

STUDI KOMPARASI PENGARUH VARIASI ARUS PENGELASAN TERHADAP KEKUATAN IMPAK, KEKERASAN, DAN STRUKTUR MIKRO SAMBUNGAN LAS PEGAS DAUN BAJA SUP 9 PADA PROSES LAS SMAW

Fajar Nugroho

Prodi. Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto

Jl. Janti Blok - R Lanud Adisutjipto Yogyakarta.

e-mail : mas_noeg@yahoo.com

Abstract

Spring is a component that functions to receive dynamic load and provides comfort in driving. The problem is the leaf spring is sometimes broken due to the overload or unfavorable road conditions. The solution for that problem is grafting using the shielded metal arc welding (SMAW) welding. This study aims to determine the effect of variations in the welding current to the impact strength, hardness and microstructure. Types of weld used is SMAW with a variety of welding current of 100 Ampere, 120 Ampere and 140 Ampere and the type of seam used is the type of seam V. The highest impact strength test was 1.698 J/mm² at 100 Ampere and the highest hardness test was 355.338 HVN at 140 Ampere. In addition, the micro structure at the welding area has bigger grain size and more pearlite structure at 140 Ampere.

Keywords: welding current, impact strength, hardness, micro structure

Abstrak

Pegas adalah suatu komponen yang berfungsi untuk menerima beban dinamis dan memberikan kenyamanan dalam berkendara. Permasalahan yang sering dialami oleh pegas daun adalah patah akibat beban lebih atau kondisi jalan yang kurang baik. Penanganan pada hal seperti ini adalah penyambungan menggunakan *shielded metal arc welding* (SMAW). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi arus pengelasan terhadap kekuatan impak, kekerasan dan Struktur mikro. Jenis las yang digunakan adalah las SMAW. Variasi arus pengelasan yang digunakan adalah 100 Ampere, 120 Ampere dan 140 Ampere. Jenis kampuh yang digunakan adalah jenis kampuh V. Hasil uji kekuatan impak tertinggi diperoleh pada variasi arus 100 Ampere yaitu sebesar 1,698 J/mm². Hasil uji kekerasan tertinggi diperoleh pada variasi arus 140 Ampere yaitu sebesar 355,338 HVN. Struktur mikro pada daerah las memiliki ukuran butiran yang semakin besar dan struktur perlit yang semakin banyak untuk variasi arus 140 Ampere.

Kata kunci: arus pengelasan, kekuatan impak, kekerasan, struktur mikro

1. PENDAHULUAN

Pegas adalah suatu komponen yang berfungsi untuk menerima beban dinamis dan memberikan kenyamanan dalam berkendara. Pada kendaraan bermotor roda empat, salah satu jenis pegas yang digunakan adalah pegas daun. Pegas daun ini pada aplikasinya digunakan untuk menahan beban kendaraan bermotor pada bagian belakang. Oleh karena itu dengan kondisi yang diterima tersebut, maka material pegas daun harus memiliki elastisitas, modulus resilien yang bagus dan diimbangi juga dengan ketangguhan yang tinggi (Suipta dkk., 2010).

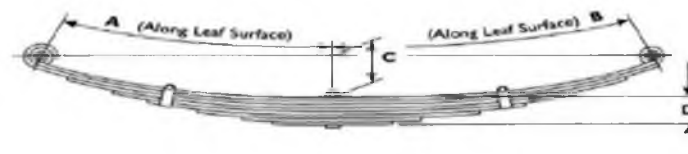
Salah satu permasalahan yang sering dialami oleh pegas daun adalah kemampuan untuk menahan beban kejutan akibat kondisi jalan yang sangat bervariasi. Apabila pegas daun patah akibat beban lebih atau kondisi jalan yang kurang baik. Pegas daun yang patah atau rusak idealnya harus diganti dengan yang baru, namun harganya yang mahal maka dilakukan penyambungan dengan proses pengelasan pada yang patah. Prosedur dan teknik pengelasan yang dilakukan tentunya berdasarkan pengalaman sebelumnya dalam menangani masalah tersebut. Pemakaian teknologi pengelasan yang sesuai dan benar pada proses penyambungan pegas daun, akan menghasilkan suatu sambungan yang kuat dan mempunyai sifat yang tidak jauh berbeda dengan material aslinya.

