

**ANALISIS TINGKAT KEKASARAN PERMUKAAN PADA
HASIL PERMESINAN MESIN MINI MILLING DENGAN
VARIASI PUTARAN PADA PROSES Pengerjaan PLAT
DWIKUTUB**

SKRIPSI

OLEH:

**LIPI CENDANA SITEPU
198130053**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2025**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 11/8/25

Access From (repository.uma.ac.id)11/8/25

HALAMAN JUDUL

ANALISIS TINGKAT KEKASARAN PERMUKAAN PADA HASIL PERMESINAN MESIN MINI MILLING DENGAN VARIASI PUTARAN PADA PROSES Pengerjaan PLAT DWIKUTUB

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area

OLEH:

**LIPI CENDANA SITEPU
198130053**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2025**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 11/8/25

Access From (repository.uma.ac.id)11/8/25

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Tugas Akhir : Analisis Tingkat Kekerasan Permukaan Pada Hasil Permesinan Mesin Mini Milling Dengan Variasi Putaran Pada Proses Pengerjaan Plat Dwikutub
Nama : Lipi Cendana Sitepu
NPM : 198130053
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing

Dr. Iswandi, ST., MT.
Pembimbing I

Dr. Eng. Supriatno, ST., MT
Dekan

Dr. Iswandi, ST., MT
Ka. Prodi

Tanggal Lulus: 21 Maret 2025

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 7 Mei 2025



Lipi Cendana Sitepu

198130053

HALAMAN PERSETUJUAN PERNYATAAN PUBLIKASI SKRIPSI

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Lipi Cendana Sitepu
NPM : 198130053
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas skripsi saya yang berjudul: Pembuatan Rig Uji Keausan dan Kelelahan Roda Gigi dengan Sensor Putaran dan Beban, beserta perangkat yang ada. Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Medan, 7 Mei 2025
Yang menyatakan



(Lipi Cendana Sitepu)

ABSTRAK

Plat Dwikutub merupakan komponen yang berperan sebagai media konduktif antara anoda dan katoda, sebagai struktur rangka padat dari fuel cell, sebagai media terjadinya reaksi kimia dan sebagai media perpindahan panas pada fuel cell. Fuel cell menjadi salah satu sumber energi alternatif yang banyak dikembangkan karena karakteristiknya yang efisien dan rendah emisi. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk membuat plat dwikutub menggunakan bahan komposit polipropilena/karbon aktif (PP/KA), menganalisis parameter proses terhadap laju penghilangan material pada plat dwikutub dan mengidentifikasi parameter paling optimal berdasarkan tingkat kekasaran permukaan pada plat dwikutub hasil proses milling. Metode penelitian yang dilakukan adalah dengan proses pemesinan melalui beberapa uji coba menggunakan spesimen komposit Polipropilena Karbon Aktif (PP/KA) (90%/10%). Adapun tahapan proses penelitian yang dilakukan terdiri dari pemilihan material, uji spektrometri, proses milling, dan uji kekasaran permukaan. Dari penelitian didapatkan disimpulkan bahwa Pembuatan plat dwikutub menggunakan bahan komposit polipropilena/karbon aktif (90%/10%). Parameter proses milling dilakukan dengan kecepatan spindle 1000 rpm dan variasi kedalaman pemakanan yaitu 0,25, 0,50, dan 0,75 mm guna mencari parameter paling optimal. Parameter yang paling optimal adalah menggunakan kecepatan spindle 1000 rpm dengan kedalaman pemakanan 0,25 mm karena memiliki nilai S/N Ratio tertinggi.

Kata Kunci: Mesin Milling, Plat Dwikutub

ABSTRAK

Bipolar plate is a component that acts as a conductive medium between the anode and cathode, as a solid frame structure of the fuel cell, as a medium for chemical reactions and as a heat transfer medium in the fuel cell. Fuel cells are one of the many alternative energy sources developed because of its efficient and low emission characteristics. This research was carried out with the aim of making a dipole plate using a polypropylene/activated carbon (PP/KA) composite material, analyzing process parameters regarding the rate of material removal on the dipole plate and identifying the most optimal parameters based on the level of surface roughness on the dipole plate resulting from the milling process. The research method used was an ordering process through several trials using Activated Carbon Polypropylene (PP/KA) composite specimens (90%/10%). The research process stages carried out consisted of material selection, spectrometry tests, milling processes, and surface roughness tests. From the research it was concluded that the manufacture of bipolar plates used polypropylene/activated carbon composite material (90%/10%). The milling process parameters were carried out with several variations of the spindle speed of 1000 rpm and variations in feed depth, namely 0.25, 0.50, and 0.75 mm in order to find the most optimal parameters. The most optimal parameter is to use a spindle speed of 1000 rpm with an ingestion depth of 0.25 mm because it has the highest S/N Ratio value.

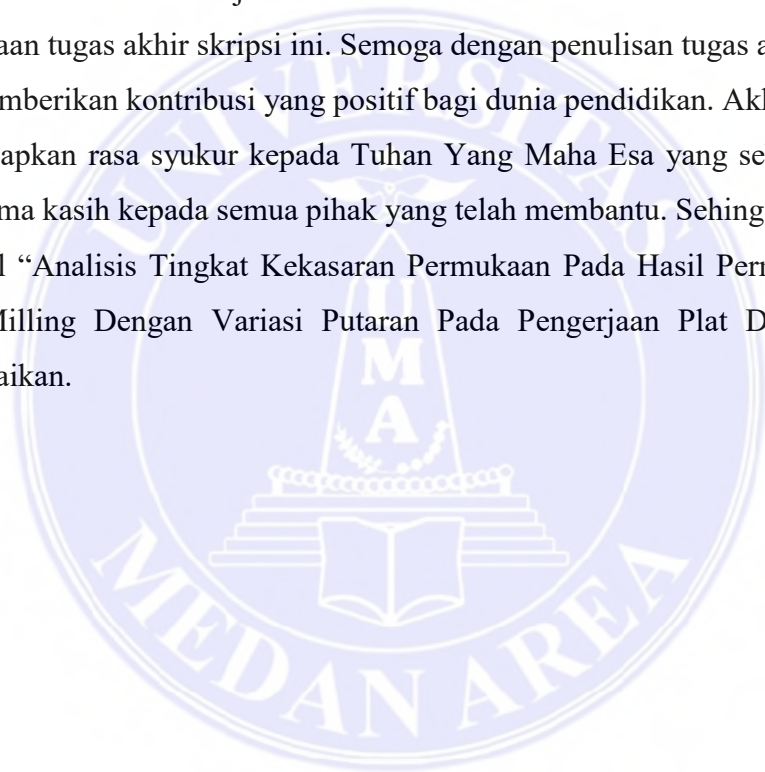
Keywords: Milling Machine, Bipolar Plate



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Binjai pada tanggal 1 Agustus 2002 dari ayah S. Sitepu dan ibu S. Bangun. Penulis merupakan anak ke 1 (satu) dari 1 (satu) bersaudara.

Pada tahun 2008 penulis memulai pendidikan formal di SD 050635 Tanjung Nguda. Selanjutnya pada tahun 2013 penulis melanjutkan pendidikan di SMP Methodist Binjai. Kemudian pada tahun 2016 melanjutkan pendidikan di Sma Negeri 1 Binjai dan pada tahun 2019 terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Dengan semangat dan motivasi tinggi untuk terus belajar serta berusaha. Penulis berhasil menyelesaikan pengerjaan tugas akhir skripsi ini. Semoga dengan penulisan tugas akhir skripsi ini bisa memberikan kontribusi yang positif bagi dunia pendidikan. Akhir kata penulis mengucapkan rasa syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang sebesar-besarnya dan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu. Sehingga skripsi yang berjudul “Analisis Tingkat Kekasaran Permukaan Pada Hasil Permesinan Mesin Mini Milling Dengan Variasi Putaran Pada Pengerjaan Plat Dwikutub” bisa terselesaikan.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala karuninya sehingga skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang di pilih dalam penelitian ini ialah Mesin Mini Milling dengan judul Anlisi Pembuatan Mesin Mini Milling Skala Lab Untuk Pengerjaan Plat Dwikutub.

Penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M,Eng, M.Sc., selaku rektor Universitas Medan Area. Bapak Dr. Eng. Supriatno, S.T, M.T, selaku Dekan fakultas teknik Univversitas Medan Area. Bapak Dr. Iswandi, ST, MT, selaku selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area, Bapak Dr. Iswandi, ST, MT, selaku Dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktunya untuk membimbing penulis dalam penulisan skripsi ini. Penulis juga berterimakasih kepada Ayah dan Ibu selaku Orang tua, beserta keluarga yang memberikan dukungan dan doa untuk saya dalam penulisan skripsi ini.

Penulis meyakini bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap tugas akhir/skripsi/tesis ini dapat bermanfaat baik untuk kalangan pendidikan maupun Masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terimakasih.

Penulis, 7 Mei 2025



Lipi Cendana Sitepu

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN PERNYATAAN PUBLIKASI SKRIPSI.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Hipotesis Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Sejarah Mesin Milling.....	5
2.2. Sejarah Kekasaran	7
2.3. Pengertian Tingkat Kekasaran	9
2.4. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kekasaran Permukaan	10
2.5. Alat penguji	12
2.6. Parameter Pemotongan.....	13
2.7. Kekasaran Permukaan	16
2.8. Pengertian Analisis Kekasaran.....	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	24
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	24
3.2 Bahan dan alat	25
3.3 Metode penelitian	29
3.4 Populasi dan Sampel	29
3.5 Prosedur Kerja.....	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Hasil	31
4.2 Pembahasan	52
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	57
5.1 Simpulan.....	57
5.2 Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Toleransi harga kekasaran rata-rata (R_a)	10
Tabel 2.2. Kecepatan potong sesuai bahan	22
Tabel 2.3. Data Level Parameter	24
Tabel 3.1. Jadwal Tugas Akhir	25
Tabel 3.2. Karbon Titanpro PM655	26
Tabel 3.3. Sampel perhitungan	30
Tabel 4.1. Perhitungan parameter pengujian	34
Tabel 4.2. Sampel perhitungan kecepatan mesin milling	35
Tabel 4.3. Hasil nilai rata-rata	46
Tabel 4.4. Perhitungan parameter pengujian	51



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. <i>Surface roughness</i>	12
Gambar 2.2. Ilustrasi kecepatan pemotongan 2 pahat dengan diameter berbeda	13
Gambar 2.3. <i>Axial depth of cut</i> (ap) dan <i>radial depth of cut</i> (ae)	14
Gambar 2.4. Profil Kekasaran Permukaan	17
Gambar 3.1. karbon polipropilena	26
Gambar 3.2. Jangka Sorong	27
Gambar 3.3. <i>Drill Bit</i>	27
Gambar 3.4. Mesin Mini Milling	28
Gambar 3.5. <i>Surface Roughness</i>	28
Gambar 3.6. Diagram Alir Penelitian	31
Gambar 4.1. Plat Dwikutub PP/KA	31
Gambar 4.2. Proses Pengefraisan Plat Dwikutub	32
Gambar 4.3. Data instal surface roughness	35
Gambar 4.4. Data instal surface roughness	36
Gambar 4.5. Data instal surface roughness	36
Gambar 4.6. Data instal surface roughness	37
Gambar 4.7. Data instal surface roughness	37
Gambar 4.8. Data instal surface roughness	38
Gambar 4.9. Data instal surface roughness	38
Gambar 4.10. Data instal surface roughness	39
Gambar 4.11. Data instal surface roughness	39
Gambar 4.12. Data instal surface roughness	40
Gambar 4.13. Grafik nilai rata-rata sampel 0,75 pada titik 1,2,3	41
Gambar 4.14. Grafik nilai rata-rata sampel 0,50 pada titik 1,2,3	43
Gambar 4.15. Grafik nilai rata-rata sampel 0,25 pada titik 1,2,3	44
Gambar 4.16. Grafik nilai rata-rata	47
Gambar 4.17. Permukaan sampel 0,25	47
Gambar 4.18. Permukaan sampel 0,50	49
Gambar 4.19. Permukaan plat dwikutub 0,25	52
Gambar 4.20. Permukaan plat dwikutub 0,50	53
Gambar 4.21. Permukaan plat dwikutub 0,75	54

DAFTAR NOTASI

A	= kedalaman pemakanan (mm)
Lo	= ukuran atau panjang awal (mm)
Li	= ukuran atau panjang akhir (mm)
Cs	= kecepatan potong (m/s)
d	= diameter benda kerja (mm)
n	= putaran mesin/benda kerja (rpm)
π	= nilai konstanta (3,14)
Ra	= kekasaran permukaan rata-rata (μm)
f	= <i>feed</i> (mm/rev)
NR	= <i>nose radius</i> (mm)
Ft	= <i>tangential cutting force</i> (N)
Fn	= <i>normal cutting force</i> (N)
ktc	= koefisien <i>cutting force</i>
h	= ketebalan <i>chip</i> (mm)
b	= lebar <i>chip</i> (mm)
Q	= <i>material Removal Rate</i>
vc	= <i>cutting speed</i> (m/min)
Ac	= <i>chip section</i>
vf	= feed rate (mm/min)
fz	= feed per tooth (mm/tooth)
N	= spindle speed (rev/min)
Z	= jumlah gigi pada cutter
N	= <i>spindle speed</i> (rev/min)
V	= <i>cutting speed</i> (mm/min)
D	= miameter (mm)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pengerjaan material komposit dalam dunia manufacturing ada beberapa macam, mulai dari pengerjaan panas, pengerjaan dingin hingga pengerjaan komposit secara mekanik. Pengerjaan mekanik komposit biasanya digunakan untuk pengerjaan lanjutan maupun finishing, sehingga dalam pengerjaan mekanik dikenal beberapa prinsip pengerjaan, salah satunya adalah pengerjaan perataan permukaan dengan menggunakan mesin frais atau biasa disebut mesin milling. Mesin milling adalah mesin yang paling mampu melakukan banyak tugas bila dibandingkan dengan mesin perkakas yang lain. Hal ini disebabkan karena selain mampu mesin permukaan datar maupun berlekuk/profil dengan penyelesaian dan ketelitian yang istimewa, juga berguna untuk menghaluskan atau meratakan benda kerja sesuai dengan dimensi yang dikehendaki.

Kekasaran permukaan adalah penggunaan variasi parameter pemesinan, jenis perlakuan pemesinan yang kurang optimal dan geometri pahat. Oleh karena itu, penelitian ini mengambil variabel perlakuan posisi dan pencekaman baik spesimen maupun pemasangan endmill untuk mengetahui kondisi paling optimal terhadap tingkat kekasaran permukaan. Hasil Penelitian ini didapatkan Tingkat kekasaran pada tinggi pencekaman endmill menunjukkan bahwa semakin mendekati flute maka akan semakin kasar karena ada rongga flute yang tidak tercekam, dan pencekaman semakin ke atas dari panjang endmill juga akan semakin kasar karena terjadi vibrasi yang besar saat proses pemakanan, rekomendasi dari

penelitian ini agar mendapat nilai kekasaran yang optimal adalah memasang pahat di antara batas tengah panjangnya endmill sampai ke batas flute pada endmill. Dalam menentuka material yang sering di gunakan dalam proses mesin milling yakni menghunakan Ball Mill dan CNC mill Pembuatan mesin mini milling adalah pembuatan mesin perkakas otomatis yang bekerja berdasarkan pola benda kerja yang terlebih dahulu di desain melalui suatu perangkat lunak seperti autocad.

Ball Miil merupakan salah satu mesin pengolahan material yang berfungsi menghaluskan formula material tersebut dengan menggunakan bola-bola stainless steel yang ada pada tabung penghalusan. Ball Mill tersebut terbuat dari logam yang di syaratkan mempunyai logam yang di syaratkan mempunyai karakteristik keras sekaligus sekaligus tangguh (tidak mudah pecah) dan tahan korosi. Banyak faktor faktor yang berpengaruh terhadap hasil dari proses milling ini seperti kecepatan, waktu, temperatur, tekanan, ukuran, presentase PCA (*Proses Control Agent*), dan komposisi berat serbuk tersebut.

