

Analysis of the Influence of Welding Process Parameters of Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) with Aluminum Material AA-6061 With Micro Structure Test

[Analisa Pengaruh Proses Parameter Pengelasan Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) Bermaterial Aluminium AA-6061 Dengan Uji Mikro Struktur]

Moch. Bayu Pradana¹⁾, Mulyadi^{*,2)}

¹⁾Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Email Korespondensi: mulyadi@umsida.ac.id

Abstract. *This research analyzes the effect of current variations (80 Ampere, 100 Ampere, and 120 Ampere) in the Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) welding process on AA6061 aluminum material. The microstructural test results show significant differences in the microstructural characteristics of the weld zone. At a current of 80 Amperes, the microstructure looks homogeneous with small grains evenly distributed. At a current of 100 Amperes, changes in the microstructure occur with the formation of larger grains. At a current of 120 Amperes, the grains become larger and the area is rougher. These results have practical implications in the development of AA6061 aluminum welding processes, where appropriate microstructural properties are critical for strong and durable joints. This study illustrates that current regulation in GTAW can be used to control the microstructure and mechanical properties in welding AA6061 aluminum, opening the door to the development of more sophisticated processes in diverse industrial applications. In-depth research can explore additional factors that influence the quality of welded joints.*

Keywords – Gas Tungsten Arc Welding, GTAW, Uji Mikrostruktur, AA6061

Abstrak. *Penelitian ini menganalisis pengaruh variasi arus (80 Ampere, 100 Ampere, dan 120 Ampere) dalam proses pengelasan Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) pada material aluminium AA6061. Hasil uji struktur mikro menunjukkan perbedaan signifikan dalam karakteristik struktur mikro zona las. Pada arus 80 Ampere, struktur mikro terlihat homogen dengan butiran kecil yang merata. Pada arus 100 Ampere, terjadi perubahan struktur mikro dengan terbentuknya butiran yang lebih besar. Pada arus 120 Ampere, butiran menjadi lebih besar dan daerahnya lebih kasar. Hasil ini memiliki implikasi praktis dalam pengembangan proses pengelasan aluminium AA6061, di mana sifat-sifat struktur mikro yang tepat sangat penting untuk sambungan yang kuat dan tahan lama. Studi ini menggambarkan bahwa pengaturan arus dalam GTAW dapat digunakan untuk mengontrol struktur mikro dan sifat mekanis dalam pengelasan aluminium AA6061, membuka pintu bagi pengembangan proses yang lebih canggih dalam aplikasi industri yang beragam. Penelitian mendalam dapat mengeksplorasi faktor-faktor tambahan yang memengaruhi kualitas sambungan pengelasan.*

Kata Kunci - Gas Tungsten Arc Welding, GTAW, Uji Mikrostruktur, AA6061.

I. PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir industri lepas pantai menjadi semakin tertarik pada penggunaan bahan ringan karena mereka dapat mengurangi berat dan biaya fasilitas produksi konstruksi lepas pantai, bahan ringan telah menarik minat industri lepas pantai dalam beberapa tahun terakhir[1]. Khususnya, paduan aluminium telah menarik banyak minat. Kami memiliki banyak keuntungan dibandingkan baja karbon saat menggunakan paduan aluminium untuk aplikasi struktural, termasuk kombinasi biaya rendah dan kekuatan sedang. Ini juga memiliki kualitas tahan korosi yang luar biasa, yang menghemat biaya perawatan dengan menghilangkan cat [2]. Di sektor suprastruktur, aluminium memiliki potensi terbesar untuk penghematan berat dan biaya. Paduan aluminium dikelompokkan menjadi 2 bagian yaitu *heat treatable* dan *non heat-treatable*[3]. Aluminium seri 6XXX termasuk dalam paduan aluminium termasuk dalam paduan aluminium *heat treatable* dikarenakan memiliki kandungan Mg dan Si. Aluminium seri ini banyak digunakan untuk industri lepas pantai diantaranya adalah perkapalan kereta api, mobil, pesawat, dan bahan konstruksi bangunan[4]. Dalam proses fabrikasi di sarankan untuk menggunakan las TIG (*Tungsten Inert Gas*) di karenakan Penggunaannya cukup sederhana dan terjangkau. Tegangan sisa yang dihasilkan dari proses pengelasan menurunkan karakteristik mekanis sambungan las, yang membuat aluminium lebih rentan terhadap deformasi selama proses pengelasan[5]. Selain itu, aluminium rentan terhadap perengkahan panas, khususnya pada paduan yang terbuat dari

