

# BAB 1

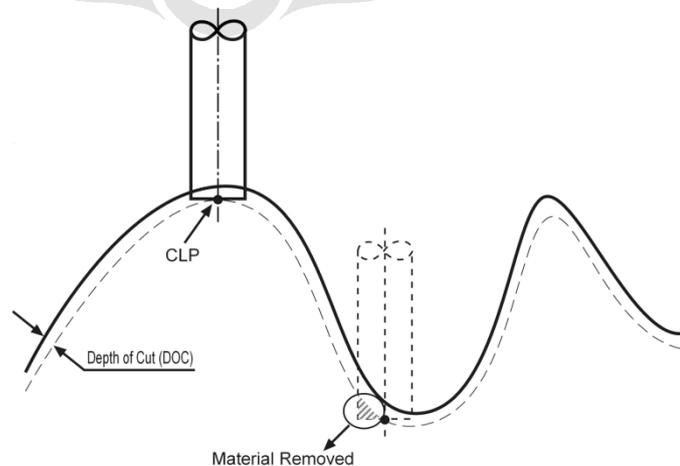
## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan dan penemuan-penemuan proses serta teknik pemotongan logam (*metal cutting*) terus mendorong industri manufaktur semakin maju. Ini terlihat jelas dengan semakin banyaknya bentuk produk baik itu variasi dan juga jenisnya. Kontur-kontur dari produk tersebut sudah tidak memakai bentuk yang primitif seperti box dan silinder. Dalam perkembangan bentuk sudah banyak ditemukan bentuk-bentuk variasi lengkung dari gabungan beberapa jenis kurva.

Kebutuhan terhadap kualitas *metal cutting* yang berhubungan dengan kekasaran permukaan (*surface roughness*) yang terus meningkat dan toleransi produk yang lebih presisi, telah mendorong industri pemotongan logam (*metal cutting*) untuk secara terus-menerus mengembangkan metode serta teknologi proses pemotongan logam. Proses pemesinan *milling* merupakan salah satu proses pemotongan/pembuangan logam yang sangat mendasar dan banyak digunakan pada industri manufaktur.

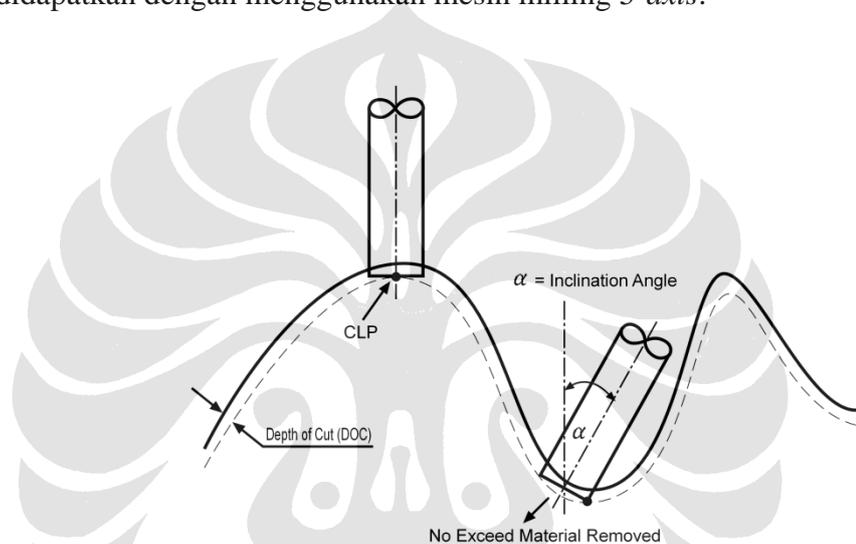
Kebutuhan akan proses pemesinan *milling* dengan bentuk-bentuk produk berbasis kurva (*sculpture*) membutuhkan teknologi pemotongan logam inovatif berkaitan dengan bentuk yang ingin dicapai dan kualitas permukaan hasil pemesinan tersebut. Pada proses pemesinan *3-axis* proses pemesinan *milling* akan terlihat seperti Gambar 1.1. di bawah ini.



