

PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP STRUKTUR MIKRO, KEKERASAN DAN KEKUATAN SAMBUNGAN PADA PROSES PENGELASAN ALUMINIUM DENGAN METODE MIG

Tri Widodo Besar Riyadi¹, Lastono Aji²

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura Surakarta 57102
Email: Tri.Riyadi@ums.ac.id

Abstrak

Salah satu parameter utama yang sangat mempengaruhi kualitas hasil pada proses pengelasan aluminium dengan metode MIG adalah besar arus listrik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh arus listrik terhadap struktur mikro, kekerasan dan kekuatan sambungan las aluminium. Proses pengelasan dilakukan dengan metode MIG dengan variasi arus listrik 70, 75, 80, 85 dan 90 Ampere. Struktur mikro hasil pengelasan diuji dengan mikroskop optik, distribusi kekerasan sepanjang weld metal, heat affected zone dan logam induk diuji dengan tes Vickers microhardness, sedangkan kekuatan sambungan diuji dengan tes uji tarik. Hasil uji komposisi kimia menunjukkan bahwa jenis material adalah aluminium paduan Al-Si-Fe dengan nomor seri 6000. Hasil uji struktur mikro menunjukkan bahwa struktur logam induk berupa butir halus dan tidak mengalami perbedaan setelah dilas karena tidak terkena proses pemanasan secara signifikan. Struktur mikro daerah HAZ menunjukkan terjadinya pertumbuhan butir yang berupa pengasaran dan berbentuk polygonal. Sebagian partikel halus yang muncul pada daerah ini merupakan presipitat Fe-Si. Struktur mikro daerah las secara umum mengalami perubahan bentuk menjadi dendrite dengan warna gelap yang menunjukkan fasa Fe-Si atau Si saja. Sedangkan warna terang merupakan fasa α -aluminium. Semakin besar arus yang digunakan maka semakin besar pula ukuran dendrit tersebut. Hasil uji kekerasan menunjukkan bahwa perubahan nilai kekerasan mulai terjadi pada daerah HAZ dan weld metal karena menerima input panas besar yang melampaui suhu kritis dari aluminium 6000. Untuk uji tarik, hasil pengujian menunjukkan bahwa kenaikan arus pada awalnya akan menaikkan kekuatan tarik sambungan las. Akan tetapi, penambahan arus selanjutnya akan menurunkan kekuatan las.

Kata kunci: Aluminium; Arus listrik; Las MIG

Pendahuluan

Keterbatasan sumber energi bahan bakar minyak (BBM) dewasa ini telah memacu perkembangan teknologi otomotif yang mengarah pada peningkatan efisiensi penggunaan BBM. Penggantian bahan pada komponen kendaraan bermotor baik mesin maupun konstruksinya dengan paduan aluminium dapat mengurangi berat kendaraan sehingga dapat menurunkan konsumsi penggunaan BBM. Dengan demikian, perkembangan proses pengelasan untuk bahan aluminium menjadi sangat penting.

Dalam mendesain sebuah sambungan las pada konstruksi kendaraan, faktor yang harus diketahui adalah teknik pengelasan, pengetahuan bahan dan sifat-sifat bahan ketika mengalami perlakuan panas. Yang termasuk teknik pengelasan adalah pemilihan parameter proses yang meliputi tegangan busur las, besar arus listrik, penetrasi panas, kecepatan pengelasan, jenis elektroda, dan bentuk alur. Pemilihan parameter tersebut sangat penting karena akan mempengaruhi sifat mekanik hasil sambungan las (Wiryosumartodkk, 1991). Pemilihan parameter ini menjadi semakin penting ketika digunakan pada pengelasan aluminium karena aluminium mempunyai sifat yang relatif kurang baik ketika dilas jika dibandingkan dengan pengelasan baja. Sebenarnya, aluminium memiliki sifat-sifat yang menguntungkan seperti tahan korosi, konduktor panas dan listrik yang cukup baik serta mempunyai massa yang ringan. Namun sifat mampu las aluminium kurang baik untuk proses pengelasan dengan metode tradisional. Untuk mengatasi masalah ini maka digunakan teknik pengelasan dengan menggunakan las MIG (*Metal Inert Gas*).

