

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

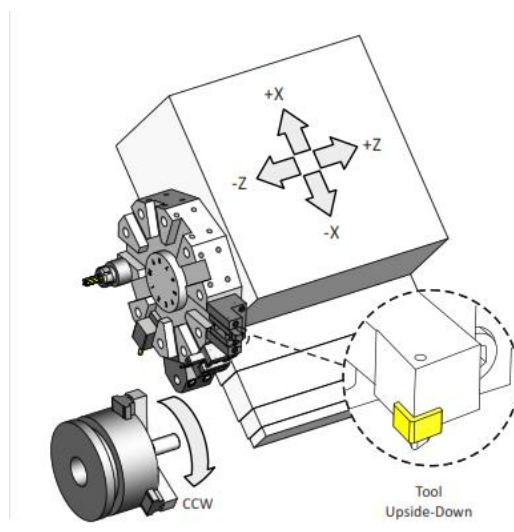
2.1 DASAR TEORI

2.1.1 Prinsip Dasar Mesin Bubut

Mesin CNC adalah mesin yang menggunakan program suatu komputer, dimana singkatan CNC tersebut adalah Computerisasi Numerik Control. Merupakan sistem otomatisasi mesin perkakas yang dioperasikan oleh perintah yang diprogram secara abstrak dan disimpan dimedia penyimpanan, hal ini berlawanan dengan kebiasaan sebelumnya dimana mesin perkakas biasanya dikontrol dengan putaran tangan atau otomatisasi sederhana menggunakan cam.

Kata NC sendiri adalah singkatan dari kata Numerical Control yang artinya Kontrol Numerik. Dalam hal ini Mesin perkakas biasa ditambahkan dengan motor yang akan menggerakkan pengontrol mengikuti titik-titik yang dimasukan kedalam sistem oleh perekam kertas.

Mesin perpaduan antara servo motor dan mekanis ini segera digantikan dengan sistem analog dan kemudian komputer digital menciptakan Mesin perkakas modern yang disebut Mesin CNC yang dikemudian hari telah merevolusi proses desain.



Gambar 2.1 Persumbuan Mesin Bubut

2.1.2 Bagian Bagian Utama Mesin Bubut

Pada mesin Bubut CNC terdapat bagian-bagian yang mana merupakan bagian terpenting dari mesin tersebut. Bagian yang paling utama ada 2 yaitu : Bagian Mekanik, dan Bagian Pengendali.

1. Bagian Mekanik Mesin Bubut CNC

a. Motor Utama

Motor utama adalah motor penggerak putaran spindel dan berfungsi memutar benda kerja. Motor utama berperan dalam mengatur putaran dan menjadi variabel yang penting dalam proses pembubutan.

b. Step Motor

Step motor berfungsi menggerakkan eretan kearah sumbu X dan sumbu Z. pada arah sumbu X bertujuan untuk melakukan pemotongan benda kerja sedangkan pada arah sumbu Z bertujuan untuk penyayatan benda kerja. Ketelitian dari step motor pada tiap mesin CNC rata-rata adalah 0.01mm dan dengan maksimal kecepatan bervariasi tergantung dari jenis mesin yang disesuaikan dengan kebutuhan. Pada dasarnya tiap-tiap mesin mempunyai spesifikasi ketelitian dan kecepatan yang bervariasi tergantung kebutuhan.

c. Headstock

Headstock atau kepala tetap adalah bagian yang berputar. Berfungsi mencekam benda kerja dan memutarnya. Putaran ini dikendalikan oleh motor utama.

d. Support

Support adalah bagian yang digunakan untuk mendukung benda kerja. Berfungsi untuk menahan benda kerja agar tetap pada posisi *center* dan tetap pada poros putar terutama untuk benda kerja yang mempunyai dimensi yang panjang.

e. Revolver

Revolver adalah bagian yang berfungsi sebagai rumah alat potong. Revolver akan berputar dan menempatkan alat potong sesuai program. Dengan revolver, maka alat potong yang sedang tidak terpakai dalam posisi aman dan selalu siap digunakan ketika program yang dipakai adalah multi tool.

f. Bed Mesin

Bed mesin adalah sebagai tempat bertumpunya bagian-bagian mesin, sebagai penyangga beban dan sebagai alas.

