

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada sambungan Rotary Friction Welding (RFW) menggunakan material PLA hasil proses cetak 3D, serta pengujian mekanik dan observasi mikrostruktur, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kualitas sambungan *Rotary Friction Welding* (RFW) pada bahan PLA. hasil cetak 3D dapat dilihat dari hasil penelitian, menunjukkan bahwa proses RFW dapat digunakan untuk menyambung material PLA hasil cetak 3D dengan kualitas sambungan yang cukup baik, meskipun masih terdapat penurunan sifat mekanik dibandingkan material kontrol. Nilai kekuatan tarik dan modulus elastisitas pada sambungan mengalami penurunan akibat pengaruh panas dan tekanan selama proses RFW yang dapat menimbulkan cacat seperti *crazing*, *void* kecil, dan ketidaksempurnaan fusi pada area sambungan. Hasil pengamatan mikrostruktur menggunakan *Dino-Lite AF3113T* mengonfirmasi adanya pola deformasi struktural di sekitar area fusi. Meskipun begitu, nilai kekuatan tarik maksimum mencapai 11,16 MPa (pada spesimen *interlock* 3 mm), yang menandakan bahwa sambungan masih memiliki integritas mekanik yang layak.

2. Pengaruh variasi ukuran mekanisme *Interlocking* terhadap kekuatan tarik sambungan PLA, berdasarkan hasil penelitian variasi ukuran mekanisme *interlocking* (1 mm, 3 mm, dan 5 mm) memberikan pengaruh yang nyata terhadap kekuatan sambungan RFW. Spesimen dengan interlock 3 mm menunjukkan performa terbaik dengan nilai kekuatan tarik dan modulus elastisitas tertinggi secara rata-rata, menandakan bahwa ukuran ini menghasilkan keseimbangan optimal antara luas kontak sambungan dan distribusi beban selama proses. Spesimen interlock 1 mm memiliki performa baik tetapi sedikit di bawah 3 mm, sedangkan interlock 5 mm menunjukkan penurunan kekuatan tarik, kemungkinan akibat distribusi panas dan tekanan yang tidak merata serta potensi cacat internal. Pola *crazing* juga lebih sering teramati pada spesimen 5 mm, yang mengindikasikan stres termal lebih tinggi atau kurang efisiennya ikatan antar lapisan. Dengan demikian, ukuran *interlocking* secara langsung memengaruhi kualitas dan kekuatan sambungan PLA hasil proses RFW, karena semakin besar ukuran *interlock*, semakin sulit panas dan tekanan tersebar secara merata di seluruh permukaan sambungan. Akibatnya, ikatan antar lapisan menjadi tidak homogen dan menurunkan kekuatan tarik total sambungan. Sebaliknya, ukuran *interlock* yang sedang memberikan kondisi termal dan mekanis yang seimbang, sehingga proses fusi berlangsung lebih sempurna dan menghasilkan sambungan yang lebih kuat.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan serta masukan dari dosen pembimbing, beberapa saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Pengembangan desain *interlock* bertingkat, penelitian ini hanya menggunakan variasi *interlocking* dengan ketebalan satu tingkat (1 mm, 3 mm, dan

5 mm). Untuk meningkatkan kualitas dan kekuatan sambungan, disarankan dilakukan eksplorasi terhadap jenis sambungan *interlock* bertingkat (multi-level *interlocking*), yang berpotensi memberikan distribusi tegangan lebih merata dan memperkuat kohesi antar permukaan sambungan.

2. Optimasi parameter proses – kecepatan rotasi lebih rendah dalam proses RFW, kecepatan rotasi yang tinggi dapat menyebabkan pengikisan berlebih dan distribusi panas yang tidak merata. Oleh karena itu, penurunan RPM disarankan untuk mengurangi efek pengikisan dan memungkinkan kontrol panas yang lebih stabil, sehingga menghasilkan sambungan dengan cacat minimal dan kekuatan tarik yang lebih tinggi.

3. Analisis mikrostruktur lanjutan dengan resolusi lebih tinggi, untuk mengonfirmasi lebih detail fenomena seperti *void*, *crazing*, dan zona fusi, penggunaan alat observasi dengan resolusi lebih tinggi seperti SEM (*Scanning Electron Microscope*) dapat memberikan gambaran mikrostruktur yang lebih akurat dan mendalam.

4. Pengujian *Fatigue* dan *Impact*, selain uji tarik kualitas sambungan juga dapat dievaluasi melalui uji ketahanan *fatigue* (pada beban siklik) dan uji impak, untuk mengetahui performa sambungan dalam kondisi dinamis dan benturan yang lebih menyerupai aplikasi dunia nyata.