

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1. Tinjauan Pustaka

Penelitian terhadap las gesek telah banyak dilakukan. Beberapa penelitian tentang parameter kekuatan tarik, kekerasan permukaan dan struktur mikro sudah mulai dilakukan oleh beberapa peneliti.

Erwanto, R., (2015), menggunakan AL 5052 dengan standar ASM aluminium 5052-H34 tahun 2015 memiliki propertis *Hardness Vickers* sebesar 78 VHN. Kemudian dilakukan pengelasan dengan variasi kecepatan putar *tool* 950, 1500, 2500 dan 3600 rpm. Dimana hasil uji kekerasan dan uji tarik yang paling tertinggi pada kecepatan putar *tool* 3600 rpm 207 MPa dan 70,6 VHN, sedangkan yang hasil uji mekanik yang terendah pada putaran *tool* 1500 rpm yaitu 112 MPa dan 56,5 VHN. Namun hasil nilai kekerasan setelah dilakukan pengelasan mengalami penurunan 70 VHN dari nilai kekerasan base metal-nya yaitu sebesar 78 VHN.

Sudrajat, A, (2012), menggunakan material aluminium AA 1100, dengan variasi putar *tool* 780, 980, dan 1120 rpm, hasil nilai *ultimate strength* paling tinggi dihasilkan pada putaran *tool* 1120 rpm dengan nilai *ultimate strength* 56.528 MPa dan *ultimate strength* terendah terjadi pada putaran 980 rpm sebesar 38.472 MPa. Dari pengamatan makro diketahui cacat *wormholes* terbesar terdapat pada hasil pengelasan dengan putaran *tool* 980 rpm dan juga adanya celah karena kurangnya penetrasi dan menimbulkan konsentrasi tegangan pada hasil pengelasan.

Amini (2015), menggunakan material AA5083-O, menyatakan bahwa semakin tinggi kecepatan putar *tool* maka temperatur pada sambungan pengelasan semakin tinggi, kemudian pada kecepatan putar 1220 rpm dan *feed rate* 100 mm/menit menggunakan pin *silinder* nilai kekerasan mengalami peningkatan dibandingkan dengan base metal.

Dari hasil beberapa penelitian di atas dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi putaran *tool* maka akan menghasilkan kekuatan tarik dan nilai kekerasan

semakin tinggi. Pada kecepatan putar *tool* 3600 rpm pada AL5052 menghasilkan kekuatan tarik dan nilai kekerasan pada daerah las sebesar 207 MPa dan 70,6 VHN. Kecepatan putaran *tool* dalam proses FSW akan menentukan kualitas lasan, karena berpengaruh terhadap besarnya masukan panas saat proses pengelasan dan dapat memberikan perubahan terhadap sifat-sifat mekanik dan mikrostruktur daerah sambungan.

## **2.2. Dasar Teori**

### **2.2.1 Pengertian Alumunium seri 1xxx**

Alumunium merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik serta sifat-sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam. Adanya penambahan Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni dan sebagainya akan meningkatkan kekuatan mekanik Alumunium.

Aluminium 1xxx adalah paduan aluminium berbasis di "komersial murni" keluarga tempa (1000 atau seri 1xxx). Dengan minimal 99,0% aluminium, itu adalah yang paling berat paduan dari seri 1000. Itu juga merupakan paduan mekanis terkuat dalam seri, dan satu-satunya paduan 1000-series yang biasa digunakan dalam paku keling. Alumunium seri ini memiliki banyak aplikasi, terutama di bidang listrik dan kimia, biasanya digunakan untuk pembuatan pelat nama, serta perakitan pengelasan lainnya. Komposisi ini ditandai dengan ketahanan korosi yang sangat baik, konduktivitas termal dan listrik yang tinggi, sifat mekanik rendah dan kemampuan kerja yang sangat baik ciri komposisi ini. Hal ini dapat diperkuat dengan bekerja dingin, tapi tidak dengan perlakuan panas.

