

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi pengelasan rotari merupakan salah satu cara utama dalam proses pembuatan di sektor industri. Salah satu metode yang paling sering digunakan adalah pengelasan busur logam tertutup karena dapat diterapkan pada berbagai jenis bahan dan posisi pengelasan. Meskipun teknologi ini semakin luas digunakan, proses pengelasan sering menghadapi berbagai permasalahan, seperti pengaruh panas yang dapat mengubah struktur material, pengaturan arus yang kurang tepat, serta munculnya cacat las akibat kurangnya penyatuan antar logam [1].

Las gesek adalah metode pengelasan yang menggunakan energi panas yang dihasilkan dari gesekan antara dua permukaan bahan atau antara bahan dengan alat pemutar (mata pahat) yang bergerak.. Energi panas ini menyebabkan permukaan material melunak dan menyatu tanpa memerlukan logam pengisi Metode pengelasan gesek secara umum dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu: *Rotary Friction Welding (RFW)*, *Linear Friction Welding (LFW)*, dan *Friction Stir Welding (FSW)*. Di antara ketiganya, *Rotary Friction Welding* merupakan metode tertua sekaligus yang paling banyak digunakan. Pada proses ini, salah satu material diputar pada porosnya, sedangkan material lainnya tetap diam (*stasioner*). Selama proses berlangsung, gaya tekan diberikan pada material diam sehingga terjadi gesekan antar permukaan, yang kemudian menghasilkan panas cukup tinggi untuk melunakkan area kontak dan memungkinkan difusi antar material hingga terbentuk sambungan yang kuat. [2].

Teknik *Rotary Friction Welding* (RFW) digunakan untuk menyambung dua material, dengan beberapa faktor penting yang perlu diperhatikan agar sambungan dapat terbentuk secara optimal. Faktor-faktor tersebut meliputi kecepatan putaran spindle, waktu pengelasan, dan gaya tekan, yang semuanya berperan untuk memastikan material menyatu secara merata. Sebagai perbandingan, las listrik (SMAW) merupakan contoh pengelasan konvensional, sedangkan Solid State Welding adalah metode penyambungan di mana material dipanaskan mendekati titik lelehnya tanpa mencair, seperti pada las gesek (*Friction Welding*).

Las gesek adalah metode pengelasan yang memanfaatkan energi panas dari gesekan antara permukaan material atau antara material dengan alat pemutar yang bergerak. Beberapa kelemahan pengelasan konvensional menggunakan pencairan atau busur listrik muncul terutama pada material berbentuk silinder pejal dengan diameter besar, karena proses pengisian las harus dilakukan bertahap agar lapisan material terisi secara menyeluruh. Jika penetrasi pengisian tidak sempurna, kekuatan mekanis sambungan dapat menurun. Untuk mengatasi masalah tersebut, teknik las gesek dapat menjadi solusi alternatif karena mampu menyatukan material tanpa memerlukan logam pengisi dan mengurangi risiko cacat sambungan [3].

Pengelasan gesek merupakan teknik menyambungkan material yang memanfaatkan panas yang dihasilkan dari gesekan antara dua permukaan material dan/atau alat potong yang bergerak. Terdapat tiga jenis dalam metode pengelasan gesek, yaitu: *Rotary Friction Welding*, *Linear Friction Welding*, dan *Stir Friction Welding*. Di antara ketiganya, *Rotary Friction Welding* adalah bentuk yang paling awal dari las gesek. Metode ini paling umum diterapkan, di mana salah satu material berputar pada sumbu, sementara material lainnya tidak bergerak (diam)..

Selanjutnya, material diam diberi gaya tekan ke material yang berputar sehingga terjadi gesekan antar permukaan, menghasilkan panas yang cukup untuk melunakkan dan memungkinkan difusi antar material hingga terbentuk sambungan yang kuat.. Las Gesek Linear merupakan teknik pengelasan yang menciptakan panas melalui gesekan antara satu bahan yang bergerak baik secara linear maupun lateral dengan bahan lainnya. Di sisi lain, Las Gesek Belah (FSW) memproduksi panas dengan cara menghasilkan gesekan antara bahan dan pahat yang berputar. Beberapa faktor krusial yang menentukan kualitas sambungan pada las gesek mencakup kecepatan rotasi, durasi pengelasan, gaya gesek, serta tekanan tempa.. Teknik *Rotary Friction Welding (RFW)* juga menggunakan prinsip ini untuk menyambung dua material, dengan memperhatikan faktor-faktor tersebut agar sambungan terbentuk secara merata dan kuat [4].

