

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kajian Pustaka

Friction Stir Welding (FSW) adalah salah satu metode pengelasan *Solid State Welding* (SSW), yaitu pengelasan yang berlangsung dibawah titik lebur benda kerja. Pada bulan Desember 1991 Wayne Thomas dari *The Welding Institute* menemukan dan mematenkan proses pengelasan FSW di United Kingdom. Dengan menggesekkan dua benda kerja terus-menerus akan menghasilkan panas, ini menjadi suatu prinsip dasar terciptanya suatu proses pengelasan gesek. Pada proses FSW, sebuah *tool* yang berputar di tekankan pada material yang akan disatukan. Gesekan *tool* yang berbentuk silindris (*cylindrical shoulder*) yang dilengkapi pin/probe dengan material, mengakibatkan pemanasan setempat yang mampu melunakkan bagian tersebut. *Tool* bergerak pada kecepatan tetap dan bergerak melintang pada jalur pengelasan (*joint line*) dari material yang akan disatukan.

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 pada 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 pada putaran *tool* 2200 rpm sebesar 90,13, 54,4 MPa. Sedangkan hasil kekuatan tarik terendah pada putaran *tool* 3300 rpm sebesar 72,33 MPa hal ini disebabkan terdapat cacat *wormholes* 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 meminimalisir terjadinya cacat. Parameter yang digunakan pada pengelasan FSW yaitu *welding tool*, kecepatan putar *tool*,

kecepatan pengelasan dan kedalaman pembedaman pin (*depth plunge*) (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 kerana pengelasannya 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 dari hasil lasan FSW. Dimana penelitian FSW menggunakan putaran *tool* dan *desain tool* perlu dilakukan dan masih banyak ilmu yang bisa digali untuk menjelaskan pengelasan FSW baik dari sisi metode pengelasan, kekerasan *tool*, bahan yang digunakan, kecepatan putar, kecepatan pemakanan, panjang pin dan sebagainya.

Nurdiansyah, dkk, (2012), menyatakan bahwa menggunakan aluminium seri 5083 dengan ketebalan 4mm dan *tool* yang digunakan K-100 yang berbentuk *straight square*. Proses *Friction Stir Welding* dengan variasi putar *tool* 394 rpm, 536 rpm, 755 rpm, dan 1084 rpm. Dengan nilai kekerasan paling tinggi dihasilkan oleh pengelasan 394 rpm tingkat kekerasan *weld metal* 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 pada rpm ini tidak terdapat cacat pada weld joint.

Prasetyo, (2015) meneliti tentang kecepatan putar *tool* pada sambungan aluminium seri 1xxx dengan metode *Friction Stir Welding*. Pada proses pengelasan aluminium dengan metode FSW variasi kecepatan putar *tool* 1300 rpm, 2220 rpm, dan 3310 rpm dengan nilai tertinggi terjadi pada variasi putaran 3310 rpm didapat nilai sebesar 28 VHN, sedangkan untuk nilai terendah didapat pada variasi putaran 1300 rpm dengan nilai 25,4 VHN. Nilai tertinggi dan terendah untuk kekerasan ini dimulai dari pusat pengelasan, dimana nilai kekerasannya mengalami kenaikan menuju *base metal*. Untuk pengujian tarik dilakukan dengan dimensi spesimen uji tarik menggunakan standar ASTM E8. Hasil yang diperoleh dari proses pengujian tarik berupa nilai tegangan dan regangan dari hasil pengelasan dapat diketahui bahwa nilai UTS dan YS tertinggi terjadi pada variasi putaran tool 3310 rpm dengan

nilai 108.07 MPa dan 77,73 MPa, sedangkan nilai UTS dan YS terendah terjadi pada variasi putaran *tool* 2300 rpm dengan nilai 88,13 MPa dan 53,13 MPa. Untuk regangan dengan nilai tertinggi pada putaran *tool* 2220 rpm sebesar 15.9% lebih tinggi dari raw material yang memiliki nilai regangan sebesar 13.17%. Nilai regangan paling rendah didapat pada putaran *tool* 1300 rpm dengan nilai 10.6% lebih kecil dibandingkan dengan nilai raw material 13.17%.

Dari beberapa penelitian diatas menunjukkan bahwa kecepatan putaran *tool* sangat berpengaruh terhadap nilai kekerasan dan tarik pada berbagai jenis aluminium. Tetapi dari beberapa penelitian diatas didapat hasil yang berebeda-beda pada masing-masing putaran *tool*. Untuk kecepatan putaran *tool* pada proses FSW akan menentukan kualitas lasan, karena berpengaruh terhadap besarnya masukan panas saat proses pengelasan dan berpengaruh terhadap sifat-sifat mekanik mikrosutruktur daerah sambungan las.