### **2.2.2 Pengertian Pengelasan**

Dalam perkembangan dunia konstruksi pengelasan sangat umum digunakan dengan berbagai macam metode pengelasan. Pengelasan (*welding*) adalah sebuah proses penyambungan yang menghasilkan penggabungan dari material-material dengan memanaskannya hingga temperatur pengelasan, dengan adanya tekanan atau

hanya dengan menggunakan tekanan dan tanpa penggunaan logam pengisi. penggunaan teknik pengelasan dalam konstruksi sangat luas, meliputi rangka baja, bejana tekan, pipa pesat, pipa saluran dan sebagainya. Disamping untuk pembuatan, proses las dapat juga dipergunakan untuk reparasi misalnya untuk mengisi lubang-lubang pada coran. Membuat lapisan las pada perkakas mempertebal bagian-bagian yang sudah aus, dan macam-macam reparasi lainnya.

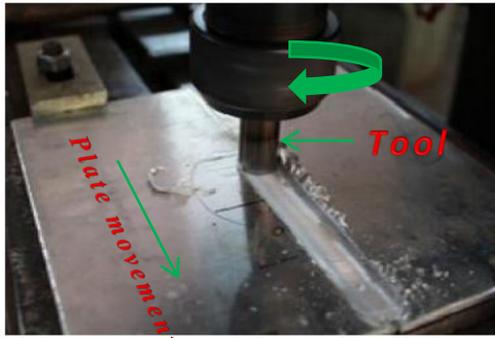
### **2.2.3 Jenis Pengelasan Secara *Solid State Welding* (SSW)**

Pengelasan secara SSW pada FSW dibagi menjadi tiga jenis pengelasan, yaitu:

#### **1. *Friction Stir Welding* (FSW)**

FSW adalah sebuah metode pengelasan yang termasuk pengelasan gesek, yang pada prosesnya tidak memerlukan bahan penambah atau pengisi. Panas yang digunakan untuk mencairkan logam kerja dihasilkan dari gesekan antara benda yang berputar (pin) dengan benda yang diam (benda kerja). Pin berputar dengan kecepatan konstan disentuhkan ke material kerja yang telah dicekam.

Prinsip FSW yang ditunjukkan pada Gambar 2.1. Gesekan dua benda yang terus-menerus akan menghasilkan panas, ini menjadi suatu prinsip dasar terciptanya suatu proses pengelasan gesek. Pada proses FSW, sebuah *tool* yang berputar ditekan pada material yang akan disambung. Gesekan *tool* yang berbentuk silindris (*cylindrical-shoulder*) yang dilengkapi pin/probe dengan material, mengakibatkan pemanasan setempat yang mampu melunakan bagian tersebut. *Tool* bergerak pada kecepatan tetap pada jalur pengelasan dari material yang akan disambung dan berfungsi sebagai pengaduk.

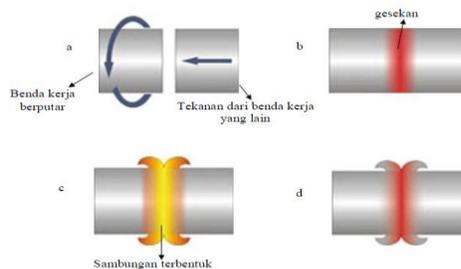


Gambar 2.1. Prinsip FSW (Nurdiansyah, 2012)

Dalam pengelasan FSW, ada dua kecepatan alat yang harus diperhitungkan dalam pengelasan ini yaitu seberapa cepat *tool* itu berputar dan seberapa cepat *tool* itu melintasi jalur pengelasan (*joint line*). Kedua parameter ini harus ditentukan secara cermat untuk memastikan proses pengelasan yang efisien dan hasil yang memuaskan.

