

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi menuntut individu untuk berinovasi dalam ilmu pengetahuan dan teknologi serta menerapkannya ke berbagai bidang ilmu. Manufaktur adalah salah satu bidang ilmu penting yang senantiasa membutuhkan inovasi. Inovasi ini dapat dimanfaatkan dalam menyederhanakan dan mempermudah pekerjaan manusia tanpa menurunkan kualitas.

Salah satu teknik yang banyak digunakan untuk memproses logam di era industrialisasi ini adalah dengan teknik pengelasan. Pengelasan adalah proses menyambungkan dua logam secara permanen menggunakan energi termal. Ada banyak jenis pengelasan di Indonesia, tetapi masih cukup banyak yang belum dikenal oleh masyarakat secara umum. Berbagai jenis inovatif teknologi pengelasan muncul. Kemunculan berbagai jenis pengelasan tersebut sejalan dengan munculnya berbagai macam masalah yang dihadapi dalam menghubungkan material. Ruang lingkup penggunaan teknologi pengelasan lebih mudah dan lebih sederhana dalam proses penyambungan struktur bangunan atau mesin, serta menghasilkan biaya produksi yang lebih murah dan lebih efisien (Rahayu, 2012).

Pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi pengelasan untuk pengembangan sumber daya manusia membuat banyak orang berusaha mengembangkan inovasi baru di bidang teknik pengelasan. Ruang lingkup penggunaan teknologi pengelasan di bidang konstruksi menjadi sangat luas, termasuk transportasi, jembatan, saluran pipa, dan lainnya. Oleh karena itu, desain pengelasan harus memperhatikan sifat-sifat lasan, khususnya pada kekuatan sambungan.

FSW (friction stir welding) adalah teknik pengelasan yang ditemukan dan dikembangkan oleh Wayne Thomas. Wayne Thomas melakukannya percobaannya

menggunakan media aluminium di Welding Research Institute (USA) TWI pada tahun 1991. Adapun prinsip umum teknik *FSW* adalah menggabungkan material dengan putaran gesekan *pin tool* sehingga menghasilkan panas. Pengamatan dan pengembangan tentang pengelasan *friction stir* dilakukan pada beberapa bagian, diantaranya: variasi desain alat, peningkatan teknologi pengelasan, dan peningkatan material alat baru yang lebih tahan lama.

Metode ini menghasilkan *TMAZ* (wilayah yang terkena dampak termomekanis). Metode ini merupakan metode pengelasan yang membutuhkan input energi yang rendah dan tidak ada pengisi logam yang digunakan, pengelasan ini berhasil membuat biaya proses pengelasan lebih murah dibandingkan dengan pengelasan rangka busur. Kualitas hasil pengelasan *Friction Stir Welding* memiliki permukaan yang lebih halus dan rata dibandingkan hasil pengelasan konvensional lainnya dan tidak ada permukaan yang keropos. Proses ini ramah lingkungan karena tidak ada uap atau percikan api dan tidak ada lengkungan pada fusi.

Salah satu jenis alternatif pengelasan yang masih dalam pengembangan adalah pengelasan keadaan padat (*SSW*). Proses pengelasan *SSW* menggunakan gaya gesek antara pin pahat dan material logam dan terhubung tanpa memanaskan logam induk dan tanpa menggunakan logam pengisi atau logam tambahan. Pengelasan *SSW* termasuk pengelasan gesekan dan pengelasan dingin. Dalam metode *SSW*, terutama dalam pengelasan gesekan, wilayah *HAZ* yang dihasilkan sangat sempit dan mengurangi kerusakan. Ada berbagai model pengelasan seperti pengelasan gesekan linier (*FLW*) dan pengelasan gesekan (*FSW*). Las gesek mempunyai banyak keunggulan seperti lebih ekonomis, lebih aman, lebih mudah untuk digunakan, lebih akurat, tidak menyebabkan percikan api radiasi, dan tidak memerlukan gas (Ma'arif, 2017).

Pada intinya, sambungan dengan proses pengelasan gesekan sangat tepat digunakan dalam material jenis logam, sebab memiliki nilai konduktivitas termal yang tinggi sehingga meningkatkan penyambungan logam. Parameter dalam pengelasan metode *friction stir welding* yang mempengaruhi antara lain landasan

lasan, kecepatan putar alat, desain alat, kualitas kemiringan alat, dan jenis sambungan las.