Pada penelitian ini pegas daun yang patah dilas dengan variasi kuat arus. Penggunaan variasi arus yang berbeda pada proses pengelasan pegas daun menghasilkan sifat mekanik yang berbeda-beda. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi kuat arus pada proses pengelasan SMAW terhadap kekuatan impak, kekerasan dan struktur mikro pada sambungan pegas daun Baja SUP 9 dengan menggunakan elektroda tipe RD 260 diameter elektroda 3,2 mm. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan parameter pengelasan berupa pertimbangan pemilihan kuat arus ditinjau dari kekuatan impak, kekerasan dan struktur mikro.

Ichlas dkk (2005), menganalisa pengaruh media pendingin dari proses perlakuan panas terhadap kekuatan sambungan pegas daun dengan las SMAW. Media pendingin yang digunakan adalah air, minyak dan air asin. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa uji tarik material yang mengalami pendinginan temperatur perlakuan panas adalah *yield strength* meningkat 7% dan *tensile strength* 16%, tetapi *elongation* berkurang 22%. Selanjutnya Nainggolan (2010), melakukan penelitian tentang analisa pengaruh variasi arus terhadap sifat mekanik hasil pengelasan SMAW pada baja AISI 4140. Variasi arus yang digunakan 90 Ampere, 100 Ampere, 115 Ampere. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa pengelasan dengan arus 90 Ampere memiliki kekuatan yang lebih baik dari variasi arus pengelasan lainnya, yaitu sebesar 701,59 MPa. Hal ini diperkuat oleh Putra (2011), yang melakukan penelitian tentang analisa hasil pengelasan SMAW pada baja tahan karat *feritik* dengan variasi arus dan elektroda. Variasi arus yang digunakan 60 Ampere, 80 Ampere dan 90 Ampere dengan menggunakan elektroda tipe AWS A5.4 E308L dan AWS A5.4 E316L. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan adanya pengaruh *heat input* terhadap luasan daerah HAZ dan pembentukan karbida. Selain itu juga ditemukan adanya *incomplete welding* pada penggunaan arus yang rendah. Kemudian Utama (2011), menyelidiki tentang pengaruh arus pengelasan terhadap ketangguhan dan kekerasan pada proses pengelasan SMAW dengan menggunakan elektroda E7018. Pada penelitian tersebut digunakan bahan pelat baja 5mm dengan variasi arus 100 Ampere, 130 Ampere dan 160 Ampere. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa nilai ketangguhan arus 100 Ampere lebih tinggi sebesar 1,8098 joule/mm² dibandingkan dengan arus 130 Ampere dan 160 Ampere. Dengan kata lain semakin kecil arus yang digunakan maka ketangguhannya semakin meningkat. Nilai kekerasan pada HAZ diperoleh sebesar 234 kg/mm² untuk arus 100 Ampere; 274 kg/mm² untuk arus pengelasan sebesar 130 Ampere; dan 251 kg/mm² untuk arus 160 Ampere.

Baja pegas adalah baja karbon yang mengandung 0,5 – 0,6 % karbon atau baja karbon sedang, dengan kandungan unsur lain Si, Mn dan Cr sampai 1%, selanjutnya dengan Mo, V sampai 0,25% dan B hanya sampai 0,0005 %. Baja pegas sebenarnya tidak mempunyai kekerasan yang tinggi sebagai sifat umum. Sifat utama dari baja pegas adalah *modulus elastis dan batas elastis*. Oleh karena itu dalam penggunaannya harus disesuaikan dengan sifat-sifat tersebut. Maka baja pegas perlu memiliki batas elastis yang tinggi setelah mengalami proses laku panas. Hal ini diperkuat oleh Andika (2010), yang melakukan penelitian tentang pengaruh temperatur dan waktu penahanan saat *partitioning* pada proses *Quenching* dan *Partitioning* terhadap sifat mekanik baja pegas JIS SUP 9A. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai kekuatan tarik sebesar $2.124 \pm 141 \text{ N/mm}^2$ pada temperatur penahanan 225°C dan waktu penahanan selama 10 detik, nilai elongasi tertinggi sebesar $5,705 \pm 1,057\%$ diperoleh pada temperatur penahanan 250°C dan waktu penahanan 10 detik, sedang nilai kekerasan tertinggi sebesar 55,4 HRC dicapai pada temperatur 250°C dan waktu penahanan selama 10 detik. Jenis baja yang digunakan untuk membuat pegas dengan proses pengerjaan panas antara lain adalah Baja SUP 9. Komponen yang dibuat dari bahan baja SUP 9 menurut JIS G 4801 antara lain pegas daun (*leaf/laminate spring*), pegas koil (*coil spring*), pegas torsi (*torsion bar spring*). Pegas berfungsi sebagai pelunak tumbukan atau kejutan

