

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Teknologi *Micro-join* adalah teknologi unik yang menantang di dunia modern. Baru-baru ini, ada peningkatan permintaan akan teknologi penggabungan mikro untuk pengurangan bobot dan ukuran perangkat teknologi modern. Pengelasan bahan ringan dan lembut merupakan tantangan unik bagi teknologi pengelasan modern untuk memproduksi komponen kecil. *Friction Stir Welding* (FSW) terbukti sebagai proses yang ideal untuk memproduksi suku cadang berbiaya rendah dan sambungan berkinerja tinggi pada pekerjaan perakitan. Selain itu FSW dianggap sebagai *green technology* dari pengelasan karena membutuhkan konsumsi energi yang rendah dan tidak ada emisi gas pada saat pengelasan. Proses pengelasan FSW juga dianggap sebagai proses pengelasan yang berbiaya rendah dan ramah lingkungan karena tidak memerlukan bahan habis pakai seperti elektroda, *fluks*, bahan pengisi dan gas pelindung. Pada tahun 2002, sebuah survei yang dilakukan oleh *American Welding Society* (AWS) menunjukkan bahwa sejumlah besar uang dihabiskan untuk peralatan las busur di AS. Akibatnya adopsi FSW berkembang dengan cepat dari hari ke hari dan proses pengelasan konvensional dilaporkan telah digantikan oleh FSW. Pada tahun 1991, '*Friction stir welding*' (FSW) diperkenalkan dan dikembangkan oleh '*The Welding Institute*' (TWI) di Inggris (UK). Setelah 13 tahun pada tahun 2004, Nishihara dan Nagasaka berhasil mengembangkan bentuk FSW yang telah dimodifikasi untuk material ringan yang dinamakan *Micro Friction stir welding* ( $\mu$ FSW). Industri telekomunikasi yang berkembang, peningkatan pesat dalam sensor otomotif dan modernisasi dalam industri medis telah meningkatkan kebutuhan untuk menyambung bahan konduktif yang lebih kecil. Saat miniaturisasi bagian terus berlanjut, diperlukan teknik pengelasan mikro baru karena proses pengelasan tradisional seperti teknik penyolderan dan mematri menjadi kurang efektif jika

ditinjau dari ketahanan sambungan, keandalan dan umur sambungan (Sen dkk, 2019).

*Micro Friction Stir Welding* ( $\mu$ FSW) merupakan hasil dari pengembangan pengelasan *friction stir welding* untuk diaplikasikan pada penyambungan material dengan ukuran ketebalan 1000  $\mu\text{m}$  atau kurang, dimana pada awal penemuanya *Friction stir welding* lebih difokuskan pada penelitian material yang memiliki ketebalan lebih besar dari 1 milimeter dengan perbedaan variasi parameter proses dan variasi desain *tool*. Keuntungan dari pengelasan metode FSW dan  $\mu$ FSW adalah tidak perlu menggunakan gas pembungkus dan *flux*. Berbeda dengan metode pengelasan fusi konvensional,  $\mu$ -FSW menggunakan energi yang sangat sedikit, membuat prosesnya ramah lingkungan (Harsanto & Mahardika, 2019).

Pengelasan  $\mu$ FSW biasanya digunakan untuk menggabungkan komponen listrik tipis dan komponen mekanis mikro yang terutama digunakan dalam industri seperti; dirgantara, otomotif dan aplikasi industri lainnya. Kecepatan putar *tool* bersama dengan kecepatan pengelasan dan sudut kemiringan *tool* merupakan parameter yang penting pada proses  $\mu$ FSW untuk memberikan sifat sambungan yang lebih baik daripada sifat bahan dasarnya (Sen dkk, 2019).

Aluminium merupakan unsur logam *non ferrous* yang memiliki sifat ketahanan korosi yang baik, ringan serta penghantar panas dan listrik yang baik. Logam aluminium memiliki sifat mudah dibentuk melalui proses permesinan maupun proses pembekuan. Paduan aluminium ada yang tidak dapat diperlaku-panaskan dan ada juga yang dapat diperlaku-panaskan (Muku, 2009).

