

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semakin meningkatnya perkembangan hidup manusia maka jaman pun ikut berkembang dengan pesat. Karena perkembangan manusia sangat maju maka bidang teknologi pun ikut mengalami perkembangan yang maju pula. Jika diperhatikan, kebutuhan manusia tidak lepas dari unsur logam. Karena hampir semua alat yang digunakan terbuat unsur logam. Sehingga logam mempunyai peranan aktif dalam kehidupan manusia dan menunjang teknologi jaman sekarang. Oleh karena itu timbul usaha-usaha dari manusia untuk dapat memperbaiki sifat-sifat logam tersebut. Salah satunya adalah dengan merubah bentuknya. Proses Manufaktur adalah suatu cara atau proses yang di terapkan untuk merubah bentuk suatu benda. Manufaktur sangat erat terkait dengan rekayasa atau teknik. Tujuan proses manufaktur adalah untuk menghasilkan komponen-komponen yang menggunakan material tertentu dengan mempertimbangkan bentuk, ukuran dan strukturnya. Proses ini sangat berhubungan erat dengan dunia permesinan. Dimana bidang permesinan memegang peranan penting dalam kemajuan teknologi di dunia. Menurut sisi ekonomi pengertian proses manufaktur adalah aktivitas nilai tambah, di mana konversi bahan menjadi produk menambah nilai dengan materi aslinya. Perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur bertujuan untuk menghasilkan nilai tambah dan mereka melakukannya dengan cara yang paling efisien. Mesin Bubut adalah suatu mesin perkakas yang digunakan untuk memotong benda yang

diputar. Bubut sendiri merupakan suatu proses pemakanan benda kerja yang sayatannya dilakukan dengan cara memutar benda kerja kemudian dikenakan pada pahat yang digerakkan secara translasi sejajar dengan sumbu putar dari benda kerja. Prinsip kerja mesin bubut yaitu: poros spindel akan memutar benda kerja melalui piringan pembawa sehingga memutar roda gigi pada poros spindel. Melalui roda gigi penghubung, putaran akan disampaikan ke roda gigi poros ulir. Oleh klem berulir, putaran poros ulir tersebut diubah menjadi gerak translasi pada bagian yang membawa pahat. Akibatnya pada benda kerja akan terjadi sayatan. Setiap permukaan dari sebuah benda memiliki beberapa bentuk yang beraneka ragam menurut strukturnya maupun dari hasil proses produksinya. Roughness atau kekasaran didefinisikan sebagai ketidak halusan bentuk yang menyertai proses produksi yang disebabkan oleh pengerjaan mesin. Nilai kekasaran dinyatakan dalam Roughness Average (Ra). Ra merupakan parameter kekasaran yang paling banyak digunakan secara internasional. Ra diartikan sebagai rata-rata aritmatika dan penyimpangan mutlak profil kekasaran dari garis tengah rata-rata.

1.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang diatas permasalahan yg timbul pada proses permesinan dapat dirumuskan, Bagaimana hasil studi eksperiment pengaruh kecepatan potong dan gerak makan terhadap kekasaran hasil perautan poros s40c, alumunium paduan AA6061 dan kuningan dengan mesin OKUMA LS 3134.

1.3 Batasan Masalah

Untuk memberi kejelasan dari penelitian ini, perlu adanya batasan-batasan masalah agar tidak menyimpang dari tujuan. Batasan-batasan masalah tersebut meliputi :

1. Mesin yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin bubut konvensional OKUMA LS 3134
2. Pahat insert yang digunakan adalah type DNMG 150404
3. Jenis benda kerja yang digunakan adalah poros s40c, aluminium paduan AA6061 , dan kuningan
4. Panjang benda kerja 40 mm per spesimen , diameter benda kerja 25mm, panjang pemesian 30mm
5. Kecepatan potong 41,21 m/menit, 57,30m/menit, dan 76,14m/menit
6. Sudut potong utama (Kr)
7. Kedalaman makan 0,5mm

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari pembahasan penelitian ini adalah studi eksperiment untuk mengetahui pengaruh kecepatan potong terhadap kekasaran hasil perautan poros s40c, aluminium paduan, dan kuningan dengan mesin bubut OKUMA LS 3134.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini untuk mengetahui hasil kekasaran permukaan dengan kecepatan potong tertentu terhadap 3 macam spesimen benda kerja yang akan mempengaruhi kualitas produk. Terutama pada proses permesinan bubut manual.

