambungan logam menggunakan kawat las yang digulung dalam bentuk roll-an dan pergerakannya diatur oleh motor listrik. Pengelasan GMAW dilindungi oleh gas CO₂ ataupun Argon, perlindungan dihasilkan dari campuran gas yang diberikan dari luar pengelasan. Pada gambar 2 dibawah ini ditunjukkan skema pengelasan GMAW.[7]



Gambar 2 Proses pengelasan *gas metal arc welding* (GMAW)

Sambungan pengelasan yang digunakan dalam proses pengelasan ini adalah tipe *butt joint* (sambungan tumpul) jenis alur V tunggal penetrasi penuh tanpa penahan. Sambungan tumpul merupakan jenis sambungan yang paling efisien dibandingkan dengan jenis sambungan lain. Berikut adalah gambar dari sambungan las tersebut yang ditunjukkan oleh gambar 3.[8]

Jenis las Jenis alur	Lasan dengan alur		
	Lasan Penetrasi penuh tanpa pelat penahan	Lasan penetrasi penuh dengan pelat penahan	Lasan penetrasi sebagian
Perseg (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 (H)		—	

Gambar 3 Sambungan tumpul (*butt joint*)

Perlakuan Panas

Perlakuan panas (*Heat treatment*) adalah salah satu proses untuk mengubah struktur logam dengan cara memanaskan spesimen pada elektrik *furnance* (tungku) terhadap temperatur yang telah ditentukan. Tujuan dari proses perlakuan panas adalah untuk memperoleh logam yang keras, ulet, meningkatkan mampu mesin serta menghilangkan tegangan sisa. Perlakuan panas sering diasosiasikan sebagai cara untuk mengubah sifat tertentu yang berguna terhadap kepentingan manufakturnya. Perlakuan panas yang digunakan pada penelitian adalah *stress relieving annealing* yang bertujuan untuk menghilangkan tegangan

dalam yang timbul sebagai akibat dari proses pengelasan yang dapat mengakibatkan baja menjadi keras dan getas.[4]

Proses *stress relieving annealing* yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan temperatur sekitar 550°C dengan waktu penahan (*holding time*) 30 menit. Baja yang telah melalui proses tersebut kemudian didiamkan sampai suhu ruangan sekitar 20 – 25 derajat celcius (°C).

Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan merupakan salah satu cara untuk mengetahui kekuatan atau ketahanan suatu bahan sedangkan kekerasan suatu material merupakan kemampuan untuk menahan sebuah tegangan, goresan dan pantulan dari luar sehingga tidak mengalami kerusakan. Pengujian kekerasan yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *vickers* dengan beban yang diberikan adalah 300 gf (0,3 Kgf) terhadap area pengujian weld metal (sambungan pengelasan), area *heat affected zone* (HAZ), dan base metal (logam dasar).[9]

Cara *Vickers* merupakan cara pengujian kekerasan yang paling sensitif. Cara ini memiliki satu skala kontinyu untuk semua material dan angka kekerasan *Vickers* tergantung dari beban yang diberikan. Sangat kemungkinan sekali penggunaan beban ringan pada pengujian *Vickers*, oleh karena itu cara ini bisa digunakan untuk pengujian kekerasan pada material yg tipis sampai 0,005 inch.[9] Angka dari kekerasan sendiri dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$HV = \frac{[2P \sin(\frac{\alpha}{2})]}{d^2}$$

$$HV = 1,854 P/d^2$$

Keterangan:

- P : beban yang ditetapkan (Kg)
- d : panjang diagonal rata - rata
- α : sudut antara permukaan intan yang berhadapan

Pengujian Struktur Mikro

Struktur mikro merupakan struktur yang tidak dapat dilihat dengan mata telanjang, tetapi harus menggunakan alat pengamatan struktur mikro. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah mikroskop cahaya. Sifat-sifat fisis dan mekanik dari material tergantung dari struktur mikro itu sendiri. Struktur mikro dalam logam (paduan) ditunjukkan dengan besar, bentuk dan orientasi butirannya, jumlah fasa, proporsi dan kelakuan dimana mereka tersusun dan terdistribusi.