Las MIG merupakan las busur dengan elektrode terumpan, memiliki efisiensi yang tinggi dan biaya yang cukup rendah. Salah satu parameter pengelasan dengan teknik MIG adalah besar arus listrik karena akan mempengaruhi panas yang masuk ke dalam logam. Seorang ilmuwan bernama Cary menyatakan formula las bahwa besar energi panas masukan ke dalam logam berbanding lurus dengan tegangan busur dan kuat arusnya (Cary, B. Howard. 1989). Dari hubungan formula tersebut dapat diketahui bahwa semakin besar arus akan memberikan semakin besar energi panas. Akan tetapi, besar energi panas yang masuk ke dalam logam las tidak langsung akan meningkatkan kualitas sambungan las karena juga dipengaruhi faktor-faktor lain seperti struktur mikro dan sifat

mekanik bahan ketika mendapat perlakuan panas. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk meneliti kekuatan sambungan las aluminium. I Dewa Gede Krishna Muku (2009) meneliti kekuatan sambungan las aluminium dengan teknik MIG yang menggunakan variasi arus 150 -210 A, tegangan 24 V dengan kecepatan konstan. Kekuatan sambungan dilakukan dengan uji tarik yang memakai standar ASTM E 8. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa arus 180 A menghasilkan kekuatan sambungan yang paling besar.

Meskipun beberapa penelitian telah dilakukan pada proses pengelasan aluminium dengan teknik MIG, tetapi sampai saat ini masih jarang yang meneliti hubungan antara parameter arus dengan struktur mikro serta perubahan sifat mekaniknya. Selain itu juga belum ditemukan studi tentang bagaimana perbandingan hasil pengelasan dengan teknik MIG dengan metode lain. Padahal hasil studi perbandingan tersebut sangat berguna untuk menunjukkan manfaat dan keunggulan teknik las MIG dibanding teknik lainnya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi arus listrik terhadap struktur mikro dan sifat mekanik produk las dengan teknik MIG. Penelitian ini akan dilakukan dengan variasi arus listrik 70 – 90 A.

Bahan dan Metode Penelitian

Pada penelitian ini aluminium yang digunakan adalah berbentuk pelat jenis paduan aluminium. Penelitian dimulai dengan memotong material aluminium menjadi balok persegi panjang dengan menggunakan mesin gergaji. Kemudian bagian-bagian yang akan dilas dihaluskan permukaannya menggunakan amplas. Proses pengelasan dilakukan menggunakan mesin las MIG. Tabel 1 menunjukkan spesifikasi dan parameter pengelasan MIG.

Tabel 1. Spesifikasi dan parameter pengelasan MIG

No.	Spesifikasi	Parameter
1	Tipe sambungan	V (70°), <i>single butt weld</i>
2	Jenis material	Aluminium paduan
3	Ketebalan material	5 mm
4	Filler metal	ER 5356
5	Ukuran filler	Ø 0,8 mm
6	Jenis Arus	DC+
7	Kuat arus	70 –90 Amp
8	Voltage	20 – 30 V
9	Kecepatan geser	14-20 cm/min
10	Kecepatan pemakanan kawat	14- 20 m/min
10	Panas input	max 3 kJ/mm
11	Gas pelindung	gas argon
12	Kapasitas gas argon	12 L/min
13	Proses pendinginan	Pendinginan udara

Pengujian struktur mikro dilakukan dengan memotong melintang pada material hasil pengelasan. Permukaan yang akan diobservasi struktur mikronya kemudian diratakan dan dihaluskan menggunakan amplas dari ukuran grit 800 sampai ukuran 1500. Selanjutnya pemolesan spesimen dilakukan dengan menggunakan autosol, dan etsa dilakukan dengan larutan etsa campuran dari cairan HF 0.5 %, Aquades 47.5%, HCL 0.75 % dan HNO₃ 1.25 %. Sifat mekanik hasil las dilakukan dengan menguji kekerasan menggunakan mesin Vickers Microhardness, dengan menggunakan piramida intan 136° dan beban 200 gf serta waktu pembebanan 5 detik. Kekuatan tarik diuji dengan uji tarik standar ASTM E8M menggunakan *universal tensile machine*.