Plat Dwikutub merupakan komponen yang berperan sebagai media konduktif antara anoda dan katoda, sebagai struktur rangka padat dari *fuel cell*, sebagai media terjadinya reaksi kimia dan sebagai media perpindahan panas pada *fuel cell*. *fuel cell* mejadi salah satu sumber energy alternatif yang banyak di kembangkan karena karakteristiknya yang efisien dan rendah emisi. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk membuat plat dwikutub menggunakan bahan komposit polipropilena/karbon aktif (PP/KA), metode penelitian yang dilakukan adalah dengan proses pemesanan melalui beberapa uji coba menggunakan spesimen komposit polipropilena karbon aktif (PP/KA) (90%/10%). Dari penelitian didapatkan bahwa pembuatan plat dwikutub menggunakan bahan komposit

polipropilena/karbon aktif (90%/10%). Parameter proses milling dilakukan dengan variasi kecepatan spindel 1000 Rpm dan variasi kedalaman pemakanan yaitu 0,25 0,50 dan 0,75 mm guna mencari parameter paling optimal.

1.2 Perumusan Masalah

Mampu menganalisis tingkat kekerasan permukaan pada hasil permesinan mesin mini milling dengan variasi putaran pada proses pengerjaan plat dwikutub.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun beberapa tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menganalisis tingkat kekasaran permukaan pada benda kerja hasil proses milling.
2. Menganalisis pengaruh variasi putaran mata pisau terhadap tingkat kekasaran permukaan komposit.
3. Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas kekasaran plat komposit pada proses milling.

1.4 Hipotesis Penelitian

Hipotesis mencegah meluasnya suatu permasalahan dan agar penelitian ini lebih terarah maka dilakukan batasan masalah sebagai berikut.

1. Hanya melakukan penelitian untuk mengetahui apa itu analisa tingkat kekerasan permukaan pada mesin mini milling.
2. Untuk melakukan pengujian eksperimentasi pada material yang digunakan.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini tentang analisis perpatahan material getas dengan spesimen berbentuk plat berlekuk V yang dikenai beban dinamis dapat bermanfaat secara teoritis maupun secara praktis:

1. Dapat memahami analisa kekersan permukaan pada hasil permesinan mesin mini milling dengan variasi putaran pada proses putaran pacuan plat dari katub.
2. Sebagai penambah wawasan untuk ilmu dalam analisis analisa kekersan permukaan pada hasil permesinan mesin mini milling dengan variasi putaran pada proses putaran pacuan plat dari katub.
3. Untuk mengembangkan ilmu pengetahuan, terutama bagi dunia teknik mesin.
4. Dapat menjadi rujukan untuk penelitian selanjutnya.
5. Sebagai bahan referensi untuk penelitian yang akan datang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sejarah Mesin Milling

Mesin Milling (Frais) ditemukan oleh Eli Whitney sekitar tahun 1818. Mesin Milling ini melakukan operasi produksi suku cadang duplikat yang pertama dengan pengendali secara mekanik, dengan arah dan gerakan pemotongan dari perkakas mata potong jamak yang berputar. Mesin Milling melemparkan logam (beram) ketika benda kerja dimakamkan terhadap suatu alat potong (*cutter*) yang berputar. Alat potong/cutter pada mesin Milling memiliki satu deretan mata potong pada kelilingnya yang masing-masing berlaku sebagai pemotong tersendiri pada tiap siklus putaran. Benda kerja dipegang pada meja yang mengendalikannya, antaranya terdapat pemotong mesin Milling tersebut (Daniel, 2009).

Sejarah mesin milling melibatkan perkembangan teknologi dan kebutuhan industri yang telah berlangsung selama beberapa abad. Mesin milling adalah alat yang digunakan untuk menghasilkan bentukan atau permukaan pada sebuah benda kerja dengan cara pemotongan menggunakan pisau milling. Berikut adalah gambaran singkat sejarah mesin milling. Pada abad ke-19, mesin milling mulai dikembangkan sebagai respons terhadap meningkatnya kebutuhan industri dan permintaan akan produksi massal. Mesin milling awalnya digunakan untuk menghasilkan bagian-bagian dari mesin tekstil dan perlengkapan industri lainnya. Pada pertengahan abad ke-19, mesin milling universal mulai muncul. Mesin ini memiliki kemampuan untuk melakukan berbagai jenis pemotongan dan membentuk berbagai bentuk, sehingga sangat fleksibel dan efisien. Pada akhir abad

ke-19, mesin milling otomatis mulai dikembangkan. Mesin ini dilengkapi dengan mekanisme otomatis untuk menggerakkan meja kerja dan pemotong, memungkinkan produksi massal menjadi lebih efisien.

Perkembangan paling signifikan terjadi pada awal abad ke-20 dengan munculnya mesin milling berbasis CNC (*Computer Numerical Control*). CNC memungkinkan pengendalian mesin secara otomatis melalui program komputer, memberikan akurasi yang lebih tinggi dan kemampuan produksi yang lebih kompleks. Seiring berjalannya waktu, mesin milling terus mengalami peningkatan teknologi dan inovasi. Mesin-mesin yang lebih canggih dan presisi tinggi dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan industri modern. Dengan sejarah yang panjang dan terus berkembang, mesin milling menjadi salah satu peralatan utama dalam industri manufaktur dan pemrosesan material. Penerapan teknologi CNC, dalam beberapa dekade terakhir, telah membuka pintu bagi produksi presisi yang tinggi dan efisiensi yang optimal dalam berbagai sektor industri.

Mesin Milling adalah mesin yang paling mampu melakukan banyak tugas dari segala mesin perkakas. Permukaan yang datar maupun berlekuk dapat dimesin dengan penyelesaian dan ketelitian yang baik. Pemotong sudut, celah, roda gigi, dan ceruk dapat digunakan dengan menggunakan berbagai pemotong. Pahat gurdi, peluas lubang, dan bor dapat dipegang dalam soket arbor dengan melepaskan pemotong dan arbor. Karena semua gerakan meja mempunyai penyetelan mikrometer, maka lubang dan pemotongan yang lain dapat diberi jarak secara cepat. Operasi pada umumnya dilakukan oleh ketam, gurdi, mesin pemotong roda gigi, dan mesin peluas lubang dapat dilakukan pada mesin milling. Mesin ini membuat penyelesaian dan lubang yang lebih baik sampai pada batas ketelitian

dengan jauh lebih baik daripada mesin sekrup. Pemotong berat dapat diambil tanpa banyak merugikan pada penyelesaian atau ketepatannya.

Terlihat adanya potensi dalam tingkat kekerasan permukaan pada hasil permesinan mesin mini milling dengan variasi putaran pada proses pengerjaan plat dwikutub yang bermanfaat untuk mengetahui tingkat kekerasan permukaan pada hasil permesinan mesin mini miling dengan variasi putaran pada proses pengerjaan plat dwikutub tersebut.

2.2. Sejarah Kekasaran

Kekasaran, sebagaimana diterapkan pada sebagian besar bahan, dan khususnya logam, merupakan uji mekanis yang berharga, terbuka, dan umumnya digunakan dalam berbagai bentuk selama lebih dari 250 tahun. Tentu saja, sebagai suatu sifat material, nilai dan kepentingannya tidak dapat diremehkan, informasi dari uji kekerasan dapat melengkapi dan sering digunakan bersama dengan teknik verifikasi material lainnya seperti tarik atau kompresi untuk memberikan informasi kinerja penting (D. Bangun, 2001).

Seberapa penting dan berapa manfaatkah pengujian material dan kekasaran? Pertimbangkan informasi yang diberikan dan signifikansinya dalam bidang struktural, dirgantara, otomotif, kendali mutu, analisis kegagalan, dan banyak bentuk manufaktur dan industrin lainnya.

Menentukan sifat material ini memberikan wawasan berharga mengenai daya tahan, kekuatan, fleksibilitas, dan kemampuan berbagai jenis komponen mulai dari bahan mentah hingga specimen yang disiapkan, dan barang jadi. Selama bertahun-tahun, berbagai metode untuk menentukan kekerasan material telah

dikembangkan dan digunakan dengan berbagai tingkat keberhasilan. Dari bentuk pengujian gores hingga pencitraan otomatis yang canggih, pengujian kekerasan yang telah berkembang menjadi metode pengujian material yang efisien, akurat, dan bernilai.

