

ANALISIS KOMPOSISI KIMIA DAN STRUKTUR MIKRO PADA DAERAH LASAN BAJA KARBON MENENGAH 0.381% C DENGAN VARIASI KUAT ARUS LISTRIK LAS SMAW

R. Djoko Andrijono¹
Jumiadi²

Abstraksi

Las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) merupakan proses pengelasan busur listrik elektroda terumpun 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. Tujuan dari penelitian ini untuk menguji perubahan dan struktur mikro daerah lasan. Parameter penelitian meliputi variasi kuat arus listrik (I) 60, 120, 180 ampere, 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, serta jenis sambungan tumpul dengan bentuk kampuh V tunggal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, dengan perubahan variasi kuat arus listrik, maka terjadi pula perubahan struktur mikro yaitu perubahan besar butir dan perubahan persen fasa pada daerah lasan dan daerah HAZ, serta perubahan komposisi kimia.

Kata Kunci : Las SMAW, Kuat Arus, Daerah Lasan, Daerah HAZ, Komposisi Kimia, Besar Butir, Fasa

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

permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah bagaimana hubungan antara komposisi kimia serta struktur mikro pada logam induk sebelum pengelasan dengan komposisi kimia logam lasan setelah baja karbon menengah 0.381% C dilakukan proses pengelasan dengan las SMAW. Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah : 1). membandingkan komposisi kimia 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). membandingkan struktur mikro daerah lasan pada setiap variasi kuat arus listrik setelah baja karbon menengah 0.381% C mengalami proses pengelasan dengan las SMAW.

¹ Dosen Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang

² Dosen Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang

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 (*deposit*)

Daerah pengaruh panas atau HAZ (*Heat Affected Zone*) terjadi pada semua logam yang mengalami pengelasan, daerah ini struktur logam selalu mengalami perubahan struktur mikro hal ini disebabkan karena adanya siklus termal yang cepat dan pendinginan sepanjang proses pengelasan berlangsung, bentuk struktur daerah las adalah *acicular* (seperti jahitan). Mekanisme pembekuan dan distribusi temperatur pembekuan pada hasil pengelasan baja karbon berupa endapan logam lasan (*deposit*), yang erupakan batas peleburan (*fusion zone*) atau batas las, disini logam terdiri dari fasa cair serta campuran antara fasa padat dan fasa cair. Pada daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) disini logam mengalami

panas lebih sehingga terjadi pertumbuhan butir berlebih yang berbentuk *acicular* (seperti jahitan) daerah ini merupakan titik yang paling rapuh dan lemah pada hasil lasan karena bentuk butirannya kasar. Pada daerah lasan, logam mengalami temperatur 1100°C temperatur ini merupakan temperatur penormalisasian pada baja, disini bentuk butir logam lebih halus karena terjadi pertumbuhan butir-butir logam, daerah ini mempunyai sifat mekanis yang lebih baik bila dibandingkan dengan daerah HAZ (*Heat Affected Zone*), daerah selanjutnya terjadi pertumbuhan butir yang tidak sempurna) karena temperatur pemanasan yang terjadi antara titik kritis A_1 dan A_3 sehingga didapatkan pertumbuhan butir ferit (α) yang kasar, serta ferit (α) dan perlit ($\alpha + Fe_3C$) yang halus. Pada daerah loga induk, butir logam tidak mengalami perubahan karena panas pada daerah tersebut belum dapat merubah struktur butiran atau masih dibawah garis A_1 (P. Polukhin, 1977)

