

ANALISA VARIASI KUAT ARUS LISTRIK LAS SMAW PADA DAERAH LASAN BAJA KARBON MENENGAH 0.381 %C TERHADAP KEKERASAN DAN KETANGGUHAN

Jumiadi¹
R. Djoko Andrijono²

Abstrak

Las SMAW (Shielded Metal Arc Welding) merupakan proses pengelasan busur listrik elektroda terumpan yang berfungsi untuk menyambung dua buah logam, dimana salah satu jenis logam yang dilas adalah baja karbon menengah 0.381 % C. Hasil dari proses pengelasan logam tersebut disebut dengan daerah lasan yang terdiri dari : logam induk, daerah pengaruh panas, dan logam lasan. Parameter penelitian meliputi variasi kuat arus listrik (I) 60, 120, 180 Amper, elektroda yang dipergunakan AWS E 6010 dengan panjang elektroda 35 mm dan diameter kawat elektroda 3,2 mm kawat elektroda termasuk baja karbon menengah yang mempunyai komposisi karbon 0.326 % C, mekanisme pendinginan daerah lasan menggunakan media udara, serta jenis sambungan tumpul dengan bentuk kampuh V tunggal.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa, semakin tinggi variasi kuat arus listrik (I), maka sifat kekerasan daerah pengaruh panas dan logam lasan semakin meningkat yaitu dari 90,7 HRB hingga 97,8 HRB kecuali logam induk tidak terjadi perubahan sifat kekerasan yaitu 84,7 HRB, sedangkan untuk sifat ketangguhan pada daerah lasan dengan variasi kuat arus listrik (I) didapatkan sifat ketangguhan semakin menurun yaitu 0,68 joule/mm.² hingga 0,33 joule/mm.².

Kata Kunci : las SMAW, daerah lasan, kuat arus, kekerasan, ketangguhan

PENDAHULUAN

Teknologi las pada industri manufaktur umumnya digunakan untuk proses penyambungan, reparasi dan pemotongan, khususnya pada proses penyambungan pada dua buah logam memerlukan bahan penyambung atau dikenal dengan elektroda yang selanjutnya elektroda dicairkan bersama - sama dengan bibir kampuh melalui sumber energi panas yang berasal dari energi listrik. Pada penelitian yang dilakukan jenis logam yang akan dilakukan proses pengelasan setelah dilakukan uji komposisi kimia termasuk bahan baja karbon menengah 0.381 % C yang selanjutnya dilakukan proses pengelasan dengan las busur listrik elektroda terbungkus atau yang dikenal dengan sebutan

las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*). Adapun perasalahan yang akan dikaji dala penelitian ini adalah 1) bagaimana pengaruh variasi kuat arus listrik terhadap sifat ketangguhan setelah baja karbon menengah 0.381 % C dilakukan proses pengelasan dengan las SMAW, 2) bagaimana pengaruh variasi kuat arus listrik terhadap sifat kekerasan setelah baja karbon menengah 0.381 % C dilakukan proses pengelasan dengan las SMAW. Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah 1) membandingkan sifat kekerasan dan struktur mikro pada logam induk, daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) dan logam lasan pada setiap variasi kuat arus listrik setelah baja karbon menengah 0.381% C mengalami proses pengelasan dengan las SMAW. 2)

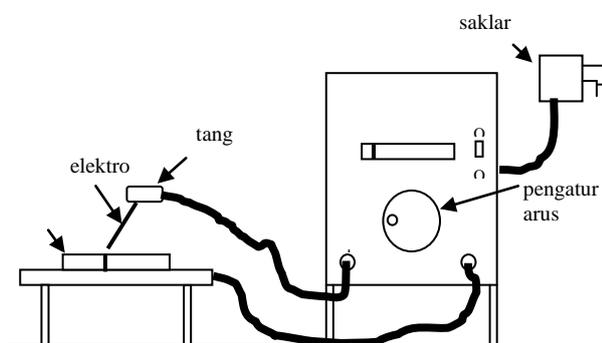
¹ Dosen Teknik Mesin Bidang Keahlian Metalurgi Unmer Malang

² Dosen Teknik Mesin Bidang Keahlian Metalurgi Unmer Malang

membandingkan sifat ketangguhan daerah lasan pada setiap variasi kuat arus listrik setelah baja karbon menengah 0.381 % C mengalami proses pengelasan dengan las SMAW.

