

PENGARUH ARUS PENGELASAN LAS TIG TERHADAP KARAKTERISTIK SIFAT MEKANIS STAINLESS STEEL TYPE 304

Antonius Widyatmoko¹, Muh Amin² dan Solechan³

ABSTRAK

Stainless steel merupakan baja paduan tinggi karena unsur krom (Cr) lebih dari 12%. *Stainless steel* juga mempunyai keunggulan yaitu tahan korosi, tahan oksidasi pada temperatur tinggi, banyak dipakai pada perusahaan makanan atau minuman, dan mempunyai *hardenability* yang tinggi. Salah satu proses pengelasan yang dapat digunakan adalah pengelasan cair dengan Las TIG (*Tungsten Inert Gas*) dan gas Argon. Mutu hasil pengelasan tergantung dari pengerjaan dan proses pengelasan. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh dari variabel arus listrik terhadap karakteristik kekuatan tarik dan kekerasan sambungan (*Tungsten Inert Gas*) dengan pengaruh variabel arus listrik dan diameter elektroda. Penelitian ini juga untuk mengetahui kecacatan pada sambungan las dengan cara pengujian struktur mikro pada area sambungan las. Metode penelitian yang dipakai dengan mengatur arus listrik las dari 120 Ampere, 130 Ampere dan 140 Ampere. Kawat elektroda yang digunakan adalah Edzona berdiameter 2.0 mm. Sambungan kampuh yang digunakan model I serta material bahan yang digunakan untuk di las *stainless steel 304*. Hasil dari pengelasan kemudian dilakukan uji komposisi kimia, struktur mikro daerah sambungan las, kekerasan dan uji tarik kekuatan sambungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekerasan paling tinggi untuk sambungan las terjadi pada arus 140 Amper sebesar 57,24 HRA untuk titik penekanan kekerasan daerah HAZ dan kekuatan tarik 371,67 MPa. Hal ini dikarenakan panas yang dihasilkan cukup tinggi dan juga stabil sehingga mampu melelehkan kawat elektroda dan logam induk. Penembusan panas juga sudah baik karena menjadikan sambungan las kuat dan paling optimal dari beberapa variasi arus las.

Kata Kunci : *Stainless Steel 304*, Arus Listrik, Uji Struktur Mikro, Uji Kekerasan, Uji Tarik

PENDAHULUAN

Perkembangan teknik pengelasan dalam dunia permesinan sangat luas. Proses pengelasan dapat diaplikasikan pada alat pengolahan makanan (*bakery*), alat pengolahan minuman dan alat – alat kesehatan. Pengelasan dapat menggunakan *stainless steel* karena sifatnya yang tidak mudah berkarat, sterill (*Hieginie*) dan tahan oksidasi. *Stainless steel* merupakan baja paduan tinggi karena unsur krom (Cr) lebih dari 12%. *Stainless steel* juga

^{1,2,3} Prodi S1 Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Semarang

mempunyai keunggulan yaitu mempunyai *hardenability* yang tinggi dan banyak dipakai pada perusahaan makanan atau minuman.

Stainless steel memiliki kekurangan utama yaitu termasuk tingginya biaya material dan kesulitan dalam proses fabrikasi dikarenakan butuh teknologi yang tinggi. Proses pengelasan membutuhkan penanganan yang serius dalam pemakaiannya. Kesalahan dalam proses pengelasan dapat berpengaruh terhadap hasil pengelasan mengakibatkan kerugian yaitu tingginya biaya pemolesan akhir (*finishing*), kesulitan fabrikasi karena butuh mesin lebih canggih, serta kesulitan pengelasan akibat perubahan tenaga mekanis dengan panas terhadap gesekan pada material.

Pada penelitian ini, variabel yang akan diteliti adalah variasi arus pengelasan dan kawat las TIG sebagai pengumpan pada proses pengelasan. Hasil pengujian variabel akan diketahui melalui uji komposisi, uji kekuatan tarik, uji struktur mikro dan uji kekerasan dengan material *stainless steel* serta menggunakan pengelasan TIG (*Tungsten Inert Gas*).

