

TUGAS AKHIR

**PENGARUH KECEPATAN POTONG TERHADAP
PELUBANGAN MATERIAL ASTM 485-A DENGAN
MENGUNAKAN PAHAT KARBIDA**

OLEH

**SULAIMAN
D21114501**



**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

SKRIPSI

**PENGARUH KECEPATAN POTONG TERHADAP
PELUBANGAN MATERIAL ASTM 485-A DENGAN
MENGUNAKAN PAHAT KARBIDA**

OLEH :

SULAIMAN

D211 14 501

**Merupakan Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin**

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2021

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan mengikuti ujian akhir guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin pada Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

JUDUL :

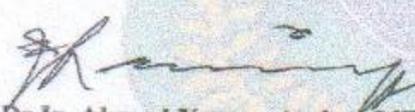
**PENGARUH KECEPATAN POTONG TERHADAP PELUBANGAN
MATERIAL ASTM 485-A DENGAN MENGGUNAKAN PAHAT
KARBIDA**

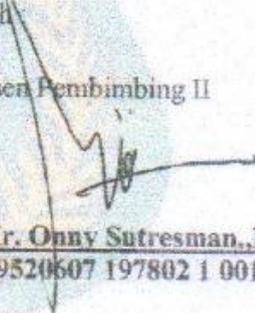
SULAIMAN
D211 14 501

Telah diperiksa dan disetujui oleh

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Dr. Ir. Ahmad Yusran Aminy, MT
NIP. 19580921 198603 1 003

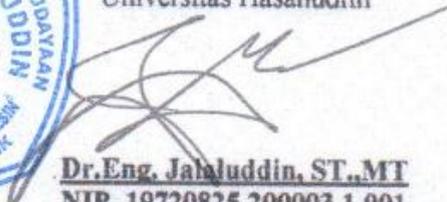

Prof. Dr. Ir. Onny Sutresman, MT
NIP. 19520607 197802 1 001

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin




Dr. Eng. Jalaluddin, ST, MT
NIP. 19720825 200003 1 001

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama : SULAIMAN

Tempat Tanggal Lahir : Pulau Katela 31, Oktober 1996

Jenis Kelamin : Laki- Laki

Alamat : Jl.Poros Malino PKG, Gowa

HP : 085399440144

Email : sulaimananno501009@gmail.com

Riwayat Pendidikan :

- SD NEGERI 8 KATOBU (2002-2008)
- SMP NEGERI 5 RAHA (2008-2011)
- SMA NEGERI 1 RAHA (2011-2014)
- UNIVERSITAS HASANUDDIN (2014-2021)

Riwayat Organisasi :

- HMM FT UH
- OKFT UH

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda – tangan dibawah ini:

NAMA : Sulaiman
NIM : D211 14 501
JENJANG : S1
JUDUL SKRIPSI : Pengaruh Kecepatan Potong Terhadap Pelubangan Material
ASTM 485-A Dengan Menggunakan Pahat Karbida

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan-bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Hasanuddin atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Hasanuddin.

Demikian pernyataan ini saya buat.

Gowa, 03 Agustus 2021

Yang membuat pernyataan,



Sulaiman

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul. **“Pengaruh Kecepatan Potong Terhadap Pelubangan Material ASTM 485-A Dengan Menggunakan Pahat Karbida”**.

Penyusunan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) bagi mahasiswa program S-1 pada Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Banyak kendala yang dihadapi oleh penulis dalam rangka penyusunan Tugas Akhir ini, berbagai pihak telah banyak memberikan dorongan, bantuan serta masukan sehingga dalam kesempatan ini penulis dengan tulus menyampaikan terima kasih kepada :

1. Kedua Orang Tua saya dan Keluarga yang selalu memberikan motivasi, support dan kasih sayang serta doa restunya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
2. Bapak Dr. Ir. Ahmad Yusran Aminy.,MT selaku pembimbing pertama atas segala bimbingan, arahan, masukan, dan bantuannya selama penyusunan tugas akhir.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Onny Sutresman.,MT selaku pembimbing kedua atas segala bimbingan, arahan, masukan, dan bantuannya selama penyusunan tugas akhir.
4. Bapak Dr. Eng. Jalaluddin, ST, MT, selaku Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Bapak Dr. Muhammad Syahid, ST, MT, selaku sekretaris Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Bapak dan ibu dosen serta Staff Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
7. Kepada saudara-saudari seperjuangan, RADIATOR 2014 yang selalu ada

dalam suka maupun duka.

8. Kepada saudara-saudari saya di TEKNIK 2014 yang selalu memberikan support selama ini.
9. Kepada seluruh kanda-kanda senior di OKFT-UH terkhusus kanda-kanda di HMM FT-UH.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih banyak kekurangan, apabila terdapat kesalahan baik dalam penulisan maupun dalam pengambilan data sepenuhnya tanggung jawab penulis. Oleh karena itu penulis memohon saran dan kritik yang sifatnya membangun demi perbaikan tugas akhir ini. Demikian semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

ABSTRAK

Sulaiman (D211 14 501). Pengaruh Kecepatan Potong Terhadap Pelubangan Material ASTM 485-A Dengan Menggunakan Pahat Karbida. (Dibimbing oleh Dr. Ir. Ahmad Yusran Aminy., MT dan Prof. Dr. Ir. Onny Sutresman., MT)

Penelitian ini bertujuan untuk (1) Menentukan kekasaran hasil pelubangan terhadap pengaruh kecepatan spindle dan pemakanan, (2) Menentukan pengaruh kecepatan spindle dan kecepatan pemakanan terhadap kekasaran dengan variasi diameter pahat.

Penelitian ini menggunakan metode *Drilling* yang dilaksanakan di Balai Latihan Kerja (BLK), Kota Makassar, Provinsi Sulawesi Selatan. Mesin yang digunakan jenis Mesin Frais CNC model ECOMILL 600 V, dengan maksimal kecepatan spindle 12000 rpm. Pahat yang digunakan jenis pahat karbida dengan variasi diameter 12 mm, 13 mm, dan 14 mm. dengan kecepatan spindle 400 rpm, 450 rpm, dan 500 rpm. Adapun pemakanannya 60 mm/menit, 80 mm/menit, dan 100 mm/menit.

