

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi manufaktur masa kini menuntut adanya sebuah proses produksi yang tidak hanya cepat, tetapi juga menghasilkan produk – produk dengan kualitas yang tepat. Salah satu indikator utama yang menentukan kualitas hasil proses pemesinan adalah kekasaran permukaan. Produk dari hasil pemesinan yang memiliki kualitas hasil permukaan yang kasar akan memengaruhi kinerja dari komponen tersebut dan dapat menyebabkan cepatnya aus, gesekan yang berlebih, serta dapat menurunkan masa pakai dari produk komponen tersebut. Apabila dari proses pemesinan tersebut menghasilkan kualitas permukaan yang halus, maka dapat menjadi salah satu faktor memperpanjang masa pakai dari komponen tersebut, serta dapat meningkatkan efisiensi kerja dari mesin. Kualitas permukaan menjadi faktor penting pada komponen-komponen yang berfungsi sebagai bantalan luncur, dengan kondisi tersebut menjamin keandalan dan performa dari komponen tersebut (Alwi & Fahar, 2022).

Teknologi pemesinan yang banyak digunakan untuk menghasilkan komponen – komponen yang presisi dan kualitas permukaan yang baik salah satunya yaitu mesin *Computer Numerical Controlled (CNC) turning*. Mesin CNC *turning* mampu menghasilkan hasil produk yang konsisten dibandingkan dengan mesin bubut konvensional. Menurut Rusdin & Iswar (2024), hasil pembubutan dengan menggunakan CNC *turning* pada material aluminium dapat menghasilkan kekasaran permukaan Ra 1,27 μm , sedangkan menggunakan mesin bubut konvensional menghasilkan kekasaran permukaannya adalah Ra 1,38 μm , meskipun keduanya menggunakan setting parameter yang sama. Hal ini membuktikan bahwa teknologi CNC *turning* dapat menghasilkan permukaan yang lebih halus dan konsisten, serta dapat mendukung kebutuhan industri yang memproduksi komponen yang berkualitas tinggi.

Baja karbon S45C merupakan material yang biasa digunakan dalam proses pemesinan. Tujuan dari pemilihan material ini karena mempunyai karakteristik kekuatan yang baik, dan material ini sering digunakan sebagai material dasar dari pembuatan komponen sistem mekanik, termasuk salah satunya adalah *bushing*

flange yang berfungsi sebagai bantalan peluncur. Menurut Zheijang Myway Co., Ltd, nilai kekasaran permukaan pada komponen bantalan peluncur berada pada kisaran Ra 0,8 μm hingga Ra 1,6 μm . Komponen *bushing flange* ini merupakan bantalan luncur yang berfungsi untuk menahan beban radial serta beban aksial secara bersamaan. *Flens* yang dibagian ujung *bushing* berfungsi sebagai pengunci posisi *axial* atau untuk menahan pergerseran *axial* serta memastikan posisi *bushing* berada didudukannya secara presisi (Zhang et al., 2017).

Pemanfaatan *bushing* pada sistem mekanik seperti suspensi kendaraan, transmisi dan kemudi otomotif, pompa *gearbox*, sistem conveyor. Komponen ini juga dipergunakan pada aplikasi alat berat, serta peralatan pertanian, karena kemampuannya menahan gaya gesek tinggi, serta kondisi kerja yang ekstrim. *Bushing flange* ini materialnya bisa berupa baja karbon, paduan logam, hingga komposit tergantung pada kebutuhan ketahanan aus dan tingkat kekasaran permukaan. Menurut Mukras (2025), geometri komponen bantalan yang mengalami aus memengaruhi kinerja dari bantalan serta kekasaran permukaan memainkan peran penting pada mekanisme aus dan kegagalan pada bantalan (He et al., 2025).

