

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Proses Pembubutan**

Dalam proses manufaktur, mesin bubut digunakan untuk melakukan proses pembubutan, yaitu proses pengurangan material dari sebuah benda kerja guna membentuk produk dengan dimensi dan bentuk tertentu. Proses ini dilakukan dengan cara memutar benda kerja sambil disayat menggunakan pahat potong. Parameter yang memengaruhi proses pembubutan antara lain kecepatan potong, kecepatan pemakanan, kedalaman potong, waktu pemotongan, dan laju penghilangan material. Seluruh parameter tersebut dapat diatur langsung oleh operator melalui pengaturan yang tersedia pada mesin bubut. Mesin bubut sendiri merupakan jenis mesin perkakas yang memiliki gerakan utama berupa putaran, yang berfungsi untuk mengubah ukuran dan bentuk suatu benda kerja melalui proses penyayatan. Benda kerja tersebut dijepit dengan kuat menggunakan pencekam yang terpasang pada ujung poros utama atau spindle. Penyesuaian posisi benda kerja dilakukan melalui lengan pengatur yang berada di bagian kepala diam, guna memastikan benda tetap stabil selama proses berlangsung (Budi dan Dwipayana, 2020).

Kualitas hasil pembubutan terutama permukaan dipengaruhi oleh tiga parameter yaitu kecepatan putar spindel (*speed*), gerak makan (*feed*), dan kedalaman potong (*depth of cut*). Faktor yang lain seperti bahan benda kerja dan jenis pahat sebenarnya memiliki pengaruh yang cukup besar, tetapi tiga parameter di atas adalah bagian yang dapat diatur oleh operator secara langsung pada mesin bubut (Sutrisna dkk., 2019).

## **2.2 Proses Frais/Milling**

Mesin frais adalah salah satu jenis mesin perkakas yang digunakan secara presisi untuk mengerjakan permukaan suatu benda kerja. Mesin ini memakai satu atau lebih alat potong untuk membentuk bagian benda sesuai kebutuhan. Benda kerja dipasang dengan kokoh di atas meja mesin, baik secara langsung atau dengan bantuan alat penjepit khusus. Selama proses pengerjaan, alat potong berputar, dan benda kerja digerakkan sehingga bersentuhan dengan pemotong tersebut. Mesin frais mampu melakukan berbagai jenis pekerjaan, seperti membentuk permukaan datar, kontur tidak beraturan, membuat roda gigi, kepala baut, serta proses boring dan reaming. Dengan kemampuannya yang luas dan fleksibel, mesin ini menjadi salah satu peralatan utama yang sangat dibutuhkan di berbagai bengkel kerja dan industri manufaktur (Ansyori, 2015).

### 2.2.1 Kecepatan Potong ( *Cutting Speed* )

Kecepatan potong merupakan jarak linier yang ditempuh oleh ujung pahat saat bersentuhan dengan permukaan benda kerja yang berputar selama satu menit. Dalam konteks proses pemesinan, hal ini menggambarkan seberapa jauh pahat memotong material dalam satu menit, biasanya dinyatakan dalam satuan meter per menit (m/menit). Sebagai contoh, jika baja lunak dikerjakan pada kecepatan potong 15 m/menit, maka dalam satu menit, total panjang lintasan pemotongan yang dilalui pahat harus mencapai 15 meter. Karena setiap benda kerja memiliki diameter yang berbeda, maka jumlah putaran spindel perlu disesuaikan agar pahat tetap bergerak sejauh panjang yang dibutuhkan dalam waktu yang sama (Izzaty, 2023), maka kecepatan potong ditentukan dengan Persamaan 2.1 :

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \dots\dots\dots(Kalpakistan dan Schmid, 2014)$$

Dimana:

$v$  : adalah kecepatan potong, (m/min)

