

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Dalam industri manufaktur, kekasaran permukaan hasil proses pemesinan merupakan salah satu parameter penting karena memengaruhi kinerja, kualitas produk, serta ketahanan dan umur pakai komponen [1]. Tingginya kekasaran permukaan dapat meningkatkan gesekan antarkomponen sehingga mempercepat keausan, memperbesar konsumsi energi, dan meningkatkan risiko kegagalan fungsional pada aplikasi mekanis [2]. Selain itu, tingkat kekasaran permukaan berdampak signifikan terhadap karakteristik komponen, seperti ketahanan aus, ketahanan lelah, kemampuan menahan beban, dan laju korosi. Dampak tersebut dapat memengaruhi keandalan dan efisiensi operasional sistem secara keseluruhan [2].

Nilai kekasaran permukaan rendah tidak hanya mengurangi gesekan dan memperpanjang umur pakai komponen, tetapi juga meningkatkan kinerja produk melalui berkurangnya kehilangan energi akibat gaya hambat. Dalam proses perakitan, kekasaran permukaan di luar spesifikasi dapat menyebabkan ketidaksesuaian dimensi dan menurunkan presisi pemasangan, terutama pada komponen bertoleransi ketat untuk aplikasi industri otomotif dan kedirgantaraan. Oleh karena itu, pengukuran dan pengendalian kekasaran permukaan pada proses pemesinan merupakan aspek penting dalam memastikan kualitas produk, meningkatkan efisiensi produksi, serta mengurangi biaya perawatan dan biaya penggantian komponen akibat keausan dini [1].

Kekasaran permukaan hasil pemesinan dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain parameter pemesinan, geometri pahat, kondisi pendinginan, dan faktor eksternal. Parameter pemesinan meliputi kecepatan potong, laju pemakanan, dan kedalaman potong. Ketidaksesuaian kecepatan potong dapat meningkatkan gaya pemotongan dan suhu pada zona pemesinan. Kondisi ini dapat memicu deformasi pada permukaan benda kerja atau pembentukan *built-up edge* pada mata pahat. Laju pemakanan tinggi juga meningkatkan ketebalan geram sehingga menghasilkan nilai kekasaran permukaan lebih besar [3]. Geometri pahat berperan penting dalam

menentukan hasil pemesinan. Radius ujung pahat terlalu kecil atau sudut potong tidak sesuai dapat menimbulkan getaran dan menurunkan kualitas permukaan. Penggunaan *coolant* secara efektif dapat mengurangi panas dan gesekan selama proses pemotongan sehingga meningkatkan kualitas permukaan sekaligus memperpanjang umur pahat.

Material *stainless steel* memiliki konduktivitas termal rendah dan kecenderungan pengerasan regangan (*work hardening*) tinggi sehingga lebih sulit diproses melalui pemesinan dibandingkan baja karbon. Karakteristik tersebut meningkatkan gaya pemotongan dan suhu selama proses pemesinan sehingga memengaruhi kekasaran permukaan hasil pemotongan [4]. Oleh karena itu, pemilihan parameter pemesinan, geometri pahat, dan kondisi pendinginan perlu dilakukan secara tepat untuk memperoleh kualitas permukaan optimal pada *stainless steel*.

Beberapa penelitian telah mengkaji pengaruh parameter pemesinan terhadap kekasaran permukaan, terutama pada proses pembubutan material *stainless steel*. Selvaraj dan Palanisamy (2010) melakukan optimasi kecepatan potong, kedalaman potong, dan laju pemakanan untuk memperoleh kekasaran permukaan rendah pada material AISI 304 menggunakan metode Taguchi. Meskipun demikian, studi tersebut belum memasukkan geometri pahat sebagai parameter penelitian. Di sisi lain, Shreemoy Kumar Nayak et al. (2014) menggunakan metode *Grey Relational Analysis* (GRA) untuk mengoptimalkan parameter pemesinan kering pada material tersebut. Penelitian tersebut menunjukkan pengaruh signifikan dari parameter potong serupa, tetapi belum menguji pengaruh geometri atau sudut pahat sebagai variabel penelitian [6].