Struktur mikro dari paduan tergantung dari beberapa faktor seperti, elemen paduan, konsentrasi dan perlakuan panas yang diberikan. Pengujian struktur mikro dilakukan dengan bantuan mikroskop dengan koefisien pembesaran dan metode kerja yang bervariasi. Adapun tahap – tahap yang perlu dilakukan sebelum pengujian tersebut adalah:

- a) Pemotongan (*Sectioning*)
- b) *Mounting*
- c) Pemolesan (*Polishing*)
- d) Etsa (*Etching*)

e) Pemotretan

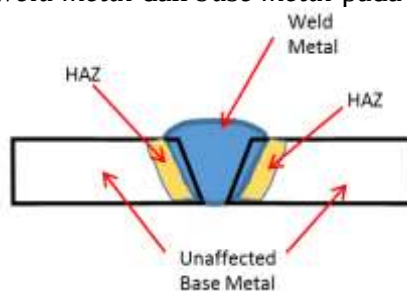
Tahap – tahap yang dilakukan pada proses pengujian kekerasan adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan Spesimen yang telah dipoles sampai halus pada bagian yang akan dicek
2. Memasang yang akan digunakan pada mesin *vickers hardness tester*, indenter yang digunakan pada pengujian yaitu indenter intan yang berbentuk pyramid
3. Meletakkan material yang akan diuji diatas ragum agar permukaan benda uji tegak lurus terhadap indenter sumbu
4. Atur ketinggian meja uji dan sesuaikan tingkat fokus antara mikroskop dengan benda uji
5. Tekan tombol start maka indenter akan turun secara perlahan
6. Perhatikan monitor yang akan memperlihatkan nilai gaya penekanan yang terus meningkat hingga mencapai batas gaya yang telah ditentukan sebelumnya
7. Setelah itu ukur pada wilayah yang diberi penekanan tadi
8. Kemudian perbesar tampilan layar menggunakan tombol control pembesar pada mesin *vicker hardness tester* untuk mengukur sudut lekukan dengan membuat garis sehingga ukuran Panjang diagonalnya bisa ditentukan dengan mudah.
9. Hasil pengukuran *vickers hardness* akan terhitung secara otomatis menggunakan *software* yang ada didalamnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Keras

Dari hasil pengujian kekerasan pada material baja SS400 didapatkan hasil sebagai berikut. Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan metode *vickers* pada beban 300 gf (0,3 Kgf). Pengujian dilakukan pada area *weld metal* (sambungan pengelasan), area *heat affected zone* (HAZ), dan *base metal* (logam dasar) baik yang telah ataupun tidak dilakukan proses *heat treatment*. Berikut ini gambar area *weld metal* dan *base metal* pada spesimen uji.



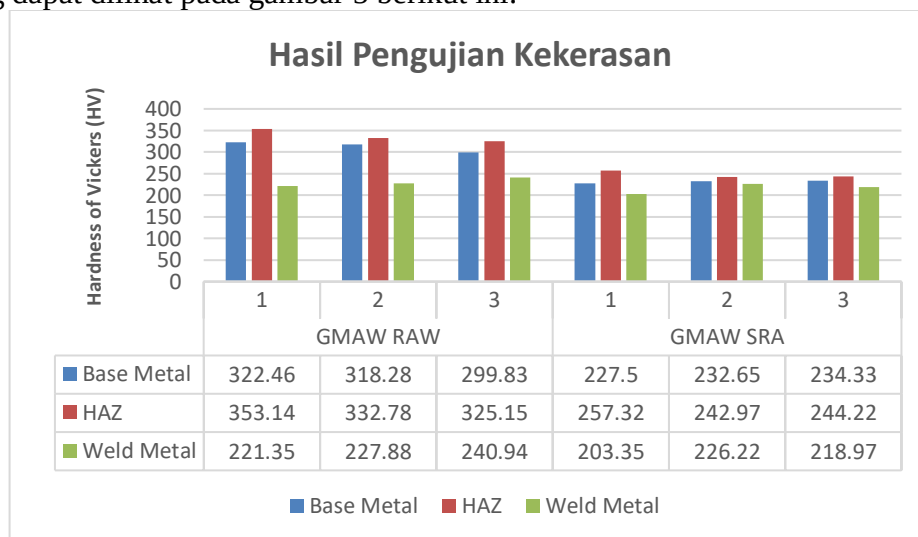
Gambar 4 Area pengujian

Perhatikan gambar 4 terlihat pada gambar terdapat tiga titik area pengujian dimana proses pengujian ini dilakukan pada 6 spesimen berbeda baik yang sudah dilakukan *heat treatment* maupun tidak. Adapun hasil keseluruhan dari uji kekerasan pada baja SS400 dapat dilihat pada tabel berikut:

