

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Husain dkk. (2015) melakukan sebuah penelitian tentang pengaruh parameter terhadap sifat mekanik poliamida (nylon 66) dengan metode friction stir welding dengan menggunakan spesimen atau bahan dasar yang mempunyai kekuatan tarik 15,57 MPa, kekuatan impak 36,636 KJ/m², titik lebur 265,8 °C dan berdimensi 250×150×8 mm. Pin tool terbuat dari bahan baja ringan dengan dimensi diameter pin 4 mm dan soulder 16 mm dengan panjang masing-masing 7,8 mm, parameter yang dipertimbangkan dalam penelitiannya meliputi : kecepatan putar dalam 5 tingkatan yaitu 780, 994, 1255, 1570, 2000 rpm dan kecepatan pengelasan adatingkatan yaitu 27, 42, dan 62 mm/menit, untuk mengevaluasi perilaku mekanis hasil lasan dilakukan uji tarik dan uji impak. Serta analisis varian (ANOVA) dilakukan secara beruntun untuk menentukan signifikansi pada parameter proses dan hubungan dengan sifat mekanik dari lasan. Adapun hasil dari penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa kekuatan pengelasan meningkat saat kecepatan rotasi meningkat. Namun semakin meningkat kecepatan putaran (lebih tinggi dari 1570 rpm) akan menurunkan kekuatan pengelasan. Kekuatan tarik maksimal yang diperoleh sekitar 8,51 MPa sedangkan kekuatan tarik bahan dasarnya adalah 15,57 MPa, dengan kata lain kekuatan relatif pada lasan dapat disimpulkan kira-kira 55% dari bahan dasarnya. Kekuatan impak yang didapat sekitar 10,8 kJ/m² ini menunjukkan bahwa kekuatan impak dari lasan sekitar 30% dibandingkan dengan bahan dasarnya.

Mendes dkk. (2014) melakukan penelitian tentang pengaruh gaya aksial, kecepatan rotasi dan *transverse*, kualitas pengelasan, kekuatan tarik, dan regangan tarik pada pengelasan FSW. Digunakannya lembaran bahan *Aklironitril Butadiena Styrene* (ABS), sistem shoulder dan sistem robot dikembangkan untuk tujuan ini. Ditemukan bahwa gaya aksial yang tinggi

mendorong bahan polimer cair, mencegah kontak udara kedalam lasan dan membantu pendinginan pada lasan dan menghindari susut. Dan diamati juga bahwa gaya aksial dan kecepatan rotasi yang tinggi akan meningkatkan kuat tarik dan regangan pada hasil lasan.

Sahu dkk. (2017) melakukan penelitian tentang proses pengelasan FSW pada bahan lembaran *polypropylene*. Didalam penulisannya dijelaskan bahwa PP yang digunakan dalam penelitiannya memiliki tebal 6 mm, pin kerucut yang digunakan pada proses penelitian mengalami kegagalan pada saat menggiling material PP, dan pin yang berbentuk persegi berhasil menggabungkan kedua lembaran PP yang didapatkan kekuatan maksimum pengelasan yaitu 59,82 % dari kekuatan base materialnya. Pin tool yang mempunyai diameter lebih tinggi akan secara *constant* mengikis material yang mana akan mengangkat hasil kikisan material secara *constant* dari ujung keujung dan pin tool dengan rasio volume dinamis dan volume statis yang lebih tinggi mendapatkan hasil yang lebih baik daripada pin berbentuk silindris.

Squeo dkk. (2009) melakukan penelitian tentang pengaruh pada hasil lasan menggunakan bahan *polyethylene* dengan metode *friction stir welding*. Dalam hal pengaturan jarak antara kedua material ditetapkan jarak sekitar 0,2 mm, besar kecepatan putar yang digunakan antara 3000 – 20.000 rpm, kecepatan pengelasan yang di berikan antara 10 dan 40 mm/menit, diameter pin tool yang digunakan yaitu diameter 1 dan 3 mm. Hasil dalam hal kecepatan pengelasan didapatkan pada saat 28 mm/menit. Dan dalam besar pin tool, pin yang besar mendapatkan hasil pengelasan dengan banyak cacat yang diakibatkan karena adanya gaya dorong yang lebih tinggi pada saat proses pengelasan yang menyebabkan material cenderung keluar dari garis lasan. Kekuatan tertinggi pada penelitian ini sekitar 10 MPa dan untuk base materianya yaitu 23 MPa. Kecepatan putar yang efektif didapatkan pada kecepatan 5000 rpm.