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini yaitu semakin tinggi putaran spindle maka semakin rendah nilai kekasarannya atau semakin halus, begitupun sebaliknya semakin rendah putaran spindle maka semakin tinggi nilai kekasarannya. Adapun untuk pengaruh kecepatan pemakanan yaitu semakin tinggi kecepatan pemakanannya maka semakin tinggi pula nilai kekasarannya, begitupun sebaliknya semakin rendah kecepatan pemakanannya maka semakin rendah pula nilai kekasarannya atau semakin halus. nilai kekasaran terendah atau yang paling halus didapatkan pada diameter pahat 12 mm dengan kecepatan spindle 500 rpm dan kecepatan pemakanan 60 mm/menit yaitu 0,22 μm , sedangkan nilai kekasaran tertinggi didapatkan pada diameter pahat 14 mm dengan kecepatan spindle 400 dan kecepatan pemakanan 100 mm/menit yaitu 7,11 μm .

Kata Kunci: Kecepatan putaran Spindel, *Drilling*, Material ASTM 485-A, Pahat Karbida.

ABSTRACT

Sulaiman (D211 14 501). Effect of Cutting Speed on Astm 485-A Material Hole Using Carbide Chisel. (Guided by Dr. Ir. Ahmad Yusran Aminy., MT and Prof. Dr. Ir. Onny Sutresman.,MT)

This study aims to (1) Determine the roughness of the results of the dislocation to the influence of spindle speed and feeding, (2) Determine the influence of spindle speed and feeding on roughness with variations in the diameter of the chisel.

This research uses Drilling method conducted at Balai Latihan Kerja (BLK), Makassar City, South Sulawesi Province. The machine used type Frais CNC Machine ecomill model 600 V, with a maximum spindle speed of 12000 rpm. Chisels are used carbide chisels with a diameter variation of 12 mm, 13 mm, and 14 mm. spindle speeds of 400 rpm, 450 rpm, and 500 rpm. Feeding is 60 mm/min, 80 mm/min, and 100 mm/min.

The result obtained from this study is that the higher the spindle, the lower the roughness value or the smoother, and vice versa the lower the spindle spindle, the higher the roughness value. As for the influence of feeding that is the higher the feeding, the higher the value of roughness, and vice-time the lower the speed of feeding, the lower the value of roughness or the smoother. the lowest or smoothest roughness value is obtained at a chisel diameter of 12 mm with a spindle speed of 500 rpm and a speed of 60 mm/min of 0.22 μm , while the highest roughness value is obtained at a chisel diameter of 14 mm with a spindle speed of 400 and a speed of 100 mm/min of 7.11 μm .

Keywords: Spindle rotation speed, Drilling, ASTM 485-A Material, Carbide Chisel.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR GRAFIK.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5

2.1 Permesinan.....	5
2.2 Mesin Frais	7
2.3 Proses Frais (<i>milling</i>).....	8
2.4 Mesin Frais CNC	11
2.5 Kecepatan Spindel dan Kecepatan Potong	13
2.6 Kecepatan Pemakanan (<i>Feed Rate</i>).....	15
2.7 Kedalaman Pemakanan.....	16
2.8 Kekasaran Permukaan	17
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN	 22
3.1 Waktu dan Tempat.....	22
3.2 Alat dan Bahan	22
3.3 Metode Pengambilan Data.....	26
3.4 Prosedur Pelaksanaan Penelitian	27
3.5 Diagram Alir Penelitian (<i>Flow Chart</i>).....	28
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	 29
4.1 Data Hasil Penelitian	29
4.2 Pembahasan Tabel dan Grafik	30
4.2.1 Kecepatan spindel terhadap kekasaran hasil pelubangan baja ST90 ASTM 485.....	30

4.2.2 Diameter pahat terhadap kekasaran hasil pelubangan baja ST90	
ASTM 485.....	36
4.2.3 Kecepatan pemakanan terhadap kekasaran hasil pelubangan baja	
ST90 ASTM 485 A	42
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	48
5.1 Kesimpulan.....	48
5.2 Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA.....	50
LAMPIRAN.....	51

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Klasifikasi proses permesinan menurut gerakan relatif pahat/perkakas potong terhadap benda kerja.....	6
Tabel 2. Angka Kekasaran permukaan.....	21
Tabel 3. Data hasil Penelitian.....	29
Tabel 4. Hubungan antara putaran spindel dan kecepatan pemakanan terhadap kekasaran hasil pelubangan pada diameter pahat 12 mm	31
Tabel 5. Hubungan antara putaran spindel dan kecepatan pemakanan terhadap kekasaran hasil pelubangan pada diameter pahat 13 mm	32
Tabel 6. Hubungan antara putaran spindel dan kecepatan pemakanan terhadap kekasaran hasil pelubangan pada diameter pahat 14 mm	34
Tabel 7. Hubungan antara diameter pahat dan putaran spindel terhadap kekasaran hasil pelubangan pada kecepatan pemakanan 60 mm/menit	37
Tabel 8. Hubungan antara diameter pahat dan putaran spindel terhadap kekasaran hasil pelubangan pada kecepatan pemakanan 80 mm/menit.....	38
Tabel 9. Hubungan antara diameter pahat dan putaran spindel terhadap kekasaran hasil pelubangan pada kecepatan pemakanan 100 mm/menit	40
Tabel 10. Hubungan kecepatan pemakanan dan diameter pahat terhadap kekasaran hasil pelubangan pada putaran spindel 400 rpm	42

Tabel 11. Hubungan kecepatan pemakanan dan diameter pahat terhadap kekasaran hasil pelubangan pada putaran spindel 450 rpm	44
Tabel 12. Hubungan kecepatan pemakanan dan diameter pahat terhadap kekasaran hasil pelubangan pada putaran spindel 500 rpm	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar.1	(a) mesin frais vertical, (b) mesin frais horizontal.....	8
Gambar.2	Klasifikasi proses frais. (a) Proses <i>slab milling</i> , (b) Proses <i>face milling</i> , (c) Proses <i>end milling</i>	9
Gambar.3	Macam-Macam mata pahat berdasarkan jumlah mata potong	11
Gambar.4	Mesin CNC Milling ecoMill 600 V	12
Gambar.5	Suatu Kekasaran Permukaan	20
Gambar.6	Lambang kekasaran permukaan.....	21
Gambar.7	Mesin frais CNC	22
Gambar.8	<i>Surface roughness taster</i>	23
Gambar.9	<i>Drill carbide</i> diameter 12 mm	24
Gambar.10	<i>Drill carbide</i> diameter 13 mm	24
Gambar.11	<i>Drill carbide</i> diameter 14 mm	25
Gambar.12	Material baja ST 90 ASTM 485 A	26
Gambar.13	Grafik hubungan antara putaran spindel dan kecepatan pemakanan terhadap kekasaran hasil pelubangan pada diameter pahat 12 mm	31
Gambar.14	Grafik hubungan antara putaran spindel dan kecepatan pemakanan terhadap kekasaran hasil pelubangan pada diameter pahat 13 mm	33