Hasil dan Pembahasan

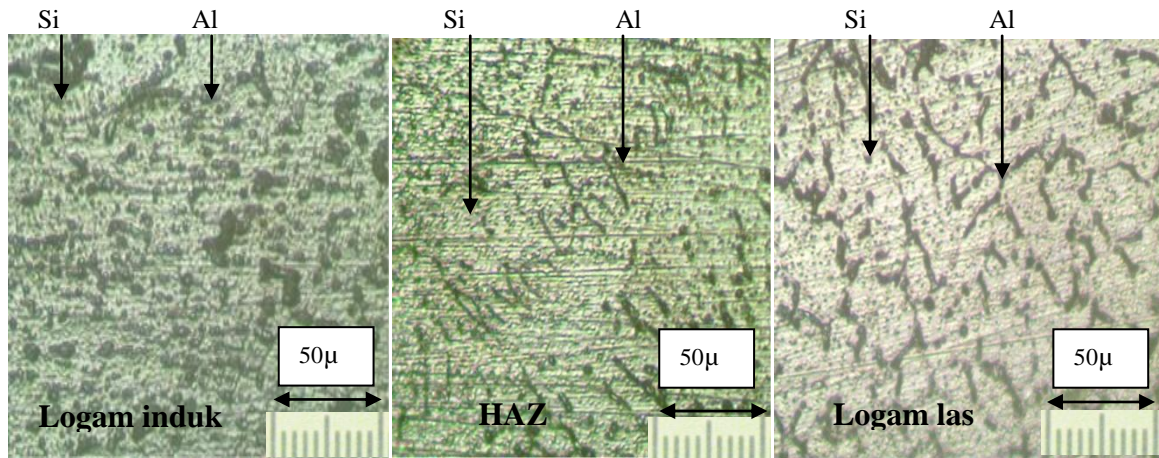
Komposisi kimia

Hasil dari pengujian komposisi kimiamenunjukkan bahwa jenis material adalah paduan Aluminium Al-Si-Fe dengan nomor seri 6000. Hal ini dilihat dari prosentase kandungan unsur yang mendominasi pada paduan aluminium yaitu: Aluminium (Al), Silikon (Si) dan Besi (Fe).

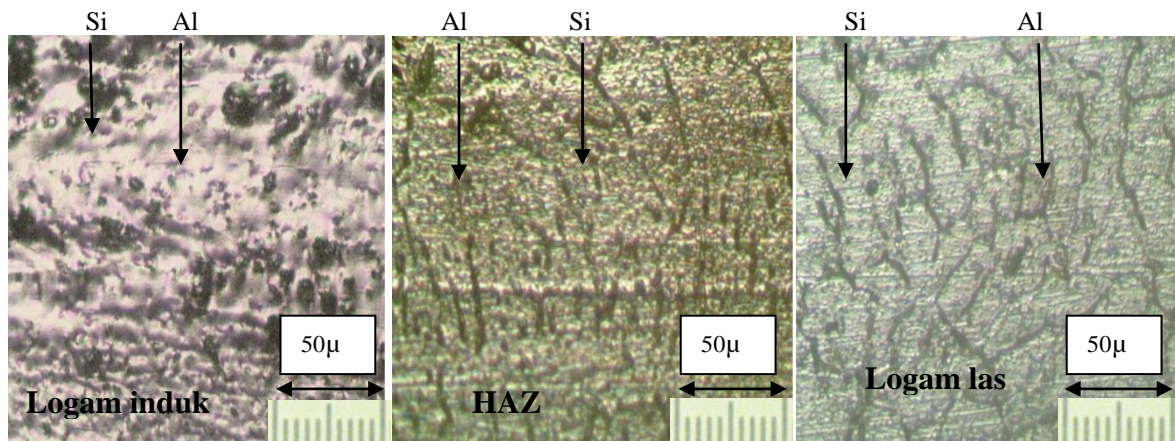
Struktur mikro

Hasil pengujian struktur mikro dapat dilihat pada gambar 1-5. Dari hasil uji struktur mikro diperoleh bahwa struktur mikro daerah logam induk menunjukkan tidak adanya perbedaan yang terjadi baik pada metode las dengan arus 70– 90 Ampere. Hal ini dapat terjadi karena daerah logam induk tidak terkena proses pemanasan selama proses pengelasan. Struktur mikro pada daerah ini berupa butir halus. Struktur mikro daerah HAZ menunjukkan terjadinya pertumbuhan butir pada saat pengelasan. Butir-butir pada daerah HAZ mengalami pengasaran dan berbentuk poligonal. Munculnya partikel halus pada daerah ini merupakan presipitat (Mg₂Si). Struktur mikro daerah las secara umum berbentuk dendrit dengan warna gelap yang menunjukkan fasa silikon-besi (Fe-Si) dan atau silikon (Si), sedangkan warna terang merupakan fasa α aluminium. Dilihat dari struktur mikro arus pengelasan 90 Ampere panas

