

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Sudah banyak penelitian yang dilakukan dengan proses pengelasan FSW untuk melakukan pengujian kekerasan, tarik, dan uji struktur makro mikro, Tetapi, dari banyaknya penelitian kecepatan putaran tool dan feed rate yang dipakai dan pada umumnya rendah. Maka dari itu, dipenelitian ini dilakukan penelitian dengan kecepatan putar tool, feed rate, kemiringan sudut pengelasan yang berbeda dan dilakukan pengelasan secara dua sisi. Beberapa penelitian yang sudah dilakukan oleh beberapa peneliti.

Wijayanto dan Anelis, (2010), melakukan penelitian tentang pengaruh *feed rate* terhadap sifat mekanik pada pengelasan *friction stir welding* aluminium 6110. Pengelasan Aluminium 6110 dengan metode FSW dapat dilakukan dengan baik dan hasil penglasanya mempunyai permukaan yang halus dan bersih. Serta terjadi penurunan nilai kekerasan yang signifikan pada daerah logam las, HAS dan logam induk terhadap material induknya, tetapi untuk variabel 320 mm/mnt terjadi penyempitan daerah lasan. Nilai kekerasan raw material adalah ± 55 VHN dan pada daerah pusat las mencapai ± 37.5 VHN. Sedangkan kekuatan tarik maksimal dan regangan maksimal dari hasil lasan mengalami penurunan yang signifikan jika dibandingkan logam induknya. Diantara variabel yang telah diteliti, nilai tegangan dan regangan yang paling baik adalah pada variabel 64 mm/mnt (5.75 kg/mm²) dan nilai regangan terendah terjadi pada variabel 200 mm/mnt (1.02%). Secara umum, sifat mekanis yang paling baik dari hasil penelitian pengelasan aluminium 6110 dengan menggunakan metode FSW terjadi pada *feed rate* 320 mm/mnt.

Merdiyanto, (2016), melakukan penelitian tentang kecepatan putaran *tool* terhadap sifat mekanis pada aluminium 5051 dengan metode *Friction Stir Welding*. Dengan hasil uji kekerasan paling tinggi putaran *tool* 1300 rpm sebesar

31.9 VHN sedangkan terdapat kekerasan terendah pada putaran *tool* 3300 rpm sebesar 28,4 VHN, ini dapat terjadi karena heat input yang besar menghasilkan bentuk grain yang besar. Untuk hasil kekuatan tarik dari sambungan las FSW variasi putaran *tool* 1300, 2200, 3300 rpm hasilnya adalah 76.36 MPa, 90.13 MPa, 72.33 MPa. Kekuatan tarik dan tegangan luluh tertinggi diperoleh putaran *tool* 2200 rpm sebesar 90.13, 54.4 MPa. Sedangkan hasil kekuatan tarik ketengah cacat *wornholes* dikarenakan panas yang terlalu tinggi pada variasi tersebut dan menyebabkan material menjadi lebih mudah retak sehingga kekuatan tariknya menurun. Menggunakan parameter proses pengelasan yang tepat dapat meningkatkan kekuatan sambungan dan mengurangi terjadinya cacat. Parameter yang digunakan pada pengelasan FSW yaitu *welding tool*, kecepatan putar *tool*, kecepatan pengelasan dan kedalaman pembenaman pin (Rajakumar, dkk 2012)

Pengelasan (FSW) telah berkembang dengan pesat beberapa tahun terakhir, pengelasan FSW memberikan hasil yang lebih baik dari pada pengelasan aluminium dengan metode GMAW atau GTAW karena pengelasan pada kondisi *solid*. Putaran *tool* dan *desain tool* merupakan parameter yang sangat penting dalam pengelasan FSW. Hal ini dikarenakan putaran dan *desain tool* sangat berpengaruh terhadap panas yang dapat mempengaruhi sifat mekanik dan hasil lasan FSW. Dimana penelitian FSW menggunakan putaran *tool* dan *desain tool* perlu dikakukan dan masih banyak ilmu yang bisa digali untuk menjelaskan pengelasan FSW baik dari sisi metode pengelasan, kekerasan *tool*, bahan yang akan digunakan, kecepatan putar, kecepatan pemakanan, panjang pin dan lain sebagainya

