

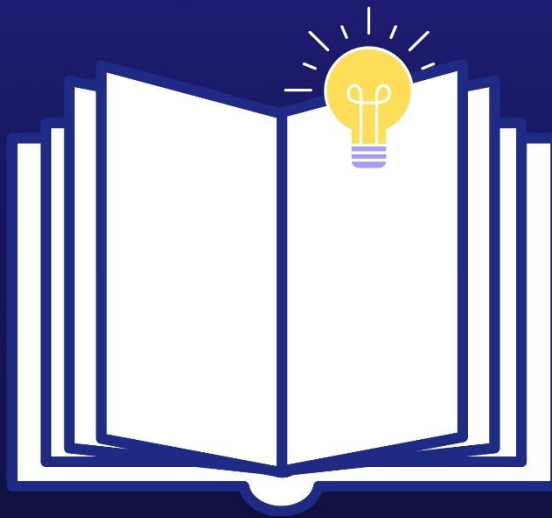


SMK NEGERI 2 DEPOK SLEMAN

# RENCANA PELAKSANAAN PEMBELAJARAN

## PARAMETER PEMOTONGAN MESIN

Tahun Ajaran 2025-2026



Disusun oleh

**Eka Sri Darma**

20250843912

**PPG CALON GURU**

**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS SARJANAWIYATA TAMANSISWA**

**2026**

# BAHAN AJAR

## Parameter Pemotongan Mesin Bubut dan Mesin Frais

*SMK Teknik Pemesinan | Fase F / Kelas XI*

### PETUNJUK PENGGUNAAN BAHAN AJAR

#### Cara menggunakan bahan ajar ini:

- Baca setiap konsep secara cermat, pahami definisi dan rumusnya sebelum melanjutkan.
- Kerjakan contoh soal secara mandiri terlebih dahulu, baru bandingkan dengan solusi yang tersedia.
- Hubungkan setiap konsep dengan pengalaman praktik di bengkel – itulah kunci pemahaman mendalam.
- Tandai bagian yang belum dipahami dan tanyakan kepada guru di awal pertemuan berikutnya.

### TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mempelajari bahan ajar ini, siswa mampu:

1. Menjelaskan pengertian dan fungsi setiap parameter pemotongan pada mesin bubut dan frais.
2. Menghitung parameter pemotongan ( $V_c$ ,  $n$ ,  $f$ ,  $a_p$ ,  $f_z$ ,  $v_f$ ) menggunakan rumus standar.
3. Menganalisis pengaruh parameter terhadap kualitas permukaan, efisiensi waktu, dan umur pahat.
4. Menentukan parameter pemotongan optimal berdasarkan data material dan katalog pahat.
5. Membedakan karakteristik parameter mesin bubut dan mesin frais secara sistematis.

# BAB 1

## PARAMETER PEMOTONGAN MESIN BUBUT

### 1.1 Pengertian Parameter Pemotongan

Parameter pemotongan adalah nilai-nilai variabel yang ditetapkan operator/teknisi sebelum dan selama proses pemesinan berlangsung. Parameter ini menentukan:

- Kualitas permukaan benda kerja (kekasaran Ra)
- Akurasi dimensi yang dapat dicapai
- Efisiensi waktu produksi (waktu pemesinan)
- Umur pahat dan biaya tooling
- Keselamatan proses (risiko chatter, getaran, pecahnya pahat)

#### Mengapa parameter penting?

- Parameter yang terlalu agresif → pahat cepat aus/patah, permukaan kasar, dimensi meleset.
- Parameter terlalu konservatif → waktu produksi lama, tidak efisien, tidak kompetitif.
- Parameter optimal → hasil berkualitas, efisien, pahat awet = keunggulan kompetitif industri.

### 1.2 Kecepatan Potong (Vc)

Kecepatan potong (Vc) adalah kecepatan relatif antara mata pahat dan permukaan benda kerja, diukur dalam satuan meter per menit (m/min).

<b>Satuan Vc</b>	<b>Vc [m/min]</b> <i>Nilai Vc ditentukan dari tabel rekomendasi katalog pahat berdasarkan material benda kerja dan material pahat.</i>
------------------	---

Faktor yang mempengaruhi pemilihan Vc:

- Material benda kerja: semakin keras material → Vc lebih rendah.
- Material pahat: HSS (Vc 20–80 m/min) < Carbide (Vc 80–300 m/min) < Ceramic (Vc > 300 m/min).
- Jenis operasi: roughing (Vc rendah) vs finishing (Vc lebih tinggi).
- Kondisi pendingin/coolant: dengan coolant → Vc dapat dinaikkan 20–30%.