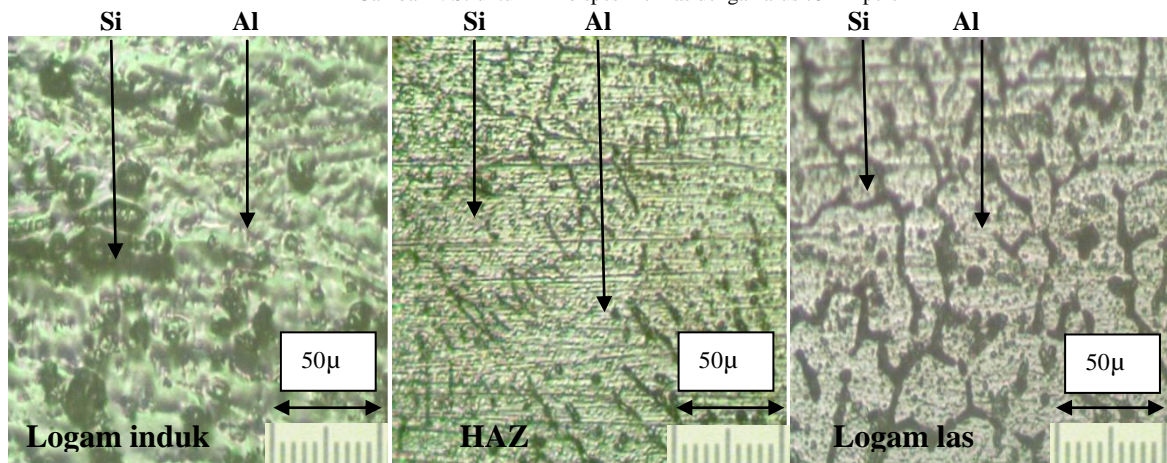
yang dihasilkan semakin tinggi hal ini menyebabkan spesimen paling keras di dalam daerah las dan lebih jelas struktur (Fe-Si) nya. Semakin besar arus yang digunakan maka semakin besar pula ukuran *dendrite* tersebut.



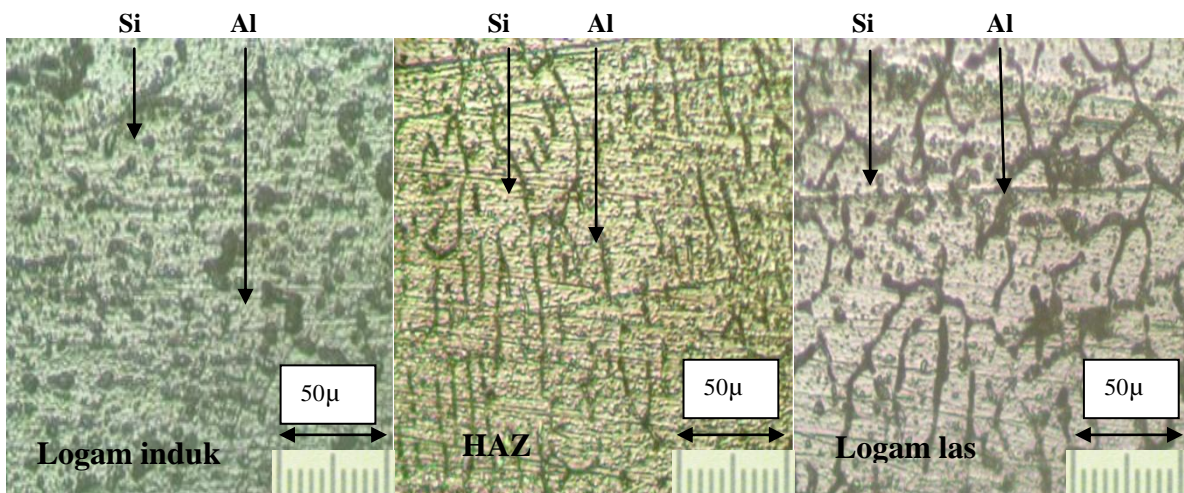
Gambar 1. Struktur mikro spesimen las dengan arus 70 Ampere