aluminium, magnesium, dan silikon. Aluminium seri 6000 adalah paduan yang merespon perlakuan panas (*heat treatable*), maka perlakuan panas dilakukan untuk meningkatkan kualitas mekanik sambungan las aluminium[6]. Pemanasan awal digunakan sebagai metode perawatan sebelum menerapkan panas. Sebelum pengelasan, pemanasan awal digunakan, dan penuaan perlakuan panas pasca-las (PWHT) digunakan sebagai perawatan[7]. Pemanasan awal dilakukan untuk memperlambat pendinginan, menghilangkan kelembapan, dan mengurangi kemungkinan retak. Dengan menghasilkan endapan Mg₂Si pada suhu yang tepat selama perawatan penuaan, kekuatan material dapat ditingkatkan. Pada penelitian tugas akhir ini sambungan V seam digunakan untuk mengkaji dampak penerapan preheating PWHT dan aging terhadap kekuatan las dan struktur mikro. 80A, 100A, 120A. Paduan aluminium seri 6061 mengandung silikon dan magnesium dengan persentase Si 0,4%-0,8% dan Mg 0,8%-1,2%, jika kandungannya memenuhi rasio 1,73:1 untuk pembuatan magnesium silisida (Mg₂Si) sehingga membuat paduan ini mampu diberi perlakuan panas[8]. Aluminium paduan AA6061-T6 merupakan logam yang dapat di beri perlakuan panas (*heat treatable*), mempunyai kekuatan tarik sedang (310 Mpa), dan sifat mampu las (*weldability*) yang relatif baik dan logam paduan ini banyak di gunakan pada struktur kapal, kendaraan dan pesawat. Paduan aluminium Al-Si-Fe memiliki kualitas mekanik yang sangat baik tetapi tidak sering digunakan dalam pembuatan. Ini agar sambungan las dapat diproduksi tanpa cacat, yang dianggap sangat sulit. Hal ini disebabkan kecenderungan paduan untuk retak panas[9]. Masalah pengerjaan logam yang terjadi saat mengelas aluminium Al-Si-Fe. Masukan panas dari pengelasan siklus termal menginduksi modifikasi struktur mikro dan menurunkan sifat dan sifat kimia sambungan las paduan aluminium, yang merupakan proses yang selalu digunakan untuk membuat berbagai komponen untuk aplikasi dalam industri penerbangan dan transportasi[10]. Pengelasan merupakan salah satu metode yang paling banyak diminati terumatama di bidang manufaktur untuk menyambungkan aluminium dan paduannya. Banyak teknik telah diselidiki untuk mencapai penyambung paduan aluminium yang dapat dilas dengan tangan, termasuk pengelasan *solid-state* atau *fusion*[11]. Sangat penting untuk menemukan strategi yang terjangkau dan efektif untuk meningkatkan kualitas mekanik dan mekanik sambungan. Tangki bahan bakar besar saat ini dibangun menggunakan gas *Tungsten Inert Gas* (TIG) atau las busur gas *tungsten* (GTAW)[12]. Lembaran logam dan pengisi dipanaskan atau dilelehkan selama prosedur ini dengan busur[13]. Sayangnya, selama pengelasan GTAW, pemadatan segregasi terjadi di zona las (WZ) dan deposit berukuran nanometer sangat berfluktuasi di daerah sambungan las, keduanya berdampak pada kekuatan las[14]. Adapun parameter dalam Tegangan busur, aliran arus, kecepatan pengelasan, kedalaman penetrasi, dan polaritas listrik adalah semua faktor dalam pengelasan GTAW/TIG. Selain dipengaruhi oleh beberapa faktor di atas, pemilihan elektroda AA6061 yang tepat dan tekanan gas yang tepat juga akan mempengaruhi hasil las[15]. Penentuan besarnya arus yang digunakan pada las TIG untuk menyambung logam mempengaruhi efisiensi kerja, bahan las, dan besarnya penetrasi. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui hasil las TIG aluminium AA6061 dan paduan elektroda aluminium AA6061 dengan uji struktur mikro setelah dilakukan pengelasan.

II. METODE

A. Persiapan Alat dan Bahan

Sebelum melakukan sebuah eksperimen atau penelitian, terlebih dahulu harus mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam melakukan penelitian. Secara garis besar alat yang perlu disiapkan adalah benda kerja mesin las GTAW, mesin CNC *Milling*, mesin *Milling / Freis*.

1. Mesin *Milling / Freis*

Mesin *milling* yang digunakan dalam eksperimen ini adalah mesin *milling* universal X6322C WEIDA yang merupakan aset dari Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. Mesin ini merupakan konvensional 3 axis yang telah dilengkapi dengan motor penggerak otomatis untuk kerja mesin. Mesin *Milling* di gunakan untuk meratakan permukaan sisi pada Aluminium dan juga di gunakan untuk proses *Kampuh* dan pengelasan GTAW.



Gambar 1. Mesin Millng / *Freis* universal X6322C WEIDA.

2. Mesin CNC *Milling*

Mesin CNC milling yang dipakai penelitian disini yaitu merk WEIDAMCVMC-640 memiliki 3 axis yang berfungsi untuk meng- *cutting* material dengan proses manual menggunakan remote dan memotong apa yang sudah di tentukan. Penggunaan mesin CNC harus memiliki program yang telah di program sebelumnya di computer, mesin CNC milling ditunjukkan pada Gambar di bawah ini



Gambar 2. Mesin CNC milling WEIDAMCVMC-640.

3. Mesin Poles / Grinding

Mesin poles dan grinding merupakan alat yang digunakan memoles atau menghaluskan permukaan Aluminium memudahkan penelitian pada bagian mikrosutruktur. Berikut adalah mesin poles dan grinding yang di tunjukkan pada Gambar di bawah ini.



Gambar 3. Mesin Poles / Grinding

4. Alat Uji Metalografi

Pengujian metalografi harus membutuhkan alat khusus untuk mendapatkan hasil yang maksimal yaitu menggunakan mikroskop yang mampu melakukan pembesaran hingga 1000x. alat dibawah ini bermerk OLYMPUS BHX53 yang digunakan untuk melihat struktur mikro pada aluminium AA6061-T651 pada hasil pengelasan GTAW. Berikut adalah bentuk alat uji metalografi di tunjukkan pada Gambar di bawah ini.



Gambar 4. Alat Uji Metalografi OLYMPUS BHX53.

5. Mesin Las

Mesin las yang dipakai adalah mesin las GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) atau sering disebut dengan TIG (*Tungsten Inert Gas*) yang di gunakan untuk menyambung atau mengelas spesimen uji struktur mikro. Mesin las TIG dapat dilihat di bawah ini.



Gambar 5. Mesin Las TIG.

B. Persiapan Bahan

1. Aluminium AA6061-T651 Spesimen uji yang akan digunakan adalah Aluminium AA6061-T651. Secara umum material ini banyak diaplikasikan pada industri transportasi seperti struktur profil pada kereta api, pesawat, dan bus. Plat aluminium di kampuh V dengan diameter 4.5mm dan lembaran di bentuk menjadi plat dengan ukuran lebar 60mm, dan panjang 70mm, dan tebal 6mm.



Gambar 6. Aluminium Alloy 6061-T6.

2. Kertas Gosok

Kertas gosok disini digunakan pada proses poles dan grinding. Pada penelitian ini digunakan kertas gosok ukuran 1000,2000 dan 5000.