2. Bagian Pengendali/Panel Kontrol

a. Panel Kontrol Mesin CNC Bubut

Pada dasarnya setiap mesin CNC memiliki kontrol panel yang prinsip kerjanya sama. Hanya saja biasanya terdapat perbedaan pada pengaturan tata letak, simbol, ataupun istilah yang dipakai. Pada setiap mesin akan disertakan buku petunjuk manual untuk lebih memahami tentang mesin tersebut. Pada panel kontrol ada tombol yang bersifat satu fungsi dan ada juga tombol yang merupakan gabungan dari beberapa fungsi. Berikut gambar kontrol panel mesin CNC bubut :



Gambar 2.2 : Panel Control Mesin CNC Bubut

2.2 PARAMETER MESIN BUBUT

Pada mesin bubut CNC terdapat parameter dan rumus yang sama dengan mesin bubut konvensional. Beberapa parameter tersebut adalah :

Benda Kerja :

D = Diameter Benda Kerja ; mm

L = Panjang ; mm

d_0 = Diameter Awal ; mm

d_1 = Diameter Akhir ; mm

Pahat Bubut :

γ_0 = Sudut Geram

θ = Sudut Geser

μ = Sudut Gesek

Mesin Bubut/Turning

a = Kedalaman Pemotongan ; mm

f = Gerak Pemakanan ; mm/r

n = Kecepatan Putar ; rpm

V = Kecepatan Potong ; m/min

V_f = Kecepatan Makan ; mm/min

Z = Kecepatan Penghasil Geram ; cm^3/min

Adapun rumus untuk menghitung elemen-elemen dasar adalah :

2.2.1 Putaran Benda Kerja

Bagian paling fundamental adalah putaran benda kerja karena akan mempengaruhi parameter-parameter yang lainnya. Putaran benda kerja bergantung pada jenis material, diameter material, dan pada aplikasi lapangan juga memperhitungkan panjang benda kerja serta tingkat kesulitan pengerjaan.

$$n = \frac{v \times 1000}{\pi \times d} ; rpm$$

Keterangan :

- n = Putaran Benda Kerja ; rpm
V = Kecepatan Potong ; m/min
d = Diameter Awal Benda ; mm

2.2.2 Kecepatan Makan

Kecepatan makan adalah kecepatan gerak tool atau tapat relatif terhadap benda kerja atau material yang dihitung berdasarkan panjang pemakanan dibagi waktu pemakanan.

$$Vf = f \times n ; mm/min$$

Keterangan :

- Vf = Kecepatan Makan ; mm/min
F = Gerak Makan ; mm/r
n = Putaran Benda Kerja ; rpm

2.2.3 Feeding

Kecepatan makan adalah kecepatan gerak tool atau tapat relatif terhadap benda kerja atau material yang dihitung berdasarkan panjang pemakanan dibagi rotasi.

$$f = \frac{Vf}{n} ; mm/r$$

Keterangan :

- Vf = Kecepatan Makan ; mm/min
F = Gerak Makan ; mm/r
n = Putaran Benda Kerja ; rpm
-

2.2.4 Kecepatan Potong

Kecepatan potong adalah suatu harga yang diperlukan dalam menentukan kecepatan atau pemotongan benda kerja (Suhardi, 1999:74). Harga kecepatan potong ditentukan oleh jenis alat potong dan jenis benda kerja yang dipotong :

$$V = \frac{\pi \times d \times n}{1000} \text{ m/min}$$

Keterangan :

- V = Kecepatan Potong ; m/min
- D = Diameter Benda Kerja ; mm
- n = Kecepatan Putar ; rpm

Tabel 2.1 Kecepatan Potong/Cutting Speed Bahan Teknik Untuk Proses Perautan Roughing dan Finishing (*Manufacturing Engineering and Technology ; Laurie MacGuire, Denise Descoteaux, Capricorn Design, John Walker, Serope Kalpakjian*).