Salah satu logam yang dikembangkan sebagai material untuk pengelasan gesekan adalah aluminium. Aluminium adalah jenis logam nonferrous yang memiliki sifat konduktor yang baik. Bahan tersebut lebih ringan dari baja serta lebih tahan korosi. Aluminium bukan jenis logam berat, tetapi merupakan unsur yang menempati sekitar 8% di permukaan bumi. Aluminium biasanya juga digunakan dalam aditif makanan, antasida, buffered aspirin, astringen, tetes hidung, antiperspiran, air minum, knalpot mobil, asap rokok, penggunaan aluminium foil, peralatan masak, kaleng, keramik dan kembang api. Logam ini digunakan tidak hanya pada peralatan rumah tangga tetapi juga dalam berbagai bidang aplikasi seperti kapal, pesawat terbang, mobil, bahan konstruksi dan sebagainya.

Paduan aluminium tipe Al - Mg (seri 5052), merupakan jenis yang tidak dapat dipanaskan, tetapi sangat baik dalam ketahanan korosi terutama korosi oleh air laut. Keuntungan dari aluminium adalah beratnya dan kepadatannya yang relatif ringan (sekitar $2,7 \text{ g / cm}^3$ atau $\frac{1}{3}$ dari gravitasi). Selain itu aluminium juga mudah dibilas dan dimachining. Jenis Aluminium yang biasanya digunakan di Industri adalah seri aluminium 6061. Aluminium yang dikelompokkan sebagai 6061 seri ini, termasuk jenis yang dapat dipanaskan dan memiliki ketahanan korosi cukup bagus.

Peneliti sebelumnya (Wijayanto, 2015) membahas pengelasan friction stir welding pada aluminium 6110. Hasilnya menerangkan bahwa pengelasan dilakukan dengan benar maka hasil pengelasan menghasilkan permukaan yang halus dan bersih. Namun, nilai kekerasan di daerah pengelasan berkurang dibandingkan dengan kekerasan raw material dasar logam las. Selain itu nilai tegangan tarik dan regangan juga berkurang. Hal ini disebabkan oleh perubahan mikrostruktur las.

Kelemahan aluminium dalam proses sambungan adalah bahwa sulit dilakukan dengan pengelasan umumnya seperti *SMAW*, *TIG* maupun *MIG*. Hal ini dikarenakan ada lapisan aluminium oksida di permukaan aluminium. Salah satu

solusi untuk menyelesaikan masalah dalam teknik ikatan logam yang sulit dilakukan oleh pengelasan cair, yaitu pengelasan gesekan (*friction welding*).

Gesekan yang disebabkan oleh kontak antara material dan *pin tool* sehingga menghasilkan panas dapat melelehkan kedua material, yang saling bergesekan pada saat proses sambungan lasan berlangsung. Denquin dkk (2018). Dalam pengelasan gesekan, terjadi empat perubahan fase yaitu: padat fase, transisi fase, fase diam, dan fase pendinginan. Gesekan dimulai pada saat fase padat, gesekan dari dua material dan pin tool mulai menghasilkan panas dan panas meningkat sesuai dengan kecepatan dan tekanan rotasi yang diterapkan (Santoso, 2014).

Parameter penting dalam proses pengelasan gesekan antara lain waktu gesekan, kecepatan putar pin tool, dan tekanan gesekan (Edward , 2013). Haryanto dkk. (2012) melakukan penelitian tentang pengelasan *FSW* pin tool baja ST 60. Dengan pengujian tarik, uji kekerasan dan uji mikrografi dilakukan dengan berbagai gaya tekan, kecepatan rotasi dan waktu kontak. Hasilnya, terbukti bahwa penyambungan berhasil.

Adapun hasil pengelasan busur, terutama pengelasan logam yang berbeda, memiliki beberapa kelemahan seperti retak dan cacat las. *Friction stir welding* adalah metode pengelasan baru yang dapat menyelesaikan masalah ini (Wijayanto, 2015)

Hasil penelitian terdahulu mengenai metode elemen dalam tiga dimensi. Analisis dilakukan dengan berbagai parameter alat dan proses. Diasumsikan bahwa sumber panas murni karena gesekan antara pin tool dan material. Dalam *FSW* ini, pin tool yang digunakan SS 310 dan bahan yang akan dilas adalah AA 1100. Alat dengan bentuk shoulder cekung dan pin kerucut menghasilkan las yang lebih baik untuk AA 1100 (Biswas dkk., 2011).