Aluminium seri 1100 merupakan jenis aluminium yang sering dipakai pada dunia industri. Penggunaan aluminium seri 1100 sering pakai pada dunia industri khususnya pada penggunaan *heat exchanger*, perpipaan dan *pressure vessel*. Hal ini disebabkan aluminium memiliki *koefisien muai besar*, *koefisien muai yang besar* dan reaktif terhadap udara yang menyebabkan mudah terbentuknya lapisan oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) sehingga temperatur cair yang dihasilkan lebih tinggi dari aluminium murni. Panas yang berlebih ini menyebabkan rentan terjadi cacat seperti porositas, distorsi dan *crack* pada metode penyambungan *Gas Tungsten Arc Welding*

(GTAW) dan *Gas Metal Arc Welding* (GMAW). Untuk mengatasi masalah ini maka proses *Friction Stir Welding* (FSW) bisa digunakan sebagai solusi untuk mengatasi masalah cacat yang terjadi pada aluminium akibat proses penyambungan terjadi dibawah temperatur logam cair aluminium. FSW merupakan pengelasan tanpa adanya tambahan bahan dan suhu kerja saat berlangsungnya pengelasan tidak melewati titik lebur dari material benda kerjanya. Prinsip kerja pada FSW adalah dengan memanfaatkan adanya gaya gesek dari gesekan antara *tool* dengan benda kerja. *Tool* yang berputar melaju dengan kecepatan yang tetap sepanjang jalur lasan diantara dua plat benda kerja yang dilakukan proses pengelasan. Gesekan yang terjadi antara benda kerja dan *tool* akan menimbulkan panas yang dapat melunakkan material kerja kemudian pin ditekan dan ditarik sesuai dengan daerah yang akan dilas. Saat proses FSW berlangsung *tool* yang berputar diarahkan pada benda kerja hingga *shoulder tool* menyentuh permukaan benda kerja yang akan disambung. Panas yang dihasilkan dari adanya gesekan yang melunakkan material kemudian gerakan translasi akan mendorong material yang ada di depan *tool* untuk mengisi sisi yang ada dibelakang yang telah ditinggalkan *tool* (Tarmizi dkk, 2019).

Penelitian mengenai FSW dan  $\mu$ FSW untuk mengetahui pengaruh parameter terhadap sifat mekanis seperti nilai kekerasan dan nilai kekuatan tarik sambungan las telah dilakukan oleh penelitan sebelumnya. Pada penelitian FSW menggunakan AA 6061 dengan tipe penyambungan *butt joint*, tebal plat 6 mm, putaran *tool* konstan 1500 RPM, *feed rate* 29 mm/min dengan variasi ukuran pin diameter 6 mm, 8 mm dan 10 mm menghasilkan sambungan pengelasan pada spesimen dengan diameter pin 6 mm memiliki sifat mekanis paling baik dengan nilai kekuatan tarik 144 MPa dan nilai kekerasan 70.27 HVN dibanding dengan spesimen hasil lasan menggunakan diameter pin 8 mm dan 10 mm. Pada spesimen hasil lasan dengan diameter pin 10 mm mengalami cacat pengelasan berupa *void* (rongga) kecil yang berada pada bagian permukaan. Pada hasil ini parameter optimum untuk proses penyambungan FSW aliminium 6061-T6 menggunakan parameter pin dengan diameter 6 mm menghasilkan struktur mikro dan sifat mekanis lebih baik dari penggunaan pin dengan diameter 8 mm dan 10 mm (Tarmizi dkk, 2019).

Penelitian penyambungan aluminium 6061 menggunakan proses penyambungan FSW jenis *butt joint* dengan variasi diameter pin 6 mm, 7 mm dan 8 mm pada hasil penelitian menunjukkan sambungan las FSW dengan diameter 6 mm memiliki nilai kekuatan tarik sebesar 85,82 MPa. Pada diameter 7 mm hasil las memiliki kekuatan tarik sebesar 89,90 MPa, sedangkan pada diameter 8 mm memiliki kekuatan tarik sebesar 143,17 MPa. Pada hasil uji struktur mikrogafi menunjukkan adanya perubahan ukuran dan bentuk butir partikel struktur mikro sehingga mempengaruhi sifat mekanis pada aluminium dan pada diameter 8 mm memiliki hasil dengan kerapatan yang lebih baik daripada diameter 6 mm dan diameter 7 mm. Hasil tersebut dikarenakan diameter pin pengelasan mempengaruhi lebar jalur pengelasan, semakin besar diameter pin pengelasan maka semakin lebar jalur pengelasan yang dihasilkan (Faruq dkk, 2019),

Penelitian mengenai pengaruh RPM dan diameter pin *tool* terhadap kekuatan tarik, dampak dan mikrogafi pada pengelasan FSW satu sisi menggunakan aluminium seri 5083 menghasilkan kekuatan tarik rata-rata dari masing-masing parameter yaitu, pada pin *tool* diameter 8 mm memiliki nilai sebesar 127,73 MPa, pada diameter pin *tool* 9 mm memiliki nilai kekuatan tarik rata-rata 137,52 MPa sedangkan pada diameter pin *tool* 10 mm, memiliki nilai kekuatan tarik rata-rata sebesar 145,96 MPa (Jokosisworo dkk, 2019).