Gultekin Basmaci (2018) meneliti pengaruh laju pemakanan, kedalaman potong, dan jenis pendinginan terhadap kekasaran permukaan pada material AISI 316L menggunakan metode Taguchi dan ANOVA. Meskipun telah mempertimbangkan kondisi pemotongan secara detail, studi tersebut belum meneliti pengaruh geometri pahat. Selanjutnya, Yu Su et al. (2020) meneliti optimasi multiobjektif parameter pemesinan pada material AISI 304 dengan lima tingkat parameter menggunakan kombinasi metode GRA dan RSM. Penelitian tersebut memang mengeksplorasi parameter pemesinan dan penggunaan *coolant*

secara lebih luas, namun dampak geometri pahat terhadap kekasaran permukaan masih luput dari kajian. Sementara itu, Dersi Julianto et al. (2023) melakukan eksperimen pembubutan CNC pada material S45C menggunakan metode Taguchi. Penelitian tersebut menguji variasi kecepatan potong, kedalaman potong, dan kecepatan spindel, tetapi belum mengintegrasikan geometri pahat, khususnya sudut pahat, sebagai faktor penentu kualitas permukaan [9].

Meskipun berbagai penelitian telah mengkaji pengaruh dan optimasi parameter pemesinan terhadap kekasaran permukaan, sebagian besar penelitian terdahulu masih terbatas pada variasi kecepatan potong, laju pemakanan, dan kedalaman potong, serta belum mengkaji pengaruh geometri pahat dan kondisi pendinginan pada material *Stainless Steel* 304. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengatasi keterbatasan penelitian sebelumnya melalui optimasi parameter pemesinan, geometri pahat, dan kondisi pendinginan menggunakan metode Taguchi. Penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi terhadap peningkatan kualitas permukaan hasil pembubutan serta efisiensi proses pemesinan pada material *Stainless Steel* 304, sekaligus mendukung penerapan proses pemesinan secara lebih efektif di industri manufaktur.

1.2 Rumusan Masalah

Tinjauan penelitian terdahulu menunjukkan bahwa kajian pembubutan *Stainless Steel* 304 umumnya berfokus pada pengaruh kecepatan potong, kedalaman potong, dan laju pemakanan terhadap kekasaran permukaan. Namun, geometri pahat, khususnya sudut potong utama, serta penggunaan cairan pendingin (*coolant*) juga memengaruhi kualitas permukaan hasil pembubutan. Kombinasi parameter pemesinan, geometri pahat, dan penggunaan *coolant* dapat memengaruhi kinerja pemotongan, kualitas permukaan, serta efisiensi proses pemesinan. Berdasarkan kesenjangan penelitian tersebut, penelitian ini dirancang untuk menjawab pertanyaan berikut:

1. Bagaimana pengaruh sudut potong utama (κr), kedalaman potong (a), kecepatan spindel (n), dan penggunaan *coolant* memengaruhi kekasaran permukaan material *Stainless Steel* 304 pada proses pembubutan?
2. Bagaimana kombinasi parameter pemesinan, sudut potong utama, dan penggunaan *coolant* dioptimalkan menggunakan metode Taguchi untuk

menghasilkan kekasaran permukaan terendah pada material *Stainless Steel* 304?

3. Bagaimana model *multi regresi linear* dapat digunakan untuk memprediksi kekasaran permukaan pada proses pembubutan material *Stainless Steel* 304 berdasarkan sudut potong utama (κ_r), kedalaman potong (a), kecepatan spindel (n), dan penggunaan *coolant*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh sudut potong utama (κ_r), kedalaman potong (a), kecepatan spindel (n), dan penggunaan *coolant* terhadap kekasaran permukaan pada proses pembubutan material *Stainless Steel* 304.
2. Menentukan kombinasi parameter pemesian, sudut potong utama, dan penggunaan *coolant* untuk menghasilkan kekasaran permukaan terendah pada proses pembubutan material *Stainless Steel* 304 menggunakan metode Taguchi.
3. Menentukan model prediksi kekasaran permukaan *Stainless Steel* 304 berdasarkan sudut potong utama (κ_r), kedalaman potong (a), kecepatan spindel (n), dan penggunaan *coolant* menggunakan metode *multi regresi linear*.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat teoritis dan praktis dalam bidang pemesinan, khususnya terkait optimasi parameter pemesinan, geometri pahat, dan penggunaan *coolant* untuk meningkatkan kualitas permukaan hasil pembubutan material *Stainless Steel* 304:

1.4.1 Manfaat Teoritis

1. Meningkatkan pengetahuan dalam bidang pemesinan, khususnya mengenai pengaruh sudut potong utama (κ_r), kedalaman potong (a), kecepatan spindel (n), dan penggunaan *coolant* terhadap kekasaran permukaan *Stainless Steel* 304.

2. Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya mengenai pengaruh optimasi parameter pemesinan, geometri pahat, dan penggunaan *coolant* terhadap kualitas permukaan material *Stainless Steel 304*.
3. Memberikan kontribusi terhadap pengembangan metode optimasi proses pemesinan, terutama dalam upaya memperoleh hasil pemesinan dengan nilai kekasaran permukaan optimal.

1.4.2 Manfaat Praktis

1. Menyediakan informasi bagi industri manufaktur mengenai kombinasi parameter pemesinan, sudut potong utama, dan penggunaan *coolant* untuk memperoleh tingkat kekasaran permukaan sesuai standar industri.
2. Membantu mengurangi biaya perawatan dan penggantian komponen akibat keausan dini melalui ketepatan pemilihan parameter pemesinan sehingga kualitas permukaan benda kerja dapat ditingkatkan.
3. Memberikan rekomendasi kepada praktisi pemesinan dalam memilih strategi pemotongan dan penggunaan *coolant* untuk meningkatkan umur pahat serta mengurangi gesekan selama proses pemesinan.
4. Mendukung penyusunan pedoman atau standar operasional di industri manufaktur terkait pengendalian kekasaran permukaan dan efektivitas penggunaan *coolant* dalam proses pemesinan material *Stainless Steel 304*.

1.5 Batasan Masalah

Untuk menjaga fokus penelitian dan kesesuaian dengan tujuan penelitian, batasan masalah dalam penelitian ini ditetapkan sebagai berikut:

1. Penelitian ini menggunakan material *Stainless Steel 304* sehingga hasil penelitian tidak dapat digeneralisasi secara langsung untuk material lain.
2. Penelitian ini terbatas pada proses pembubutan konvensional menggunakan pahat *insert* karbida tanpa mempertimbangkan proses pemesinan lain, seperti frais dan gerinda.
3. Parameter penelitian meliputi sudut potong utama (κr), kedalaman potong (a), kecepatan spindel (n), serta penggunaan *coolant*. Laju pemakanan (f) dan radius ujung pahat (R_e) tidak divariasikan karena penelitian ini berfokus pada pengaruh parameter penelitian terhadap kekasaran permukaan.

4. Analisis kualitas hasil pemesinan difokuskan pada kekasaran permukaan, tanpa mempertimbangkan parameter lain seperti keausan pahat, tegangan sisa, atau kekerasan material.
5. Optimasi faktor penelitian dilakukan menggunakan metode Taguchi dengan analisis *Signal-to-Noise* (S/N) Ratio dan ANOVA (*Analysis of Variance*) untuk menentukan pengaruh setiap faktor terhadap kekasaran permukaan.
6. Data kekasaran permukaan diperoleh menggunakan *Surface Roughness Tester* dengan arah pengukuran sejajar terhadap arah pemotongan.

1.6 Sistematika Penulisan

Laporan hasil penelitian ini terdiri dari lima bab dengan sistematika sebagai berikut:

1. Bab I merupakan pendahuluan yang mencakup uraian mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan laporan.
2. Bab II berisi tinjauan pustaka yang memuat teori dan konsep relevan sebagai dasar ilmiah penelitian.
3. Bab III menjelaskan metodologi penelitian meliputi pendekatan, teknik pengumpulan data, serta prosedur analisis dalam studi ini.
4. Bab IV menyajikan hasil penelitian beserta pembahasan secara sistematis, mencakup interpretasi data, analisis permasalahan, serta pemaparan alternatif solusi.
5. Bab V memuat simpulan dari keseluruhan penelitian serta rekomendasi sebagai masukan bagi pengembangan penelitian selanjutnya.