seperti pegas daun pada kendaraan, kondisi pegas daun menerima beban statis atau beban dinamis.



Gambar 1. *Leaf spring* dalam kondisi diikat

2. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini dilakukan karakterisasi material Baja SUP 9. Jenis pengujian karakterisasi material yang digunakan antara lain; uji Komposisi, uji impak, uji kekerasan dan struktur mikro. Pengujian karakterisasi material dilakukan untuk memastikan bahwa material yang digunakan benar-benar spesifikasi Baja SUP 9. Pengelasan pada baja pegas daun SUP 9 dilakukan dengan menggunakan variasi arus pengelasan 100 Ampere, 120 Ampere dan 140 Ampere. Selanjutnya hasil pengelasan dibuat spesimen untuk uji impak, uji kekerasan dan struktur mikro. Pengujian tersebut dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh variasi arus pengelasan terhadap ketangguhan material Baja SUP 9 setelah pengelasan SMAW.

Pengujian Kekerasan

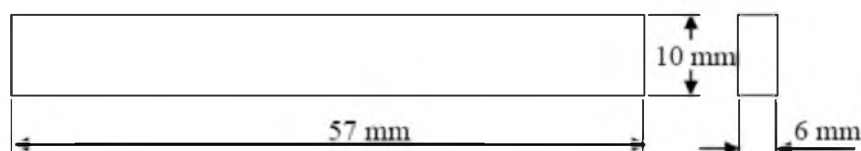
Pengujian kekerasan bahan bertujuan untuk menentukan ketahanan suatu bahan terhadap deformasi plastis apabila bahan tersebut diberi beban dari luar. Pengujian kekerasan bahan pada penelitian ini menggunakan metode indentasi Vickers. Nilai kekerasan Vickers dapat dinyatakan dengan rumus (ASM Metals Hand Book Vol. 8, 2000) :

$$VHN = 1.854 \frac{P}{d^2} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan : VHN = nilai kekerasan permukaan (kg/mm^2)
P = beban terpasang (kg)
d = diagonal rata-rata bekas injakan penetrator (mm)

Pengujian Impak

Pengujian Impak dilakukan untuk mengetahui ketangguhan material terhadap beban kejut. Untuk melakukan uji impak, telah ditentukan bahwa standart tes yang dilakukan adalah standar ASTM D 59942-96 dengan tebal minimal 6 mm.



Gambar.2. Benda uji impak ASTMD 5942-96

Nilai kekuatan impak pada suatu spesimen adalah energi yang diserap setiap satuan luas penampang lintang spesimen uji. Harga kekuatan impak dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$H_i = GR(\cos \beta - \cos \alpha) \dots\dots\dots(2)$$

dengan : H_i : Harga impak (J)
 G : Berat pendulum (kg)
 R : Panjang lengan (m)
 α : Sudut ayunan pendulum sebelum diayunkan ($^{\circ}$)
 β : Sudut ayunan pendulum setelah mematahkan specimen($^{\circ}$)

Pengujian Struktur Mikro

Pengujian Struktur Mikro pada permukaan logam dapat digunakan untuk memprediksi sifat-sifat dari suatu logam, sehingga dapat digunakan untuk membandingkan sifat-sifat dari logam sebelum dan setelah mendapatkan perlakuan permukaan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Karakterisasi Material