KAJIAN PUSTAKA

SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) atau yang dikenal dengan nama las busur listrik elektroda terbungkus ialah jenis proses las busur listrik elektroda terumpun dengan menggunakan energi listrik yang dirubah menjadi busur listrik. Elektroda yang digunakan terdiri dari kawat sebagai logam pengisi dan fluk (*flux*) sebagai pelindung. Mekanisme terjadinya busur listrik pada pengelasan SMAW karena adanya aliran Arus listrik pada logam induk dan elektroda yang masing – masing mempunyai arus listrik bermuatan positif dan negatif, sehingga bila didekatkan ± 2 mm maka akan timbul busur listrik. Panas dari busur listrik tersebut, mengakibatkan logam induk dan elektroda mencair dan membeku bersama - sama menjadi endapan las (*deposite*)



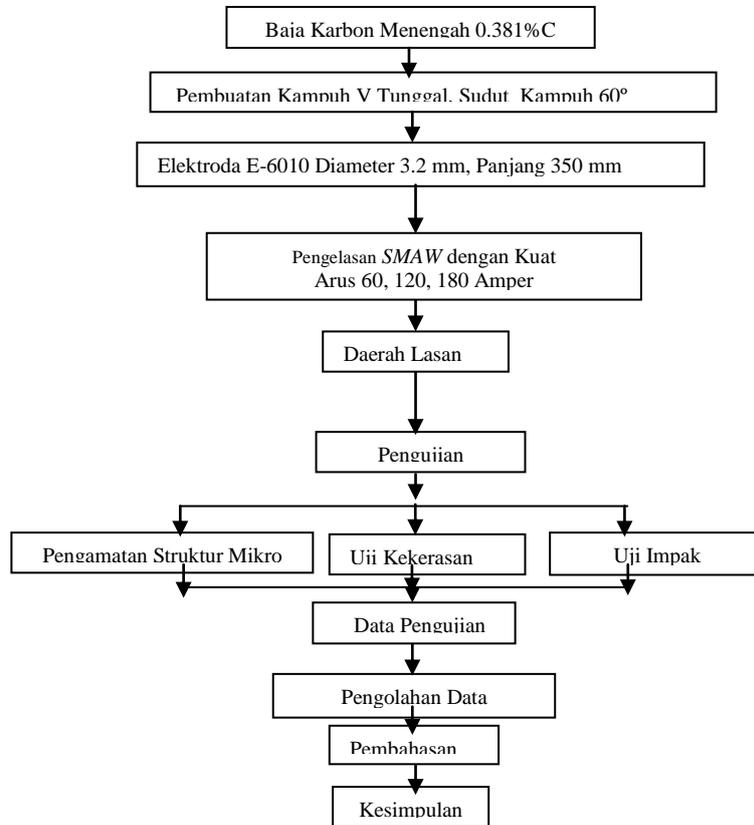
Gambar 1. Skema mesin las SMAW (W Kenyon, 1985)

Dalam melakukan proses pengelasan, arus listrik yang digunakan dapat berupa arus listrik AC (*Alternating Current*) atau DC (*Direct Current*). Sumber busur arus listrik DC dapat dirangkai secara polaritas lurus atau polaritas balik. Polaritas lurus atau DCEN (*Direct Current Electrode Negative*) adalah, kutup positif dihubungkan dengan logam induk dan kutup negatif dihubungkan dengan batang elektroda, rangkaian ini mengakibatkan elektron bergerak dari elektroda dan menumbuk logam induk sehingga didapat penetrasi yang dalam dari hasil lasan. karena pada elektroda tidak terjadi tumbukan elektron maka secara relatif suhu elektroda tidak terlalu tinggi. Sedangkan polaritas balik atau DCEP (*Direct Current Electrode Positive*) adalah, kutup negatif dihubungkan dengan logam induk dan kutup positif dihubungkan dengan batang elektroda, rangkaian tersebut mengakibatkan elektron bergerak dari logam induk dan menumbuk elektroda sehingga didapat penetrasi yang dangkal.