NO	Material	Range for Roughing and Finishing		
		Deep of Cut mm	Feed mm/r	Cutting Speed m/min
1	Low-C and Free Machining Steels	0.5-7.6	0.15-1.1	60-135
2	Medium and High-C Steels	2.5-7.6	0.15-0.75	45-120
3	Cast Iron, Gray	0.4-12.7	0.1-0.75	75-185

2.2.5 Kedalaman Potong

Kedalaman pemakanan suatu material ditentukan dari jenis material, putaran benda kerja, radius pahat, dan keadaan pemotongan. Rekomendasi kedalaman potong didapatkan dari rekomendasi tabel dibawah ini:

Tabel 2.2 Rekomendasi Kedalaman Pemotongan Berdasarkan Radius Mata Pahat Potong (*Perkakas & Sistem Pemerkakasan ; Taufiq Rochim*)

a ; mm	r ; mm
s.d. 3	0.5 s.d 0.8
3 s.d. 10	0.8 s.d 1.5
10 s.d. 20	1.5 s.d 2.0

2.2.6 Waktu Proses

Rumus waktu proses dapat ditulis :

$$T_c = \frac{L}{Vf}$$

Keterangan :

T_c = Waktu Pemotongan ; menit

Vf = Kecepatan Makan ; mm/min

L = Panjang Pemotongan ; mm

2.2.7 Kecepatan Penghasilan Geram

$$Z = a \times f \times Vc ; mm^3/min$$

Keterangan :

Z = Kecepatan Penghasilan Geram ; mm^3/min

a = Kedalaman Pemakanan ; mm

f = Feeding ; mm/r

V_c = Kecepatan Potong ; m/min

2.3 MATERIAL BENDA KERJA

<https://id.wikipedia.org/wiki/Baja> Baja adalah besi karbon campuran logam yang dapat berisi konsentrasi dari element campuran lainnya, ada ribuan campuran logam lainnya yang mempunyai perlakuan bahan dan komposisi berbeda. Sifat mekanis adalah sensitive kepada isi dari pada karbon, yang mana secara normal kurang dari 1,0 %C. sebagian dari baja umum digolongkan menurut kosentarsi karbon, yakni kedalam rendah, medium dan jenis karbon tinggi.

Dalam dunia industri dan manufaktur baja merupakan material yang paling banyak digunakan baik itu dalam segmen konstruksi berat seperti pembuatan rangka gedung dan jembatan maupun untuk konstruksi mesin, baja adalah mateial yang sangat umum untuk digunakan. Dari produk berbasis logam, baja menduduki peringkat 90% logam yang paling digunakan. Baja merupakan paduan Besi (Fe) dengan Karbon (C), dimana kandungan karbon tidak lebih dari 2%.

Baja banyak digunakan karena baja mempunyai sifat mekanis lebih baik daripada besi, sifat baja antara lain :

- Tanguh dan ulet
- Mudah ditempa
- Mudah diproses
- Sifatnya dapat diubah dengan mengubah karbon
- Sifatnya dapat diubah dengan perlakuan panas
- Kadar karbon lebih rendah dibandingkan besi
- Banyak dipakai untuk berbagai bahan peralatan

Walaupun baja adalah sebagai bahan yang ideal dan paling banyak digunakan, namun unsur Besi (Fe) pada baja sangat rentan mengalami korosi jika bersentuhan langsung dengan unsur oksigen (O^2).

2.3.1 Aplikasi Material S45C

Melihat dari sifat-sifat mekanik yang dimiliki oleh material baja S45C, material tersebut sangat cocok digunakan untuk pembuat mesin. Beberapa part yang menggunakan baja S45C sebagai bahan antara lain:

- Poros
 - Gear
-

- Kopeling Otomotif
- Rantai
- Gear Sproket
- Pegas
- Dll.