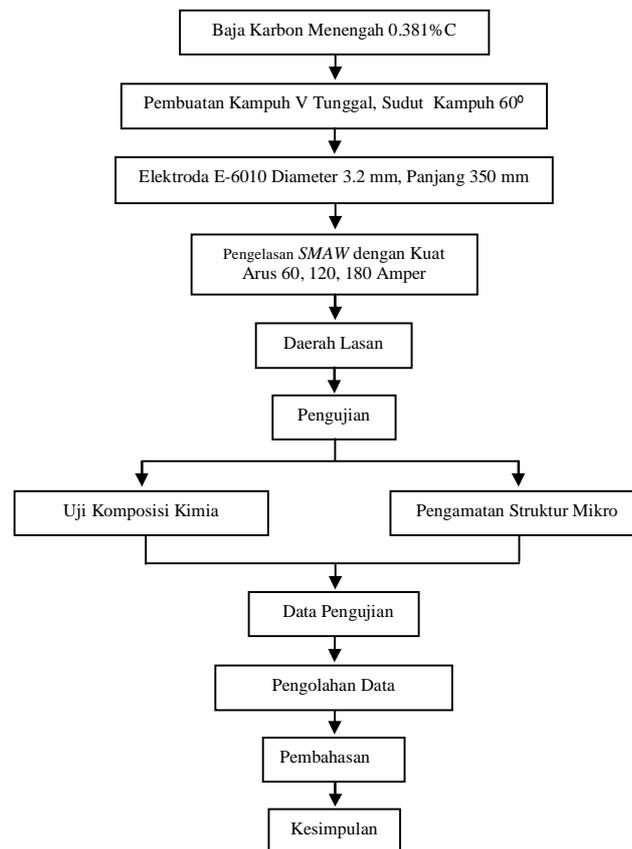
Faktor lain yang mempengaruhi sifat mampu las baja adalah komposisi kimia. Karbon (C) mempunyai pengaruh yang sangat besar pada mutu lasan, bila kandungan karbon (C) meningkat dapat mempengaruhi kekuatan, kekerasan, dan ketangguhan pada hasil lasan. Baja yang mempunyai kandungan karbon (C) 0.27% mempunyai sifat mampu las yang lebih baik pada semua teknik dan jenis pengelasan, pada kandungan karbon (C) 0.35% hasil pengelasan yang memuaskan dapat diperoleh dengan cara memilih jenis pengelasan yang sesuai dengan jumlah

karbon (C) tersebut, struktur baja dengan komposisi karbon (C) lebih dari 0.36% hasil pengelasan rentan dengan retak, untuk mengatasi hal tersebut dilakukan pemanasan mula dan pemanasan akhir atau menggunakan cara lain yaitu memilih jenis elektroda yang berkadar karbon (C) dan hidrogen (H₂) rendah serta untuk meningkatkan kekuatan pada hasil lasan dapat dipilih jenis elektroda yang mempunyai

komposisi mangan (Mn) dan silikon (Si). Phospor (P) dalam baja bila komposisinya lebih dari 0.04% mempunyai dampak kurang baik pada sifat mekanis logam lasan yaitu terjadinya peningkatan kerapuhan. Sulfur (S) mempunyai efek yang sangat merugikan bila kandungan sulfur (S) diatas 0.04% selain meningkatkan kerapuhan sulfur (S) juga dapat menurunkan temperatur logam baja (P. Polukhin, 1977).

METODOLOGI PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian



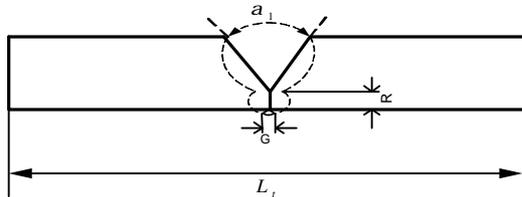
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

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 2. **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_i) = 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 60° .

Variasi kuat arus listrik las SMAW 60, 120, 180 ampere.

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 ampere 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.

Uji Komposisi Kimia Logam Lasan.