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 Logam Ferro dan Non Ferro

2.1.1 Pengertian Logam (Ferro)

Logam ferro adalah suatu logam paduan yang terdiri dari campuran unsur karbon dengan besi. Logam adalah unsur kimia yang mempunyai sifat-sifat, yaitu :

1. Dapat ditempa dan diubah bentuk
2. Penghantar panas dan listrik
3. Keras (tahan terhadap goresan, potongan atau keausan), kenyal (tahan patah bila dibentang), kuat (tahan terhadap benturan, pukulan martil), dan liat (dapat ditarik).

2.1.2 Pengertian Non Logam (Non Ferro)

Logam Non-Ferro (Non-Ferrous Metal) ialah jenis logam yang secara kimiawi tidak memiliki unsure besi atau Ferro (Fe) Pengertian dari bahan bukan logam atau non logam adalah unsure kimia yang mempunyai sifat-sifat, yaitu :

1. Elastis (karet), cair (bahan pelumas, dan tidak dapat menghantarkan arus listrik (bahan isolasi)
2. Peka terhadap api (bahan baker, tidak dapat terbakar (Asbes) dan mudah pecah (keramik)

2.2 Mesin Bubut



Gambar 2.1 Mesin Bubut

Mesin Bubut (bahasa Inggris: lathe) adalah suatu mesin perkakas yang digunakan untuk memotong benda yang diputar. Bubut sendiri merupakan suatu proses pemakanan benda kerja yang sayatannya dilakukan dengan cara memutar benda kerja kemudian dikenakan pada pahat yang digerakkan secara translasi sejajar dengan sumbu putar dari benda kerja. Gerakan putar dari benda kerja disebut gerak potong relatif dan gerakan translasi dari pahat disebut gerak umpan. Dengan mengatur perbandingan kecepatan rotasi benda kerja dan kecepatan translasi pahat maka akan diperoleh berbagai macam ulir dengan ukuran kisar yang berbeda. Hal ini dapat dilakukan dengan jalan menukar roda gigi translasi yang menghubungkan poros spindel dengan poros ulir. Mesin bubut merupakan salah satu mesin perkakas yang paling banyak digunakan didunia industri saat ini, banyak jenis benda yang dapat diproduksi menggunakan mesin bubut. Mesin bubut pada umumnya terdiri dari empat bagian utama yaitu kepala tetap (head stock), kepala lepas (tail stock), eretan pembawa (carriage), dan landasan atau alas mesin.

2.2.1 Kepala Tetap (Head Stock)



Gambar 2.2 Kepala Tetap (Head Stock)

Kepala tetap atau head stock adalah bagian utama dari mesin bubut yang digunakan untuk menyangga poros utama, yaitu poros yang digunakan untuk menggerakkan spindle. Poros utama yang terdapat pada head stock tersebut juga digunakan sebagaiudukan roda gigi untuk mengatur kecepatan putaran yang diinginkan dan sebagai pengatur otomatis dalam pembuatan ulir. Selain itu pada kepala tetap ini juga terdapat cekam yang berfungsi sebagai tempat mengikat atau tempat kedudukan benda kerja yang akan kita bubut dan tuas-tuas yang berguna untuk mengatur kecepatan putaran.