3. Cairan Pengestaaan

Cairan kimia untuk etsa digunakan untuk mengikis permukaan supaya struktur mikro dapat dilihat.

Komposisi cairan yang digunakan disebut komposisi Keller's yaitu 2 ml HF, 3ml HCl, 5 ml HNO₃, dan 190 ml H₂O.

4. *Filler*

Pengelasan ini menggunakan filler aluminium AA6061-T6 di potong panjang dengan ukuran 100mm.

C. Alumunium AA6061-T651

Alumunium memiliki jumlah yang sangat banyak, lebih dari 300 komposisi unsur paduan pada paduan alumunium. Semua jenis paduan alumunium mengandung dua atau lebih unsur kimia yang mampu mempengaruhi sifat mekanik

dari paduan tersebut. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah aluminium AA6061-T6, yang merupakan paduan silikon dan magnesium (seri 6000 atau 6xxx). Di antara 6005 paduan aluminium, aluminium AA6061-T6 memiliki kekuatan tertinggi kedua dan keuletan terendah kedua. Aluminium memiliki berbagai kualitas penting, antara lain:

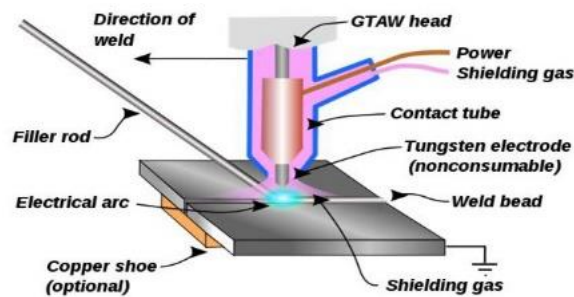
1. Berat jenis yang rendah (2,7 gr/cm³) menghasilkan bobot yang ringan.
2. Kekuatan dan berat yang sangat luar biasa.
3. Suhu leleh rendah (660°C), memungkinkan pelaratan peleburan yang lebih sederhana.
4. Memiliki pengecoran yang unggul.
5. Permukaan luar biasa.
6. Ketahanan korosi yang sangat baik.
7. Penghantar panas dan listrik yang sangat baik.
8. Menggabungkan dengan mudah dengan bahan lain untuk menghasilkan perpaduan yang ideal.

Tabel 1. Kandungan Kimia aluminium AA6061-T651

<i>Element</i>	<i>% Present</i>
<i>Silicon (Si)</i>	0.40 - 0.80
<i>Magnesium (Mg)</i>	0.80 - 1.20
<i>Manganese (Mn)</i>	0.0 - 0.15
<i>Iron (Fe)</i>	0.0 - 0.70
<i>Copper (Cu)</i>	0.15 - 0.40
<i>Chromium (Cr)</i>	0.04 - 0.35
<i>Zinx (Zn)</i>	0.0 - 0.25
<i>Others (Total)</i>	0.0 - 0.15
<i>Titanium (Ti)</i>	0.0 - 0.15
<i>Other (Each)</i>	0.0 - 0.05
<i>Aluminium (Al) B</i>	<i>Balance</i>

D. Prinsip Kerja Las GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*)

Busur listrik antara elektroda dan logam dasar menyebabkan panas selama proses pengelasan TIG, yang menyebabkan logam meleleh. Aditif, yang dibentuk dari bahan yang sama atau mirip dengan bahan yang akan dilas dan terpisah dari pistol las, digunakan hanya untuk membuat busur listrik. Pada las TIG, bahan tambahan mengisi lapisan bahan induk berupa batang las (rod) yang telah dilelehkan oleh busur api. Dalam pengelasan, 99% gas argon biasanya digunakan sebagai gas pelindung.



Gambar 7. Skema Pengelasan TIG.

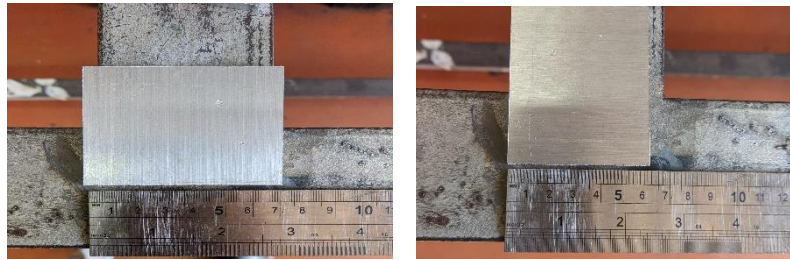
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Persiapan awal sebelum melakukan eksperimen pengelasan *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW) dan pengujian spesimen adalah sebagai berikut :

Yang perlu dipersiapkan sebelum melakukan eksperimen pengelasan *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW) dan pengujian spesimen adalah sebagai berikut :

1. Material spesimen

Pada penelitian ini material spesimen yang digunakan adalah plat Aluminium Alloy AA6061-T6. Jumlah spesimen yang di perlukan yaitu 3 pasang spesimen sesuai dengan parameter proses dengan 3 variasi arus las yang berbeda, jadi total seluruh pengelasan adalah 9 spesimen dengan dimensi 70mm x 60mm dan kampuh V 4.5mm



Gambar 8. Dimensi Alluminium Alloy AA6061-T661.

2. Kampuh V Tunggal Pada Spesimen

Spesimen ini di kampuh pada bagian permukaan sisi dengan ukuran sudut kampuh V 4.5mm, pengampuhan ini bertujuan jika menerima gaya tekan yang besar, serta lebih tahan terhadap kondisi beban statis. Proses kampuh V tunggal ini dilakukan menggunakan mesin frais universal di laboratorium teknik mesin umsida.