Dalam proses pengelasan, kuat ikatan yang dihasilkan pada endapan las tergantung dari besarnya arus listrik (A), menurut rumus yang berlaku jika arus semakin besar maka energi yang keluar akan semakin besar pula hal ini dapat diketahui dari persamaan berikut $W = A \times V$ dimana V adalah tegangan dari energi listrik dinyatakan dalam volt dan nilainya konstan. jadi bila pada saat pengelasan arus terlalu tinggi maka akan menghasilkan energi panas yang berlebih pada busur listrik (Harson Wiryosumarto,1991)

METODOLOGI PENELITIAN

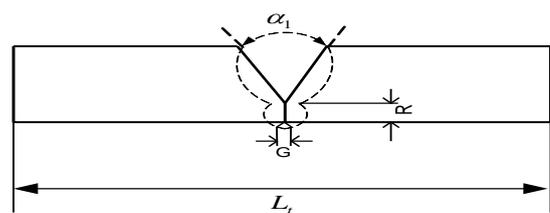
Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Prosedur Pengujian

Sebelum Proses Pengelasan, yaitu mempersiapkan bahan yang digunakan sebagai logam induk terbuat dari baja karbon menengah 0.381 % C yang berbentuk *Slab* dengan ukuran panjang 150 mm lebar 105 mm, dan tebal 11 mm sejumlah 1 buah. *Slab* selanjutnya dilakukan proses kerja bangku untuk membuat kampuh V tunggal dengan sudut 60° sejumlah 6 buah (setelah dipotong) yang mempunyai ukuran panjang 75 mm, lebar 35 mm, dan tebal 11 mm.



Gambar 3. Kampuh V Tunggal. (Harsono Wiryosumarto, 1991)

Keterangan:

- | | |
|---------------------------|------------------|
| Sudut kampuh (α) | = 60° . |
| Tebal spesimen (T) | = 11 mm. |
| Celah akar (R) | = 0 mm. |
| Kaki akar (G) | = 1 mm. |
| Panjang (L_t) | = 150 mm |

Seperangkat mesin las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*)

Logam induk baja karbon menengah 0.318 % C

Jenis elektroda AWS (*American Welding Society*) E-6010 dengan panjang elektroda 350 mm dan diameter kawat elektroda 3,2 mm

Pendinginan dengan media udara

Jenis sambungan kampuh “ V ” tunggal, sudut kampuh 60⁰

Variasi kuat arus listrik las SMAW 60, 120, 180 Amper

Tegangan listrik *input* 220 volt *output* 35 volt

Pengelasan Logam Induk

Slab yang sudah dipotong menjadi 6 bagian dan dilengkapi dengan bentuk kampuh V tunggal, sebelum melakukan pengelasan langkah awal adalah pembersihan daerah kampuh dari kotoran (karat, debu, oli) agar tidak terjadi cacat las lubang – lubang dalam (*internal porosity*) pembersihan dengan cara disikat dengan menggunakan sikat baja sampai bersih. Mekanisme selanjutnya kedua logam induk diletakkan pada meja datar dengan posisi segaris, logam induk dialiri arus positif dan elektroda dialiri arus negatif, penyetelan arus disesuaikan dengan penelitian yaitu 60, 120, 180 Amper dengan cara memutar *handle* pengatur arus