2.3.2 Spesifikasi Material S45C

Baja S45C adalah nama merek produk baja yang diproduksi oleh BOHLER. S45C memiliki kesamaan dengan beberapa merek lain seperti AISI 1045, DIN C 45 W, HITACHI NS 1045, ASSA 760, dan THYSSEN 1730. Setiap material tersebut memiliki jumlah kadar karbon, silizium, dan mangan yang sama, namun material tersebut diproduksi oleh pabrik yang berbeda. Sifat material S45C yang dibutuhkan adalah keras, tahan aus, tahan beban puntir, dan cukup ulet pada bagian inti. Sifat tersebut dapat tercapai secara optimal bila kekerasan material tersebut 57 HRC, sesuai dengan buku pedoman BOHLER.

Tabel 2.3 Tabel komposisi kimia material baja S45C (Website : <http://www.astmsteel.com/product/jis-s45c-steel-machine-structural/>).

Stand ard	Gra de	C	M n	P	S	Si
JIS G4051	S4 5C	0. 42-0.48	0. 60-0.90	0. 03	0.0 35	0. 15-0.35

Berat Jenis : 7700-8030 Kg/m³

Modulus elastisitas : 190-210 GPa

Kekuatan Tarik : 569 Mpa (Standard), 686 Mpa (Quenching)

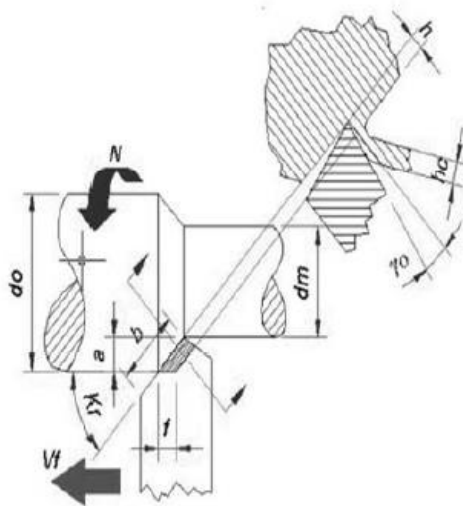
Titik Leleh : 1520 °C

2.4 SISIPAN PAHAT (INSERT)

Bagian perkakas potong/pahat yang berfungsi sebagai pelaksana proses pemotongan (pembentukan geram) di sebut sebagai badan (tool body) yang keseluruhannya dapat terbuat dari material pahat (HSS) atau sebagai sisipan pahat yang dipasang pada badan yang terbuat dari baja biasa. Untuk memungkinkan pemakaiannya secara luas, ISO telah membuat standar bentuk dan ukuran sisipan pahat sebagaimana yang di perlihatkan pada gambar, kodifikasi sisipan pahat tersebut mencakup bebeapa hal berikut:

Sisipan pahat tersebut dapat dipasang dengan secara tetap dengan cara patri keras (brazing) atau secara tak tetap dengan menggunakan klem pengikat pada badan pahat. Pahat dengan sisipan yang terpasang tetap biasanya di asah kembali apabila telah aus. Bagi pahat dengan sisipan yang di klem tak pernah di asah dan mata potong yang aus di ganti dengan yang baru dengan mengubah posisi pemasangan sisipan tersebut (atau telah menggantikan dengan sisipan baru bila seluruh sisiaktif/mata potongnya telah aus).

1. Bentuk sisipan:
Menentukan mata potong yang bisa di pakai
2. Sudut bebas:
Bersama-sama dengan orientasi dudukan sisipan pada pemegang pahat menentukan sudut bebas pasif.
3. Toleransi:
Menentukan ketelitian dan kdalaman pencekam sisipan.
4. Bentuk pematah geram (chip breaker):
Menentukan kemudahan pembuangan geram.
5. Ukuran sisi utama sisipan : }
6. Tebal sisipan : }
7. Radius ujung pahat (nose radius) : } menentukan kendala pemakaian
8. Kondisi mata potong : }
9. Arah gerak makan : }
10. Simbol khusus, menurut pabrik pembuat (berkaitan dengan pematah geram)



Keterangan :

Benda kerja :

d_0 = diameter mula (mm)

d_m = diameter akhir (mm)

l_t = panjang pemesinan (mm)

Pahat :

γ_f = sudut potong utama ($^\circ$)

γ_o = Sudut geram ($^\circ$)

