

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian tentang pengelasan FSW dengan material *nylon 6* sudah banyak dikembangkan, terutama pada dunia industri otomotif. Pengelasan FSW dengan variasi pengaruh bentuk *pin tool* yaitu silinder, silinder ulir, dan tirus silinder. Penerapan pengelasan FSW dengan material *nylon 6* dalam dunia industri dipergunakan untuk peralatan *sparepart* mobil dikarenakan bahan bersifat ringan, baik dan harganya terjangkau serta bahan tidak menambah berat beban dalam mobil.

Sukmawan, (2016) melakukan penelitian pada pemahaman distribusi temperatur model tiga dimensi selama pengelasan FSW dengan material *nylon 6* dengan menggunakan dua variasi yaitu : variasi *pin tool* silinder dan taper yang disimulasikan dengan metode elemen hingga. Sumber panas yang dihasilkan dari *shoulder* dan *pin tool* dipasang 80% dari lelehan *nylon 6*. Model ini telah dilakukan serta diimplementasikan dengan menggunakan aplikasi perangkat lunak ANSYS CFX. Variasi selanjutnya yaitu dengan variasi kecepatan rotasi *tool* 780, 994, 1255, 1570, 2000 rpm dan variasi kecepatan *transverse tool* pada 27, 42, 62 mm/min yang sudah berhasil dilakukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil pengelasan memiliki *tensile strength* paling tinggi berada pada variasi kecepatan rotasi 1570 rpm dan kecepatan *transverse* 42 mm/min. Pemodelan distribusi temperatur yang proses pengelasannya menggunakan metode FSW AA2024-T3 pada berbagai variasi kecepatan rotasi *tool* dan *transverse* dengan software ANSYS CFX telah berhasil dan menunjukkan adanya kemiripan hasil simulasi dan eksperimen.

Nugroho, dkk, (2016) meneliti tentang penelitian pengaruh *plung depth* dan *preheat* sifat mekanik sambungan FSW *nylon 6* dengan variasi kecepatan alat rotasi, kecepatan pengelasan, dan dalamnya pemakanan. Penelitian menggunakan *pin tool* silinder yang memiliki kedalaman 5,6 mm, 5,65 mm, 5,7 mm dan 5,75 mm dengan parameter konstan yang dipertahankan adalah kecepatan putaran 620 rpm, kecepatan pengelasan 7,3 mm/min dengan sudut kemiringan alat 20. Penelitian tersebut

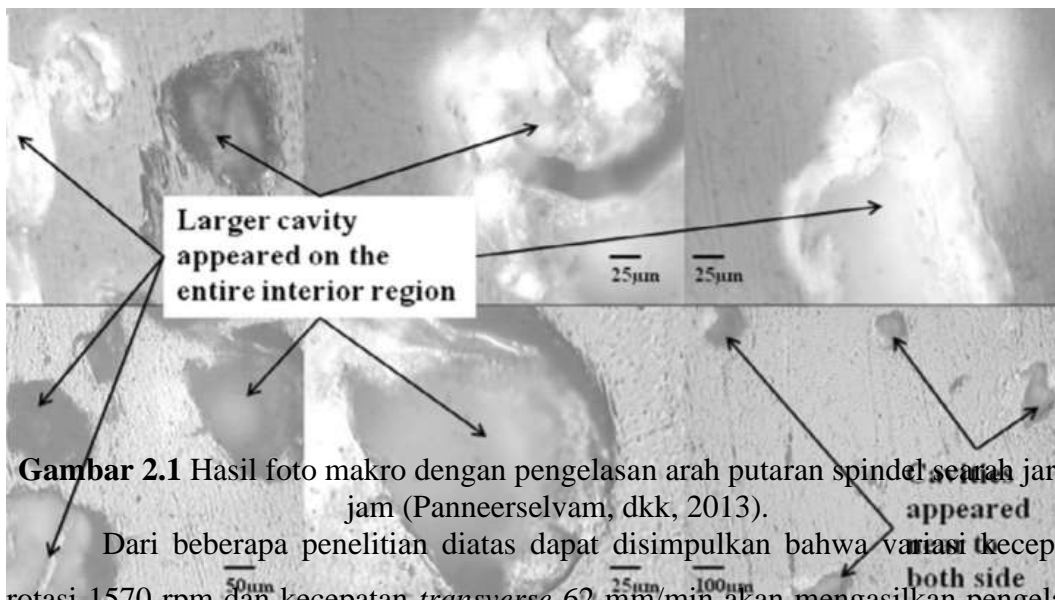
menghasilkan peningkatan dalamnya pemakanan 5,7 mm pada pengelasan menggunakan pemanas yang menyebabkan meningkatnya *friction preheat*, sehingga optimalnya pengadukan material yang mampu mengisi seluruh rongga sambungan. Untuk hasil kedalaman 5,75 mm mengakibatkan panas terlalu tinggi sehingga menimbulkan cacat pada sambungan dan turunnya kekuatan mekanik. Maka dari itu, kekuatan mekanik tertinggi didapatkan pada kedalaman pemakanan 5,7 mm untuk pemanasan awal tarik 27,3 MPa, *face bending* 75,7 mm dan *root bending* 63,4 MPa.