Gambar.15	Grafik hubungan antara putaran spindel dan kecepatan pemakanan terhadap kekasaran hasil pelubangan pada diameter pahat 14 mm	35
Gambar.16	Grafik hubungan antara diameter pahat dan putaran spindel terhadap kekasaran hasil pelubangan pada kecepatan pemakanan 60 mm/menit	37
Gambar.17	Grafik hubungan antara diameter pahat dan putaran spindel terhadap kekasaran hasil pelubangan pada kecepatan pemakanan 80 mm/menit	39
Gambar.18	Grafik hubungan antara diameter pahat dan putaran spindel terhadap kekasaran hasil pelubangan pada kecepatan pemakanan 100 mm/menit	40
Gambar.19	Grafik hubungan kecepatan pemakanan dan diameter pahat terhadap kekasaran hasil pelubangan pada putaran spindel 400 rpm	42
Gambar.20	Grafik hubungan kecepatan pemakanan dan diameter pahat terhadap kekasaran hasil pelubangan pada putaran spindel 450 rpm	44
Gambar.21	Grafik hubungan kecepatan pemakanan dan diameter pahat terhadap kekasaran hasil pelubangan pada putaran spindel 500 rpm	46

DAFTAR GRAFIK

Grafik 1. Hubungan antara putaran spindel dan kecepatan pemakanan terhadap kekasaran hasil pelubangan pada diameter pahat 12 mm	31
Grafik 2. Hubungan antara putaran spindel dan kecepatan pemakanan terhadap kekasaran hasil pelubangan pada diameter pahat 13 mm	33
Grafik 3. Hubungan antara putaran spindel dan kecepatan pemakanan terhadap kekasaran hasil pelubangan pada diameter pahat 14 mm	35
Grafik 4. Hubungan antara diameter pahat dan putaran spindel terhadap kekasaran hasil pelubangan pada kecepatan pemakanan 60 mm/menit	37
Grafik 5. Hubungan antara diameter pahat dan putaran spindel terhadap kekasaran hasil pelubangan pada kecepatan pemakanan 80 mm/menit	39
Grafik 6. Hubungan antara diameter pahat dan putaran spindel terhadap kekasaran hasil pelubangan pada kecepatan pemakanan 100 mm/menit	40
Grafik 7. Hubungan kecepatan pemakanan dan diameter pahat terhadap kekasaran hasil pelubangan pada putaran spindel 400 rpm	42
Grafik 7. Hubungan kecepatan pemakanan dan diameter pahat terhadap kekasaran hasil pelubangan pada putaran spindel 450 rpm	44
Grafik 7. Hubungan kecepatan pemakanan dan diameter pahat terhadap kekasaran hasil pelubangan pada putaran spindel 500 rpm	46

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran.1	.....	51
Lampiran.2	.....	52
Lampiran.3	.....	53
Lampiran.4	.....	54
Lampiran.5	.....	55
Lampiran.6	.....	56
Lampiran.7	.....	57
Lampiran.8	.....	58
Lampiran.9	.....	59
Lampiran.10	.....	60
Lampiran.11	.....	62
Lampiran.12	.....	63
Lampiran.13	.....	64
Lampiran.14	.....	65
Lampiran.15	.....	66
Lampiran.16	.....	68
Lampiran.17	.....	69
Lampiran.18	.....	70

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada era globalisasi sekarang ini, perkembangan teknologi semakin maju dan canggih, terutama dalam dunia industri manufaktur pembentukan logam (Farisi, 2016). Proses dalam pembentukan logam dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai cara seperti menggunakan mesin perkakas. Proses permesinan merupakan proses untuk mengubah bentuk bahan baku menjadi benda kerja dengan menghasilkan geram (chip). Salah satu proses pemesinan yang banyak dilakukan dalam pembentukan komponen logam adalah proses pengefraisan (milling) (Suteja, 2008).

Proses frais adalah proses pengurangan material untuk membentuk suatu produk dengan cara memutar alat potong (cutter) yang dipasang pada arbor sehingga tiap giginya melakukan pemakanan dengan menggerakkan benda kerja melalui meja yang dapat bergerak ke kiri atau ke kanan (Yanuar, 2014). Proses pemesinan frais (milling) merupakan salah satu proses pemesinan yang banyak digunakan untuk pembuatan komponen. Proses pemesinan frais sering digunakan untuk membuat komponen yang mempunyai fitur berupa suatu profil dan juga trajectory yang kompleks.

Kualitas produk mesin frais tergantung dengan permintaan nilai kekasaran. Jika kekasaran sesuai dengan yang diinginkan maka kualitas semakin baik begitu pula sebaliknya, sehingga perlu diperhatikan dan butuh solusi dalam proses

pengefraisian untuk mendapatkan tingkat kekasaran permukaan agar sesuai dengan yang diinginkan. Ada beberapa faktor/parameter yang mempengaruhi kekasaran permukaan dalam proses pengefaisan antara lain kecepatan putaran spindel (spindel speed), kedalaman pemakanan (depth of cut), kecepatan potong (cutting speed), kondisi mesin, bahan benda kerja, bentuk pahat potong dan operator (Yanuar, 2014)

Kualitas permukaan potong tergantung kepada kondisi pemotongan (cutting condition), adapun yang dimaksud dengan kondisi pemotongan di sini antara lain adalah besarnya kecepatan spindel dan kedalaman pemakanan. Kedalaman pemakanan merupakan salah satu hal yang dapat mempengaruhi hasil pengerjaan pada frais. Kualitas permukaan tergantung pada kondisi pemotongan, dengan pemakaian standarisasi kecepatan potong dan feeding kemungkinan akan didapat hasil kerataan yang sesuai.

Untuk melakukan pemotongan pada benda kerja yang keras, digunakan pahat dengan kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan benda kerja. Material pahat yang dapat digunakan dalam proses pemesinan pada material dengan kekerasan tinggi adalah karbida. Berbeda dengan material HSS yang dapat diasah kembali ketika terjadi keausan, penggunaan pahat karbida selalu diiringi dengan penggantian pahat karena merupakan baja dengan kekerasan yang tinggi. Oleh karena itu, penggunaan pahat karbida pada proses pemesinan bersifat sisipan sehingga memudahkan dalam penggantian pahat pada saat terjadi keausan.