2.2.2 Kepela Lepas (Tali Stock)

Kepala lepas atau tail stock adalah bagian dari mesin bubut yang letaknya disebelah kanan dan dipasang diatas alas atau meja mesin. Kepala lepas ini berfungsi sebagai tempat pemasangan senter yang digunakan sebagai penumpu

ujung benda kerja dan sebagai dudukan penjepit mata bor pada saat kita melakukan pengeboran. Kepala lepas ini dapat digerakkan atau digeser sepanjang meja kerja dari mesin bubut tersebut. Pada kepala lepas tersebut juga terdapat tuas-tuas yang berfungsi sebagai pengunci dari kepala lepas tersebut.

2.2.3 Eretan Pembawa (Carriage)



Gambar 2.3 Eretan Pembawa (Carriage)

Eretan pembawa adalah bagian dari mesin bubut yang berfungsi sebagai penghantar atau pembawa pahat bubut yang dapat bergerak sepanjang landasan mesin bubut. Ada 3 jenis eretan pada mesin bubut, yaitu :

1. Eretan bawah, eretan ini dapat digerakkan sepanjang landasan mesin bubut diantara kepala tetap dan kepala lepas.
2. Eretan melintang, eretan ini bisa digerakkan tegak lurus terhadap landasan mesin bubut. Ini biasa digunakan pada saat pembubutan permukaan melintang.
3. Eretan atas, eretan ini terletak diatas eretan melintang. Eretan atas ini arah gerakannya sama dengan eretan bawah, namun eretan atas ini dapat diputar

mendatar sebesar 36 derajat. Eretan ini biasa digunakan pada saat pembubutan tirus atau konis.

Selain yang ketiga tersebut, dibagian atas eretan pembawa juga terdapat satu bagian, yaitu Tool Post. Tool post ini berfungsi sebagai tempat duduk atau tempat meletakkan pahat bubut yang akan kita gunakan dalam pembubutan.

2.2.4 Landasan



Gambar 2.4 Landasan

Landasan ini merupakan tempat kedudukan bagian-bagian lain dari mesin bubut seperti : kepala tetap, kepala lepas, dan eretan pembawa. Landasan ini biasanya terbuat dari bahan besi tuang agar mampu menahan bagian-bagian lainnya.

2.3 Dasar Proses Pemotongan pada Mesin Bubut

Proses pemotongan logam merupakan suatu proses yang digunakan untuk mengubah bentuk suatu produk dari logam (komponen mesin) dengan cara memotong. Selain itu Proses pemotongan logam merupakan kegiatan terbesar yang

dilakukan pada industri manufaktur, proses ini mampu menghasilkan komponen yang memiliki bentuk yang kompleks dengan akurasi geometri dan dimensi tinggi. Prinsip pemotongan logam dapat didefinisikan sebagai sebuah aksi dari sebuah alat potong yang dikontakkan dengan sebuah benda kerja untuk membuang permukaan benda kerja tersebut dalam bentuk geram. Meskipun definisinya sederhana akan tetapi proses pemotongan logam adalah sangat kompleks. Salah satu proses pemesinan yang digunakan pada pemotongan logam adalah proses bubut. Proses ini bertujuan untuk membuang material dimana benda kerja icekam menggunakan sebuah chuck atau pencekam dan berputar pada sebuah umbu, alat potong bergerak arah aksial dan radial terhadap benda kerja sehingga terjadi pemotongan dan menghasilkan permukaan yang konsentris dengan sumbu putar benda kerja. Kecepatan potong merupakan kecepatan tersayatnya benda kerja hingga menghasilkan sayatan logam yang dapat berupa serbuk atau chip. Chip dapat berupa gulungan yang membentuk lingkaran yang saling menyambung. Jika gulungan tersebut dipotong sebagian hingga sesuai dengan keliling satu lingkaran penuh dari benda kerja yang telah tersayat maka panjang gulungan yang dihasilkan oleh setiap sayatan pada tiap satuan waktu merupakan kecepatan potong pahat. Dimana panjang sayatan tersebut adalah $\pi \cdot d$ (keliling lingkaran dari benda kerja, d adalah diameter benda kerja), p adalah periode yaitu waktu yang dibutuhkan dalam satu kali sayatan (hubungan antara periode dan frekwensi adalah $1/p = n$, n adalah jumlah dari sayatan setiap waktu atau jumlah dari putaran benda kerja setiap satuan waktu) sehingga persamaannya menjadi :