Gambar 9. Spesimen Setelah Kampuh V

A. Proses Pengerjaan

pada proses eksperimen pengelasan *Gas Tungsten Inert Gas* (GTAW) dilakukan sebanyak 9 kali dengan perbedaan variasi arus (Amp) yang berbeda dengan tujuan yang sama. Berikut langkah-langkah proses pengelasan Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) :

1. Mempersiapkan mesin las GTAW dan *setting* tombol ke arah DC.
2. Atur arus ampere dengan besaran 80 A, 100 A, dan 120 A.
3. Memastikan lagi tombol dan *dial* disetel pada posisi yang optimal.
4. Membersihkan benda kerja dengan mesin gerinda hingga terbebas dari kotoran, minyak, debu, air dan karat setelah itu poles menggunakan mesin poles.
5. Menyalakan busur :
 1. Setel *Torch* tegak antara 60° sampai 90° terhadap permukaan benda kerja.
 2. Memiringkan *Torch* sekitar 10° - 20° terhadap arah pengelasan.
 3. Jaga jarak busur sekitar 3mm-4mm.
 4. Melelehkan ujung awal pengelasan.

B. Uji Mikro Struktur

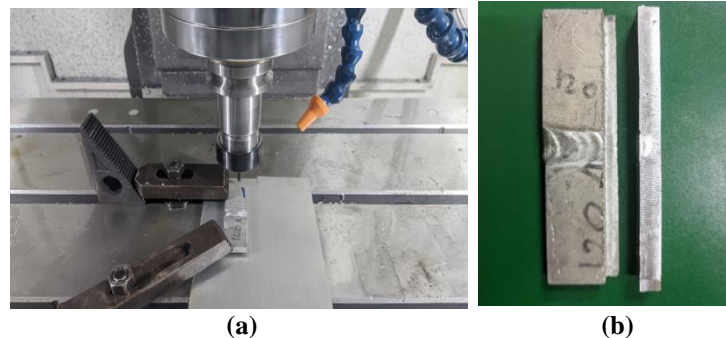
1. Proses Uji Mikro Struktur

Pengujian spicemen uji Impak kali ini dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Institut Teknologi Pada tahap penelitian ini dilakukan uji mikrostruktur pada spesimen yang telah di lakukan proses pengelasan GTAW. Sebelum dilakukannya analisa hasil uji mikrostruktur, spesimen di haruskan beberapa tahap sesuai standart ASTM e407-07. Berikut langkah-langkah atau proses perlakuan spesimen yang akan di uji mikrostruktur.

Berikut adalah prosedur pengujian Mikrostruktur :

1. Pemotongan (*Cutting*) Spesimen.

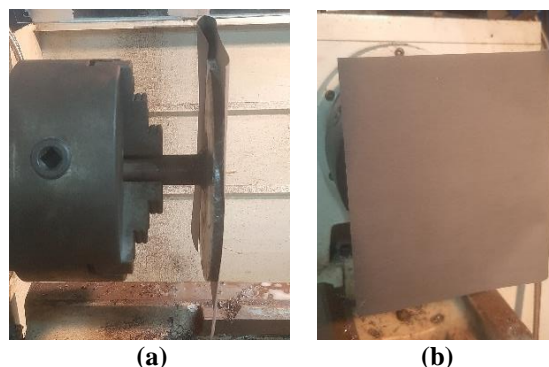
Proses pemotongan spesimen ini menggunakan mesin CNC WEIDA di laboratorium teknik mesin UMSIDA dengan pemotongan dimensi 1mm disertai coolant agar tidak terjadi perubahan struktur mikro karena panas yang dihasilkan dari gesekan antara *tool* CNC dan spesimen.



Gambar 10. (a) Pemotongan (*Cutting*) Spesimen dan (b) Hasil Dari Pemotongan (*Cutting*).

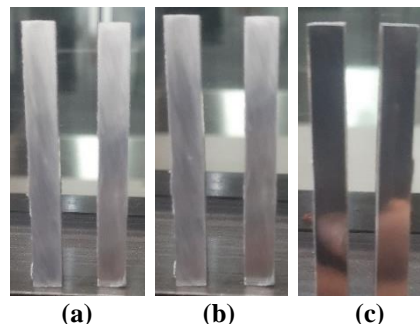
2. Poles dan Grinding

Proses poles dan grinding adalah proses untuk menghaluskan permukaan spesimen. Mesin bubut di gunakan untuk proses poles.



Gambar 11. Alat Poles (a) tampak samping, (b) tampak depan.

Gunakan kertas abrasif dengan grit 1000 dan 2000 untuk memoles. Gunakan cairan pendingin (dromus) saat memoles untuk mengurangi panas yang ditimbulkan oleh gesekan yang terjadi selama pemolesan. Setelah memoles permukaan spesimen hingga rata, digunakan autosol untuk memoles lebih lanjut hingga menyerupai cermin. Berikut gambar dari hasil poles dan penggrindingan.



Gambar 12. Hasil Perlakuan Spesimen (a). Spesimen Setelah dipotong, (b). Hasil Pemolesan 1000cc, (c). Hasil Pemolesan 2000cc, (c). Hasil Grinding dengan Autosol.

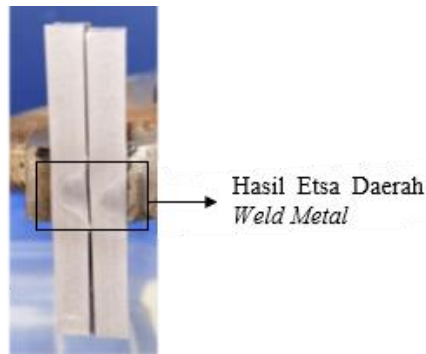
3. Etching

Proses etsa (*etching*) merupakan proses untuk memperlihatkan atau mengikis permukaan spesimen yang diuji agar fasa pada spesimen terlihat struktur mikro, fasa dan kandungan kimianya. Pada penelitian ini menggunakan Keller's reagent sesuai standart ASTM-e407-07. Cairan yang digunakan yaitu 2 ml HF, 3 ml HCl, 5 ml HNO₃, dan 190 ml H₂O dan menggunakan Alkohol 70% untuk membersihkan spesimen dari cairan etsa.