Mesin bubut :

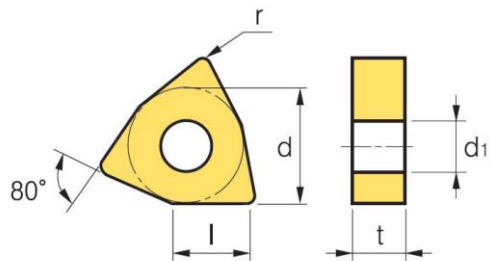
a = kedalaman potong (mm) = $\frac{(d_0 - d_m)}{2}$ (mm)

f = gerak makan (mm/r)

n = putaran poros utama (rpm)

Gambar 2.3 : Kondisi Pemoongan

Sisipan pahat tersebut dapat dipasang dengan secara tetap dengan cara patri keras (brazing) atau secara tak tetap dengan menggunakan klem pengikat pada badan pahat. Pahat dengan sisipan yang terpasang tetap biasanya di asah kembali apabila telah aus. Bagi pahat dengan sisipan yang di klem tak pernah di asah dan mata potong yang aus di ganti dengan yang baru dengan mengubah posisi pemasangan sisipan tersebut (atau telah menggantikan dengan sisipan baru bila seluruh sisiaktif/mata potongnya telah aus).

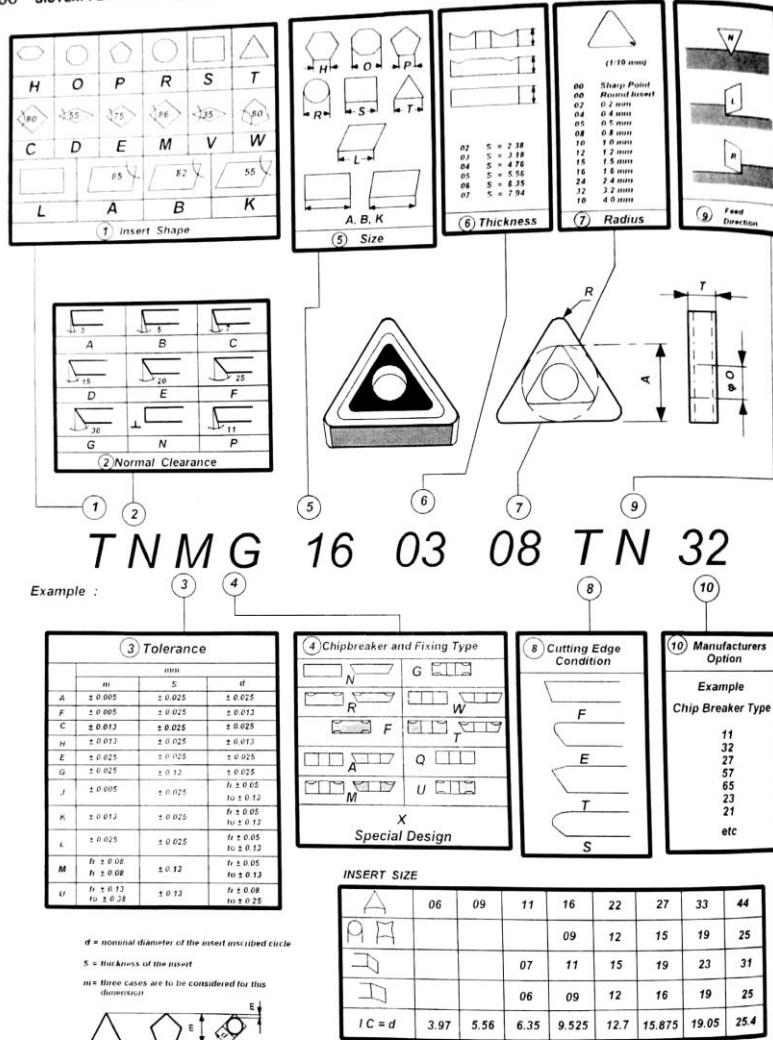


Gambar 2.4 : Bentuk Insert WNMG 060404 (re 0.4mm)

Tabel 2.4 : Dimensi Insert WNMG 060404

l	d	t	RE
6.52mm	9.52mm	4.76mm	0.4mm

60 SISTEM PEMERKAKASAN (TOOLING SYSTEM)



Gambar 26 Kodifikasi Pahat Sisipan (Tool Bits/Tips).