Berdasarkan uraian latar belakang diatas maka akan dilakukan penelitian dengan judul: ***Pengaruh Kecepatan Potong Terhadap Pelubangan Material ASTM 485-A Dengan Menggunakan Pahat Karbida.***

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana menentukan kekasaran hasil pelubangan terhadap pengaruh kecepatan spindel dan pemakanan?
2. Bagaimana menentukan pengaruh kecepatan spindel dan kecepatan pemakanan terhadap kekasaran dengan variasi diameter pahat?

1.3 Batasan Masalah

Beberapa batasan masalah yang perlu di perhatikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mesin yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin CNC milling.
2. Parameter yang digunakan pada proses pemesinan yaitu kecepatan spindel dan kecepatan pemakanan.
3. Menggunakan material ASTM 485-A (ST 90).
4. Ukuran diameter pahat 12 mm, 13 mm dan 14 mm.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Menentukan kekasaran hasil pelubangan terhadap pengaruh kecepatan spindel dan pemakanan.
2. Menentukan pengaruh kecepatan spindel dan kecepatan pemakanan terhadap kekasaran dengan variasi diameter pahat.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Memberikan pengetahuan tentang bagaimana pengaruh kecepatan potong terhadap pelubangan material ASTM 485-A dengan menggunakan pahat karbidah.
2. Dapat memberikan informasi sebagai referensi tambahan yang ingin melakukan riset secara khusus di bidang manufaktur.
3. Sebagai pemenuhan syarat untuk memperoleh gelar S1 pada program studi Teknik Mesin Universitas Hasanuddin.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pemesinan

Pemesinan adalah suatu proses produksi dengan menggunakan mesin perkakas dengan memanfaatkan gerakan relatif antara pahat dengan benda kerja sehingga menghasilkan suatu produk sesuai dengan hasil geometri yang diinginkan. Pada proses ini tentu terdapat sisa dari pengerjaan produk yang biasa disebut geram (Widarto, 2008).

Klasifikasi proses permesinan dibagi menjadi tiga, yaitu menurut jenis gerakan relatif pahat/perkakas potong terhadap benda kerja, jenis mesin perkakas yang digunakan, dan pembentukan permukaan.

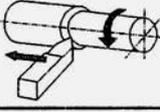
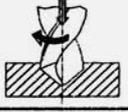
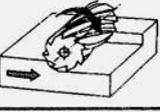
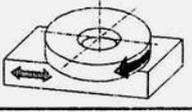
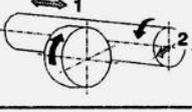
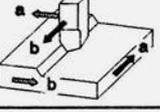
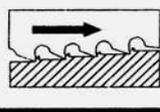
Gerak relatif pahat terhadap benda kerja dapat dipisahkan menjadi dua macam komponen gerakan yaitu gerak potong (*cutting movement*) dan gerak makan (*feeding movement*). Berdasarkan jenis kombinasi dari gerak potong dan gerak makan tersebut, maka proses permesinan dapat dikelompokkan menjadi tujuh macam proses yang berlainan sebagaimana yang ditunjukkan pada tabel 2.1.

Selain ditinjau dari segi gerakan dan segi mesin yang digunakan proses permesinan dapat diklasifikasikan berdasarkan proses terbentuknya permukaan.

Dalam hal ini proses tersebut dikelompokkan menjadi dua proses, yaitu:

1. Pembentukan permukaan silindrik atau konis.
2. Pembentukan permukaan rata/lurus dengan atau tanpa putaran benda kerja.

Tabel 1. Klasifikasi proses permesinan menurut gerakan relatif pahat/perkakas potong terhadap benda kerja (Rochim, 1993)

Jenis proses		Gerak potong	Gerak makan
		→	→
Bubut		benda kerja m/min	pahat mm/min
Gurdi		pahat m/min	pahat mm/min
Freis		pahat m/min	benda kerja mm/min
Gerinda rata		pahat m/s	benda kerja
Gerinda silindrik		pahat m/s	benda kerja 1&2
Sekrap meja (a) Sekrap (b)		a benda kerja b pahat m/min	a pahat b benda kerja m/min
Parut dan Gergaji		pahat m/min	

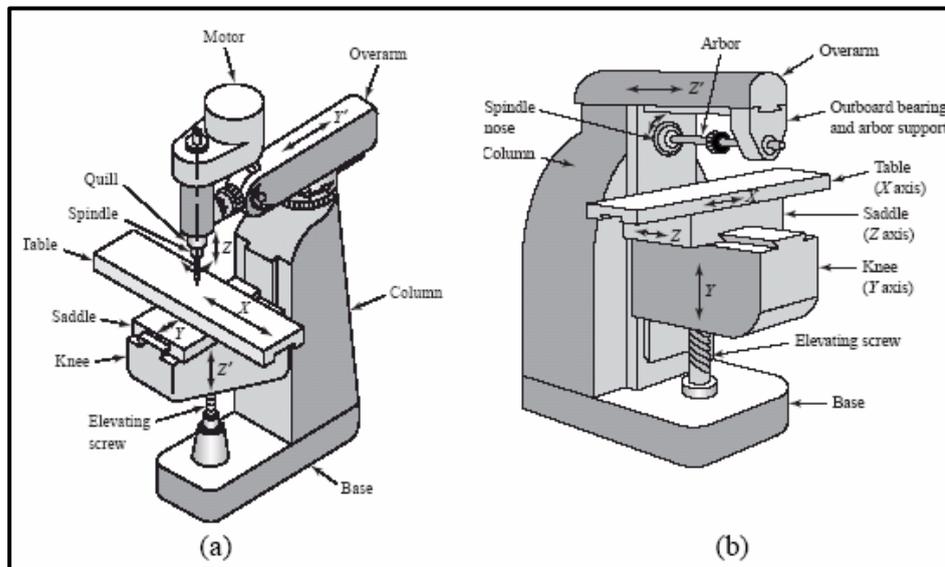
Pembentukan permukaan silindrik atau konis meliputi proses bubut dan variasi proses yang dilakukan dengan menggunakan mesin bubut, mesin gurdi (*drilling machine*), mesin frais (*milling machine*), mesin gerinda (*grinding machine*). Sedangkan pembentukan permukaan rata/lurus dengan atau tanpa putaran benda kerja meliputi proses sekrap (*shaping planing*), proses slot (*slotting*), proses menggergaji (*sawing*), dan proses pemotongan roda gigi (*gear cutting*) (Widarto, 2008).