Table 1 Nilai keseluruhan hasil uji kekerasan

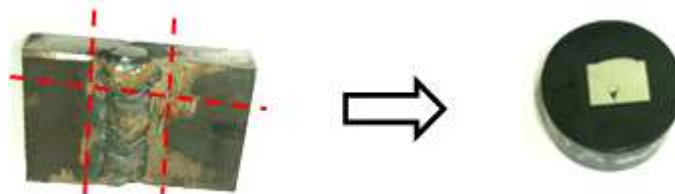
No	Sample	Hardenss of Vickers (HV)		
		Base Metal	HAZ	Weld Metal
1	GMAW RAW	322,46	353,14	221,35
2		318,28	332,78	227,88
3		299,83	325,15	240,94
1	GMAW SRA	227,5	257,32	203,35
2		232,65	242,97	226,22
3		234,33	244,22	218,97
Hardness vickers average		231,4933333	248,17	216,18
Hardness vickers average		232,8244444	245,12	220,4566667

Tabel 1 merupakan nilai kekerasan secara keseluruhan dari setiap spesimen yang diuji dengan variasi sebelum dan setelah dilakukan perlakuan panas yang telah ditentukan. Data hasil pengujian kekerasan tiap spesimen disajikan kedalam grafik yang dapat dilihat pada gambar 5 berikut ini:

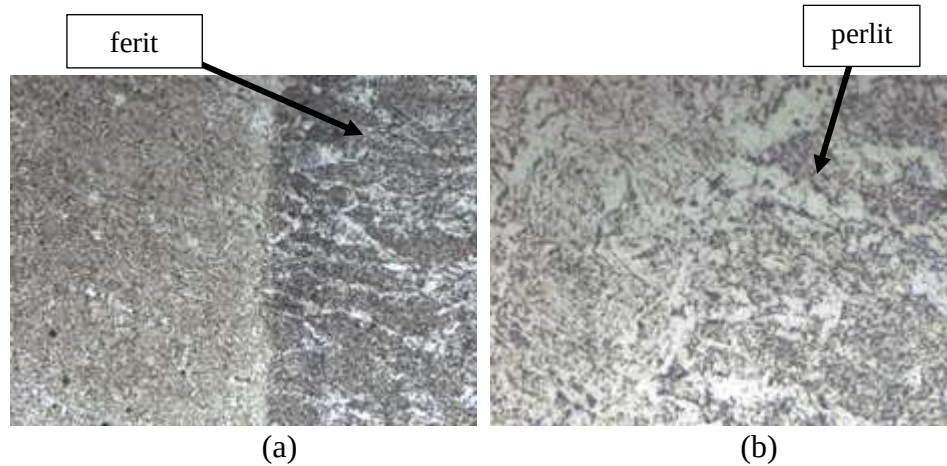
**Gambar 5** Grafik nilai hasil uji kekerasan