$\pi$  : adalah konstanta, seharga 3,14

$d$  : diameter rata-rata

$n$  : kecepatan *spindel*

### 2.2.2 Kecepatan Gerak Pemakanan ( *Feed Rate* )

Kecepatan gerak pemakanan menggambarkan seberapa cepat pahat bergeser dan memotong permukaan benda kerja dalam satuan waktu per menit. Nilai ini bergantung pada gerak makan (feed rate), yang menunjukkan seberapa jauh pahat berpindah dalam satu putaran spindel, dan biasanya dinyatakan dalam mm/putaran. Informasi mengenai gerak makan umumnya tersedia pada tabel

spesifikasi mesin bubut. Untuk mendapatkan kecepatan gerak pemakanan sesuai kebutuhan proses, operator dapat menyetel nilai feed rate melalui pengaturan yang tersedia di mesin (Izzaty, 2023). Untuk menghitung kecepatan gerak pemakanan dapat ditentukan dengan Persamaan 2.2 :

$$F = n \cdot f_z \cdot z \dots \dots \dots \text{(Kalpakjian dan Schmid, 2014)}$$

Dimana :

$F$  : kecepatan gerak pemakanan (m/min)

$f$  : gerak makan, (mm/min)

$n$  : putaran benda kerja, (RPM)

### 2.2.3 Kedalaman Pemakanan (*Depth Of Cut*)

Kedalaman pemakanan merupakan selisih rata-rata antara diameter awal benda kerja sebelum proses pemotongan dan diameter akhir setelah dibubut. Nilai ini menunjukkan seberapa dalam pahat menyayat ke dalam permukaan benda kerja. Secara praktis, kedalaman pemakanan juga dapat diartikan sebagai tingkat penetrasi pahat ke dalam material atau ketebalan total yang terambil dalam satu lintasan pemotongan (Izzaty, 2023). Kedalaman pemakanan dengan Persamaan 2.3 :

$$a = \frac{d_o - d_m}{2} \dots \dots \dots \text{(Kalpakjian dan Schmid, 2014)}$$

Dimana :

$a$  : kedalaman pemakanan (mm)

$d_o$  : diameter awal, (mm)

$d_m$  : diameter akhir, (mm)



Pada frais muka, pahat dipasang pada spindel yang berputar dengan sumbu tegak lurus terhadap bidang benda kerja. Permukaan hasil pemesinan terbentuk dari penyayatan yang dilakukan oleh bagian ujung dan sisi samping pahat.

c) Frais Jari (*End Milling*)

Pada proses frais jari, pisau biasanya berputar pada sumbu yang tegak lurus permukaan benda kerja. Untuk menghasilkan permukaan menyudut, pisau dapat digerakkan ke arah yang berbeda. Gigi potong terletak di selubung pisau dan ujung badan pisau.

## 2.4 Jenis Jenis Mesin Frais

Penggolongan mesin frais didasarkan pada posisi spindel utama serta fungsi pemesinan yang dijalankan dalam proses produksinya. Berdasarkan posisinya mesin frais dibedakan 2 (dua) jenis mesin frais dalam dunia manufacturing diklasifikasikan sebagai berikut (Gunanto dan Pramono, 2017):

1. Berdasarkan Posisi *Spindle* Utama

Berdasarkan posisi spindle utamanya mesin frais dijabarkan menjadi 3 (tiga) jenis, yaitu :

a) Frais Horizontal

Ciri utama dari mesin ini adalah penempatan arah spindelnya adalah dengan arah horizontal yang berarti pemotongan dilakukan secara mendatar sepanjang permukaan benda kerja.

b) Frais Vertikal

Kebalikan dengan mesin frais horizontal, pada mesin frais ini pemasangan spindelnya pada kepala mesin adalah vertikal. Terdapat beberapa variasi tipe

kepala, seperti kepala tetap, kepala yang bisa dimiringkan, dan kepala yang dapat digeser. Kombinasi dari tipe-tipe ini memungkinkan proses pengefraisan dilakukan pada berbagai sudut, sehingga memberikan fleksibilitas lebih dalam menghasilkan bentuk-bentuk tertentu pada benda kerja.