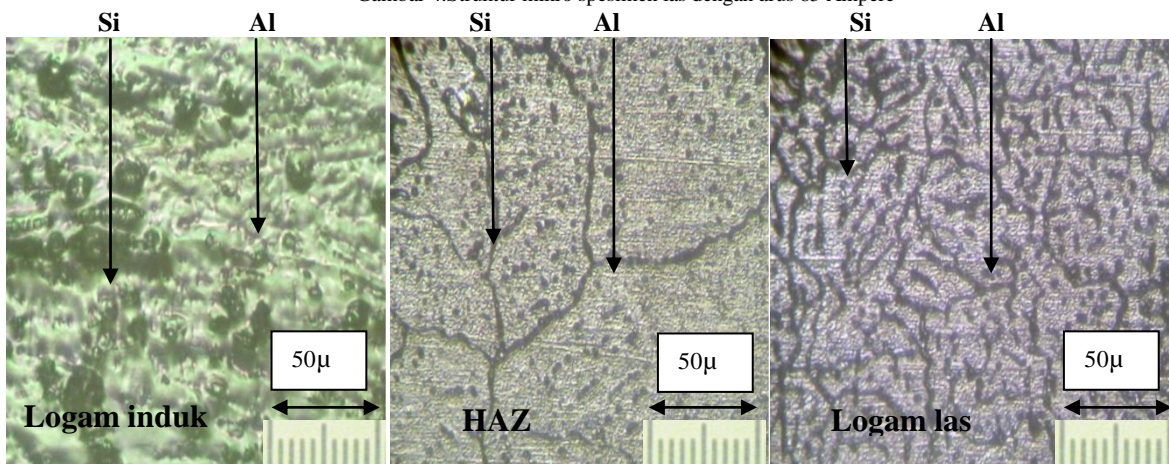
Gambar 2. Struktur mikro spesimen las dengan arus 75 Ampere



Gambar 3. Struktur mikro spesimen las dengan arus 80 Ampere



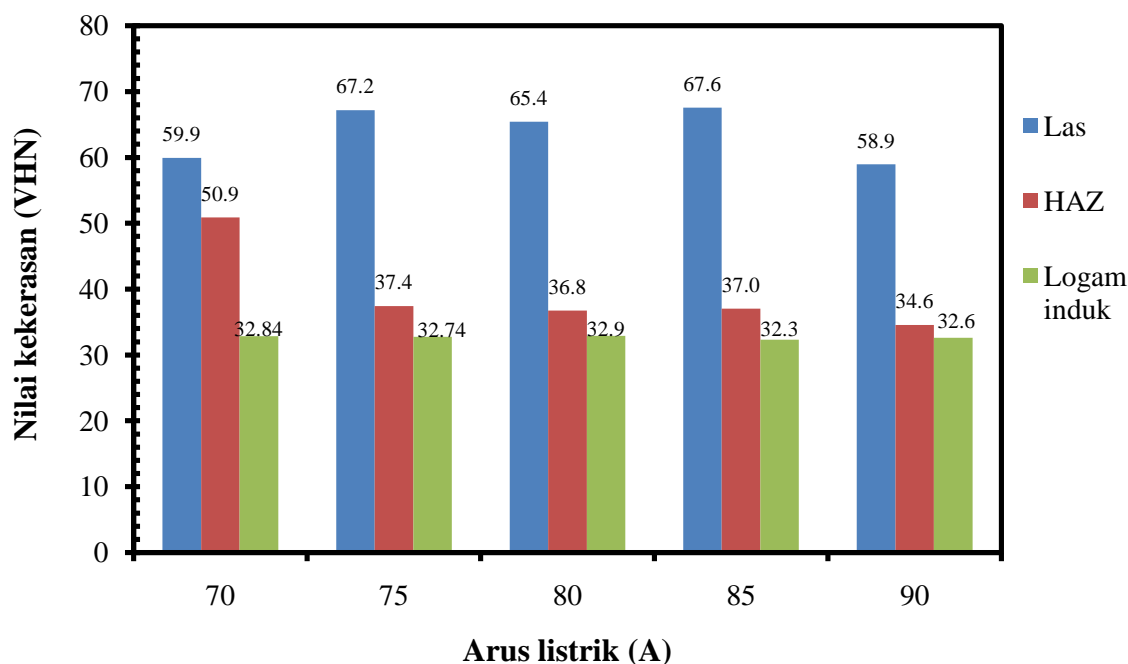
Gambar 4. Struktur mikro spesimen las dengan arus 85 Ampere