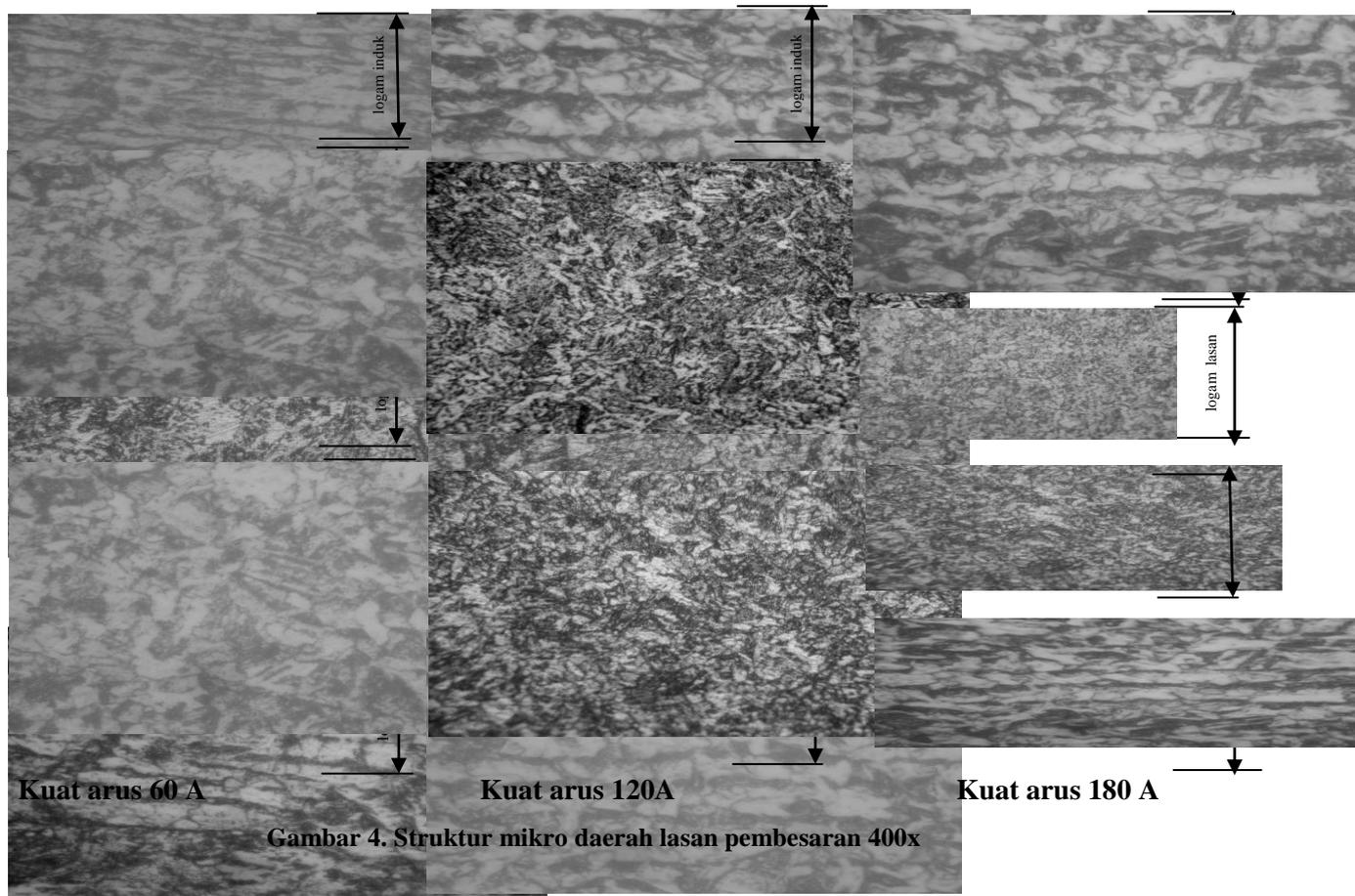
setelah semua siap batang elektroda E 6010 dijepit pada tang penjepit las SMAW, saklar dinyalakan maka proses pengelasan dengan las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) berlangsung, setelah selesai dilakukan proses pengelasan menghasilkan 3 buah sambungan las.