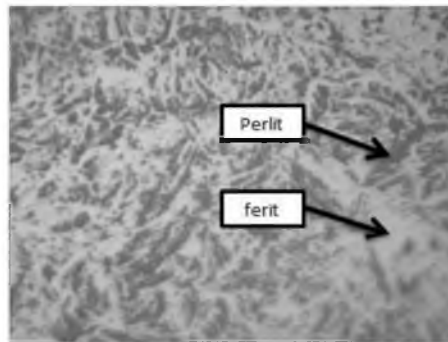
Hasil uji komposisi pada material yang diteliti dengan data pembanding dari komposisi standar Baja SUP 9 menurut standar JIS dari material tersebut terlihat pada Tabel 1 :

Tabel 1. Komposisi Baja SUP 9

Komposisi Unsur Penyusun	Material	
	Spesimen (wt %)	Standar JIS (wt %)
C	0,570	0,56-06,4
Si	0,260	0,15-0,35
Mn	0,870	0,70-1,00
P	0,017	≤0,35
S	0,009	≤0,35
Cr	0,840	0,70-1,00
Ni	0,018	-
Cu	0,0275	-

Dari hasil pengujian komposisi pada Tabel 1, dapat dilihat bahwa spesimen yang diteliti memiliki komposisi unsur penyusun (C, Si, Mn, P, S, Cr) yang masih dalam jangkauan batasan komposisi material standar dari Baja SUP 9 menurut Standar JIS.

Uji karakteristik material lainnya yang dilakukan adalah pengujian struktur mikro pada spesimen. Hasil pengamatan mikrostruktur pada spesimen Baja SUP 9 yang diambil dari bidang permukaan dengan mikroskop optik ditunjukkan pada Gambar 3.

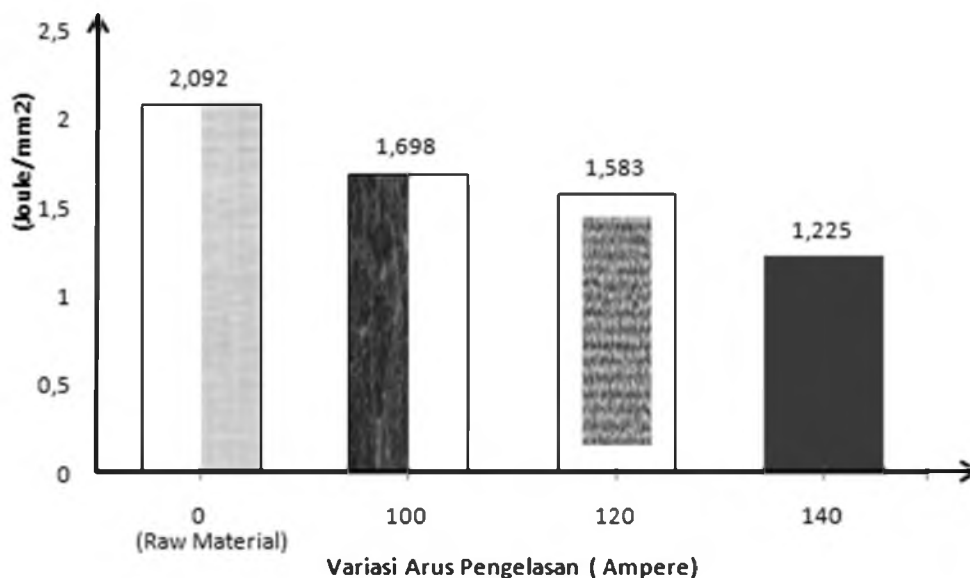
Gambar 3. Struktur mikro *Raw Material* Baja SUP 9

Gambar 3 menunjukkan bahwa struktur mikro Baja SUP 9 didominasi oleh ferit dan perlit, butiran ferit yang berwarna putih (keabu-abuan) dan perlit yang berwarna hitam. Struktur mikro Baja SUP 9 menunjukkan adanya butiran ferit dan perlit yang cukup merata, butiran ferit cenderung lebih halus, sedangkan butiran perlit agak kasar.