Penelitian terkait pengolahan pada sifat mekanik dari pengelasan metode FSW dengan material *nylon 6* yang berukuran dimensi 250 x 150 x 8 mm dan menggunakan dua variasi kecepatan, yaitu kecepatan rotasi dan kecepatan *transverse*. Penelitian ini menggunakan kecepatan rotasi 780, 994, 1255, 1570 dan 2000 rpm sedangkan kecepatan transversenya 27, 42, dan 62 mm/min. Percobaan yang telah dilakukan dengan kecepatan rotasi 780 rpm dan kecepatan transversenya 62 mm/min menghasilkan gesekan yang rendah panas serta campuran bahan yang tidak memadai, sehingga hasil pengelasan yang tidak memadai mengakibatkan kekuatan mekaniknya yang rendah. Untuk kecepatan rotasi lebih dari 1570 rpm menghasilkan menurunnya hasil pengelasan ketika kecepatan lintasan meningkat (Husain M, dkk, 2015).

Zafar, (2016) melakukan penelitian tentang kecepatan rotasi *tool* berpengaruh terhadap sifat mekanik pada pengelasan FSW material *nylon 6*. Penyambungan FSW ini menghasilkan viskositas rendah pada lelehan sehingga kecepatan rotasi yang baik digunakan untuk pengelasan FSW material *nylon 6* yaitu 300 rpm, *feed rate* 25 mm/menit dan kecepatan miring bernilai kemiringan sudut 0 derajat. Hasil pengamatan rotasi yang tinggi mengakibatkan penyusutan lebih pada material *nylon 6* sehingga menyebabkan terplastisasi. Terplastisasi terjadi akibat cacat disekitar daerah pengelasan. *Shoulder* berukuran kecil juga menjadi penyebab berkurangnya *primary heat* sehingga cacat pada hasil penyambungan berkurang seperti cacat *flash*. Hasil struktur mikro terlihat halus dan merata pada daerah sambungan. Setelah pengelasan selesai dilakukan uji tarik yang hasilnya semua spesimen mengalami putus didaerah *retreating side* yang disebabkan daerah ini terjadi kristalisasi rendah serta cacat *lack of*

bonding. Parameter yang digunakan pada pengelasan FSW ini rotasi pahat 300, 400, 500 dan 1000 rpm dengan kemiringan pahat 0 ° dan 3°.

Penelitian penyambungan *friction stir welding* dengan parameter variasi profile *pin tool* material *nylon 6*. Penyambungan ini menggunakan material *nylon 6* berukuran 220 cm x 95 cm x 10 mm dengan *pin tool* berbentuk silinder, tirus, spiral serta ulir shoulder 24 mm dan panjang pin 10 mm. Saat proses penyambungan berlangsung menggunakan kecepatan rotasi 1000 rpm *feed rate* 10 mm/menit dengan putaran *spindel* searah jarum jam dan berlawanan arah jarum jam. Proses pengelasan *pin tool* yang disentuhkan material di garis pengelasan hingga permukaan bahu menyentuh material. Dapat dilihat pada **gambar 2.1** hasil yang didapatkan dari pengelasan dengan parameter profil *pin tool* putaran arah jarum jam menghasilkan daerah pengelasan lebih baik akibat deposisi bahan cenderung semi padat (Panneerselvam, dkk, 2013).