$$\text{Kecepatan Potong } (C_s) = \pi \cdot d \cdot n .$$

Jika satuan n adalah satuan radian permenit (rpm) dan diameter benda dalam satuan mm maka rumus diatas menjadi :

$$= \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$$

Sehingga

$$\text{Kecepatan Potong (C}_s\text{)} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$$

Dimana :

$$\pi = 3,14$$

d = diameter benda kerja (mm)

n = kecepatan putaran setiap menit (rpm)

C_s = Kecepatan Potong Pahat (m/menit)

Kecepatan potong ditentukan oleh :

1. Bahan Benda Kerja

Bahan benda kerja berpengaruh pada harga kecepatan potong semakin keras benda kerja semakin rendah kecepatan potongnya dan berlaku sebaliknya semakin lunak benda kerja semakin besar kecepatan potongnya.

2. Jenis Alat Potong

Alat potong yang memiliki kekerasan yang tinggi, maka kecepatan potongnya juga akan semakin besar demikian pula sebaliknya.

3. Besar Asutan

Besar asutan adalah besar jarak pemakanan pahat dalam arah longitudinal atau membujur, semakin besar jarak pemakanan dalam arah membujur

maka kecepatan potong akan semakin kecil, dan semakin kecil jarak pemakanan maka semakin besar kecepatan potongnya.

4. Kedalaman Pemotongan Kedalaman penyayatan adalah besar jarak pemakan pahat dalam arah melintang, semakin besar jarak pemakanan pahat dalam arah melintang semakin kecil kecepatan potongnya, dan semakin kecil jarak pemakanan pahat dalam arah melintang semakin besar kecepatan potongnya.

2.4 Pahat Insert

2.4.1 Material Pahat Insert

Proses pemotongan logam merupakan suatu proses yang digunakan untuk mengubah bentuk suatu produk dari logam (komponen mesin) dengan cara memotong. Selain itu Proses pemotongan logam merupakan kegiatan terbesar yang dilakukan pada industri manufaktur, proses ini mampu menghasilkan komponen yang memiliki bentuk yang kompleks dengan akurasi geometri dan dimensi tinggi. Prinsip pemotongan logam dapat didefinisikan sebagai sebuah aksi dari sebuah alat potong yang dikontakkan dengan sebuah benda kerja untuk membuang permukaan benda kerja tersebut dalam bentuk geram. Meskipun definisinya sederhana akan tetapi proses pemotongan logam adalah sangat kompleks. Salah satu proses pemesinan yang digunakan pada pemotongan logam adalah proses bubut. Proses ini bertujuan untuk membuang material dimana benda kerja dicekam menggunakan sebuah chuck atau pencekam dan berputar pada sebuah sumbu, alat potong bergerak

arah aksial dan radial terhadap benda kerja sehingga terjadi pemotongan dan menghasilkan permukaan yang konsentris dengan sumbu putar benda kerja.

2.4.2 Geometri Pahat Insert

Untuk proses pembubutan rata pada benda kerja dari bahan/ material baja yang lunak (mild steel), pahat bubut rata memiliki sudut potong dan sudut kebebasan sebagai berikut: sudut potong total 80° , sudut potong sisi samping (side cutting edge angle) $12^\circ \div 15^\circ$, sudut bebas tatal (side rake angle) $12^\circ \div 20^\circ$, sudut bebas muka (front clearance angle) $8^\circ \div 10^\circ$ dan sudut bebas samping (side clearance angle) $10^\circ \div 13^\circ$.

