

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Friction stir welding (FSW), merupakan metode pengelasan logam dengan menggunakan panas yang dihasilkan oleh gesekan antara alat dengan benda kerja yang akan dilas. Alasan untuk hubungan ini adalah bahwa Wayne Thomas pada tahun 1991 di Amerika Serikat TWI (*The Welding Institute*) menemukan dan mengembangkan pengadukan pada kedua sisi bagian logam yang mulai melunak karena terjadi gesekan *friction stir welding* (FSW). FSW dapat digunakan pada industri otomotif, kapal, penerbangan, dan lainnya dan FSW dapat digunakan untuk mengelas dengan ketebalan plat di bawah 1 mm yang disebut dengan pengelasan μ FSW.

Micro friction stir welding (μ FSW) merupakan aplikasi pengembangan FSW yang menggunakan ketebalan material kurang dari 1 mm. Karakteristik sambungan mekanis sangat bergantung pada ketebalan material, geometri *tool*, kecepatan pengelasan dan putaran *tool*. Dari segi sifat atau jenis bahan, proses pengelasan, hasil pengelasan dan alat yang digunakan, teknologi pengelasan μ FSW masih terus dipelajari untuk mencapai hasil yang maksimal. Keuntungan dari *micro friction stir welding* adalah tidak diperlukannya gas pembungkus dan tidak memerlukan flux

Tembaga adalah logam yang banyak digunakan dalam bentuk murni dan paduannya. Kekuatan tarik tembaga adalah 150 N / mm^2 , dan kekuatan tarik tembaga juga dapat ditingkatkan menjadi 390 N / mm^2 . Tembaga memiliki sifat yang ulet pada saat proses perlakuan panas. Aluminium adalah logam berwarna putih cerah dan sangat berkilau dengan titik leleh 660°C dan sangat tahan terhadap pengaruh atmosfer yaitu bersifat elektrik dan menghantarkan panas dengan koefisien yang tinggi. Aluminium juga merupakan salah satu logam yang sering digunakan dalam industri, dibandingkan dengan logam lainnya, aluminium memiliki banyak keunggulan, antara lain tahan korosi dan ringan.

Kesuksesan penyambungan aluminium dan tembaga menjadi topik penelitian yang menarik di bidang kimia, nuklir, pembangkit listrik, pesawat terbang dan industri elektronik. Jika bagian aluminium dan tembaga dihubungkan secara langsung, umur pakai sambungan listrik tersebut adalah sekitar satu tahun, namun jika menggunakan bimetal hasil penyambungan aluminium dan tembaga maka umur pakainya meningkat hingga lebih dari sepuluh tahun.

Penelitian tentang pengaruh kecepatan putar *tool* terhadap sifat mekanik dan struktur mikro pada proses *friction stir welding* aluminium paduan 2024 telah dilakukan oleh Tarmizi et al (2017). Parameter yang digunakan pada penelitian ini adalah variasi putaran *tool* 1555 rpm, 1175 rpm dan 910 rpm, kecepatan pengelasan 29 mm/min, sudut kemiringan *tool* 0°. Dari hasil penelitian didapat bahwa dengan menggunakan kecepatan 1175 rpm dapat menghasilkan sifat mekanik yang lebih tinggi dan struktur mikro yang lebih halus dibandingkan dengan kecepatan 1500 rpm dan 910 rpm dikarenakan kecepatan dari putaran *tool* konstan dan laju pengelasan yang tidak terlalu cepat, sehingga adukan tercampur dengan rata.

Pengaruh kecepatan pengelasan dan kecepatan putar pin *tool* terhadap konduktivitas listrik sambungan aluminium dan tembaga hasil Friction Stir Welding (FSW) telah diteliti oleh Kurniawan (2019). Penyambungan plat beda material (*dissimilar*) aluminium AA 6061 dan tembaga dilakukan dengan metode FSW. Parameter yang digunakan pada penelitian ini adalah kecepatan putar pin *tool* yaitu 800, 1000, dan 1250 rpm serta kecepatan pengelasan yaitu 10, 12,5, dan 16 mm/min. Berdasarkan hasil pengujian bahwa pada sambungan aluminium dan tembaga terdapat senyawa intermetalik berupa AlCu dan Al₂Cu. Hasil analisis menyatakan bahwa hasil pengelasan dengan kecepatan pengelasan 12,5 mm/min merupakan parameter yang paling optimum. Hal ini dikarenakan parameter 12,5 mm/min memiliki nilai konduktivitas yang berada di atas nilai rata-rata konduktivitas semua benda uji, dimana nilai tersebut adalah 26,299 Ω⁻¹cm⁻¹.