Gambar 2.1 Hasil foto makro dengan pengelasan arah putaran spindel searah jarum jam (Panneerselvam, dkk, 2013).
 Dari beberapa penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa variasi kecepatan rotasi 1570 rpm dan kecepatan *transverse* 62 mm/min akan menghasilkan pengelasan yang rendah panas serta campurannya yang tidak memadai sehingga mengakibatkan kekuatan mekanik pada material tidak kuat serta pada pengelasan yang baik arah *spindel* searah jarum jam yang menghasilkan daerah pengelasan lebih baik akibat deposisi bahan cenderung semi padat. Dalam pengelasan FSW juga terdapat beberapa variasi yang juga sudah dilakukan selain variasi kecepatan, yaitu variasi pengaruh

bentuk *pin tool*. Maka dari itu perlu dilakukan penelitian dengan variasi pengaruh bentuk *pin tool* pada pengelasan FSW *similar* dengan material *nylon 6* yang belum banyak dilakukan.

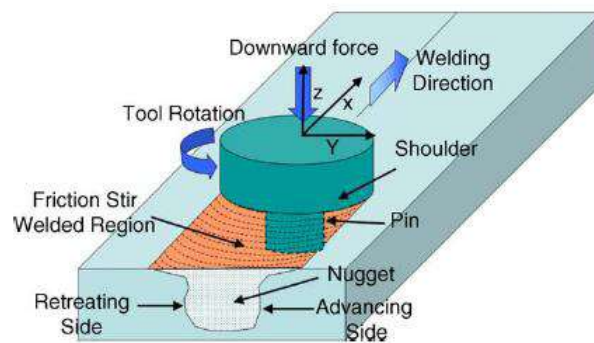
2.2 Dasar Teori

2.2.1 Pengelasan

Pengelasan adalah suatu proses metalurgis pada penyambungan dua material yang dileburkan dengan memanfaatkan sumber panas sebagai sarana penyambungan. Dalam proses pengelasan ini menghasilkan sambungan yang stabil. Aplikasi teknik pengelasan ini sudah sering terjadi dalam dunia industri manufaktur dan konstruksi lainnya, antara lain : industri pesawat terbang, industri konstruksi jembatan, dan lain sebagainya.

2.2.2 Friction Stir Welding (FSW)

Friction Stir Welding (FSW) adalah proses transformasi *solid-state* yang relatif baru. Pengelasan FSW ini termasuk pengelasan yang hemat energi dan ramah lingkungan. Pengelasan FSW ini termasuk pengelasan *non-consumable welding* yang berarti tidak adanya penambahan material dan tidak perlunya penggunaan gas. Hasil dari tidak perlunya penggunaan gas mengakibatkan gaya berat yang tidak berpengaruh pada pengelasan ini, maka dari itu dapat digunakan dalam posisi geometris vertikal (Jarot Wijayanto, dkk). *Tool* yang terdiri dari pin dan *shoulder* yang memang dirancang untuk ditempelkan pada material ujung yang sudah dicekam dan digerakkan searah jarum jam sepanjang jalur pengelasan. Kegunaan dari *tool* tersebut yaitu dari putaran *tool* akan menghasilkan panas konstan yang dapat meleburkan material sehingga terjadilah penggabungan antara material satu dan material dua. Selama proses pengelasan berlangsung material mengalami proses deformasi plastis sehingga menghasilkan serat/butir rekristalisasi halus dan sifat mekanik yang baik. Beberapa rekristalisasi juga terjadi pada area pengelasan atau sering disebut juga TMAZ (*Thermomechanically Affected Zone*). Skema proses pengelasan *friction stir welding* ditunjukkan pada **gambar 2.2**



Gambar 2.2 Skema FSW (Mishra,2005)

Pada **gambar 2.2** menunjukkan prinsip *tool* yang berputar dengan kecepatan konstan dan bergerak sepanjang sambungan. Gesekan yang terjadi antara dua material yang terus menerus dan menghasilkan panas dengan jumlah yang dihasilkan merupakan kombinasi *stickling* dan *sliding*. Pada proses FSW ini *tool* yang berputar akan menekan pada material yang disatukan. Gesekan *tool* yang berbentuk silinder yang dilengkapi pin dengan material yang mengakibatkan terjadinya panas di sekitar daerah pengelasan yang dapat melunakkan bagian tersebut.