Pengujian Hasil Pengelasan

1. Pengujian struktur mikro dilakukan untuk mengetahui perubahan butiran pada logam induk, daerah HAZ dan logam lasan setelah dilakukan proses pengelasan dengan las SMAW(*Shielded Metal Arc Welding*),
2. Pengujian kekerasan menggunakan metode *Rockwell Hardness Tester* dengan penekan kerucut intan (*diamond cone*), beban mayor yang diberikan 150 kg dan beban minor 10 kg, pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kekerasan daerah lasan baja barbon menengah 0.381 % C setelah mengalami proses pengelasan SMAW.
3. Untuk melakukan uji impak, ketiga hasil pengelasan dengan variasi kuat arus listrik tersebut dibuat spesimen uji impak dengan standar *ASTM Designation E 20 – 56T*. Mekanisme uji impak menggunakan metode *Charpy*.

HASIL PENELITIAN

Pengamatan Struktur Mikro



Gambar 4. Struktur mikro daerah lasan pembesaran 400x

Data Hasil Uji Keras

Tabel 1. Hasil Pengujian Kekerasan Pada Variasi Kuat Arus

No	Kuat Arus	Logam Induk		Daerah HAZ		Logam Lasan	
		Besar Butir (µm)	Kekerasan HRB	Besar Butir (µm)	Kekerasan HRB	Besar Butir (µm)	Kekerasan HRB
1	60A	0,038	83,5	0,026	91	0,026	91,5
2		0,036	85,5	0,025	90,5	0,021	92
3		0,041	85	0,027	91	0,019	92,6
4		0,031	84	0,025	90	0,017	92,2
5		0,052	8,5	0,022	90	0,017	92,5
Rata-rata		0,039	84,7	0,025	90,7	0,020	92,1
1	120A	0,036	84,5	0,022	92,5	0,020	94,5
2		0,041	85,5	0,020	93	0,015	94,5
3		0,039	83,7	0,016	92,5	0,017	94
4		0,054	85	0,015	93,6	0,018	94
5		0,034	84,6	0,018	92	0,021	93
Rata-rata		0,039	84,7	0,018	92,7	0,017	94,3
1	180A	0,042	84	0,012	95	0,012	97,6
2		0,033	85	0,020	94,5	0,013	98,5
3		0,037	85,5	0,012	93,5	0,014	97,5
4		0,041	85,5	0,012	93	0,013	97,4
5		0,042	83,7	0,017	95	0,015	98
Rata-rata		0,039	84,7	0,014	94,2	0,013	97,8

Data Hasil Uji Impak

Tabel 2. Hasil Pengujian Ketangguhan Pada Variasi Kuat Arus

No	Kuat Arus	Logam Hasil Pengelasan		Pola Patahan
		Besar Butir (μm)	Ketangguhan Joule/ mm^2	
1	60A	0,038	0,67	Patah getas
2		0,036		
3		0,041	0,70	
4		0,031		
5		0,052	0,66	
Rata-rata		0,039	0,68	
1	120A	0,036	0,56	Patah getas
2		0,041		
3		0,039	0,53	
4		0,054		
5		0,034	0,49	
Rata-rata		0,039	0,54	
1	180A	0,042	0,31	Patah getas
2		0,033		
3		0,037	0,34	
4		0,041		
5		0,042	0,33	
Rata-rata		0,039	0,33	

