

BAB I

PENDAHULUAN

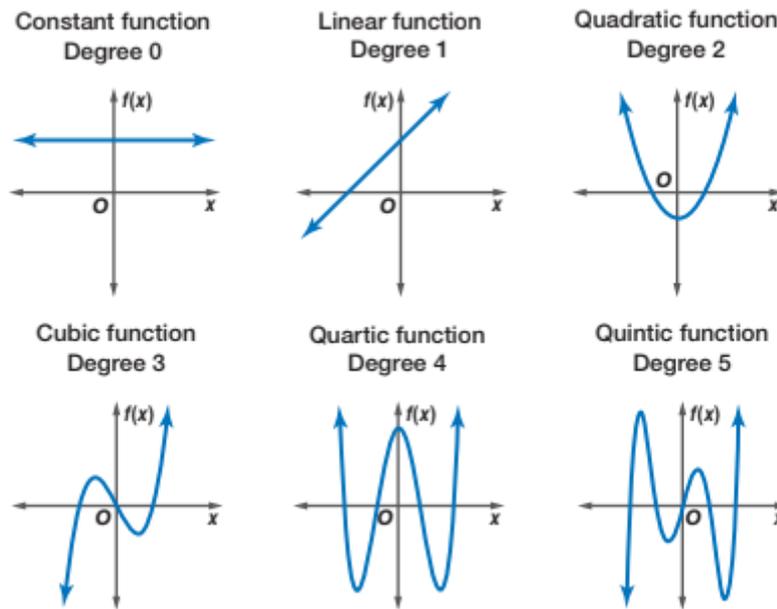
I.1 Latar Belakang

Kekasaran permukaan (*surface roughness*) merupakan salah satu indikator utama dalam menilai kualitas hasil permesinan. Dunia manufaktur modern terutama industri yang menuntut kepresisian tinggi seperti pembuatan mold menggunakan kurva sebagai dasar lintasan alat potong atau menjadi bentuk geometri yang digunakan karena fleksibilitas geometri yang ditawarkan.

Semakin meningkatnya variasi geometri komponen yang diinginkan dan dibutuhkan oleh industri membuat penggunaan mold menjadi lebih diminati dibandingkan dengan penggunaan mesin untuk proses produksi yang massal karena pertimbangan waktu produksi dan kemudahan setup yang dilakukan pada mold. Setiap komponen yang dibuat menggunakan mold memiliki hasil kualitas permukaan dan kepresisian berbeda sehingga untuk membuat mold sendiri proses *machining* masih menjadi pilihan yang digunakan oleh produsen mold.

Untuk mencapai bentuk mold yang akurat, terutama yang mengandung elemen kurva, berbagai jenis kurva menjadi pilihan untuk diaplikasikan. Salah satunya adalah jenis kurva polinomial yang dibentuk menggunakan model matematis berpangkat.

Pangkat yang digunakan dalam pembentukan kurva dimulai dari berpangkat 2 atau disebut dengan kurva orde dua. Kurva orde dua ini ditunjukkan dengan ciri bentuk seperti kurva sinusoidal. Variasi kurva yang umum digunakan dalam industri meliputi kurva orde dua sementara kurva yang dengan orde lebih tinggi lebih jarang digunakan dalam proses pembuatan mold.



Gambar I- 1. Ilustrasi Bentuk Kurva Polinomial
 (Sumber : <https://r.search.yahoo.com/>)

Penggunaan kurva polinomial dalam proses pembuatan mold bukan hanya dari pembentukan komponen saja namun bisa juga diaplikasikan dalam menyusun lintasan mata pahat. Kučera et al. (2023) menyebutkan bahwa lintasan pahat yang dibentuk dari fungsi polinomial mempengaruhi kualitas *surface roughness*, Uzun et al. (2022) lebih lanjut menjelaskan bahwa jalur pahat menentukan efisiensi waktu, gaya potong yang dihasilkan, kualitas permukaan dan *toolware*.