Pengelasan FSW mengaitkan kompleksnya pergerakan material serta deformasi plastis. Terdapat beberapa penunjang dalam pengelasan FSW antara lain, parameter pengelasan, geometri *tool*, dan desain sambungan yang menghasilkan efek signifikan dalam pola aliran material serta distribusi pada temperatur yang dapat mengakibatkan efek signifikan terhadap pola aliran material dan distribusi temperatur, maka dari itu perubahan material pada struktur makro dapat terpengaruhi.

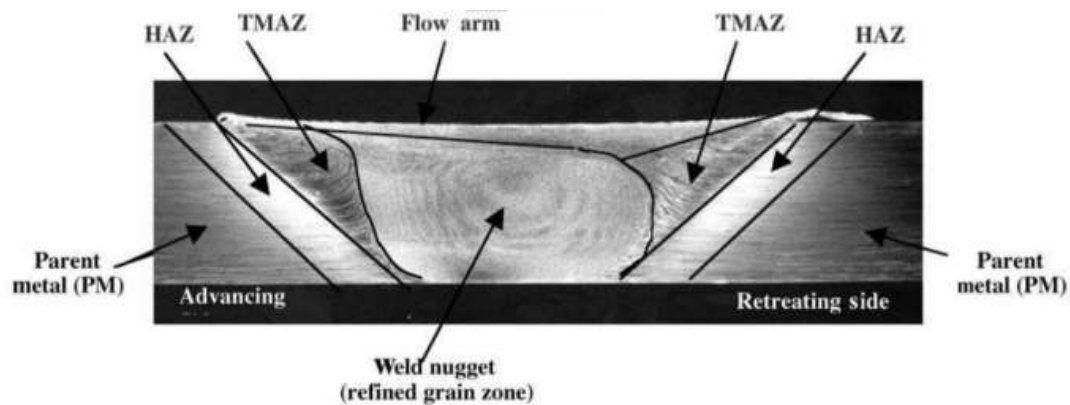
2.2.3 Parameter Pengelasan

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

1. Kecepatan putar *tool* (rpm), kedalaman pin (mm), panas gesekan antara material dengan tool, dan diameter *shoulder*.
2. *Feed rate*, berpengaruh pada hasil sambungan.
3. Laju pengelasan, berpengaruh pada tampilan hasil penyambungan.

2.2.4 Daerah Pengelasan FSW

Daerah pengelasan ini terjadi diakibatkan oleh gesekan dari putaran *tool* yang terkena material akan menjadi lunak dan material yang ada didepan *tool* akan bergerak ke belakang *tool* dikarenakan adanya gerak rotasi dari *welding tool*. Selain itu juga daerah pengelasan terbentuk dari panas yang diakibatkan dari gesekan antara *tool* dengan material sehingga menyebabkan perubahan sifat mekanik dan struktur makro yang ditunjukkan pada **gambar 2.3**.



Gambar 2.3 Daerah pengelasan pada pengelasan FSW (Rahayu,2012)

Daerah pengelasan dibagi menjadi beberapa bagian yang diakibatkan dari panas gesekan, antara lain :

1. *Parent Metal/Base Metal* adalah daerah yang tidak terpengaruh sama sekali terhadap siklus termal, mikrostruktur, sifat mekanik dan pengaruh panas yang dihasilkan selama proses pengelasan berlangsung.
2. *Heat-Affected Zone (HAZ)* adalah dimana suatu area yang dekat dengan lokasi pengelasan mengalami siklus termal dan perubahan struktur makro, akan tetapi tidak mengalami deformasi plastis akibat dari proses pengelasan.
3. *Thermo Mechanically Affcted Zone (TMAZ)* adalah daerah yang mengalami deformasi plastis pada material dan panas yang dihasilkan pada saat proses pengelasan berlangsung membawa pengaruh terhadap material. Akan tetapi pada daerah ini tidak terjadi proses rekristalisasi,

4. *Weld Nugget* adalah daerah yang mengalami rekristalisasi dan deformasi plastis yang menghasilkan butiran halus pada daerah pengelasan. Daerah ini juga sering disebut *stir zone*. Dan juga daerah ini merupakan penghasil sambungan aibat gerakan putar *tool* (Thomas, dkk, 2006).