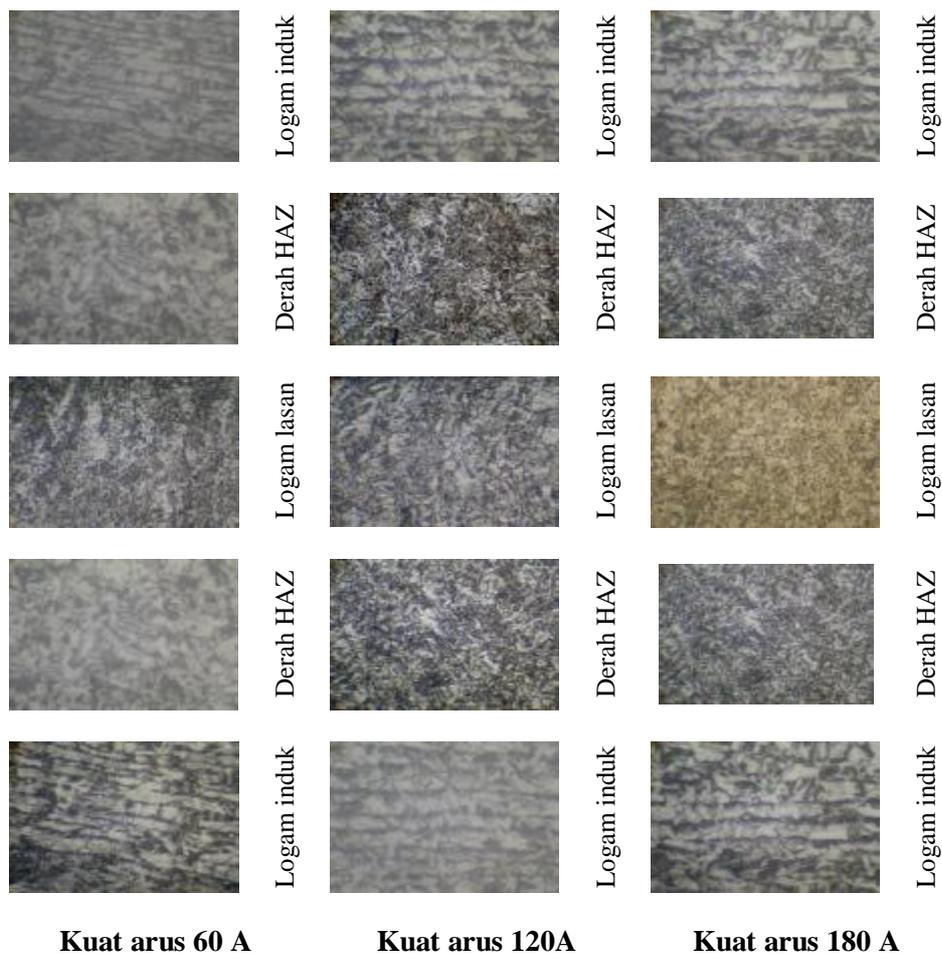
Baja karbon menengah 0.381% C yang telah dilakukan proses pengelasan dengan las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) dilakukan uji komposisi kimia pada logam lasan, pengujian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi kimia dan unsur logam lasan dengan menggunakan alat spektrometer, cara kerja alat ini adalah mendeteksi dari pantulan gelombang yang diberikan alat ini ke logam lasan yang nantinya dari masing-masing unsur yang terdapat pada logam lasan akan memantulkan panjang gelombang yang tidak sama sehingga dari panjang gelombang yang tidak sama ini komposisi kimia logam lasan dapat dianalisa oleh alat tersebut.

HASIL PENELITIAN

Data Uji Komposisi Kimia Elektroda E 6010, Logam Induk dan Logam Lasan pada Setiap Variasi Kuat Arus Listrik

Tabel 1. Data Komposisi Kimia Elektroda E 6010, Logam Induk dan Logam Lasan pada Setiap Variasi Kuat Arus Listrik.

Unsur	Simbol	Komposisi kimia (%)				
		Elektroda	Logam induk	Logam lasan 60 A	Logam lasan 120 A	Logam lasan 180 A
Karbon	C	0.326	0.381	0.397	0.409	0.572
Mangan	Mn	0.420	0.605	0.721	0.794	0.965
Phosphor	P	0.015	0.043	0.040	0.045	0.042
Sulfur	S	0.032	0.049	0.030	0.027	0.011
Silikon	Si	0.253	0.206	0.375	0.582	0.847
Nikel	Ni	0.020	0.058	0.189	0.359	0.516
Chrom	Cr	0.011	0.093	0.167	0.277	0.324
Molibden	Mo	< 0.010	0.235	0.081	0.075	0.026
Aluminium	Al	0.032	0.037	0.037	0.041	0.034
Cobalt	Co	< 0.007	< 0.011	< 0.010	< 0.010	< 0.010
Wolfram	W	< 0.010	< 0.011	< 0.010	< 0.010	< 0.010
Besi	Fe	98.854	98.271	97.941	97.371	96.643



Gambar 3. Struktur Mikro Daerah Lasan Pembesaran 400x

Penghitungan Besar Butir

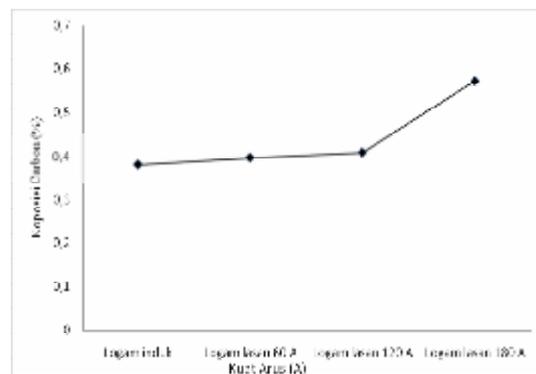
Tabel 2. Data Besar Butir dan Persen Fasa Pada Logam Induk, Daerah HAZ dan Logam Lasan Setiap Variasi Kuat Arus Listrik