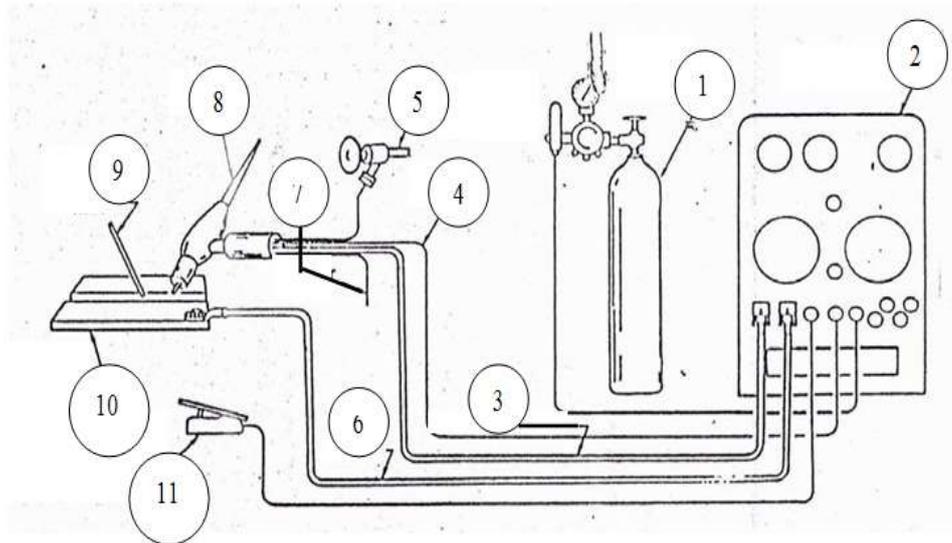
LANDASAN TEORI

Arus pengelasan artinya besarnya arus listrik yang digunakan untuk proses pengelasan terhadap material bahan yang di las dengan menggunakan mesin las dan gas argon. Arus las harus disesuaikan dengan jenis bahan dan diameter kawat las argon supaya logam induk dan kawat las meleleh bersamaan dalam proses pengelasan.

Penggunaan las TIG mempunyai dua keuntungan. Keuntungan pertama, kecepatan pengumpanan logam pengisi dapat diatur terlepas dari besarnya arus listrik sehingga penetrasi kedalam logam induk dapat diatur sesuai kebutuhan. Keuntungan kedua, hasil las TIG dapat lebih memuaskan untuk pelat baja tipis maupun pelat yang tebal. Kelemahan dari proses pengelasan Las TIG biaya produksi dan fabrikasi yang mahal.

Sumber listrik yang digunakan untuk pengelasan TIG dapat berupa listrik DC atau AC. Proses pengelasan TIG umumnya menggunakan sumber listrik yang mempunyai karakteristik lamban, sehingga dalam menggunakan listrik DC untuk menimbulkan busur perlu ditambah dengan listrik AC dengan frekuensi tinggi. Elektroda yang digunakan terbuat dari *Wolfram* murni atau paduan antara *wolfram – torium*, yang berbentuk batang dengan garis tengah antara 1,0 mm sampai 4,8 mm. Gas yang dipakai

untuk pelindung adalah gas Argon murni, karena pencampuran dengan O₂ atau CO₂ yang bersifat oksidator akan mempercepat keausan ujung elektroda.



Gambar 1. Skema Las TIG

Peneliti ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik material *Stainless Steel* sebagai acuan standart pengujian tarik dan pengujian kekerasan serta pengujian stuktur mikro, spesimen yang digunakan adalah *stainless steel* adalah 304 yang digunakan untuk perusahaan makanan.

Baja *stainless steel* merupakan baja paduan yang mengandung minimal 10,5% Cr. Sedikit baja stainless mengandung lebih dari 30% Cr atau kurang dari 50% Fe. Karakteristik khusus baja stainless adalah pembentukan lapisan film kromium oksida (Cr₂O₃). Lapisan ini berkarakter kuat, tidak mudah pecah dan tidak terlihat secara kasat mata. Lapisan kromium oksida yang rusak dapat terbentuk kembali dengan bantuan oksigen.

Tabel 1. Standart menurut komposisi dan jenis aplikasi terhadap material *Stainless Steel*.

AISI	UNS	KOMPOSISI	KONDISI	KEKUATAN KEREGANGAN	KEKUATAN HASIL	PERUBAHAN	TYPE
Nomor	Nomor	(wt %)		Mpa(ksi)	Mpa(ksi)	(%EN in 50mm)	APLIKASI
				Ferit			
409	S40900	0.08C, 11.0 Cr, 1.0 Mn, 0.50 Ni 0.75 Ti	Anneaeld	380(55)	205(30)	20	Komponen Knalpot Otomotif, Tank dan Alat Spary Pertanian
446	S44600	0.20C, 25 Cr, 1.5 Mn	Anneaeld	515(75)	275(40)	20	Katup (Tekanan Tinggi), Cetakan Gelas, Ruang Pembakaran
				Austenit			
304	S30400	0.08C, 19.0 Cr, 2.0 Mn, 9.0 Ni	Anneaeld	515(75)	205(30)	40	Proses Peralatan Chemical & Makanan, Bejana Keriogenik
				515(75)	205(30)	40	
316L	S31603	0.03C, 17.0 Cr, 2.0 Mn, 2.0 Mo, 12.0 Ni	Anneaeld	485(70)	170(25)	40	Konstruksi Pengelasan
				Martinsit			
410	S41000	0.15C, 12.5 Cr, 1.0 Mn	Anneaeld	485(70)	275(40)	20	Senapan Laras, Alat Potong & alat makan, Sparepart Mesin Jet
			Q&T	825 (120)	630(90)	12	
440A	S44002	0.70C, 17.0 Cr, 1.0 Mn, 0.75 Mo	Anneaeld	725(105)	275(40)	20	Alat potong & alat makan, bearing, Alat Operasi (Pembedahan)
			Q&T	1790 (260)	1650(240)	12	

METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian adalah suatu cara yang digunakan dalam penelitian, sehingga pelaksanaan dan hasil penelitian bisa untuk dipertanggung jawabkan secara ilmiah. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, yaitu suatu cara untuk mencari hubungan sebab akibat antara dua faktor yang berpengaruh.

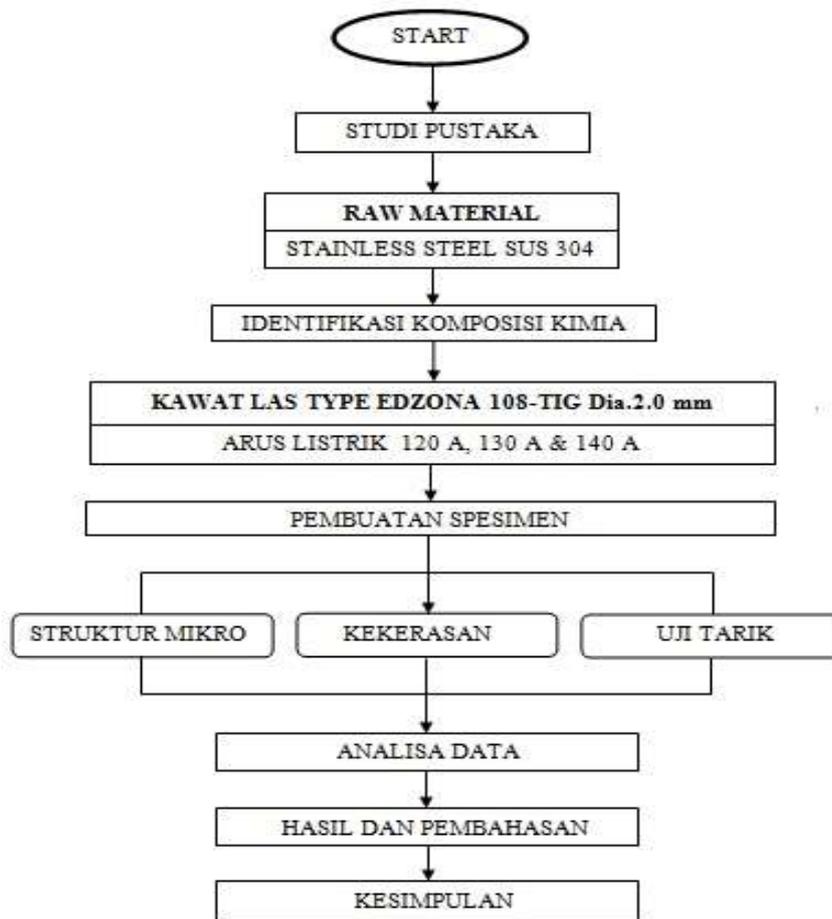
Bahan Penelitian

Spesifikasi benda uji yang digunakan dalam eksperimen ini adalah sebagai berikut:

- Bahan yang digunakan adalah plat *Stainless Steel* AISI 304.
- Ketebalan plat 3 mm.
- Kawat las Argon dengan Type Edzona-108 TIG diameter 2.0.
- Kampuh pengelasan menggunakan kampuh I
- Posisi pengelasan dengan menggunakan posisi bawah tangan.

Diagram Alir Penelitian

Penelitian dilakukan berdasarkan diagram alir pada Gambar 2.



Gambar.2. Diagram Alir Penelitian

Sampel dalam penelitian ini adalah hasil pengelasan material Stainless steel dengan proses pengelasan Las TIG Jumlah sampel dalam penelitian ini adalah masing - masing kelompok dengan variasi arus pengelasan dengan jumlah spesimen adalah 24 buah.