2.2.5 Aplikasi pada Pengelasan FSW

Pengelasan FSW sudah merambah pada dunia industri dan juga pada bidang *aerospace*, perkapalan, kereta, dan juga otomotif. Pada pengelasan FSW ini jenis sambungan yang dipergunakan yaitu *butt joint*. Pengelasan FSW ini terdapat beberapa logam yang dapat dilas dengan metode FSW, yaitu titanium, aluminium, baja (*steel*), dan tembaga. Selain logam terdapat material lain yang dapat diterapkan pada pengelasan FSW ini, antara lain : polimer dan komposit.

2.2.6 Nylon 6

Nylon 6 merupakan keluarga polimer yang bersifat sintetik. *Nylon 6* diciptakan oleh Wallace Carothers di DuPont pada tahun 1935. *Nylon 6* dibuat dari beberapa rangkaian yang ditautkan dengan ikatan amida dan sering dikenal dengan istilah *polyamide* (PA). *Nylon 6* merupakan polimer pertama yang sukses secara komersial dan merupakan serat sintetik pertama yang pembuatannya dari bahan anorganik, seperti : batu bara, udara, dan air.

Nylon 6 adalah kopolimer kondensasi yang dibentuk dengan reaksi dari bagian yang sama dari sebuah diamina dan asam karboksilat, sehingga *nylon 6* yang terbentuk pada kedua ujung masing – masing monomer dalam proses analog dengan *polipeptida biopolimer*. Elemen yang tersusun menjadi monomer dengan berat molekular yang rendah dan selanjutnya akan direaksikan untuk menjadi rantai polimer panjang.

Dalam komposisi kimia dari *nylon 6* yaitu (C₁₂H₂₂N₂O₂). Komposisi ini mengandung 22 atom hidrogen dan 12 atom karbon bersama dengan 2 atom oksigen serta 2 atom nitrogen yang semua itu sudah terikat dan diulang satu diatas agar menjadi sebuah polimer. *Nylon 6* sendiri memiliki fisik yang berpengaruh terhadap pengelasan dan juga sifat yang diinginkan setelah selesai pengelasan berlangsung (Jaiganesh, 2014).

Jenis *nylon 6* yang digunakan pada dunia *engineering* yaitu *nylon 6*. *Nylon 6* merupakan bahan sintetik serbaguna yang juga dapat dibentuk menjadi serat, filamen, ataupun lembaran. *Nylon 6* sendiri memiliki sifat yang kenyal, keras, elastis terhadap tarikan dan juga memiliki sifat yang koefisien yang baik terhadap gesekan dan sifat mekanik yang baik. *Nylon 6* juga sering digunakan sebagai pengganti logam dalam dunia industri dan kesehatan, yaitu roda gigi, bantalan luncur, dan alat - alat kedokteran.

Tabel 2.1 Sifat – Sifat pada polimer *Nylon 6* (Károly, 2018)

No	Property	Values
1	Density (g/cm^3)	1.14
2	Yield stress (MPa)	70
3	Elasticity modulus (N/mm^2 , Mpa)	3100
4	Shore D hardness	75
5	Thermal conductivity (W/mK)	0.23
6	Melting temperature ($^{\circ}C$)	255

2.3 Perekat

Perekat merupakan salah satu media alternatif yang berguna penyambungan suatu benda. Dalam penelitian ini perekat digunakan untuk menyambungkan material *nylon 6*. Pada penelitian ini menggunakan perekat jenis Lem Korea (G). Cara penyambungan dilakukan dengan cara dua material yang diletakkan sejajar pada tatakan yang selanjutnya perekat dioleskan pada garis sambungan. Setelah proses penyambungan kering dilakukan pemotongan sesuai dengan spesifikasi ASTM D638 tipe IV. Hasil penyambungan menggunakan media perekat ini selanjutnya akan dibandingkan dengan pengujian tarik hasil dari penyambungan FSW.