No	Kuat Arus	Logam Induk			Daerah HAZ			Logam Lasan		
		Besar Butir (μm)	Fasa pearlit (%)	Fasa ferit (%)	Besar Butir (μm)	Fasa pearlit (%)	Fasa ferit (%)	Besar Butir (μm)	Fasa pearlit (%)	Fasa ferit (%)
1	60A	0,038	49	51	0,026	51,32	48,68	0,026	51,9	48,11
2		0,036			0,025			0,021		
3		0,041			0,027			0,019		
4		0,031			0,025			0,017		
5		0,052			0,022			0,017		
Rata-rata		0,039			0,025			0,020		
1	120A	0,036	49	51	0,022	51,93	48,07	0,020	52,4	47,63
2		0,041			0,020			0,015		
3		0,039			0,016			0,017		
4		0,054			0,015			0,018		
5		0,034			0,018			0,021		
Rata-rata		0,039			0,018			0,017		
1	180A	0,042	49	51	0,012	52,92	47,81	0,012	53,9	46,14
2		0,033			0,020			0,013		
3		0,037			0,012			0,014		
4		0,041			0,012			0,013		
5		0,042			0,017			0,015		
Rata-rata		0,039			0,014			0,013		

PEMBAHASAN

Proses pengelasan yang dilakukan pada dua buah logam setelah terjadi proses pendinginan menghasilkan daerah lasan yang terdiri dari tiga bagian yaitu : logam induk (*base metal*), daerah pengaruh panas (*Heat Affected Zone*) yang disingkat dengan *HAZ* dan logam lasan (*weld metal*). 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*). 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.



Gambar 4. Grafik Hubungan Komposisi Karbon (C) Terhadap Kuat Arus

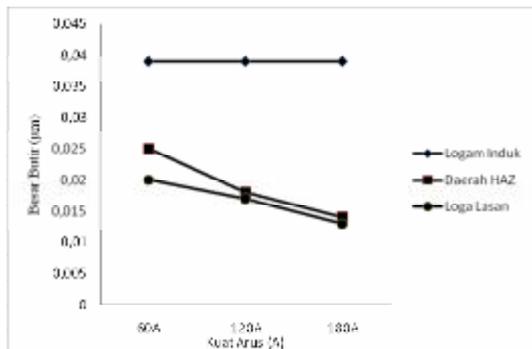
Dari grafik hubungan komposisi kimia logam induk dengan logam lasan (gambar 4), bila berdasarkan dari kadar karbon (C) mengalami peningkatan dengan semakin naiknya kuat arus listrik. Logam induk mempunyai kadar karbon (C) 0.381% setelah pengelasan dengan kuat arus listrik 60 A

kadar karbon (C) pada logam lasan 0.397% atau terjadi kenaikan 4.03%, pengelasan dengan kuat arus listrik 120 A kadar karbon (C) pada logam lasan 0.409% atau terjadi kenaikan 6.96% dan pada pengelasan dengan kuat arus listrik 180 A kadar karbon (C) pada logam lasan 0.572% atau terjadi kenaikan 9.69%. Kenaikan kadar karbon (C) pada logam las ini dipengaruhi oleh kadar karbon (C) dari elektroda dan juga siklus termal pada logam lasan, sehingga akibat siklus termal tersebut kelarutan karbon (C) dalam logam las semakin meningkat, sedangkan unsur silikon (0.253% Si) dan unsur mangan (0.420% Mn) (tabel 1.) berfungsi sebagai pelindung dari oksida disekitar pada proses pembuatan elektroda, unsur phosphor (0.015% P), unsur sulfur (0.032% S) sebagai unsur pengotor, sedangkan unsur Cr, Mo, Ni, Al, Co, sebagai unsur paduan rendah. Berdasarkan pengamatan struktur mikro pada logam lasan (gambar 3a-3b) tampak terjadi perubahan struktur mikro, fasa yang terbentuk pada logam lasan adalah fasa perlit ($\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$) (warna gelap) yang lebih dominan dari pada fasa ferit (α) (warna terang) dan juga besar butir lebih halus bila dibandingkan dengan daerah pengaruh panas maupun logam induk.