c) Frais Universal

Mesin frais ini dirancang untuk menjalankan berbagai fungsi, yang disesuaikan dengan prinsip kerjanya masing-masing, yaitu:

- |                         |                    |
|-------------------------|--------------------|
| 1) Frais muka           | 5) Pengeboran      |
| 2) Frais spiral         | 6) Reamim          |
| 3) Frais datar          | 7) Boring          |
| 4) Pemotongan roda gigi | 8) Pembuatan celah |

2. Berdasarkan Fungsi Penggunaannya

Berikut ini jenis mesin frais berdasarkan fungsi penggunaannya

a) *Plano Frais*

*Plano frais* merupakan jenis mesin yang difungsikan untuk melakukan pemotongan permukaan pada benda kerja berukuran besar dan berbobot berat, khususnya dalam proses *face cutting*.

b) *Copy Frais*

Mesin copy frais ini sangat cocok digunakan untuk pembuatan benda kerja yang mempunyai bentuk tidak beraturan dan rumit. Maka dibuatlah master/mal yang dipakai sebagai referensi untuk membuat bentukan yang sama. Mesin ini dilengkapi 2 (dua) *head* mesin yang fungsinya sebagai berikut:

- 1) *Head* yang pertama berfungsi untuk mengikuti bentukan masternya.

- 2) *Head* yang kedua berperan dalam membentuk benda kerja mengikuti kontur atau pola dari master yang digunakan sebagai acuan.

*Head* pertama dan kedua saling terhubung melalui sistem hidrolik yang bekerja sebagai penggerak sekaligus pengatur arah gerakan. Selama proses pemesinan, terdapat dua metode sistem referensi yang digunakan:

- 1) Sistem satu arah, yaitu tekanan pemandu (*guide*) dari head pertama diarahkan searah menuju permukaan master.
- 2) Sistem titik acuan tunggal, di mana tekanan pemandu (*guide*) difokuskan pada satu titik tertentu dari bentuk master sebagai titik referensi utama.

c) Mesin Frais *Hobbing*

Mesin frais ini adalah jenis mesin frais yang digunakan untuk membuat roda gigi/gear dan sejenisnya (*sprocket*, dll). Alat potong yang digunakan juga spesifik, yaitu membentuk profil roda gigi (*Evolvente*) dengan ukuran yang presisi.

d) Mesin Frais *Gravier*

Mesin frais *gravier* merupakan mesin yang digunakan untuk membuat gambar atau tulisan dengan ukuran yang dapat diatur sesuai keinginan dengan skala tertentu.

e) Mesin Frais CNC

Mesin frais CNC digunakan untuk mengerjakan bentuk kompleks dan menggantikan fungsi mesin copy serta *gravier*. Digerakkan oleh sistem elektronik canggih, mesin ini memerlukan operator terampil dan memiliki harga yang relatif tinggi.

## 2.5 Roda Gigi

### 2.5.1 Definisi Roda Gigi

Roda gigi merupakan komponen mekanis yang berfungsi sebagai penghubung perpindahan gerak dan tenaga antara dua elemen dalam sistem transmisi, khususnya gerak putar. Selain sebagai media penggerak, roda gigi juga digunakan dalam sistem pengendali dan konversi gerakan, seperti mengubah gerak putar menjadi gerak lurus atau sebaliknya (Rijalulhaq dan Rosyada, 2018).

