

TUGAS AKHIR

STUDI EKSPERIMENTAL DAMPAK DARI PROSES PEMOTONGAN PADA *SIDE MILLING* DAN *FACE MILLING* TERHADAP KEKERASAN PADA PERMUKAAN LOGAM

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

SAHRIN LUBIS
2007230053



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2024**

HALAMAN PENGESAHAN

Proposal penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

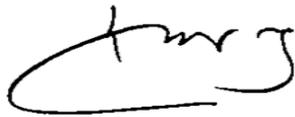
Nama : Sahrin Lubis
NPM : 2007230053
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Studi Eksperimental Dampak Dari Proses
Pemotongan Pada *Side Milling* dan *Face Milling*
Terhadap Kekerasan Pada Permukaan Logam.
Bidang Ilmu : Kontruksi Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, September 2024

Mengetahui dan Menyetujui :

Dosen Penguji I



Munawar Alfansury Siregar, S.T.,M.T

Dosen Penguji II



Ahmad Marabdi Siregar. S.T.,M.T

Dosen Penguji III



Chandra A Siregar. ST, MT

Program Studi Teknik Mesin
Ketua,



Chandra A Siregar, ST, MT

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang beranda tangan di bawah ini :

Nama lengkap : Sahrin Lubis
Tempat/tanggal lahir : Medan/09 Desember 2001
Npm : 2007230053
Fakultas : Teknik
Program studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir saya yang berjudul :

"Studi Eksperimental Dampak Dari Proses Pemotongan Pada *Side Milling* dan *Face Milling* Terhadap Kekerasan Pada Permukaan Logam",

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, September 2024

Saya yang menyatakan,



Sahrin Lubis
2007230053

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan proposal penelitian ini dengan judul “ Studi Eksperimental Dampak Dari Proses Pemotongan Pada *Side Milling* dan *Face Milling* Terhadap Kekerasan Pada Permukaan Logam”.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Chandra A. Siregar, S.T.,M.T selaku Ketua Prodi dan Dosen Pembimbing yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas seminar proposal ini.
2. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T.,M.T selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan tugas seminar proposal ini.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T.,M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesinan kepada penulis.
5. Teristimewa untuk kedua orang tua, serta abang dan kakak penulis, yang senantiasa memberikan doa, dukungan, moril, motivasi serta kasih sayang yang begitu besar kepada penulis selama menjalani pendidikan hingga menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Proposal Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-mesinan.

Medan, 24 April 2024

Penulis



Sahrin Lubis

2007230053

ABSTRAK

Berbagai jenis peralatan mesin digunakan dalam proses pembentukan peralatan mesin. Mesin milling adalah suatu peralatan mesin yang membentuk permukaan logam dengan cara menghilangkan serpihan dari benda kerja. Benda kerja yang digunakan menentukan pemilihan kombinasi parameter pemotongan. Berdasarkan hal tersebut maka penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh parameter pemotongan terhadap kekasaran permukaan logam baja pada proses side milling dan face milling. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi kekasaran permukaan yang dihasilkan dan mendapatkan kecepatan potong yang sesuai untuk proses penggilingan logam baja menggunakan mata bor karbida. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen menggunakan mesin milling CNC, memvariasikan kecepatan potong dalam lima tahap selama proses pemesinan, dan mengukur kekasaran permukaan benda kerja dengan alat ukur Mitutoyo pada setiap akhir proses pemesinan. “Mesin pengukur uji permukaan”. Dari penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa kecepatan potong mempengaruhi variasi nilai kekasaran permukaan benda kerja logam. Semakin tinggi kecepatan potong yang digunakan maka nilai kekasaran permukaan yang diperoleh akan semakin rendah, artinya semakin halus permukaan benda kerja. Kecepatan potong yang digunakan pada side milling adalah 80 m/min, 90 m/min, 100 m/min, 110 m/min, 120 m/min secara berurutan, dan nilai kekasaran permukaannya masing-masing 4,39 μm , 4,10 μm , 4,09 mikron, 3,60 μm dan 3,26 μm . Dan untuk face milling nilai kekasaran permukaannya adalah 4,10 μm , 4,05 μm , 4,01 μm , 3,91 μm , 3,81 μm .

Kata Kunci: *Side Milling, Face Milling*, Parameter Pemotongan, Kekasaran Permukaan.

ABSTRACT

There are many different kinds of machine tools that are utilised in the process of machine tool shaping. In the process of removing chips from the workpiece, a milling machine is a type of machine tool that is used to create a surface made of metal. The selection of the different combinations of cutting settings is determined by the workpiece that is being used. The purpose of this research was to investigate the impact that cutting parameters have on the surface roughness of steel metal during the side milling and face milling operations. This findings were based on the previous information. For the purpose of the steel metal milling process, the objective is to determine the factors that have an effect on the surface roughness that is produced and to find a cutting speed that is appropriate for the process utilising carbide drill bits. This investigation was carried out by means of an experimental approach that involved the utilisation of a CNC milling machine. The cutting speed was altered in five steps throughout the machining process, and the surface roughness of the workpiece was measured with a Mitutoyo measuring instrument at the conclusion of each machining phase. "Machine for measuring the surface of the object. Through the research that has been conducted, it has been established that the cutting speed of metal workpieces has an effect on the fluctuations in the surface roughness value of the workpieces. The surface roughness value obtained is lower as the cutting speed is increased, which means that the surface of the workpiece is smoother when the cutting speed is increased. While the cutting speeds employed in side milling are 80 metres per minute, 90 metres per minute, 100 metres per minute, 110 metres per minute, and 120 metres per minute, respectively, the surface roughness values are 4.39 micrometres, 4.10 micrometres, 4.09 microns, 3.60 micrometres, and 3.26 micrometres. Aside from that, the surface roughness parameters for face milling are as follows: 4.10 μm , 4.05 μm , 4.01 μm , 3.91 μm , and 3.81 μm .

Keywords: *Side Milling, Face Milling, Cutting Parameters, Surface Roughness*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	ii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Sebelumnya	7
2.2 Proses Manufaktur	7
2.3 Pemotongan Logam	7
2.4 Mesin <i>Milling</i>	8
2.4.1 Prinsip Kerja Mesin <i>Milling</i>	9
2.4.2 Macam Pemakanan Pada Mesin <i>Milling</i>	9
2.4.3 Mekanisme <i>Milling</i>	11
2.5 <i>End Mill Cutter</i>	12
2.5.1 Pahat <i>End Mill</i> Berdasarkan Jumlah Mata Pahat	13
2.5.2 Fitur Pahat Flat Bottom End Mill	15
2.6 Parameter Pemotongan	14
2.6.1 Kecepatan Spindel (<i>Spindle speed</i>)	14
2.6.2 Kecepatan Pemakanan (<i>Feed Rate</i>)	14
2.6.3 Kedalaman Pemotongan (<i>Depth of Cut</i>)	16
2.6.4 Gaya Pemotongan Pada Proses <i>Milling</i>	16

2.6.5 Mekanisme Pembentukan Geram	16
2.7 Kekasaran Permukaan	17
2.8 Metode Proses <i>Frais</i>	20
2.8.1 Parameter <i>Frais</i>	21
BAB 3. METODE PENELITIAN	24
3.1 Tempat dan Waktu	24
3.1.1 Tempat Penelitian	24
3.1.2 Waktu Penelitian	24
3.2 Bahan dan Alat	24
3.2.1 Bahan Penelitian	24
3.2.2 Alat Penelitian	25
3.3 Bagan Alir Penelitian	26
3.4 Prosedur Penelitian	27
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1. Hasil Penelitian	28
BAB 5. PENUTUP	33
5.1. Kesimpulan	33
5.2. Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	34

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
Tabel 1	Kecepatan Potong Bahan Teknik	15
Tabel 2	Angka Kekasaran dan Panjang Sampe Standar	20

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Krisbow Universal Milling Machine X6328B	8
Gambar 2.2	Dasar Operasi Milling	9
Gambar 2.3	Slab Milling	10
Gambar 2.4	Face Milling	10
Gambar 2.5	End Milling	11
Gambar 2.6	Conventional Milling	11
Gambar 2.7	Climb Milling	12
Gambar 2.8	Macam – macam Pahat End Mill	13
Gambar 2.9	Macam Variasi Jumlah Flute	13
Gambar 2.10	Desain Pahat Flat Bottom End Mill	13
Gambar 2.11	Gerakan Sikloidal Dalam Proses Milling	16
Gambar 2.12	Profil Kekasaran Permukaan	17
Gambar 2.13	Skematis proses frais vertical dan frais horizontal	22
Gambar 4.1	Grafik nilai kekasaran permukaan logam pada tiap percobaan pada proses proses sidemilling	29
Gambar 4.2	Grafik nilai kekasaran permukaan logam pada tiap percobaan pada prosesproses face milling	29
Gambar 4.3	Bahan benda kerja baja AISI 4340	30
Gambar 4.4	Grafik perbandingan nilai kekasaran permukaan pada proses side dan facemilling untuk tiap kecepatan potong	31

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Proses pemesinan adalah proses pembentukan geram akibat perkakas, yang dipasangkan pada mesin perkakas bergerak relatif terhadap benda kerja yang dicekam pada daerah kerja mesin perkakas. Proses pemesinan termasuk dalam klasifikasi proses pemotongan logam merupakan suatu proses yang digunakan untuk merubah bentuk suatu produk dari logam (komponen mesin) dengan cara memotong, mengupas atau memisah, tergantung pada cara pemotongannya (Budiyanto, 2021).

Kualitas barang produksi yang dianggap baik biasanya ditandai dengan kualitas permukaan komponen yang baik. Untuk mendapatkan hasil kualitas permukaan yang sesuai dengan tuntutan perancangan bukanlah hal yang mudah, karena banyak faktor yang harus diperhatikan. Proses *freis* merupakan salah satu proses pemesinan yang banyak digunakan untuk pembuatan komponen. Mesin milling sering digunakan untuk membuat komponen yang mempunyai fitur berupa suatu profil. Sebagai contoh, proses pemesinan *milling* sering digunakan dalam pembuatan cetakan (*mould*), untuk pekerjaan perataan permukaan, pembentukan roda gigi, pembentukan pola permukaan, dan pekerjaan bor (Hartanto, 2019).

Kekasaran permukaan merupakan ketidakraturan konfigurasi dan penyimpangan karakteristik permukaan berbentuk profil permukaan. Beberapa macam faktor penyebabnya, diantaranya yaitu; parameter pemotongan seperti (laju pemotongan, kedalaman potong, gerak makan), geometri dan dimensi pahat, cacat pada material benda kerja, dan *cutting fluid*. Kualitas suatu produk yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh kekasaran permukaan benda kerja (Mataram, 2020).