Meskipun teknik pengujian dan perangkat keras telah meningkat secara signifikan, terutama dalam beberapa tahun terakhir dan sejalan dengan kemajuan pesat dalam bidang elektronik, komputer, perangkat keras, dan kemampuan pemrograman, sebelumnya, bentuk dasar pengujian kekerasan, seperti uji gores sederhana, sudah cukup untuk kebutuhan pengujian. Zaman yang relevan. Beberapa bentuk pengujian awal batangan dimulai sekitar tahun 1722.

Pengujian ini didasarkan pada batangan yang kekerasannya meningkat dari ujung ke ujung. Tingkat dimana bahan yang diuji dapat membentuk goresan pada batang merupakan faktor penentu kekerasan specimen. Kemudian, pada tahun 1822, bentuk pengujian kekerasan diperkenalkan dengan mencangkup menggores permukaan material dengan berlian dan mengukur lebar garis yang dihasilkan, pengujian yang akhirnya dikenal sebagai skala mohs. Dalam beberapa proses, metode ini masih digunakan sampai sekarang.

Skala mohs terdiri dari sepuluh mineral, diurutkan dari yang paling keras sebesar 10 (berlian) hingga yang paling lunak sebesar 1 (*talc*). Setiap mineral dapat menggores mineral yang berada dibawahnya dalam hierarki skala. Skala mohs tidak linier. Perbedaan kekerasan antara 9 dan 10 secara signifikan lebih besar dibandingkan antara 1 dan 2. Sebagai gambaran skala mohs. Contoh nyata adalah baja perkakas yang dipekeras yang berada pada skala sekitar 7 atau 8. Selama 75 tahun berikutnya, versi uji gores yang lebih halus diperkenalkan termasuk peralatan

mikroskop, panggung, dan berlian terintegrasi yang menerapkan peningkatan beban hingga 3 gram. Bahan yang akan diuji digores dengan variasi beban dan kemudian dibandingkan dengan kumpulan goresan standar yang nilainya diketahui.

2.3. Pengertian Tingkat Kekasaran

Tingkat kekasaran permukaan merupakan ukuran/nilai kasarnya permukaan suatu material atau tinggi rendahnya suatu permukaan material yang diukur dari suatu titik acuan. Berdasarkan ranah ruang, pendekatan kekasaran permukaan dapat dilakukan dengan menggunakan 2 metode yaitu metode 2 dimensi dan metode 3 dimensi. Sedangkan cara perhitungan kekerasan permukaan dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan matematika dan simulasi (A. Adzkari, 2017).

Pengolahan citra gambar pengukuran langsung parameter-parameter yang terdapat pada pendekatan dan perhitungan kekerasan permukaan terdiri dari parameter *amplitude*, *spacing*, dan *hybrids*. Salah satu kajian yang dapat dilakukan untuk mempelajari kekerasan permukaan logam adalah dengan melakukan pemberian parameter proses pada permukaan logam. Salah satu parameter proses yang dapat dilakukan adalah *manual grinding* pada permukaan logam dengan menggunakan *abrasive paper*.

Nilai kekasaran pada permukaan logam merupakan salah satu pertimbangan dalam menentukan mutu suatu produk logam. Nilai kekasaran logam dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah proses pembentukan logam, proses pemotongan logam yang sudah terbentuk, pemberian kecepatan pemotongan logam dan pemberian sudut pemotongan logam. Toleransi harga kekasaran rata-rata (R_a) terlihat pada tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1. Toleransi harga kekasaran rata-rata (Ra)

Kelas kekerarsan	Harga Ra	Toleransi (+50% & -25%)	Panjang sampel (mm)
N1	0,025	0,02-0,04	0,08
N2	0,05	0,04-0,08	
N3	0,1	0,08-0,015	0,25
N4	0,2	0,15-0,03	
N5	0,4	0,03-0,06	
N6	0,8	0,6-1,2	
N7	1,6	1,2-2,4	0,8
N8	3,2	2,4-4,8	
N9	6,3	4,8-9,6	2,5
N10	12,5	9,6-18,75	
N11	25	18,5-37,5	8
N12	50	37,5-75,0	

2.4. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kekasaran Permukaan

Pada Proses permesinan ada beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya nilai kekasaran permukaan mendapatkan hasil kekasaran yang tidak baik atau tidak halus berikut faktor-faktor yang mempengaruhi kekasaran :

1. Getaran yang terjadi pada mesin

Getaran atau vibration merupakan pergerakan pada suatu komponen mesin dari keadaan diam atau netral. Getaran juga dapat diartikan dengan gerakan bolak-

balik atau gerak periodik disekitar titik tertentu secara periodik yang menghasilkan hasil goresan yang tidak efisiensi.

2. Ketidak tertaunan *Feedrate*

Semangkin tinggi feedrate yang digunakan menghasilkan tingkat kekasaran benda kerja semangkin kasar.

3. Material yang cacat

Material yang cacat akan menghasilkan goresan atau kekasaran yang tidak efisiensi misalnya materialnya memiliki retakan pada bagian material tersebut yang sehingga menghasilkan goresan atau kekasaran yang tidak efisiensi.

4. Keausan pada pahat.

Keausan pada pahat akan mengganggu ketelitian produk yang dihasilkan.

5. Hasil permukaan yang buruk

6. Akurasi dari dimensi benda kerja yang tidak sesuai

7. Cutting tool yang mudah rusak

8. Kerusakan pada komponen mesin apabila terlalu banyak getaran yang terjadi.

9. Akan menyebabkan bunyi mesin yang bising ketika memakai frekuensi parameter.

2.5. Alat penguji

Alat Uji Kekasaran (*Surfcorder SE 1700*) *Surface Roughness Tester* merupakan alat yang mampu mengukur tingkat kekasaran permukaan. Setiap permukaan komponen dari suatu benda mempunyai beberapa bentuk dan variasi yang berbeda baik menurut strukturnya maupun dari hasil proses produksinya. *Roughness* (kekasaran) didefinisikan sebagai ketidakhalusan bentuk yang menyertai proses produksi yang disebabkan oleh pengerjaan mesin. Nilai kekasaran dinyatakan dalam *Roughness Average (Ra)*. *Ra* merupakan parameter kekasaran yang paling banyak dipakai secara internasional. 20 Pengukuran kekasaran permukaan diperoleh dari sinyal pergerakan *stylus* berbentuk diamond untuk bergerak sepanjang garis lurus pada permukaan sebagai alat indicator pengukur kekasaran permukaan benda uji. Prinsip kerja dari *Surface Roughness* adalah dengan menggunakan transducer dan diolah dengan *microprocessor*, seperti terlihat pada gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1. *Surface roughness*

2.6. Parameter Pemotongan

Parameter pemotongan dijelaskan pada penjabaran berikut ini.

1. *Cutting Speed* (Kecepatan Pemotongan)

Cutting speed adalah kecepatan pada sisi permukaan terluar dari pahat, biasanya dapat diukur dalam m/min. *Cutting speed* secara langsung berhubungan dengan diameter pahat potong dan kecepatan putaran *spindle* seperti pada gambar 2.2, seperti pada persamaan berikut.

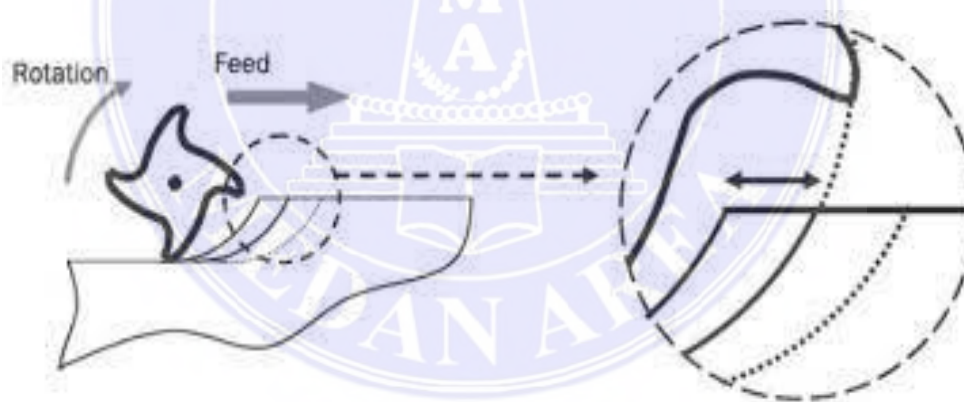
$$vc = \pi \cdot N \cdot D \text{ 1000} \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan:

N = *Spindle speed* (rev/min)