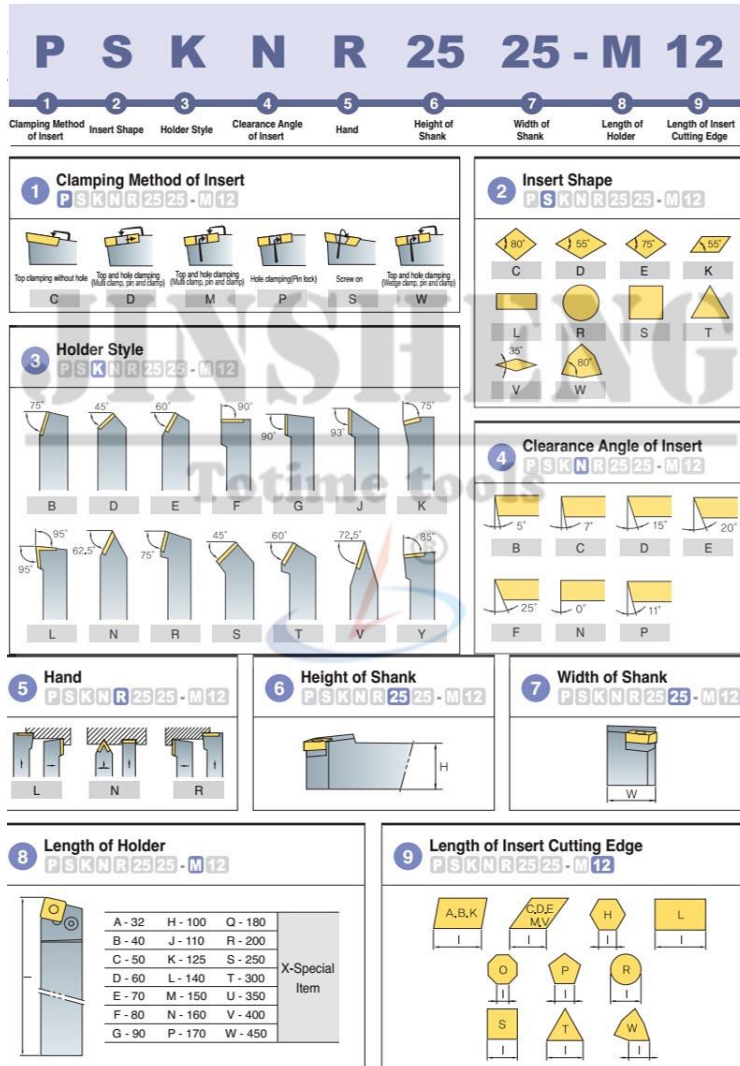


Mechanical & Production Engineering

Gambar 2.5 Sistem Kode Pahat Insert

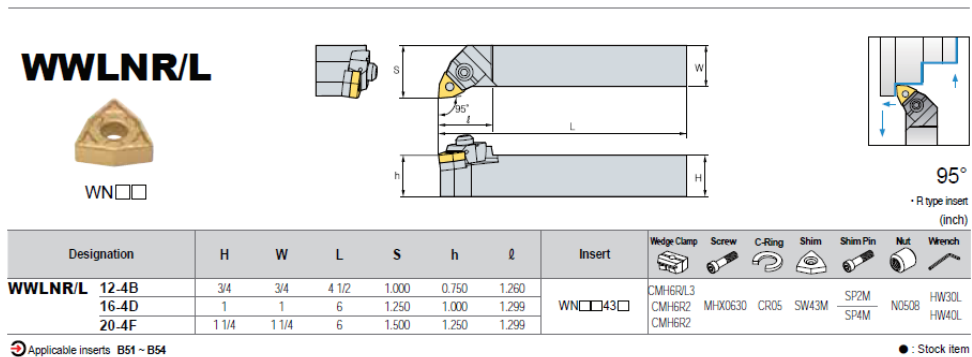
2.5 TOOL HOLDER

Pada dasarnya, tool holder adalah sebuah alat bantu yang digunakan untuk memegang pisau insert. Tool holder sendiri dipasang pada Tool Post Revolver yang kemudian pada ujung tool holde yang mengarah pada benda kerja disisipkan insert cutter. Penggunaan tool holder berdasarkan jenis insert yang dipakai. Adapun standard tool holder adalah sebagai berikut :