2.2 Mesin Frais

Menurut Sumbodo (2008: 278) “mesin frais (*milling machine*) adalah mesin perkakas yang dalam proses kerja pemotongannya dengan menyayat/memakan benda kerja menggunakan alat potong bermata banyak yang berputar (*multipoint cutter*)”. Mesin frais ada yang dikendalikan secara mekanis maupun secara otomatis menggunakan pemrograman. Mesin frais yang digerakkan secara manual sering disebut mesin frais konvensional, sedangkan mesin frais yang digerakkan secara otomatis menggunakan pemrograman disebut mesin frais CNC. Pada mesin frais konvensional sangat dituntut kemampuan dan keterampilan dari operatornya.

Mesin frais konvensional posisi *spindel* ada dua macam yaitu horizontal dan vertikal. Yang membedakan dari keduanya adalah pada mesin frais vertikal kepala *spindelnya* dapat diputar yang memungkinkan penyetelan *spindel* dalam bidang vertikal pada setiap sudut dari vertikal sampai horizontal. Perbedaan lainnya yaitu “mesin frais vertikal mempunyai perjalanan *spindel* aksial yang pendek untuk memudahkan pengefraisan bertingkat” (Priambodo, 1979: 169). Proses pemotongan dengan menggunakan gigi potong yang banyak mengitari pisau ini dapat menghasilkan proses pemesinan yang lebih cepat dan efisien. Daryanto (2007: 63) mengatakan “pahat mesin frais berbentuk melingkar dan dipasang pada

sumbu utama yang berputar bersama gerakan mesin, ia berputar dan memakan atau menyayat benda kerja, sedang benda kerjanya berjalan sepanjang alas mesin”.



Gambar 1. (a) Mesin frais vertikal, (b) Mesin frais horizontal

2.3 Proses Frais (*Milling*)

Proses frais dapat diklasifikasikan dalam tiga jenis. Klasifikasi ini berdasarkan jenis pisau dan posisi relatif pisau terhadap benda kerja (Widarto, 2008: 191). Klasifikasi proses frais tersebut antara lain:

a. Frais Periperal (*slab milling*)

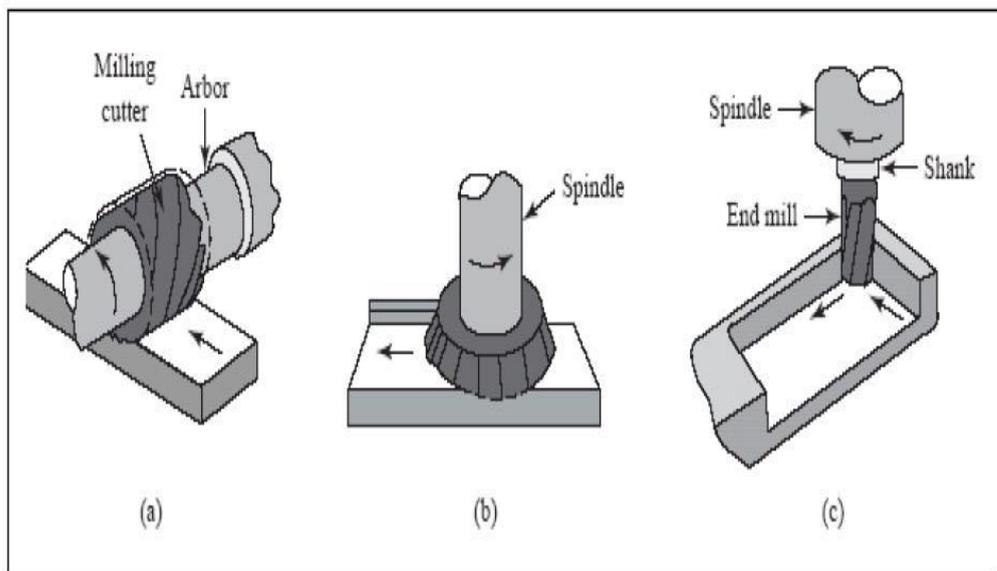
Proses frais ini disebut juga *slab milling*, permukaan yang difrais dihasilkan oleh gigi pisau yang terletak pada permukaan luar badan alat potongnya. Sumbu dari putaran pisau biasanya pada bidang yang sejajar dengan permukaan benda kerja yang disayat. Proses periperal (*slab milling*) menggunakan mesin frais horizontal atau mendatar.

b. Frais muka (*face milling*)

Pada frais muka, pisau dipasang pada spindel yang memiliki sumbu putar tegak lurus terhadap permukaan benda kerja. Permukaan hasil proses frais dihasilkan dari hasil penyayatan oleh ujung dan selubung pisau. Proses frais muka (*face milling*) menggunakan mesin frais vertikal dimana pisau dipasangkan dengan adaptor yang dipasang dengan posisi tegak.

c. Frais Jari (*end milling*)

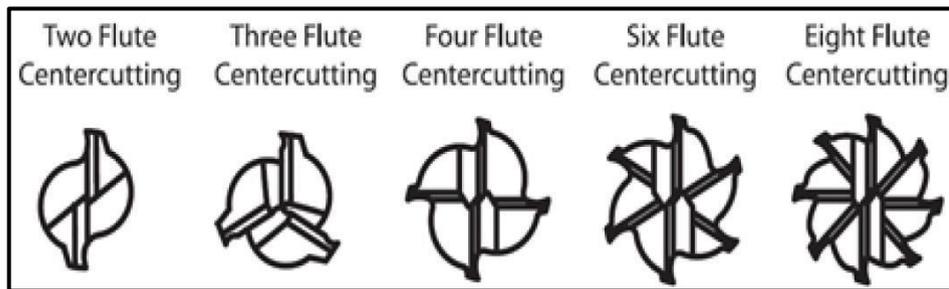
Pisau pada proses frais jari biasanya berputar pada sumbu yang tegak lurus permukaan benda kerja. Pada proses jari (*end milling*) pisau yang digunakan adalah *end mill cutter*. Gerakan pisau dapat menyayat permukaan (*surface*) dan menyayat sisi samping (*side*). Pisau dapat digerakkan menyudut untuk menghasilkan permukaan menyudut. Gigi potong pada pisau terletak pada selubung pisau dan ujung badan pisau.



