

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Sahu, dkk (2016), melakukan penelitian tentang pengaruh kecepatan rotasi pada pengelasan *friction stir welding* HDPE. Pada penelitian ini bahan dasar utamanya adalah lembaran HDPE dengan ukuranya sebesar $100 \times 100 \times 60$ mm material HDPE disesuaikan dengan standar ASTM D638 untuk penelitian ini telah dihasilkan kekuatan tarik terhadap HDPE dengan kecepatan rotasi sebesar 500rpm, 750rpm, sampai 1000rpm dengan kecepatan lintasan pada HDPE 5mm/menit. Peningkatan rotasi terjadi agar membantu menghasilkan lebih banyak panas pada saat proses pengelasan FSW dengan terjadinya panas dari pengelasan akan meningkatkan tingkat pelunakan dan likuiditas untuk menghasilkan suatu kekuatan tarik yang lebih tinggi, pada kecepatan rotasi 500rpm hasil kekuatan tarik yang diperoleh sebesar 12,62 MPa, kemudian setelah itu ditambahkan dengan kecepatan 750rpm dengan nilai 21.02 MPa kekuatan meningkat dan pada fase terakhir dengan kecepatan rotasi 1000rpm kekuatan tarik menurun dengan nilai 8.11 MPa, hal ini disebabkan karena ketika sudah mencapai batas maksimal dan dari bahan thermoplastic memiliki konduktivitas thermal pada saat mencapai kecepatan 1000rpm terjadi deformasi yang mengakibatkan kekuatan tarik menjadi menurun. Dapat disimpulkan pada penelitian ini nilai kekuatan tarik terendah terjadi pada kecepatan rotasi 500rpm karena pada posisi itu material HDPE belum tersambung dengan baik dengan panas paa lasan, setelah di naikkan menjadi 750rpm panas yang terjadi meningkat dan menghasikan lasan yang baik, sedangkan pada fase terakhir yakni dengan kecepatan rotasi 1000rpm kekuatan menjadi menurun hal itu disebabkan oleh terjadinya panas yang berlebih mengakibatkan terjadinya deformasi pada benda kerja. Jadi, pada penelitian ini hasil kekuatan tarik pada proses pengelasan FSW yang baik terjadi pada kecepatan rotasi 750rpm dengan kecepatan pada lintasan las 5mm/menit.

Nugroho, dkk (2015), melakukan penelitian tentang pengaruh plunge depth dan preheat terhadap sifat mekanik sambungan *friction stir welding* polyamide di ketahui bahwa pada bahan polyamide yang akan di uji dengan variasi 5,6mm, 5,65mm, dan 5,7mm kecepatan putaran sebesar 620 rpm harga pemakanan pada benda kerja/*feed rate* 7,3mm/menit dan juga sudut kemiringan pada alat 20 dimana ketika terjadi proses pengelasan pada FSW ada penambahan kedalaman pada tool terhadap benda kerja polyamide maka kekuatan tarik akan meningkat. Hasil dari kekuatan tarik pada penelitian ini menunjukkan kekuatan tarik terendah terjadi pada variasi dengan kedalam tool sebesar 5,6mm dengan awal pemanasan 11,36 MPa dan kekuatan tarik tertinggi terjadi pada kedalaman tool 5,7mm dengan pemanasan awal sebesar 27,3 MPa di lihat pada hasil kekuatan tarik tersebut bahwa patahan terjadi pada sisi advancing dengan tingkat homogenitas yang kurang pemanasan awal pada kedalam tool yang sesuai akan mengurangi cacat sehingga kekuatan sambungan akan meningkat. Pada hasil pengujian yang lainnya seperti pengujian bending berdasarkan standar ASTM D 790 menunjukkan bahwa kenaikan nilai kekuatan bending meningkat dengan variasi kedalaman sebesar 5,6 , 5,65 , 5,7 mm. Nilai kekuatan bending terendah dengan variasi kedalaman pemakanan 5.6 mm tanpa pemanasan awal sebesar 36,07 MPa dan pada nilai kekuatan bending tertingi terjadi pada kedalaman pemakanan 5.7 mm dengan pemansan awal sebesar 75,7 MPa,.