V = *Cutting speed* (mm/min)

D = Diameter (mm)



Gambar 2.2. Ilustrasi Kecepatan Pemotongan 2 Pahat dengan Diameter Berbeda

2. *Feed rate*

Feed rate didefinisikan sebagai jarak yang ditempuh pahat. Biasanya berhubungan dengan *feed per cutter tooth* atau *chip load*, yang melambangkan ukuran chip yang dibentuk oleh masing-masing *cutter*. Hal ini dapat dihitung

manjadi *feed rate* dari *spindle speed* dan jumlah gigi pada cutter sebagai berikut (Groover, 2010).

$$vf = fz \cdot z \cdot N \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

vf = feed rate (mm/min)

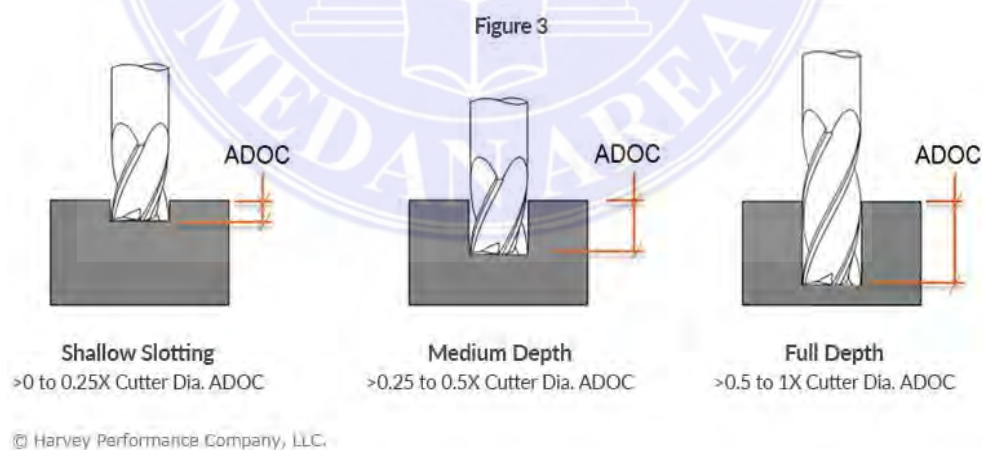
fz = feed per tooth (mm/tooth)

N = Spindle speed (rev/min)

Z = Jumlah gigi pada cutter

3. Kedalaman Pemotongan (*Depth of cut*)

Terdapat dua macam *depth of cut* pada proses milling yaitu *axial depth of cut* (a_p) dan *radial depth of cut* (a_e), keduanya diukur dalam millimeter (mm). Baik *axial* maupun *radial depth of cut* akan berpengaruh terhadap beban yang diterima oleh mata pahat. Semakin tinggi *depth of cut*, maka beban yang diterima mata pahat akan meningkat (Mujiono, 2016), terlihat pada gambar 2.3 berikut.



Gambar 2.3. *Axial depth of cut* (a_p) dan *radial depth of cut* (a_e)

Depth of cut akan mempengaruhi *material removal rate*. Di mana semakin besar *depth of cut* akan meningkatkan *material removal rate*. Hal ini menyebabkan hasil pengoperasian milling yang kasar dan meningkatnya konsumsi daya. Semakin

meningkat *depth of cut* maka gaya potong meningkat sehingga akan terjadi beban bengkok yang menyebabkan perubahan defleksi hingga hasil akhir yang dicapai adalah kekasaran permukaan.

Peningkatan nilai *depth of cut* juga akan mempengaruhi getaran yang terjadi pada proses milling atau disebut juga *chatter*. Peningkatan *depth of cut* akan membuat proses milling menjadi tidak stabil, sehingga *chatter* juga akan meningkat. Peningkatan *chatter* yang terjadi pada proses milling akan menghasilkan kekasaran permukaan yang tinggi (Arifin, 2011).

4. Material Removal Rate

Material Removal Rate (MRR) didefinisikan sebagai jumlah material yang hilang tiap satuan waktu, Pada proses milling dapat ditentukan dari cross-sectional area dari pemotongan dan feed rate dengan membuat penyesuaian dari cross-sectional area.. Untuk menilai MRR, dapat menggunakan persamaan berikut (Groover, 2010). Untuk menilai MRR (Q), dapat menggunakan persamaan berikut.

$$Q = vc \cdot Ac \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan:

Q = *Material Removal Rate*

vc = *cutting speed* (m/min)

Ac = *chip section*

Untuk *chip section* didapatkan dari persamaan berikut :

$$Ac = h \cdot b \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan:

h = ketebalan *chip* (mm)

b = lebar *chip* (mm)

Hubungan antara *chip thickness* dengan gaya potong dan tool force dapat dilihat pada rumus (Bolsunovsky, 2013) berikut :

$$F_n = k_{nc} \cdot A_c + k_{ne} \cdot b \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan :

F_t = *Tangential cutting force* (N)

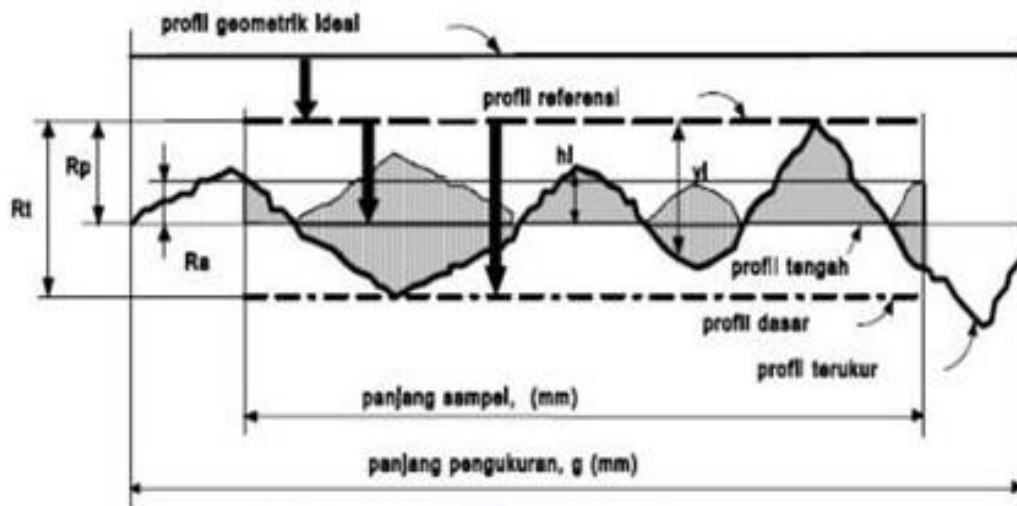
F_n = *Normal cutting force* (N)

$k_{tc}, k_{te}, k_{nc}, k_{ne}$ = Koefisien *cutting force*

Gaya yang dihasilkan dari proses pemotongan oleh pahat menyebabkan pahat tersebut bergetar. Getaran pada pahat akan meningkat seiring dengan bertambahnya gaya yang dihasilkan. (Boothroyd, 1981)

2.7. Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan atau surface roughness merupakan ketidakraturan suatu konfigurasi permukaan yang dapat berupa lekukan-lekukan ataupun goresan kecil pada benda. Kekasaran permukaan digunakan sebagai tolak ukur kualitas dari suatu produk. Material dengan nilai kekasaran permukaan yang tinggi cenderung bersifat korosif. Beberapa istilah profil permukaan yang dapat dilihat pada gambar 2.4 berikut.



Gambar 2.4. Profil Kekasaran Permukaan

Beberapa bagian dari profil dan parameter kekasaran permukaan, yaitu:

1. Profil Geometri Ideal Merupakan profil permukaan sempurna berupa garis lurus, lingkaran, dan garis lengkung.
2. Profil Terukur Merupakan profil yang dapat diukur menggunakan alat ukur
3. Profil Referensi Merupakan profil yang berfungsi sebagai referensi atau acuan dalam menganalisis ketidakteraturan konfigurasi permukaan. Profil ini berbentuk garis lurus atau sesuai dengan bentuk profil geometri ideal dan menyinggung puncak tertinggi dari profil terukur dalam suatu panjang sampel. Profil ini juga biasa disebut dengan profil puncak (*cust-line*).
4. Profil Alas Merupakan profil yang digeser ke bawah secara tegak lurus terhadap profil geometris ideal pada suatu panjang sampel sampai menyentuh titik terendah dari suatu profil terukur.
5. Profil Tengah Merupakan profil yang posisinya berada di tengah-tengah berfungsi untuk mengetahui luas daerah di bawah profil tengah sampai profil terukur yang ditunjukkan oleh daerah terarsir.