Tabel 2. Diskripsi pengambilan data *Stainless Steel 304*

NO	ARUS LISTRIK	BAHAN UJI	PENGUJIAN	SPESEMEN
1	120 A	STAINLESS STEEL 304	STRUKTUR MIKRO	2
			UJI KEKERASAN	3
			UJI TARIK	3
2	130 A	STAINLESS STEEL 304	STRUKTUR MIKRO	2
			UJI KEKERASAN	3
			UJI TARIK	3
3	140 A	STAINLESS STEEL 304	STRUKTUR MIKRO	2
			UJI KEKERASAN	3
			UJI TARIK	3
TOTAL				24

HASIL PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan variasi arus pada pengelasan yang menggunakan Las TIG, sedangkan material pengelasan menggunakan Stainless steel. Hasil penelitian ini meliputi, uji komposisi kimia material pada plat, identifikasi uji struktur mikro pada sambungan las, uji kekerasan dan uji tarik

Komposisi Material

Stainless steel memiliki beberapa unsur paduan. Hasil dari pengujian komposisi kimia menunjukkan stainless steel memiliki unsur.

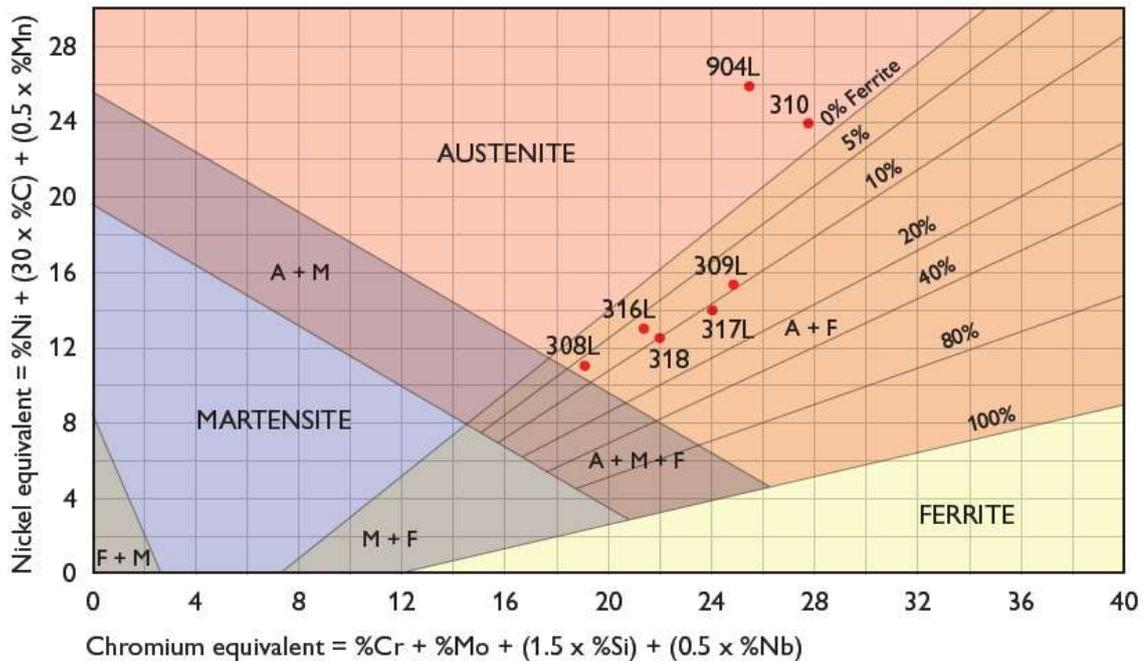
Tabel 3. Komposisi Kimia Material dalam % Berat

Unsur Paduan (% wt)										
Fe	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	Nb
70.9	0.0582	0.349	1.12	0.005	0.0157	18.2	0.147	8.56	0.201	0.0301
Sumber : Uji Komposisi Kimia di Polman Ceper										

Pengamatan Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro peneliti bertujuan melihat struktur dan karakteristik dari hasil sambungan las logam induk (*raw material*), daerah logam lasan (*weld metal*) dan daerah HAZ.

Dalam penentuan bahan pengisi (*filler*) yang tepat untuk pengelasan bahan metal, diperlukan perhitungan *Cr equivalence* dan *Ni equivalence* dari tiap-tiap material yang disambung serta *filler* yang digunakan harus tepat dan sesuai dengan yang diplotkan didalam diagram *schaeffler*. Dimana hasil dari plot diagram *schaeffler* tersebut dapat diprediksikan mennetukan fasa struktur mikro yang terbentuk dari hasil pengelasan pada material *stainless steel*.



