

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1. Tinjauan Pustaka

Triyono dkk. (2015) melakukan penelitian tentang pengaruh pembedaman pin (*depth plunge*) dan *preheat* terhadap sifat mekanik pada sambungan pengelasan *friction stir welding* menggunakan material *polyamide* dengan dimensi material pengelasan 200 mm x 85 mm x 6 mm. Pembedaman pin (*depth plunge*) yang digunakan dalam penelitiannya yaitu 5,6 mm; 5,65 mm; 5,7 mm; 5,75 mm. kemudian dilakukan pengamatan struktur makro, pengujian tarik, dan bending untuk mengetahui sifat mekanik dari material. Hasil kekuatan tarik dan bending maksimum didapat pada kedalaman pembedaman *tool* 5,7 mm dengan *preheat* yaitu sebesar 27,37 MPa dan 75,7 MPa sedangkan nilai kekuatan tarik dan bending minimum didapat pada kedalaman pembedaman *tool* 5,6 mm tanpa *preheat* yaitu 11,36 MPa dan 36,07 MPa. Kedalaman pembedaman *tool* dan penambahan *preheat* dapat meningkatkan *friction heat*. Peningkatan *friction heat* mengakibatkan material yang meleleh semakin banyak, sehingga pengadukan material dapat terjadi secara merata. Penyebaran material leleh yang merata akan meminimalisir terjadinya cacat pada sambungan lasan.

Prasetyana dan Sugito. (2016) meneliti tentang pengaruh kedalaman pin (*depth plunge*) terhadap kekuatan sambungan las pada pengelasan *double sided friction stir welding* menggunakan aluminium seri 5083 dengan dimensi panjang 200 mm, lebar 100 mm dan tebal 3 mm. Parameter yang digunakan adalah kecepatan putar spindle 1250 rpm, kecepatan makan 12,5 mm/menit, variasi kedalaman pembedaman pin 0.9 mm, 1.9 mm, dan 2.9 mm. pengujian yang dilakukan yaitu pengujian kuat tarik, pengujian kekerasan, pengujian makro dan mikro. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kekuatan tarik dan kekerasan tertinggi terdapat pada variasi *depth plunge* 1.9 mm sebesar 177,78 MPa dan 63 HVN. Sedangkan pada pengamatan struktur mikro pada daerah *stir zone* butiran menjadi

lebih lebih kecil dan susunanya menjadi rata. Hal ini disebabkan karena pengaruh puntiran pin tool pada saat proses pengelasan.

Permana dkk. (2018) melakukan penelitian tentang pengaruh diameter *shoulder* tool pada *friction stir welding* pada aluminium 5083 dengan dimensi material panjang 150 mm, lebar 37 mm, dan tebal 8 mm menggunakan variasi diameter *shoulder* yaitu 16/4 mm/mm, 18/4 mm/mm dan 20/4 mm/mm. Parameter yang dipertahankan yaitu kecepatan putaran *spindle* 1600 rpm, kecepatan pengelasan 24 mm/menit, kedalaman pembenaman *shoulder* 0,2 mm dan bentuk pin segilima (*pentagonal*). Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian tarik, pengujian kekerasan, dan pengamatan struktur mikro. Hasil pengujian tarik tertinggi dihasilkan oleh diameter *shoulder* 18 mm sebesar 96,45 MPa. Nilai kekerasan tertinggi didapatkan oleh diameter *shoulder* 16 mm sebesar 39,25 Kgf/mm<sup>2</sup> tetapi tidak terpaut jauh dengan *shoulder* 18 mm sebesar 38,55 Kgf/mm<sup>2</sup> atau 0,7 Kgf/mm<sup>2</sup> perbedaan keduanya. Hal tersebut terjadi karena besar panas yang masuk pada proses pengelasan menghasilkan bentuk butiran yang kecil, sehingga membuat kekuatan tarik dan kekerasan meningkat. Pengamatan struktur mikro menunjukkan cacat *whormhole* sepanjang daerah lasan pada setiap variasi diameter *shoulder*. Cacat tersebut terjadi akibat material yang teraduk hanya sepertiga dari seluruh material yang di-las.

