

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh variasi diameter nozzle, suhu ekstrusi, dan jenis material terhadap kualitas filamen hasil ekstrusi dan hasil cetakan 3D dengan metode FDM, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Variasi diameter nozzle dan suhu ekstrusi terbukti memberikan pengaruh signifikan terhadap kestabilan dimensi filamen dan hasil cetakan 3D. Pada material PLA, penggunaan nozzle berdiameter 2 mm dengan suhu ekstrusi 220°C menghasilkan filamen dengan diameter rata-rata 1,74 mm dan deviasi sebesar 0,57%, yang memenuhi standar kelayakan filamen untuk proses pencetakan 3D. Selain itu, deviasi dimensi hasil cetakan *XYZ Calibration Cube* pada kombinasi ini hanya sebesar 0,57%, menunjukkan tingkat akurasi yang sangat baik, tanpa cacat visual pada hasil cetakan, dan hanya satu cacat ringan pada filamen. Sebaliknya, material *Polypropylene* (PP) menunjukkan deviasi diameter filamen yang sangat besar, hingga mencapai 79,52% pada kombinasi nozzle 4 mm dan suhu 180°C, serta deviasi dimensi hasil cetakan yang berkisar antara 0,17% hingga 1,92%. Tingginya deviasi dan munculnya berbagai cacat visual seperti permukaan kasar, bentuk tidak bulat, dan retakan mikro membuat PP tidak layak digunakan untuk pencetakan 3D pada kombinasi parameter yang diuji.
2. Kondisi optimum dalam penelitian ini diperoleh pada kombinasi material *Polylactic Acid* (PLA), diameter nozzle 2 mm, dan suhu ekstrusi 220°C. Kombinasi ini menghasilkan filamen dengan kestabilan dimensi terbaik, yaitu diameter rata-rata 1,74 mm dan deviasi 0,57%, yang memenuhi ambang batas kelayakan deviasi sebesar 5%. Hasil pengamatan visual menunjukkan hanya satu jenis cacat ringan pada filamen dan tidak ditemukan cacat pada spesimen hasil cetakan. Selain itu, hasil cetakan 3D menggunakan kombinasi tersebut menunjukkan deviasi dimensi cetak sebesar 0,57%, yang tergolong sangat presisi dan konsisten. Dengan parameter ini, diperoleh hasil cetakan yang

berkualitas tinggi dan sesuai dengan standar kualitas untuk proses manufaktur berbasis FDM.

3. Terdapat kecenderungan bahwa peningkatan suhu ekstrusi berdampak positif dalam menurunkan deviasi diameter filamen, terutama pada material PLA. Pada nozzle 2 mm, peningkatan suhu dari 180°C ke 220°C menghasilkan penurunan deviasi diameter filamen dari 22,67% menjadi 0,57%. Untuk nozzle 3 mm, deviasi justru mengalami kenaikan dari 4,76% pada 180°C menjadi 7,14% pada 220°C, menunjukkan bahwa suhu tinggi tidak selalu memberikan hasil terbaik tergantung kombinasi nozzle-nya. Pada nozzle 4 mm, meskipun terjadi penurunan deviasi dari 32,86% menjadi 12,48%, hasilnya tetap di atas ambang kelayakan 5%. Pada material PP, meskipun suhu ekstrusi ditingkatkan hingga 220°C, deviasi diameter tetap tinggi dan fluktuatif. Kombinasi terburuk tercatat pada nozzle 4 mm dan suhu 180°C dengan deviasi mencapai 79,52%, dan hanya menurun menjadi 46,43% pada suhu 220°C. Hal ini menunjukkan bahwa material PP sulit dikendalikan kestabilan dimensinya dalam parameter yang diuji. Secara umum, semakin tinggi suhu ekstrusi dapat membantu menurunkan deviasi jika dikombinasikan dengan nozzle yang sesuai, dengan hasil terbaik ditemukan pada kombinasi nozzle 2 mm dan suhu 220°C untuk material PLA, sementara pengaruh tersebut tidak konsisten pada material PP.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pengamatan selama proses pembuatan filamen dan pencetakan 3D, terdapat beberapa saran yang dapat menjadi acuan untuk meningkatkan kualitas proses dan pengembangan penelitian selanjutnya, seperti:

1. Disarankan dilakukan optimasi pada sistem pemanas mesin extruder, terutama di area nozzle, agar distribusi suhu lebih merata. Ketidakstabilan suhu di area ini dapat menyebabkan fluktuasi aliran material yang berdampak pada ketidakteraturan diameter filamen.
2. Penelitian dapat dikembangkan dengan memodifikasi desain *screw extruder*, seperti mengatur sudut helix, untuk meningkatkan homogenitas aliran material

selama proses ekstrusi. Kombinasi dengan pengaturan kecepatan dan suhu yang tepat dapat menghasilkan filamen yang lebih stabil.

3. Material *Polypropylene* (PP) memiliki karakteristik proses yang kompleks dalam aplikasi pencetakan 3D. Oleh karena itu, pengembangan lebih lanjut disarankan, seperti penyesuaian parameter suhu, penerapan sistem pendinginan yang lebih efektif, atau penambahan bahan aditif, guna mengoptimalkan performa material PP dalam proses ekstrusi dan pencetakan.
4. Penting dilakukan pengujian karakteristik mekanik filamen, seperti uji tarik atau uji kekuatan lentur, serta perbandingan dengan filamen komersial. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa filamen hasil produksi tidak hanya layak secara dimensi, tetapi juga memenuhi standar kekuatan untuk aplikasi *3D printing*.
5. Direkomendasikan penggunaan sensor monitoring diameter filamen secara otomatis (*real-time monitoring*) agar penyimpangan diameter dapat dideteksi lebih awal. Dengan sistem ini, parameter proses seperti kecepatan penarikan atau suhu dapat segera disesuaikan, sehingga kualitas filamen lebih konsisten tanpa harus menunggu evaluasi akhir.