Kualitas hasil pemesinan pada komponen *bushing flange* ini tentunya dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti parameter pemotongan, geometri *insert* serta media pendinginan. Menurut Haryanto & Khaerudin (2020), parameter *feed rate* teridentifikasi sebagai faktor yang paling dominan tingkat pertama memengaruhi kekasaran permukaan, diikuti oleh *spindle speed* dan *depth of cut*. Hasil penelitian yang dilakukan Kumar et al (2019), memperoleh nilai optimal Ra 0,438 μm , *cutting speed* 120 m/min, *feed rate* 0,05 mm/rev, dan *depth of cut* 0,3 mm. Selain parameter pemotongan, faktor yang memengaruhi kekasaran permukaan adalah geometri *insert*, geometri dari *insert* yang berpengaruh terhadap kekasaran permukaan salah satunya adalah *nose radius* pada *insert*, fungsi dari *nose radius* dari *insert* pada proses pemesinan CNC *turning* adalah untuk pisau sayat, dimensi ukuran dari *nose radius* dari *insert* ini tentunya memengaruhi dari hasil permukaan benda kerja yang disayat (Prasetya & Wahjono, 2020). Menurut Zhao et al (2017), bahwa *nose radius* dari *insert* memiliki pengaruh signifikan terhadap kekasaran permukaan. Penelitian yang dilakukan oleh Syah et al (2023), *insert*

yang digunakan adalah *insert carbide coated Chemical Varpour Deposition* (CVD). Penggunaan *insert* berbahan *carbide coated CVD* memiliki ketahanan aus yang baik, serta dapat menghasilkan kekasaran permukaan yang rendah (R. Kumar et al., 2019).

Faktor lain yang tidak kalah penting adalah media pendinginan. Menurut Naveed et al (2021), minyak nabati seperti minyak kacang tanah, minyak kenari, minyak kedelai, minyak bunga matahari, minyak mustard, minyak biji kapas, minyak kelapa, telah berhasil digunakan sebagai cairan pemotong. Menurut Bacak & Karabiyik (2022), menyebutkan bahwa *cutting fluid* berbasis minyak nabati dapat menurunkan kekasaran permukaan hingga $Ra\ 1,35\ \mu m$, serta dapat memperpanjang masa pakai pahat yaitu memperlambat keausan pahat *flank wear* (VB 0,131mm), dibandingkan dengan kondisi *dry machining* menghasilkan kekasaran permukaan $Ra\ 2,31\ \mu m$, dengan tingkat keausan pahat (VB 0,24). Hal ini memberikan informasi bahwa penggunaan *cutting fluid* nabati pada proses pemesinan dapat menurunkan kekasaran permukaan serta berkontribusi untuk mengurangi penggunaan *cutting fluid* berbahan dasar mineral tak terbarukan atau bahan kimia.

Aspek *power consumption* perlu diperhatikan karena merupakan indikator penting dalam mengevaluasi efisiensi kebutuhan daya pada proses pemesinan menggunakan mesin perkakas (Shin et al., 2018). Penggunaan *power consumption* bergantung dengan parameter yang digunakan seperti *spindle speed* atau *feed rate* (Towijaya & Prasetyo, 2024). Menurut Warsi et al (2019), dampak lingkungan dari proses pemesinan sekitar 90% berasal dari konsumsi listrik. Hal ini tentunya optimasi parameter sangat diperlukan, bukan hanya sekedar untuk menghasilkan kualitas produk yang baik, tetapi juga upaya untuk mendukung penurunan *power consumption* selama proses pemesinan.

Kekasaran permukaan memainkan peran penting kinerja bantalan, yang secara langsung memengaruhi faktor-faktor seperti koefisien gesekan, laju keausan pada komponen (He et al., 2025). Oleh karena itu pemilihan kekasaran permukaan yang sesuai dengan lingkungan operasi merupakan kunci untuk meningkatkan ketahanan aus dan umur bantalan. Berbagai penelitian terdahulu telah menunjukkan bahwa parameter pemotongan, geometri pahat, berpengaruh terhadap kekasaran permukaan maupun *power consumption*. Namun penelitian – penelitian tersebut