Penelitian FSW Dissimilar pada aluminium AA2024-T6 dan AA7576-T6 oleh Saravanan dkk. (2016) Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah kecepatan rotasi, kecepatan pengelasan, beban aksial, dan variasi rasio diameter *shoulder* dengan pin *tool* (D/d) yaitu 2, 2.5, 3, 3.5, dan 4. Hasil kekuatan tarik maksimum sebesar 356 MPa diperoleh dari rasio D/d 3, kecepatan putar alat 1200 Rpm, kecepatan pengelasan 12 mm/menit. Nilai kekerasan maksimum daerah *stir zone* yaitu sebesar 151 HV dengan rasio D/d 3, hal ini terjadi karena pada daerah *stir zone* menghasilkan butiran yang lebih halus. Pengamatan struktur mikro pada rasio D/d 3 memperlihatkan adanya struktur rekristalisasi yang halus, dan ukuran

butir yang lebih kecil. Diameter *shoulder* yang lebih kecil berpengaruh pada peningkatan nilai kekuatan tarik dan kekerasan mikro pada sambungan.

Shazly dkk. (2014) melakukan penelitian tentang *friction stir welding* pada lembaran *polycarbonate* dengan tebal 10 mm menggunakan variasi kecepatan putaran 1000 rpm, 1220 rpm, dan 1850 rpm, feed rate 20 mm/menit dan 40 mm/menit, dengan sudut kemiringan 1° dan 3°. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian kuat tarik, dan pengujian kekerasan. Hasil pengujian tarik tertinggi didapatkan oleh variasi kecepatan putaran 1220 rpm dengan sudut kemiringan 1° pada *feed rate* 20 mm/menit dan 40 mm/menit sebesar 17,7 MPa. Hal ini disebabkan karena panas yang dihasilkan oleh putaran tool dan kombinasi sudut kemiringan pada daerah *stir zone* menghasilkan butiran yang halus sehingga dapat meningkatkan kekuatan material. Namun kekerasan tertinggi didapatkan oleh variasi putaran 1850 Rpm dengan sudut kemiringan 1° pada *feed rate* 20 mm/menit. Hal ini terjadi karena sudut kemiringan berpengaruh terhadap ukuran butir yang dihasilkan, semakin kecil sudut kemiringan maka semakin kecil juga butiran yang dihasilkan dan sebaliknya. Sedangkan kecepatan putaran *tool* mempengaruhi panas untuk mengaduk material pada proses pengelasan.

Dari beberapa uraian penelitian sebelumnya dapat disimpulkan bahwa rasio diameter *shoulder* dan kedalaman pembedaman pin *tool* (*depth plunge*) merupakan parameter yang sangat penting digunakan dalam proses FSW. Rasio diameter *shoulder* berpengaruh pada pembentukan struktur rekristalisasi dan ukuran butir pada daerah *stir zone* hasil pengelasan. Kedalaman pembedaman pin mempengaruhi tingkat penetrasi dan panas yang dihasilkan oleh *tool* sehingga kedua parameter tersebut berpengaruh terhadap sifat tarik sambungan.

## 2.2. Dasar Teori

### 2.2.1. Polycarbonate

*Polycarbonate* (PC) adalah jenis polimer termoplastik yang dikenal memiliki kekuatan yang tangguh. PC terbuat dari senyawa biji resin dan jenis polimer ini cukup mudah dibentuk dengan cara dipanaskan. Plastik jenis ini digunakan secara meluas didalam industri kimia. Plastik ini memiliki banyak keunggulan, yaitu ketahanan termal dibandingkan dengan plastik jenis lain, tahan terhadap benturan, dan sangat bening. *Polycarbonate* disebut demikian karena terdiri dari polimer dengan gugus karbonat dalam suatu rantai molekul yang panjang.

*Polycarbonate* adalah material yang kuat dan tahan lama yang dapat digunakan untuk pelapisan pada kaca anti peluru. Walaupun memiliki ketahanan terhadap benturan yang sangat tinggi, akan tetapi *polycarbonate* sangat mudah tergores, sehingga dibutuhkan proses pelapisan keras (*hard coating*) untuk membuat lensa kacamata maupun eksterior otomotif menggunakan bahan *polycarbonate* dan material *optic* lainnya, karena *polycarbonate* berbahan dasar sangat bening dan mempunyai kemampuan untuk mentransmisikan cahaya yang sangat baik dibandingkan dengan jenis yang lain. *Polycarbonate* mengalami trasisi getas pada suhu 150°C sehingga polycarbonate akan menjadi lebih lembek diatas temperatur ini, dan mulai mencair pada saat temperatur 300 °C (Nurtanto dan Hasaduddin 2014).