### 2.5.2 Klasifikasi Roga Gigi

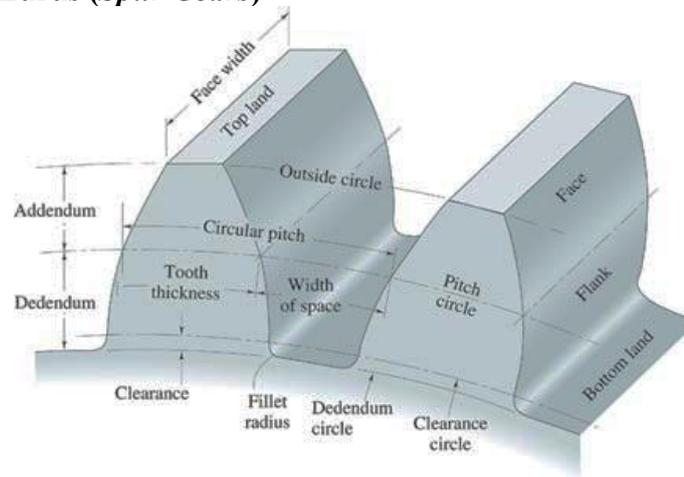
Tabel 2. 1 Klasifikasi roga gigi

Letak Poros	Roda Gigi	Keterangan
Roda gigi dengan poros sejajar	Roda gigi lurus, (a) Roda gigi miring, (b) Roda gigi miring ganda, (c)	(Klasifikasi atas dasar bentuk alur gigi)
	Roda gigi luar Roda gigi dalam dan pinion, (d) Batang gigi dan pinion, (e)	Arah putaran berlawanan Arah putaran sama Gerakan lurus dan berputar
	Roda gigi kerucut lurus, (f) Roda gigi kerucut spiral, (g) Roda gigi kerucut ZEROL Roda gigi kerucut miring Roda gigi kerucut miring ganda	(Klasifikasi atas dasar bentuk jalur gigi)
Roda gigi dengan poros berpotongan	Roda gigi permukaan dengan poros berpotongan (h)	(Roda gigi dengan poros berpotongan berbentuk istimewa)
	Roda gigi miring silang, (i) Batang gigi miring silang	Kontak titik Gerakan lurus dan berputar
Roda gigi dengan poros silang	Roda gigi cacing silindris, (j) Roda gigi cacing selubung ganda (globoid), (k) Roda gigi cacing samping	
	Roda gigi hiperboloid Roda gigi hipoid, (l) Roda gigi permukaan silang	

(Sumber : Sularso dan Suga, 2008)

## 2.6 Jenis – Jenis Roda Gigi

### 2.6.1 Roda Gigi Lurus (*Spur Gears*)



Gambar 2. 1 Nama – nama bagian roda gigi lurus  
(Sumber : Sularso dan Suga, 2008)

Roda gigi lurus merupakan tipe paling sederhana yang digunakan untuk mentransmisikan putaran dan daya antara dua poros sejajar. Ciri khasnya terletak pada bentuk gigi yang tersusun sejajar dengan sumbu poros (Sufiyanto dkk., 2018).

### 2.6.2 Roda Gigi Miring

Meskipun secara bentuk dasar menyerupai roda gigi lurus, roda gigi miring memiliki jalur gigi yang condong terhadap sumbu putarnya. Desain ini memungkinkan penggunaan tidak hanya pada poros sejajar, tetapi juga pada konfigurasi poros yang bersilangan. Karena sudut kemiringan gigi menciptakan area kontak yang lebih luas, roda gigi ini mampu mentransmisikan beban dan putaran secara lebih halus dibandingkan roda gigi lurus berukuran sama. Karakteristik tersebut menjadikannya ideal untuk aplikasi berkecepatan tinggi dan bertorsi besar (Rijalulhaq dan Rosyada, 2018).

### 2.6.3 Roda Gigi Payung

Roda gigi payung, atau dikenal juga sebagai *bevel gear*, digunakan untuk mentransmisikan daya dan putaran antar poros yang saling berpotongan membentuk sudut, umumnya 90 derajat. Untuk tipe *hypoid*, poros-porosnya tidak hanya menyudut tetapi juga saling bersilangan. Dalam aplikasinya, salah satu roda gigi biasanya yang berfungsi sebagai penggerak—sering dipasang dengan tumpuan melayang agar mendukung fleksibilitas rotasi (Rijalulhaq dan Rosyada, 2018).