Material Benda Kerja	Pahat HSS (m/min)	Pahat Carbide (m/min)
Aluminium (Al)	60 – 120	150 – 350
Baja Lunak / ST-37	20 – 40	80 – 200
Baja Sedang (S45C)	15 – 30	60 – 150
Baja Keras / Alloy Steel	10 – 20	40 – 100
Besi Cor (Cast Iron)	15 – 35	70 – 180

*Tabel 1.1 – Rentang Vc Rekomendasi Berdasarkan Material (referensi: Sandvik Coromant)*

### 1.3 Putaran Spindle (n)

Putaran spindle (n) adalah jumlah putaran yang dilakukan benda kerja per menit (rpm). Nilai n diturunkan dari Vc menggunakan rumus:

<b>Rumus n</b>	$n = (1000 \times Vc) / (\pi \times d)$ <i>n = putaran spindle (rpm)   Vc = kecepatan potong (m/min)   d = diameter benda kerja (mm)   <math>\pi \approx 3,14159</math></i>
----------------	---

Contoh Perhitungan:

Diketahui: Material ST-37, pahat carbide, Vc = 100 m/min, diameter benda kerja d = 30 mm

Ditanya: n = ?

**Jawab:**  $n = (1000 \times 100) / (3,14159 \times 30) = 100.000 / 94,25 \approx 1.061 \text{ rpm}$

→ Pilih putaran mesin yang tersedia terdekat (misalnya 1.000 rpm atau 1.100 rpm)

## 1.4 Gerak Makan (f)

Gerak makan (f) adalah jarak pergerakan pahat dalam satu putaran benda kerja, diukur dalam satuan mm/putaran (mm/rev).

<b>Satuan f</b>	<b>f [mm/rev]</b> <i>Nilai f dipilih dari katalog pahat sesuai material dan operasi (roughing/finishing).</i>
-----------------	--

Pengaruh f terhadap hasil pemesinan:

- f besar (roughing, 0,3–1,0 mm/rev): MRR tinggi, waktu cepat, kekasaran permukaan tinggi (Ra besar).
- f kecil (finishing, 0,05–0,15 mm/rev): MRR rendah, waktu lebih lama, kekasaran permukaan rendah (Ra kecil).
- f sangat kecil: tidak efisien dan dapat menyebabkan 'rubbing' (pahat tidak memotong, hanya menggesek).

## 1.5 Kedalaman Potong (ap)

Kedalaman potong (ap) adalah tebal material yang dibuang dalam satu kali langkah pemakanan, diukur dalam satuan milimeter (mm).

<b>Satuan ap</b>	<b>ap [mm]</b> <i><math>ap = (d_{awal} - d_{akhir}) / 2</math> untuk operasi pembubutan lurus</i>
------------------	--

- ap roughing: 1,0 – 5,0 mm (bergantung pada kekakuan mesin dan benda kerja).
- ap finishing: 0,1 – 0,5 mm (untuk akurasi dimensi dan kualitas permukaan).
- ap terlalu besar → gaya potong besar → getaran (chatter) → dimensi tidak akurat.

## 1.6 Rumus-Rumus Turunan Penting

<b>Waktu pemesinan</b>	<b><math>tm = L / (f \times n)</math></b> <i><math>tm</math> = waktu pemesinan (menit)   <math>L</math> = panjang pemotongan (mm)   <math>f</math> = gerak makan (mm/rev)   <math>n</math> = putaran spindle (rpm)</i>
------------------------	---

<b>Material Removal Rate</b>	<b><math>MRR = f \times ap \times Vc \times 1000</math></b> <i><math>MRR</math> = laju pengangkatan material (mm<sup>3</sup>/min)   <math>f</math> (mm/rev)   <math>ap</math> (mm)   <math>Vc</math> (m/min)</i>
------------------------------	---

## BAB 2 PARAMETER PEMOTONGAN MESIN FRAIS

### 2.1 Perbedaan Fundamental Bubut vs Frais

Aspek	Mesin Bubut	Mesin Frais
Benda kerja	Berputar (rotasi)	Diam (translasi meja)
Pahat	Diam (translasi)	Berputar (rotasi)
Jumlah mata potong	1 (single point tool)	Banyak (multi-point / multi-flute)
Parameter unik	f per putaran (mm/rev)	fz per gigi (mm/gigi) + vf (mm/min)
Diameter acuan	Diameter benda kerja (d)	Diameter cutter/end mill (D)

*Tabel 2.1 – Perbandingan Fundamental Mesin Bubut vs Frais*

### 2.2 Kecepatan Potong (Vc) dan Putaran Spindle (n) – Frais

Konsep Vc dan n pada mesin frais SAMA dengan mesin bubut, namun yang berputar adalah cutter (bukan benda kerja):

<b>Rumus n (Frais)</b>	$n = (1000 \times Vc) / (\pi \times D)$ <i>D = diameter cutter/end mill (mm)   Vc dari katalog pahat sesuai material</i>
------------------------	--

**Contoh: End mill Ø16 mm, material aluminium, Vc = 150 m/min → n = (1000 × 150) / (3,14 × 16) ≈ 2.984 rpm**

### 2.3 Gerak Makan per Gigi (fz)

Ini adalah parameter KHAS mesin frais yang tidak ada pada mesin bubut. fz adalah tebal chip yang dihasilkan oleh setiap satu gigi cutter dalam satu siklus pemotongan.