2.2.Dasar Teori

2.2.1. Pengertian Pengelasan

Pengertian pengelasan menurut DIN (*Deutch Industrie Normen*), las adalah suatu ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan dalam keadaan lumer maupun cair. Dari definisi tersebut dapat dijabarkan lebih lanjut bahwa las adalah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas. Ada lebih dari 40 jenis pengelasan termasuk pengelasan yang cara kerjanya dengan cara menekan dua logam yang disambung sehingga terjadi ikatan antara atom-atom molekul dari logam yang disambungkan.

2.2.2. Jenis Pengelasan Secara *Solid State Welding* (SSW)

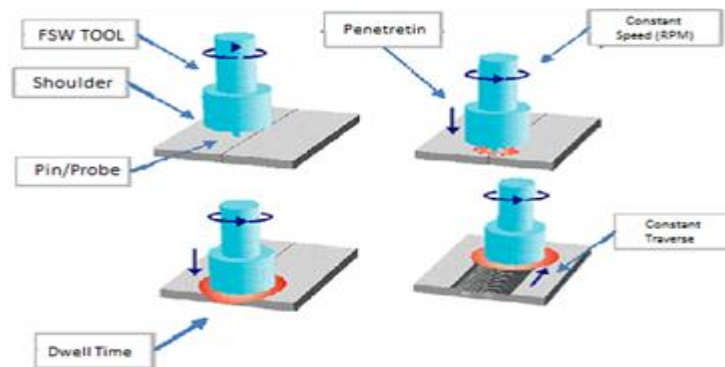
Pengelasan secara SSW pada FSW dibagi menjadi tiga jenis pengelasan gesek, antara lain:

1. *Friction Stir Welding* (FSW)

FSW adalah sebuah metode pengelasan gesek yang pada prosesnya tidak memerlukan bahan tambahan ataupun pengisi. Gesekan antara benda kerja yang diam dengan benda yang berputar (*tool*) menghasilkan panas yang dapat

melunakkan logam dengan titik panas tertentu. *Tool* berputar dengan kecepatan konstan lalu digesekkan pada benda kerja yang telah dicekam sejajar.

Proses kerja FSW dapat ditunjukkan pada Gambar 2.1 dengan gesekan terus-menerus akan menghasilkan panas dan melunakkan logam, ini menjadi suatu prinsip dasar terciptanya suatu proses pengelasan gesek. Pada proses FSW, sebuah *tool* yang berputar ditekankan pada material yang akan dilas. *Tool* yang berbentuk silindris (*cylindrical-shoulder*) yang dilengkapi pin/probe akan bergesekan dengan material, sehingga mengakibatkan pemanasan setempat yang mampu melunakkan bagian tersebut. *Tool* berputar pada kecepatan konstan pada jalur pengelasan dari material yang akan disatukan.

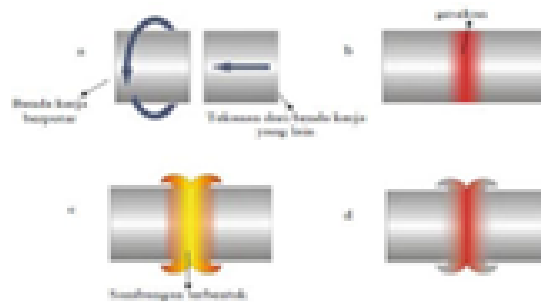


Gambar 2.1. Prinsip FSW (Polmear, 1995)

Dalam pengelasan FSW, seberapa cepat *tool* itu berputar dan seberapa cepat *tool* itu melewati jalur pengelasan (*joint line*) merupakan dua kecepatan alat yang harus diperhitungkan. Kedua parameter ini harus ditentukan secara cermat untuk memastikan proses pengelasan yang efisien dan hasil yang memuaskan. Proses pengelasan FSW dimulai dengan *tool* berputar searah jarum jam dan bertranslasi dari kanan ke kiri. Sisi *advancing* berada pada daerah kiri, dimana vector kecepatan logam cair searah dengan *welding direction*. Sementara itu sisi *retreating* berada pada sisi kanan, daerah dimana vector kecepatan aliran logam cair berlawanan arah dengan *welding direction*.

2. *Friction Continuous Drive Welding*

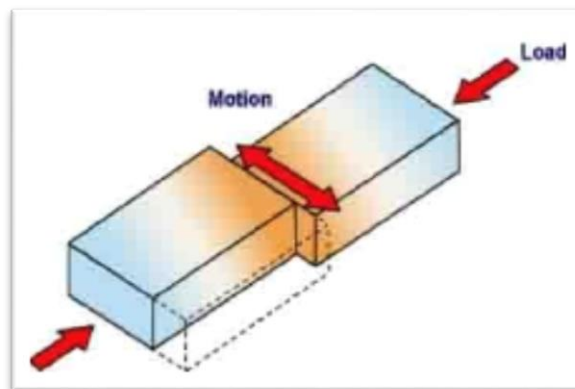
Continuous Drive Friction Welding adalah suatu proses pengelasan gesek yang mendapatkan energi panas untuk penyambungan dengan memberikan putaran konstan pada benda kerja dan memberi tekanan pada benda kerja yang lain. Benda kerja berputar dengan kecepatan konstan atau bervariasi dan benda yang lain diberi gaya tekan seperti pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. *Continuous Drive Friction Welding* (Wysocki, J., 2007)