### 2.6.4 Roda Gigi Cacing

Roda gigi cacing (*worm gear*) digunakan untuk transmisi putaran antar poros yang bersilangan, dengan arah putaran selalu direduksi. Batang cacing berfungsi sebagai penggerak dan biasanya dibuat dari bahan yang lebih kuat, dengan ulir spiral menyerupai sekrup. Selain untuk mentransmisikan daya, sistem ini juga dapat berfungsi sebagai pengunci, seperti pada alat pengangkat. Secara umum, terdapat dua jenis konstruksi pasangan roda gigi cacing yaitu:

1. Roda Gigi Cacing Silindrik.
2. Roda Gigi Cacing Globoid (*Cone-drive*)

Kedua tipe ini dibedakan berdasarkan bentuk fisiknya, di mana bentuk tubuh batang dan roda giginya memiliki geometri yang berbeda. Meskipun demikian, desain profil giginya dibuat sama, sehingga memungkinkan penggunaan silang antara batang cacing dan roda cacing dari tipe yang berbeda tanpa mengganggu fungsi kerja (Rijalulhaq dan Rosyada, 2018).

### 2.6.5 Rumus Perencanaan Roda Gigi

Setelah dilakukan proses perancangan menggunakan software CAD maka untuk menghitung dimensi roda gigi lurus dapat ditentukan dengan Persamaan sebagai berikut :

$$1. \text{ Modul} = m = \frac{d}{z} \dots\dots\dots (\text{Sularso dan Suga, 2008})$$

Dimana :

$d$  = Diameter lingkaran jarak bagi

$z$  = jumlah gigi

$$2. d = z \times m$$

Dimana :

$d$  = Diameter lingkaran tusuk atau lingkaran bagi (*pitch circle*)

$z$  = Jumlah gigi

$m$  = Modul

$$3. d_k = (z + 2) \times m \dots\dots\dots (\text{Sularso dan Suga, 2008})$$

Dimana :

$d_k$  = Diameter lingkaran kepala (*Addendum circle*)

$z$  = Jumlah gigi

$m$  = Modul

$$4. h_k = 1 \times m \dots\dots\dots (\text{Sularso dan Suga, 2008})$$

Dimana :

$h_k$  = Tinggi Kepala Gigi (*Addendum*)

$m$  = Modul

5.  $h_f = 1,25 \times m$ .....(Sularso dan Suga, 2008)

Dimana :

$h_f$  = Tinggi Kaki Gigi ( *Dedendum* )

$m$  = Modul

6.  $h = h_f + h_k$ .....(Industry, 2014)

Dimana :

$h$  = Tinggi Gigi ( *whole depth* )

$h_f$  = Tinggi Kaki Gigi ( *Dedendum* )

$h_k$  = Tinggi Kepala Gigi ( *Addendum* )

7.  $d_f = d - 2,5 \times m$ .....(Industry, 2014)

Dimana :

$d_f$  = Diameter Lingkaran kaki atau *dedendum circle*

$d$  = Diameter lingkaran tusuk atau lingkaran bagi ( *pitch circle* )

$m$  = Modul

8.  $t = m \times \pi$ .....(Sularso dan Suga, 2008)

Dimana :

$t$  = Tusuk atau *circular pitch*

$\pi = 3,14$

$m$  = Modul

### 2.6.6 Rumus Kepala Pembagi (*Dividing Head*)

Dividing head adalah suatu alat bantu yang digunakan pada mesin frais untuk membagi suatu benda kerja menjadi bagian-bagian yang sama besar, terutama dalam proses pembuatan roda gigi, segi banyak, atau pola melingkar lainnya. Untuk menentukan pemutaran / pembagian benda kerja yang diinginkan maka ditentukan dengan persamaan :

$$nc = \frac{Ratio}{T} = \frac{40}{T} = \frac{i}{T} \dots \dots \dots (Rijalulhaq dan Rosyada, 2018)$$