Gambar 2. Klasifikasi proses frais. (a) Proses *slab milling*, (b) Proses *face milling*, (c) Proses *end milling*

Masing-masing proses frais mempunyai kekurangan dan kelebihan masing-masing. Pemilihan proses dilakukan berdasarkan benda kerja yang akan dikerjakan. Proses frais *slab milling* lebih cocok digunakan untuk benda kerja yang lebar karena diameter dan lebar pahat lebih besar dibanding proses *face milling* dan *end milling*. Schonmetz dkk. (1985: 170) mengatakan bahwa perautan (pengefraisian) muka lebih ekonomis dan menghasilkan kondisi penyerpihan yang baik dari pada perautan (pengefraisian) giling (*slab milling*). Proses perautan ini dapat dilakukan dengan baik pada mesin frais tegak dan berlaku pada proses *end milling* karena penampang serpih (tatal) tetap kira-kira sama untuk setiap gigi peraut selama penyayatan.

Proses *end milling* menggunakan pisau jari (*end mill*) dimana pisau ini merupakan salah satu pisau yang paling banyak digunakan dalam proses *milling*. Biasanya pisau ini terbuat dari baja kecepatan tinggi (HSS) atau karbida, dan memiliki satu atau lebih alur (*flute*). Pisau ini digunakan untuk menyayat permukaan (*surface*), membuat alur, atau digunakan untuk menyayat posisi miring. Menurut Rachmanta (dalam Daryanto, 2007) mengatakan bahwa pisau *end mill* memiliki berbagai macam bentuk berdasarkan jumlah mata potong atau alur (*flute*). Pahat *end mill* biasanya terdiri dari dua mata potong, tiga, empat, enam, dan delapan mata potong.



Gambar 3. Macam-Macam mata pahat berdasarkan jumlah mata potong

2.4 Mesin Frais CNC

Mesin frais *CNC* adalah suatu mesin yang menggunakan sistem pengendali program secara numerik dengan komputer. Secara numerik dikarenakan program yang digunakan adalah kode-kode alfanumerik (huruf dan angka). Secara umum cara mengoperasikan mesin *CNC* adalah dengan memasukkan perintah numerik melalui tombol-tombol yang tersedia pada panel instrumen mesin dan dapat dilakukan dengan dua macam cara, yaitu sistem absolut dan sistem incremental.

Adanya mesin *CNC*, pembuatan komponen mesin akan semakin efisien dan dengan ketelitian yang tinggi namun suatu hasil produksi harus diimbangi dengan peningkatan kualitas hasil produksi tersebut. Pada dasarnya setiap pekerjaan mesin mempunyai persyaratan kualitas permukaan (kekasaran permukaan) yang berbeda-beda, tergantung dari fungsinya. Kualitas permukaan hasil pembubutan dapat dilihat dari kekasaran permukaannya. Makin halus permukaannya makin baik pula kualitasnya, sehingga cukup beralasan juga apabila kekasaran permukaan hasil pembubutan diperhatikan dan dicari solusi untuk mendapatkan yang sehalus mungkin. Sudah dilakukan beberapa penelitian tentang apa saja yang mempengaruhi kekasaran penelitian, antara lain dari penelitian mengenai parameter permesinan optimum pada operasi *CNC End Milling*. (Retyawan, 2017)

Prinsip kerja mesin *CNC milling* adalah gerak utama berputar dilakukan oleh alat potong atau cutter, sedangkan gerak makannya dilakukan oleh benda kerja yang terpasang pada meja kerja. Arah gerakan persumbuan mesin *CNC milling* yaitu sumbu X untuk arah memanjang meja, sumbu Y untuk arah melintang meja, dan sumbu Z untuk vertikal spindle.

Pengoperasian mesin CNC dilaksanakan dengan layanan CNC, dimana proses dikontrol komputer dengan memasukkan data numerik. Sistem ini beroperasi secara otomatis dan dapat menginterpretasikan kode-kode numerik yang berupa huruf, angka dan simbol untuk membuat suatu bentuk dari kerja benda. Program NC adalah suatu urutan perintah yang disusun secara terperinci setiap blok per blok untuk memberitahu mesin CNC tentang apa yang harus dilakukan.



Gambar 4 . Mesin CNC Milling ecoMill 600 V (Journal DMG Mori, 2016)

Merupakan mesin yang digunakan untuk mengerjakan benda kerja dengan bentukan – bentukan yang lebih kompleks. Secara garis besar mesin *CNC milling*

digolongkan menjadi dua, yaitu CNC *milling* TU (*Training Unit*) dan PU (*Production Unit*). Prinsip kerja mesin milling TU-3A ini adalah pisau yang berputar menyayat benda kerja yang terpasang pada meja yang bergerak secara vertikal dan horizontal atau melintang. Semua kontrol menggunakan sistem elektronik yang kompleks (rumit) dan dibutuhkan operator yang ahli dalam menjalankan mesin ini. Untuk arah pergerakan persumbuan mesin tersebut diberi lambang sebagai berikut :

- Sumbu X bergerak ke arah horizontal
- Sumbu Y bergerak ke arah melintang
- Sumbu Z bergerak ke arah vertical

2.5 Kecepatan Spindel dan Kecepatan Potong

Kecepatan putaran spindel (*spindle speed*) ditentukan berdasarkan kecepatan potong (Rahdiyanta, 2010). Dalam menentukan kecepatan potong beberapa faktor yang dipertimbangkan antara lain jenis bahan yang akan dikerjakan, jenis pahat, diameter pisau, dan hasil kehalusan permukaan yang diinginkan. Kecepatan potong (V_c) adalah jarak yang ditempuh oleh satu titik dalam satuan meter pada selubung pisau dalam waktu satu menit (Widarto, 2008).

Besarnya kecepatan putar sumbu utama tergantung pada kecepatan potong yang diijinkan dan diameter alat potong (*Cutter*).

Parameter – parameter dari mesin milling diantaranya :

- a) Kecepatan Potong.

Kecepatan potong adalah suatu harga yang diperlukan dalam menentukan kecepatan pada proses penyayatan atau pemotongan benda kerja (Suhardi, 1999 : 74).

$$Vs = \frac{\pi \times d \times S}{1000} \text{ m/menit} \quad (1)$$

Keterangan: V_s = kecepatan potong (m/menit)

d = diameter *cutter* (mm)

S = putaran spindel (rpm)

b) Putaran Spindel.

Kecepatan potong digunakan untuk menentukan kecepatan putaran spindel.

Putaran spindel utama mesin merupakan putaran *cutter* dalam satuan rpm.

$$S = \frac{Vs \times 1000}{\pi \times d} \text{ rpm} \quad (2)$$

Keterangan: S = putaran spindel (rpm)

d = diameter *cutter* (mm)

V_s = kecepatan potong (m/menit)

c) Kecepatan pemakanan (*Feedrate*).