3. *Friction Linier Welding*

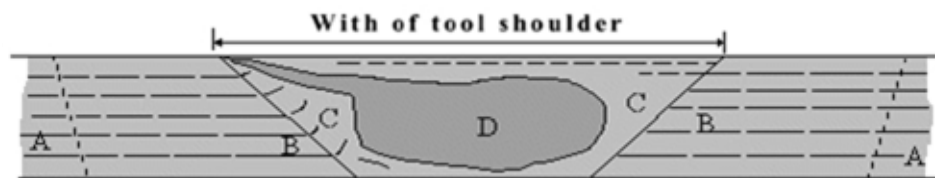
Friction linier welding adalah proses pengelasan gesek yang mendapat panas dari gesekan linier salah satu benda kerja dengan benda kerja yang lain diberi tekanan secara konstan seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. *Friction Linier Welding* (Nicholas, E., 2003)

2.2.3. Daerah Pengelasan Pada FSW

Daerah pengelasan merupakan daerah yang terbentuk oleh panas yang *menyebabkan* perubahan struktur mikro dan sifat mekanik seperti ditunjukkan pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Hasil pengelasan dengan metode *friction stir welding*, A. logam induk, B. HAZ, C. TMAZ, D. weld nugget (www.ansatt.hig.no. 2003)

Daerah pengelasan dibagi menjadi beberapa bagian antara lain:

1. Parent metal atau unaffected material atau logam induk merupakan daerah yang tidak terpengaruh siklus termal, mikrostruktur maupun sifat mekanik. Struktur mikro berupa butiran halus memanjang searah dengan arah rol.
2. HAZ adalah daerah yang mengalami siklus termal tetapi tidak mengalami deformasi plastis dan perubahan sifat mekanik. Pada daerah ini terjadi perubahan struktur mikro.
3. *Thermomechanically affected zone* (TMAZ) adalah daerah transisi antara logam induk dan daerah las yang mengalami deformasi struktur tetapi tidak terjadi rekristalisasi.
4. Daerah *weld* adalah daerah yang mengalami deformasi plastis dan pemanasan selama proses FSW sehingga menghasilkan rekristalisasi yang menghasilkan butiran halus didaerah pengadukan. *Weld* bentuknya bergantung pada parameter proses, geometri *tool*, temperature, benda kerja dan konduktivitas termal material.

2.2.4. Parameter Pengelasan

Berikut ini adalah parameter atau batasan-batasan dalam pengelasan FSW, antara lain:

1. Kecepatan putar *tool*, panas gesekan, kedalaman pin, pengadukan, pemecahan dan pencampuran lapisan oksida.
2. Sudut puntir, berpengaruh pada tampilan lasan.
3. Laju pengelasan berpengaruh pada tampilan lasan dan kendali panas
4. Gaya tekan turun berpengaruh pada panas gesekan.

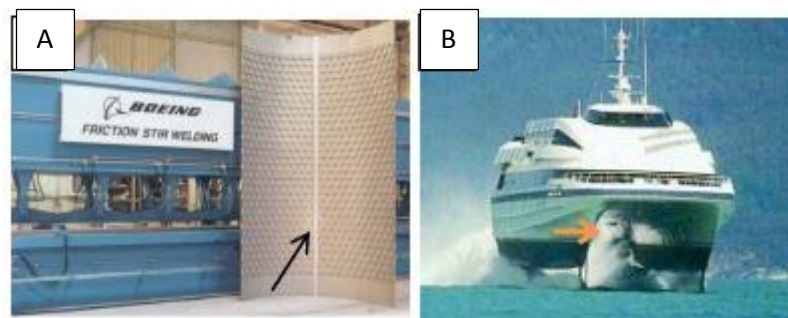
2.2.5. Keuntungan

Beberapa keuntungan dari FSW, yaitu:

1. Ramah lingkungan.
2. Konsumsi energi lebih sedikit jika dibandingkan dengan las konvensional.
3. Tidak memakai fluks.
4. Tidak memerlukan tambahan logam pengisi.
5. Sangat baik untuk penyambungan logam aluminium.
6. Proses pengelasan dapat diprogram otomatis

2.2.6. Aplikasi *Friction Stir Welding*

FSW telah banyak diaplikasikan dalam bidang industri, aplikasi pengelasan ini biasanya digunakan untuk penyambungan material aluminium dan paduannya, sebagai contoh pada industri pembuatan kapal dan pesawat terbang yang telah diterapkan di beberapa negara maju. Contoh pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Aplikasi FSW (A) Kabin Pesawat, dan (B) Podi Kapal, (*Friction Stir Welding, the ESAB Way, 2012*)