Penelitian mengenai *micro friction stir welding* aluminium seri 6061-T6 dengan ketebalan plat 0,5 mm, variasi kecepatan putar tool 1000, 1500, 2000 & 3000 (RPM), variasi *feed rate* 100, 150 200 & 250 (mm/menit) serta menggunakan *tool* dengan diameter *shoulder tool* 6,5 mm dan diameter pin tool 2 mm yang berbentuk tirus menghasilkan efisiensi pengelasan mencapai 57 % dari kekuatan *base metal* saat menggunakan variasi *feed rate* 150 mm/menit, hal ini disebabkan adanya panas yang dihasilkan saat proses pengelasan mampu melunakkan material dengan baik sehingga menghasilkan sambungan yang baik pada material hasil lasan (Nadda dkk, 2020).

Penelitian  $\mu$ FSW dengan menggunakan material aluminium seri AA6XXX dengan ketebalan plat 440  $\mu$ m serta dilakukan dengan 2 posisi penyambungan yaitu

*lap joint* dan *butt joint* pada penelitian sebelumnya telah dilakukan. Proses *butt joint* dilakukan dengan parameter kecepatan putaran *tool* 1650 RPM, *feed rate* sebesar 25 mm/min serta menggunakan *tool* dengan diameter *shoulder tool* 3 mm dan diameter pin *tool* 1 mm yang berbentuk silinder. Pada proses *lap joint* dilakukan dengan parameter kecepatan *tool* 1700 RPM, *feed rate* 25 mm/min serta *tool* yang digunakan memiliki diameter *shoulder tool* 4 mm dan diameter pin *tool* 0.9 mm berbentuk silinder. Dari hasil pengujian tarik didapatkan data sambungan *lap joint* pada  $\mu$ FSW kekuatan tariknya lebih tinggi dibandingkan sambungan *butt joint*, tetapi masih dibawah kekuatan tarik dari *base material*. Berdasarkan hasil uji kekerasan maka diketahui bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara kekerasan dari *butt joint* dan *lap joint* (Ahmed dkk, 2014).

Penelitian tentang sifat mekanis  $\mu$ FSW pada plat aluminium AA 1100 dengan ketebalan 400  $\mu$ m serta parameter pengelasan yang digunakan yaitu kecepatan putaran *tool* 8000 RPM dan variasi *feed rate* 30, 50, 70 mm/menit menghasilkan nilai kekuatan tarik tertinggi pada spesimen pengelasan dengan *feed rate* 30 mm/menit yaitu 61.31 MPa. Kekuatan tarik terendah terdapat pada spesimen pengelasan dengan *feed rate* 70 mm/min yaitu sebesar 43.455 MPa. Pada proses  $\mu$ FSW yang telah dilakukan menunjukkan hasil dari sambungan memiliki sifat yang getas. Hal ini dapat terlihat dari hasil spesimen pengujian tarik yang tidak menunjukkan adanya *necking*. Patahan terjadi di daerah *nugget zone* yang menunjukkan bahwa pengelasan ini tidak terlalu mempengaruhi daerah sekitar pengelasan (Harsanto dkk, 2019).

Penelitian tentang pengaruh kecepatan putar pin *tool* terhadap sifat mekanis hasil pengelasan  $\mu$ FSW. material *aluminium alloys* 1100 dengan ketebalan plat 300  $\mu$ m, sedangkan *tool* yang digunakan pada penelitian memiliki diameter *shoulder tool* 4 mm serta diameter pin *tool* 2 mm yang berbentuk silinder telah dilakukan. Proses pengelasan dilaksanakan dengan kecepatan putar pin *tool* yang digunakan yaitu 10000 RPM dan variasi *feed rate* yang digunakan yaitu 30 mm/menit, 50 mm/menit dan 70 mm/menit. Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa pengelasan dengan *feed rate* 50 mm/menit mempunyai kekuatan tarik sebesar 41.218 MPa.