Gambar 1.1. Proses Pemesinan Milling dengan Menggunakan Mesin Milling 3-axis

Pada gambar tersebut terlihat mesin milling 3-axis tidak dapat memenuhi kebutuhan bentuk yang diinginkan. Ada bagian-bagian yang tidak ingin dibuang ikut terbuang pada proses pemesinan milling 3-axis tersebut sehingga hal ini nantinya berkaitan dengan toleransi dimensi yang digunakan dalam proses pembuatan produk.

Hal inilah yang kemudian mendorong penulis untuk dapat melakukan penelitian menggunakan mesin *milling 5-axis* untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Pada Gambar 1.2. di bawah ini memperlihatkan keuntungan yang didapatkan dengan menggunakan mesin milling 5-axis.



Gambar 1.2. Proses Pemesinan Milling dengan Menggunakan Mesin Milling 5-axis

Pada proses pemesinan milling 5-axis, tool dapat diputar membentuk sudut inklinasi sehingga material yang tidak ingin terbuang dapat dihindari dari proses pemotongan. Konsekuensi dari proses ini adalah proses pemotongan tidak lagi normal (*orientasi tool*) dengan kurva atau kontur benda yang ingin dibuat. Dengan adanya sudut inklinasi yang terbentuk, maka perlu diketahui kualitas permukaan hasil pemesinan baik tingkat kekasaran (*roughness*) maupun gelombang (*waviness*) yang terjadi. Produk hasil pemesinan dengan bentuk-bentuk *sculpture* ini contohnya adalah pada industri mobil dengan pembuatan *dies* untuk panel-panel *body* mobil seperti tampak pada Gambar 1.3. di bawah ini.

Pada penelitian ini digunakan tipe pahat *flat-end* untuk proses finishing. Untuk tujuan umum, pahat jenis *flat-end* biasa digunakan pada proses *roughing* dan untuk proses *finishing* digunakan pahat jenis *ball-nose*. Jika digunakan pahat



Gambar 1.3. Dies, Contoh Produk dengan Profil *Sculpture* <sup>[14]</sup>

dengan jenis *ball-nose*, pada bagian tengah tool (CLP) memiliki kecepatan  $v=0$  sehingga untuk proses *finishing* hal ini akan menimbulkan *defect* pada permukaan yang dilakukan proses pemesinan. *Defect* ini akan mengganggu pada proses selanjutnya misalnya saat permukaan dilakukan proses *coating* atau pelapisan.

Proses pemesinan *milling* merupakan salah satu proses pemotongan/pembuangan logam yang sangat mendasar dan banyak digunakan pada industri manufaktur. Dengan proses *milling* maka memungkinkan untuk membuat berbagai macam bentuk produk yang beragam. Perkembangan dalam teknologi *milling* sekarang ini juga mampu meningkatkan kualitas produk menjadi lebih baik. Salah satu indikator baik tidaknya suatu produk adalah kekasaran dan kegelombangan (*roughness dan waviness*) permukaan dari produk tersebut.

Kekasaran permukaan dan ketidak-rataan suatu produk pemesinan dapat mempengaruhi beberapa fungsi produk seperti, gesekan permukaan (*surface friction*), perpindahan panas, kemampuan penyebaran pelumasan, pelapisan dan lain-lain. Di samping hal-hal tersebut, keindahan dan estetika dari produk itu sendiri juga dapat dipengaruhi. Oleh karena itu kekasaran permukaan menjadi tolok ukur keakuratan dan kualitas permukaan suatu produk industri manufaktur masa kini.

Dalam proses pemesinan *milling* biasanya diawali dengan proses *roughing* untuk mendapatkan bentuk produk yang diinginkan secara cepat. Setelah itu lalu dilakukan proses *finishing* untuk menghasilkan produk dengan kualitas permukaan yang baik. Untuk proses pemesinan *milling* biasanya

dilakukan dengan *3-axis* untuk jenis bentuk produk yang sederhana dan *5-axis* untuk bentuk yang lebih bervariasi dan juga biasa dilakukan dalam proses *finishing*, untuk mendapatkan kehalusan permukaan yang lebih baik. Ada beberapa cara pemakanan yang bisa dilakukan dalam proses finishing yaitu searah dengan pemakanan pada proses *roughing (in-line)* dan tegak lurus dengan pemakanan proses *roughing (across)* dan dengan menggunakan beberapa tipe pahat seperti pahat *flat-end*, *toroidal*, dan *ball nose*.