Dimana :

$nc$  = Putaran indeks

$i$  = Angka pemindahan (*ratio*)

$T$  = Pembagian benda kerja

### 2.7 Baja AISI 4340

AISI 4340 merupakan jenis baja HSLA (High Strength Low Alloy) yang tergolong dalam kelompok baja karbon menengah berpaduan tinggi. Material ini dikenal memiliki ketangguhan impak yang tinggi serta ketahanan aus yang baik, menjadikannya cocok untuk aplikasi yang menuntut kekuatan dan daya tahan gesek secara bersamaan. Dalam kode AISI 4340, digit pertama (4) mengindikasikan bahwa baja ini termasuk dalam kelompok baja paduan dengan kandungan utama nikel, kromium dan molibdenum. Angka kedua (3) merepresentasikan total kandungan unsur paduan utama sekitar 3%. Sedangkan dua digit terakhir (40) menunjukkan kadar karbon dalam material ini, yaitu sekitar 0,40%. Secara umum, AISI 4340 tersedia dalam kondisi annealed atau pre-hardened. Untuk kebutuhan kekerasan tinggi, material ini dapat melalui proses hardening yang dilanjutkan

dengan tempering. Dalam kondisi pengerasan menggunakan media pendingin oli dan tempering pada suhu 540 °C, AISI 4340 mampu mencapai kekuatan tarik sebesar 1172 MPa dan kekuatan luluh sebesar 1076 MPa. Berbagai studi telah dikembangkan secara global untuk meningkatkan kombinasi kekuatan dan ketangguhan baja ini. Salah satu pendekatan yang banyak diteliti adalah modifikasi komposisi dan perlakuan panas pada rentang suhu 30 °C–70 °C, khususnya pada zona struktur ferrit–bainit. (Izzaty, 2023).

Tabel 2. 2 Komposisi kimia baja AISI 4340

Pemeriksaan Item		Komposisi Kimia ( wt . % )								
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu
		<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>
		100	100	100	1000	1000	100	100	100	1000
Spek	Min	38	15	60			165	70	20	
	Maks	43	35	80	30	40	200	90	30	35
	Hasil	40	25	76	17	8	174	86	24	2
Pemeriksaan Item	Kekerasan Produk (HB)									
		Permukaan				270-320 HB		50-55 HRC		

(Sumber : O.y. Cho, 2020)

Tabel 2. 3 Sifat mekanik baja AISI 4340

Sifat Mekanik	Simbol	Baja
Kekuatan Tarik (Mpa)		745
Kekuatan Hasil (Mpa)		470
Perpanjangan (%)		22
Kekerasan (HRC)		50 - 55
Kepadatan (Kg/m <sup>3</sup> )	$\rho$	7.850
Modul Elastisitas (GPa)		190 - 210
Rasio Poisson	$\nu$	0,27 – 0,30
Koefisien Ekspansi Termal (um/m°C)		12,3
Konduktifitas Termal (@100°C) (W/mK)		44,5
Titik Leleh (°C)		1.427

(Sumber : O.y. Cho, 2020)

### 2.7.1 Baja Karbon

Baja karbon tersusun dari unsur utama besi dan karbon. Karbon berperan sebagai elemen penguat yang efisien dan ekonomis, sehingga mayoritas baja jenis ini hanya mengandung karbon sebagai unsur paduan utama, dengan tambahan unsur lain dalam jumlah yang kecil. (Surdia dan Saito, 1985). Baja karbon digolongkan menjadi tiga (3) jenis, yaitu :