Sazly dkk. (2018) melakukan penelitian tentang proses pengelasan menggunakan metode *friction stir welding* menggunakan bahan

polycarbonate sheet. Pada penelitian ini menggunakan variasi kecepatan putar dengan nilai 1000, 1220, dan 1850 rpm dengan sudut kemiringan 1 dan 3 derajat. Didapatkan bahwa *polycarbonate* berhasil tersambung menggunakan metode FSW, dan didapatkan efisiensi hasil sambungan 30,78 % yang didapatkan dari variasi parameter 1220 rpm, kecepatan pengelasan 40 mm/menit dan menggunakan sudut kemiringan 1 derajat. Hal ini berkaitan dengan tingkat deformasi yang lebih rendah yang dicapai dengan sudut kemiringan yang disebabkan oleh penurunan area kontak antara shoulder dengan material yang dilas. Terlihat bahwa peningkatan parameter friction stir welding menyebabkan peningkatan pada deformasi didalam zona pengelasan yang mempengaruhi nilai kekerasan dan distribusi nilai – nilai diseluruh zona pengelasan.

Dari beberapa penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa variasi yang diberikan berbeda beda, salah satunya variasi kecepatan, dan bentuk *pin tool* dari besar ukuran diameter *pin tool*, serta panjang. Maka dari itu perlu adanya penelitian tentang pengaruh dari variasi bentuk pin tool dan variasi kecepatan putar mesin similar untuk material *polycarbonate* yang saat ini masih belum banyak diteliti.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Pengelasan

Pengelasan adalah salah satu ikatan metalurgi pada sebuah proses penyambungan dua buah material yang diantara kedua material tersebut di panaskan secara bersamaan. Proses pengelasan akan sempurna apabila pada saat proses pengelasan dilakukan secara berlanjut dan dalam keadaan stabil. Aplikasi pengelasan sudah dilakukan dalam dunia industri seperti : industri manufaktur, otomotif, transportasi maupun kontruksi.

Pengelasan diklasifikasikan menjadi beberapa jenis berndasarkan cara kerjanya, diantaranya :

- Pengelasan padat

Pengelasan padat adalah proses penyambungan yang dilakukan dengan metode dimana ikatan metalurgi diperoleh dengan meleburkan sedikit atau tanpa meleburkan bahan dasarnya. Contohnya : las gesek, las tempa, las tekan dan las ledakan

- Pengelasan cair

Pengelasan cair adalah proses penyambungan dengan cara memanaskan bagian yang akan disambung sampai mencair dengan menggunakan sumber panas yang ditimbulkan oleh energi listrik atau api dari pembakaran gas baik menggunakan elektroda maupun tidak. Contohnya : las SMAW, dan las GTAW

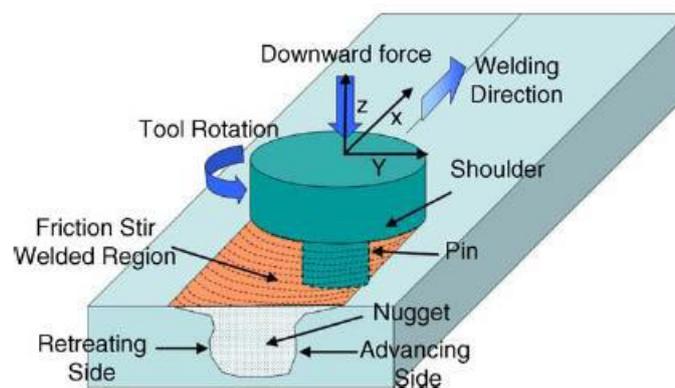
- Pematrian

Pematrian adalah metode penyambungan menggunakan dua logam dengan sumber panas sebagai proses pelelehan material dan ditambahkan bahan yang memiliki titik lebur lebih rendah dibandingkan material yang dilakukan perlakuan penyambungan agar material inti tidak ikut mencair. Contohnya : *soldering* dan *brazing*

2.2.2 *Friction Stir Welding*

Friction Stir Welding (FSW) merupakan salah satu proses pengelasan terbaru, dimana pada proses penggabungan material terjadi dalam keadaan padat (*solid state*) dan proses tersebut dilakukan tanpa diperlukan bahan tambahan. FSW dikembangkan dan dipatenkan oleh Welding Institute (TWI, Cambridge, Inggris) pada tahun 1991. Prinsip dasar operasi friction stir welding dalam proses friction stir welding, alat las yang dipakai yaitu silinder shoulder dan probe (*pin tool*) yang berulir/tanpa ulir yang diputar pada kecepatan rotasi dan *feed rate* (kecepatan pengelasan) yang konstan terhadap garis sambungan dua buah lembaran pelat atau material. Lembaran pelat tersebut harus dalam keadaan kaku agar dapat dijepit pada sebuah *workspace*, tujuan dari prosedur ini adalah mencegah posisi pertemuan