Perbedaan pemesian *5-axis* dengan pemesian *3-axis* biasa adalah dalam proses pemesian *5-axis tool* dalam berotasi dalam arah sumbu X atau sumbu Y atau juga gabungan dari kedua sumbu X dan Y. Saat *tool* ini berotasi maka akan terdapat kemiringan sudut terhadap orientasi *toolpath*. Kemiringan yang terjadi ini disebut sudut inklinasi.

Masing-masing cara pemakanan dan tipe pahat yang digunakan pada saat proses *roughing* dan *finishing* tersebut akan menghasilkan kualitas permukaan (*roughness dan waviness*) yang berbeda, serta masing-masing mempunyai keuntungan dan kerugian. Berdasarkan hal tersebut diatas penulis tertarik melakukan penelitian dengan judul: "PENGARUH PENGATURAN LAJU PEMAKANAN TERHADAP PERUBAHAN SUDUT INKLINASI PADA PROSES PEMESINAN *MULTI-AXIS* TERHADAP KUALITAS PERMUKAAN HASIL PEMESINAN PRODUK BERKONTUR."

## 1.2 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah

Kualitas permukaan yang dimaksud pada penelitian ini adalah menyangkut kekasaran (*roughness*) dan gelombang (*waviness*) pada permukaan hasil pemesian *milling*. Banyak faktor yang mempengaruhi kualitas permukaan dari hasil akhir proses pemesian khususnya pemesian *milling*, diantaranya kondisi pemotongan (kecepatan potong, laju pemakanan, kedalaman pemotongan, diameter pahat), material perkakas potong, material benda kerja, kondisi mesin, sistim pendinginan selama proses pemesian.

Sehubungan dengan banyaknya faktor yang mempengaruhi kualitas permukaan tersebut, pada penelitian ini dibuat beberapa batasan dan asumsi sebagai berikut:

1. Penelitian ini difokuskan pada pengaruh sudut inklinasi dan laju pemakanan pada pemesinan *milling* terhadap kualitas permukaan produk, sedangkan kondisi pemotongan lain dibuat tetap sesuai dengan kondisi ideal.
2. Material benda kerja adalah Steel AISI 4140 dengan ukuran 105 x105 x 50 mm.
3. Material perkakas potong (*cutting tool*) adalah *solid carbide* dengan tipe *flat-end* berdiameter 10 mm.
4. Kedalaman pemotongan (DOC) adalah 1 mm.
5. Sudut inklinasi yang digunakan adalah 4 variasi yaitu 10,20,30, dan 45 derajat.
6. Laju pemotongan (*feed rate*) yang digunakan dengan metode penurunan gradual dari 1000 sampai 500 mm/min.
7. Dilakukan juga proses pemotongan dengan laju pemakanan yang diturunkan secara tiba-tiba pada daerah tertentu.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan utama yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh sudut inklinasi dan laju pemakanan terhadap hasil pemesinan *milling* pada permukaan benda secara individu maupun interaksinya dengan parameter lain. Selain itu juga ingin diketahui perbedaan kekasaran yang terbentuk akibat sudut inklinasi yang berbeda dengan laju perubahan sudut inklinasi yang bervariasi serta kemungkinan timbulnya kegelombangan (*waviness*) akibat dinamika selama proses pemesinan.