Sedangkan untuk nilai kekerasan tertinggi daerah WNZ didapat pada pengelasan dengan *feed rate* 70 mm/menit yaitu sebesar 71,5 VHN. Nilai kekerasan terendah didapat pada *feed rate* 30 mm/menit yaitu 53.2 VHN (Riyadi dkk, 2019).

Berdasarkan uraian di atas, dapat diketahui bahwa parameter pengelasan dapat mempengaruhi sifat mekanis hasil pengelasan. Informasi mengenai nilai kekerasan, nilai uji tarik, struktur makro dan struktur mikro dapat memberikan ilmu terhadap proses pengelasan metode  $\mu$ FSW. Metode  $\mu$ FSW sejatinya tidak terlalu berbeda dari metode FSW hanya saja penerapan  $\mu$ FSW biasanya diaplikasikan pada penyambungan plat tipis yang memiliki ketebalan 1 mm atau kurang. Dilihat dari uraian penelitian di atas penelitian mengenai  $\mu$ FSW dengan variasi diameter pin *tool* masih jarang dilakukan, oleh karena itu penelitian mengenai pengaruh diameter pin *tool* pada  $\mu$ FSW ini dilakukan dengan tujuan dapat memberikan pengetahuan baru mengenai pengaruh variasi diameter pin *tool* terhadap struktur makro, struktur mikro, nilai kekerasan dan nilai kekuatan tarik pada pengelasan  $\mu$ FSW yang menggunakan bahan aluminium seri 1100. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan variasi diameter pin *tool* 2,6 mm, 2,8 mm dan 3,0 mm dikarenakan pada penelitian sebelumnya diameter yang telah digunakan adalah 0,9 mm, 1,0 mm dan 2,0 mm sedangkan untuk variasi diameter pin *tool* 2,6 mm, 2,8 mm dan 3,0 mm masih belum diketahui.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas beberapa faktor yang mempengaruhi sifat mekanis dari proses penyambungan FSW diantaranya adalah ukuran pin. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi diameter pin pada proses *Micro Friction Stir Welding* terhadap nilai kekerasan dan nilai kekuatan tarik pada sambungan tipe *butt joint* aluminium seri 1100. Penelitian yang dilakukan menggunakan variasi diameter pin *tool* 2,6 mm, 2,8 mm dan 3,0 mm diharapkan dapat menghasilkan hasil pengelasan yang memiliki nilai kekuatan yang tinggi yang dapat dilihat dari kekuatan mekanis seperti nilai kekerasan serta nilai kekuatan tarik.

### 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah ini diberikan agar pada pembahasan hasil yang didapat lebih terarah. Adapun beberapa batasan masalah yang diberikan yaitu:

1. Panas, tegangan sisa dan getaran diabaikan.
2. Tekanan *tool* terhadap benda kerja dianggap sama pada setiap spesimen.
3. *Feed Rate* dan putaran *tool* diasumsikan konstan.
4. Sudut kemiringan *tool*  $0^\circ$ .
5. Diameter pin *tool* yang digunakan 2,6 mm, 2,8 mm dan 3,0 mm.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh variasi diameter pin *tool* terhadap struktur makro pada aluminium seri 1100.
2. Mengetahui pengaruh variasi diameter pin *tool* terhadap struktur mikro pada aluminium seri 1100.
3. Mengetahui pengaruh variasi diameter pin *tool* terhadap nilai kekerasan pada aluminium seri 1100 pada proses  $\mu$ FSW.
4. Mengetahui pengaruh variasi diameter pin *tool* terhadap nilai kekuatan tarik pada aluminium seri 1100 pada proses  $\mu$ FSW.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian  $\mu$ FSW diantaranya :

1. Sebagai referensi untuk penelitian yang sejenis dalam rangka pengembangan teknologi khususnya dalam bidang pengelasan metode  $\mu$ FSW.
2. Sebagai referensi untuk dunia industri agar dapat menghasilkan sambungan pengelasan dengan metode  $\mu$ FSW yang memiliki mekanis yang tinggi dan dapat menjadi alternatif pengelasan aluminium khususnya *aluminium alloys* 1100.
3. Menambah ilmu pengetahuan untuk penulis dan khalayak umum dalam bidang  $\mu$ FSW.