Balici dkk (2017), telah melakukan penelitian tentang pengelasan *friction stir welding* (FSW) dengan menggunakan bahan HDPE. Penelitian ini menggunakan parameter dengan kecepatan putaran 900, 1200, hingga 1500 rpm dan untuk kecepatan melintas pin tool terhadap benda kerja sebesar 45, 60 mm/menit dengan standart yang dipakai pada penelitian ini menggunakan standart ASTM D 412 menghasilkan bahwa kakuatan tarik yang terjadi pada penelitian ini memiliki berbagai macam kekuatan yang ada tergantung pada parameter yang digunakan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa kekuatan tarik yang tertinggi terjadi pada kecepatan putaran 900rpm dan kecepatan pemakanan 45mm/ menit dengan

nilai kekuatan sebesar 12.8 MPa, kemudian setelah itu ditambahkan dengan parameter sampai 1500 rpm dan pemakanan 60mm/menit mengakibatkan kekuatan dari material HDPE menurun sebesar 8.6 MPa karena ketika parameter ditambahkan sampai fase akhir mengakibatkan gesekan yang terjadi pada pin tool dengan benda kerja terlalu panas dan melebihi kekuatan maksimal yang bisa diterima pada benda kerja sehingga terjadi deformasi yang membuat kekuatan menjadi menurun pada kecepatan putar 1500 rpm dengan kecepatan pemakanan 60mm/menit. Dapat disimpulkan bahwa untuk kekuatan yang baik terdapat pada kecepatan putar spindle 900rpm dengan pemakanan 45mm/menit.

Dilihat dari penelitian yang terdahulu, tentang proses pengelasan FSW ternyata banyak faktor yang dapat mempengaruhi hasil pengelasan FSW seperti kecepatan putar tool, sudut kemiringan tool, pengaruh plunge depth dan preheat, dan *feed rate*, untuk parameter *feed rate* sendiri para peneliti terdahulu masih sedikit yang membahas tentang pengaruh *feed rate* pada pengelasan. Oleh karena itu pada penelitian ini perlu dilakukan sebuah penelitian tentang pengaruh *feed rate* terhadap kekuatan mekanik pada pengelasan *Friction Stir Welding* dengan menggunakan bahan atau material polimer *high density polythelene* (HDPE) agar dapat menambah wawasan atau pengetahuan tentang beberapa faktor pada pengelasan friction stir welding termasuk pada penelitian yang akan dilakukan dengan parameter pengaruh *feed rate* dengan bahan HDPE pada penelitian kali ini.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Pengelasan

Pengelasan merupakan suatu proses penyambungan antara dua bagian material dengan sumber energi panas yang di hasilkan dari gesekan pada bagian material yang akan di las. Menurut DIN (Deutsche Industry Normen), pengelasan adalah proses sambungan pada dua buah material dengan menggunakan energi panas yang dihasilkan dari gesekan benda kerja pada keadaan lumer atau cair dengan menggunakan energi panas (Wiryosumarto dan Okumura 2000). Teknik pengelasan tidak bisa terlepas dari dunia industri manufaktur sebab pada saat ini proses penyambungan dengan pengelasan sangat di butuhkan di dunia industri seperti manufaktur. Pada saat ini pengelasan sangatlah beragam tidak hanya dari bahan atau material logam saja yang bisa di gunakan pada industri saat ini bahan atau material selain non logam pun bisa diaplikasikan di dalam dunia industri bahkan untuk sekarag ini banyak yang beralih pada bahan non logam seperti material polimer HDPE, karena pada material non logam seperti polimer tidak mudah korosi.

Pada teknik pengelasan banyak cara untuk mengklasifikasi untuk bisa mendapatkan suatu pengelasan yang baik, adapun klasifikasinya pada teknik pengelasan yaitu :

a) Pengelasan Tekan

Pengelasan tekan yaitu pengelasan yang sumber panas nya di lakukan dengan cara di tekan atau di gesek pada benda kerjanya.

b) Pengelasan Cair

Pengelasan cair yaitu pengelasan yang di panaskan hingga mencair dengan sumber panas yang di cairkan oleh busur listrik.