1. Baja karbon rendah ( $< 0,30 \% C$ )
  - a. Baja karbon rendah dengan kandungan karbon sekitar 0,04% untuk pembuatan pelat strip dan komponen bodi kendaraan.
  - b. Baja dengan kadar karbon 0,05% digunakan dalam aplikasi bodi kendaraan karena kemudahan pembentukannya.
  - c. Untuk kebutuhan struktural seperti konstruksi bangunan dan jembatan, digunakan baja dengan kandungan 0,15% hingga 0,25%.
2. Baja karbon sedang (0,30 % – 0.70 % C)
  - a. Baja dengan kadar karbon 0,35% hingga 0,45% sering dipilih untuk pembuatan roda gigi dan poros.
  - b. Baja karbon sekitar 0,40% digunakan dalam industri otomotif untuk komponen seperti mur, batang torak, dan poros engkol.
  - c. Baja dengan kadar karbon 0,50%–0,60% banyak dimanfaatkan dalam produksi roda gigi yang membutuhkan ketahanan aus lebih tinggi.
  - d. Untuk aplikasi yang menuntut elastisitas seperti pegas, digunakan baja dengan kadar karbon antara 0,55% hingga 0,60%.

Baja karbon menengah memiliki ciri-ciri, antara lain :

- a. Memiliki sifat mekanik yang lebih baik daripada baja karbon rendah.
  - b. Lebih kuat dan keras daripada baja karbon rendah dan tidak mudah dibentuk oleh mesin.
  - c. Dapat dikeraskan dengan mudah (*quenching*)
3. Baja karbon tinggi (0,70 %-1,40 % C)
- a. Baja dengan kandungan karbon 0,60%–0,70% digunakan dalam pembuatan pegas, berbagai jenis perkakas seperti landasan mesin dan palu, serta alat potong karena sifat kekerasannya yang tinggi.
  - b. Baja karbon tinggi dengan kadar 0,75% hingga 1,70% umumnya dimanfaatkan untuk komponen presisi seperti pisau cukur, mata gergaji, bantalan peluru, dan bantalan mesin karena ketahanan aus dan kekuatannya yang sangat baik.

Karakteristik utama baja karbon tinggi antara lain:

- a. Memiliki tingkat kekerasan dan kekuatan yang tinggi serta mampu menahan keausan dengan baik
- b. Tidak mudah dikerjakan melalui proses pemesinan karena sifatnya yang keras.
- c. Kandungan sulfur dan fosfor di dalamnya cenderung menurunkan keuletan material.
- d. Merespons perlakuan panas secara optimal, sehingga cocok untuk proses hardening dan tempering.

### 2.7.2 Baja Paduan

Baja paduan merupakan jenis baja yang memiliki kadar karbon setara dengan baja lunak, namun diperkaya dengan tambahan unsur paduan tertentu dalam jumlah terbatas. Penambahan unsur-unsur tersebut berfungsi untuk meningkatkan kekuatan mekanik tanpa mengorbankan sifat keuletan. Material ini banyak diaplikasikan pada konstruksi berat seperti kapal, jembatan, roda kereta api, ketel uap, tangki tekanan, serta berbagai komponen dalam bidang permesinan (Fatoni, 2016).

- a. Baja paduan rendah *Low alloy steel* atau baja paduan dengan kadar unsur paduan rendah (kurang dari 10 %), mempunyai kekuatan dan ketanguhan lebih tinggi daripada baja karbon dengan kekuatan yang sama. Hardenability dan sifat tahan korosi pada umumnya lebih baik. Banyak digunakan sebagai baja konstruksi mesin (Wahid Suherman, 1987 :73 dalam Fatoni, 2016). Secara garis besar baja dapat di kelompokkan menjadi dua yaitu baja karbon dan baja paduan. Namun pada penelitian ini akan di bahas mengenai baja paduan rendah.
- b. Baja Paduan Tinggi (*High Alloy Steel*) merupakan jenis baja yang mengandung unsur paduan dalam kadar tinggi dan dirancang untuk memiliki sifat-sifat khusus sesuai kebutuhan aplikasi. Contohnya meliputi baja tahan karat (*stainless steel*), baja perkakas seperti *High Speed Steel (HSS)*, serta baja yang mampu bertahan pada temperatur tinggi (*heat-resisting steel*).