Nurdyansyah, dkk, (2012), menyatakan bahwa menggunakan aluminium seri 5083 dengan ketebalan 4mm dan *tool* yang digunakan K-100 berbentuk *straight square*. Proses *Friction Stir Welding* dengan variasi *tool* 394 rpm, 536 rpm, 755 rpm, dan 1084 rpm. Dengan nilai kekerasan paling tinggi sebesar 67.2 VHN sedangkan kekerasan terendah terjadi pada putaran 1084 rpm tingkat kekerasan *weld metal* 43.9 VHN dan variasi rpm paling optimum adalah rpm dengan kecepatan putaran 755 karena rpm ini tidak terdapat cacat pada weld joint.

Pada proses pengelasan *Friction Stir Welding* yang menggunakan material AA5083-O menghasilkan bahwa semakin tinggi kecepatan putar *tool* maka temperatur pada sambungan pengelasan semakin tinggi. Lalu pada kecepatan putar 1220 rpm dan feed rate 100 mm/menit menggunakan pin silinder nilai kekerasan mengalami peningkatan dibandingkan base metal. (Amini., 2015)

Helmi, (2017), proses *Friction Stir Welding* aluminium 5083 – H112 menggunakan mesin frais dan *tool* dengan bentuk *pin* tirus beralur, silinder beralur dan segitiga beralur dengan parameter putaran *tool* 1500 rpm, kecepatan pengelasan 29 mm/mnt, sudut kemiringan *tool* 0° dan kedalaman pembenaman pin 4.8 mm menunjukkan proses berlangsung dengan baik. Hasil pengujian mekanik menunjukkan nilai kekerasan sebesar 85 HV dan harga impek rata-rata disambung las sebesar 0.24 J/mm² menggunakan *pin* silinder beralur 172 MPa masih lebih rendah dari kekuatan tarik logam induk sebesar 331 MPa karena adanya cacat pada hasil lasan. Pengamatan struktur mikro menunjukkan butir menjadi lebih halus di daerah daerah adukan dibandingkan daerah Thermo-mechanically Affected Zone, Heat Affected Zone dan logam induk. Proses pengelasan aduk gesek aluminium sifat mekanik dan struktur mikro yang lebih baik daripada menggunakan *pin* silinder atau segitiga beralur.

Hariato (2010), meneliti sifat kuat tarik AL 1100 dengan variasi putaran *tool* 1450, 1850 dan 2250 rpm, dengan kecepatan feed rate 6 mm/menit menyatakan bahwa kekuatan tarik paling tinggi terjadi pada variasi putaran *tool* 1850 rpm dengan nilai kuat tarik sebesar 120,68 MPa, sedangkan untuk tarik terendah terjadi pada variasi putaran 2250 rpm dengan nilai kuat tarik sebesar 105,85 MPa. Hasil tersebut menyatakan bahwa nilai tarik logam las lebih rendah dari kuat tarik logam induk yang memiliki nilai tarik sebesar 126,04 MPa.

Dari hasil beberapa penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi putaran, semakin tinggi thermal dan semakin tinggi kecepatan pengelasan penyebaran panas akan semakin kecil. Kecepatan putar dan kecepatan pengelasan dapat menentukan nilai kekerasan dan kekuatan tarik dari hasil pengelasan.

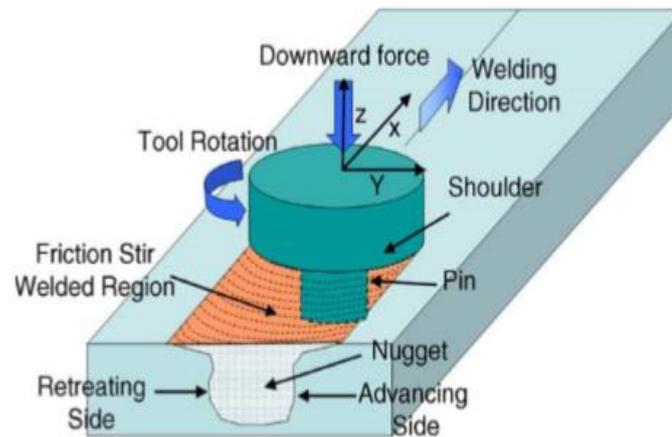
2.2 Dasar Teori

2.2.1 Pengertian Pengelasan

Dalam perkembangan dunia konstruksi pengelasan sangat umum digunakan dengan berbagai macam metode pengelasan. Pengelasan (welding) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam penambah yang menghasilkan sambungan yang permanen.