Pemakanan adalah kecepatan gerak dari *cutter* dalam satuan mm/rev.

Kecepatan pemakanan berhubungan dengan ketebalan geram yang dihasilkan.

Dalam penelitian ini penentuan *feedrate* menggunakan mm/rev dengan rumus sebagai berikut:

$$f = \frac{Vs}{n} \quad (3)$$

Keterangan: $f = \text{feedrate}$ (mm/rev)

$n = \text{jumlah putaran}$ (rpm)

$V_c = \text{kecepatan potong}$ (mm/menit)

2.6 Pemakanan (*Feeding*)

Selain istilah kecepatan potong, terdapat juga istilah ke pemakanan (*feeding*). Sumbodo (2008: 304) berpendapat bahwa “yang dimaksud dengan pemakanan adalah jarak tempuh gerak maju benda kerja dalam satuan milimeter permenit atau feed permenit”. Hal ini menyatakan bahwa kecepatan pemakanan berbeda dengan kecepatan potong. Kecepatan potong disimbolkan dengan V_c lebih menekankan kepada istilah kecepatan potong yang diijinkan atau distandarkan yang sudah ditetapkan dalam tabel untuk masing-masing jenis bahan. Kecepatan potong yang diijinkan (V_c) digunakan untuk menentukan rpm atau kecepatan putaran mesin. Sedangkan hantaran atau feed rate (V_f) lebih menekankan pada pengertian kecepatan laju pemakanan meja frais pada saat melakukan proses penyayatan benda kerja.

Pada mesin frais, kecepatan pemakanan dinyatakan dalam satuan millimeter permenit di mana dalam pemakaiannya perlu disesuaikan dengan jumlah mata potong pisau yang digunakan. Kecepatan pemakanan tiap mata potong pisau frais (f_z) untuk setiap jenis pisau dan setiap jenis bahan sudah dibakukan tinggal dipilih mana yang sesuai dengan kebutuhan. Dengan demikian rumus kecepatan pemakanan (feed rate) adalah:

$$V_f = n \cdot f_z \cdot z_n \quad (4)$$

Keterangan : V_f : *feed rate* (mm/menit)

n : kecepatan putaran spindel (rpm)

f_z : *feed per gigi* (mm)

z_n : jumlah mata pisau

Pemakanan per gigi (f_z) diukur dalam mm/tooth adalah nilai proses pemilinan untuk menghitung table feed. Jika cutter milling mempunyai banyak mata potong nilai f_z dibutuhkan untuk menjamin setiap mata cutter berada dalam kondisi aman. Nilai feed per tooth dihitung berdasarkan ketebalan chips yang direkomendasikan. Penentuan harga feeding harus dihitung dengan rumus mencari feeding dan disesuaikan dengan besar pahat serta jumlah mata pahat yang akan digunakan.

2.7 Kedalaman Pemakanan

Tebal pemakanan dapat disebut juga dengan kedalaman potong. Menurut Rahdiyanta (2010: 8) “kedalaman potong ditentukan berdasarkan selisih tebal benda kerja awal terhadap tebal benda kerja akhir”. Tebal pemakanan dapat dipilih berdasarkan bahan benda kerja, pisau yang digunakan, mesin, sistem pencekaman, dan kecepatan potong.

Pisau yang digunakan untuk proses finishing sebaiknya dipilih pisau frais yang ukuran giginya relatif kecil, dengan kecepatan potong dipilih yang maksimal

dari kecepatan potong yang diijinkan untuk pasangan pisau dan benda kerja yang dikerjakan. Untuk jenis pisau frais dapat dipilih pada catalog end mill. Sedangkan untuk kedalaman potong digunakan yang paling minimal agar permukaan yang didapatkan lebih halus.

Untuk kedalaman potong yang digunakan pada proses milling bervariasi. Variasi kedalaman potong pada proses finishing biasanya dirancang sebanyak lima yaitu 0,2 mm; 0,4 mm; 0,6 mm; 0,8 mm dan 1 mm (Abbas dkk., 2013). Dari kelima variasi tersebut kedalaman pemakanan yang sering digunakan untuk mendapatkan kekasaran yang paling minimal pada proses milling adalah 0,2 mm.

2.8 Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan adalah salah satu penyimpangan yang disebabkan oleh kondisi pemotongan dari proses pemesinan. Munadi (1988: 305) menjelaskan bahwa “permukaan yang kasar berbentuk gelombang pendek yang tidak teratur dan terjadi karena getaran pahat atau proporsi yang kurang tepat dari pemakanan (*feed*) pahat ketika proses pembuatannya”. Oleh karena itu, dalam perencanaan serta pembuatannya harus dipertimbangkan terlebih dulu mengenai peralatan mesin dan parameter pemesinan yang digunakan untuk proses pembuatannya serta berapa biaya yang harus dikeluarkan.

Tekstur permukaan adalah pola dari permukaan yang menyimpang dari suatu permukaan nominal. Penyimpangan mungkin acak atau berulang yang diakibatkan oleh kekasaran, waviness, lay, dan flaws. Kekasaran terdiri dari

ketidakteraturan dari tekstur permukaan, yang pada umumnya mencakup ketidakteraturan yang diakibatkan oleh perlakuan selama proses produksi.

Dowson dan Kurfess (2004) melaporkan korelasi antara kekasaran permukaan, radius ujung pahat (nose radius) dan pemakanan seperti diberikan dengan rumus empiris berikut ini :

$$Ra = \frac{0,0321 \cdot f^2}{rc} (\mu m) \quad (5)$$

Berdasarkan persamaan diatas yang mana (f) merupakan pemakanan dan rc adalah radius pojok pahat dengan konstanta 0,8. Berbagai peralatan yang ada disebut profilometer permukaan yang digunakan untuk mengukur dan merekam kekasaran permukaan. Peralatan yang paling umum digunakan dengan mengutamakan jarum piringan hitam dari intan yang berjalan sepanjang garis lurus permukaan.

Di permukaan permesinan apa pun, istilah yang digunakan untuk menggambarkan kualitas geometrisnya diketahui sebagai kekasaran permukaan. Kekasaran permukaan mengacu pada properti permukaan mesin. Kekasaran permukaan adalah bagian dari permukaan akhir (tekstur permukaan) yang bisa didefinisikan sebagai tanda yang ditinggalkan oleh tindakan dari proses produksi yang digunakan, seperti operasi balik. Kekasaran permukaan terdiri dari penyimpangan permukaan yang relatif tertutup atau berjarak halus biasanya dalam bentuk tanda pemakanan yang ditinggalkan oleh alat pemotong pada permukaan mesin. Diukur dengan ketinggian penyimpangan sehubungan dengan garis referensi. Tekstur permukaan permukaan mesin terdiri dari tekstur primer (kekasaran) dan

tekstur sekunder. Tekstur primer dapat diukur dengan berbagai indeks seperti rata-rata tinggi kekasaran aritmatika Ra, kedalaman *smoothenng* Rp, maksimal kekasaran R_z, dan tinggi RMS *root-mean-square*.