6. Kedalaman Total (R_t) Merupakan jarak rata-rata antara profil referensi dan profil dasar, disebut juga peak to valley height.
7. Kedalaman Perataan (R_p) Merupakan jarak rata-rata antara profil referensi dengan profil terukur, disebut juga peak to mean lane.
8. Kekasaran Rata-rata Aritmetis (R_a) Merupakan harga rata-rata aritmetis dari harga absolut antara profil terukur dengan profil tengah, disebut juga mean roughness index. Nilai kekasaran rata-ratanya ditinjau dari luasan puncak dan luasan lembah pada suatu panjang pengukuran tertentu.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kekasaran permukaan seperti:

1. Terjadinya getaran saat proses pemotongan berlangsung.
2. Jenis, bentuk, material, dan ketajaman alat potong.
3. Tingkat kekerasan dari material benda kerja.
4. Laju pemakanan (feeding) dan radius ujung pahat (nose radius tool) 16
5. Kondisi pemotongan dari mesin perkakas yang digunakan.

Hubungan antara feeding dengan kekasaran permukaan terdapat pada persamaan (Groover, 2013)

$$Rata - rata = \frac{jumlah\ nilai}{banyak\ data}$$

$$Atau\ x = \frac{F}{n}$$

Keterangan :

X adalah kekasaran rata-rata

F adalah jumlah nilai sampel

n adalah banyak data

Vibration Dalam Operasi Permesinan Pada proses permesinan dan penggunaan machine tools, yang perlu diperhatikan adalah kekakuan mesin. Kekakuan mesin yang rendah akan menyebabkan adanya getaran pada cutting tool, dan akan mempengaruhi dari kualitas produk. Vibration yang tidak terkontrol akan menyebabkan hal berikut (Kalpakjian & Schmid, 2009).

1. Hasil permukaan yang buruk.
2. Akurasi dari dimensi benda kerja yang tidak sesuai.
3. *Cutting tool* yang mudah rusak.
4. Kerusakan pada komponen mesin apabila terlalu banyak getaran yang terjadi.
5. Akan menyebabkan bunyi mesin yang bising ketika memakai frekuensi parameter yang tinggi.

Getaran dalam proses milling, terjadi karena adanya perpindahan (*displacement*) pada pahat potong dari titik keseimbangannya yang diakibatkan oleh terbentuknya gaya yang mengeksitasi sistem tersebut dan kembali lagi ke titik keseimbangannya dikarenakan adanya *regenerative chatter*. *Regenerative chatter* terjadi saat *cutting edge* memotong permukaan benda yang sebelumnya telah terpotong oleh *tooth* lainnya. Jika *tooth* sebelumnya telah mengalami getaran, maka permukaan benda menjadi bergelombang dan *tooth* berikutnya akan memotong *chip thickness* yang berbeda dan menghasilkan nilai *cutting force* yang berbeda juga, terjadi berulang ulang sehingga mengakibatkan fluktuasi *cutting force*. Fluktuasi *cutting force* dapat menyebabkan *tool* mengalami *displacement* sehingga menghasilkan siklus yang terbentuk ketika machine tool mengalami displacement

lalu pada *cutting process* dihasilkan nilai *cutting force* dan kembali lagi menghasilkan *tool displacement*.

2.8 Pengertian Analisis Kekasaran

Kekasaran permukaan logam merujuk pada tekstur atau kondisi fisik permukaan logam yang dapat diukur dan diidentifikasi. Kekasaran permukaan dapat memiliki pengaruh signifikan terhadap berbagai aspek, seperti kekuatan gesekan, kemampuan perekatan, dan karakteristik korosi. Evaluasi kekasaran permukaan melibatkan pengukuran dan analisis profil atau pola permukaan tersebut.

2.8.1 Metode Analisis Kekasaran Permukaan

1. Nilai Kekasaran Permukaan

Nilai kekasaran pada permukaan logam merupakan salah satu pertimbangan dalam menentukan mutu suatu produk logam. Mutu produk tentunya mengacu pada hubungan antara kekasaran permukaan dengan sifat mekanik, sifat optik maupun sifat elektrik yang terbentuk dari produk yang dibuat. Nilai kekasaran logam dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah proses pembentukan logam, proses pemotongan logam yang sudah terbentuk, pemberian kecepatan pemotongan logam dan pemberian sudut pemotongan logam. Parameter-parameter yang berkenaan dengan kekasaran permukaan pada logam terdiri dari hybrids, spacing dan amplitudo. Parameter amplitudo merupakan parameter yang paling penting dalam mempelajari karakteristik topografi permukaan suatu logam. Besaran-besaran yang masuk dalam parameter amplitudo terdiri dari *arithmetic average height* (R_a), *Root*

mean square roughness (Rq), ten point height (Rz), maximum height of peaks (Rpm) dan besaran-besaran lainnya.

2. Manual Gridding

Manual gridding merupakan proses pengamplasan permukaan sampel dengan menggunakan abrasive paper sesuai dengan matriks penelitian. Manual gridding dilakukan selama 5 menit.

3. Pengujian kekasaran permukaan

Permukaan besi yang telah diampelas kemudian dilakukan pengujian kekasaran permukaan dengan menggunakan alat ukur surfest mitutoyo SJ-310.

4. Karakterisasi sampel dengan mikroskop optic

Sampel (permukaan besi) yang telah diampelas dengan menggunakan abrasive paper kemudian dilakukan karakterisasi menggunakan viewmet™ inverted microscope dengan perbesaran 10x.

5. Pengolahan data dan analisis

Data yang telah diperoleh dari hasil pengukuran kekasaran permukaan dengan menggunakan surfest mitutoyo SJ-310 kemudian diolah untuk mendapatkan nilai rata-rata, Nilai tertinggi, terendah serta standar deviasi. Sedangkan hasil gambar yang diperoleh dari viewmet™ inverted microscope akan dilakukan menggunakan image j.

2.8.2 Metode Parameter Proses Pemesinan Milling

Parameter proses permesinan milling adalah, dasar-dasar perhitungan yang digunakan untuk menentukan perhitungan dalam proses pemotongan/peyayatan

permesinan milling diantaranya, kecepatan potong (V_c), kecepatan putaran mesin (rpm), kecepatan pemakanan (V_f) dan kedalaman pemotongan (*depth of cut*).

1. Kecepatan potong (*cutting speed*)

Kecepatan potong (C_s) adalah kemampuan alat potong menyayat bahan dengan aman menghasilkan tatal dalam satuan panjang/waktu (*meter/second* atau *feet/second*). Kecepatan potong setiap bahan terlihat pada tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2. Kecepatan potong sesuai bahan

Bahan	Pahat bubut HSS		Pahat Bubut Karbida	
	m/men	Ft/min	M/men	Ft/min
Baja lunak (<i>mild steel</i>)	18-21	60-70	30-250	100-800
Besi tuang (cast iron)	14-17	45-55	45-150	15-500
Perunggu	21-24	70-80	90-200	300-700
Tembaga	45-90	150-300	150-450	500-1500
Kuningan	30-120	100-400	120-300	400-1000
Aluminium	90-150	300-500	90-180	b-600

Kecepatan potong tersebut sapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$C_s = \pi \cdot d \cdot n \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan:

C_s adalah kecepatan potong (m/s)

d adalah diameter benda kerja (mm)

n adalah putaran mesin/benda kerja (rpm)

π adalah nilai konstanta (3,14)

2. Kedalaman pemakanan (*Depth Of Cut*)

Depth of cut akan mempengaruhi *material removal rate*. Di mana semakin besar *depth of cut* akan meningkatkan *material removal rate*. Hal ini menyebabkan hasil pengoperasian milling yang kasar dan meningkatnya konsumsi daya. Semakin meningkat *depth of cut* maka gaya potong meningkat sehingga akan terjadi beban bengkok yang menyebabkan perubahan defleksi hingga hasil akhir yang dicapai adalah kekasaran permukaan. Tebal pemakanan dapat pilih berdasarkan bahan benda kerja, pisau yang digunakan, mesin, sistem pencekaman, dan kecepatan potong. Kedalaman pemakanan dapat dihyung menggunakan rumus berikut.