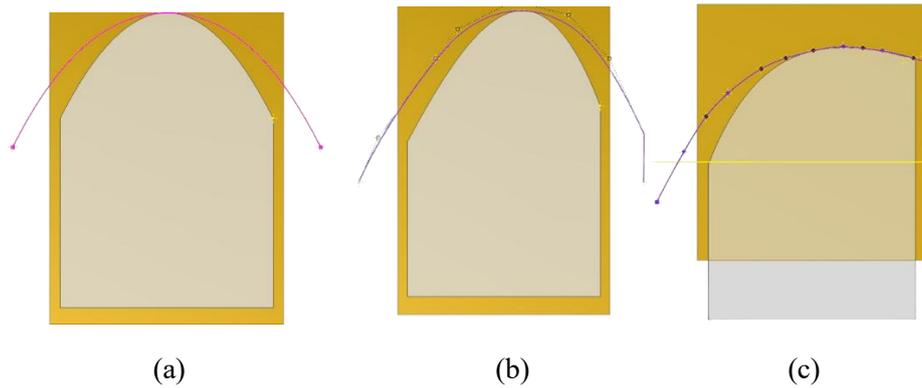
Kualitas *roughness* yang baik didukung oleh strategi perencanaan proses dari menentukan material yang ingin digunakan, proses permesinan apa yang akan dipilih, dan bagaimana desain bentuk produk yang akan dibuat. Pemilihan parameter permesinan perlu didasari oleh kebutuhan yang optimal bukan yang maksimal karena penggunaan parameter yang berlebihan tanpa didasari kemampuan mesin yang mumpuni akan berdampak pada kerusakan mesin dan kegagalan produksi. Penggunaan parameter permesinan seperti *feedrate*, *spindle speed*, *depth of cut*, *cutting speed* akan berkaitan dengan bagian material secara keseluruhan baik dari material terpakai maupun material tidak terpakai (*chips*).

Jumlah material yang terbuang dalam proses pemotongan memiliki keterkaitan dengan *feedrate* dan *spindle speed* dimana *feedrate* dapat diartikan sebagai kecepatan mata potong dalam menelusuri kurva dan *spindle speed* diartikan sebagai

kecepatan putar *tools*. Duc & Anh. (2024) menyatakan bahwa perancangan besaran *feedrate* dan *spindle speed* memiliki pengaruh yang besar dalam proses peningkatan efisiensi mesin.

Interaksi antara *spindle speed* dan *feedrate* akan berkaitan dengan *tools* yang digunakan. Pada proses permesinan, material akan berkontak dengan *tools* dalam proses pemakanan dan pelepasan panas yang akan mempengaruhi hasil *chips* dan kondisi permukaan yang mengalami kontak dengan *tools*. Umumnya dalam pembentukan kurva pada bidang koordinat x dan y atau bidang horizontal, penggunaan *flat endmill* menjadi opsi yang sering digunakan, sementara dalam proses pemakanan arah Z atau bidang vertikal, *tools* yang digunakan adalah *ballmill* dimana sisi potong *tools* ada pada ujung *tools*. Saat proses pemakanan terjadi, akan timbul gaya berlawanan antara gaya yang berasal dari material dan dari *tools* yang akan memicu terjadinya getaran mesin. Saat geometri yang dipotong bersifat tipis dan memiliki kelengkungan maka interaksi yang ditimbulkan oleh *feedrate*, *spindle speed* dan geometri benda akan menghasilkan getaran yang lebih besar. Penelitian Villarrazo et al. (2024) menekankan pentingnya orientasi alat potong khususnya sudut kemiringan (*tilt angle*) dalam mengontrol getaran dan menjaga kestabilan pemotongan.

Dalam rangka mengetahui bagaimana pengaruh orde kurva, *feedrate* dan *spindle speed* dengan interaksinya menggunakan *ballmill* pada kekasaran permukaan, eksperimen dilakukan secara simulasi *software* dan empiris. Simulasi *software* dilakukan dengan proses pembuatan CAD/CAM dari objek geometri berorde dua, tiga, dan empat. Eksperimen akan berlanjut dari hasil simulasi benda ke perbandingan empiris terkait *surface roughness*. Eksperimen ini menggunakan desain bentuk benda yang ditunjukkan oleh gambar I.1



Gambar I- 2. (a) Objek Geometri Kurva Orde 2. (b) Objek Geometri Kurva Orde 3. (c) Objek Geometri Kurva Orde 4.