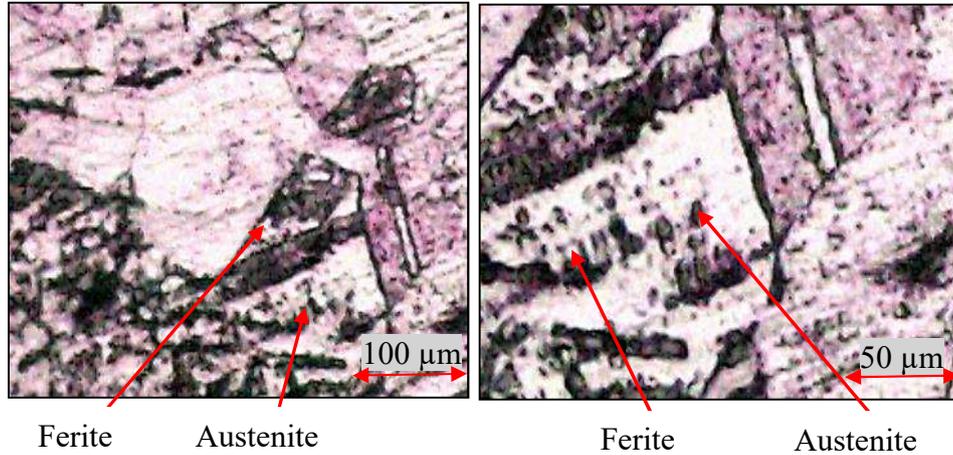
Gambar 3. Diagram *Schaeffler* Stainless Steel
(ASM Handbook Vol.1, 2005 h.1396).

Penjelasan Diagram :

- Disisi kiri diagram dimana pada equivalent nikel, untuk menentukan garis dengan perhitungan $\% Ni + (30 \times \% C) + (0.5 \times \% Mn)$.
 $Ni = 8.56 + (30 \times 0.0582) + (0.5 \times 1.12) \Rightarrow 10.866$
- Disisi bawah diagram dimana pada equivalent krom, untuk menentukan garis dengan perhitungan $\% Cr + \% Mo + (1.5 \times \% Si) + (0.5 \times \% Nb)$.
 $Cr = 18.2 + 0.147 + (1.5 \times 0.349) + (0.5 \times 0.0301) \Rightarrow 18.886$
- Hasil dari penarikan garis equivalent nikel dan equivalent krom (ploting hasil struktur mikro), dari hasil perhitungan dan penarikan garis menghasilkan struktur mikro Austenit dan Ferite, dengan range ferrite numbertnya adalah antara 7 %.

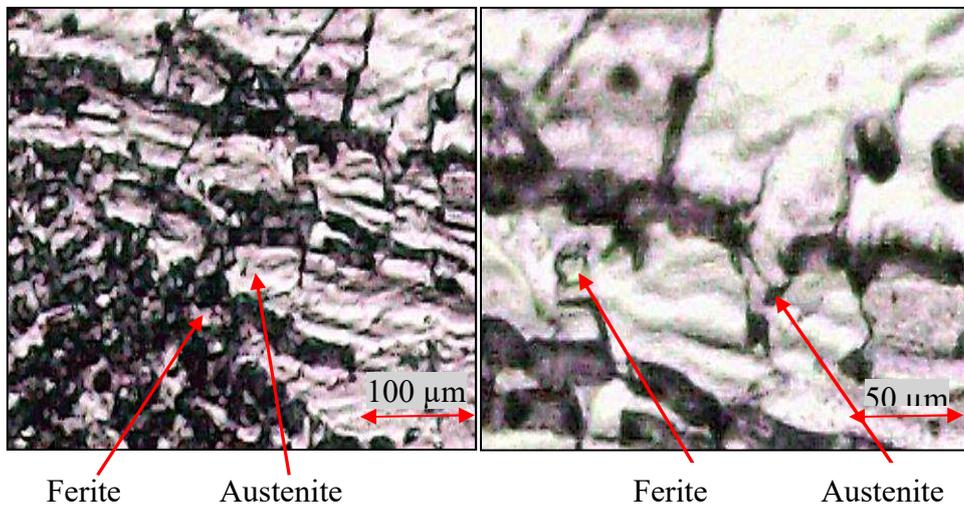
Struktur Mikro Daerah HAZ

Hasil pengamatan stuktur mikro daerah HAZ untuk sambungan las dengan arus 120 Ampere.