<b>Satuan fz</b>	<b>fz [mm/gigi]</b> <i>Nilai fz dipilih dari katalog pahat berdasarkan material dan diameter cutter.</i>
------------------	---

- fz kecil → chip tipis → beban per gigi rendah → kualitas permukaan lebih baik.
- fz besar → chip tebal → MRR tinggi, waktu cepat → untuk roughing.
- fz terlalu kecil → chip tidak terbentuk, hanya gesekan → pahat cepat panas.

### 2.4 Kecepatan Makan (vf)

Kecepatan makan (vf) adalah kecepatan gerak meja mesin dalam satu menit, merupakan kecepatan pemotongan aktual benda kerja.

<b>Rumus vf</b>	$vf = fz \times z \times n$ <i>vf = kecepatan makan (mm/min)   fz = gerak makan per gigi (mm/gigi)   z = jumlah gigi cutter   n = putaran spindle (rpm)</i>
-----------------	---

Contoh Perhitungan Lengkap:

Diketahui: End mill Ø16 mm, z = 4 gigi, material aluminium, Vc = 150 m/min, fz = 0,08 mm/gigi

Langkah 1:  $n = (1000 \times 150) / (3,14 \times 16) \approx 2.984$  rpm

**Langkah 2: vf = 0,08 × 4 × 2.984 ≈ 955 mm/min**

→ Atur kecepatan meja mesin frais pada setting ≈ 960 mm/min

## 2.5 Kedalaman Axial (ap) dan Lebar Radial (ae)

Mesin frais memiliki dua parameter kedalaman yang berbeda:

Parameter	Definisi	Rentang Umum
<b>ap (Axial Depth)</b>	Kedalaman potong arah tegak lurus meja (vertikal/Z)	Roughing: 1–5 mm   Finishing: 0,1–0,5 mm
<b>ae (Radial Depth / Steptover)</b>	Lebar jalur pemotongan arah horizontal (X atau Y)	Roughing: 50–75% D   Finishing: 10–25% D

<b>MRR Frais</b>	<b><math>MRR = ae \times ap \times vf</math></b> <i>MRR = ae (mm) × ap (mm) × vf (mm/min) → hasil dalam mm<sup>3</sup>/min</i>
------------------	---

<b>Waktu Frais</b>	<b><math>tm = L / vf</math></b> <i>L = panjang jalur pemotongan total (mm)   vf = kecepatan makan (mm/min)</i>
--------------------	---

## BAB 3 STRATEGI OPTIMASI PARAMETER

### 3.1 Segitiga Optimasi Pemesinan

#### Tiga prioritas yang selalu bersaing:

- KUALITAS: Ra rendah, toleransi dimensi sempit → butuh Vc sedang, f kecil, ap kecil.
- PRODUKTIVITAS: MRR tinggi, tm singkat → butuh Vc tinggi, f besar, ap besar.
- UMUR PAHAT: Pahat awet, biaya tooling rendah → butuh Vc rendah-sedang, f sedang.
- TIDAK ADA parameter yang 'terbaik' secara absolut — semua bergantung pada prioritas order!

### 3.2 Langkah Sistematis Menentukan Parameter Optimal

1. LANGKAH 1 – Identifikasi Material: Tentukan jenis benda kerja (Al, baja lunak, baja sedang, dll.).
2. LANGKAH 2 – Pilih Pahat: Tentukan material pahat (HSS/Carbide/Ceramic), diameter, dan geometri.
3. LANGKAH 3 – Baca Katalog: Cari rentang Vc dan f/fz yang direkomendasikan pabrikan pahat.
4. LANGKAH 4 – Hitung n dan vf: Gunakan rumus standar, hasilkan nilai n dan vf.
5. LANGKAH 5 – Sesuaikan dengan Mesin: Pilih setting mesin yang tersedia terdekat.
6. LANGKAH 6 – Tetapkan ap dan ae: Berdasarkan toleransi akhir yang diinginkan.
7. LANGKAH 7 – Eksekusi dan Verifikasi: Ukur hasil, sesuaikan parameter jika perlu.

### 3.3 Tabel Ringkasan Semua Rumus

Parameter	Bubut	Frais
Putaran Spindle (n)	$n = 1000 \times V_c / (\pi \times d)$	$n = 1000 \times V_c / (\pi \times D)$
Gerak Makan	f [mm/rev] dari katalog	fz [mm/gigi] dari katalog
Kecepatan Makan	$V_f = f \times n$ [mm/min]	$v_f = f_z \times z \times n$ [mm/min]
Kedalaman	ap [mm] (radial)	ap [mm] axial; ae [mm] radial
MRR	$f \times ap \times V_c \times 1000$	$ae \times ap \times v_f$ [mm <sup>3</sup> /min]
Waktu Pemesinan	$t_m = L / (f \times n)$	$t_m = L / v_f$