Gambar I-2.(a) merupakan desain geometri yang dibentuk oleh kurva *polynomial* berorde dua, Gambar I.1(b) adalah desain geometri gelombang yang dibentuk oleh kurva *polynomial* berorde tiga, sementara Gambar I.1(c) merupakan desain geometri gelombang yang dibentuk oleh kurva *polynomial* berorde empat dengan pola serupa. Dalam perencanaan eksperimen, perlu diperhatikan apakah terdapat permasalahan dalam penggunaan kurva dan bagaimana keterkaitannya terhadap kekasaran permukaan, sehingga perlu ditinjau terlebih dahulu kondisi permasalahan lewat proses *preliminary study*.

Perubahan dimensi yang mengarah pada kepresisian, waktu proses, dan kekasaran permukaan pada industri manufaktur modern menjadi faktor-faktor yang diutamakan untuk dicapai dalam proses produksi (Groover, 2016). Faktor kekasaran permukaan menjadi salah satu faktor yang penting berkaitan dengan estetika dan kesesuaian ukuran produk yang diinginkan. Melalui proses pengukuran terhadap objek topi pada Gambar I.3 bagian sisi linear dan sisi lengkung didapatkan hasil terkait kekasaran permukaan seperti pada Tabel I.1 merupakan data pengukuran yang membuktikan adanya perbedaan kekasaran permukaan pada objek geometri berkontur linear dan berkontur melengkung akibat keberadaan kurva:



Gambar I- 3. Objek Topi

Tabel I- 1. Hasil Pengukuran Objek Topi Untuk Menemukan Pengaruh Keberadaan Kurva Terhadap Kekasaran Permukaan Geometri Benda

Bidang Lurus	Bidang Melengkung
0.323 micron	0.939 micron
0.414 micron	0.407 micron
0.336 micron	0.285 micron
0.283 micron	0.479 micron
0.289 micron	0.450 micron
0.396 micron	0.527 micron
0,340 micron	0,515 micron

Data pada Tabel I-1. diperoleh melalui proses permesinan *2D Contour* dengan proses sekali pemakanan dalam kondisi *spindle speed* 2000 rpm dan *feedrate* 250 mm/min. Proses pengukuran objek topi menghasilkan rata-rata kekasaran permukaan pada bidang linear sebesar 0.340 micron sementara pada bidang melengkung yang terdapat keberadaan kurva, diperoleh hasil 0.515 micron. Melalui perbandingan data ini, dapat ditarik hasil bahwa kehadiran kurva dalam suatu geometri memiliki dampak dalam meningkatkan kekasaran permukaan suatu benda.

Oleh karena adanya indikasi peningkatan *roughness* pada bidang melengkung, perlu dilakukan investigasi mengenai variasi *roughness* yang timbul dari kurva yang dipotong menggunakan *ballmill*. Proses investigasi tersebut akan dilakukan menggunakan pola-pola kurva yang diwakili oleh kurva berderajat dua, tiga dan empat dengan rentang koefisien utama $0 \leq a \leq 1$.

I.2 Rumusan Masalah

Merujuk dari latar belakang pada poin I-1, dapat dilakukan perumusan permasalahan pada eksperimen ini sebagai berikut :

- Bagaimana karakteristik variasi *roughness* kurva orde dua, tiga dan empat yang dipotong menggunakan *ballmill*?

I.3 Tujuan Tugas Akhir

Berikut merupakan tujuan dari dilakukannya eksperimen terhadap pengaruh kurva terhadap kecepatan pemotongan pada tugas akhir ini :

- Mengidentifikasi karakteristik variasi *roughness* kurva orde dua, tiga dan empat yang dipotong menggunakan *ballmill*

I.4 Manfaat Tugas Akhir

Tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap studi dan penerapan lintasan alat berbasis kurva polinomial dalam meningkatkan kualitas permukaan benda kerja, khususnya pada pembuatan *mould*.