Pemesinan logam merupakan salah satu proses pembentukan logam yang umum digunakan dalam industri manufaktur. Proses pemotongan logam merupakan suatu proses yang digunakan untuk merubah bentuk logam sehingga

menjadi bentuk yang diinginkan. Proses permesinan logam tidak dapat dipisahkan terhadap penggunaan mata pahat potong (Budiyanto & Yuono, 2021). Sifat-sifat dan geometri mata pahat potong memberi spesifikasi tersendiri dalam pemilihan parameter pemotongan yang hendak digunakan.

Sedangkan parameter pemotongan memberikan spesifikasi tersendiri pada proses pemesinan yang akan memberi efek terhadap perubahan kondisi permukaan benda kerja, umur pahat, waktu pemesinan, gaya dan daya pemotongan. Dari dahulu hingga kini, teknologi pembentukan logam mengalami perkembangan yang pesat. Dalam dunia manufaktur khususnya industry pemotongan logam juga mengalami perkembangan yang sangat pesat, baik itu mesin-mesin, metode dan system maupun mekanisme pemotongan yang digunakan. Seperti pada mesin perkakas konvensional yang penggunaan mesin ini mengalami perkembangan menjadi mesin dikontrol secara otomatis yang dikendalikan oleh komputer, sehingga ini banyak memberikan keuntungan, seperti mempersingkat waktu hasil pengerjaan, menghasikan produk yang presisi dan tidak membutuhkan banyak operator, meningkatkan laju produksi

Dengan kata lain, perkembangan ini memberikan kontribusi positif bagi dunia Perindustrian seperti mesin CNC (*computer numerically control*), sangat praktis dalam proses produksi. Tuntutan yang tinggi untuk menghasilkan produk dengan jumlah massal dengan kualitas produk yang seragam sangat memerlukan mesin-mesin produksi modern CNC. Proses pemotongan dapat dilakukan dengan menggunakan mesin-mesin perkakas 2 axis (*turning*) atau 3 axis (*milling*) (Pracipto, 2021).

Untuk benda kerja logam yang memiliki bentuk *round bar* (silinder) digunakan mesin 2 axis, sedangkan benda kerja logam berbentuk *square* dilakukan dengan menggunakan mesin 3 axis. Pada proses pengerjaan dengan menggunakan mesin 3 axis terdapat dua cara pemotongan yaitu pemotongan muka (*face milling*) dan pemotongan tepi (*side milling*). Dalam melakukan pemotongan untuk pembuatan sebuah mold menggunakan jenis mata pahat yang sama (*end mill*) diharapkan dapat menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang seragam pada bagian permukaan atas dan tepi benda kerja.

Untuk itu perlu diketahui suatu kombinasi parameter pemotongan yang sesuai agar dapat dihasilkan kondisi permukaan yang baik (halus) baik pada bahagian muka maupun bahagian tepi permukaan benda kerja. Oleh karena itu, maka perlu dilakukan penelitian pengaruh parameter pemotongan pada posisi *side milling* dan *face milling* terhadap kualitas permukaan benda kerja logam yang dihasilkan.

Pada penelitian yang dilakukan menggunakan *genetic programming* untuk memprediksi pengaruh dari beberapa parameter pemesinan seperti kecepatan potong, kecepatan pemakanan, kedalaman pemotongan dengan menggunakan strategi pemesinan *type zigzag* terhadap kekasaran permukaan menyatakan bahwa selain parameter pemesinan di atas, pergeseran pahat juga mempengaruhi kekasaran permukaan dari pemesinan milling (Yeganefar, Niknam, & Asadi, 2019).

Pengaruh geometri pahat (*radial rake angle dan nose radius*) dan kondisi pemotongan (kecepatan potong dan kecepatan makan) terhadap kekasaran permukaan pada cutting end mill dari baja karbon medium dan kemudian mengolah data tersebut untuk mendapatkan kekasaran permukaan paling rendah dan laju pemakanan material paling besar menggunakan *response surface methodology* dan *genetic algorithms* di dapatkan kekasaran permukaan yang paling kecil, kecepatan pemakanan 202,17 mm/menit, rake angle sebesar $4,40^\circ$, nose radius sebesar 0,43 mm dan laju pemakanan material sebesar 67,58 mm³ /detik (Hartonta, 2019).

Penelitian menggunakan *software* Anova menyimpulkan bahwa antara perpindahan pahat dan kedalaman penetrasi mempunyai pengaruh yang sangat signifikan terhadap kekasaran permukaan. Dari kedua tipe yaitu tipe spiral potong dan tipe sekali pakai, tipe spiral mempunyai nilai Ra yang lebih kecil sehingga kekasaran permukaannya lebih halus dibandingkan dengan tipe sekali pakai Tipe sekali pakai. Berbagai jenis peralatan mesin digunakan dalam proses pembentukan peralatan mesin.

Pemilihan mesin ini didasarkan pada bentuk, dimensi, dan jenis bahan baku yang digunakan. Mesin *milling* adalah suatu peralatan mesin yang

membentuk permukaan logam dengan cara menghilangkan serpihan dari benda kerja. Pemrosesan dapat dilakukan dengan *front milling* atau *side milling*. Tentu saja, jika produk menyerupai cetakan, diperlukan kekasaran permukaan yang halus pada permukaan dan sisinya. Oleh karena itu pilihlah jenis pahat agar diperoleh nilai kehalusan permukaan yang baik. Benda kerja yang digunakan menentukan pemilihan kombinasi parameter pemotongan.

Berdasarkan hal tersebut maka penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh parameter pemotongan terhadap kekasaran permukaan logam baja pada proses *side milling* dan *face milling*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi kekasaran permukaan yang dihasilkan dan mendapatkan kecepatan potong yang sesuai untuk proses penggilingan logam baja menggunakan mata bor karbida. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen menggunakan mesin milling CNC, memvariasikan kecepatan potong dalam lima tahap selama proses pemesinan, dan mengukur kekasaran permukaan benda kerja dengan alat ukur Mitutoyo pada setiap akhir proses pemesinan "Mesin pengukur uji permukaan". Maka dari itu peneliti focus meneliti dengan judul "Studi Eksperimental Dampak Dari Proses Pemotongan Pada *Side Milling* Dan *Face Milling* Terhadap Tingkat Kekerasan Pada Permukaan Logam".

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka terdapat rumusan masalah sebagai berikut

1. Bagaimana dampak dari proses pemotongan pada *side milling* dan *face milling* terhadap tingkat kekerasan pada permukaan logam ?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka terdapat tujuan dalam penelitian di bawah ini, yakni sebagai berikut

1. Untuk mengetahui bagaimana dampak dari proses pemotongan pada *side milling* dan *face milling* terhadap tingkat kekerasan pada permukaan logam.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Secara Teoritis
 - a. Dapat digunakan sebagai acuan dalam proses pemesinan *milling*.
 - b. Dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam mencari tingkat kekerasan yang baik dalam proses *milling*.
2. Secara Praktis
 - a. Bagi ilmu pengetahuan
 1. Memberikan informasi analitik tentang variasi *feeding* pada proses penyayatan *end milling surface* terhadap kekasaran permukaan.
 2. Memberikan motivasi bagi para peneliti untuk melakukan penelitian lebih lanjut mengenai analisis *feeding*.
 - b. Bagi Instansi
 1. Menambah pustaka keilmuan dalam dunia pendidikan.
 2. Sebagai referensi dalam meneliti parameter pemotongan *feeding*

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Sebelumnya

Ramesh (2018) melakukan penelitian terhadap pengaruh kecepatan pemakanan, kecepatan potong, kedalaman pemakanan dan geometri pahat terhadap kekasaran permukaan pada Al 2014-T6 ketika melakukan *slot end milling*. Ramesh juga melakukan penelitian terhadap pengaruh cairan pendingin pada kekasaran permukaan. Hasil dari penelitiannya adalah cairan pendingin berpengaruh pada kekasaran permukaan dimana dengan adanya cairan pendingin maka kekasaran permukaan dipengaruhi oleh kecepatan pemakanan dan geometri pahat. Sedangkan tanpa cairan pendingin yang berpengaruh adalah kecepatan pemakanan, kecepatan pematangan dan geometri pahat. Penggunaan cairan pendingin akan menghasilkan kekasaran permukaan yang lebih rendah di bandingkan dengan tanpa menggunakan cairan pendingin.

. Alamsyah (2019), telah melakukan penelitian tentang pengaruh parameter pemotongan terhadap kekasaran permukaan baja karbon rendah dengan menggunakan pahat *end mill*. Penelitian tersebut menggunakan cara konvensional *milling* menggunakan Krisbow *universal Milling Machine X6328B*. Material yang diuji adalah baja karbon rendah (baja-St37) menggunakan pahat *end mill* berbahan HSS. Masing – masing spesimen diuji kekasaran permukaan (Ra) dengan menggunakan *surface roughness tester*. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa yang paling berpengaruh terhadap hasil kekasaran permukaan adalah *feed rate*, *spindle speed*, dan *depth of cut*, dimana *feed rate* dan *depth of cut* memiliki nilai yang berbanding lurus dengan kekasaran dan *spindle speed* memiliki nilai yang berbanding terbalik dengan kekasaran. Persamaan matematis yang didapatkan adalah $Ra = 0,633+0,039X_1-0,004X_2+0.372X_3$, dimana X_1 adalah variabel *feed rate*, X_2 adalah variabel *spindle speed* dan X_3 adalah variabel *depth of cut* dengan koefisien kesesuaian regresi 90%.

Romero (2021), Melakukan penelitian pada baja ST-37 dengan menggunakan pahat ball end mill didapatkan hasil bahwa kedalaman pemakanan

dan pergeseeran pahat berpengaruh cukup signifikan pada kekasaran permukaan. Terdapat tiga parameter dalam proses pemotongan, yaitu kecepatan pemakanan (*feed rate*), kecepatan spindel (*spindle speed*), dan kedalaman pemotongan (*depth of cut*). Hubungan dari ketiga parameter tersebut adalah apabila kecepatan pemakanan tinggi, kedalaman pemakanan besar dan kecepatan spindel rendah, maka nilai kekasaran permukaan akan menjadi lebih besar. Dan sebaliknya pula apabila kecepatan pemakanan rendah, kedalaman pemakanan rendah dan kecepatan spindel tinggi, maka akan didapatkan kekasaran permukaan yang lebih rendah.