Penelitian terdahulu yang telah dilakukan menjelaskan bahwa *FSW* dari dua sisi, dua sisi arah berlawanan dan satu sisi menggunakan material AL 1100 H14 dan pin tool high speed steel (HSS) dengan variasi feedrate 40 mm/menit dengan kecepatan pin tool (900, 1600, 1950, 2200, 2520) rpm melakukan pengujian tarik

dan kekerasan menggunakan metode rockwell. Hasil untuk uji tarik rata-rata didapat untuk dua sisi sama arah 82,4 Mpa, berlawanan arah sebesar 55 Mpa sedangkan untuk satu arah sebesar 52,6 Mpa. Hasil kekerasan menunjukkan bahwa pengelasan 2 sisi sama arah paling keras dan paling lemah adalah pada pengelasan satu sisi (Kumar dkk., 2012).

Endartyana melakukan penelitian menggunakan material aluminium seri 5083 Kapal Katamaran pengelasan *FSW* variasi pengelasan satu sisi dan dua sisi dengan pengujian tarik dan kekerasan. Hasil uji tarik didapatkan untuk pengelasan dua sisi sebesar 268,38 Mpa dan satu sisi 194,92 Mpa, sedangkan untuk uji kekerasannya pengelasan dua sisi lebih keras dibandingkan satu sisi (Endartyana, 2013).

Variasi dalam rotasi, feed, dan diameter shoulder atau bidang las gesekan di mana pemanasan dilakukan dapat menyebabkan perubahan dalam nilai kekuatan dan kekerasan lasan (Nur dkk., 2017).

Masalah yang timbul menggunakan pengelasan konvensional dapat diselesaikan dengan proses friction stir welding (*FSW*), karena fluks tidak digunakan dalam proses pengelasan. *FSW* adalah metode pengelasan fase padat di mana hasil sambungan dilas terbentuk tanpa melelehkan bahan. *FSW* menggunakan panas yang dihasilkan dari gesekan antara material yang terhubung ke alat putar, sementara menghubungkan material adalah hasil dari deformasi plastis karena putaran pin pada posisi pengelasan (Khaled, 2005).

Parameter pengelasan yang biasa dipakai dalam proses *FSW* meliputi bentuk pahat, kecepatan putaran pahat rpm, kecepatan pahat translasi (mm / mnt), dan sudut kemiringan pahat pin tool (Mishra & Ma, 2005). Terutama alat geometri untuk profil pin tool memiliki pengaruh besar pada distribusi pemanasan dan pergerakan material. Desain bentuk pin tool menciptakan sambungan dengan kualitas yang berbeda pada sifat mekanik dan perubahan struktur mikro sambungan juga akan berbeda (Khaled, 2005).

Peneliti sebelumnya mengamati efek pin tool pada sifat mekanik proses *FSW* dari studi yang dilakukan oleh Tarmizi & Prayoga (2016) menggunakan material aluminium 5052 untuk mengetahui sifat mekanik dan kekerasan menggunakan bentuk pin silinder berulir, segitiga berulir, kerucut sekrup, kerucut sekrup, dan nilai kekerasan, hasil terbaik dalam bentuk pin silinder sekrup 120,442 MPa dan 38,27 HV.

Baihaqi & Santosa, 2013 melakukan penelitian pengelasan *FSW* material Al 5083 dua sisi dengan variasi sama sisi dan beda sisi. Pengelasan sisi pertama dilakukan dengan pembedaan tool pin sedalam 3,95 mm dan kemudian dilanjutkan dengan pengelasan sisi kedua dengan pembedaan tool pada pengelasan kedua sama dengan pertama sehingga terjadi *overlapping tool* pada bagian tengah sebesar 1,95 mm Ditinjau dari segi *elongation* dan *reductional areanya*, spesimen *FSW* sisi sama memiliki nilai yang lebih tinggi daripada spesimen *FSW* sisi beda. *Elongation* pada *FSW* sisi sama lebih besar 28,33 dan *reductional area*-nya lebih besar 14,61%, hal ini menunjukkan bahwa spesimen *FSW* sisi sama lebih ulet (*ductile*) daripada *FSW* sisi beda. Hasil uji kekerasan pada hasil pengelasan *FSW* sisi beda memiliki nilai yang dominan lebih tinggi dibandingkan dengan pengelasan *FSW* sisi sama. Rata-rata nilai kekerasan *FSW* sisi sama sebesar 82,43 HV dan rata-rata nilai kekerasan *FSW* sisi beda sebesar 70,16 HV, dengan nilai perbedaan rata-rata 17,01% ini dapat disimpulkan bahwa pengelasan *FSW* sisi beda lebih baik dibandingkan dengan pengelasan *FSW* sisi sama. Dari hasil pengujian makro etsa didapatkan gambaran penampang melintang hasil pengelasan pada kedua spesimen, dimana pada kedua spesimen tidak terdapat cacat lubang (*wormhole*) maupun *lack of penetration*. Hal ini disebabkan oleh meratanya perlakuan antara sisi permukaan dan akar pengelasan sehingga suhu hasil pengelasan tersidistribusi merata dan menyebabkan ukuran butirnya menjadi setara. (Baihaqi & Santosa, 2014)