Sistem klasifikasi baja karbon menurut *American Iron and Steel Institute* (AISI) dan *Society of Automotive Engineers* (SAE) menggunakan format empat digit angka. Dua digit pertama biasanya adalah "10", yang nominal dalam satuan 1/100%, misalnya AISI-SAE 1045 berarti baja tersebut mengandung 0,45% karbon. Selain karbon sebagai unsur utama, baja ini juga dapat mengandung elemen paduan lain dalam jumlah tertentu sesuai kebutuhan material, seperti mangan (Mn), silikon (Si), nikel (Ni), kromium (Cr), dan fosfor (P).

## **2.8 Kekasaran Permukaan**

Kekasaran permukaan (*surface roughness*) adalah salah satu parameter penting dalam evaluasi kualitas hasil akhir suatu proses pemesinan. Kekasaran permukaan merupakan ukuran ketidakteraturan mikro pada permukaan benda kerja, yang biasanya diakibatkan oleh proses pemotongan, getaran, keausan pahat, atau kondisi pemesinan lainnya. Parameter yang paling umum digunakan untuk mengukur kekasaran permukaan adalah  $R_a$  (*Roughness Average*), yaitu nilai rata-rata deviasi profil permukaan terhadap garis tengah rata-rata.

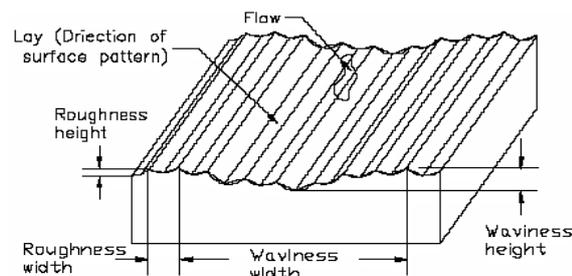
Berdasarkan standar ISO 1302 – 1978, kekasaran permukaan didefinisikan sebagai deviasi rata-rata aritmetika terhadap garis tengah profil permukaan. Nilai ini digunakan untuk menyatakan tingkat kekasaran yang disebut dengan  $R_a$  (*Roughness Average*), yaitu rata-rata penyimpangan ketinggian permukaan terhadap garis tengah secara matematis. (Hermawan dkk., 2017).

Tabel 2. 4 Tabel Tingkat Kekasaran Permukaan Berdasarkan ISO

Tingkat Kekasaran ISO Number	Nilai Kekasaran Ra ( $\mu\text{m}$ )	Panjang Sampel (mm)	Keterangan
N1	0,025	0,08	Sangat Halus
N2	0,05	0,8	Sangat Halus
N3	0,1	0,25	Halus
N4	0,2	0,25	Halus
N5	0,4	0,8	Normal
N6	0,8	0,8	Normal
N7	1,6	0,8	Normal
N8	3,2	0,8	Normal
N9	6,3	2,5	Kasar
N10	12,5	2,5	Kasar
N11	25	8	Sangat Kasar
N12	50	8	Sangat Kasar

(Sumber : ISO 1302, 1978)

Menurut (Vorbuguer dan Raja, 1990), Tekstur permukaan merupakan pola jejak yang terbentuk pada benda kerja sebagai akibat dari proses manufaktur yang dilaluinya. Pola ini merupakan hasil kombinasi berbagai gelombang yang timbul selama tahapan proses produksi. Umumnya, tekstur permukaan diklasifikasikan berdasarkan panjang gelombang yang dimilikinya.. Contoh bentuk tekstur permukaan benda kerja dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Contoh bentuk tekstur permukaan benda kerja  
(Sumber : Saputro, 2010)