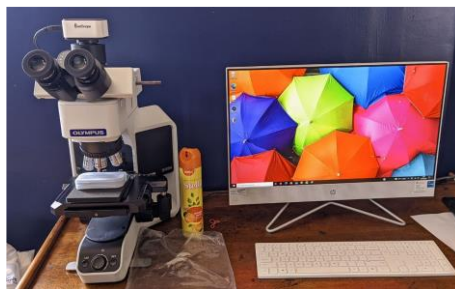
Gambar 13. Proses Etsa.

Proses mencampur larutan etsa dan melakukan prosedur etsa normal. Spesimen sebanyak 9 buah sampel di etsa sampai hasilnya terlihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 14. Hasil Proses Etsa.

4. Mikroskop Optik.



Gambar 15. Mikroskop Optik dan Komputer.

Proses mikroskop optik dilakukan untuk melihat struktur dari spesimen yang diuji dan untuk penelitian ini dilakukan dengan pembesaran 50x dan 200x serta detail dari pembesaran 200x. Proses pengambilan data pada mikroskop optik dilakukan dengan cara dibawah ini :

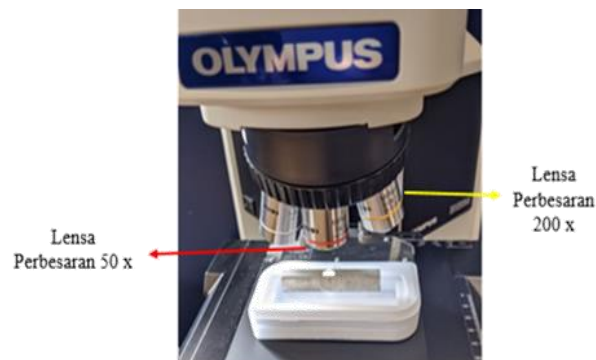
- a. Menyalakan Komputer (PC) dan mikroskop optik.

- b. Mengatur cahaya mikroskop optik setengah *adjustment lamp*.



Gambar 15. *Setting* Cahaya Mikroskop.

- c. Spesimen di letakkan di meja uji
d. Atur pembesaran lensa 50x dan 200x



Gambar 16. *Setting* Perbesaran Lensa

- e. Buka aplikasi Capture v2.2.1 untuk mengoperasikan mikroskop optik



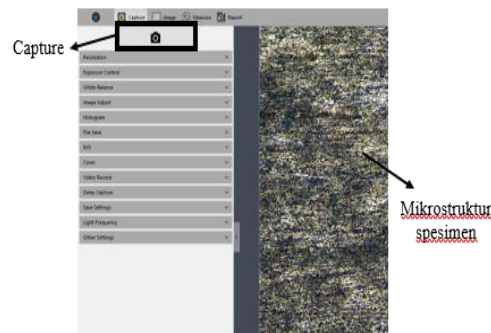
Gambar 17. Aplikasi Capture v2.2.1

- f. Atur titik fokus menggunakan Adjustment Table sumbu x,y dan z sampai spesimen terlihat fokus di monitor



Gambar 18. *Setting* Fokus Pada Spesimen Uji.

g. Melakukan *Capture* pada gambar di aplikasi kemudian *save* di computer.



Gambar 19. Capture Gambar dari Aplikasi *Capture* v.2.2.1

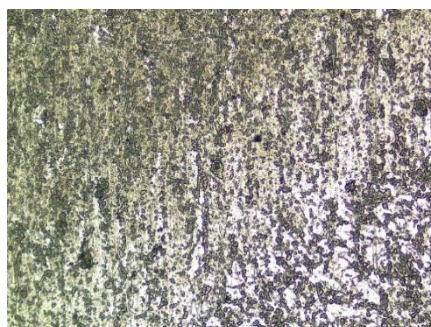


Gambar 20. Menyimpan Image di Aplikasi *Capture* v.2.2.1

h. Selanjutnya melakukan step uji tersebut sebanyak 3 kali sesuai dengan banyak spesimen yang siap di lakukan pengujian.

2. Hasil Pengujian Mikrostruktur

Setelah melalui proses pemotongan, poles grinding, etsa dan pengamatan mikrstruktur melalui mikroskop optik. Metalurgi dalam pengelasan *Gas Tungsten Arc Welding* ada 4 di dalam nya yaitu : *Heat Affected Zone* (HAZ), *Thermomechanically Affected Zone* (TMAZ), *Weld Metal* (WM) dan *Base Metal* (BM). Hasil dari pengambilan data yaitu antara bagian *Themomechanically Affected Zone* (TMAZ), *Weld Metal* (WM), dan *Base Metal* (BM) membandingkan hasil antara struktur *Base Metal* dan *Weld Metal* setelah dilakukan proses *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW). Berikut hasil dari pengambilan data *Base Metal* Aluminium AA6061-T651 dengan uji struktur mikro pada Gambar di bawah ini.



Gambar 21. Mikrostruktur *Base Metal* 200x dari AA6061-T651.

Struktur logam dasar berbentuk memanjang sesuai dengan arah penggulungan dan memiliki ukuran butir sekitar 100 μm . Berikut dibawah ini adalah hasil uji mikrostruktur dari proses pengelasan Gas tungsten Arc Welding (GTAW) dengan metode OA *Taguchi*.

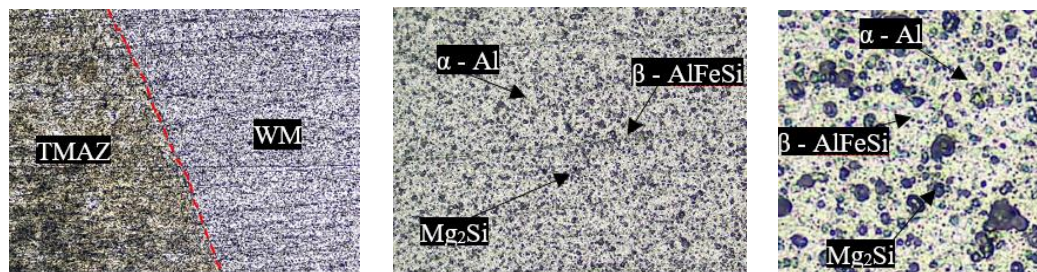
3. Analisa dan Pembahasan Hasil Uji Mikrostruktur pengelasan *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW)

Pada proses pengelasan GTAW terjadi Spesimen aluminium AA6061-T651 yang dilebur mengalami proses mekanis selama proses pengelasan gas argon yang mengubah susunan dan struktur kimianya. Berikut adalah komposisi kimia Aluminium AA6061-T651 setelah pengelasan metode GTAW.

