

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi 3D *printing* telah membawa perubahan besar di berbagai sektor industri, termasuk dalam pembuatan komponen mesin, salah satunya *bearing*. *Bearing* merupakan komponen kritis dalam sistem mekanis karena berfungsi meminimalkan kontak antara poros dan elemen bergerak lainnya. *Bearing* yang baik memungkinkan poros berputar lancar serta meminimalkan benturan dan keausan pada bagian mesin lainnya (F. Lubis *et al.*, 2021).

Terdapat beberapa jenis *bearing* berdasarkan bahan yang digunakan, yaitu *bearing* logam, polimer, dan keramik. *Bearing* logam telah lama digunakan dalam industri karena memiliki ketahanan dan kekuatan yang tinggi. Pada umumnya, *bearing* logam berhadapan dengan masalah pemeliharaan dan keausan, terutama saat bekerja dalam beban dan kecepatan tinggi (Kumar *et al.*, 2023). Di sisi lain, *bearing* keramik diunggulkan karena memiliki konduktivitas panas rendah, kekuatan yang baik, serta menawarkan sifat isolasi yang baik. *Bearing* keramik seperti alumina dan silikon nitrida sering digunakan untuk aplikasi dengan pengaruh lingkungan ekstrem (Shi, Adachi dan Kida, 2019). Dalam beberapa tahun terakhir, penggunaan *bearing* polimer semakin meningkat karena kelebihanannya yang ringan sehingga dapat mengurangi berat sistem mekanik secara keseluruhan (Zhu, Xie dan Dwyer-Joyce, 2020).

Meskipun *bearing* polimer memiliki kelebihan seperti ringan dan tahan korosi. Namun *bearing* berbahan polimer dapat dikatakan memiliki masalah terkait tingginya *void* dan keausan. Masalah semacam itu tentunya menjadi tantangan utama dalam pengembangan dan penerapan *bearing* polimer. Dikutip dari Singaravel *et al.* (2024), Adanya pori atau *void* dalam produk hasil cetakan 3D dapat berdampak signifikan terhadap kekuatan serta daya tahan produk. *Void* pada material polimer umumnya muncul pada proses cetak 3D FDM yang dipengaruhi oleh parameter pencetakan seperti diantaranya *layer height*, *nozzle temperature*, dan *infill density*. Dalam penelitiannya Garzon-Hernandez *et al.* (2020), menemukan bahwa pembentukan *void* pada produk hasil cetak 3D sangat dipengaruhi oleh parameter pencetakan. Selain mempengaruhi pembentukan *void* penelitian oleh Alexandra Ileana Portoacă *et al* (2023), menemukan bahwa ketidaktepatan dalam pemilihan parameter pencetakan juga dapat mempengaruhi tingkat keausan pada produk hasil cetak 3D. Laju keausan dapat menyebabkan kerusakan pada bahan polimer, yang mengakibatkan degradasi

material serta mengurangi kekuatan dan daya tahan bantalan (Ali, Nugroho dan Syakur, 2017). Faktor-faktor tersebut menjadi alasan kuat mengapa pengendalian parameter menjadi hal yang penting untuk meningkatkan performa tribologi pada *bearing* polimer.

Dibandingkan dengan *bearing* logam, penelitian mengenai *bearing* polimer masih terbatas. Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji performa tribologi pada *bearing* polimer hasil cetak 3D. seperti penelitian oleh Jiang *et al.* (2024), meneliti pengaruh penambahan *carbon fiber*, *graphene platelet*, dan UHMWPE terhadap perilaku friksi dan laju keausan pada bearing berbahan TPU dalam kondisi pelumasan air. Selanjutnya penelitian oleh Yeong-Jae *et al.* (2018), mengkaji *journal bearing* hasil FDM dan SLS terhadap performa gesek dan kemampuan *self-lubricating* akibat mikropori, namun parameter pencetakan yang divariasikan hanya sebatas *layer thickness* dan analisis *void* tidak menampilkan persentase *void* yang terbentuk. Terakhir penelitian oleh Mourya *et al.* (2023), mengevaluasi pengaruh bentuk dan ukuran tekstur terhadap laju keausan dan suhu gesekan pada bearing berbahan ABS, PLA, dan *nylon*, namun parameter pencetakan dijaga konstan sehingga pengaruhnya terhadap *void* dan keausan tidak dianalisis. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh parameter cetak 3D terhadap pembentukan *void* dan laju keausan diperlukan karena *void* dan keausan tinggi dapat memberikan dampak negatif seperti peningkatan gesekan, suhu berlebih, dan penurunan umur pakai. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan menentukan parameter cetak optimal pada *nylon bearing* guna meminimalkan *void* dan laju keausan.

Penelitian ini menggabungkan analisis citra mikroskopik berbasis *ImageJ* untuk mengukur area *void* dengan uji keausan pada bearing berbahan *nylon* hasil cetak 3D yang memiliki tekstur *hexagonal*. Metode Taguchi L9 digunakan untuk mempelajari pengaruh parameter terhadap dua respon sekaligus, yaitu *void* dan keausan. Selanjutnya, optimasi *multi-respon* dilakukan menggunakan *Grey Relational Analysis* (GRA) untuk menentukan kombinasi parameter terbaik. Kombinasi metode ini belum pernah diterapkan secara bersamaan pada *bearing* berbahan *nylon* dengan tekstur *hexagonal* sehingga memberikan kebaruan dalam metodologi maupun penerapan tribologi polimer cetak 3D. Hasil penelitian ini diharapkan berkontribusi pada pengembangan bearing hasil *additive manufacturing* khususnya material *nylon*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang pada penelitian ini didapatkan rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh variasi parameter cetak 3D terhadap pembentukan *void* pada *bearing* berbahan *nylon*?
2. Bagaimana pengaruh variasi parameter cetak 3D terhadap keausan pada *bearing* berbahan *nylon*?
3. Parameter cetak 3D manakah yang menghasilkan kombinasi optimal untuk meminimalkan *void* dan laju keausan pada *bearing nylon* berdasarkan metode *Grey Relational Analysis* (GRA) ?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah diatas maka didapatkan tujuan penelitian ini, diantaranya yaitu :

1. Mengoptimasi dan mengetahui pengaruh variasi parameter cetak 3D terhadap pembentukan *void* pada *bearing* berbahan *nylon*.
2. Mengoptimasi dan mengetahui pengaruh variasi parameter cetak 3D terhadap keausan pada *bearing* berbahan *nylon*.
3. Mengoptimasi dan menentukan kombinasi parameter cetak 3D yang optimal untuk menghasilkan *bearing nylon* dengan *void* dan laju keausan minimum melalui metode GRA.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi oleh beberapa hal berikut :

1. Menggunakan 3D printing FDM dengan tipe Bambu Lab P1S
2. Filamen yang digunakan berbahan *nylon* (*EasyPA*)
3. Durasi uji keausan ditetapkan selama 600 detik pada kecepatan 500 RPM.
4. Analisis *void* menggunakan metode mikroskop *optik* 2D dan citra gambar 2D dengan *software ImageJ*.
5. Pengujian dilakukan pada suhu ruangan 29°C.
6. Analisis data menggunakan metode Taguchi, ANOVA, dan GRA