2.5 Material Benda Kerja

2.5.1 Baja S40C

JIS S40C *carbon steel round bar*

1. Spesifikasi Terkait

USA	AISI 1040
	ASTM A29/A29M-91 1040
	SAE 1040
Jepang	S40C
Jerman	/

Inggris	BS970 Bagian 3: 1991 060A40/080A40/080M40
France	NF XC42

2. Kimia Khas Analisis

karbon Silicon mangan kromium nikel Cuprum

0.37 0.17- 0.50- 0.25 0.30 0.25

0.44 0.37 0.80 max max max

2.5.2 Aluminium paduan

Alumunium merupakan salah satu logam non ferrous. Dalam sector perindustrian, alumunium dikembangkan dengan begitu pesat. Dan dapat diolah menjadiberbagai macam produk dengan lebih ekonomis. Alumunium merupakan logam ringan dengan berat jenis 2.643 g/cm³ dan titik cairnya 660 oC. Bauksit adalah salah satu sumber alumunium, dan banyak terdapat didaerah Bintan dan Kalimantan. Bauksit dapat diolah dengan proses bayer untuk mendapatkan alumina yang selanjutnya diolah kembali untuk mendapatkan lumunium. Untuk menghasilkan 500kg alumunium diperlukan 550kg bauksit, 450kg NaOH, 31.5 ton H₂O dan 7.5 ton uap. Bauksit dapat juga diolah menggunakan proses elektrolisa. Untuk 1kg alumunium diperlukan 4kg bauksit, 0.6kg karbon, dan criolit. Sifat-sifat umum dari alumunium antara lain :

1. Berat jenis rendah
2. Konduktor listrik yang baik
3. Tahan korosi

4. Mudah dituang

Beberapa jenis aluminium alloy :

1. Wrought Alloy

Aluminium wrought alloy terdiri dari 2 macam yaitu aluminium wrought alloy yang bisa diheat treatment dan aluminium wrought alloy yang tidak bisa ditempa.

2. Casting Alloy

Aluminium casting alloy terdiri dari aluminium die casting dan aluminium permanent casting

Beberapa macam aluminium alloy ditinjau dari bahan campurannya, antara lain :

1. Magnal (terdiri dari campuran aluminium dan magnesium)
2. Manal (terdiri dari campuran aluminium dan mangan)
3. Siluminal (terdiri dari campuran aluminium, tembaga dan silicon)
4. Duraluminium terdiri dari campuran aluminium, tembaga, mangan dan magnesium)

Menurut HES (Honda Engineering Standart) terdapat aluminium alloy dengan type HD2 G2. HD2 G2 adalah aluminium alloy yang dipergunakan dalam proses die casting.

HD2 G2 adalah material aluminium alloy yang kuat, dan tahan benturan.

Standar komposisinya adalah :

1. Silicon (Si) maximal 8.5 – 11%
2. Besi (Fe) maximal 0.85 %
3. Mangan (Mn) maximal 0.3%

4. Magnesium (Mg) maximal 0.25%
5. Nikel (Ni) maximal 0.3%
6. Seng (Zn) maximal 1%
7. Tembaga (Cu) 1 – 2.5%

2.5.3 Kuningan

Kuningan adalah logam yang merupakan campuran dari tembaga dan seng. Tembaga merupakan komponen utama dari kuningan, dan kuningan biasanya diklasifikasikan sebagai paduan tembaga. Warna kuningan bervariasi dari coklat kemerahan gelap hingga ke cahaya kuning keperakan tergantung pada jumlah kadar seng. Seng lebih banyak mempengaruhi warna kuningan tersebut. Kuningan lebih kuat dan lebih keras daripada tembaga, tetapi tidak sekuat atau sekeras seperti baja. Kuningan sangat mudah untuk di bentuk ke dalam berbagai bentuk, sebuah konduktor panas yang baik, dan umumnya tahan terhadap korosi dari air garam. Karena sifat-sifat tersebut, kuningan kebanyakan digunakan untuk membuat pipa, tabung, sekrup, radiator, alat musik, aplikasi kapal laut, dan casing cartridge untuk senjata api. Komponen utama kuningan adalah tembaga. Jumlah kandungan tembaga bervariasi antara 55% sampai dengan 95% menurut beratnya tergantung pada jenis kuningan dan tujuan penggunaan kuningan. Kuningan yang mengandung persentase tinggi tembaga terbuat dari tembaga yang dimurnikan dengan cara elektrik. Yang setidaknya menghasilkan kuningan murni 99,3% agar jumlah bahan lainnya bisa di minimalkan. Kuningan yang mengandung persentase rendah tembaga juga dapat dibuat dari tembaga yang dimurnikan dengan elektrik, namun