Tabel 2. 12 Orthogonal Array.

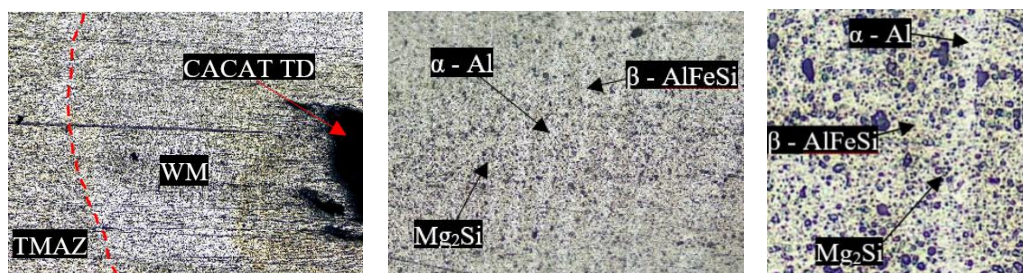
Material	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	Cr	Al
AA6061-T651	0,76	0,33	0,07	0,08	1,11	0,01	0,02	0,27	Bal

Pada Tabel 2.12 menunjukkan komposisi kimia aluminium AA6061-T651 yang di lakukan pengelasan dengan metode *Gas Tungsten Arc Welding*. Komposisi tersebut dapat berubah karena adanya efek perubahan panas akibat adanya proses pengelasan dengan memakai busur nyala yang dihasilkan oleh elektroda tetap yang terbuat dari tungsten, tumbukan akibat panas nya dari di mana dalam proses pengelasan, akan ada siklus termal dan pendinginan cepat pada koneksi las.



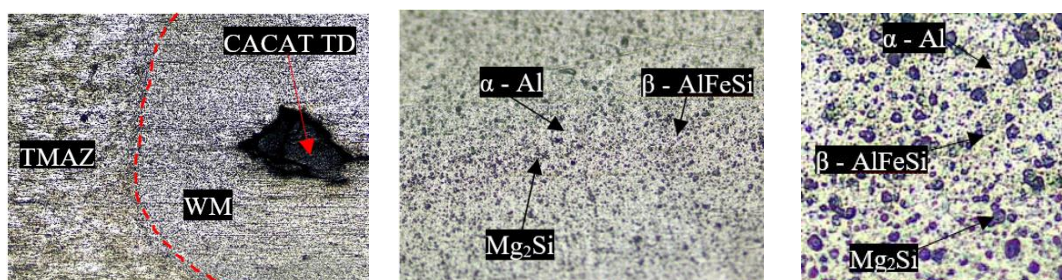
Gambar 22. Hasil Uji Mikro Struktur Variasi Arus 80 Amp Terbaik menurut Hasil ANOVA.

Pada Gambar (a) merupakan gambar dengan perbesaran 100x yang menunjukkan daerah perbatasan antara daerah TMAZ dan WM. Daerah TMAZ menunjukkan pola struktur yang memiliki bentuk *dendrit equiaxed* dan memiliki warna gelap dan terjadinya *grain growth* karena pengaruh panas yang terjadi saat pengelasan GTAW. Namun daerah TMAZ tidak ada proses rekritisasi seperti pada bagian *weld metal*, sehingga berdampak pada perubahan struktur yang mengakibatkan kekerasan daerah TMAZ lebih keras dibandingkan daerah *weld metal*. Pada daerah WM memiliki warna yang lebih terang karena terjadi pengaruh panas pada pengelasan daerah tersebut. Pada Gambar (b) merupakan menunjukkan wilayah WM dalam gambar yang diperbesar 200x. Karena pencampuran, kompresi, dan panas yang dihasilkan selama proses pengelasan GTAW, area WM pada gambar di atas memiliki bentuk yang sama. Fasa yang terbentuk dari proses pengelasan GTAW yaitu α -Al, β -AlFeSi dan Mg_2Si . Fasa α -Al berwarna cerah, memiliki kekuatan yang buruk, tetapi keuletan yang sangat baik. Fasa β -AlFeSi memiliki warna abu – abu terang dan memiliki sifat menurunkan kekuatan pada aluminium. Fasa Mg_2Si memiliki warna gelap dan memiliki sifat kekuatan yang baik serta tingkat kekerasan yang keras. Pada Gambar (c) merupakan gambar detail dari WM dengan perbesaran 200x. Pada fasa α -Al terlihat berwarna terang yang yang menyebar secara merata dan dikelilingi oleh fasa Mg_2Si dan fasa β -AlFeSi. Namun fasa β -AlFeSi hanya terlihat di beberapa daerah pengelasan karena unsur Fe memiliki presentase yang kecil. Terlihat bentuk fasa Mg_2Si yaitu *equiaxed* dan lebih besar karena pengaruh dari gaya aksial, kecepatan pengelasan. Dengan semakin banyak fasa Mg_2Si yang terkandung maka semakin meningkatkan kekuatan dan kekerasan pada aluminium hasil lasan tersebut. Hasil dari uji mikrostruktur dari proses pengelasan GTAW memiliki parameter proses yaitu kecepatan las 1,5 mm/sec, arus 80 Ampere, 20 Voltase, gas pelindung Argon 99,9% diameter *Filler* 1.5 mm dan laju gas pelindung 7 L/min.



Gambar 23. Hasil Uji Mikro Struktur Variasi Arus 100 Amp Terbaik menurut Hasil ANOVA.