Hasil Pengujian Struktur Mikro

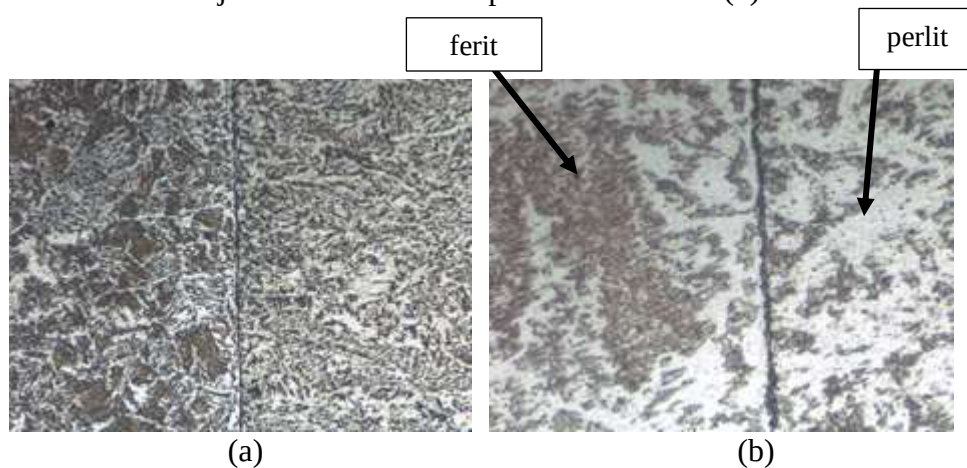
Pengujian mikro dilakukan di PT. Techno Metal Industry dan mendapatkan hasil yang bervariasi pada titik (HAZ) yang dapat dilihat pada gambar 6.

**Gambar 6** Cutting area uji struktur mikro

Pengujian yang dilakukan menggunakan Microscope dengan pembesaran yang dipakai yaitu $\times 100$ dan $\times 500$, berikut adalah gambar dari hasil pengujian.



Gambar 7 Spesimen uji keras raw material pembesaran $\times 100$ (a) dan spesimen uji keras raw material pembesaran $\times 500$ (b)



Gambar 8 Spesimen uji keras setelah dilakukan heat treatment pembesaran 100 (a) dan spesimen uji keras setelah dilakukan heat treatment pembesaran 500 (b)

Pembahasan Uji Kekerasan

Berdasarkan keterangan grafik yang terlihat pada gambar 5 menunjukkan nilai keseluruhan uji kekerasan pada 6 spesimen yang berbeda. Pada pengujian *raw material* memiliki nilai kekerasan yang sangat tinggi baik yang terjadi di area *base metal*, *Heat Affected Zone* (HAZ), maupun *weld metal*, berbeda halnya dengan material yang melalui proses perlakuan panas. Nilai kekerasan yang didapatkan mengalami penurunan atau bisa dikatakan lebih rendah daripada *raw material* pada ketiga area yang diuji.

Dapat dilihat dimana pada *raw material* area *base metal* masing – masing memiliki nilai kekerasan sebesar (322,4 HV, 318,28 HV, dan 299,83 HV), area HAZ sebesar (353,46 HV, 332,76 HV, dan 325,15) serta area *weld metal* memiliki nilai kekerasan sebesar (221,35 HV, 227,88 HV, dan 240,94 HV). Sedangkan nilai kekerasan pada material telah dilakukan perlakuan panas sebelumnya yaitu (227,05 HV, 232,65, HV, dan 234,33 HV) di area *base metal*, area HAZ sebesar (257,32 HV, 242,97 HV, dan 244,22 HV), serta untuk area *weld metal* memiliki nilai kekerasan sebesar (203,35 HV, 226,22 HV, dan 218,97 HV).

Hal tersebut menunjukkan bahwa, dengan adanya perlakuan panas *stress relieving annealing* yang dilakukan, dapat mempengaruhi nilai kekerasannya baik pada daerah pengelasan, daerah HAZ, maupun logam dasar.

Pembahasan Uji Struktur Mikro

Struktur mikro yang dimiliki oleh baja karbon rendah didominasi oleh ferit dan sedikit perlit. Penambahan unsur paduan biasanya dilakukan pada pengelasan baja karbon rendah ini, penambahan unsur ini dapat meningkatkan kekuatan baja tanpa mengurangi keuletannya. Fasa yang bisa dilihat dari gambar 7 dan 8 menunjukkan bahwa ferrite memiliki warna dengan identik putih dan pearlite yang berwarna hitam (gelap). Fasa ferrite merupakan fasa yang memiliki kekuatan rendah namun memiliki keuletan yang baik. Fasa pearlite merupakan fasa yang memiliki kekuatan yang kuat dan cukup keras.

Struktur mikro yang terjadi pada pengujian kekerasan *raw material* ditunjukkan oleh gambar 7a dan gambar 7b dengan masing – masing pembesaran yaitu $\times 100$ dan $\times 500$ fasa yang terbentuk pada pengujian tersebut antara lain ferrit dan perlite.