2.2. Proses Manufaktur

Proses Manufaktur merupakan suatu proses permesinan maupun proses manual untuk mengubah bahan dasar menjadi barang jadi atau setengah jadi sehingga siap untuk diproduksi. Bahan dasar ini dapat dibuat dari berbagai cara dan proses. Teknik *manufacturing* adalah proses produksi sebuah produk dimana teknik ini mempelajari semua hal yang berhubungan dengan proses produksi (Aprilia, 2023), termasuk hal-hal berikut ini:

1. Mengevaluasi dapat atau tidaknya sebuah barang untuk diproduksi.
2. Memilih jenis serta parameter dari proses produksi, seperti komponen produksi, alat yang digunakan, dll.
3. Merancang peralatan pembantu serta mengatur posisi dari benda kerja.
4. Mengestimasi biaya produksi.
5. Menjamin kualitas dari produk yang diproduksi.

2.3. Pemotongan Logam

Pemotongan logam berhubungan dengan suatu proses yang dilakukan menggunakan mesin perkakas yang merupakan pengerjaan untuk merubah suatu bentuk produk logam seperti komponen mesin dengan cara memotong. Dilihat dari proses pemotongannya, pemotongan logam dapat dibedakan menjadi 4, yaitu : (Pangan, 2021)

1. Proses pemotongan dengan mesin press
2. Proses pemotongan dengan mesin las

3. Proses pemotongan dengan mesin konvensional
4. Proses pemotongan dengan mesin perkakas

Proses pemotongan sendiri dapat dibedakan menjadi 2 macam komponen gerak, yaitu gerak makan dan gerak potong. Permesinan merupakan proses yang paling sering digunakan dalam kegiatan manufaktur. Oleh karena itu untuk menghasilkan produk yang mempunyai kualitas tinggi dari hasil pemotongan logam, harus dilakukan penelitian mengenai proses permesinan dengan tujuan untuk menghasilkan kualitas produk yang tinggi berdasarkan parameter pemotongan yang akurat.

2.4. Mesin Milling

Mesin Milling merupakan mesin yang memiliki fungsi yang sangat banyak, salah satu fungsinya adalah membuat lubang (*drilling*), memotong (*cutting*), membuat alur dan lain-lain. Proses milling sendiri merupakan proses pemakanan pada benda kerja menggunakan pahat potong (*milling cutter*) yang berputar. Pada penelitian ini digunakan mesin *milling* seperti gambar dibawah ini guna membuat alur pada permukaan benda kerja (Hermawan, 2022).



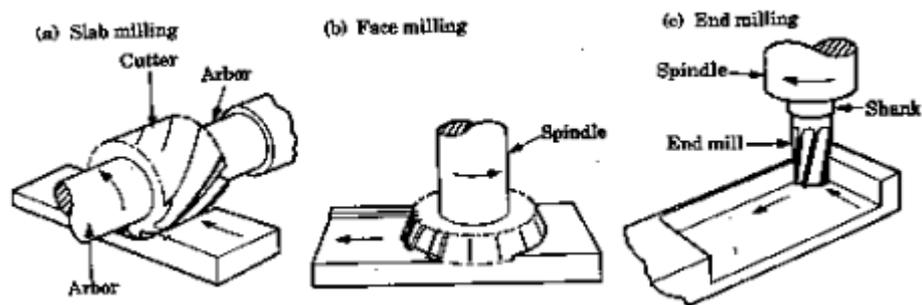
Gambar 2.1 Krisbow Universal Milling Machine X6328B (PT Wijaya Machinery Perkasa)

2.4.1. Prinsip Kerja Mesin *Milling*

Prinsip kerja mesin *milling* dibagi menjadi 2 jenis gerakan, yaitu gerakan memutar pahat (*main drive*) dan gerakan pemakan (*feed drive*). Penggerak utama pada mesin *milling* adalah motor listrik yang digunakan untuk memutar *spindle* kemudian di teruskan ke arbor yang merupakan tempat pemasangan mata pahat yang dapat memegang mata pahat dengan sangat kuat dan dapat berputar. Lalu benda kerja terpasang pada ragum yang berada di atas *table*, sehingga benda kerja dapat digerakkan untuk mengatur pemakanannya.

2.4.2. Macam Pemakanan Pada Mesin *Milling*

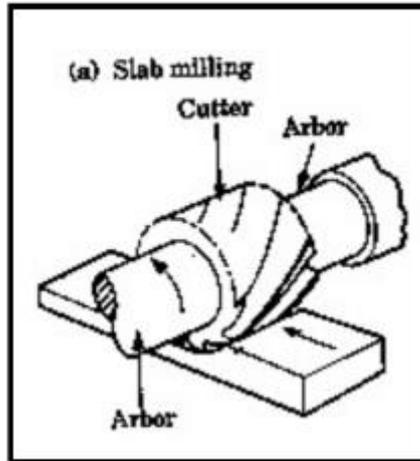
Pemakanan mesin *milling* dibagi menjadi tiga, yaitu *slab milling*, *face milling*, dan *end milling* seperti pada Gambar 2.2. (Hermawan, 2022)



Gambar 2.2 Dasar operasi *milling* (a) *slab milling*, (b) *face milling*, (c) *end milling* (Hestanto)

1. *Slab Milling*

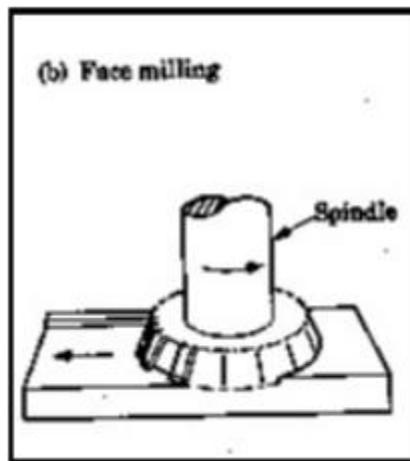
Pemakanan *slab milling* dapat disebut juga sebagai *peripheral milling*, dimana sumbu rotasi pahat sejajar dengan permukaan benda kerja. Mata pahat pada *slab milling* memiliki bentuk yang lurus atau heliks. Yang lebih sering digunakan pada operasi proses pemakanan adalah mata pahat heliks karena beban mata gigi lebih rendah dibandingkan dengan mata pahat lurus. (Rochi m 1993:211).



Gambar 2.3 *Slab Milling* (Kalpakjian)

2. *Face Milling*

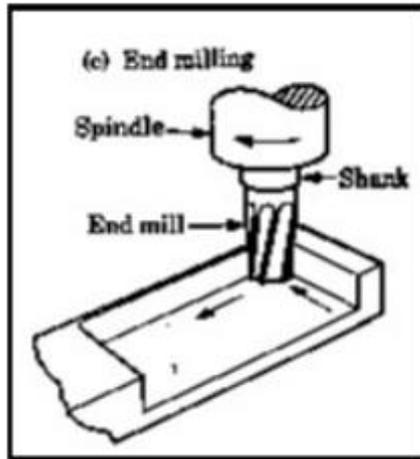
Pahat pada *face milling* di pasang pada poros yang memiliki sumbu putar tegak lurus terhadap benda kerja. Pahat ini memiliki mata tajam dibagian tepi. *Face milling* sendiri di gunakan untuk meratakan permukaan



Gambar 2.4 *Face Milling* (Kalpakjian)

3. *End Milling*

Untuk menghasilkan permukaan rata dan menghasilkan berbagai profil digunakan proses yang menggunakan pahat *end mill*. Pahat ini memiliki tangkai lurus dan meruncing dan juga memiliki berbagai ukuran. Posisi pahat terhadap benda kerja adalah berputar secara tegak lurus, tetapi dapat juga dimiringkan terhadap benda kerja untuk melakukan *machine-tapered surface*

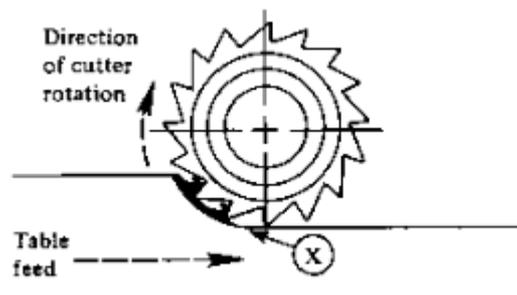


Gambar 2.5 End Milling (Researchgate)

2.4.3. Mekanisme Milling

Dari arah pemakan mekanisme *milling* dapat dibedakan menjadi dua, yaitu *climb milling* dan *conventional milling*. Proses dan arah yang terjadi dapat dipahami pada Gambar 2.6 dan Gambar 2.7: (Hermawan, 2022)

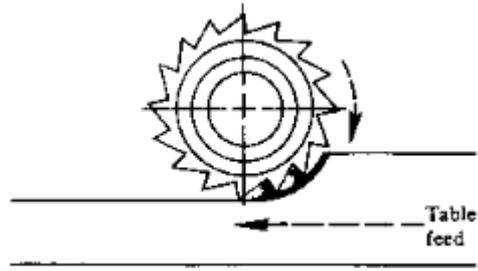
1. *Up Milling (Conventional Milling)*, adalah proses pemakanan yang mempunyai arah gerak gigi pahat berlawanan dengan arah pemakanan (*feed*) saat pemotongan.



Gambar 2.6 Conventional Milling (Arian Metal)

Dikarenakan gaya resultan (FR) yang terjadi kearah atas pada proses *conventional milling* maka benda kerja mendapatkan gaya angkat keatas. Proses ini biasa digunakan untuk proses *finishing* atau proses akhir, tetapi pahat ini cepat mengalami keausan dalam penggunaannya.

2. *Down Milling (Climb milling)*, adalah proses pemakanan yang mempunyai arah gerak gigi pahat searah dengan pemakanan (*feed*) saat pemotongan.



Gambar 2.7 *Climb Milling* (Arian Metal)

Gaya resultan (F_R) yang dimiliki pada proses *climb milling* lebih besar daripada proses *conventional milling* sehingga proses pemakanannya lebih cepat. Proses ini juga biasa digunakan untuk pengkasaran (*roughing*). Gaya resultan yang terjadi pada proses ini mengarah ke benda kerja sehingga benda kerja dapat tertahan dalam kedudukan yang tetap. Tetapi proses *climb milling* dapat mengakibatkan terjadinya gaya dorong pahat melebihi gaya dorong meja kerja (*backlash*). Kerusakan spindle dapat terjadi apabila proses pemakanan dilakukan terlalu cepat, keadaan ini karena pahat akan mendaki (*climb*) benda kerja dan tidak melakukan proses pemotongan.