sambungan tidak terpisah selama proses penyambungan. Panjang *pin tool* yang diperlukan adalah kurang sedikit dari kedalaman las dan *shoulder* harus berada dalam kontak langsung dengan permukaan benda kerja agar dapat menghasilkan gesekan secara sempurna pada saat proses penyambungan. Pada proses friction stir welding panas dihasilkan oleh gesekan antara *shoulder* dan *pin tool* dengan *workspace* (benda kerja). Dengan panas ini, bersamaan dengan panas yang dihasilkan pada saat proses pencampuran mekanis dan panas adiabatik dalam material, menyebabkan bahan mengalami proses pengadukan dan melunak tanpa mencapai temperatur leleh (0,6 sampai dengan 0,8 temperatur leleh). Proses pelunakan ini akan terjadi selama *shoulder* dan *pin tool* bergerak sepanjang garis pengelasan pada benda kerja saat proses penyambungan. Pada proses perpindahan tersebut bagian depan dari pin (*face of the pin*) dibantu oleh profil khusus *pin tool* (ulir), gaya yang ditimbulkan akan memplastisasikan material ke belakang pin sambil menerapkan gaya tempa substansial untuk memadatkan material las.



Gambar 2.1 Skema Prinsip Kerja FSW (Santosh dkk, 2017)

Pada gambar 2.1 menjelaskan secara spesifik prinsip kerja yang dilakukan pada saat proses pengelasan *fiction stir welding*.

2.2.3 Parameter Pengelasan

Dalam pengelasan FSW ini memiliki bermacam – macam parameter yang diantaranya yaitu :

1. Kecepatan putar tool 985, 1660, dan 2350 (rpm) karena pada saat pengukuran kecepatan menggunakan tachometer digital didapatkan kecepatan tersebut, kedalaman *pin tools* 3 dan 4 (mm), panas gesekan antara material dengan tool, dan diameter shoulder.
2. *Feedrate*, berpengaruh pada hasil sambungan.
3. Laju pengelasan, berpengaruh pada tampilan hasil penyambungan.

2.2.4 Polimer

Polimer adalah senyawa molekul yang terbentuk menjadi rantai atau jaringan yang tersusun dari puluhan, ratusan, ribuan , hingga jutaan bagian pembangun secara berulang.

Jenis polimer berdasarkan sumbernya :

- Polimer alam, yaitu polimer yang tersedia oleh alam secara langsung, sebagai contoh: karet alam, protein, amilum, selulosa, dan asam nukleat.
- Polimer sintesis, yaitu polimer yang tidak tersedia oleh alam sebagai contoh : polietilene, polipropilena, polistirena, PVC, teflon, dan *polycarbonate*.

Jenis polimer berdasarkan sifatnya :

- Termoplast yaitu polimer yang melunak jika dipanaskan, dan dapat dicetak kembali menjadi bentuk lain. Sifat ini disebabkan oleh struktur termoplas yang terdiri dari rantai-rantai panjang dengan gaya interaksi antar molekul yang lemah. Sifat-sifat lain dari termoplas adalah ringan, kuat, dan transparan. Contoh termoplas adalah polietilena, polipropilena, PET, *polycarbonate* dan PVC.
- Termoset yaitu polimer yang memiliki bentuk permanen dan tidak menjadi lunak jika dipanaskan. Sifat ini disebabkan oleh banyaknya ikatan kovalen yang kuat antara rantai-rantai molekul.

Pemanasan termoset pada suhu yang terlalu tinggi dapat memutuskan ikatan-ikatan tersebut dan bahkan membuat termoset menjadi terbakar. Contoh termoset adalah bakelit dan melamin.

- Elastomer yaitu polimer yang elastis; bentuknya dapat diregangkan, namun dapat kembali ke bentuk semula setelah gaya tariknya dihilangkan. Elastisitas ini disebabkan oleh struktur elastomer yang terdiri dari rantai-rantai yang saling tumpang tindih dengan adanya ikatan silang (*cross-link*) yang akan menarik kembali rantai-rantai tersebut kembali ke susunan tumpang tindihnya. Contoh elastomer adalah karet alam (poliisoprena) dan karet sintetis.

2.2.5 *Polycarbonate*

Polycarbonate merupakan suatu kelompok polimer termoplastik, *polycarbonate* mudah dibentuk dengan menggunakan panas. Plastik jenis ini digunakan secara meluas didalam industri saat ini. Plastik ini memiliki banyak keunggulan, yaitu ketahanan termal dibandingkan dengan plastik jenis lain, tahan terhadap benturan, dan sangat bening. *Polycarbonate* disebut demikian karena *polycarbonate* 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 kaca 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. Untuk sifat dari *polycarbonate* sendiri mirip dengan akrilik, tetapi *polycarbonate* lebih kuat dan dapat digunakan pada suhu tinggi meskipun lebih mahal. *Polycarbonate* mengalami transisi getas pada suhu 150°C sehingga *polycarbonate* akan menjadi lebih lembek diatas temperatur ini, dan mulai

mencair pada saat temperatur 300 °C. Material ini memiliki nilai kekerasan yang diukur dengan menggunakan *Durometer Shore D* sebesar 80 *Shore D*.

<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 ²

(Budyantoro, 2018)