Kualitas dari sambungan yang dihasilkan oleh proses las gesek harus dikaji melalui pengujian mekanik, dan salah satu cara untuk melakukannya adalah dengan uji tarik. Uji tarik adalah teknik fundamental untuk menentukan batas maksimal suatu bahan dalam menahan tekanan tarik sebelum mengalami kerusakan atau patah. [5].

Anwar *et al.* (2021) menyelidiki struktur mikro paduan 800H bagian pengelasan menggunakan *RFW* setelah perlakuan panas, berhasil mencapai ukuran butir minimum [6]. Khalaf *et al.* (2022) menyelidiki pembangkitan panas dari komponen alat yang berbeda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pin dengan ukuran tepi lebih besar dan bentuk segitiga menghasilkan peningkatan pembangkitan panas yang lebih signifikan, sehingga mempengaruhi distribusi fluks panas pada permukaan polietilena [7]. *Polylactic Acid (PLA)* merupakan

termoplastik *biodegradable* yang berasal dari sumber daya terbarukan, terutama dari ekstraksi pati jagung. Material ini termasuk dalam kelompok poliester dan dikenal sebagai salah satu bioplastik utama yang banyak digunakan dalam berbagai aplikasi industri [8-9]. Material ini telah mengalami peningkatan popularitas dalam beberapa tahun terakhir karena dianggap sebagai alternatif ramah lingkungan terhadap plastik konvensional berbasis minyak bumi. PLA banyak digunakan di berbagai sektor industri berkat sifatnya yang biodegradabel, bersumber dari material terbarukan, serta memiliki fleksibilitas tinggi dalam penerapannya [10]. Beberapa aplikasi umum dari PLA meliputi perangkat medis, implan gigi, serta produk layanan makanan. Dalam proses manufaktur aditif, keterbatasan dimensi platform pencetakan sering kali membuat komponen berukuran besar—seperti perangkat medis—harus dicetak dalam beberapa bagian terpisah, sehingga diperlukan proses penyambungan atau perakitan lanjutan setelah pencetakan selesai. [11].

Metode *Fused Deposition Modeling* (FDM) cenderung menghasilkan material dengan karakteristik mekanik lebih rendah, disebabkan oleh ikatan antara lapisan yang lebih lemah dan produk seringkali mengalami penyusutan., sehingga dapat menimbulkan delaminasi antar lapisan. Selain itu, tegangan internal (inner stress) akibat pendinginan cepat dari titik leleh ke suhu ruangan dapat menyebabkan retakan pada objek FDM. Sementara itu, *Nylon (poliamida)* banyak digunakan dalam industri plastik dikenal karena daya tahan dan kemampuan fleksibel yang tinggi. Nylon juga mempunyai keuntungan lainnya, yakni daya tahannya yang lama, ketahanan terhadap guncangan, fleksibilitas, tidak mengeluarkan bau ketika dicetak, serta ketahanan terhadap pengikisan. [12].

Urgensi penelitian ini sangat tinggi terutama bagi industri yang mulai beralih ke produksi berbasis 3D printing, seperti industri medis (alat bantu prostetik modular), industri otomotif (komponen interior non-struktural), serta industri pengemasan ramah lingkungan. Ketika keterbatasan dimensi *Printer* membuat bagian besar harus dicetak secara terpisah, Diperlukan metode penyambungan yang tidak hanya kuat, tetapi juga ekonomis dan ramah lingkungan. Oleh karena itu, studi ini bertujuan mengkaji kualitas sambungan *Rotary Friction Welding* (RFW) pada material multi-material *PLA* dan *Nylon* hasil cetak 3D, sehingga dapat mengisi kesenjangan penelitian sebelumnya. Hasil penelitian diharapkan memberikan kontribusi nyata terhadap inovasi di bidang manufaktur modern, terutama dalam pengembangan teknik penyambungan material cetak 3D yang semakin banyak diterapkan di industri.