## 2. *Friction Continuous Drive Welding.*

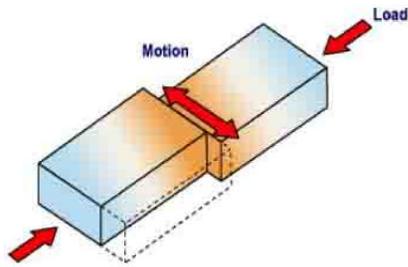
*Continuous Drive Friction Welding* adalah proses pengelasan gesek yang mendapatkan energi panas untuk penyambungan dengan memberi putaran pada salah satu benda kerja dan memberikan tekanan pada benda kerja yang lain. Benda kerja diputar dengan kecepatan konstan atau bervariasi dan benda kerja yang lain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



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

## 3. *Friction Linier Welding.*

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



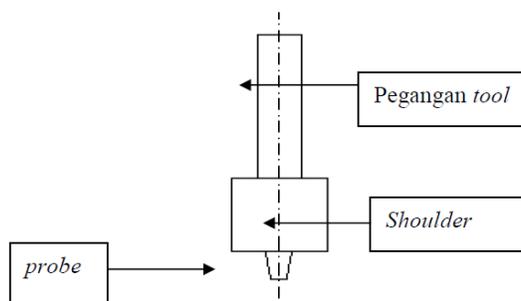
**Gambar 2.3** *Friction Linier Welding* (Nicholas, E., 2003)

#### 2.2.4. Jenis Bentuk Pin Tool

Bentuk jenis-jenis pin tool dibagi menjadi 2 yaitu:

1. Pin Tool Kerucut

Wijayanto, J., & Anelis, A., (2010), menggunakan pin tool kerucut yang ditunjukkan pada Gambar 2.4 pengelasan pada alumunium 6110 dengan metode *friction stir welding* (FSW) dengan kecepatan 3600 rpm, feed rete 320 mm/ menit hasil pengelasan pada Gambar 2.5 menyatu dengan baik dan permukaan yang halus dan bersih, karena pin tool dapat menghasilkan panas yang baik dari *sholder*.



**Gambar 2.4** Desain Tool



**Gambar 2.5** Hasil Las

## 2. Pin *tool* segitiga

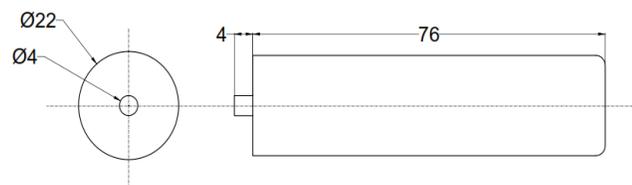
Sumarlin, M, (2015), menggunakan pin *tool* segitiga pengelasan pada aluminium 5052 dengan metode *friction stir welding* (FSW) dengan kecepatan 1700 rpm, menghasilkan pengelasan menyatu dengan baik dan permukaan yang cukup halus dan bersih, karena pada saat proses pengelasan FSW berlangsung kecepatan feeding pengelasan baik dikisaran 0.03- 0,04 mm/s, kecepatan pengelasan FSW akan mempengaruhi hasil foto mikro.

## 3. Pin *tool* segi empat

Sumarlin, M, (2015), menggunakan pin *tool* segi empat pengelasan pada aluminium 5052 dengan metode *friction stir welding* (FSW) dengan kecepatan 1700 rpm dengan feed rete 45 mm/menit, menghasilkan pengelasan menyatu dengan baik tetapi permukaan yang kurang merata. Hasil bagian bawah foto mikro yang baik dengan menggunakan pin *tool* segi empat ini diakibatkan karena jumlah sisi yang ada pada pin *tool* segi empat dan proses gesekan yang merata karena jumlah sisi segi empat lebih banyak dibandingkan dengan pin *tool* segi tiga

## 4. Pin *Tool* Silinder

Apriansyah, D, (2015), Pengelasan dengan menggunakan pin *tool* silinder ditunjukkan pada Gambar 2.6 pada aluminium 5052 kecepatan putar *tool* 3600 rpm dengan variasi *feed reet* sambungan las menyatu dengan baik, dan permukaan halus tetapi saat berakhir pengelasan terjadi rongga. Hal tersebut disebabkan panas yang dihasilkan kurang baik dan tidak konstan pada akhir pengelasan.