memiliki ruang lingkup yang berbeda. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh jenis material benda kerja, geometri pahat, rentang parameter pemotongan, kondisi proses pemesinan yang digunakan, maupun respon yang dianalisis. Sebagian penelitian masih berfokus pada kekasaran permukaan, sebagian lainnya hanya menganalisis *power consumption*, sedangkan penelitian yang mengoptimalkan kedua respon tersebut secara bersamaan pada proses CNC *turning* material S45C dengan mempertimbangkan variasi parameter pemotongan dan *nose radius* dari *insert* masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menentukan kombinasi parameter pemesinan yang optimum pada proses CNC *turning* material S45C sehingga dihasilkan kekasaran permukaan yang memenuhi spesifikasi *bushing flange* dengan nilai *power consumption* yang rendah. Menghadapi kondisi multi-respon tersebut, tentunya dibutuhkan pendekatan yang mampu untuk mengatasi hal ini secara bersamaan, salah satu metode pendekatannya menggunakan metode *Response Surface Methodology* (RSM). Menurut Şahin & Esen (2021), metode RSM sangat efektif digunakan untuk menganalisis hubungan antara parameter faktor dengan beberapa variabel respon, serta menentukan kombinasi parameter optimal pada proses CNC *turning*.

Berdasarkan uraian tersebut penelitian ini bertujuan menentukan kombinasi parameter pemesinan CNC *turning* yang optimum melalui variasi *cutting speed*, *feed rate*, serta *nose radius* dari *insert* berbahan *carbide coated CVD* terhadap hasil akhir dari pemesinaan baja S45C yang digunakan sebagai komponen *bushing flange*. Melalui penggunaan metode *Response Surface Methodology* (RSM) untuk analisis multi-respon, sehingga diperoleh kombinasi parameter yang mampu menghasilkan kekasaran permukaan sesuai spesifikasi dengan *power consumption* yang rendah. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam penentuan parameter pemesinan CNC *turning* pada material S45C, khususnya untuk pembuatan komponen *bushing flange* yang memerlukan kekasaran permukaan sesuai spesifikasi dengan nilai *power consumption* yang rendah.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan yang sudah dijelaskan, terdapat beberapa permasalahan yang perlu di kaji secara mendalam supaya penelitian ini memiliki arah yang jelas. Rumusan masalah ini disusun untuk berjalan secara sistematis fokus pada persoalan yang ingin diteliti. Berikut adalah rumusan masalah pada penelitian ini:

1. Bagaimana pengaruh parameter *cutting speed*, *feed rate*, dan *nose radius insert* terhadap kekasaran permukaan, dan *power consumption* pada pemrosesan baja S45C menggunakan mesin CNC *turning*?
2. Bagaimana interaksi antar parameter *cutting speed*, *feed rate*, dan *nose radius insert* dalam memengaruhi kekasaran permukaan, serta *power consumption* pada pemrosesan baja S45C menggunakan mesin CNC *turning*?
3. Bagaimana kombinasi parameter optimal pada kombinasi parameter *cutting speed*, *feed rate*, *nose radius insert* untuk menghasilkan nilai kekasaran permukaan sesuai spesifikasi *bushing flange*, serta meminimalkan *power consumption* dengan menggunakan pendekatan *Response Surface Methodology* (RSM)?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan masalah disusun untuk memberikan arah yang jelas mengenai apa yang ingin dicapai pada penelitian ini. Penyusunan tujuan penelitian membantu memastikan bahwa hasil dari penelitian mampu menjawab rumusan masalah yang sedang dikaji. Berikut adalah tujuan pada penelitian ini:

1. Menganalisis pengaruh parameter *cutting speed*, *feed rate*, dan *nose radius insert* terhadap kekasaran permukaan, dan *power consumption* pada pemrosesan baja S45C menggunakan mesin CNC *turning*.
2. Menganalisis interaksi antar parameter *cutting speed*, *feed rate*, dan *nose radius insert* dalam memengaruhi kekasaran permukaan, serta *power consumption* pada pemrosesan baja S45C menggunakan mesin CNC *turning*.
3. Menentukan kombinasi parameter optimal pada kombinasi parameter *cutting speed*, *feed rate*, *nose radius insert* untuk menghasilkan nilai kekasaran permukaan sesuai spesifikasi *bushing flange*, serta meminimalkan *power consumption* dengan menggunakan pendekatan *Response Surface Methodology* (RSM).

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini menjelaskan kontribusi yang diharapkan dari penelitian ini. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan referensi yang relevan dan aplikatif bagi pengembangan penelitian selanjutnya maupun kebutuhan di bidang industri. Berikut adalah manfaat pada penelitian ini.