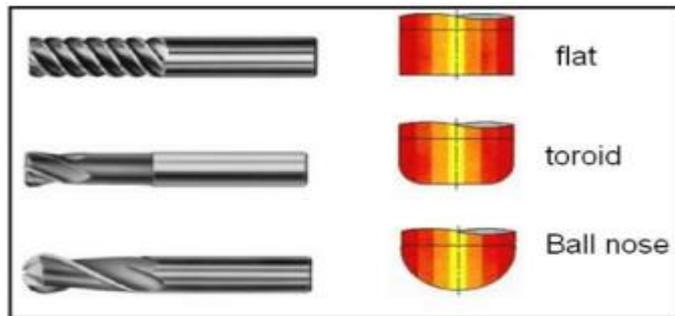
Dalam pemilihan proses *climb milling* atau *conventional milling* harus memperhatikan sifat material, lenturan yang terjadi pada proses pemotongan dan cara pemegang/pengekleman.

2.5. *End Mill Cutter*

Pahat *end mill* merupakan salah satu jenis *cutter* mesin *milling* yang banyak digunakan untuk membuat alur pada bidang datar (rata) atau pembuatan alur pada poros untuk pasak. Pada umumnya *cutter* ini dipasang pada posisi tegak (*vertical*), namun pada kondisi tertentu dapat juga dipasang pada posisi *horizontal* sesuai dengan kebutuhan. Material yang digunakan untuk pembuatan *cutter* ini biasa terbuat dari baja kecepatan tinggi (HSS) atau karbida, dan memiliki lebih dari satu alur (*flute*) (Gosh, 2019).

Setiap pahat masing-masing memiliki tipe dan jenis pemakanan berdasarkan proses pemotongan. Misalnya jenis pahat *end mill* yang paling umum digunakan yaitu pahat dengan permukaan bawah yang rata (*flat bottom end mill*), *end mill* dengan setengah lingkaran (*ball nose end mill*), dan *end mill* dengan

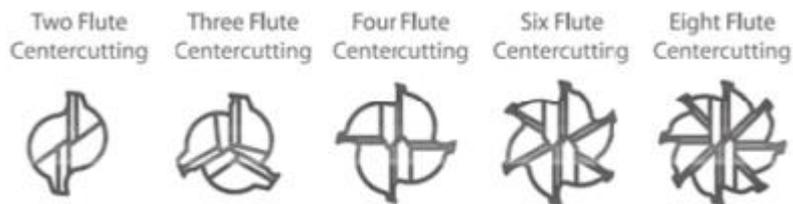
radius sudut (*bull nose end mill*). Pahat *end mill* dengan ujung mata pahat yang rata digunakan dalam operasi pemakanan permukaan yang datar dengan sudut tajam antara permukaan bawah dan dinding. Pahat *end mill* dengan ujung pahat setengah lingkaran digunakan untuk *3D machining* dengan variasi permukaan. Pahat *end mill* dengan radius sudut digunakan dalam pemakanan permukaan yang datar yang membutuhkan sudut antara dinding dan bagian bawah (Koklu, 2019).



Gambar 2.8 Macam-macam Pahat *End Mill*

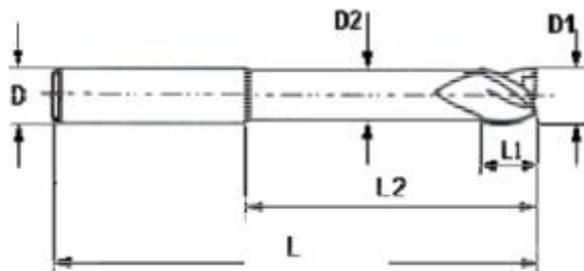
2.5.1. Pahat *End Mill* Berdasarkan Jumlah Mata Pahat

Dapat dibedakan secara langsung dengan melihat jumlah mata pahat (*flute*). Pada gambar dibawah ini berbagai macam jumlah *flute* pada pahat *end mill*.



Gambar 2.9 Macam Variasi Jumlah *Flute* (yakinmaju.com)

2.5.2. Fitur Pahat Flat Bottom End Mill



Gambar 2.10 Desain Pahat *Flat bottom End Mill* (indotech-group.co.id)

- a. Diameter luar (*outside diameter*): diameter pahat yang melingkupi permukaan sisi samping (D_1).
- b. Panjang pahat (*length*): adalah panjang pahat dari ujung gigi ke ujung *shank* ($L-L_2$).
- c. Gigi (*Tooth*): adalah jumlah *flute* yang terdapat pada pahat .
- d. *Flute*: berbentuk heliks sepanjang pisau *flat bottom end mill* (L_1).
- e. Sudut *Heliks*: Alur dari pisau pemotong *flat bottom end mill* biasanya heliks.
- f. Pemegang (*Shank*): adalah bagian diameter silinder yang tidak beralur dan digunakan untuk memegang ke *collet*.

2.6. Parameter Pemotongan

2.6.1. Kecepatan Spindel (*Spindle speed*)

Pemilihan besarnya kecepatan spindel berdasarkan kecepatan pemakanan dan diameter pahat seperti dalam rumus: (Ali, 2021)

$$n = \frac{v_f \times 1000}{d}$$

Keterangan:

- n = Kecepatan putar spindel (rpm)
 v_f = Kecepatan pemakanan (mm/menit)
d = Diameter *cutter* (mm)

Kecepatan *spindle* yang tinggi akan menghasilkan benda kerja yang halus karena pahat/*cutter* semakin cepat berputar dan semakin sering melakukan penyayatan. Sehingga benda kerja lebih sering termakan dan menyebabkan permukaan menjadi halus.

2.6.2. Kecepatan Pemakanan (*Feed Rate*)

Kecepatan pemakanan adalah kecepatan gerakan *table* kedudukan benda dalam proses menyayat benda kerja. Benda kerja akan mengarah pada pahat yang berputar dan proses pemakanan akan berlangsung. Kecepatan pemakanan yang

digunakan dan diameter pahat akan menentukan putaran spindel mesin *milling*. Pemilihan kecepatan pemakanan didasarkan dengan mempertimbangkan berbagai faktor yaitu: (Harvendri, 2020)

1. Kekerasan material benda kerja.
2. Material pahat yang digunakan.
3. Geometri pahat.
4. Tingkat kekasaran yang dikehendaki.

Rekomendasi dalam pemilihan parameter kecepatan pemakanan untuk pahat HSS dan karbida dijelaskan pada Tabel 2.1.

Tabel 1 Kecepatan Potong Bahan Teknik

No	Bahan Benda Kerja	V_f (mm/menit)
1	Kuningan, Perunggu keras	30-45
2	Besi Tuang	14-21
3	Baja > St 70	10-14
4	Baja St 50-70	14-21
5	Baja St 34-50	20-30

Secara teori kekasaran permukaan yang dipengaruhi geometri atau bentuk pahat dan kecepatan pemakanan per gigi dapat diprediksi dengan rumus:

$$Ra = 0,032 v_f / r_n$$

Keterangan :

v_f = kecepatan pemakanan (mm/gigi)

r_n = radius *helix* pahat (mm)

Dengan menggunakan kecepatan pemakanan yang tinggi akan menghemat waktu dalam proses pengerjaan, namun berakibat dengan kasarnya permukaan karena jarak antar pemakanan yang semakin jauh (Harvendri, 2021). Sehingga kecepatan pemakanan yang tinggi hanya digunakan untuk proses pengkasaran (*roughing*) yang selanjutnya kecepatan pemakanan diperlambat pada proses pengerjaan akhir (*finishing*).

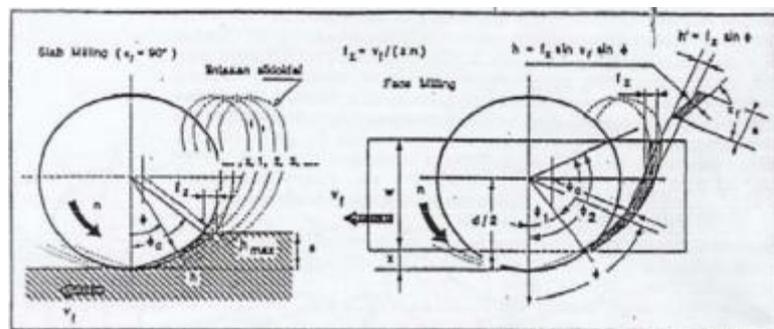
2.6.3. Kedalaman Pemotongan (*Depth of Cut*)

Besarnya kedalaman pemotongan berhubungan dengan kecepatan pemakanan dan diameter pahat. Semakin dalam pemotongan dibutuhkan diameter pahat yang semakin besar, maka dalam proses pemotongan akan menghasilkan permukaan yang kasar dikarenakan permukaan yang terpotong banyak.

Depth of cut merupakan perpindahan pahat terhadap kedalaman permukaan benda kerja. Dalam proses permesinan, kedalaman potong yang rendah membuat beban pada saat melakukan penyayatan semakin kecil, sehingga pahat tidak terlalu bergetar dan menerima beban ringan ketika melakukan pemotongan dan membuat permukaan menjadi lebih halus (Harvendri, 2021).

2.6.4. Gaya Pemotongan Pada Proses *Milling*

Gerakan relatif mata pahat (*flute*) terhadap benda kerja merupakan gerakan sikloidal. Gerakan ini menjadi acuan dalam perhitungan gaya pemotongan dengan gerakan pemakanan tiap mata pahat (Azka, 2020).