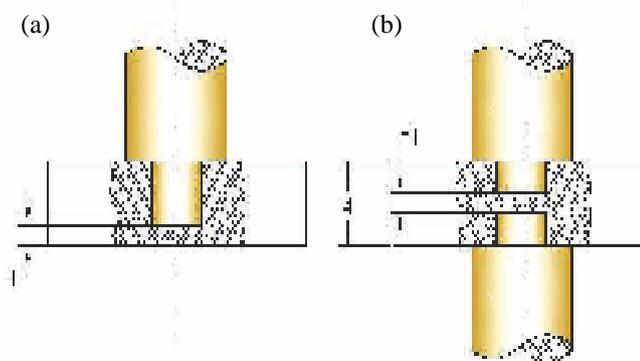
2.2.2 *Friction stir welding (FSW)*

Friction stir welding (FSW) adalah proses penggabungan *solid-state* yang relatif baru. Proses penyambungan ini hemat energi, ramah lingkungan, dan serbaguna. Secara khusus, dapat digunakan untuk menggabungkan paduan aluminium *aerospace* berkekuatan tinggi dan paduan logam lainnya yang sulit untuk dilas oleh pengelasan konvensional. Konsep dasar dari FSW sangat sederhana. Sebuah *tool* yang terdiri dari *pin* dan *shoulder* yang dirancang khusus dimasukkan ke dalam tepi atau lempengan yang akan disambung dan digerakan sepanjang jalur pengelasan antara ujung material. *Tool* ini memiliki dua fungsi utama yaitu sebagai pemanas benda kerja dan menggerakkan material untuk menghasilkan sambungan, panas yang diperoleh dengan cara gesekan antara *shoulder* dan benda kerja dapat melunakkan material. Selama proses FSW, material mengalami deformasi plastis yang intens pada suhu tinggi, menghasilkan butiran rekristalisasi halus dan equiaxed serta menghasilkan sifat mekanik yang baik. Skema proses pengelasan *Friction stir welding (FSW)* ditunjukkan pada gambar 2.1



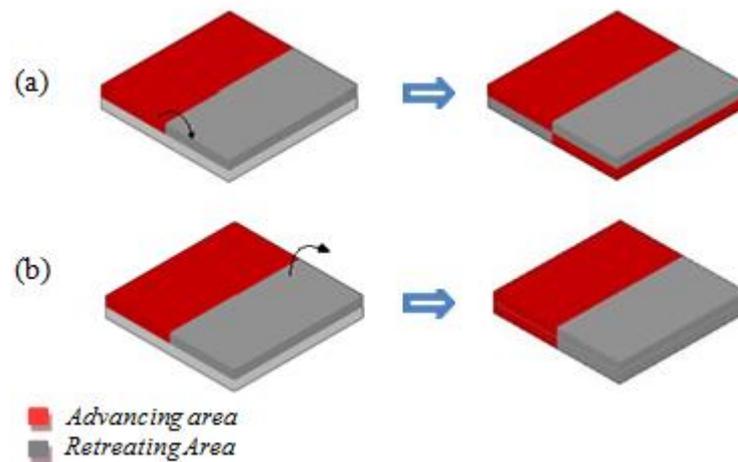
Gambar 2.1 Prinsip Dasar Proses FSW (Mishra, 2005)

Dalam proses pengerjaannya FSW dibedakan menjadi dua. Pertama proses FSW satu tunggal (*single sided friction stir welding*) yaitu proses pengerjaannya hanya pada satu bidang pengelasan, dan yang kedua FSW sisi ganda (*double sided friction stir welding*) yaitu proses pengerjaannya pada kedua bidang pengelasan. Proses pengerjaan FSW ditunjukkan pada gambar 2.2



Gambar 2.2 (a) Single sided dan (b) Double sided (Baihaqi, T., 2013)

Proses pengelasan yang dilakukan adalah pengelasan FSW dua sisi dengan perlakuan yang berbeda, yaitu perlakuan FSW sisi beda dan perlakuan pengelasan FSW sisi sama. Berikut gambaran perlakuan pengelasan yang akan dilakukan.