**Tabel 2.1** Sifat lembaran *polycarbonate* (Budiyantoro, 2018).

<i>Mechanical Properties of Polycarbonate</i>	
<i>Tensile strength</i>	55 - 80 MPa
<i>Elongation at break</i>	80 - 200 %
<i>Flexural strength</i>	100 - 150 MPa
<i>Notched impact strength</i>	>20 kJ/m <sup>2</sup>

Menurut (Lexan 2017) nilai kekerasan *polycarbonate* di ukur dengan alat uji kekerasan *Shore D Durometer* yaitu sebesar *80 Shore D*.

### **2.2.2. Pengelasan**

Pengelasan merupakan salah satu jenis penyambungan diantara penyambungan baut dan keling. Pengelasan adalah suatu proses penyambungan dua material sejenis maupun material tak sejenis digabungkan menjadi satu sehingga terbentuk suatu sambungan melalui ikatan kimia yang dihasilkan dari pemakaian panas dan tekanan.

Pengelasan dibedakan pada cara kerja alat dan bentuk pemanasannya (Wiryo Sumarto & Okumura, 2000), mengklasifikasikan pengelasan berdasarkan cara kerja dapat dibagi dalam tiga kelas utama, yaitu :

1. Pengelasan cair.

Pengelasan cair adalah cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan sampai mencair dengan sumber panas dari busur listrik atau semburan api yang terbakar.

2. Pengelasan padat.

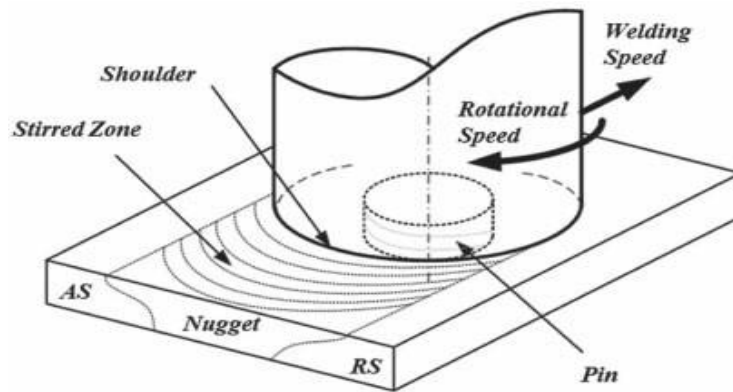
Pengelasan padat adalah cara pengelasan yang dilakukan tanpa logam pengisi dan penyambungan dilakukan dengan panas gesekan dan tekanan.

3. Pematrian.

Pematrian adalah cara pengelasan dimana sambungan diikat dan disatukan dengan menggunakan paduan logam yang mempunyai titik cair rendah. Dalam cara ini logam induk tidak turut mencair.

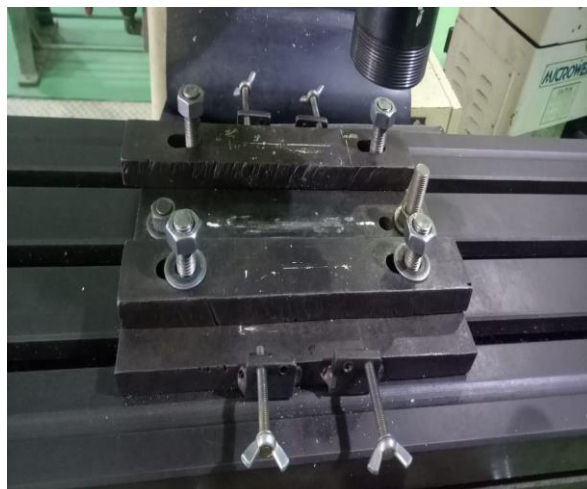
### **2.2.3. Pengertian *Friction Stir Welding***

*Friction Stir Welding* (FSW), yaitu proses menyambung dua buah material dengan memanfaatkan sumber panas yang berasal dari gesekan putaran tool dengan permukaan benda kerja. Putaran tool ditekan pada permukaan material yang akan disambung hingga panas yang dihasilkan dari gesekan tool hampir mencapai temperatur leleh material (Thomas & Dolby, 1991).