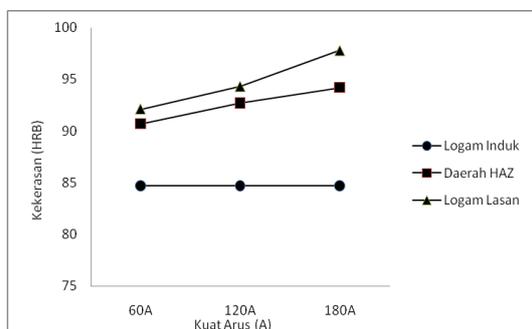
PEMBAHASAN

Logam induk (*base metal*) atau disebut juga dengan daerah yang tidak terpengaruh panas (*unaffected zone*) merupakan bagian dari daerah lasan, dimana variasi kuat arus listrik (*I*) semakin tinggi yang berasal dari energi listrik pada mesin las *SMAW* (*Shielded Metal Arc Welding*) tidak mempengaruhi sifat kekerasan dan struktur mikro. Hasil uji kekerasan pada logam induk diperoleh angka kekerasan rata – rata 84.7 HRC (tabel 1) (gambar 5), angka kekerasan pada logam induk tidak mengalami perubahan (konstan) dengan pemakaian kuat arus listrik (*I*) semakin tinggi. Faktor yang mempengaruhi tidak terjadinya perubahan sifat kekerasan setelah proses pengelasan berlangsung adalah tidak terjadinya perubahan besar butir logam induk (gambar 4). Logam induk mempunyai besar butir rata – rata sebesar 0.039 μm (tabel 1). Daerah pengaruh panas atau *HAZ* (*Heat Affected Zone*) merupakan bagian dari daerah lasan (*weldment*) yang letaknya

bersebelahan dengan logam lasan (*weld metal*) dimana selama proses pengelasan mengalami siklus pemanasan dan pendinginan. Hasil uji kekerasan pada daerah pengaruh panas (tabel 1), kuat arus listrik 60 A angka kekerasan sebesar 90.7 HRC, dan kuat arus 120 A angka kekerasan sebesar 92.7 HRC, atau angka kekerasan meningkat 2.15 %, sedangkan kuat arus listrik 180 A angka kekerasan sebesar 94.2 HRC atau meningkat 3.74 %. Angka kekerasan secara umum mengalami peningkatan, fenomena ini berdasarkan pengamatan struktur mikro pada daerah pengaruh panas (gambar 4 a-4c), secara umum perubahan ukuran besar butir, yang semakin halus dengan semakin naiknya kuat arus listrik pada setiap logam induk (gambar 5) , perubahan pada struktur mikro ini terjadi karena dipengaruhi oleh siklus termal dan mekanisme pendinginan udara, sehingga besar butir cenderung semakin halus (*fine pearlite and ferrit*) (gambar 4).

Logam lasan (*weld metal*) atau yang disebut juga dengan deposit las (*weld*

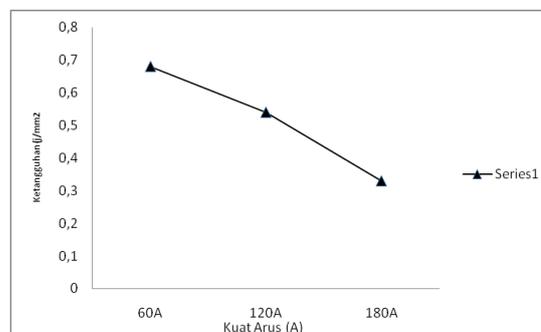
deposite) merupakan bagian dari daerah lasan (*weldment*), dimana logam lasan berasal dari peleburan antara logam induk dan elektroda yang mencair bersama – sama akibat adanya termal dari energi listrik melalui las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*). Logam lasan merupakan daerah yang paling tinggi menerima masukan panas (*heat input*) dari kuat arus listrik (*I*) yang semakin meningkat, sehingga mempengaruhi sifat kekerasan dan struktur mikro. hasil uji kekerasan pada logam lasan dengan kuat arus listrik 60 A angka kekerasan 92.16 HRC dan kuat arus listrik 120 A angka kekerasa 94.3 HRC, atau mengalami peningkatan kekerasan 2,26 %. Sedangkan kuat arus listrik 180 A angka kekerasanya 97.8 HRC, atau meningkat 5,84 %.(gambar 5).