Pengujian karakterisasi yang dilakukan untuk mengetahui kekuatan mekanik pada Baja SUP 9 antara lain uji ketangguhan dan uji kekerasan. Hasil uji ketangguhan pada Baja SUP 9 menunjukkan bahwa kekuatan impak dari baja SUP 9 adalah sebesar 2,092 Joule/mm². Selanjutnya pada pengujian kekerasan *raw material* dilakukan pada bidang permukaan material Baja SUP 9. Dari pengujian yang telah dilakukan diperoleh nilai kekerasan rata rata pada *raw material* atau *based metal* adalah sebesar 412,61 kg/mm².

3.2. Hasil Pengujian Impak.

Pengujian kekuatan impak pengelasan pegas daun dari Baja SUP 9 dilakukan dengan variasi arus pengelasan 100 Amper, 120 Amper dan 140 Amper. Hasil pengujian kekuatan impak tersebut dapat pada gambar 4 .



Gambar 4. Hasil Uji Impak.

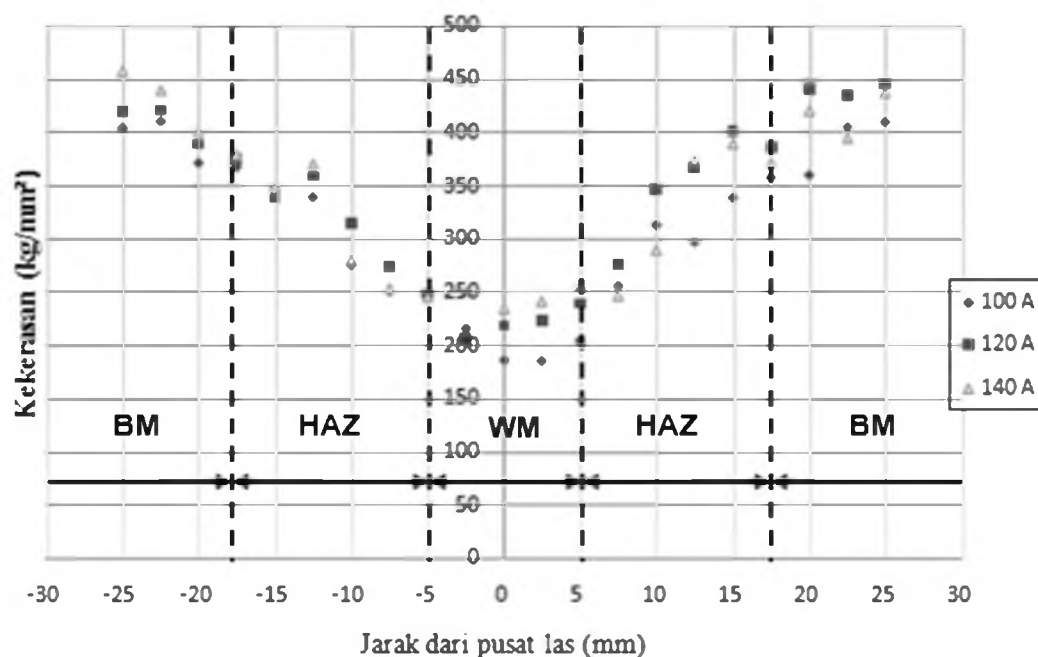
Harga impak pada *Raw Material* memiliki kekuatan impak sebesar 2,092 Joule/mm², arus pengelasan 100 Amper memiliki kekuatan impak 1,698 Joule/mm², arus pengelasan 120 Ampere memiliki kekuatan impak 1,583 Joule/mm², arus pengelasan 140 Amper memiliki

kekuatan impak 1,225 Joule/mm². Dari rincian diatas terlihat jelas bahwa kekuatan impak tertinggi terdapat pada arus pengelasan 100 Ampere dengan kekuatan impak sebesar 1,698 Joule/mm², sedangkan untuk kekuatan impak terendah terdapat pada arus pengelasan 140 Ampere dengan nilai kekuatan impak 1,225 Joule/mm².