Dalam manufaktur aditif, keterbatasan dimensi printer 3D seringkali membuat komponen besar harus dicetak secara terpisah, sehingga dibutuhkan metode penyambungan yang mampu menjaga kekuatan dan integritas struktur. Material *PLA* dan *Nylon* banyak digunakan karena keunggulannya masing-masing: *PLA* bersifat ramah lingkungan, sedangkan *Nylon* tangguh dan fleksibel. Kombinasi keduanya menjanjikan aplikasi luas namun menimbulkan tantangan penyambungan akibat perbedaan sifat termal dan mekanik. Oleh karena itu, analisis kualitas sambungan *Rotary Friction Welding* (RFW) pada *PLA* dan *Nylon* menjadi relevan sebagai solusi penyambungan yang efisien dan kuat.

Pemilihan kedua material ini didasarkan pada kontras sifat termal dan mekaniknya. *PLA* memiliki titik leleh rendah dan kaku, sedangkan *Nylon* lebih elastis dan tahan panas. Perbedaan ini membuat keduanya sulit disambung secara

konvensional, namun menarik untuk dikaji melalui proses RFW guna mengetahui kemampuan fusi antarmaterial dengan karakteristik berbeda.

Pada penjelasan diatas telah didapati beberapa masukan pada sambungan *RFW* pada berbagai macam material yang dimana pembahasan tersebut belum didapati perihal material PLA, maka dari itu untuk menjawab hal tersebut disusun skripsi dengan judul “ANALISIS KUALITAS SAMBUNGAN *ROTARY FRICTION WELDING (RFW)* PADA MULTI-MATERIAL *POLYLACTIC ACID (PLA)* DAN *NYLON* HASIL CETAK 3D”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, permasalahan yang menjadi fokus penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut::

1. Bagaimana analisis kualitas sambungan *Rotary Friction Welding (RFW)* pada multi-material *Polylactic Acid (PLA)* dan *Nylon* hasil cetak 3D?
2. Apa pengaruh kecepatan putar 1300 dan 2000 rpm pada proses *Rotary Friction Welding* terhadap kekuatan tarik sambungan multi-material *Polylactic Acid (PLA)* dan *Nylon* hasil cetak 3D?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Menganalisis kualitas sambungan *Rotary Friction Welding (RFW)* pada multi-material *Polylactic Acid (PLA)* dan *Nylon* hasil cetak 3D.
2. Menganalisis perubahan dimensi spesimen PLA dan *Nylon* setelah proses *Rotary Friction Welding (RFW)*.

1.4 Batasan Masalah

Mengingat keterbatasan kemampuan penulis serta untuk menjaga agar pembahasan tetap terarah, penelitian ini dibuat dengan batasan permasalahan sebagai berikut:

1. Menganalisis kualitas sambungan *Rotary Friction Welding (RFW)* pada multi- material *Polylactic Acid (PLA)* dan *Nylon* hasil cetak 3D.
2. Pada penelitian ini dilakukan pengujian kualitas sambungan *Rotary Friction Welding (RFW)* pada multi-material *Polylactic Acid (PLA)* dan *Nylon*.
3. Penelitian ini mempertimbangkan pengaruh kecepatan putar pada proses *Rotary Friction Welding* yaitu pada 1200, 1500, dan 1800 RPM.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan keuntungan bagi pembaca, baik dari perspektif informasi maupun pengetahuan mengenai kualitas sambungan (*Rotary Friction Welding*) RFW pada bahan *PLA* dan *Nylon* yang dihasilkan melalui pencetakan 3D, sehingga pembaca memperoleh wawasan dan materi yang berguna untuk menciptakan produk yang berkualitas tinggi. Untuk bahan yang mengalami metode *Rotary Friction Welding (RFW)* pada *PLA* dan *Nylon*, penelitian ini lebih berfokus pada evaluasi mutu sambungannya.