I.5 Batasan dan Asumsi Tugas Akhir

Pada Eksperimen ini terdapat batasan dan asumsi sehingga diharapkan menjadi fokus sesuai dengan tujuan eksperimen, batasan diantaranya:

- a. Kurva yang digunakan hanya berbasis fungsi polinomial orde 2, 3, dan 4 dengan rentang koefisien utama $0 \leq a \leq 1$
- b. *Tools* yang digunakan hanya menggunakan *flat endmill* dan *ballmill*
- c. Parameter permesinan selain *feedrate* dan *spindle speed* seperti *depth of cut* dan *coolant* dianggap konstan.
- d. Pengukuran kekasaran dilakukan hanya pada 3 sisi objek dengan 4 titik tiap sisi objek.
- e. Pengaruh faktor eksternal yang ditimbulkan selain dari *feedrate*, *spindle speed* dan orde kurva tidak dibahas secara mendalam.
- f. Pembahasan hanya mencangkup hasil kekasaran permukaan Ra.

I.6 Sistematika Tugas Akhir

Penyusunan tugas akhir terdiri dari beberapa bab yang berisi rincian dan penjelasan aktivitas eksperimen yang dilakukan. Penulisan bab-bab pada tugas akhir bertujuan untuk membahas secara spesifik permasalahan yang tertera pada setiap judul bab secara sistematis.

BAB I PENDAHULUAN

Pelaksanaan eksperimen dimulai dari latar belakang kebutuhan penggunaan kurva yang tepat untuk membuat permukaan hasil desain memiliki kualitas yang sesuai kebutuhan sehingga dapat diketahui bagaimana rumusan masalah, tujuan eksperimen, manfaat penyusunan tugas akhir, dan bagaimana sistematika penyusunan tugas akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Teori dan referensi dari permasalahan yang akan dikaji secara rinci dengan tujuan membentuk dan mempersiapkan pola pemikiran dalam eksperimen untuk mengetahui pengaruh perubahan *feedrate* dan *spindle speed* dalam penerapan kurva *polynomial* dalam perspektif kekasaran permukaan yang dihasilkan dalam proses simulasi dan permesinan. Lebih lanjut pada bab ini juga akan dijelaskan mengenai alasan penggunaan *design of experiment* sebagai panduan proses eksperimen untuk menentukan jumlah replikasi eksperimen berdasarkan apa saja parameter yang menjadi dasar penelitian.

BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH

Sistematika yang akan digunakan dalam proses eksperimen untuk memecahkan permasalahan secara sistematis menggunakan DOE mulai dari tahap persiapan, pelaksanaan sampai pada penyelesaian proses eksperimen. Proses eksperimen menggunakan CNC Milling, *Flat Endmill*, *Ballnose Mill*, *Collet*, *Tool Holder*, *Software CAD/CAM*, dan *Surface roughness Testing Machine*. Pada bab ini juga dilakukan proses identifikasi terhadap pengaruh sistem terintegrasi serta

penjelasan batasan dan asumsi yang ditetapkan dalam rangka membatasi *scope* eksperimen.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Proses persiapan kelengkapan eksperimen, alur prosedur eksperimen, proses eksperimen dan pengolahan data sebagai bahan dasar analisis penyelesaian masalah. Data dan informasi yang didapatkan dalam proses penelitian kemudian memasuki proses pengukuran pada 2 aspek yaitu waktu proses yang bisa didapatkan dari simulasi CAM dan proses permesinan, serta kekasaran permukaan yang dapat diukur menggunakan *surface roughness machine*.

BAB V PEMBAHASAN

Proses analisis dari data yang sudah diperoleh dari proses eksperimen dengan merujuk pada studi literatur dan teori yang digunakan pada bab II tinjauan pustaka. Analisis mencakup pengaruh perubahan orde kurva, *feedrate* dan *spindle speed* pada saat melakukan eksperimen. Hasil analisis digunakan sebagai dasar menjawab rumusan masalah dan mencapai tujuan eksperimen sehingga dapat tercipta suatu formula atau panduan untuk menyelesaikan kasus-kasus serupa dalam lingkup dunia manufaktur secara luas.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah proses eksperimen selesai dilaksanakan, maka dapat diperoleh kesimpulan dari pengaruh perubahan orde kurva, *feedrate* dan *spindle speed* pada penggunaan kurva *polynomial* terhadap waktu permesinan dan kekasaran permukaan. Terdapat saran dari eksperimen ini yang dapat dijadikan bahan pertimbangan untuk studi atau eksperimen berikutnya.