Gambar 2.11 Gerakan sikloidal dalam proses *milling* (Azka (2020))

Kecepatan pemakanan disimbolkan dengan (v_f), kecepatan spindle (n), jumlah mata pahat (z) dan gerakan makan tiap mata pahat (f_z) dirumuskan sebagai berikut:

$$f_z = \frac{v_f}{(n \cdot z)}; \text{ mm/(gigi)}$$

2.6.5. Mekanisme Pembentukan Geram

Setiap proses pemotongan logam akan menghasilkan geram. Terdapat berbagai macam bentuk geram, yaitu geram kontinyu, geram tak kontinyu dan

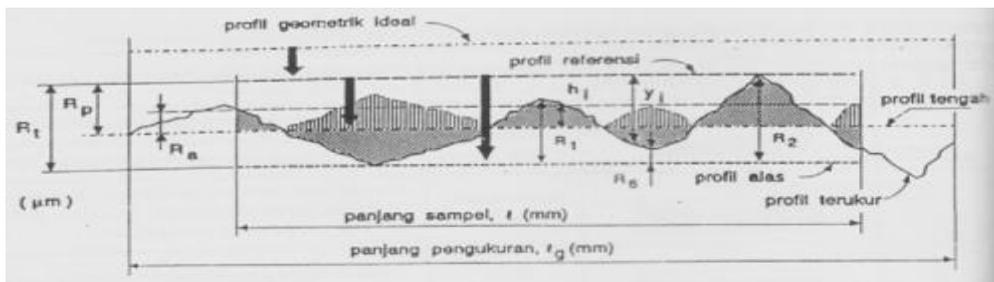
kombinasi keduanya (geram kontinu dan tak kontinu). Mekanisme terbentuknya geram (h) terjadi karena logam pada umumnya bersifat ulet (*ductile*) dan apabila mendapat tekanan akan menimbulkan tegangan (*stress*) di daerah gaya penekanan dari mata potong pahat. Tegangan pada logam (benda kerja) tersebut mempunyai arah yang kompleks dan pada salah satu arah akan terjadi tegangan geser (*shearing stress*) yang maksimum. Apabila tegangan geser ini melebihi kekuatan logam yang bersangkutan maka akan terjadi deformasi plastis (perubahan bentuk) yang menggeser dan memutuskan material benda kerja diujung pahat pada suatu bidang geser (*shear plane*). Bidang geser mempunyai lokasi tertentu yang membuat sudut (α_r) terdapat vektor kecepatan potong dengan sudut geser (ϕ) (Azka, 2020).

$$h = f_z \sin \alpha_r \sin \phi \text{ (mm)}$$

2.7. Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan adalah suatu bentuk ketidak teraturan konfigurasi yang disebabkan karena adanya perlakuan pada suatu permukaan yang kemungkinannya dapat berupa goresan atau lekukan kecil. Nilai kekasaran permukaan mempengaruhi kualitas suatu benda kerja dari hasil proses permesinan, karena nilai kekasaran mempengaruhi kemampuan benda kerja dalam terjadinya korosi pada permukaan. Guratan-guratan atau kawah-kawah yang ada dapat menampung material ataupun zat yang bersifat korosif sehingga mengakibatkan korosi pada permukaan benda kerja yang tanpa pelapisan.

Beberapa istilah profil dan parameter permukaan dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.12 Profil Kekasaran Permukaan (Azka, 2020)

Keterangan gambar :

1. Profil geometri ideal (*geometrically ideal profile*): Merupakan profil permukaan geometris ideal yang dapat berupa garis lurus ataupun garis lengkung.
2. Profil terukur (*measured profile*): Merupakan profil permukaan yang terukur oleh alat ukur.
3. Profil referensi (*reference profile*): Merupakan profil yang digunakan sebagai referensi untuk menganalisa ketidakraturan konfigurasi permukaan. Profil ini dapat berupa garis lurus atau garis dengan bentuk sesuai dengan profil geometri ideal, serta menyinggung puncak tertinggi dari profil geometri ideal, serta menyinggung puncak tertinggi dari profil terukur dalam suatu panjang sampel. Profil referensi biasa disebut sebagai profil puncak (*custline*)
4. Profil dasar (*root profile*): Merupakan profil yang digeser ke bawah (arah tegak lurus terhadap profil geometris ideal pada suatu panjang sampel) hingga menyinggung titik terendah dari profil terukur.
5. Profil tengah (*center profile*): Merupakan profil referensi yang digeser ke bawah sedemikian rupa, sehingga jumlah luas dari daerah-daerah diatas profil tengah sampai ke profil terukur adalah sama dengan jumlah luas dari daerah dibawah profil tengah sampai ke profil terukur. Pada gambar ditunjukkan oleh daerah yang diarsir tegak dan datar.

Beberapa parameter permukaan lain yaitu :

1. Kedalaman total (*peak to valley height*), R_t : jarak rata-rata antara profil referensi dan profil dasar.
2. Kedalaman perataan (*peak to mean line*), R_p : jarak rata-rata antara profil referensi dengan profil terukur atau R_p ini juga sama dengan jarak profil referensi ke profil tengah.
3. Kekasaran rata-rata aritmetis (*mean roughness index*), R_a : harga rata-rata aritmetis dari harga absolut antara profil terukur dengan profil tengah.

$$R_a = \frac{1}{n} (y_1 + y_2 + y_3 + \dots + y_n) = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$$

Dengan :

$y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$ = jarak dari titik permukaan profil garis tengah.

n = jumlah titik penyimpangan dari profil mikro yang diukur

Kekasaran rata-rata kuadrat (*root mean square height*), R_q : akar dari jarak kuadrat rata-rata antara profil terukur dengan profil tengah.

Dilihat dari profilnya, ketidakraturan konfigurasi suatu permukaan dapat dibagi menjadi beberapa tingkatan, yaitu:

1. Tingkatan pertama adalah ketidakraturan makrogeometri yang berupa kesalahan bentuk (*form error*). Hal tersebut disebabkan oleh adanya lenturan yang terjadi pada mesin perkakas maupun benda kerja serta kesalahan posisi pada penekaman benda kerja.
2. Tingkatan kedua adalah ketidakraturan yang menyerupai gelombang (*waviness*). Hal ini disebabkan oleh terjadinya getaran sewaktu pemotongan. Kemungkinan terjadinya ketidakraturan ini karena kesalahan bentuk perkakas, kesalahan penempatan perkakas dan terjadinya getaran pada saat proses pemotongan.
3. Tingkatan ketiga, disebut sebagai alur (*grooves*), adalah ketidakraturan permukaan karena adanya guratan yang disebabkan adanya jejak dari pahat.
4. Tingkat keempat adalah serpihan (*flake*), yang terjadi karena proses pembentukan geram.
5. Tingkatan kelima merupakan kombinasi dari ketidakraturan dari tingkatan satu sampai empat.

Faktor lain yang mempengaruhi terjadinya kekasaran permukaan pada proses permesinan *milling* adalah :

1. Adanya getaran (*chatter*) pada saat pemotongan berlangsung.
2. Gerakan pahat yang tidak tepat.
3. Mekanisme pemakanan (*feeding*) yang tidak beraturan.
4. Struktur mesin perkakas yang rusak.

Untuk memudahkan penulisan nilai kekasaran permukaan, maka ditetapkan nilai kekasaran permukaan sesuai dengan standar ISO yang dapat

dilihat pada tabel 2.3 dan 2.4 yang merupakan nilai interval kekasaran permukaan pada proses pemotongan dari beberapa permesinan. Interval nilai kekasaran ini dapat menjadi acuan dalam memproduksi suatu barang.

Tabel 2 Angka Kekasaran (ISO *roughness number*) dan panjang sampel standar

Harga kekasaran	Angka kelas	Panjang sampel
Ra (μm)	Kekasaran	(mm)
50	N12	
25	N 11	8
12.5	N 10	
6.3	N 9	
3.2	N8	2.5
1.6	N7	
		0.8
0.8	N6	
0.4	N5	
0.2	N4	
0.1	N3	0.25
0.05	N2	
0.025	N 1	0.08

2.8 Metode Proses *Frais*

Metode proses *frais* ditentukan berdasarkan arah relatif gerak makan meja mesin *frais* terhadap putaran pahat (Gambar 3.4). Metode proses *frais* ada dua yaitu *frais* naik dan *frais* turun. *Frais* naik biasanya disebut *frais* konvensional (*conventional milling*). Gerak dari putaran pahat berlawanan arah terhadap gerak makan meja mesin *frais*. Sebagai contoh, pada proses *frais* naik apabila pahat berputar searah jarum jam, benda kerja disayat ke arah kanan. Penampang melintang bentuk beram (*chips*) untuk proses *frais* naik adalah seperti koma diawali dengan ketebalan minimal kemudian menebal. Proses *frais* ini sesuai untuk mesin *frais* konvensional/ manual, karena pada mesin konvensional

backlash ulir transportirnya relatif besar dan tidak dilengkapi *backlash compensation* (Sulistyarini, Novareza, & Darmawan, 2018).

Proses *frais* turun dinamakan juga *climb milling*. Arah dari putaran pahat sama dengan arah gerak makan meja mesin *frais*. Sebagai contoh jika pahat berputar berlawanan arah jarum jam, benda kerja disayat kekanan. Penampang melintang bentuk beram (*chips*) untuk proses *frais* naik adalah seperti koma diawali dengan ketebalan maksimal kemudian menipis. Proses *frais* ini sesuai untuk mesin *frais* CNC, karena pada mesin CNC gerakan meja dipandu oleh ulir dari bola baja, dan dilengkapi *backlash compensation*. Untuk mesin *frais* konvensional tidak direkomendasikan melaksanakan proses *frais* turun, karena meja mesin *frais* akan tertekan dan ditarik oleh pahat.

Proses pemesinan dengan mesin *frais* merupakan proses penyayatan benda kerja yang sangat efektif, karena pahat *frais* memiliki sisi potong jamak. Apabila dibandingkan dengan pahat bubut, maka pahat *frais* analog dengan beberapa buah pahat bubut. Pahat *frais* dapat melakukan penyayatan berbagai bentuk benda kerja, sesuai dengan pahat yang digunakan. Proses meratakan bidang, membuat alur lebar sampai dengan membentuk alur tipis bisa dilakukan dengan mesin *frais* (Kasim, 2018).

2.8.1 Parameter *Frais*

Maksud dari parameter yang dapat diatur adalah parameter yang dapat langsung diatur oleh operator mesin ketika sedang mengoperasikan mesin *frais*. Seperti pada mesin bubut, maka parameter yang dimaksud adalah putaran spindel (n), gerak makan (f), dan kedalaman potong (a). Putaran spindel bisa langsung diatur dengan cara mengubah posisi handel pengatur putaran mesin. Gerak makan dapat diatur dengan cara mengatur handel gerak makan sesuai dengan tabel f yang ada di mesin. Gerak makan ini pada proses *frais* terdapat dua macam yaitu gerak makan per gigi (mm/gigi), dan gerak makan per putaran (mm/putaran).

Kedalaman potong diatur dengan cara menaikkan benda kerja, atau dengan cara menurunkan pahat. Putaran spindel (n) ditentukan berdasarkan kecepatan potong (Mataram, Saputra, & Setiyawan, 2020). Kecepatan potong

ditentukan oleh kombinasi material pahat dan material benda kerja. Kecepatan potong adalah jarak yang ditempuh oleh satu titik (dalam satuan meter) pada selubung pahat dalam waktu satu menit. Rumus kecepatan potong identik dengan rumus kecepatan potong pada mesin bubut. Pada proses frais besarnya diameter yang digunakan adalah diameter pahat.