Struktur mikro yang terbentuk setelah dilakukannya perlakuan panas tidak jauh berbeda tanpa adanya perlakuan panas yaitu ferrit dan perlit, yang ditunjukkan oleh gambar 8a dan 8b dengan masing masing pembesaran yang sama seperti sebelumnya secara berurutan yaitu $\times 100$ dan $\times 500$. Pada gambar struktur mikro tersebut terdapat garis yang terlihat redak pada daerah antara logam induk dan weld metal, hal tersebut diakibatkan penetrasi pengelasan yang kurang sempurna.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat diambil beberapa kesimpulan, adapun kesimpulannya adalah sebagai berikut:

1. Nilai kekerasan tertinggi terdapat pada *raw material* dan terletak di daerah *heat affected zone* (HAZ), kemudian nilai kekerasan terendah terdapat pada baja yang telah diproses perlakuan panas dan terletak di daerah *weld metal*.
2. Dengan adanya perlakuan panas setelah proses pengelasan menunjukkan adanya pengaruh terhadap baja serta hasil pengelasan *Gas Metal Arc Welding* (GMAW).
3. Nilai kekerasan dari baja mengalami penurunan jika dilakukan proses *stress relieving annealing* dikarenakan fasa ferrite mengalami peningkatan dan mengakibatkan baja tersebut tidak mudah patah ataupun getas.

Saran

Penulis memiliki beberapa saran setelah dilakukannya penelitian tersebut, adapun saran yang akan disampaikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Perlu melakukan pengujian dengan alat yang lebih memadai.
2. Perlu dilakukannya beberapa variasi *holding time* dengan rentang waktu yang lebih lama.
3. Untuk mengetahui terjadinya *crack* dalam pengelasan baik setelah dilakukannya perlakuan panas atau sebelum dilakukannya perlakuan panas, baja harus terlebih dahulu melalui proses yang dinamakan pengujian *Non Destructif Test* (NDT).
4. Penelitian ini dapat dikembangkan pula dengan menggunakan proses perlakuan panas yang lain dalam usaha untuk meningkatkan hasil kualitas pengelasan.

5. Pengujian dari penelitian ini dapat ditambahkan dengan pebgujian lainnya seperti pengujian tarik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]: Fa'iq Pungkas Muharam, "Pengaruh Temperatur Post Weld Heat Treatment (Pwht) Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Pada Sambungan Las Mig Baja Aisi 1000," 2021.
- [2] I. Hamdi, T. -, and H. Oktadinata, "Pengaruh Variasi Posisi Pengelasan Terhadap Distorsi Dan Sifat Mekanik Hasil Pengelasan Baja Ss400 Menggunakan Metode Gmaw," *J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 1, pp. 1–10, 2020, doi: 10.33558/jitm.v8i1.1998.
- [3] P. Trihutomo, "PENGARUH PROSES ANNEALING PADA HASIL PENGELASAN TERHADAP SIFAT MEKANIK BAJA KARBON RENDAH," no. November 2015, 2018.
- [4] B. Hartanto, *Analisa Pengaruh Proses Annealing Terhadap Kekuatan Tarik Pada Proses Pengelasan SMAW*. 2010, p. 31124.
- [5] R. P. Harahap *et al.*, "ANALISA PENGARUH STRESS RELIEF ANNEALING TERHADAP PERUBAHAN SIFAT MEKANIK BAJA TAHAN KARAT TYPE SUS 304," vol. 8, no. 2, pp. 18–29, 2017.
- [6] R. Prasetyo, *Pengaruh Holding Time Pada Proses Stress Relief Annealing Terhadap Kekerasan Hasil Lasan SMAW*. .
- [7] W. Warso, T. N. Wibowo, and Y. D. Pratiwi, "Pengaruh Variasi Colling pada Pengelasan GMAW Terhadap Uji Tarik dan Uji Kekerasan pada Baja ST 60," *Accurate J. Mech. Eng. Sci.*, vol. 2, no. 1, pp. 22–26, 2021, doi: 10.35970/accurate.v2i1.578.
- [8] H. Wiryosumarto and T. Okumura, *Teknologi Pengelasan Logam*, vol. 8. 2000.
- [9] E. Prasetyo and P. H. Saputra, *Material Testing Book*. 2015.