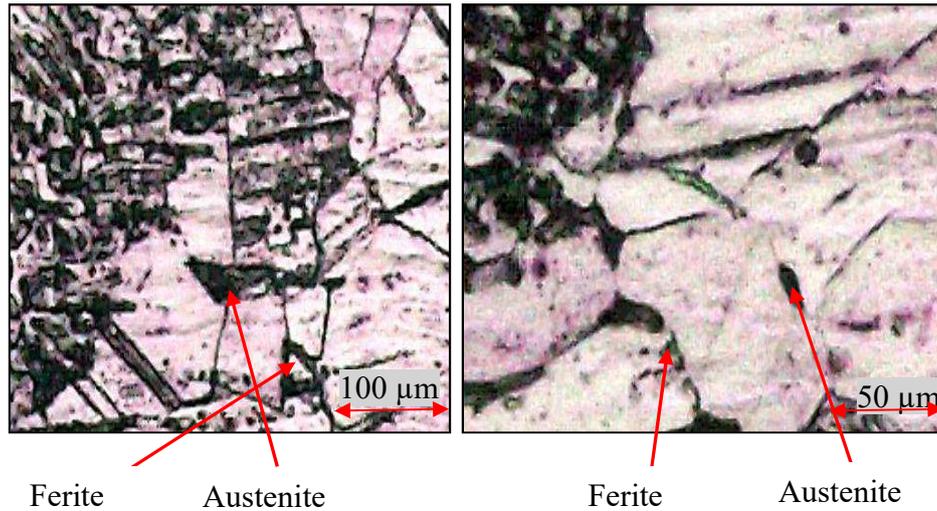
Gambar 4. Foto Struktur Mikro Daerah HAZ Arus 120 Ampere.

Hasil pengamatan stuktur mikro daerah HAZ untuk sambungan las dengan arus 130 Ampere.



Gambar 5. Foto Struktur Mikro Daerah HAZ Arus 130 Ampere

Hasil pengamatan stuktur mikro daerah HAZ untuk sambungan las dengan arus 140 Ampere.



Gambar 6. Foto Struktur Mikro Daerah HAZ Arus 140 Ampere

Stainless steel yang diberi arus las 120 Ampere, 130 Ampere 140 Ampere memiliki struktur ferite halus dan struktur austenite kasar. Struktur yang terbentuk pada arus las 120 Ampere dikarenakan terjadi transformasi (**Callister William, 2006 h389**). Pengelasan *Stainless Steel* dengan arus 120 Ampere mengakibatkan masukan panas tidak terlalu besar, nampak dari besar butiran pada daerah, dengan demikian daerah pengaruh HAZ tidak terlalu luas struktur mikro (**Saripudin & Dedi, 2013 h.1067**). Daerah HAZ ini terlihat pada Gambar 5. Struktur austenite yang lebih besar hal ini terjadi karena proses pendinginan yang secara perlahan.

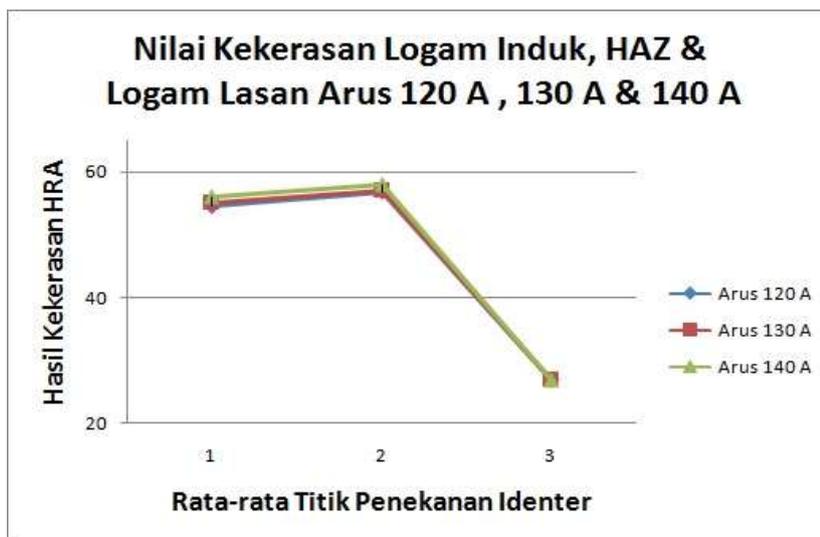
Pengelasan *Stainless Steel* dengan arus 130 Ampere dan 140 Ampere semakin tinggi arus pengelasan yang digunakan, maka butiran struktur mikro semakin kasar mengakibatkan kekuatan HAZ menjadi rendah (**Saripudin & Dedi, 2013 h.5**). Pengelasan *Stainless Steel* pada arus 130 Ampere, struktur yang terbentuk adalah austenit dan martensit pada Gambar 6 (a). Struktur yang terbentuk lebih padat dibandingkan dengan struktur arus 120 Ampere sedangkan Gambar 6 (b) menunjukkan struktur yang terbentuk didominasi austenite yang bentuknya memanjang dan austenite terlihat halus .

Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan menghasilkan data dari hasil nilai kekerasan beberapa spesimen kelompok material induk dan kelompok variasi arus pengelasan menggunakan pengujian *Rockwell hardness*.

Tabel 4. Tabel Uji Kekerasan Sambungan Las dengan Variasi Arus Pengelasan

NO.	Area Ijakan	Spesiemen dengan variasi arus (HRA)		
		120 A	130 A	140 A
1	Logam Induk	55,33	54,67	55,5
2	HAZ	57,17	57,02	57,24
3	Logam Las	27.17	27.17	27.17



Gambar 8. Grafik Hasil Pengujian Kekerasan Arus 120 Ampere, 130 Ampere dan 140 Ampere.

Hasil kekerasan sambungan las untuk nilainya sangat bervariasi dari arus 120 Ampere, 130 Ampere dan 140 Ampere, tetapi hasil dari titik penekanan logam las hasil grafiknya terlalu rendah dibandingkan dengan hasil titik penekanan pada logam induk dan HAZ dikarenakan ada beberapa faktor yaitu, pada saat pengelasan terhadap material *stainless steel* sudut dari pengelasan tidak sesuai standart dan kawat las (*filler*) yang

digunakan pada saat pengelasan proses penembusan terhadap logam induk tidak mencair / tidak meleleh dengan sempurna.

Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis dari material *stainless steel* sebagai material uji dalam penelitian ini. Hasil pengujian tarik pada umumnya adalah parameter kekuatan (kekuatan tarik dan kekuatan luluh), parameter keliatan atau keuletan yang ditunjukkan dengan adanya persentase perpanjangan. Data-data hasil pengujian tarik sambungan las dengan kelompok variasi arus pengelasan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Uji Tarik

Parameter Pengujian	Kekuatan Tarik Sambungan Las rata-rata dengan Variasi Arus		
	120 Ampere	130 Ampere	140 Ampere
Kekuatan Tarik σ_y (Mpa)	346,33	368,33	371,67
Kekuatan Luluh σ_u (Mpa)	569,44	602,16	618,22
Perpanjangan ϵ (%)	22,60	18,47	15,93

Hasil dari kekuatan tarik sambungan las dengan variasi arus pengelasan dari 120 Ampere, 130 Ampere dan 140 Ampere.



Gambar 9. Grafik Hasil Kekuatan Tarik Sambungan Las

Nilai kekuatan tarik untuk arus 120 Ampere adalah 346,33 MPa dalam grafik diatas memiliki kekuatan paling rendah disusul dengan arus 130 Ampere sebesar 368,33 MPa, dan untuk arus 140 Ampere memiliki kekuatan tarik yaitu 371,67. Nilai kekuatan tarik pada sambungan las yang tertinggi adalah pada arus 140 Ampere sebesar 371,67 Mpa.

Hasil Kekuatan Luluh Sambungan las

Hasil dari kekuatan luluh sambungan las dengan variasi arus pengelasan dari 120 Ampere, 130 Ampere dan 140 Ampere.



Gambar 10 Grafik Hasil Kekuatan Luluh Sambungan Las

Nilai kekuatan tarik luluh untuk arus 120 Ampere adalah 569,44 MPa dalam grafik diatas memiliki kekuatan paling rendah disusul dengan arus 130 Ampere sebesar 602,16 MPa, dan untuk arus 140 Ampere memiliki kekuatan luluh yaitu 618,22. Nilai kekuatan tarik luluh pada sambungan las yang tertinggi adalah pada arus 140 Ampere sebesar 618,22 Mpa.

Hasil Perpanjangan Sambungan Las

Hasil dari perpanjangan sambungan las dengan variasi arus pengelasan dari 120 Ampere, 130 Ampere dan 140 Ampere.



Gambar 11 Grafik Hasil Perpanjangan Sambungan Las

Pengujian yang pertama adalah pengujian tarik untuk variasi arus pengelasan 120 Ampere memiliki nilai kekuatan tarik dan kekuatan tegangan luluh paling rendah, sedangkan perpanjangan memiliki nilai besar daripada arus 130 Ampere. Bagian HAZ merupakan bagian terlemah dari sambungan las, bisa disimpulkan bahwa proses pengelasan dikatakan berhasil (Yunus dan Media, 2013 h.5). Hubungan antara struktur mikro dengan kekuatan tarik pada logam dimana semakin besar butiran logam maka kekuatan luluhnya semakin rendah (Heru dkk, 2011 h.5). Ini dikarenakan panas yang dihasilkan tidak cukup pada arus 120 Ampere, maka tidak bisa melelehkan elektroda dan logam induk, serta penembusan yang terjadi kurang maksimal yang menjadikan sambungan las tidak kuat, karena arus yang dipakai kecil.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan dengan variasi arus listrik terhadap luas logam las material *Stainless Steel* pada hasil pengelasan TIG (*Tungsten Inert Gas*) adalah sebagai berikut :