Gambar 2.6 : Tool Holder System

Karena insert yang digunakan dalam penelitian ini adalah WNMG maka sesuai Tool Holder System tersebut Tool Holder yang digunakan adalah Type WWNLR.



Gambar 2.7 : Dimensi Tool Holder WWNLR

Material dari Tool Holder adalah material yang kuat terhadap gesekan, impact, dan gesekan. Untuk Tool Holder yang digunakan pada penelitian ini menggunakan material jenis Stainless Steel.

2.6 TEORITIS (GEOMETRIS) KEKASARAN PERMUKAAN

Salah satu karakteristik geometris yang ideal dari suatu komponen adalah permukaan yang halus. Dalam prakteknya memang tidak mungkin untuk mendapatkan suatu komponen dengan permukaan yang betul-betul halus. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, misalnya faktor manusia (operator) dan faktor-faktor dari mesin-mesin yang digunakan untuk membuatnya. Akan tetapi, dengan kemajuan teknologi terus berusaha membuat peralatan yang mampu membentuk permukaan komponen dengan tingkat kehalusan yang cukup tinggi menurut standar ukuran yang berlaku dalam metrologi yang dikemukakan oleh para ahli pengukuran geometris benda melalui pengalaman penelitian.

2.5.1 Parameter-parameter Permukaan

Untuk memahami Parameter-parameter permukaan, harus dipahami dulu beberapa hal dibawah ini, yaitu :

(a) Profil Geometris Ideal (*Geometrically Ideal Profile*)

Profil ini merupakan profil dari geometris permukaan yang ideal yang tidak mungkin diperoleh dikarenakan banyaknya faktor yang mempengaruhi dalam proses

pembuatannya. Bentuk dari profil geometris ideal ini dapat berupa garis lurus, lingkaran, dan garis lengkung.

(b) Profil Referensi (*Reference Profile*)

Profil ini digunakan sebagai dasar dalam menganalisis karakteristika dari suatu permukaan. Bentuknya sama dengan bentuk profil geometris ideal, tetapi tepat menyinggung puncak tertinggi dari profil terukur pada panjang sampel yang diambil dalam pengukuran.

(c) Profil Terukur (*Measured Profile*)

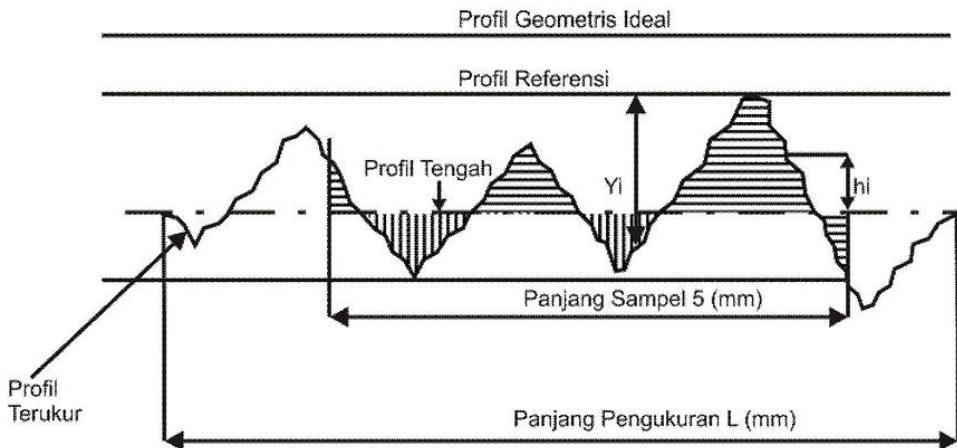
Profil terukur adalah profil dari suatu permukaan yang diperoleh melalui proses pengukuran. Profil inilah yang dijadikan sebagai data untuk menganalisis karakteristik kekasaran permukaan produk pemesinan.