Sifat mekanis pada sambungan *micro friction stir welding* material aluminium AA1100 dengan menggunakan putaran tinggi telah dianalisis oleh Mahardika (2019). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui hubungan antara kecepatan putar

dan laju kecepatan pemakanan pada sambungan μ FSW dan sifat mekanik pelat aluminium AA1100 dengan ketebalan 0,3 mm. Parameter kecepatan spindel yang digunakan adalah 10.000 rpm (kecepatan tinggi), dan laju kecepatan pemakanan adalah 30 mm / menit, 50 mm / menit, dan 70 mm / menit. Dari hasil pengelasan ini kemudian dilakukan pengujian sifat mekanis dari sambungan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan putaran *tool* hingga 10.000 rpm mempunyai kekuatan tarik terbesar pada laju pemakanan 50 mm/min yaitu sebesar 41,218 MPa, hal ini dikarenakan pada sambungan ini menghasilkan daerah sambungan yang lebih baik daripada sambungan dengan parameter yang lain. Kekuatan tarik paling lemah terdapat pada sambungan dengan putaran *tool* 10.000 rpm dan laju pemakanan 70 mm/min yaitu sebesar 35,041 MPa, . Hal ini menunjukkan bahwa pada setiap putaran *tool* memerlukan laju pemakanan yang berbeda agar didapatkan sambungan paling optimal. Laju pemakanan ini berfungsi sebagai pengontrol panas yang terjadi agar panas yang dibutuhkan tidak terlalu besar atau terlalu kecil. Sedangkan untuk uji kekerasan menunjukkan bahwa nilai kekerasan pengelasan selalu lebih tinggi dibanding base material.

Penelitian dengan bahan dissimilar baja-aluminum telah dilakukan oleh Hernowo (2018). Kecepatan mesin konvensional yang digunakan dalam proses pengelasan adalah 800 rpm dan 1250 rpm, *feedrate* 10 mm / menit. Berdasarkan hasil penelitian didapat kecepatan putar 1250 rpm dapat menghasilkan sifat mekanik yang lebih tinggi dibandingkan 800 rpm hal ini dikarenakan setiap putaran *spindle* membutuhkan *feedrate* yang berbeda agar mendapatkan sambungan yang optimal, berdasarkan penelitian ini kecepatan putar *spindle* yang sesuai pada *feedrate* 10 mm/menit adalah 1250 rpm. Berdasarkan sifat mekanik yang lebih tinggi didapat kekuatan tarik maksimum sambungan baja-Al sebesar 365,53 MPa dan kekerasan maksimum pada sambungan baja-Al sebesar 167,1 VHN. Dari keseleruhan pengujian tarik yang dilakukan pada specimen uji baja-Al terjadi patah pada daerah pengelasan, dikarenakan kekuatan tarik pada sambungan pengelasan baja-Al lebih kecil dibandingkan dengan kekuatan tarik *base metal* Al ataupun baja.

Perbaikan kekuatan las telah dilakukan dengan melakukan FSW dengan jenis sambungan *singleside butt joint* dan *doubleside butt joint* pada bahan aluminium. Perbedaan hasil pengelasan single dan double side adalah pada double side memiliki kekuatan las yang lebih kuat dibandingkan single side dikarenakan pada double side proses pengerjaannya pada kedua sisi bidang pengelasan sedangkan single side proses pengerjaannya hanya satu sisi bidang saja. Hasil penelitian menunjukkan kecepatan putar pahat sebesar 915 rpm dan perubahan mode sambungan *doubleside* memiliki tegangan tarik terbesar yaitu 332,14 MPa karena pada paduan aluminium tersebut temperatur yang dihasilkan cukup dan stabil, proses pengadukan yang terjadipun tercampur dengan rata, kemudian diproses pada kedua sisi sehingga pengelasan yang dihasilkan menjadi sempurna. Pada pengujian kekerasan mikro *Vickers*, nilai kekerasan *weld nugget* lebih tinggi dari pada logam dasar dan HAZ yang terjadi pada semua perubahan dikarenakan daerah *weld nugget* bergesekan langsung dengan pin dan shoulder serta juga dipengaruhi oleh karakteristik material dan temperatur yang tepat (Ramadhani, 2019).