1. Pengamatan metallografi mikrostruktur dari logam induk plat berupa struktur austenit dan pada daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) strukturnya berupa ferite tetapi lebih besar dibandingkan dengan struktur logam induk, sedangkan struktur mikro dari logam las berupa ferite yang berbentuk dendrit

2. Kekerasan sambungan las tertinggi adalah didaerah HAZ karena ukuran butir daerah ini sangat halus dan kecil. Hasil uji kekerasan dengan variasi arus pengelasan yang tertinggi pada arus 140 Ampere nilai kekerasannya 57,24 HRA, dikarenakan besar arus sangat mempengaruhi temperatur pengelasan dan mempengaruhi hasil pengelasan dan penembusan plat *stainless steel*.
3. Sambungan pengelasan plat *stainless steel* pada arus 120 Ampere dan 130 Ampere hasil pengujian kekuatan tarik dan kekuatan luluh proses penembusan yang terjadi tidak maksimal pada sambungan las. Dibanding arus 140 Ampere hasil pengujian kekuatan tarik dan kekuatan luluh lebih besar dan hasil lelehnya lebih sempurna, karena semakin tinggi arus maka semakin tinggi tegangan luluhnya dan tegangan maksimumnya menunjukkan peningkatan sifat mekanis pada saat proses pengelasan.

SARAN

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan menambah variabel diameter elektroda yang lebih besar, variasi arus yang lebih tinggi, variasi material sambungan pengelasan dan variasi proses pendinginan karena arus 120 Ampere dan 130 Ampere tidak bisa melebur secara sempurna.
2. Variabel bebas perlu ditambahkan tidak hanya struktur mikro, komposisi kimia, kekerasan dan kekuatan tarik pada sambungan las perlu ditambah uji bending dan uji ketangguhan serta uji *impact*.

DAFTAR PUSTAKA

ASM Metal Handbook Vol.1 , 2005

ASM Metal Handbook Vol.8 , 1998

ASM Handbook, Vol. 9, 2004

Aljufri., 2008., Pengaruh variasi sudut kampuh V tunggal dan kuat arus pada sambungan logam aluminium – Mg 5083 terhadap kekuatan tarik hasil pengelasan TIG., Universitas Sumatra utara., Medan.

H. K. D. H. Bhadeshia., 2009., *Materials Science & Metallurgy.*, Part II Course C9, Alloys Malau, V. 2003, *Diktat Kuliah Teknologi Pengelasan Logam*, Yogyakarta.

- Ninien Scholastika, Ponimin. (2011), “Analisa Pengaruh Penggunaan Variasi Arus Pada Las TIG terhadap Perubahan Struktur Mikro”, Bandung.
- Nugroho Widyo Aris, dkk. (2014), “Sifat Mekanis dan Struktur Mikro Pengelasan Gesek Baja Tahan Karat Austenitik AISI 304” Yogyakarta.
- Rochim, taufiq. (2001), Spesifikasi metrologi dan control kualitas geometrik, institute teknologi bandung: Bandung
- Rahmat Saptono., 2008., Departemen Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Jakarta.
- Suheni & Syamsuri. (2007), “Pengaruh Perubahan Arus Las TIG terhadap Kekuatan Impak pada Material yang Berbeda” Surabaya.
- Tata Surdia, Kenji Chijiwa, 1996., Teknik Pengecoran Logam, Cetakan Ketujuh, PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Wiryosumarto, H., 2000, Teknologi Pengelasan Logam, Erlangga, Jakarta.
- Widharto, S., 2001, *Petunjuk Kerja Las*, Pradnya Paramita, Jakarta
- William D. Callister,Jr., 1990., *Materials Science And Engineering An Introduction., second edition.*, New York
- Yakub Yunus, Media Nofri. (2013), “ Variasi Arus Listrik Terhadap Sifat Mekanik Mikro Sambungan Las Baja Tahan Karat AISI 304” Teknik Mesin FTI-ISTN.

PENULIS:

1. ANTONIUS WIDYATMOKO

Prodi S1 Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Semarang

Jl. Kasipah No. 12 Semarang

e-mail: widyatmoko.antonius@gmail.com

2. MUH AMIN

Prodi S1 Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Semarang

Jl. Kasipah No. 12 Semarang

e-mail: amin@unimus.ac.id

website: <http://muh-amin.com>

3. SOLECHAN

Prodi S1 Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Semarang

Jl. Kasipah No. 12 Semarang