Dari hasil pengamatan oleh (Sumarlin, 2015), menggunakan tiga tes yaitu mikrostruktur, uji tarik, dan kekerasan Brinell. Di antara tiga alat pin yang digunakan (segitiga, persegi panjang, lingkaran), masing masing memiliki

kelebihan dan kekurangan. Alat pin dengan kekerasan tertinggi adalah kekerasan 27,9 BHN dari spesimen standar (tanpa pengelasan). 38,1 BHN. Alat pin segi empat memiliki kekuatan tarik tertinggi memiliki tegangan maksimum 79,28 MPa, strainnya 13,5 (tanpa pengelasan), tegangan luluh 46,35 Mpa.

Dari hasil beberapa penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa kecepatan putar *pin tool*, bentuk *pin tool*, jumlah lasan dan arah lasan dua sisi pada proses pengelasan *FSW* sangat berpengaruh terhadap hasil pengelasan *FSW*. Pada penelitian ini membahas tentang pengaruh kecepatan putar *pin (probe)* suatu *tool* yang dapat digunakan untuk pengelasan dengan proses *FSW*. Bahan yang digunakan untuk *tool* adalah baja karbon tinggi ST 90 dan material yang dilas adalah alumunium seri 1100 dan alumunium seri 5052. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah, rpm, *feed rate*, dan kemiringan *tool*. Sementara yang akan diamati adalah perubahan struktur mikro dan sifat mekanik yang dihasilkan dari variasi kecepatan putar *pin tool*.

1.2. Perumusan Masalah

Bagaimana dampak kecepatan putar pin tool terhadap pengelasan *friction stir (FSW)* dua sisi material aluminium *dissimilar* 1xxx dan 5xxx mempengaruhi kekuatan tarik, kekerasan dan sifat mekanik makro dan mikro hasil pengelasan *FSW*.

1.3. Batasan Masalah

Selama proses pembuatan laporan ini, penulis membatasi masalah yang dibahas secara rinci sebagai berikut.

1. Tegangan sisa, panas, getaran diabaikan.
2. Tekanan alat pada benda kerja diasumsikan konstan.
3. Rotasi alat dan kecepatan umpan diasumsikan konstan.

1.4. Tujuan

1. Untuk memastikan pengaruh kecepatan putar *pin tool* pada nilai kekerasan sambungan las 1xxx dan 5xxx selain aluminium dengan *FSW*.

2. Memberikan informasi kecepatan terhadap struktur makro dan mikro sambungan las Aluminium dissimilar 1xxx dan 5xxx Las *FSW*.
3. Untuk memastikan pengaruh kecepatan putar *pin tool* pada nilai kekuatan tarik sambungan las 1xxx dan 5xxx selain aluminium dengan *FSW*.
4. Mengetahui nilai tegangan luluh maksimum dan modulus elastisitas.
5. Mengerahui nilai regangan maksimum.

1.5. Manfaat

1. Mendapatkan informasi tentang parameter yang digunakan untuk pengelasan *dissimilar* aluminium 1xxx dan 5xxx dengan metode *FSW*
2. Untuk memahami pengaruh kecepatan putar *pin tool* pada sifat mekanik , mikro dan mikro dalam proses pengelasan *friction stir welding*.
3. Memberikan alternatif penyambungan aluminium tidak sejenis dengan metode *FSW*.

1.6. Sistem Penulisan

Sistem Tugas akhir ini disusun secara sistematis sebagai berikut.

1. Bab 1 memperkenalkan pengantar yang menjelaskan di balik masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan keuntungan penelitian.
2. Bab 2 membahas penelitian sebelumnya yang terkait dengan topik topik penelitian akhir, dan termasuk teori dasar yang merujuk pada penelitian.
3. Bab 3 menjelaskan mengenai alat dan bahan yang digunakan, skema penelitian, dan penelitian yang menjelaskan tahapan penelitian.

4. Bab 4 memuat hasil dan pertimbangan penelitian yang dilakukan selama ini.
5. Bab 5 berisi kesimpulan dari hasil penelitian.