Rumus kecepatan potong :

$$V = \frac{\pi dn}{1000}$$

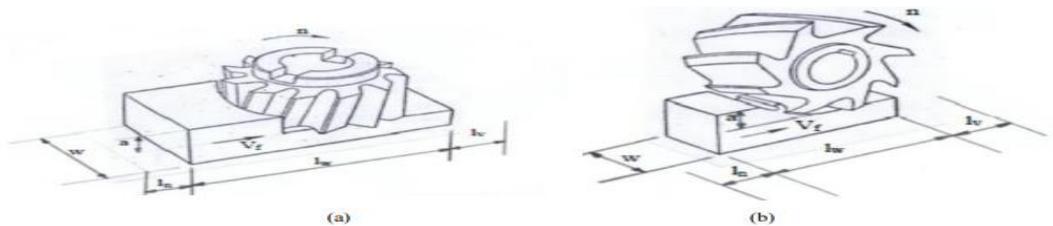
Dimana :

V = kecepatan potong; m/menit

d = diameter pahat ;mm

n = putaran benda kerja; putaran/menit

Setelah kecepatan potong diketahui, maka gerak makan harus ditentukan. Gerak makan (f) adalah jarak lurus yang ditempuh pahat dengan laju konstan relatif terhadap benda kerja dalam satuan waktu, biasanya satuan gerak makan yang digunakan adalah mm/menit. Kedalaman portong (a) ditentukan berdasarkan selisih tebal benda kerja awal terhadap tebal benda kerja akhir. Untuk kedalaman potong yang relatif besar diperlukan perhitungan daya potong yang diperlukan untuk proses penyayatan.



Gambar 2.13 Skematis proses frais *vertical* dan frais *horizontal*

Lalu untuk parameter lanjutannya :

Gerak makan per gigi

$$f_z = \frac{v_f}{z} \cdot n \text{ (mm/min)}$$

Waktu Pemotongan

$$t_c = \frac{l_t}{v_f}; (\text{min})$$

Kecepatan Penghasilan Geram

$$Z = \frac{v_f \cdot a \cdot w}{1000}; \text{cm}^3/\text{min}$$

Benda kerja:

w = lebar pemotongan; mm

lw = panjang pemotongan ; mm

lt = lv+lw+ln ; mm

a = kedalaman potong, mm

Pahat Frais:

d = diameter luar ; mm

z = jumlah gigi (mata potong)

χ_r = sudut potong utama (90o) untuk pahat frais selubung)

Mesin frais:

n = putaran poros utama ; rpm

vf = kecepatan makan ; mm/putaran

Rumus-rumus tersebut di atas digunakan untuk perencanaan proses *frais*. Proses *frais* bisa dilakukan dengan banyak cara menurut jenis pahat yang digunakan dan bentuk benda kerjanya. Selain itu jenis mesin *frais* yang bervariasi menyebabkan analisa proses *frais* menjadi rumit.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorim Teknik Mesin Politeknik Negeri Medan di Jl. Almamater No. 1 Padang Bulan, Kecamatan Medan Baru Kota Medan.

3.1.2 Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian dilakukan setelah mendapat persetujuan dari pembimbing pada tanggal 28 November 2023 s/d Februari 2024 dan terlihat pada tabel 3.1 berikut :

Tabel 3.1 : Jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian

No	Kegiatan	Waktu (Bulan) Tahun 2023-2024				
		11	12	1	2	3
1	<i>Study Literature</i>					
2	Pengaplikasian alat					
3	Evaluasi alat					
4	Penyusunan hasil penelitian					
5	Pengajuan hasil penelitian					

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

- Krisbow Universal Milling Machine X6328B

Mesin Milling merupakan mesin yang memiliki fungsi yang sangat banyak, salah satu fungsinya adalah membuat lubang (*drilling*), memotong (*cutting*), membuat alur dan lain-lain. Proses milling sendiri merupakan proses pemakanan pada benda kerja menggunakan pahat potong (*milling cutter*) yang berputar. Pada

penelitian ini digunakan mesin *milling* seperti gambar dibawah ini guna membuat alur pada permukaan benda kerja.



Gambar 3.1 Krisbow Universal Milling Machine X6328B

3.2.2 Bahan

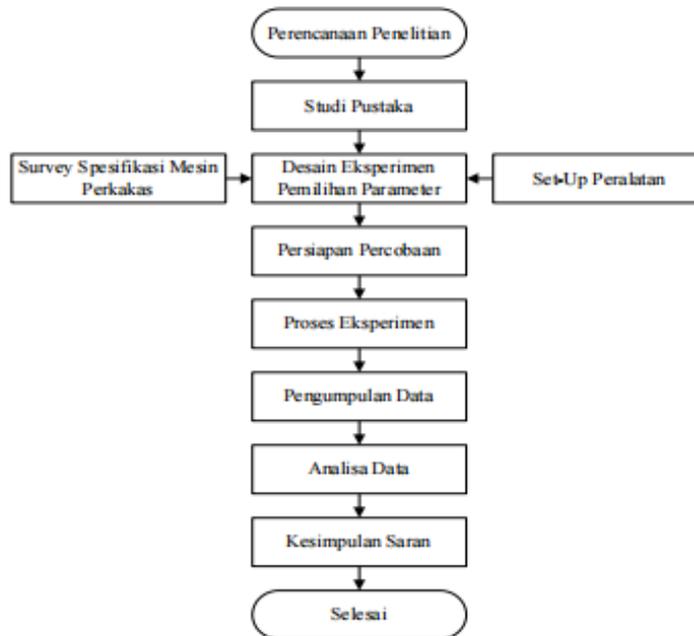
- Baja Aisi



Gambar 3.2 Bahan benda kerja baja AISI 4340

Baja AISI 4340 adalah baja paduan rendah yang telah melewati proses pre-hardening sehingga baja AISI 4340 memiliki kekerasan yang homogen, kuat, dan memiliki hardenability yang baik. Baja AISI 4340 merupakan machinery steel yang umumnya digunakan sebagai bahan baku alat-alat bedah medis dan mesin pengeboran pada industri pertambangan.

3.3 Diagram Alir Penelitian



Tahapan penelitian

Berikut merupakan tahapan-tahapan pengujian pada pengamatan ini :

a. Persiapan bahan baku

Tahap pertama yakni proses persiapan bahan baku, bahan baku yang dipakai pada pengamatan ini ialah akrilik dengan ketebalan 5 mm.

b. Persiapan alat

Tahap selanjutnya adalah mempersiapkan alat yang akan digunakan untuk penelitian seperti mesin cnc milling dan alat lainya sebagai penunjang berlangsungnya penelitian.

c. Menggambar *design*

Agar mesin dapat berjalan sesuai keinginan maka diwajibkan untuk menggambar terlebih dahulu sesuai keinginan, lalu mengubah gambar menjadi bahasa numerik (*Gcode*).

d. Memasukkan program

Setelah membuat gambar *vector* menjadi bahasa numerik (*Gcode*) langkah selanjutnya yaitu memasukkan program tersebut ke dalam software controller yang akan digunakan.

e. Pengumpulan Hasil Produk

Mengumpulkan hasil produk yang didapatkan dan mengukur keakuratan produk dari *software* dengan hasil aslinya.

f. Tahap Akhir Pengujian

Setelah semua pengujian telah selesai peralatan-peralatan dibersihkan dan dirapikan kembali.

3.4 Prosedur Penelitian

Pengambilan data dilakukan dengan metode eksperimen menggunakan mesin milling CNC dan pengukuran kekasaran permukaan dilakukan dengan alat ukur uji kekasaran permukaan "*surface tester*". Prosedur eksperimen yang dilakukan meliputi: Persiapan alat dan bahan. Menentukan 5 alat yang digunakan untuk setiap satu proses pemesinan. Input program *G-code*. Input parameter pemesinan yang digunakan untuk *side milling* dan *face milling*, seperti *Feeding* (f) 0,05 mm/putaran, variasi kecepatan potong (V_c) 80 – 120 m/min, kecepatan pemakanan (V_f) 300 mm/min, putaran *spindel* disesuaikan dengan kecepatan potong, kedalaman potong *side milling* 12 mm, kedalaman potong *face milling* 0,05 mm. setelah itu, meletakkan benda kerja Baja AISI 4340 pada ragum mesin *milling*. Terjadi proses pemesinan. Menghentikan mesin dan melakukan pengukuran kekasaran pada 5 titik dipermukaan benda kerja. Pencatatan dan tabulasi nilai kekasaran permukaan (setiap parameter pemesinan dilakukan pengujian 5 kali). Kembali proses 3 untuk variasi kecepatan potong (V_c). Lakukan proses pemesinan tersebut berulang hingga tools ke-5. Selesai.

BAB 4.

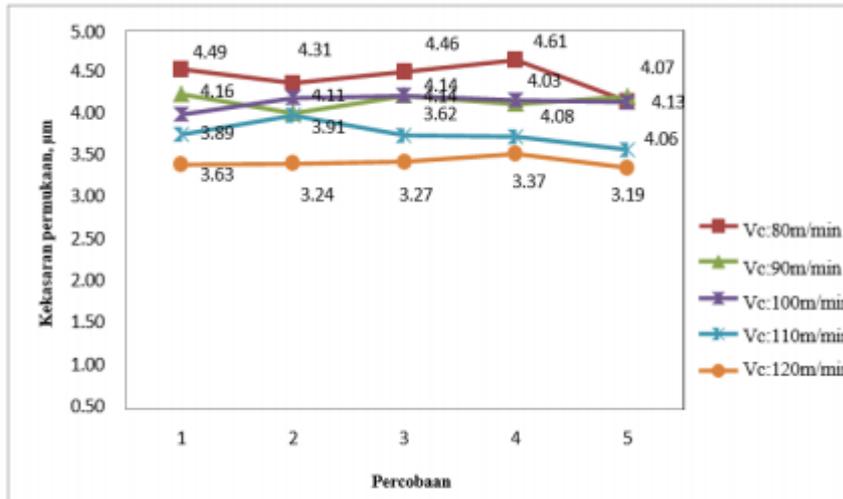
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

Dari Gambar 3. terlihat bahwa percobaan yang dilakukan untuk pemesinan benda kerja baja AISI 4340 dengan metode *side milling* dari percobaan 1 hingga percobaan 5 menunjukkan bahwa nilai kekasaran permukaan benda kerja yang diproduksi berbeda-beda pada setiap proses *milling*. dapat dilihat bahwa hal tersebut menunjukkan bahwa hal tersebut sama pada setiap permukaan benda kerja. Untuk kecepatan pemotongan. Terlihat bahwa pada kecepatan potong 80 m/menit nilai kekasaran permukaannya lebih besar dibandingkan dengan kecepatan potong 90–120 m/menit. Terlihat tren pada grafik menunjukkan nilai kekasaran permukaan semakin menurun seiring bertambahnya kecepatan potong.