Gambar 5. Struktur mikro spesimen las dengan arus 90 Ampere

Kekerasan

Dari pengujian kekerasan diperoleh data nilai kekerasan rata-rata dari 5 titik pada masing-masing posisi logam induk, HAZ dan logam las. Hasil uji kekerasan dapat dilihat pada Gambar 6 yang menjelaskan histogram perbandingan harga kekerasan rata-rata. Dari hasil nilai kekerasan dapat diamati bahwa untuk nilai kekerasan pada logam induk cenderung sama. Seperti yang terlihat pada gambar pada logam induk tidak terjadi perubahan kekerasan karena logam induk tidak terkena pengaruh panas saat pengelasan berlangsung. Walaupun dari hasil pengujian terlihat harga kekerasan logam induk mengalami penurunan, tapi penurunan yang terjadi tidak signifikan. Proses pengelasan aluminium menyebabkan terjadinya presipitasi silikon pada daerah yang menerima input panas besar melampaui suhu kritis dari aluminium 6000 yaitu pada daerah HAZ dan daerah las (*weld metal*). Oleh karena itu semakin besar arus pengelasan maka nilai kekerasan pada HAZ semakin menurun, Nilai kekerasan tertinggi pada daerah HAZ adalah pada arus 70 A sebesar 50.9 VHN. Selain itu naiknya kekerasan dipengaruhi besarnya gumpalan struktur Fe-Si. Pada daerah *weld metal* harga kekerasan juga dipengaruhi oleh arus yang digunakan, dimana semakin besar arus pengelasan semakin besar pula nilai kekerasannya. Nilai kekerasan tertinggi pada daerah *weld metal* adalah pada arus 85 A sebesar 67.56 VHN. Jadi dapat diambil kesimpulan kekerasan dengan variasi arus pada *base metal* tidak terpengaruh. Sedang pada HAZ, semakin tinggi arus yang digunakan nilai kekerasannya cenderung mengalami penurunan dan pada *weld metal*, semakin besar arus yang digunakan nilai kekerasan cenderung naik lalu mengalami penurunan.



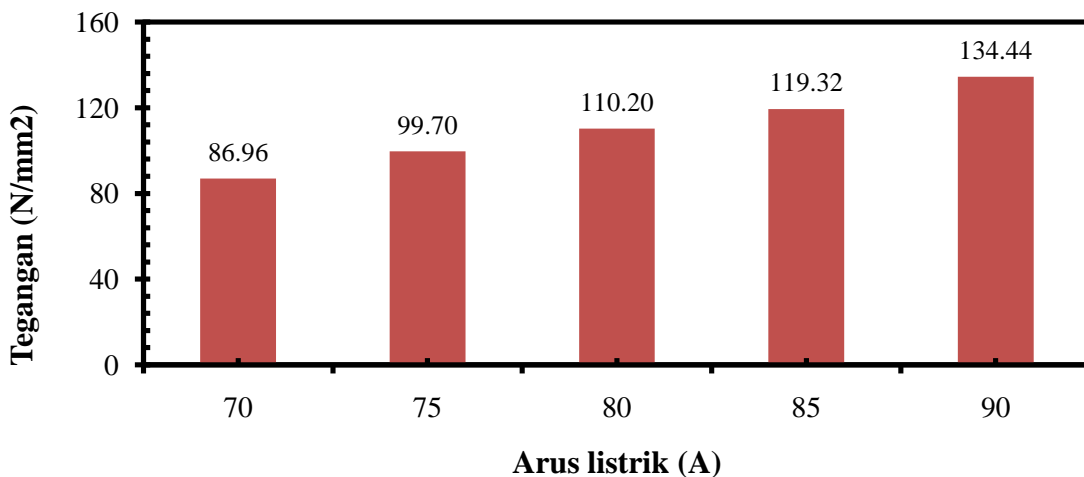
Gambar 6. Histogram perbandingan harga kekerasan *micko Vickers* berbahan Aluminium paduan pada material las