Gambar 2.3 Perlakuan pengelasan yang dilakukan (a) FSW sisi beda
(b) FSW sisi sama (Baihaqi, T., 2013)

Pengelasan FSW sisi beda adalah bila pada sisi permukaan las mengalami perlakuan sebagai *advancing* sedangkan pada sisi akar las mengalami perlakuan sebagai *retreating*. Sedangkan pengelasan FSW sisi sama adalah bila pada satu sisi mengalami perlakuan sebagai *advancing* baik pada permukaan las maupun pada akar las seperti terlihat pada gambar 2.3.

2.2.3 Aluminium 1xxx dan 5xxx

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah aluminium seri 1100 dan 5052. Seri 1100 termasuk dalam golongan paduan aluminium seri 1xxx aluminium ini memiliki kemurnian antara 99.0% dan 99.9%. Aluminium dengan seri ini sifatnya baik dalam tahan karat, konduksi panas dan konduksi listrik. Hal ini yang kurang menguntungkan adalah kekuatannya rendah. Serta seri 5052 termasuk dalam golongan paduan aluminium seri 5xxx, yaitu paduan aluminium dengan magnesium (Mg). Paduan ini memiliki sifat tidak dapat diperlakukan panas pengaplikasiannya terbatas hanya pada temperatur rendah. Batas kandungan unsur pada aluminium 1100 dan 5052 dijelaskan pada Tabel 2.1 dan 2.2.

Tabel 2.1 Kandungan unsur aluminium 1100 (ASM A1 1100-H14)

Unsur	Al	Cu	Fe	Mn	Si	Zn
Jumlah (%)	99 - 99.95	0.050 -0.2	Max 1.0	Max 0.050	Max 1.0	Max 0.1

Tabel 2.2 Kandungan unsur aluminium 5052 (ASM A1 5052- H112)

Unsur	Al	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Si	Zn
Jumlah (%)	95.7 – 97.7	0.15 - 0.35	Max 0.1	Max 0.4	2.2- 2.8	Max 0.1	Max 0.25	Max 0.1

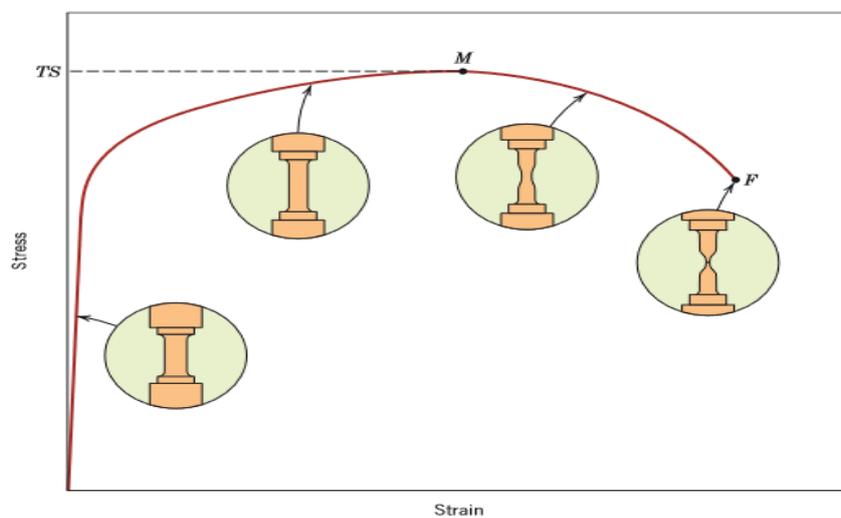
2.2.4 Proses pengujian

2.2.4.1 Pengujian Tarik

Pengujian tarik yaitu suatu metode pengujian yang dilakukan untuk mengetahui kekuatan suatu bahan material dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu (Askeland, 1985). Percobaan ini untuk mengukur tekanan suatu material terhadap kekuatan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat. Hasil pengujian sangat penting untuk rekayasa teknik desain produk karena menghasilkan data kekuatan material. Bentuk spesimen pada uji tarik ini berbentuk plat, pejal dan pipa silinder yang biasanya dibuat sesuai ASTM, AWS, DIN, dan JIM. Pada penelitian ini, pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui nilai tegangan geser dari hasil sambungan material yang dilas. Proses pengujian ini dilakukan dengan cara kedua ujung material dijepit dimana salah satu penjepit dihubungkan

dengan perangkat pengukur beban yang ada pada mesin uji tarik dan ujung yang lain dihubungkan dengan perangkat peregang. Kemudian spesimen uji diberikan beban tarik secara kontinyu. Dilakukan secara bersamaan pengamatan panjang yang terjadi hingga spesimen mengalami patahan. Data yang diperoleh dari pengujian ini berupa kurva tentang regangan atau bisa berupa kurva beban perpanjangan, seperti yang dapat dilihat gambar 2.3.