c) Pematrian

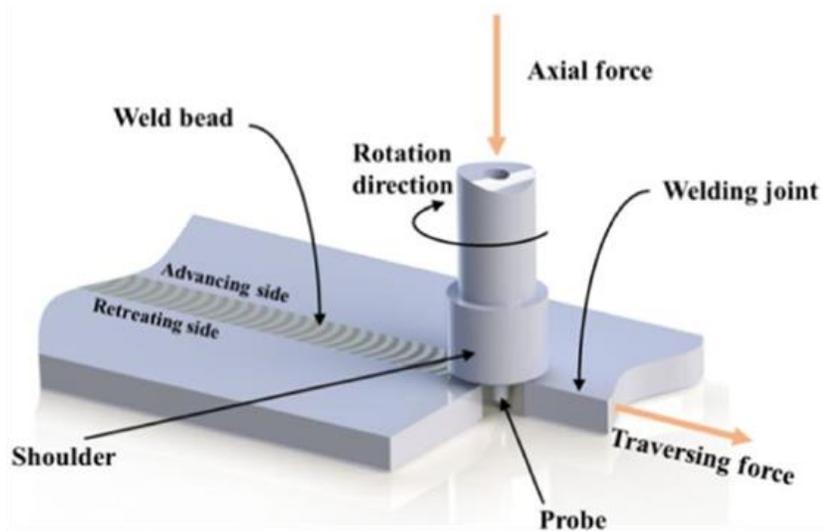
Pengelasan yang di cairkan atau disambungkan dengan bahan atau material yang titik cairnya rendah.

2.2.2. Friction Stir Welding (FSW)

Pengelasan dengan teknik *friction stir welding* adalah suatu proses penyambungan terbaru dimana terjadi dalam keadaan padat (*solid state*), dalam pengelasan ini tidak hanya pada material logam saja tetapi material yang non logam pun pada saat ini bisa untuk menjadi bahan utama pengelasan bahkan di dunia industri banyak yang beralih bada bahan atau material non logam seperti polimer. Menurut Mishra dan Ma, (2005), teknik pengelasan *friction stir welding* merupakan teknik pengelasan yang sangat sederhana karena hanya dengan bergesekan antara suatu material tersebut akan menimbulkan energi panas untuk penyambungan pengelasan FSW. Sumber panas dari FSW ini diperoleh oleh tool yang bergesekan dengan material benda kerja berputar dengan kecepatan tertentu, untuk menghasilkan panas yang terdapat dalam gesekan tersebut agar dapat melakukan penyambungan terhadap benda kerja dan juga di dalam proses penyambungan tersebut tanpa membutuhkan suatu bahan tambahan. Pengelasan friction stir welding ini ditemukan dan dikembangkan oleh Wayne Thomas *Welding Istitute* (TWI, Cambridge, Inggris) pada tahun 1991.

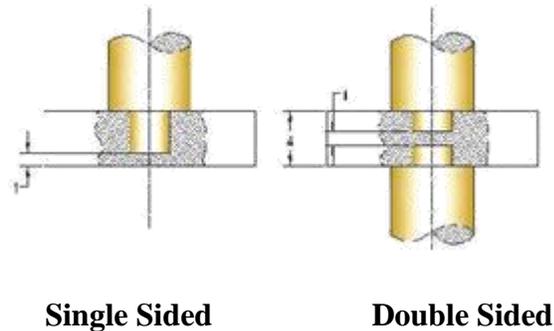
Prinsip kerja dari teknik pengelasan FSW yaitu suatu penyambungan dengan menggunakan pin tool sebagai pusat dari panas yang terdapat pada pengelasan FSW, pin tool itu sendiri bekerja dengan cara berputar dengan kecepatan tertentu kemudian dimakamkan pada panjang garis dua material yang akan di las. Pin tool berfungsi sebagai sumber energi panas yang dihasilkan dari pengelasan friction stir welding dengan bergesekan pada dua buah material sampai dengan garis ujung material, sehingga dari gesekan pin tool kepada dua buah material akan menimbulkan panas

yang dapat menyambungkan dua buah material tersebut akibat proses bergesekan pin tool dengan benda kerja. Panas yang dihasilkan dari pin tool yang bergesekan dengan benda kerja akan membuat benda kerja atau material melunak sehingga terjadi sebuah penyambungan pada alas gesek FSW, pemakanan pada pin tool terhadap benda kerja dengan kedalaman pemakanan tertentu akan bergerak sepanjang garis sambungan dua buah material pengelasan pada friction stir harus di cekam pada dua buah material agar pada saat proses pengelasan posisi pada benda kerja tidak berubah sehingga tidak terjadi perubahan pada saat proses pengelasan berlangsung. Proses pengelasan FSW di tunjukkan pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Skema *Friction stir Welding* (Eslami, 2015)