Pada Gambar (a) merupakan daerah perbatasan antara daerah TMAZ dan WM yang diperbesar 100x dapat dilihat pada Gambar Pola struktural di area TMAZ memiliki kenampakan *dendrit equiaxed* dan memiliki warna gelap dan terjadinya *grain growth* karena pengaruh panas yang terjadi saat pengelasan GTAW. Namun daerah TMAZ tidak terjadi deformasi plastis hanya terpengaruh oleh panas dan regangan induksi yang dihasilkan oleh adukan pada daerah WM. Karena tidak ada proses rekristalisasi di area TMAZ seperti di area logam las, perubahan struktural berdampak dan membuat area TMAZ lebih keras daripada area logam las. Karena pencampuran, tekanan tekan, dan deformasi plastis selama proses pengelasan GTAW di area WM, warnanya lebih terang di sana. Terdapat *Tunnel Defect* (TD) pada WM yang berkembang saat suhu yang tercipta selama pengelasan terlalu tinggi, tetapi juga dapat terjadi saat gaya tempa yang dihasilkan tidak mencukupi dan pengaruh sudut kemiringan pahat tidak signifikan, yang akan merusak kekuatan tarik dan perpanjangan yang signifikan. Pada Gambar 4.26 (b) merupakan gambar dengan perbesaran 200x yang menunjukkan daerah WM. Daerah WM pada gambar di atas memiliki bentuk *equiaxed* karena terjadi adukan dan gaya tekan serta pengaruh panas yang dihasilkan dari proses pengelasan GTAW. Fasa yang terbentuk dari proses fsw yaitu α -Al, β -AlFeSi dan Mg_2Si . Fasa α -Al yang memiliki warna terang dan memiliki sifat kekuatan yang rendah namun memiliki sifat keuletan yang baik. Fasa β -AlFeSi memiliki warna abu – abu terang dan memiliki sifat menurunkan kekuatan pada aluminium. Fasa Mg_2Si memiliki warna gelap dan memiliki sifat kekuatan yang baik serta tingkat kekerasan yang keras. Gambar 4.26 (c) menunjukkan tampilan detail WM perbesaran 200x. Fasa Mg_2Si dan fasa β -AlFeSi mengelilingi fasa α -Al yang berwarna cerah dan menyebar secara merata. Namun, karena fraksi unsur Fe yang rendah, fasa β -AlFeSi hanya dapat dilihat di beberapa lokasi pengelasan. Seperti yang dapat diamati, tegangan aksial, kecepatan pengelasan, dan putaran pahat berdampak pada bagaimana fasa Mg_2Si dibentuk, menjadikannya lebih ekuivalen dan lebih besar. Kekuatan dan kekerasan aluminium yang dilas akan tumbuh berbanding lurus dengan jumlah fasa Mg_2Si yang ada. Hasil dari uji mikrostruktur yang terdapat pada Gambar 4.26 merupakan hasil dari proses pengelasan GTAW memiliki parameter proses yaitu kecepatan las 1,5 mm/sec, arus 100 Ampere, 20 Voltase, gas pelindung Argon 99,9%, diameter filler 1.5 mm dan laju gas pelindung 10 L/min.



Gambar 24. Hasil Uji Mikro Struktur Variasi Arus 120 Amp Terbaik menurut Hasil ANOVA.

Pada gambar (a) merupakan gambar dengan perbesaran 100x yang menunjukkan daerah perbatasan antara daerah TMAZ dan WM. Daerah TMAZ menunjukkan pola struktur yang memiliki bentuk *dendrit equiaxed*. dan memiliki warna gelap dan terjadinya *grain growth* karena pengaruh panas yang terjadi saat proses pengelasan GTAW. Namun daerah TMAZ tidak terjadi deformasi plastis hanya terpengaruh oleh panas dan regangan induksi yang dihasilkan oleh adukan pada daerah WM. Karena tidak ada proses rekristalisasi di area TMAZ seperti di area logam las, perubahan struktural berdampak dan membuat area TMAZ lebih keras daripada area logam las. Karena pencampuran, tegangan tekan, dan deformasi plastis selama pengelasan GTAW di area WM, warnanya lebih terang. Hal tersebut dapat terjadi karena gaya tempa yang dihasilkan terlalu kecil dan pengaruh parameter proses pengelasan GTAW yang terlalu kecil akan mempengaruhi kuat tarik dan elongasi yang besar sehingga menyebabkan *Tunnel Defect* (TD) yang terdapat pada WM.

Pada area WM dengan perbesaran 200x dapat dilihat pada gambar (b). Karena efek pencampuran, kompresi, dan pemanasan dari proses fsw, area WM pada gambar di atas memiliki bentuk yang sama. α -Al, β -AlFeSi dan Mg_2Si adalah fasa yang dibuat oleh proses pengelasan GTAW. Fasa α -Al yang memiliki warna terang dan memiliki sifat kekuatan yang rendah namun memiliki sifat keuletan yang baik. Fasa β -AlFeSi memiliki warna abu – abu terang dan memiliki sifat menurunkan kekuatan pada aluminium. Fasa Mg_2Si memiliki warna gelap dan memiliki sifat kekuatan yang baik serta tingkat kekerasan yang keras.

Gambar detail WM dengan perbesaran 200x dapat dilihat pada Gambar (c). fasa Mg_2Si dan fasa β -AlFeSi mengelilingi fase α -Al yang berwarna cerah dan menyebar secara merata. Namun, karena fraksi unsur Fe yang rendah, fasa β -AlFeSi hanya dapat dilihat di beberapa lokasi pengelasan. Seperti yang dapat diamati, tegangan aksial, kecepatan pengelasan, dan putaran pahat berdampak pada bagaimana fasa Mg_2Si dibentuk, menjadikannya lebih ekuivalen dan lebih besar. Kekuatan dan kekerasan aluminium yang dilas akan tumbuh berbanding lurus dengan jumlah fasa Mg_2Si yang ada. Hasil dari uji mikrostruktur yang terdapat pada Gambar di atas merupakan hasil dari proses pengelasan

GTAW memiliki parameter proses yaitu kecepatan las 1,19 mm/sec, arus 120 Ampere, 20 *Voltase*, gas pelindung Argon 99,9%, diameter *filler* 1.5 mm dan laju gas pelindung 17 L/min.