### 1.4 Metodologi Penelitian

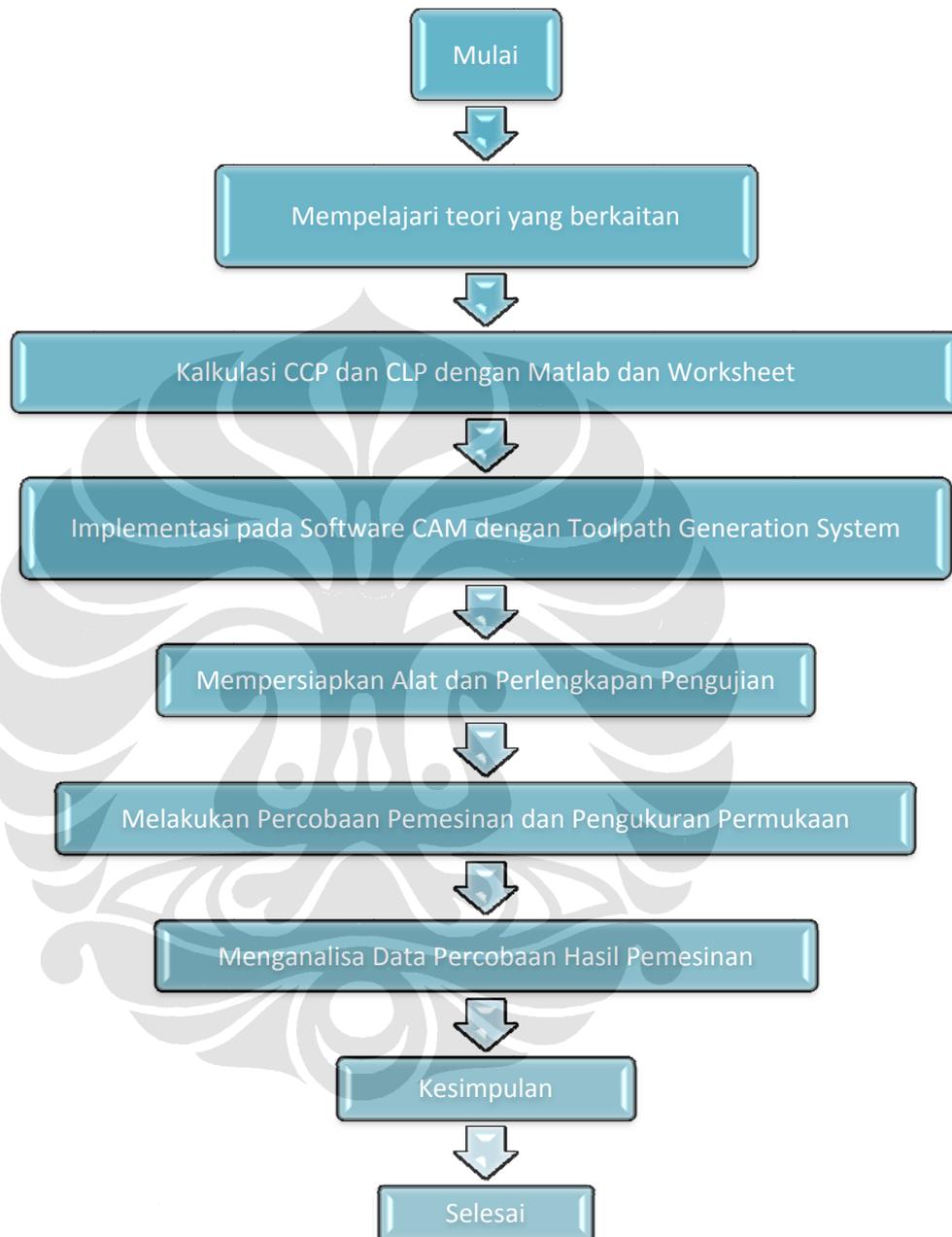
Tahap awal penelitian ini dimulai dengan studi literatur tentang proses pemesinan *milling*, kemudian dilakukan perencanaan eksperimen dan persiapan simulasi *toolpath* sebelum melakukan percobaan langsung pada mesin CNC 5-axis. Persiapan ini dimaksudkan untuk mendapatkan *toolpath* yang akan digunakan pada mesin CNC 5-axis nanti. Tahap persiapan dimulai dengan menentukan panjang dari sampel yang akan dikerjakan. Dalam hal ini digunakan