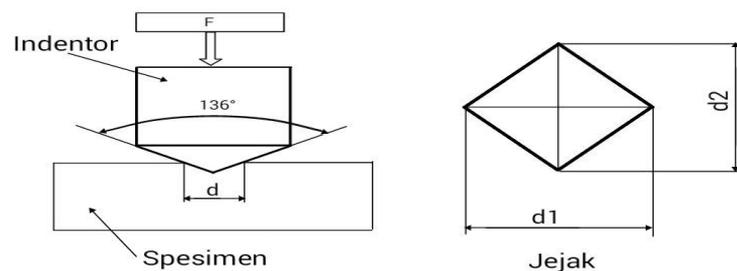
Untuk menggambarkan kurva tegangan regangan atau beban perpanjangan diperlukan beberapa parameter yaitu kekuatan tarik, persen perpanjangan, titik luluh / kekuatan luluh, dan pengurangan luas. Komposisi material, deformasi plastis, akan memengaruhi bentuk kurva yang akan diperoleh. Tegangan geser dapat dihitung dengan membagi nilai beban dengan luas penampang, dimana pada penelitian ini luas penampangnya berupa lingkaran (*nugget*) yang terbentuk dari lasan.



Gambar 2.3 Kurva pengujian tarik

2.2.4.2 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan *vickers* adalah pengujian mekanik untuk mengetahui kekerasan suatu material terhadap pembebanan dalam perubahan yang tetap. Pengujian ini menggunakan piramida intan untuk menekan spesimen sehingga meninggalkan bekas berupa lekukan. Ketika gaya tertentu diberikan maka tekanan pada suatu spesimen yang mendapatkan pengaruh pembebanan, spesimen akan mengalami deformasi/perubahan. Pengujian kekerasan perlu dilakukan terutama pada material yang penggunaannya akan mengalami gesekan dan *deformasi plastis*. Kita dapat menganalisis seberapa besar tingkat kekerasan suatu material melalui besarnya beban yang diberikan terhadap spesimen yang menerima pembebanan.



Gambar 2.4 Pengujian kekerasan *vickers* (Callister, 2016)

Persamaan 2.4 dalam menentukan nilai kekerasan dengan metode *vickers* dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$HV = \frac{2P \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{d^2} = 1.854 \frac{p}{d^2} = \dots\dots\dots(2.1)$$

HV = Angka kekerasan *vickres*

P = Beban (Kg)

d = Diagonal, rata-rata ukuran dari bekas injakan d1 dan d2 (mm)

θ = Sudut antara permukaan intan yang berhadapan 136°

2.2.4.3 Pengujian Struktur Makro dan Mikro

Pengujian struktur makro mikro yaitu gambaran dari kumpulan fasa-fasa yang dapat melalui teknik metalografi. Struktur mikro suatu logam dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop. Mikroskop yang dapat digunakan yaitu mikroskop optik dan mikroskop elektron. Dengan pengujian struktur mikro kita dapat mengamati bentuk dan ukuran kristal logam, proses perlakuan panas, kerusakan logam akibat proses deformasi dan perbedaan komposisi. Sebelum diamati dengan mikroskop ada beberapa langkah yang harus dilakukan, diantaranya pemotongan spesimen, pengamplasan dan penghalusan spesimen. Pengamplasan dilakukan dengan menggunakan amplas secara bertahap grit kasar hingga halus, sebelum pengamplasan dilakukan spesimen diberi resin, selanjutnya dioleskan dengan autolos untuk menghasilkan spesimen yang mengkilat. Yang terakhir yaitu mengetsa permukaan sebelum pengujian agar material dapat terlihat jelas strukturnya.