Gambar 5. Grafik Hubungan Kekerasan terhadap Kuat Arus Hasil Pengelasan

Dari gambar 5.dapat dilihat bahwa hasil pengujian kekerasan daerah lasan pada setiap variasi kuat arus listrik secara umum didapatkan angka kekerasan semakin meningkat, semakin meningkatnya angka kekerasan tersebut disebabkan oleh siklus termal pada daerah lasan yang semakin meningkat, dimana nilai termal tersebut tergantung dari besarnya kuat arus listrik yang digunakan, sehingga semakin besar kuat

arus listrik menyebabkan perubahan fasa ferit (α) dan perlit ($\alpha + Fe_3C$) serta besar butir, perubahan tersebut khususnya terjadi pada daerah pengaruh panas dan logam lasan, siklus termal tersebut mengakibatkan fasa perlit ($\alpha + Fe_3C$) pada daerah tersebut lebih dominan dari pada fasa ferit (α) dan besar butir fasa perlit ($\alpha + Fe_3C$) dan ferit (α) semakin halus, sehingga pada daerah lasan khususnya logam lasan dan daerah pengaruh panas dengan semakin naiknya kuat arus listrik maka sifat kekerasan akan semakin naik



Gambar 6. Grafik Hubungan Kekerasan terhadap Kuat Arus Hasil Pengelasan

Dari gambar 6 dapat dilihat bahwa hasil uji impact pada setiap variasi kuat arus listrik secara umum didapatkan harga impact yang semakin menurun (gambar 6), kuat arus listrik 60 A harga impact sebesar 0.68 joule/mm² dan kuat arus listrik 120 A harga impact sebesar 0.54 joule/mm², atau menurun 20.2 % sedangkan kuat arus listrik 180 A harga impact 0.334 joule/mm² atau menurun 59.36 %. Penurunan harga impact tersebut berdasarkan pengamatan struktur mikro (gambar 4a – 4c) fasa perlit ($\alpha + Fe_3C$) lebih dominan dari fasa ferit (α) dan juga ukuran besar butir pada daerah lasan

untuk setiap variasi kuat arus juga tidak sama atau semakin naiknya kuat arus listrik yang diberikan pada las SMAW menyebabkan ukuran besar butir fasa perlit ($\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$) dan ferit (α) semakin halus pada daerah lasan, khususnya logam lasan dan daerah pengaruh panas, (tabel 2) (gambar 6) sehingga harga impak atau sifat ketangguhan cenderung menurun. Demikian juga dapat dilihat bahwa dengan semakin besarnya harga kekerasan logam hasil pengelasan maka akan terjadi penurunan harga impaknya, hal ini dikarenakan loga yang mempunyai kecenderungan kekerasannya meningkat maka sifat kegetasannya eningkat pula sehingga berdampak pada penurunan harga *impact strength*nya. Pada hasil uji impak didapatkan pula bentuk pola patahan yang sama yaitu jenis patah getas dengan ciri – ciri bidang patahan tampak mengkilat dan berbutir, serta harga impak yang dihasilkan relatif rendah (tabel 2).

SIMPULAN

1. Variasi kuat arus listrik yang semakin tinggi meningkatkan sifat kekerasan menurunkan sifat ketangguhan dan merubah struktur mikro logam induk
2. Sifat kekerasan logam induk lebih rendah bila dibandingkan dengan sifat kekerasan logam lasan berdasarkan bentuk dan ukuran butirnya.
3. Perubahan struktur mikro daerah lasan khususnya pada daerah HAZ dan logam lasan menyebabkan sifat kekerasan meningkat dan sifat ketangguhan menurun

DAFTAR PUSTAKA

- Harsono Wiryosumarto, Ir.Dr. Prof. 1991, *Teknologi Pengelasan Logam*, Cetakan ke lima, PT Pradya Paramita, Jakarta.
- P. Polukhin, dkk,1977, *Metal Process Engineering*, Mir Publishers, Moscow
- Sidney H. Avner,1987, *Introduction To Physical Metallurgy*, Second Edition, New York City Community College
- Sriati Djapri, 1983, *Teknologi Mekanik*, Edisi Ketuju, Versi SI, Jilid 1, Erlangga, Jakarta.
- Tata Surdia, 1995, *Pengetahuan Bahan Teknik*, PT Pradaya Paramita, Jakarta.
- W. Kenyon, 1985, *Dasar – dasar Pengelasan*, Erlangga, Jakarta.
- William F. Smith, 1990, *Principles of Materials Science and Engineering*, secon edition, Profesor of Engineering University of New York.