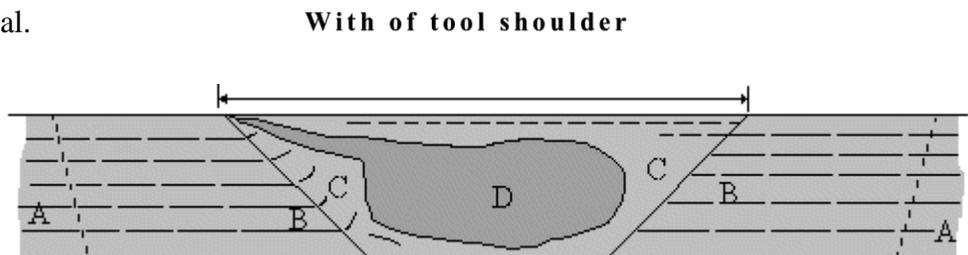


## Gambar 2.6 Desain Tool

### 2.2.5 Daerah Pengelasan Pada FSW

Daerah pengelasan merupakan daerah yang terpengaruh oleh panas yang menyebabkan perubahan struktur mikro dan sifat mekanik seperti ditunjukkan pada Gambar 2.8. Namun pada kasus tertentu struktur mikro dan sifat mekanik tidak mengalami perubahan apapun. Daerah pengelasan dibagi menjadi 4 bagian :

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 rekrystalisasi.
4. Daerah Weld adalah daerah mengalami deformasi plastis dan pemanasan selama proses FSW ditunjukkan pada Gambar 2.8 sehingga menghasilkan rekrystalisasi yang menghasilkan butiran halus di daerah pengadukan. Weld bentuknya bergantung pada parameter proses, geometri tool, temperatur, benda kerja dan konduktivitas termal material.



**Gambar 2.8** Daerah Hasil Pengelasan Dengan Metode *Friction Stir Welding*, A. Logam Induk. B. HAZ, C. TMAZ, D. *Weld Nugget* (ASM., 2007. *Friction Stir Welding and Processing*)

### 2.2.6 Parameter Pengelasan

Berikut ini adalah parameter atau batasan-batasan dalam pengelasan FSW, yaitu: (Sumber : Friction Stir Welding, the ESAB Way)

1. Kecepatan putar *tool*, berpengaruh Panas gesekan, “pengadukan”, pemecahan dan pencampuran lapisan oksida.
2. Sudut punter, berpengaruh tampil lasan, pengurusan.
3. Laju pengelasan, berpengaruh tampilan dan kendali panas.
4. Gaya tekan turun, berpengaruh panas gesekan.

### **2.2.7 Keuntungan**

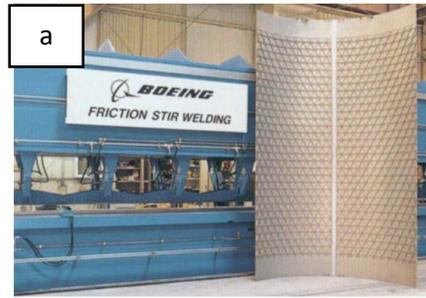
Adapun keuntungan dari FSW adalah

1. Ramah lingkungan
2. Tidak memerlukan bahan pengisi
3. Tidak memerlukan busur las untuk pengelasan
4. Bisa untuk mengelas semua jenis aluminium alloy
5. Tool welding dapang digunakan untuk berulang kali

### **2.2.8 Aplikasi Friction Stir Welding FSW**

Menurut Prasetyana, D., (2016), FSW sudah banyak diaplikasikan dalam dunia industri, biasanya diaplikasikan untuk menyambungkan material aluminium dan paduannya. Di negara maju telah mengaplikasikan pengelasan FSW ini pada industri pembuatan kapal, kereta api, pesawat terbang, pesawat luar angkasa, bahkan di dunia otomotif pun sudah mengaplikasikan metode pengelasan ini. Sebagai contoh ditunjukkan pada Gambar 2.9 dibawah ini.

b



**Gambar 2.9** Aplikasi FSW pada (a) Kabin pesawat, (b) Atap kapal,  
(*Friction Stir Welding, the ESAB Way.*, 2012)