IV. SIMPULAN

Dari hasil penelitian dan percobaan pengaruh proses parameter pengelasan gas tungsten arc welding (gtaw) bermaterial aluminium aa-6061 dengan uji mikro struktur maka dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu :

1. Dari hasil uji mikrostruktur, dapat disimpulkan bahwa variasi arus pengelasan memiliki pengaruh signifikan terhadap mikrostruktur dari hasil pengelasan aluminium AA-6061. Kemungkinan besar, semakin tinggi arus pengelasan, struktur mikro yang terbentuk akan berbeda-beda.
2. Peningkatan arus pengelasan dari 80 ampere, 100 ampere hingga 120 ampere cenderung akan menghasilkan perubahan dalam sifat mekanis dan struktural dari sambungan pengelasan. Kemungkinan, dengan peningkatan arus, terjadi peningkatan kecepatan pengelasan yang dapat mempengaruhi pendinginan dan pembekuan logam cair, serta ukuran butir dan kekuatan mekanis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya ucapkan kepada Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo yang telah memberikan ilmu dan wawasan yang bermanfaat serta rekan aslab dan juga teman-teman yang telah membantu untuk menyelesaikan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] A. Sudrajat and J. Rotor, "ANALISIS SIFAT MEKANIK HASIL PENGELASAN ALUMINIUM AA 1100 DENGAN METODE FRICTION STIR WELDING (FSW) Angger Sudrajat F.P. 1 , Sumarji 2 , Mahros Darsin 3," vol. 5, pp. 8–17, 2012.
- [2] Faruq. Rizka Azhari Yulistiawan, Jokosisworo. Sarjito, and Hadi. Eko Sasmito, "Analisa Pengaruh Perbedaan Diameter Pin Tool Terhadap Kekuatan Tarik, Impak, Dan Mikrografi Pada Aluminium 6061 Dengan Metode Pengelasan Friction Stir Welding (FSW)," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 7, no. 1, p. 1, 2019, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>
- [3] D. M. Rodrigues, A. Loureiro, C. Leitao, R. M. Leal, B. M. Chaparro, and P. Vilaça, "Influence of friction stir welding parameters on the microstructural and mechanical properties of AA 6016-T4 thin welds," *Mater. Des.*, vol. 30, no. 6, pp. 1913–1921, 2009, doi: 10.1016/j.matdes.2008.09.016.
- [4] R. T. Wicaksono, Suharno, and B. Harjanto, "PENGARUH KUAT ARUS PADA PENGELASAN PADUAN ALUMINIUM 6061 DENGAN MENGGUNAKAN METODE LAS TIG TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO," *Nozel*, vol. 01, no. 01, pp. 09–22, 2019.
- [5] J. Wijayanto and A. Anelis, "Pengaruh Feed Rate terhadap Sifat Mekanik pada Pengelasan Friction Stir Welding Aluminium 6110," *J. Kompetensi Tek.*, vol. 2, no. 1, pp. 19–28, 2010.
- [6] P. Mikrostruktur *et al.*, "KEKERASAN HASIL PENGELASAN PADUAN Al-6061," vol. 6061, pp. 1–10.
- [7] L. Ulfyah, F. Rohmah, and T. Permata, "Analisa Pengaruh Komposisi Cu dan Mg pada Paduan Al - Cu dan Al - Mg untuk Chassis Kendaraan," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 12, no. 3, pp. 497–506, 2021, doi: 10.21776/ub.jrm.2021.012.03.1.
- [8] A. Azwinur, S. A. Jalil, and A. Husna, "Pengaruh variasi arus pengelasan terhadap sifat mekanik pada proses pengelasan SMAW," *J. POLIMESIN*, vol. 15, no. 2, p. 36, 2017, doi: 10.30811/jpl.v15i2.372.
- [9] F. Putri, "Pengaruh Besar Arus Listrik Dan Panjang Busur Api Terhadap Hasil Pengelasan.," *Austenit*, vol. 1, no. 02, pp. 1–6, 2009.
- [10] F. Banjarnahor, "PENGARUH ARUS AC DAN DC TERHADAP HASIL PENGELASAN PADA LAS BUSUR LISTRIK," 2019.
- [11] D. W. H. Kusumaning Gutama, "Pengaruh Arus Pengelasan Dan Jenis Elektroda Terhadap Kekuatan Tarik Pada Steel 42," *J. Tek. Mesin*, vol. 1, no. 3, pp. 43–47, 2013.
- [12] W. Pranajaya, U. Budiarto, and A. Wibawa, "Analisa Pengaruh Variasi Kampuh Las dan Arus Listrik Terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Sambungan Las TIG (Tungsten Inert Gas) Pada Aluminium 6061," *Tek. Perkapalan*, vol. 5, no. 2, pp. 421–430, 2017.
- [13] Lisa Agustriyana, "Karakterisasi Hasil Pengelasan Gtaw Pada Baja Karbon Rendah Dengan Variasi Sudut Geometri Elektrode Dan Besar Arus Pengelasan," *Info Tek.*, vol. 19, no. 1, pp. 101–114, 2018.
- [14] D. Satyadianto, "Pengaruh variasi tekanan gesek, tekanan tempa dan durasi gesek terhadap kekuatan impact pada sambungan Las Gesek (Friction Welding) dengan menggunakan baja paduan Aisi 4140," p. 97, 2015.
- [15] H. W. S, S. Mulyadi, and A. Syuhri, "SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO SAMBUNGAN LAS ALUMINIUM 6061 HASIL FRICTION WELDING The study of the interface mechanical strength of metal

alloy friction welded is essential for increasing of the quality of bonding between two materials . In the present,” vol. 9, no. April, 2016.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.