Kekuatan

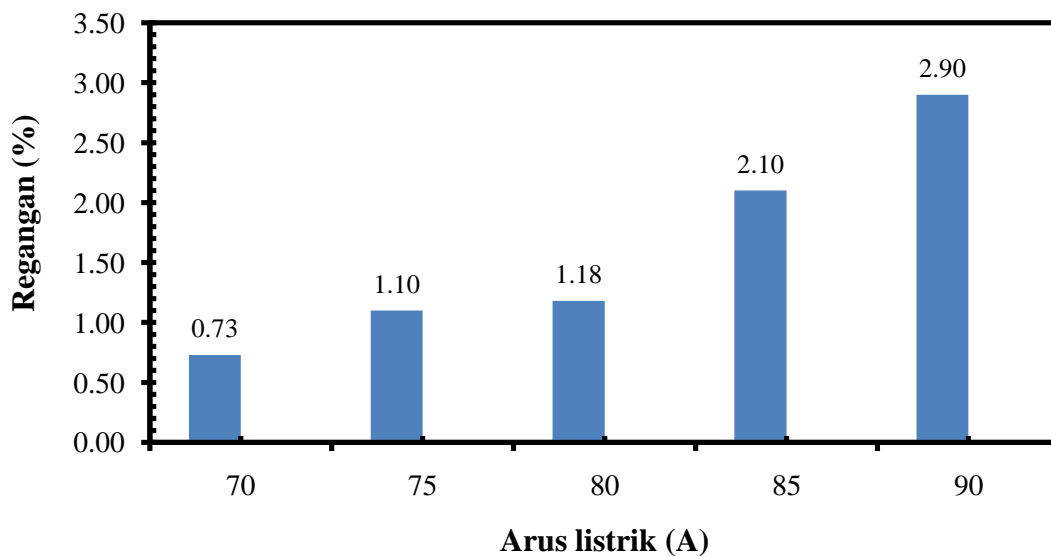
Hasil kekuatan las yang ditunjukkan oleh tegangan maksimum rata-rata, regangan saat tegangan maksimum dan modulus elastisitas material setelah mengalami uji tarik dapat dilihat dari Gambar 7-9. Hasil dari pengelasan arus 70 Ampere mempunyai tegangan tarik maksimum rata-rata 86.96 N/mm², regangan tarik rata-rata pada saat tegangan maksimum 0.73 % dan modulus elastisitas 49363 MPa. Hasil dari pengelasan arus 75 Ampere mempunyai tegangan tarik maksimum rata-rata 99.70 N/mm², regangan tarik rata-rata pada saat tegangan maksimum 1.10% dan modulus elastisitas 31042N/mm². Hasil dari pengelasan arus 80 Ampere mempunyai tegangan tarik maksimum rata-rata 110.2N/mm², regangan tarik rata-rata pada saat tegangan maksimum 1.18% dan modulus elastisitas 35064 MPa. Hasil dari pengelasan arus 85 Ampere mempunyai tegangan tarik maksimum rata-rata 119.32N/mm², regangan tarik rata-rata pada saat tegangan maksimum 2.10% dan modulus elastisitas 21602 MPa. Dan hasil dari pengelasan arus 90 Ampere mempunyai tegangan tarik maksimum rata-rata 134.44N/mm², regangan tarik rata-rata pada saat tegangan maksimum 2.90% dan modulus elastisitas 13043 MPa.

Dari data pengujian tarik arus pengelasan yang memiliki tegangan tarik maksimum paling tinggi adalah arus 90 Ampere yaitu 134.44N/mm² hal ini dikarenakan pada proses pengelasan menerima panas lebih tinggi. Dengan pendinginan pada suhu kamar terbentuklah endapan dari unsur Fe₂Si yang berukuran kecil-kecil dan tersebar secara merata, endapan inilah yang menghalangi gerakan dislokasi, penambahan unsur Fe-Si pada paduan Al-Fe-Si akan memperbaiki kekerasan dan kekuatan tariknya. Akan tetapi tegangan tarik dari hasil pengelasan tiap arus akan berbeda hasilnya, hal ini dikarenakan terjadinya pelunakan pada daerah las sebagai akibat dari proses pengelasan.