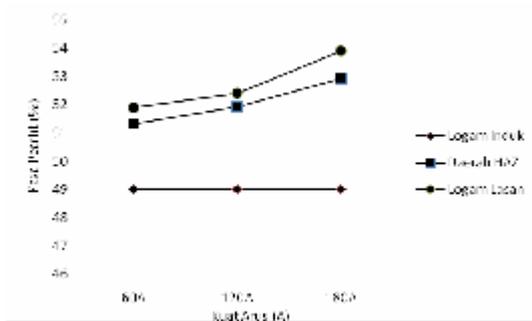
Baja karbon menengah 0.381% C sebelum dilakukan proses pengelasan dengan las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) termasuk baja hipoeutektoid yang mana baja hipoeutektoid mempunyai kandungan fasa yang lebih didominasi oleh fasa ferit (α) (ulet) dari pada fasa perlit ($\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$) (keras)

sehingga bila ditinjau dari kandungan fasa, baja hipoeutektoid mempunyai karakteristik sifat kekerasan rendah dan sifat ketangguhan tinggi. Fasa perlit ($\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$) merupakan senyawa antara fasa ferit (α) dan fasa sementit (Fe_3C) yang terletak pada titik eutektoid dengan unsur karbon 0.83% C pada temperatur kritis 723⁰ C. Baja karbon menengah 0.381% C setelah dilakukan proses pengelasan dengan las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*), pada setiap spesimen uji dengan kuat arus listrik masing-masing, maka berdasarkan pengamatan struktur mikro (gambar 3a – 3c) secara umum terjadi perubahan fasa dan ukuran besar butir pada daerah lasan khususnya pada logam lasan dan daerah pengaruh panas, perubahan fasa yang dimaksud adalah fasa perlit ($\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$) yang lebih dominan dibanding fasa ferit (α) dan ukuran besar butir pada logam lasan lebih halus dari pada daerah pengaruh panas, perubahan struktur mikro tersebut terjadi akibat siklus termal pada saat pengelasan berlangsung dimana logam lasan terjadi siklus termal yang paling tinggi sehingga antara fasa ferit (α) dan perlit ($\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$) saling melarutkan dalam kondisi homogen (merata) dan dengan pendinginan udara maka fasa ferit (α) dan perlit ($\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$) dan besar butir tidak punya cukup waktu untuk bertransformasi ke bentuk semula, sehingga dari siklus termal dan pendinginan udara ini besar butir dan kandungan fasa berubah, perubahan tersebut menghasilkan besar butir semakin halus

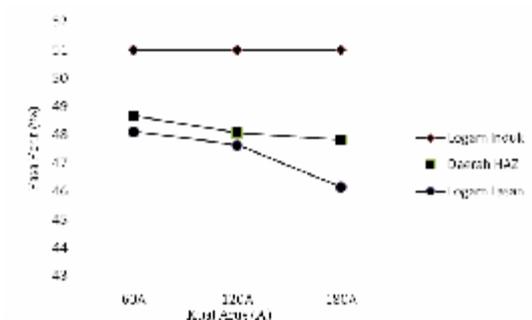
(gambar 5) dan fasa perlit ($\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$) yang semakin dominan dari pada fasa ferit (α) (gambar 6a-6b). Pada logam induk tidak terjadi perubahan fasa dan besar butir karena logam induk tidak terjadi siklus termal atau *unaffected zone*.



Gambar 5. Grafik Hubungan Antara Besar Butir Terhadap Kuat Arus



a.



b.

Gambar 6. a) Hubungan Fasa Pearlite Terhadap Kuat Arus,
b) Hubungan Fasa Ferit Terhadap Kuat Arus

SIMPULAN

1. Terjadi peningkatan kadar karbon dengan meningkatnya kuat arus.
2. Terjadi penurunan besar butir dengan meningkatnya kuat arus.
3. Prosentase fasa pearlit meningkat dan terjadi pengurangan persen fasa ferit dengan meningkatnya kuat arus.

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 Pradya Paramita, Jakarta.
- W. Kenyon, 1985, **Dasar-Dasar Pengelasan**, Erlangga, Jakarta.
- William F. Smith, 1990, **Principles of Materials Science and Engineering**, second edition, Profesor of Engineering University of New York.