Ra ini juga dikenal sebagai nilai rata-rata arithmatik dari kekasaran permukaan, atau rata-rata arithmatik atau rata-rata garis tengah. Secara universal Ra dikenal sebagai simbol kekasaran yang paling umum dengan satuan μm atau μinch . Pada gambar berikut menunjukkan parameter yang disebutkan. Referensi garis horizontal, yang biasanya disebut garis tengah, terletak di mana jumlah area di atas adalah sama dengan jumlah area di bawahnya (Tetelepta, 2012).

Kekasaran permukaan (*surface roughness*) dibedakan menjadi dua, yaitu:

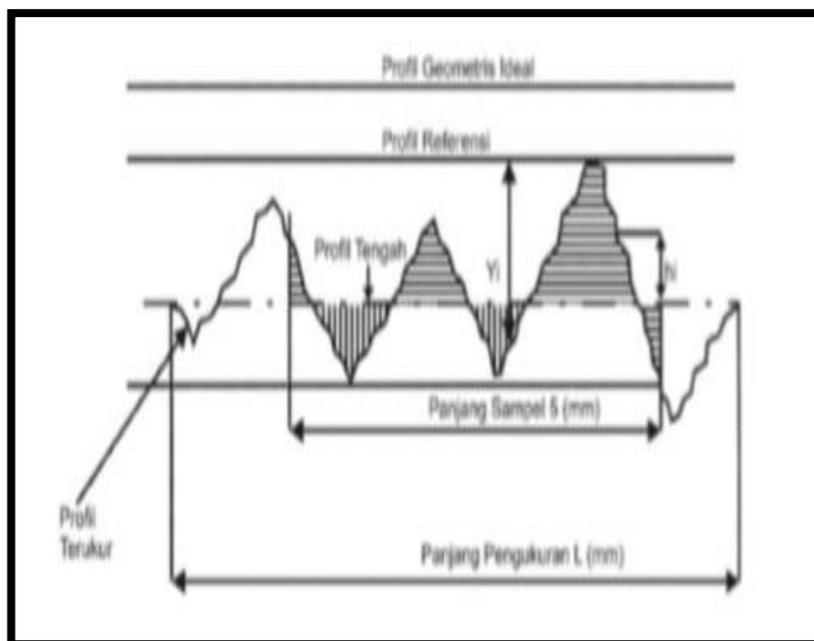
a). *Ideal Surface Roughness*.

Kekasaran ideal (terbaik) yang bisa dicapai dalam suatu proses permesinan dengan kondisi ideal. Faktor-faktor yang mempengaruhi kekasaran ideal di antaranya:

- Getaran yang terjadi pada mesin.
- Ketidaktepatan gerakan bagian bagian mesin.
- Ketidakteraturan *feed mechanism*.
- Adanya cacat pada material.
- Gesekan antara chip dan material

b). *Natural Surface Roughness*.

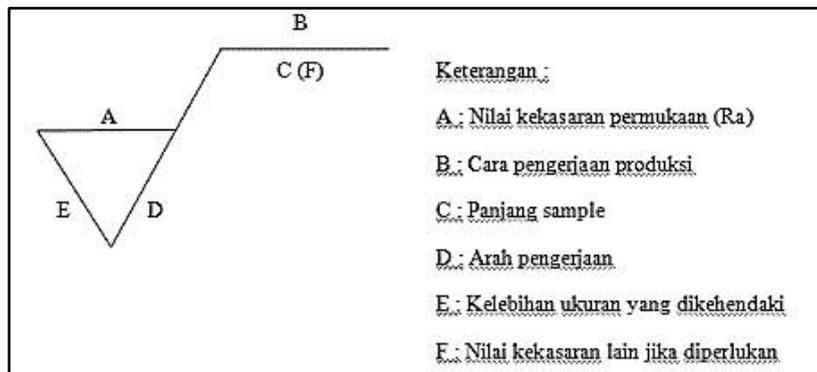
Natural surface roughness adalah kekasaran alamiah yang terbentuk dalam proses pemesinan karena adanya berbagai faktor yang mempengaruhi proses pemesinan tersebut. Parameter kekasaran permukaan sebelum jauh melangkah ke parameter kekasaran perlu diketahui terlebih dahulu tentang profil yang penting seperti yang terlihat pada Gambar 5 berikut ini :



Gambar 5. Suatu kekasaran permukaan (Sugiyanto, 2018)

Setiap permukaan dari benda kerja yang telah mengalami proses pemesinan, baik itu proses bubut, sekrup, milling, akan mengalami perubahan pada bentuk pada permukaannya walaupun hal tersebut terkadang tidak dapat hanya dilihat dengan kasat mata, namun apabila diperhatikan dengan seksama menggunakan alat bantu, maka akan terlihat perubahan yang terjadi pada permukaan tersebut setelah mengalami proses pemesinan. Yang dimaksud dengan kekasaran permukaan adalah penyimpangan rata-rata aritmatik dari garis rata-rata

permukaan. Definisi ini digunakan untuk menentukan harga rata-rata dari kekasaran permukaan. berikut yang menerangkan simbol-simbol kekasaran permukaan :



Gambar 6. Lambang kekasaran permukaan (Azhar, 2014)

Angka yang ada pada symbol kekasaran permukaan merupakan nilai dari kekasaran permukaan aritmatik (Ra). Nilai Ra telah dikelompokan menjadi 12 kelas kekasaran sebagaimana terlihat pada Tabel 2.1 dibawah ini. (Azhar, 2014)

Tabel 2. Angka Kekasaran permukaan (Azhar, 2014)

Kelas Kekasaran	Harga Ra (µm)	Toleransi (µm) (+50% & - 25%)	Panjang sampel (mm)
N1	0,025	0,02 – 0,04	0,08
N2	0,05	0,04 – 0,08	0,25
N3	0,1	0,08 – 0,15	
N4	0,2	0,15 – 0,03	
N5	0,4	0,03 – 0,06	0,8
N6	0,8	0,6 – 1,2	
N7	1,6	1,2 – 2,4	
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	

BAB III