Dari data pada Gambar 4. terlihat bahwa kekuatan impak pengelasan pegas daun dari Baja SUP 9 akan mengalami penurunan kekuatan impak seiring dengan naiknya arus pengelasan yang digunakan. variasi arus pengelasan mendapatkan pengaruh terhadap kekuatan impak pada pegas daun dari Baja SUP 9. Hasil pengujian impak menunjukkan adanya kecenderungan penurunan kekuatan impak jika arus pengelasan semakin besar. Perbandingan antara arus dan elektroda yang tidak sesuai akan menyebabkan terjadinya penurunan kekuatan impak. Hal ini kemungkinan disebabkan adanya *heat input* yang terlalu tinggi. *Heat input* ini akan berpengaruh pada ukuran butiran perlit yang ada pada bahan, dimana ukuran perlit lebih besar dari ferit.

3.3. Hasil Pengujian Kekerasan.

Hasil uji kekerasan pada daerah logam induk (*Based Metal-BM*), daerah terpengaruh panas (*Heat Affected Zone-HAZ*) dan daerah logam lasan (*Weld Metal-WM*) untuk variasi arus pengelasan 100 Ampere, 120 Ampere, dan 140 Ampere ditunjukkan seperti pada gambar 5.

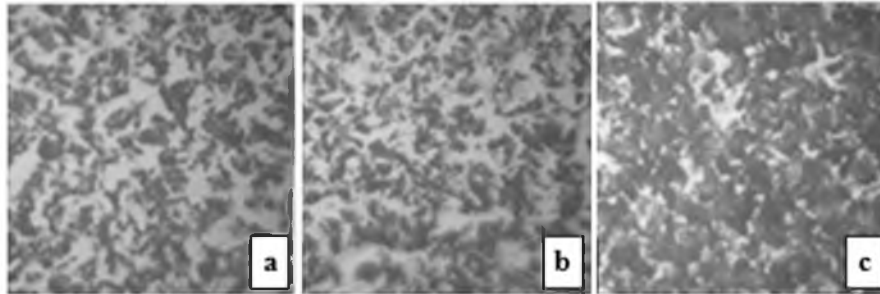


Gambar 5. Grafik Nilai Uji Kekerasan

Gambar 5, memperlihatkan grafik hasil uji kekerasan las SMAW dari pusat las, HAZ dan logam induk. Secara umum terlihat adanya persamaan pola distribusi kekerasan pada kedua sisi lasan. Distribusi kekerasan secara umum berbentuk profil “V”. Nilai kekerasan memiliki kecenderungan turun pada daerah HAZ maupun logam lasan (*weld metal*). Nilai kekerasan terendah terdapat pada bagian logam lasan (*weld metal*). Variasi arus pengelasan 100 Ampere, 120 Ampere dan 140 Ampere memiliki nilai kekerasan yang tidak terlalu jauh berbeda. Nilai kekerasan yang rendah pada daerah WM merupakan adanya indikasi terdapat tegangan sisa akibat adanya penyusutan.

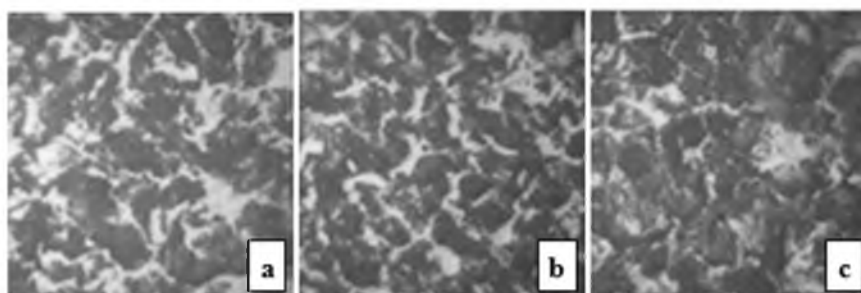
3.4. Hasil Uji Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro pada pengelasan Baja SUP 9 dilakukan pada daerah terpengaruh panas (*Heat Affected Zone- HAZ*), dan daerah lasan (*Weld Metal*) pada *weld pool*. Di samping itu juga telah dilakukan pengujian struktur mikro pada daerah logam induk atau *Based Metal*. Gambar 6 merupakan hasil uji struktur mikro pada daerah HAZ untuk variasi arus pengelasan 100 Ampere, 120 Ampere dan 140 Ampere.