Damas P, (2016) Dalam sebuah proses pengelasan *friction stir welding* ada dua macam jenis pengerjaan yaitu yang pertama proses sisi tunggal (*single sided friction stir welding*) adalah sebuah proses pengerjaan dengan hanya pada satu bidang pengelasan, dan yang kedua proses sisi ganda (*double sided friction stir welding*) adalah sebuah proses pengerjaan dengan kedua bidang pengelasan. Proses pengerjaan pengelasan *friction stir welding* di tunjukkan pada gambar 2.2



Gambar 2.2 Proses pengerjaan FSW (Damas P. 2016)

Menurut Setiawan, (2011) terdapat dua buah parameter pada kecepatan alat yang harus diperhatikan dalam proses pengelasan FSW, yang pertama kecepatan alat yang berputar didalam pengelasan FSW dan yang kedua kecepatan alat melintas di permukaan material yang akan di las. Dalam proses pengelasan FSW ada beberapa parameter yang dapat mempengaruhi hasil dari pengelasan seperti, welding tool, kecepatan putar, kecepatan pada proses pengelasan, dan depth plunge. Di bawah ini beberapa penjelasan tentang parameter yang bisa dapat mempengaruhi proses pada pengelasan FSW adalah :

a) *Welding tool*

Parameter ini sangat penting untuk proses pengeasan karena tool adalah salah satu faktor yang dapat mempengaruhi hasil dari lasan oleh karena itu pemilihan pada tool harus sangat diperhatikan dan tepat untuk memilih tool pada proses pegelasan mulai dari bahan tool, diameter tool, diameter pin tool, dan juga panjang dari pin tool harus sangat diperhatikan sebab jika tidak tepat pada pemilihan tool maka akan mempengaruhi hasil lasan dan juga untuk bahan tool harus memiliki titik lebur yang tinggi dari pada bahan kerja agar tool tidak ikut meleleh saat proses pengelasan.

b) Kecepatan putar *tool*

Kecepatan putar *tool* dapat memengaruhi temperatur pada lasan karena semakin tinggi kecepatan *tool* maka akan semakin tinggi pula temperatur yang terdapat pada hasil lasan yang terjadi karena adanya gesekan antara *tool* dengan benda kerja.

c) Kecepatan pengelasan

Pada proses pengelasan kecepatan pun berpengaruh pada hasil lasan jika kecepatan pengelasan pada *tool* melambat maka temperatur yang terjadi pada hasil lasan akan semakin tinggi, sebaliknya jika kecepatan *tool* lebih cepat maka temperatur lasan rendah.

d) Depth plunge

Depth plunge adalah proses kedalaman pada pin *tool* terhadap suatu permukaan pada benda kerja, jika Depth plunge terlalu dangkal maka akan sangat berpengaruh terhadap hasil lasan dan akan menimbulkan lasan yang tidak terlalu kuat dalam proses penyambungan lasan, dan bila Depth plunge terlalu dalam akan dapat bertabrakan atau bergesekan dengan lintasan benda kerja, maka harus sangat diperhatikan pada proses Depth plunge agar hasil lasan mendapatkan hasil penyambungan yang baik.

Pada proses pengelasan FSW terdapat beberapa kelebihan dan kekurangan dengan teknik pengelasan yang lainnya yaitu :

Kelebihan pada proses pengelasan FSW

- a) Biaya yang dibutuhkan lebih murah.
- b) Hasil pengelasan lebih baik dan rapih.
- c) Tidak ada percikan api pada saat proses pengelasan, sehingga tidak membahayakan ketika sedang melakukan proses pengelasan Terhindar dari asap beracun yang dihasilkan dari proses pengelasan FSW.

Kekurangan yang terdapat pada pengelasan FSW

- a) Terdapat lubang pada benda kerja ketika menarik tool pada saat proses penyambungan.
- b) Penjepit pada dua benda kerja harus kuat agar tidak berubah saat mulai proses pengelasan berlangsung.

2.2.3. High Density Polythelene (HDPE)

HDPE merupakan suatu bahan thermoplastic yang terbuat dari minyak bumi, memiliki molekul yang kuat dan juga lebih padat tahan terhadap bahan kimia. Menurut Ebtisam.F, (2015) HDPE memiliki suatu ketahanan yang baik terhadap segala cairan asam dan basa, sifat pada HDPE yaitu mempunyai isolasi yang sangat baik dan mudah untuk di daur ulang atau di jadikan bahan atau material utama seperti pada pengelasan. Pada pengelasan bahan atau material HDPE tidak akan mudah meleleh terhadap suatu panas yang berasal dari sebuah gesekan pada pengelasan karena memiliki suatu molekul yang lebih tinggi di bandingkan dengan bahan thermoplastic yang lain seperti LDPE, PVC oleh sebab itu bahan HDPE tahan terhadap panas atau bahan-bahan kimia yang dapat mempengaruhi kekuatan molekul yang dimiliki oleh thermoplastic HDPE.