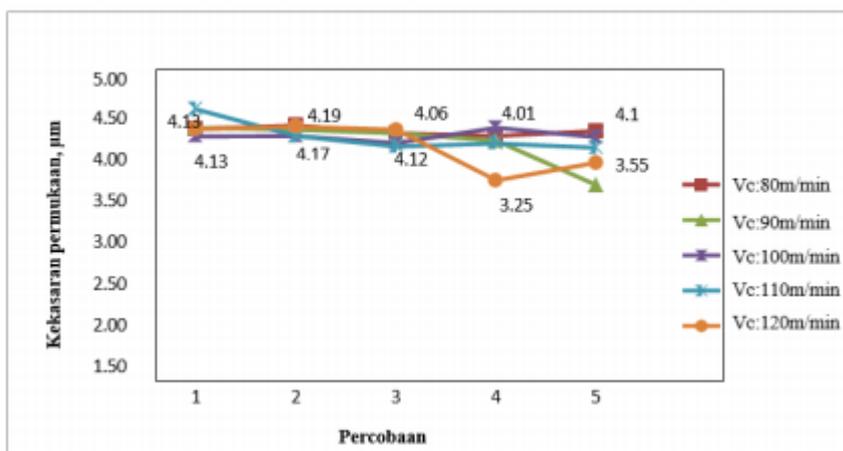
Hal ini karena kecepatan potong meningkat pesat pada disk milling, sehingga menimbulkan gesekan pada permukaan benda kerja dan menyebabkan goresan kecil pada permukaan benda kerja. Secara spesifik, sudut mata pahat yang bersentuhan langsung dengan benda kerja mempengaruhi kekasaran permukaan. Namun karena efek peningkatan kecepatan potong, serpihan yang dihasilkan cenderung lebih cepat terlepas dari benda kerja dan sudut bilah, dan serpihan yang dihasilkan tidak menempel pada permukaan benda kerja, yang tentu saja tidak menimbulkan masalah. Hal ini menyebabkan peningkatan kekasaran permukaan. Pahat dengan sudut penajaman yang baik menggores permukaan dengan cepat dan kecepatan tinggi sehingga menghasilkan kekasaran permukaan yang rendah.

Terlihat pada Gambar 4, pada percobaan *face milling* benda kerja baja AISI 4340, kondisi setiap permukaan benda kerja memperoleh nilai kekasaran yang lebih seragam setelah dilakukan lima kali percobaan pada setiap kecepatan potong. Nilai kekasaran permukaan terendah diperoleh pada kecepatan potong 120 m/menit dan nilai kekasaran permukaan tertinggi diperoleh pada kecepatan potong 80 m/menit. Perhitungan penurunan kualitas permukaan dapat dilakukan dengan mengacu pada kisaran nilai kekasaran permukaan pada *milling* (tabel nilai kekasaran permukaan), yaitu nilai tertinggi 6,3 μm .



Gambar 4.1

Grafik nilai kekasaran permukaan logam pada tiap percobaan pada proses proses *sidemilling*



Gambar 4.2

Grafik nilai kekasaran permukaan logam pada tiap percobaan pada prosesproses *face milling*

Untuk menghitung persentase penurunan nilai kekasaran permukaan dapat menggunakan $\text{Persentase} = (\text{Nilai Kekasaran Permukaan Hasil Pengukuran}) / (\text{Nilai Kekasaran Permukaan Tertinggi pada Proses Miling (berdasarkan tabel, } 6,3 \mu\text{m)}) \times 100\%$ *Side milling*: Setelah dilakukan proses eksperimen, diperoleh nilai kekasaran permukaan sebagaimana yang ada dalam grafik berikut:

Nilai kekasaran 4,40 μm

Persentase

$$= 4.40/6.3 \times 100\%$$

$$= 67\%$$

Dari perhitungan yang dilakukan persentase penurunan nilai kekasaran dan perubahannya dapat dilihat pada Gambar 4.3.

Gambar 4.3.

Persentase Nilai Kekasaran Permukaan Pada Proses *Milling*

Proses Side Milling		
Kecepatan Potong, V_c , m/min	Nilai Kekasaran Permukaan, $R_a(\mu\text{m})$	Persentase Penurunan R_a (%)
80	4,40	67
90	4,10	65.07
100	3,60	57.14
110	4,09	64.92
120	3,26	51.74
Proses Face Milling		
80	4,09	65.07
90	4,05	64.28
100	4,01	63.65
110	3,91	62.06
120	3,81	60.47



Gambar 4.4.

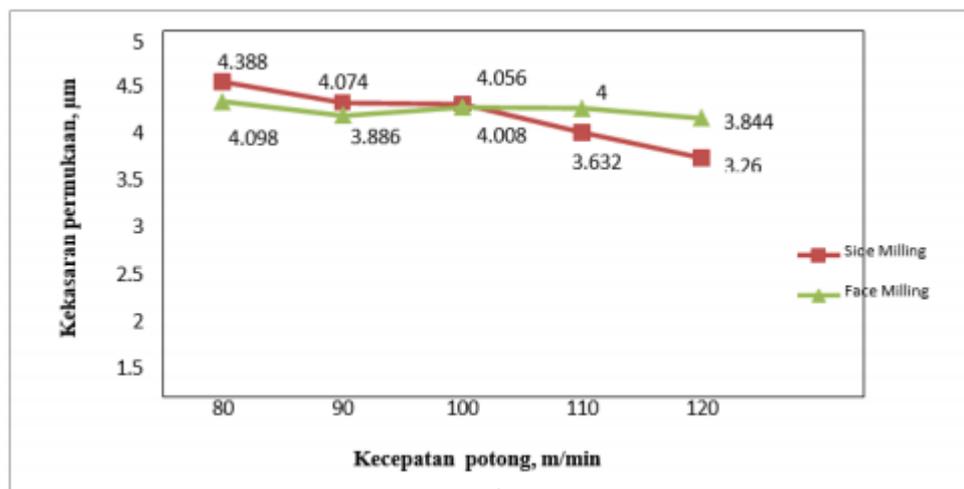
Bahan benda kerja baja AISI 4340

Persentase pengurangan kekasaran permukaan pada kecepatan potong awal -
Persentase pengurangan kekasaran permukaan pada kecepatan potong berikutnya.

- 1) Pada kecepatan 80 m/min ke 90 m/min $69.68 - 65.07 = 4.61 \%$
- 2) Pada kecepatan 90 m/min ke 100 m/min $65.07 - 64.92 = 0.15 \%$
- 3) Pada kecepatan 100 m/min ke 110 m/min $65.07 - 57.14 = 7.78 \%$
- 4) Pada kecepatan 110 m/min ke 120 m/min $57.14 - 51.74 = 5.4 \%$

Persentase penurunan nilai kekasaran permukaan *Face milling* adalah

- 1) Pada kecepatan 80 m/min ke 90 m/min $65.07 - 64.28 = 0.79\%$
- 2) Pada kecepatan 90 m/min ke 100 m/min $64.28 - 63.65 = 0.63\%$
- 3) Pada kecepatan 100 m/min ke 110 m/min $63.65 - 62.06 = 1.59\%$
- 4) Pada kecepatan 110 m/min ke 120 m/min $62.06 - 60.47 = 1.59\%$



Gambar 4.5

**Grafik perbandingan nilai kekasaran permukaan pada proses side dan
facemilling untuk tiap kecepatan potong**

Dari Gambar tersebut terlihat nilai kekasaran permukaan berbanding terbalik dengan kecepatan potong. Peningkatan kecepatan potong membuat permukaan logam menjadi lebih halus (nilai kekasaran permukaan menurun). Untuk *side milling* nilai kekasaran permukaan tertinggi sebesar 4,39 µm dan nilai terendah sebesar 3,26 µm, sedangkan untuk *face milling* nilai kekasaran permukaan tertinggi sebesar 4,10 µm dan nilai terendah sebesar 3,81 µm. Kedua

proses yang menggunakan parameter yang sama akan menghasilkan garis tren grafis yang sama. Artinya, kedua nilai kekasaran permukaan tersebut mengalami penurunan, namun nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan berbeda. Perbedaan nilai kekasaran antara *side milling* dan *face milling* disebabkan oleh kebulatan mesin. Kesalahan konsentrisitas terletak pada bantalan tengah mesin CNC dan menyebabkan pahat tidak berputar berbentuk silinder.

Dalam kasus *side milling*, sisi sisipan pahat digunakan selama pengumpanan, yang cenderung mengurangi kesalahan *runout* mesin. Oleh karena itu, nilai konsentrisitas pada *side milling* hanya 0,5 dari diameter pahat *end mill*. Sedangkan pada *face milling*, pengumpanan menggunakan ujung pahat potong, sehingga pusat *runout* pada mesin berada pada ujung pahat potong yang sesuai dengan *diameter end mill*. Dalam parameter pemesinan CNC, nilai kecepatan potong sangatlah penting. Jika kecepatan potong rendah, serpihan dan serpihan akan meningkatkan nilai kekasaran dan menggores permukaan. Sebaliknya, semakin cepat kecepatan potong, maka semakin sedikit serpihan dan goresan yang terjadi pada permukaan benda kerja.

BAB 5.

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Kecepatan pemotongan memberi pengaruh terhadap perubahan nilai kekasaran permukaan benda kerja logam, semakin tinggi kecepatan potong yang digunakan maka nilai kekasaran permukaan akan semakin kecil artinya permukaan benda kerja menjadi semakin halus. Secara berurutan kecepatan pemotongan yang digunakan pada proses *side milling* yakni 80 m/min, 90 m/min, 100 m/min, 110 m/min, 120 m/min menghasilkan nilai kekasaran permukaan yaitu 4,39 μm , 4,10 μm , 4,09 μm , 3,60 μm dan 3,26 μm . Dan pada proses pemesinan *face milling*, nilai kekasaran permukaan adalah 4,10 μm , 4,05 μm , 4,01 μm , 3,91 μm dan 3,81 μm . Pemotongan logam dengan proses *side* menghasilkan nilai kekasaran yang cenderung lebih rendah dibandingkan dengan proses *face milling*.

Peningkatan persentase pada kecepatan potong 80 m/min, 90 m/min, 100 m/min, 110 m/min dan 120 m/min secara berturut pada proses *side milling* adalah 4.61%, 0.15%, 7.78% dan 5.4%. Sedangkan untuk *face milling* adalah 0.79%, 0.63%, 1.59% dan 1.59%. Dari penelitian didapatkan bahwa peningkatan kecepatan potong menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang baik, namun harus ada batasan optimum penggunaan kecepatan potong tersebut agar pada proses pemotongan dapat dilakukan dengan baik dan umur pahat lebih lama.