Gambar 6. Struktur mikro HAZ
a).100 Ampere, b).120 Ampere dan c). 140 Ampere

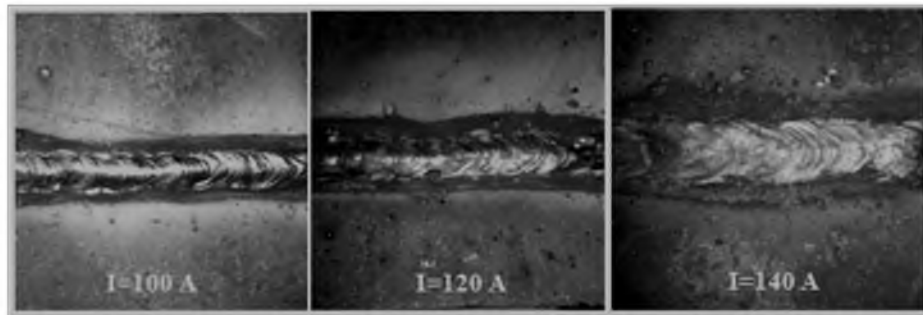
Struktur mikro daerah HAZ menunjukkan bahwa untuk variasi arus 100 Ampere memiliki struktur mikro yang terbentuk adalah ferit dan perlit struktur mikro ini lebih kecil-kecil dan halus. Ini menunjukkan terjadi struktur mikro martensit yang mempunyai sifat keras dan getas, Variasi arus 120 Ampere menunjukkan struktur yang terbentuk adalah ferit dan perlit disini sangat terlihat yaitu dimana butiran-butirannya yang tidak terarah sehingga menyebabkan tidak aturannya ferit. Martensit sendiri terbentuk jika proses pengelasan dan pendinginan sangat cepat. Sedang Variasi arus 140 Amper menunjukkan struktur yang terbentuk adalah ferit, perlit dan martensit. Struktur perlit kelihatan besar dan kasar, dibandingkan dengan ferit cenderung lebih kecil dan tidak banyak. Struktur mikro yang terbentuk menunjukkan adanya bentuk dan distribusi dari butiran struktur mikro yang ada tidak terarah, sehingga terjadi struktur mikro martensit. Selanjutnya pada gambar 7 merupakan hasil uji struktur mikro pada daerah lasan (*Weld Metal*) dari hasil pengelasan Baja SUP 9.



Gambar 7. Struktur mikro daerah lasan
a). 100 Ampere, b).120 Ampere dan c). 140 Amper

Pada Gambar 7, dapat dilihat bahwa untuk variasi arus pengelasan 100 Amper memiliki struktur mikro yang terdiri dari ferit dan perlit. Struktur mikro untuk ferit terlihat distribusinya merata dengan ukuran butiran yang lebih kecil sedangkan pada fase perlit juga terlihat merata namun dengan ukuran butiran yang lebih besar. Kemudian pada variasi arus pengelasan sebesar 120 Amper menunjukkan struktur mikro ukuran butiran perlit lebih

mendominasi dari ukuran butiran feritnya. Selanjutnya pada penggunaan arus pengelasan sebesar 140 Ampere menunjukkan bahwa struktur mikro dari perlit memiliki ukuran butiran yang lebih besar dan lebih banyak jika dibandingkan dengan variasi arus 100 Ampere dan 120 Ampere.