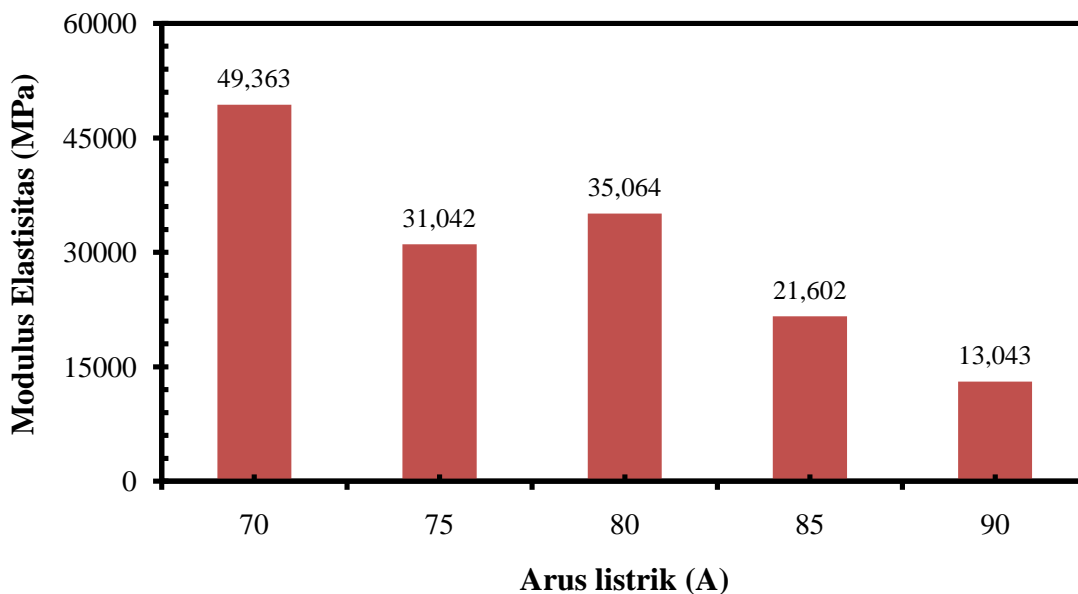
Perpatahan setelah mengalami tegangan tarik dipengaruhi oleh sifat dari logam induk, sifat daerah HAZ dan sifat daerah sambungan las. Pada pengujian tarik perpatahan diharapkan terjadi dilogam induk atau HAZ. Pada hasil penelitian specimen yang terjadi perpatahan di daerah logam induk adalah pada pengelasan arus 85 Ampere memiliki tegangan tarik 119.32N/mm² dan arus 90 ampere 134.44N/mm², sedangkan pada arus 70 ampere sampai arus 80 ampere terjadi perpatahan pada daerah sambungan las. Data hasil pengujian tarik tersebut kemudian dibuat histogram perbandingan regangan dan tegangan rata-rata.



Gambar7.Tegangan maksimum rata-rata



Gambar 8. Regangan rata-rata saat tegangan maksimum



Gambar 9. Modulus elastisitas rata-rata

Kesimpulan

Makalah ini melaporkan pengaruh arus terhadap struktur mikro, kekerasan dan kekuatan sambungan pada proses pengelasan dengan metode MIG pada material aluminium paduan Al-Si-Fe dengan nomor seri 6000. Dari hasil uji struktur mikro diperoleh bahwa struktur mikro daerah logam induk menunjukkan tidak adanya perubahan struktur mikro. Perubahan terjadi pada daerah HAZ dan daerah lasan yaitu pertumbuhan butir presipitat Fe-Si yang membentuk dendrite dan berwarna gelap. Dengan semakin meningkatnya arus listrik maka semakin besar pula ukuran *dendrite* tersebut. Dari pengujian kekerasan diperoleh data bahwa nilai kekerasan pada logam induk cenderung sama, sedang nilai kekerasan daerah HAZ dan logam lasan mengalami peningkatan. Pada daerah HAZ, semakin tinggi arus yang digunakan maka nilai kekerasan akan semakin turun. Pada daerah logam lasan, kenaikan arus mula-mula dari 70 A – 85 A mengakibatkan peningkatan kekerasan. Peningkatan arus selanjutnya dari 85 A ke 90 A akan menyebabkan penurunan kekerasan. Dari hasil uji tarik diperoleh bahwa dengan peningkatan arus maka tegangan maksimum dan regangan saat tegangan maksimum akan meningkat. Hal sebaliknya terjadi pada nilai modulus elastisitas, yaitu peningkatan arus akan menyebabkan penurunan modulus elastisitas.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LPPM Universitas Muhammadiyah Surakarta atas kesempatan dan dukungan finansial yang diberikan untuk jalannya penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Cary, B. Howard. 1989, *Modern Welding Technology*, second edition, Prentice Hall International, Inc. Engewood. New Jersey
- I Dewa Made Krishna Muku, 2009, Kekuatan Sambungan Las Aluminium Seri 1100 dengan Variasi Kuat Arus Listrik Pada Proses Las Metal Inert Gas (MIG), *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CakraM* Vol. 3 No. 1, April, (11 – 17)
- Wiryosumarto, Harsono, Toshi Okumura, 1991, *Teknologi Pengelasan Logam*, Cetakan ke-8, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 1991