1. Hasil penelitian ini memberikan informasi mengenai pengaruh *cutting speed*, *feed rate*, dan *nose radius insert* terhadap kekasaran permukaan, serta *power consumption* pada proses CNC turning baja S45C.
2. Hasil penelitian ini memberikan informasi gambaran hubungan interaksi antar parameter *cutting speed*, *feed rate*, dan *nose radius insert* memengaruhi kekasaran permukaan, dan *power consumption* pada proses CNC turning baja S45C.
3. Hasil penelitian ini menghasilkan *setting* parameter optimal menggunakan pendekatan *Response Surface Methodology* (RSM) untuk menghasilkan nilai kekasaran permukaan sesuai spesifikasi *bushing flange*, serta meminimalkan *power consumption* pada proses CNC turning baja S45C.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini dilakukan dengan berbagai batasan-batasan masalah. Batasan masalah untuk menjaga fokus serta tidak terjadi penambahan masalah. Adapun batasan-batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Geometri *insert* berbahan *carbide coated* CVD yang digunakan yaitu tipe TNMG 160404, TNMG 160408, TNMG 160412
2. *Cutting fluid* yang digunakan berbasis nabati dengan 1 macam yaitu *sunflower oil*.
3. *Power consumption* (Watt) merujuk hanya pada konsumsi daya ketika mesin sedang melakukan pemotongan *finishing*.
4. Proses *roughing* dalam penelitian ini tidak dianalisis secara khusus dan hanya hanya digunakan sebagai tahap pembubutan awal untuk mencapai dimensi material sebelum dilakukan proses *finishing*.
5. Penelitian ini menggunakan metode RSM untuk merancang eksperimen dan mengidentifikasi hubungan parameter pemotongan dengan hasil pemesinan. Tujuannya untuk mengoptimalkan berbagai variabel bebas secara bersama

terhadap beberapa variabel respon. Pendekatan lain tidak dianalisis dalam penelitian ini.

6. Mesin yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin CNC *turning* Greamat SH300E
7. Penelitian ini material baja S45C yang digunakan adalah dalam kondisi umum yang ada dipasaran, tidak membahas variasi dalam kondisi awal material seperti perlakuan panas.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematikan penulisan pada laporan penelitian ini disusun untuk memberikan gambaran yang jelas terkait isi serta sktruktur dari skripsi. Hal ini pembaca lebih mudah memahami setiap bagian dari penelitian ini. Berikut adalah sistematika penulisan skripsi pada penelitian ini

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang dari penelitian ini, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian , batasan masalah, dan sistematika penulisannya. Bagian bab I ini memberikan informasi terkait alasan dan pentingnya penelitian yang akan dilakukan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini merupakan bagian yang menyajikan tinjauan teori-teori yang mendasari penelitian dan topik-topik yang diangkat, seperti teori-teori proses pemesinan, dalam hal ini proses pemesinan bubut CNC, jenis – jenis material sisipan, dalam hal ini sisipan berbahan *carbide*, *carbide coated*, keramik, dan intan. Pembahasan teori – teori CNC, material spesimen, serta *cutting fluid* yang digunakan pada peneleitian, metode pengolahan data yang digunakan. Bab II ini juga membahas studi pendahuluan dari penelitian terjadwal dalam skripsi ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini akan menjelaskan metode yang akan digunakan dalam penelitian ini, meliputi jenis desain eksperimen, material yang digunakan yaitu S45C, alat dan mesin yang akan digunakan yaitu mesin bubut CNC, serta parameter yang akan diuji yaitu *cutting speed*, *feed rate*, dan *nose radius* dari *insert*. Metode analisis *Response Surface Methodology* (RSM) akan dibahas pada bab ini juga.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas hasil-hasil dari percobaan yang telah dilakukan yaitu kekasaran permukaan, serta *power consumption*. Selain itu juga dilakukan analisis data yang telah diperoleh untuk membuktikan pengaruh parameter variabel bebas memiliki peranan penting pada hasil pemesinan baja S45C, serta melakukan optimasi dari hasil data respon yang diperoleh.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari hasil penelitian yang sudah dilakukan, serta rekomendasi atau saran untuk penelitian selanjutnya untuk aplikasi industri. Bagian kesimpulan dimuat berdasarkan dari analisis hasil dari penelitian. Bagian saran memuat rekomendasi untuk pengembangan penelitian yang lebih efisien dan optimal.