Gambar 8. Bentuk Manik Pengelasan

Gambar 8 merupakan foto makro hasil pengelasan SMAW untuk Baja SUP 9. Gambar tersebut juga memberikan informasi tentang kualitas hasil pengelasan untuk variasi arus pengelasan sebesar 100 Ampeer, 120 Ampere dan 140 Ampere. Dari Gambar 8 dapat dilihat bahwa ada perbedaan bentuk manik las yang dihasilkan. Pada arus 100 Ampere dihasilkan bentuk manik yang lebih sempit jika dibandingkan dengan bentuk manik dengan untuk variasi arus pengelasan 120 Ampere dan 140 Ampere. Bentuk manik ini ternyata berpengaruh pada nilai ketangguhannya. Selanjut pada Gambar 8 menunjukkan adanya perbedaan luas daerah HAZ, berturut-turut untuk variasi arus pengelasan 100 Ampere, 120 Ampere dan 140 Ampere. Semakin besar arus pengelasan yang digunakan maka luasan daerah HAZ juga semakin besar. Hal ini disebabkan oleh besar *heat input* yang semakin besar namun material yang dikerjakan memiliki spesifikasi dan dimensi yang sama, sehingga dengan demikian daerah HAZ yang terbentuk semakin besar. Daerah HAZ yang semakin besar tersebut dapat menurunkan sifat mekanik dari material Baja SUP 9. Penurunan sifat mekanik ini sebagai akibat dari adanya *heat input* yang turut merubah struktur mikro Baja SUP 9. Adanya *heat input* tersebut menyebabkan perubahan ukuran butiran di daerah HAZ menjadi lebih besar. Adanya *grain growth* pada daerah HAZ maka material akan semakin lunak bila dibandingkan dengan daerah logam induk.

4. Kesimpulan

1. Nilai kekuatan impak memiliki kecenderungan semakin turun dengan penggunaan arus pengelasan yang semakin tinggi. Untuk variasi arus pengelasan 100 Ampere memiliki ketangguhan impak nilai tertinggi yaitu sebesar 1,698 Joule/mm².
2. Nilai kekerasan memiliki pola yang sama untuk semua variasi arus pengelasan. Nilai kekerasan tertinggi terdapat pada spesimen variasi pengelasan arus 140 Ampere.
3. Struktur mikro untuk semua variasi arus pengelasan yang digunakan terdiri dari ferit dan perlit. Struktur mikro yang terbentuk sangat dipengaruhi oleh besarnya *heat input* yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andika, B., 2010, “*Pengaruh Temperatur Dan Waktupenahanan Saat Partitioning Pada Proses Quenching dan Partitioning Terhadap Sifat Mekanik Baja Pegas JIS SUP 9A*”, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, ITS, Surabaya.
- Arifin, S., 1997, “*Las Listrik dan Otoge*”, Ghalia Indonesia, Jakarta.
- Gupta, R.B., 2001, “*Material Science*” Satya Prakasan Tech India Publication Inc, New Delhi.
- Ichlas, N. dkk, 2005, “*Analisis Pengaruh Media Pendingin Dari Proses Perlakuan Panas Terhadap Kekuatan Sambungan Pegas Daun Dengan Las SMAW*”, Jurnal Teknik Mesin. Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Padang
- Nainggolan, A., 2010, “*Analisa Pengaruh Variasi Arus Terhadap Sifat Mekanik Hasil Pengelasan SMAW Pada Baja AISI 4140*”, Teknik Material dan Metalurgi, ITS, Surabaya
- Putra, D.P., 2011, “*Analisa Hasil Pengelasan SMAW Pada Baja Tahan Karat Feritik Dengan Variasi Arus Dan Elektroda*”, Teknik Material dan Metalurgi, ITS., Surabaya
- Rusihan., 2010, “*Pengaruh Arus Pada Pengelasan SMAW Multilayer Antara Austenit Stainlees Steel S30815 Dengan Baja Karbon A36 Terhadap Struktur Mikro Dan Sifat Mekanik*”, Jurusan Teknik Mesin ITS, Surabaya.
- Suizta, V.K., 2010, “*Pengaruh Proses Laku Panas Quenching And Partitioning Terhadap Umur Lelah Baja Pegas Daun JIS SUP 9A Dengan Metode Reversed Bending*”, Jurusan Teknik Mesin ITS, Surabaya.
- Sonowan, H., Suratman, R., 2004, *Pengantar Untuk Memahami Pengelasan Logam*, Alfa Beta, Bandung.
- Utama, T.C., 2011, “*Analisa Pengaruh Arus Pengelasan Terhadap Sifat Mekanik Pada Proses Pengelasan SMAW Dengan Menggunakan Elektroda E7018*”, Teknik Permesinan Kapal, ITS.
- Wirjosumarto, H., Okumuro, T., 2004, “*Teknologi Pengelasan Logam*”, Cetakan.9. PT Pradnya Paramita, Jakarta.