lebih sering dibuat dari scrap tembaga. Ketika proses daur ulang terjadi, persentase tembaga dan bahan lainnya harus diketahui sehingga produsen dapat menyesuaikan jumlah bahan yang akan ditambahkan untuk mencapai komposisi kuningan yang diinginkan. Komponen kedua dari kuningan adalah seng. Jumlah seng bervariasi antara 5% sampai dengan 40% menurut beratnya tergantung pada jenis kuningan. Kuningan dengan persentase seng yang lebih tinggi memiliki sifat lebih kuat dan lebih keras, tetapi juga lebih sulit untuk dibentuk, dan memiliki ketahanan yang kurang terhadap korosi. Seng yang digunakan untuk membuat kuningan bernilai komersial dikenal sebagai spelter. Beberapa kuningan juga mengandung persentase kecil dari bahan lain untuk menghasilkan karakteristik tertentu, hingga 3,8% menurut beratnya. Timbal dapat ditambahkan untuk meningkatkan ketahanan. Penambahan timah meningkatkan ketahanan terhadap korosi, membuat kuningan lebih keras dan membuat struktur internal yang lebih kecil sehingga kuningan dapat dibentuk berulang dalam proses yang disebut penempaan. Arsenik dan antimony kadang-kadang ditambahkan ke dalam kuningan yang mengandung seng lebih dari 20% untuk menghambat korosi. Bahan lain yang dapat digunakan dalam jumlah yang sangat kecil yaitu mangan, silikon, dan fosfor.

2.6 Mekanisme Pembentukan Geram Sayatan

Untuk itu terdapat tiga hal dasar didalam pembentukan geram yaitu :

1. Pahat (tool) harus lebih keras dan tahan aus dibanding dengan benda kerja.
2. Harus ada bagian pahat yang makan ke benda kerja sesuai dengan pemakanan dan kedalaman potong yang direncanakan.

3. Harus ada gerakan relatif atau kecepatan potong (cutting speed) antara pahat dengan benda kerja dengan gaya potong yang cukup untuk mengalami tahanan spesifik dari material benda kerja

2.7 Toleransi

Toleransi adalah dua batas penyimpangan ukuran yang diijinkan. Misalnya, sebuah elemen diberi ukuran maka dapat dijelaskan sebagai berikut: adalah ukuran dasar dan nilai toleransi yang diberikan.

2.7.1 Poros

1. Kualitas 1 – 4 adalah untuk pengerjaan yang sangat teliti. Misalnya pembuatan alat ukur, instrumen optik, dll.
2. Kualitas 5 – 11 untuk proses pengerjaan dengan permesinan biasa, termasuk untuk komponen-komponen yang mampu tukar.
3. Kualitas 12 – 16 untuk proses pengerjaan yang kasar, seperti pengecoran, penempaan, pengerolan, dsb

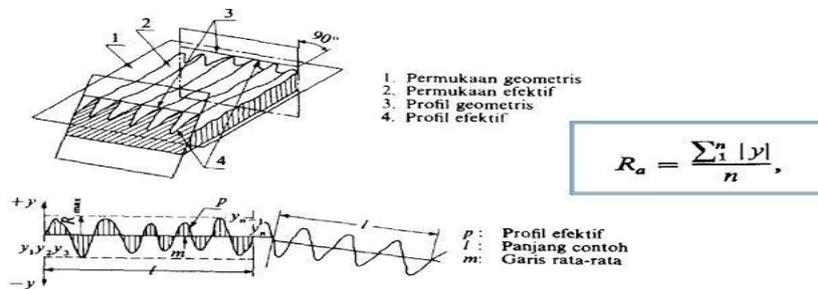
2.7.2 Harga Kekasaran (Ra)