Berdasarkan beberapa penelitian pengelasan FSW sebelumnya, beberapa parameter yang berpengaruh terhadap karakteristik sambungan, antara lain: kecepatan putar *tool*, laju pemakanan, ukuran sudut. Tujuan dari penelitian - penelitian sebelumnya adalah untuk mengetahui kekuatan bahan yang disambung dan memahami pencampuran struktur mikro bahan, hal ini berfungsi untuk menemukan metode sambungan yang tepat. Pada penelitian Tarmizi et al (2017) menggunakan kecepatan putar 1555 rpm, 1175 rpm, dan 910 rpm dan menggunakan bahan aluminium paduan 2024. Berdasarkan hasil pengelasan, kekuatan tarik hasil proses *friction stir welding* yang paling baik adalah dengan kecepatan putar 1175 rpm dengan kecepatan pengelasan 29 mm/menit yaitu sebesar 268 MPa. Permasalahan yang muncul pada penelitian sebelumnya adalah pada penelitian sebelumnya dengan tebal plat dibawah 1 mm dengan menggunakan variasi kecepatan putar *spindle* dan menggunakan material yang berbeda (*dissimilar metal*) masih belum banyak diteliti dan pada penelitian sebelumnya masih belum menghasilkan kekuatan tarik maksimum yang sesuai dengan menggunakan variasi kecepatan putar *spindle* dan *feedrate* yang digunakan, sehingga pada penelitian ini

akan membahas pengaruh kecepatan putar *spindle/tool* terhadap sifat mekanik dan struktur mikro pada proses pengelasan mikro FSW sehingga didapatkan parameter yang sesuai dan mendapatkan hasil yang optimal. Penelitian ini difokuskan pada: metode pengelasan mikro *friction stir welding* (FSW), material yang digunakan adalah *dissimilar metal* aluminium A1100 dan tembaga dikarenakan penyambungan *dissimilar metal* merupakan perkembangan teknologi las *modern* akibat dari kebutuhan penyambungan material yang memiliki jenis logam yang berbeda. Ketebalan spesimen adalah 0,5 mm, dengan menggunakan sambungan *lap joint* dikarenakan sambungan *lap joint* merupakan sambungan yang paling cocok dengan pengelasan mikro *friction stir welding* dimana spesimen dengan ukuran dibawah 1 mm tidak mudah untuk disambung. Jika menggunakan sambungan *lap joint* maka tebal spesimen menjadi 1 mm dan menjadi lebih mudah dalam proses pengelasannya. Variasi yang digunakan adalah kecepatan putar *spindle* 540 rpm, 910 rpm, 1500 rpm dan 2280 rpm, *feedrate* 60 mm/menit, sudut kemiringan 1 °C, kedalaman pin 0,8 mm, pengujian ini mencakup uji tarik, uji kekerasan, dan struktur mikro.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan diteliti pada tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh variasi kecepatan putar *spindle* terhadap nilai kekerasan pada sambungan las mikro *friction stir welding* (FSW) *dissimilar* antara aluminium A1100 dan tembaga ?
2. Bagaimana pengaruh variasi kecepatan putar *spindle* terhadap struktur mikro pada sambungan las mikro *friction stir welding* (FSW) *dissimilar* antara aluminium A1100 dan tembaga ?
3. Bagaimana pengaruh variasi kecepatan putar *spindle* terhadap sifat tarik pada sambungan las mikro *friction stir welding* (FSW) *dissimilar* antara aluminium A1100 dan tembaga ?

1.3 Batasan Masalah dan Asumsi

Dalam tugas akhir ini masalah yang akan diteliti dibatasi dengan batasan sebagai berikut:

1. Material yang digunakan memiliki tebal 0,5 mm.
2. Dimensi diameter pin *tool* diasumsikan tetap tidak mengalami perubahan.
3. *Feedrate* diasumsikan tetap atau konstan.
4. Kedalaman pin *tool* diasumsikan konstan.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh variasi kecepatan putar *spindle* terhadap struktur mikro pada sambungan las mikro *friction stir welding* (FSW) *dissimilar* antara aluminium A1100 dan tembaga.
2. Mengetahui pengaruh variasi kecepatan putar *spindle* terhadap nilai kekerasan pada sambungan las mikro *friction stir welding* (FSW) *dissimilar* antara aluminium A1100 dan tembaga.
3. Mengetahui pengaruh variasi kecepatan putar *spindle* terhadap sifat tarik pada sambungan las mikro *friction stir welding* (FSW) *dissimilar* antara aluminium A1100 dan tembaga.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Data - data yang dapat diperoleh pada penelitian ini dapat digunakan untuk referensi pada penelitian berikutnya.
2. Untuk pengembangan teknologi dan ilmu pengetahuan terhadap pengelasan mikro *friction stir welding* (FSW) dimana teknologi dan ilmu pengetahuan tersebut akan selalu berkembang sejalannya dengan waktu atau perkembangan zaman.