Bilici dkk, (2017) pada saat ini bahan atau material *High Density Polythelene* banyak digunakan sebagai suatu jenis polimer dengan komoditas dan produksi yang tinggi, karena sifat mekanik dan fisiknya yang berbeda dengan bahan polimer lain dengan memiliki suatu ketangguhan yang rendah, tahan juga terhadap cuaca. Pada saat ini banyak bahan atau material HDPE menjadi bahan utama untuk pengelasan tidak hanya bahan logam saja non logam pun bisa untuk menjadi bahan atau material pengelasan seperti HDPE dengan berbentuk lembaran yang akan di buat untuk material pengelasan. Seperti pada yang ditunjukkan pada gambar 2.3 berikut ini.



Gambar 2.3 lembaran material HDPE
Sumber : www.Industrialrubbersheet.com

Pada jenis thermoplastic mempunyai beberapa kode atau simbol yang dapat membedakan jenis thermoplastic lainnya, untuk HDPE memiliki kode atau simbol segitiga dengan nomor angka 2 (dua) yang merupakan simbol daur ulang pada jenis thermoplastic HDPE yang merupakan simbol dengan angka 2 memiliki sifat yang kuat terhadap tekanan suhu tinggi dan mudah untuk di daur ulang. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.4 simbol angka untuk HDPE.



Gambar 2.4 simbol *High Density Polythelene* (HDPE)

Pada saat ini banyak pengaplikasian dari polimer jenis HDPE seperti di dalam kebutuhan rumah tangga gelas, piring, yang terbuat dari plastik itu juga termasuk

bahan dasarnya dari HDPE, dan juga di dalam dunia industri material HDPE sangat di butuhkan karena sifat fisiknya berbeda dengan jenis polimer yang lain tahan terhadap bahan kimia yang biasanya bisa berpengaruh terhadap jenis polimer lain pembuatan seperti pipa saluran air, kabel, sekarang banyak perusahaan industri yang memilih bahan atau material.

Pada polimer jenis HDPE, meskipun memiliki ketahanan yang baik di segala cuaca dan tahan terhadap baha kimia yang bisa mempengaruhi dari kekuatan dari polimer iniselian itu HDPE juga memiliki keuntungan dan kerugian. Menurut Yatim Lailun (2009), ada beberapa kerugian dan keuntungan pada HDPE yaitu :

Keuntungan pada HDPE sebagai berikut :

- a) Ramah lingkungan
- b) Biaya yang dikeluarkan cukup murah
- c) Tidak mudah berkarat maupun pecah
- d) Dan juga kekuatannya tidak kalah di bandingkan kayu, kaca ataupun logam

Kekurangan pada HDPE sebagai berikut :

- a) Dapat megalami deformasi
- b) Mudah terbakar dan meleleh
- c) Sering kali bisa dapat memicu kebakaran

Material polimer HDPE selain memiliki tingkat molekul yang tinggi, padat, dan tahan terhadap cuaca. Untuk jenis polimer HDPE memmiliki rumus molekul $(C_2H_4)_n$ yang mempunyai sifat tahan terhadap suhu tinggi dan juga tidak mudah tercampur dengan bahan kiia lainnya. Jenis polimer ini juga memiliki beberapa karakteristik dan sifat-sifatnya yang ditunjukkan pada Tabel 2.1 dan 2.2 di bawah ini :

Tabel 2.1 Karakteristik HDPE. Hikmah. dkk (2015)

No.	Sifat	Keterangan
1.	Nama Kimia	High Density Polythelene
2.	Trade Name	HDPE
3.	Sinonim	Polythelene
4.	Rumus Molekul	(C ₂ H ₄) _n
5.	Fisik	Padat
6.	Titik Lebur	100-135 ⁰ C/212-275 ⁰ F

Tabel 2.2 Sifat HDPE. Hikmah. dkk (2015)

No.	Sifat Fisika dan Mekanik	Nilai
1.	Titik Leleh	125-135 ⁰ C
2.	Derajat Kristalinitas	85-95%
3.	Berat Jenis	0,95-0,96
4.	Titik Lunak	124
5.	Kekuatan Tarik	245 kgf/cm ²