**Gambar 2.1** *Friction Stir welding* (Galvao dkk, 2012).

Prinsip kerja FSW adalah dengan memanfaatkan gesekan dari *shoulder* dan *pin* dari sebuah tool yang berputar pada kecepatan konstan yang telah ditentukan dengan penerjunan tool disepanjang jalur pengelasan pada dua sisi sambungan material yang akan di las. Pada pengelasan *friction stir welding* benda yang akan dilakukun pengelasan dijepit dengan pencekam mesin *fries* agar material yang akan disambung sehingga pada saat proses pengelasan material tidak bergeser ataupun menjadi rengang agar dapat berlangsung dengan baik dan benar seperti yang terlihat pada Gambar 2.2 berikut:



**Gambar 2.2** Pencekaman benda kerja.

Pin tool yang digunakan untuk pengelasan memiliki panjang yang tidak melebihi tebal material yang akan dilas agar lelehan material tetap menumpuk pada jalur pengelasan dan agar pin tool tidak gesekan dengan alas meja kerja. Pada jenis pengelasan ini bahan tool harus memiliki titik lebur yang tinggi dan lebih keras dari material yang akan dilas untuk menghindari tool yang retak ataupun patah.

#### **2.2.4. Parameter *Friction Stir Welding***

Adapun parameter pengelasan dengan metode *Friction Stir Welding* antara lain sebagai berikut:

1. Tool pengelasan

*Tool* adalah salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas hasil pengelasan sehingga pemilihan *tool* harus tepat. Bahan *tool*, diameter dan profil *shoulder*, profil pin, diameter dan panjang pin perlu diperhatikan secara seksama. Bahan *tool* harus mempunyai titik lebur yang lebih tinggi dari benda kerja supaya tidak ikut meleleh pada saat proses pengelasan.

2. Kecepatan Putar *Tool*

Kecepatan putar dari *tool* mempengaruhi temperatur yang terjadi pada saat proses pengelasan. Semakin tinggi putaran *tool* maka temperatur akibat gesekan yang terjadi akan semakin tinggi.

3. Kecepatan Pengelasan

Kecepatan pengelasan juga akan mempengaruhi temperatur pengelasan. Semakin lambat pergerakan *tool* maka temperatur pengelasan yang terjadi akan semakin tinggi dan begitupun sebaliknya.

4. *Depth plunge*

Kedalaman pembedaman (*depth plunge*) adalah kedalaman ujung *pin* di bawah permukaan benda kerja yang dilas terhadap permukaan benda kerja. Kedalaman pembedaman tool (*depth plunge*) perlu diperhatikan sedemikian rupa sehingga tidak terlalu dangkal dan terlalu dalam, karena pembedaman yang dangkal akan mengakibatkan hasil pengelasan tidak sempurna,

sedangkan jika terlalu dalam dapat mengakibatkan *pin* bergesekan dengan landasan benda kerja.

#### 5. Sudut Puntir

Sudut puntir pada pengelasan friction stir welding berpengaruh pada butiran hasil pengelasan.

### 2.2.5. Aplikasi Friction Stir Welding

*Friction stir welding* biasanya digunakan di bidang *aerospace*, otomotif, kereta, dan perkapalan. Jenis sambungan yang digunakan adalah *butt joint*. Logam yang dapat dilas dengan FSW antara lain: aluminium, baja (*steel*), titanium, dan tembaga. Selain logam ada material lain yang dapat dilas dengan FSW yakni polimer dan komposit.

### 2.2.6. Kelebihan *Friction Stir Welding*

Kelebihan *friction stir welding* antara lain:

1. Sifat mekanis sambungan baik.
2. Terhindar dari asap beracun dan masalah - masalah lain yang dapat dijumpai pada *arc welding*.
3. Distorsi atau penyusutan kecil.
4. Bentuk hasil lasan baik.

### 2.2.7. Kekurangan *Friction Stir Welding*

Kelemahan *friction stir welding* antara lain:

1. Terdapat lubang ketika kita menarik *tool* dari benda kerja.
2. Penjepitan benda kerja harus kuat.