(d) Profil Dasar (*Root Profile*)

Profil dasar adalah profil referensi yang digeserkan kebawah hingga tepat pada titik paling rendah pada profil terukur.

(e) Profil Tengah (*Centre Profile*)

Profil tengah adalah profil yang berada ditengah-tengah dengan posisi sedemikian rupa sehingga jumlah luas bagian atas profil tengah sampai pada profil terukur sama dengan jumlah luas bagian bawah profil tengah sampai pada profil terukur. Profil tengah ini sebetulnya merupakan profil referensi yang digeserkan kebawah dengan arah tegak lurus terhadap profil geometris ideal sampai pada batas tertentu yang membagi luas penampang permukaan menjadi dua bagian yang sama yaitu atas dan bawah.



Gambar 2.8 : kekasaran permukaan teknis perekaman khusus

Kekasaran Rata-rata Aritmetis (*Mean Roughness Index/Center Line Average, CLA*), R_a merupakan harga-harga rata-rata secara aritmetis dari harga absolut antara harga profil terukur dengan profil tengah.

$$R_a = \frac{y_1 + y_2 + y_3 + \dots + y_n}{n}$$

Keterangan :

R_a = Kekasaran Permukaan Rata-rata ; μm

y = Jarak Profil Referensi ke Profil Terukur

n = Jumlah Sampel

2.5.2 Toleransi Harga R_a

Seperti halnya toleransi ukuran (poros dan lubang), harga kekasaran permukaan rata-rata aritmetis R_a juga mempunyai toleransi kekasaran. Dengan demikian masing-masing harga kekasaran mempunyai kelas kekasaran yaitu dari N1 sampai N12. Besarnya toleransi untuk R_a biasanya diambil antara 50% keatas dan 25% kebawah. Table 2.2 menunjukkan harga kekasaran rata-rata beserta toleransinya.

Table 2.5 toleransi harga kekasaran permukaan

Kelas kekasaran	Harga C.L.A (μm)	Harga Ra (μm)	Toleransi $N_{-25\%}^{+50\%}$	Panjang sampel (μm)
N1	1	0.0025	0.02 – 0.04	0.08
N2	2	0.05	0.04 – 0.08	
N3	4	0.0	0.08 – 0.15	0.25
N4	8	0.2	0.15 – 0.3	
N5	16	0.4	0.3 – 0.6	
N6	32	0.8	0.6 – 1.2	
N7	63	1.6	1.2 – 2.4	
N8	125	3.2	2.4 – 4.8	0.8
N9	250	6.3	4.8 – 9.6	
N10	500	12.5	9.6 – 18.75	2.5
N11	1000	25.0	18.75 – 37.5	
N12	2000	50.0	37.5 – 75.0	8

Toleransi harga kekasaran rata-rata Ra dari suatu permukaan tergantung pada proses pengerjaannya. Table 2.3 berikut ini memberikan contoh harga kelas kekasaran rata-rata menurut proses pengerjaannya.

Table 2.6 Tingkat kekasaran permukaan menurut proses pengerjaannya

Proses pengerjaan	Selang (N)	Harga Ra
Flat and cylindrical lapping,	N1 – N4	0.025 – 0.2
Superfinishing diamond turning	N1 – N6	0.025 – 0.8
Flat cylindrical grinding	N1 – N8	0.025 – 3.2
Finishing	N4 – N8	0.1 – 3.2
Face and cylindrical turning, milling and reaming	N5 – N12	0.4 – 50.0
Drilling	N7 – N10	1.6 – 12.5
Shapping, planing, horizontal milling	N6 – N12	0.8 – 50.0
Sandcasting and forging	N10 – N11	12.5 – 25.0
Extruding, cold rolling, drawing	N6 – N8	0.8 – 3.2
Die casting	N6 – N7	0.8 – 1.6