$$a = L_o - L_i \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan :

a = kedalaman pemakanan (mm)

L_o = ukuran atau panjang awal (mm)

L_i = ukuran atau panjang akhir (mm)

3. Pemilihan Level Parameter

CAM level parameter permesinan harus disesuaikan karakteristik bahan dan alat potong. Bahan dalam pengujian (raw material) menggunakan alumunium di CV. XYZ. Dalam penelitian ini menggunakan 2 variabel bebas yaitu cutting speed dan depth of cut. Sedangkan untuk level parameter menggunakan 3 variasi level, dimana baris merupakan variabel bebas yang dapat diubah dalam eksperimen dan kolom merupakan kombinasi level dari faktor dalam eksperimen. Level parameter permesinan dapat dilihat pada tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.3. Data Level Parameter

No	Parameter	<i>Cuttingspeed (m/s)</i>	<i>Depth of Cut (mm)</i>
1	Low	150	0,5
2	Medium	250	1
3	High	400	1,5



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

3.1.1 Waktu

Proses pelaksanaan penelitian ini dimulai atas persetujuan yang di berikan oleh pembimbing yang pada tanggal 27 Oktober 2023, mulai studi literatur, pembuatan hingga pengujian seperti terlihat pada tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3.1. Jadwal Tugas Akhir

Aktifitas	2023/2024															
	Bulan I				Bulan II				Bulan III				Bulan IV			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Pengajuan Judul																
Penulisan Proposal																
Seminar Proposal																
Proses Penelitian																
Pengolahan Data																
Penyelesaian																
Laporan																
Seminar Hasil																
Evaluasi dan																
persiapan Sidang																
Sidang Sarjana																

3.1.2 Tempat

Ada pun tempat pelaksanaan penelitian ini yaitu dilakukan di CV. IRA PUBLISHING yang beralamat Perum Graha Garuda Mas Blok II No.39, Kabupaten Deli Serdang,Sumatra utara.

3.2 Bahan dan alat

3.2.1 Bahan

1. Spesifikasi Karbon polipropilena titanpro PM655

Karakter:

Homopolimer polipropile. Titanpro PM655 mematuhi peraturan administrasi makanan dan obat-obatan (FDA) A.S. Sebagaimana ditentukan dalam 21 CFR 177.1520(a)(1)(i) dan (c)1.1a. TSCA Registry: CAS# 9003-07-0.

Aplikasi:

Celah pita dan monofilament untuk tali, benang, dan kain industry serta barang thermoformed.

Keunggulan:

Kemampuan proses yang luar biasa. Stabilitas gelembung maksimum untuk produksi slit tape melalui proses tubular. Stabilitas leleh yang baik dan kekuatan serat yang unggul. Warna rendah, rasa & bau rendah. Tidak ada masalah plate-out pada bibir mati atau gulungan dingin. Stabilitas penuaan panas yang baik pada benang dan kain.

Pembuatan:

peralatan-ekstrusi umum. Teknik-pemrosesan standar untuk pita cetak tubular dan datar.

Tabel 2.4. Karbon titanpro PM655

No	Sifat resin khusus	Unit	PM655	ASTM METHOD
1	Laju aliran leleh 230 oC	g/10 min	1.7	D1238
2	Kepadatan	g/cm ³	0.9	D1505
3	Kekuatan Tarik pada hasil	kg/cm	360	D638
4	Perpanjangan pada hasil	%	12	D638
5	Modulus lentur	kg/cm ²	17500	D790B
6	Kekuatan dampak izod berlekuk pada 23 oC	kg·cm/cm	5.5	D256
7	Suhu lendutan panas 4,6 kg/cm ²	oC	95	D648
8	Kekerasan Rockwell	R scale	95	D785A
9	Penyerapan air setelah 24 jam	%	0.02	D570

Karbon polipropilena titanpro PM655 yang diggunakan dalam penelitian ini terlihat pada gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3.1. Karbon polipropilena titanpro PM655

3.2.2 Alat

Ada beberapa alat yang digunakan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Jangka sorong

Jangka sorong pada gambar dibawah ini digunakan untuk mengukur suatu bahan kerja yang mana dilakukan suatu material yang akan diuji. Jangka sorong yang digunakan dalam riset ini terlihat pada gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2. Jangka Sorong

2. Dovetail cutter

Dovetail cutter berfungsi sebagai alat untuk memangkas permukaan benda kerja. *Dovetail cutter* yang digunakan dalam penelitian ini terlihat pada gambar 3.3 dibawah ini.



Gambar 3.3. *Dovetail cutter*

3. Mesin Mini milling

Mesin CNC milling yang digunakan pada penelitian ini adalah mesin mini milling dapat dilihat dari gambar 3.4 dibawah ini



Gambar 3.4. Mesin Mini Milling

4. *Surface roughness*

Alat uji yang digunakan dalam menguji kekasaran permukaan. *Surfcorder SE 1700* digunakan untuk mengukur suatu kekasaran permukaan benda kerja yang di hasilkan dalam proses pemesinan. Setiap permukaan komponen suatu benda mempunyai beberapa bentuk yang berbeda. Pengujian kekasaran ini dilakukan untuk mengetahui nilai dari kekasaran suatu permukaan dari bahan kerja dengan standar pengukuran (R_a), (R_z), (R_q), (R_{max}) dengan ketelitian alat 0,2. Surface rounghnes tester mitutoyo yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.5 di bawah ini.



Gambar 3.5. *Surface roughness*

3.3 Metode penelitian

Riset Ini menggunakan metode penelitian untuk mencari nilai tingkat kekasaran permukaan dapat dilakukan dengan menggunakan surface roughness, untuk menghitung nilai kekasaran permukaan dapat digunakan metode taguchi. Metode ini dapat mengombinasikan parameter proses untuk mendapatkan kombinasi parameter yang optimal. Dalam penelitian metode eksperimen dapat digunakan untuk menguji dan mencari pengaruh tertentu terhadap objek lain dalam keadaan yang dikendalikan. Nilai kekasaran permukaan dihitung dalam micrometer (μm) semangkin besar deviasinya semangkin kasar permukaannya dan sebaliknya jika nilai rata-ratanya kecil maka permukaannya lebih halus.

3.4 Populasi Dan Sampel

3.4.1 Populasi

Populasi dalam penelitian ini mencakup semua kemungkinan kombinasi parameter yang memengaruhi proses milling di industri manufaktur. Parameter tersebut adalah kecepatan putar spindel (RPM), kecepatan pemakanan (*feed rate*), kedalaman potong (*depth of cut*), jenis material benda kerja dan jenis alat potong.

3.4.2 Sampel

Sampel dalam penelitian ini akan diambil dengan menggunakan Desain Eksperimen Taguchi, yang memungkinkan penelitian dilakukan secara efisien dengan jumlah percobaan yang lebih sedikit. Dengan menggunakan matriks ortogonal Taguchi, seperti yang ditentukan beberapa kombinasi parameter yang akan diujicobakan dalam penelitian dapat dilihat pada tabel 3.2 sebagai berikut.