Seperti halnya toleransi ukuran (lubang dan poros), harga kekasaran rata-rata aritmetis Ra juga mempunyai harga toleransi kekasaran. Dengan demikian masing-masing harga kekasaran mempunyai kelas kekasaran yaitu dari N1 sampai N12. Besarnya toleransi untuk Ra biasanya diambil antara 50% ke atas dan 25%kebawah Definisi Kekasaran permukaan adalah penyimpangan rata –rata

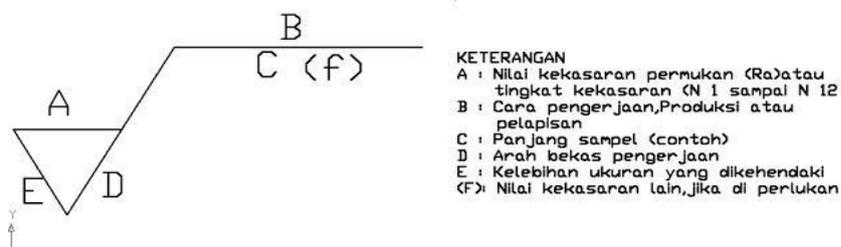
aritmetik dari garis rata-rata Profil. Dalam ISO 1302-1978 definisi ini digunakan untuk menetapkan harga.rata-rata kekasaran permukaan.

1. Setiap permukaan yang telah mengalami proses permesinan akan mengalami kekasaran permukaan tertentu,misalnya mengkilap,halus maupun kasar.proses permesinan ini akan menentukan kekasaran permukaan pada level tertentu
2. Untuk bagian perencana kerja,bagian perhitungan biaya, maupun operator,harus mengetahui tingkat kekasaran permukaan, yang harus dicapai pada benda kerja

Menurut ISO 1302 - 1978 yang dimaksud dengan kekasaran permukaan adalah penyimpangan rata-rata aritmetik dari garis rata-rata profil. Definisi ini digunakan untuk menentukan harga dari rata-rata kekasaran permukaan.



Gambar 2.5 Lambang parameter-parameter untuk menentukan kekasaran permukaan



Gambar 2.6 Lambang kekasaran permukaan

Setiap permukaan dari benda kerja yang telah mengalami proses permesinan, baik itu proses pembubutan, penyekrapan, pengefraisan, akan mengalami kekasaran permukaan dimana untuk besarnya dinyatakan dalam huruf N, dari N 1 yang paling halus sampai N 12 yang paling kasar dengan arah bekas pengerjaan yang tertentu dengan simbol tertentu pula, dari hal tersebut diatas dapat ditentukan nilai kekasaran permukaan pada level tertentu, apakah benda kerja tersebut mengkilap, halus, maupun kasar.

(satuan: mikrometer)

R_a	R_z	R_{max}
0,025	0,1	0,1
0,05	0,2	0,2
0,10	0,4	0,4
0,20	0,8	0,8
0,40	1,6	1,6
0,80	3,2	3,2
1,6	6,3	6,3
3,2	12,5	12,5
6,3	25	25
12,5	50	50
25	100	100
50	200	200
100	400	400

2.7.3 Geometri

Toleransi geometrik adalah toleransi yang membatasi penyimpangan bentuk, posisi tempat, dan penyimpangan putar terhadap suatu elemen geometris. Toleransi geometrik pada dasarnya memberikan kesempatan untuk memperlebar persyaratan dari toleransi ukuran. Pemakaian toleransi geometrik hanya dianjurkan apabila memang perlu meyakinkan ketepatan komponen menurut fungsinya. 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.