105 mm untuk tiap path. Lalu dilanjutkan dengan pemilihan variasi sudut inklinasi yang akan digunakan. Kemudian dapat ditentukan titik sentuh dari pahat (*tool*) terhadap benda kerja. Titik ini dinamakan *Cutter Contact Point* (CCP). Dengan adanya titik sentuh pahat dan juga dengan diketahuinya diameter *tool* yang digunakan maka dapat diketahui titik lokasi dari pahat dan juga orientasi dari pahat tersebut. Titik ini dinamakan *Cutter Location Point* (CLP) dan arah dari *tool* ini disebut *tool orientation*. Dengan ditemukannya ketiga titik ini maka dapat dibuat *toolpath* dari suatu proses *milling*. *Toolpath* ini berisi titik-titik informasi tentang penjejakan pahat dan juga arah orientasi pahat saat melakukan proses pemesinan. Dalam simbol titik ini dinamakan (x, y, z) untuk CLP dan (i, j, k) untuk arah orientasi pahat relatif terhadap CLP.

Proses pencarian titik-titik tersebut dilakukan dengan menggunakan software *MATLAB R2007a* dibantu dengan *Excel* dari *Microsoft Office* dan menghasilkan data titik (x, y, z, i, j, k) yang nantinya digunakan sebagai CL file. Dalam *toolpath Generation* menggunakan Unigraphics NX-4 untuk menghasilkan CL file. Setelah CL file selesai, maka akan dilakukan *post processing* untuk kemudian dihasilkan *G-code* dan *M-code* yang akan ditransferkan ke mesin CNC *5-axis* yang akan digunakan.

Penelitian dilakukan melalui studi eksperimental dengan 3 variabel (sudut inklinasi, *blend distance*, dan arah pemakanan) dengan laju pemakanan yang diatur menurun secara gradual pada daerah-daerah yang ditentukan. Proses pemesinan dilakukan dengan mesin CNC *milling* Deckel Maho DMU 50 eVolution yang dimiliki oleh Akademi Teknik Mesin Indonesia (ATMI) yang terletak di kawasan industri Cikarang. Setelah proses pemesinan selesai dilanjutkan dengan pengukuran kekasaran dan kegelombangan (*roughness dan waviness*) dengan menggunakan *surface tester* SV-C3000 milik Mitutoyo yang terletak di kawasan Cibitung. Selanjutnya data hasil percobaan tersebut dianalisa untuk mendapatkan tingkatan (*grade*) signifikansi pengaruh parameter uji tersebut terhadap kualitas permukaan (*roughness dan waviness*). Pengaruh dari faktor percobaan tersebut terhadap kualitas permukaan kemudian dianalisa untuk mendapatkan keterkaitannya. Dari analisa tersebut didapatkan kesimpulan dan rekomendasi faktor (parameter) untuk menghasilkan kualitas permukaan yang

paling halus pada proses pemesinan *milling*. Bentuk *flowchart* proses penelitian ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 1.4. *Flowchart* Proses Penelitian

### 1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini terdiri atas lima bagian pembahasan yang disusun dengan urutan sebagai berikut:

- Bab 1 merupakan pendahuluan. Memaparkan tentang latar belakang permasalahan, ruang lingkup dan batasan masalah, tujuan yang ingin dicapai, metodologi penelitian dan sistematika penulisan.
- Bab 2 menjelaskan tentang teori pemotongan logam yang berhubungan dengan proses *milling*, tekstur permukaan dan parameter topografi permukaan, prinsip dasar dalam melakukan percobaan dan cara menganalisa data untuk dapat memahami dampak faktor yang diuji dalam proses *milling* terhadap kekasaran (*roughness*) dan gelombang (*waviness*).
- Bab 3 membahas tentang rancangan dan proses pengujian. Pada bagian ini dijelaskan tentang spesifikasi peralatan yang digunakan dalam penelitian, prosedur pengujian dan proses pengambilan data.
- Bab 4 merupakan tampilan data yang didapatkan dan pembahasan serta analisis data yang didapatkan dari proses pemesinan yang dilakukan dan pengukuran. Pada bab ini juga dijelaskan tentang keterkaitan antara data dengan parameter uji.
- Bab 5 merupakan penutup dari skripsi ini yang terdiri atas kesimpulan dan rekomendasi untuk penelitian lebih lanjut.