Tabel 3.3. Sampel Penelitian

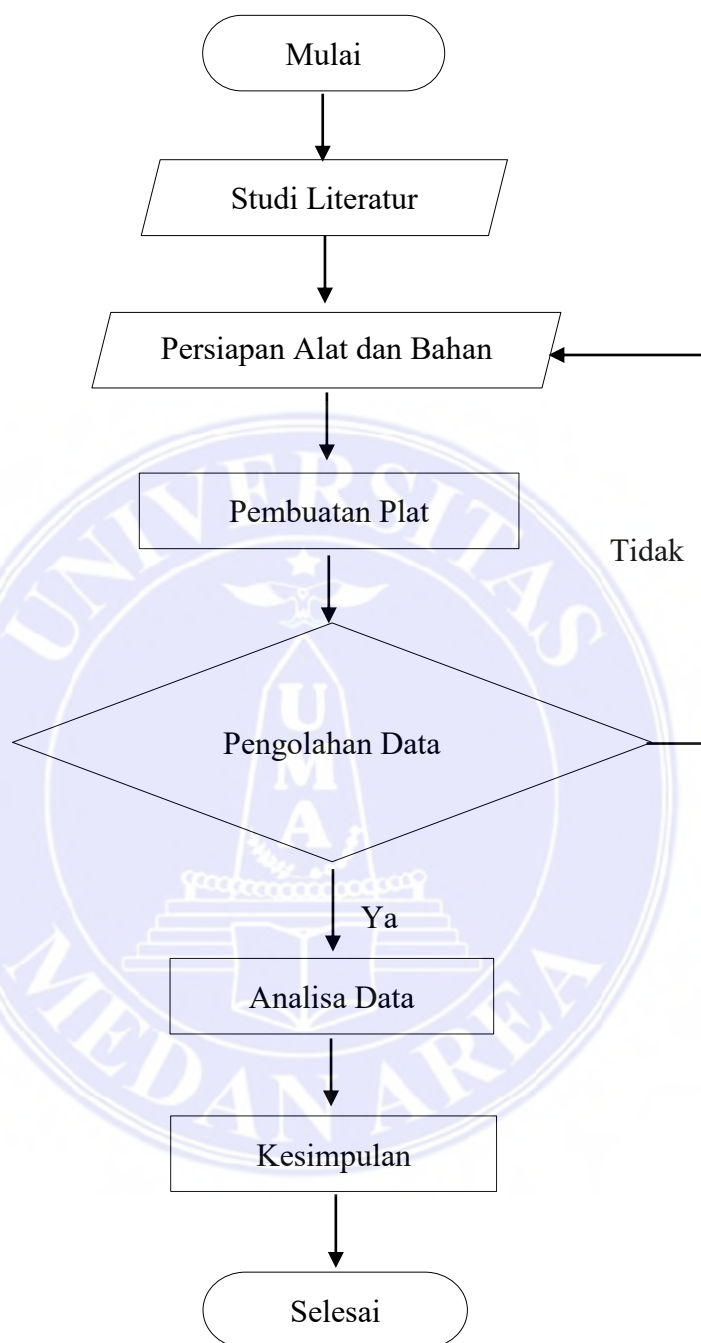
No.	Kecepatan Spindel (RPM)	Kedalaman Potong (mm)
1	1000 RPM	0,25, 0,50, 0,75
2	800 RPM	0,25, 0,75
3	600 RPM	0,25, 0,75

3.5 Prosedur Kerja

Penelitian ini menggunakan parameter mesin ukir karbon polipropilena dengan prosedur kerja sebagai berikut:

1. Dimulai dari pemilihan material/benda kerja yaitu karbon polipropilena.
2. Kemudian material/benda kerja yaitu karbon polipropilena diletakkan dibawah mata pahat mesin ukir yaitu mesin milling .
3. Melakukan proses pengujian tingkat kekasaran pada mesin ukir.
4. Hasil dari pengukuran pada mesin ukir karbon polipropilena keluar dengan cara melonggarkan pengikat benda kerja yang terletak dibawah mesin ukir milling.
5. Mencari nilai Ra permukaan yang telah diuji dengan surface roughness

3.5.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.6. Diagram Alir Penelitian

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Dari penelitian didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Tingkat kekasaran permukaan pada hasil permesinan mesin mini milling dengan variasi putaran 1000,800,600 Rpm dengan kedalaman pemakanan 0,25,0,50,75 mendapatkan nilai rata-rata terkecil adalah kecepatan 100 Rpm dengan kedalaman pemakanan 0,25,0,75 yang nilai Ranya sama-sama mendapatkan 0,9 μm , sedangkan nilai Ra yang tertinggi yaitu 0,50 dengan kecepatan 100 Rpm dengan Ra 1,6 μm .
2. Pengaruh putaran mata pisau yang dilakukan dengan beberapa variasi kecepatan 1000,800,600 rpm, pengaruhnya ialah semakin cepat putaran mata pisau tersebut dapat menghasilkan pemotongan yang lebih bersih/halus dan presisi.
3. Faktor yang mempengaruhi kualitas kekasaran plat komposit ialah Mata pisau yang kurang tajam, Material bahan yang digunakan harus sesuai dengan mata pisau yang digunakan, dan material yang cacat atau dimaterial sudah ada cacat seperti tidak rata, bolong dibagian tengahnya, Kecepatan mata pisau, kedalaman pemotongan, pengaturan mesin dan kondisi mesin, Tidak adanya alat pendingin untuk material komposit yang digunakan.

5.2 Saran

Saran yang ingin disampaikan penulis kepada pembaca adalah sebagai berikut.

1. Perluas penelitian dengan menggunakan material benda kerja yang berbeda, seperti baja, aluminium, atau logam campuran lainnya. Hal ini penting karena setiap material memiliki karakteristik yang berbeda dalam hal respons terhadap kecepatan spindel, kedalaman potong, dan kecepatan pemakanan.
2. Bandingkan hasilnya dengan metode optimasi lain seperti *Response Surface Methodology* (RSM) atau Algoritma Genetika. Dengan membandingkan metode yang berbeda, hasil penelitian akan lebih solid dan bisa memberikan parameter optimal yang lebih presisi.
3. Untuk memastikan validitas dan reliabilitas data, disarankan untuk melakukan pengulangan eksperimen. Setidaknya tiga pengulangan per kombinasi parameter akan memberikan data yang lebih konsisten dan bisa digunakan untuk menghitung rata-rata yang lebih akurat.
4. Harus menggunakan mata pisau yang tajam dan sesuai dengan material yang akan diuji dan kecepatan dan kedalaman pemotongan arus sesuai.

DAFTAR PUSTAKA

- Daniel. 2009. *Optimasi parameter permesinan proses CNC Frais terhadap hasil kekerasan permukaan dan keausan pahat menggunakan metode taguchi*. Semarang: Tugas sarjana Teknik Mesin Universitas Diponegoro.
- Bangun, D. (2001). *Pengaruh variasi kecepatan dan Variabel putaran permukaan pada proses Frais Mmc Matrik*. Jurnal teknik mesin, 15-22.
- Mujiono. (2016). *Pengaruh kecepatan putaran spindel dan kecepatan pemakanan terhadap kekerasan permukaan baja EMS 45 pada proses End Milling Surface*.
- Adzkari, A. (2017). *Karakteristik tingkat kekerasan permukaan hasil pembubutan Baja SS41 akibat perbedaan nose Radius dan kecepatan potong pada Mesin Bubut CNC*.
- Groover, Mikell P. (2010). *Fundamentals of Modern Manufacturing: 4th Edition*. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Arifin. (2011). *Metode penelitian kualitatif, kuantitatif, dan R & D*. Bandung: Alfabeta.
- Bolsunovsky, G. (2016). *Cutting force calculation and experimental measurement for 5-axis Ball End Milling*. Moscow: Central Aerodynamics instate (TsAGI) Russia.
- Boothroyd, G. (1981). *Fudamental of metal machining and machine tools*. Washington D.C.: scripta Book Company.
- Groover, Mikell P. (2013). *Fundamentals of Modern Manufacturing: 5th Edition*. United states of America: John Wiley & Sons, Inc.
- Iswandi, J. Sahari, and A. B. Sulong, "Effects of Different Particles Sizes of Graphite on the Engineering Properties of Graphites/Polypropylene Composites on Injection Molding Aplication," Key Eng. Mater., vol. 471–472, pp. 109–114, Feb. 2011, doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.471-472.109.
- Iswandi and Abu Bakar Sulong, "Effects Of Graphite/Polypropylene On The Electrical Conductivity Of Manufactured Bipolar Plate," Malays. J. Anal. Sci., vol. 23, no. 2, Apr. 2019, doi: 10.17576/mjas-2019-2302-19.
- Iswandi, Husaini Teuku Abu Bakar, and Jaafar, Sahari, "Critical Powder Loading And Rheological Properties Of Polypropylene/Graphite Composite Feedstock For Bipolar Plate Application," Malays. J. Anal. Sci., vol. 20, no. 3, pp. 687–696, Jun. 2016, doi: 10.17576/mjas-2016-2003-30.
- N. A. Mohd Radzuan, A. B. Sulong, and I. Iswandi, "Effect of Multi-Sized Graphite Filler on the Mechanical Properties and Electrical Conductivity," JSM, vol. 50, no. 7, pp. 2025–2034, Jul. 2021, doi: 10.17576/jsm-2021-5007-17.D-3, Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret, Surakarta.