5.2. Saran

1. Penggunaan jenis pahat yang berbeda akan menghasilkan nilai kekerasan permukaan yang lebih halus.
2. Memilih kualitas suatu benda kerja, agar tidak mudah terjadinya korosi pada permukaan benda kaerja
3. Lebih memperbesar ukuran diameter pahat agar memudahkan memperdalam pemotongan benda kerja.

DAFTAR PUSTAKA

- A. A. Sonief, A. N. Fauzan, and F. A. Alamsyah. 2019. "Evaluation of Aluminum Surface Roughness in the Slot End-Mill Process with Variable Helix Angle," IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng., vol. 494, no. 1, pp. 2–9, 2019, doi: 10.1088/1757- 899X/494/1/012045.
- A. Susanto, H. Arrosida, M. F. Subkhan, A. C. Arifin, and M. Azka. 2020. "Hubungan Parameter Pemesinan terhadap Gaya Potong, Temperatur, dan Power pada Proses Bubut Inconel 718," vol. 24, no. 3, pp. 43–49, 2022
- Adhiwakarta, J., Haryanto, E., & Hermawan, S. (2022). Analisis Kinerja Mesin CNC Wire Cutfanuc ROBOCUT α C400iB Dengan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) Pada PT. XYZ. Jurnal Teknik Industri. Universitas Al-Khairiyah. Vol 1, No. 1
- A.K. Parida, P. V. Rao and S. Ghosh. (2019) Influence of cutting speed and nose radius in the machining of Al-6061: FEM and experimental validation, Materials Today: Proceedings
- Ali, M. H. (2021) Analysis and Prediction of Machining Parameters Process Using Face Milling Operation. Journal of Mechanical Engineering Research and Developments. Vol. 44, No. 11, pp. 72-81
- Aydın, M., & Köklü, U. (2019). Analysis of flat-end milling forces considering chip formation process in high-speed cutting of Ti6Al4V titanium alloy. Simulation Modelling Practice and Theory.
- Aprilia, R. T. (2023). Alur Proses Produksi Coklat Curah Djae Dengan Menggunakan Mesin Ball Mill Di Pt.Kampung Coklat Kabupaten Blitar. Laporan Magang.
- Budiyanto, E., & Yuono, L. D. (2021). Proses Manufaktur: Eko Budiyanto.
- F. Ridwan and R. Harvendri. 2020. "Perancangan Dinamometer untuk Mengukur Gaya Potong pada Mesin Freis untuk Pemesinan Material Fiber Reinforced Polymer," Met. J. Sist. Mek. Dan Termal, vol. 4, Apr. 2020

- Hartanto, O. B. (2019). Karakteristik Kekasaran Permukaan Pemesinan Bubut Material Baja St-37 Dengan Variasi Parameter Pemesinan Dan Geometri Pahat.
- Kasim, L. (2018). Pengaruh Variabel Permesinan Terhadap Umur Pahat Endmill Cutter Two Flute Pada Proses Pelubangan Besi Cor. Universitas Hasanuddin,
- Mataram, N., Saputra, S. R., & Setiyawan, K. (2020). Optimasi Parameter Proses Milling dengan Pendinginan Fluida Alami (Cold Natural Fluid) terhadap Kualitas Permesinan Baja ST 42 dengan Metode Taguchi. Paper presented at the Prosiding Seminar Nasional Teknik Tahun 2020 (SENASTIKA 2020).
- O. Rodriguez-Alabanda, G. Guerrero-Vaca, E. Molero, and P. E. Romero. 2021. "Experimental analysis of deep slot milling in EN AW 2024-T3 alloy by stretched trochoidal toolpath and variable helix angle tool," *CIRP J. Manuf. Sci. Technol.*, vol. 35, pp. 346–360, 2021, doi: 10.1016/j.cirpj.2021.07.002.
- Pracipto, W. (2021). Studi Pengaruh Annealing Terhadap Kekasaran Baja St42 Dan Baja St60 Pada Permesinan Frais. Universitas Hasanuddin,
- Rahmatullah, R., Umurani, K., & Siregar, M. A. (2021). Pengembangan Lintasan Pahat Pada Pengefraisan "Umsu" Menggunakan Cnc Tu3a. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 4(1), 8-15.
- Sulistyarini, D. H., Novareza, O., & Darmawan, Z. (2018). Pengantar Proses Manufaktur untuk Teknik Industri: Universitas Brawijaya Press.
- V. Varghese, D. Chakradhar, and M. R. Ramesh. 2018. "Micro-mechanical characterization and wear performance of TiAlN/NbN PVD coated carbide inserts during End milling of AISI 304 Austenitic Stainless Steel," *Mater. Today Proc.*, vol. 5, no. 5, pp. 12855– 12862, 2018, doi: 10.1016/j.matpr.2018.02.270

Wisnu, C., Yusman, T., Raihan, D., Studi, P., & Pangan, T. (2021). Kajian dan Uji Kinerja Rancang Bangun Mesin Perontok Sorgum Study and Performance Test of Sorghum Thresher Machine Design. In | Jurnal Agriekstensia (Vol. 20, Issue 2)

Yeganefar, A., Niknam, S. A., & Asadi, R. (2019). The Use Of Support Vector Machine, Neural Network, And Regression Analysis To Predict And Optimize Surface Roughness And Cutting Forces In Milling. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 105, 951-965.

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Judul : Studi Eksperimental Dampak dari Proses Pemotongan pada *slide Milling* dan *Face Milling* Terhadap Kekerasan Pada Permukaan Logam

Nama : SAHRIN LUBIS

NPM : 2007230053

Dosen Pembimbing : Chandra A Siregar, S.T.,M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	29/4/2024	Sebutkan format proposal	f
2.	5/5/2024	perbaiki bab II	f
3.	8/5/2024	ACC Skripsi	f
4.	29/7/2024	Perbaiki format tambah abstrak	f f
5.	30/7/2024	ACC Simhas	f



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

UMSU Terakreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi, No. 1313/SK.BAN-PT/AU/KP/PT-X/2023
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003
https://fatek.umsu.ac.id | fatak@umsu.ac.id | umsumedan | umsumedan | umsumedan | umsumedan

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHIJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

/Nomor: 591/11.3AU/UMSU-07/F/2024

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 23 April 2024 dengan ini Menetapkan :

Nama : SAHRIN LUBIS
Npm : 2007230053
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : 8 (DELAPAN)

Judul Tugas Akhir : STUDI EKSPERIMENTAL DAMPAK DARI PROSES PEMOTONGAN PADA SIDE MILLING DARI FACE MILLING TERHADAP KEKERASANPERMUKAAN LOGAM . .

Pembimbing : CHANDRA A SIREGAR ST.MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya

Medan, 14 Syawal 1445 H
23 April 2024 M



Chandra Afansury Siregar, ST.,MT
NIDN: 0101017202



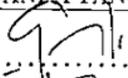
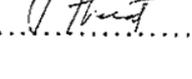
**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2023 – 2024**

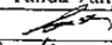
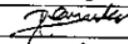
Peserta seminar

Nama : Sahrin Lubis

NPM : 2007230053

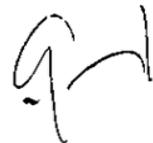
Judul Tugas Akhir : Studi Eksperimental Dampak Dari Proses Side Milling Dan Face Milling Terhadap Kekerasan Pada Logam

DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing - I : Chandra A Siregar, ST, MT 
Pembanding - I : Munawar Alfausury Siregar, ST, MT 
Pembanding - II : Ahmad Maradidi Siregar, ST, MT 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	2007230121	Tengku Sifa Nurul	
2	2007230120	Rendika Hilang Gumpalar	
3	2002230119	Afciaus Mura Hsij	
4	2007230053	Sahrin Lubis	
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 15 Rabi'ul Awal 1446 H
19 September 2024 M

Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

Nama : Sahrin Lubis
NPM : 2007230053
Judul Tugas Akhir : Studi Eksperimental Darapak Dari Proses Side Milling Dan Face Milling Terhadap Kekerasan Pada Logam

Dosen Pembanding - I : Manawar Alfansury Siregar, ST, MT
Dosen Pembanding - II : Ahmad Marabdi Siregar, ST, MT
Dosen Pembimbing - I : Chandra A Siregar, ST, MT

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

..... *Sesuai catatan saat sidang*

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

.....
.....
.....

Medan, 15 Rabi'ul Awwal 1446 H
19 September 2024 M

Diketahui :
Kerna Prodi. T. Mesin

Dosen Pembanding - I



Chandra A Siregar, ST, MT



Manawar Alfansury Siregar, ST, MT

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

Nama : Sahrin Labis
NPM : 2007230053
Judul Tugas Akhir : Studi Eksperimental Dampak Dari Proses Side Milling Dan Face Milling Terhadap Kekerasan Pada Logam

Dosen Pembanding – I : Muanawar Alfansury Siregar, ST, MT
Dosen Pembanding – II : Ahmad Marabdi Siregar, ST, MT
Dosen Pembimbing – I : Chandra A Siregar, ST, MT

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (colloquium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (colloquium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
 - melengkapi prosedur (Pinecin dari Sidang Akhir)
 - melengkapi Dokumentasi pengujian s.k
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....

Medan 15 Rabi'ul Awal 1446 H
19 September 2024 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin

Dosen Pembanding- II



Chandra A Siregar, ST, MT



Ahmad Marabdi Siregar, ST, MT

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

Nama : Sahrin Lubis
Alamat : Jl. Pandu Raya Blok A No. 20
Jenis Kelamin : Laki – Laki
Umur : 23 Tahun
Agama : Islam
Status : Belum Menikah
Tempat dan Tanggal Lahir : Medan, 09 Desember 2001
Tinggi dan Berat Badan : 165 cm / 83 Kg
Kewarganegaraan : Indonesia
No. Telp : +62 823 1143 3642

B. ORANG TUA

Nama Ayah : Parlaungan Lubis
Agama : Islam
Nama Ibu : Almh. Yuhana Nasution
Agama : Islam
Alamat : Jl. Pandu Raya Blok A No. 20

C. LATAR BELAKANG PENDIDIKAN

2008-2014 : SD Muhammadiyah P.C.A
2014-2017 : SMP Negeri 4 Kotanopan
2017-2020 : SMK Swasta Teladan Medan
2020-2024 : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara