

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Mohammad Farokhi, 2017

Mohammad Farokhi penelitian ini bertujuan untuk menganalisa sebab akibat berdasarkan perlakuan yang diberikan. Pada penelitian ini perlakuan yang diterapkan yaitu variasi kecepatan putar spindle (rpm) dan jenis sudut pahat. Kecepatan putar spindle yang digunakan yaitu 2000 rpm, 2250 rpm, 2500 rpm, 2750 rpm, 3000 rpm. Sudut pahat yang digunakan yaitu 35°, 55°, dan 80°. Setelah dilakukan pembubutan diuji kekasarannya. kekasaran permukaan.

Hasil pengujian menunjukkan nilai kekasaran masing-masing spesimen mempunyai perbedaan yang signifikan. Hal ini dibuktikan dengan nilai kekasaran paling tinggi dengan kecepatan putar spindle 2000 rpm dengan sudut pahat 80° yaitu 10,271 μm , dan nilai kekasaran paling rendah dengan kecepatan putar spindle 3000 rpm dengan sudut pahat 35° yaitu 0,951 μm .

Riangga Alif Priyatna, 2018

Riangga Alif Priyatna melakukan penelitian dengan judul Pengaruh Kecepatan Spindle dan Kedalaman Potong mesin bubut CNC Emco Turn 242 Terhadap kekasaran permukaan baja paduan S45C tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh tingkat kekasaran permukaan pada proses potong mesin Bubut CNC dengan variasi kecepatan spindle dan kedalaman pemakanan specimen material baja paduan S45C.

Dalam penelitian menggunakan variasi Dalam penelitian menggunakan variasi kecepatan yakni 700 rpm, 800 rpm, dan 900 rpm dengan kedalaman pemakanan 0,20 mm, 0,40 mm, dan 0,60 mm. dari 3 Variasi variabel diatas didapat data Analisa kekasaran permukaan pada 3 variasi kecepatan spindle didapatkan tingkat kekasaran terkecil pada kecepatan 900 Rpm yaitu 0.856 μm . dan berdasarkan Analisa kedalaman pemakanan menggunakan 3 variasi

ketebalan pemakanan didapatkan tingkat kekasaran terkecil pada pemakanan 0.20 mm yaitu dengan nilai 5,08 μm .

Sholekhuudin, 2018

Analisa pengaruh kecepatan putar kecepatan pemakanan dan kedalaman terhadap kekasaran permukaan silinder block motor pada mesin cnc milling merupakan judul penelitian dari Sholekhuudin, dimana penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kekasaran dari permukaan blok silinder akibat proses permesinan yang menggunakan mesin CNC Milling dengan variasi kecepatan dan kedalaman pemakanan.

Dalam penelitian menggunakan variasi kecepatan yakni 800 rpm, 1100 rpm, dan 1400 rpm dengan kedalaman pemakanan 0,75 mm, 1,5 mm, dan 2,25 mm. dari 3 Variasi variabel diatas didapat nilai kekasaran permukaan terkecil yaitu 0.856 μm . yaitu pada kecepatan putaran spindle 800 Rpm dan kedalaman pemakanan 0.75 mm dan memiliki angka kelas kekasaran N6 yaitu proses, Bubut, *Shipping and Milling*.

Siti Umami Purnamasari, 2019

Siti Umami Purnamasari melakukan penelitian dengan judul Analisa pengaruh pemakanan (cutting) terhadap kekasaran permukaan silinder blok sepeda motor tipe "X" menggunakan mesin CNC Milling (frais) tipe GSK 3A dengan pendinginan air dengan tujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan, kekasaran dan foto makro pada silinder blok dengan tiga variasi kecepatan putaran spindle yang berbeda yakni, 800 RPM, 1100 RPM dan 1400 RPM.

Pada pengujian kekerasan kecepatan spindle 1400 RPM memiliki tingkat kekerasan yang paling rendah yaitu 128.4 HRV, sedangkan tingkat kekerasan yang paling tinggi berada pada kecepatan spindle 1100 RPM yaitu 145.7 HRV. Pada pengujian kekasaran kecepatan spindle 800 RPM memiliki rata-rata kekasaran yang paling tinggi yaitu $R_a : 3,61 \mu\text{m}$, sedangkan nilai kekasaran yang paling rendah berada pada kecepatan spindle 1400 RPM yaitu $R_a : 3,05 \mu\text{m}$. Dari hasil pengujian foto makro menunjukkan tingkat kekasaran yang rendah pada putaran spindle 1400

RPM. Spindle speed memiliki nilai yang berbanding terbalik terhadap kekasaran permukaan.

Kristianus Edwin Kapel,2020

Kristianus Edwin Kapel melakukan penelitian dengan judul Analisa Pengaruh Variasi Putar Spindel, Waktu Pemotongan Dan Kedalaman Potong, Pada Mesin Bubut CNC EMCO TU 2A Terhadap Kekasaran Permukaan Baja ST42 Dengan Metode Taguchi penelitian yang diambil peneliti bermaksud untuk mengetahui bagaimana pengaruh variasi putaran spindel, waktu pemotongan dan kedalaman potong terhadap kekasaran permukaan baja st 42.

Penelitian diambil dengan specimen benda kerja ST 42 dengan pengerjaan variasi kecepatan spindle 860 rpm,1000 rpm,1500 rpm dan kedalaman pemakanan variasi 1 μm , 1,5 μm , 2 μm , diproses menggunakan metode Taguchi, lalu Analisa uji diambil menggunakan Pengukuran tingkat kekasaran permukaan spesimen dengan menggunakan alat ukur Surface Roughness Tester hasil uji kekasaran permukaan material uji baja ST 42 hasil adalah variable putaran spindel 1500 rpm, kedalaman pemotongan 2mm, dan waktu pemotongan 2 menit.

2.2 Baja Carbon

Baja karbon adalah sebuah material paduan antara komposisi besi (Fe) dengan Carbon (C) yang dimana memiliki bervariasi macam presentase paduannya, tetapi baja karbon sendiri memiliki standar dimana maksimal komposisi paduan carbon hanya 21%. Dengan campuran komposisi tersebut makan berbeda beda hasil nilai kekerasan setiap variasi komposisi antara Fe dan C, dimana semakin tinggi kandungan carbon maka semakin tinggi nilai kekerasasan material yang dihasilkan.

Jenis dan kelas		Kadar karbon (%)	Kekuatan luluh (kg/mm ²)	Kekuatan tarik (kg/mm ²)	Perpanjangan (%)	Kekerasan Brinell	Penggunaan
Baja karbon rendah	Baja lunak khusus	0,08	18 - 28	32 - 36	40 - 30	95 - 100	Pelat tipis Batang kawat
	Baja sangat lunak	0,08-0,12	20 - 29	36 - 42	40 - 30	80 - 120	
	Baja lunak	0,12-0,20	22 - 30	38 - 48	36 - 24	100 - 130	
Baja karbon sedang	Baja setengah lunak	0,20-0,30	24 - 36	44 - 55	32 - 22	112 - 145	Konstruksi umum Komponen mesin
	Baja setengah keras	0,30-0,40	30 - 40	50 - 60	30 - 17	140 - 170	
Baja karbon tinggi	Baja keras	0,04 0,50	34 - 46	58 - 70	26 - 14	160 - 200	Perkakas, Rel, pegas dan kawat niano
	Baja sangat keras	0,50 0,80	36 - 47	65 - 100	20 - 11	180 - 235	

Tabel.2.1 Klasifikasi Baja Carbon

(Sumber : Irzal, 2011)

Berdasarkan banyak sedikitnya banyak karbon, baja karbon dikelompokkan menjadi 3 yaitu :

a. Baja Karbon Rendah.

Baja karbon ini merupakan jenis baja dengan kandungan komposisi karbon yang kurang dari 0,3% (Bishop, 2000). Karena pada komposisi kandungan karbonnya rendah oleh karena itu sifat material ini sangat lunak, tetapi memiliki tingkat keuletan yang tinggi. Baja karbon ini biasa diproses dengan dituang, dikeraskan permukaannya (*case hardening*), mudah dilas dan ditempa. Baja karbon rendah ini biasanya banyak digunakan untuk konstruksi jembatan, mur, baut, pelat, kawat, roda gigi, pipa dan sebagainya.

b. Baja Karbon Sedang

Baja karbon yang berisi mempunyai kandungan karbon antara 0,3 sampai 0,7% (Bishop, 2000). Baja karbon ini memiliki sifat yang lebih kuat dan kauletannya dibanding baja karbon rendah. Sifat-sifat dari baja ini adalah dapat dikeraskan, distempering, dilas, dikerjakan mesin dengan baik. Penggunaannya hampir sama dengan baja karbon rendah. Perancangan konstruksi pembebanan yang lebih berat yang memerlukan kekuatan dan kekerasan tinggi, maka baja karbon sedang lebih tepat.

c. Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi yang mempunyai kandungan karbon antara 0,3 sampai 1,7% (Bishop, 2000). Jenis baja karbon ini memiliki tingkat hasil kekerasan tertinggi dibanding baja karbon lainnya . Tetapi baja karbon ini tingkat

keuletanya rendah. Baja ini bersifat tahan aus, contoh penggunaannya adalah untuk pahat, kayu dan kikir. Baja karbon mempunyai sifat-sifat dan reaksi beraneka ragam sehingga dapat digunakan oleh manusia untuk berbagai kebutuhan. Baja terdiri dari beberapa jenis, masing-masing memiliki di keunggulan tersendiri. Pada kehidupan sehari-hari baja banyak yang digunakan sebagai konstruksi maupun industry. Karbon yang merupakan unsur penguat baja yang efektif dan murah.

2.3 Baja AISI 1020

Baja AISI 1020 adalah jenis baja karbon rendah dengan komposisi karbon berkisar 0,20-0,30 % (Zurita-Hurtado et al., 2017) baja tipe jenis ini merupakan baja dengan karakteristik sifat keras yang tinggi dan memiliki sifat Tarik yang baik. Material ini memiliki keunggulan yaitu mudah untuk dibentuk, oleh sebab itu jenis tipe ini sering digunakan sebagai bahan manufaktur khususnya untuk gandar dan komponen otomotif dan alat manufaktur yang lain. Baja Tipe AISI 1020 memiliki kandungan komposisi ($0,18 \pm 0,01\%$ C, $0,035 \pm 0,001\%$ S, dan $0,40 \pm 0,01\%$ Mn),(Zurita et al., 2018) berdasarkan literatur yang ada menunjukkan bahwa specimen tipe ini bahwa kekasaran permukaan meningkat ketika laju pemakanan meningkat dan kecepatan potong menurun. Kedalaman potongan sedikit dipengaruhi kekasaran. Analisis varians dan teknik *regresi* berganda digunakan untuk merumuskan persamaan kuantitatif untuk memperkirakan nilai prediksi kekasaran sebagai fungsi parameter pemotongan (Zurita et al., 2018).

Kode	C %	Si %	Mn%	Mo%	P %	Cr %
AISI 1020	0,20-0,30	0,15-0,35	0,50-0,70	0,20-0,30	0,035 max	0,90-1,40

Tabel 2.2 . Komposisi Baja AISI 1020

(Sumber :Nasution & Nasution, 2020)

2.3.1 Aplikasi Baja AISI 1020

Penggunaan baja AISI 1020 di dunia industry terutama manufaktur sering digunakan untuk komponen berbagai peralatan, karena baja tipe ini merupakan jenis baj karbon rendah yang dimana tingkat kekrasannya dibawah jenis baja lainnya namun baja tipe ini juga memiliki keunggunaln yang dimana memiliki tingkat keuletan yang tinggi. Penggunaan baja tipe ini sering dijumpai pada sektor industry dan bisnis ,otomotif,manufaktur mesin dan peralatan dan banyak lagi, berikut merupakan beberapa apalikasi paling umum dari penggunaan baja karbon AISI 1020 :

Suku Cadang dan Komponen Mesin dan Peralatan

- Ratchet
- Pin Gudgon
- as
- Baut, Mur, dan Alat
- roda gigi
- Dan masih banyak lagi

2.4 Mesin Bubut (Turning) CNC

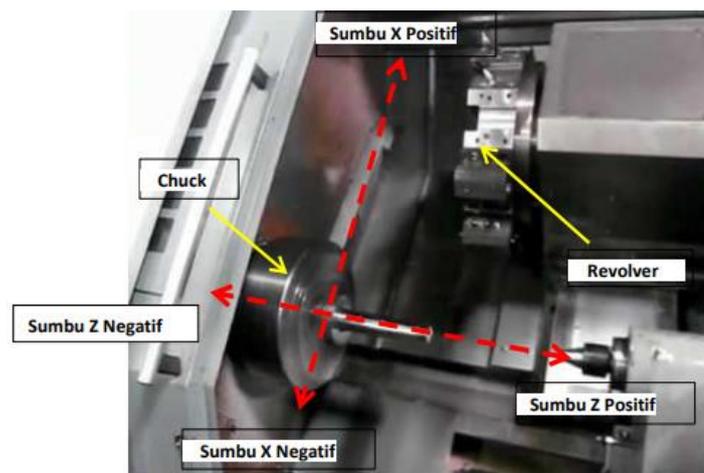
(Widato, 2018) Hasil perpaduan teknologi komputer dan teknologi mekanik inilah yang selanjutnya dinamakan CNC (*Computer Numerically Controlled*). Sistem pengoperasian CNC menggunakan program yang dikontrol langsung oleh komputer. Secara umum konstruksi mesin perkakas CNC dan sistem kerjanya adalah sinkronisasi antara komputer dan mekaniknya. Jika dibandingkan dengan mesin perkakas konvensional yang setaraf dan sejenis, mesin perkakas CNC lebih unggul baik dari segi ketelitian (*accurate*), ketepatan (*precision*), fleksibilitas, dan kapasitas produksi. Sehingga di era modern seperti saat ini banyak industriindustri mulai meninggalkan mesin-mesin perkakas konvensional dan beralih menggunakan mesin-mesin perkakas CNC.

(Zubaidi & Syafa, 2012) Pada mesin bubut CNC mempunyai bagian yang sama dengan mesin bubut konvensional baik segi bentuk maupun fungsinya, hanya saja pada mesin bubut CNC pergerakan bagian mesin bisa dioperasikan secara manual juga bisa denganprogram dan pergerakannya dapat dipantau lewat monitor. Berikut

ini adalah bagian Utama mesin bubut diantaranya adalah berikut ini: Eretan (*Support*), Rumah Alat Potong, Cekam (*Chuck*) Kepala Lepas (*Tailstock*), Meja Mesin (*Sliding Bed*), Motor Penggerak Utama, Step Motor, dan Bagian Pengendali atau Kontrol. Secara garis besar pengertian mesin CNC adalah suatu mesin yang dikontrol oleh komputer dengan menggunakan bahasa numerik (perintah gerakan yang menggunakan angka dan huruf) (S. Wijanarka, 2014).

2.4.1 Prinsip Mesin Bubut CNC

(Mahoni, 2013) Mesin Bubut CNC mempunyai prinsip gerakan dasar seperti halnya Mesin Bubut konvensional yaitu gerakan ke arah melintang dan horizontal dengan sistem koordinat sumbu X dan Z. Prinsip kerja Mesin Bubut CNC T juga sama dengan Mesin Bubut konvensional yaitu bendakerja yang dipasang pada cekam bergerak sedangkan alat potong diam. Untuk arah gerakan pada Mesin Bubut diberi lambang sebagai berikut :



Gambar 2.1 Gerakan Sumbu Utama Koordinat X dan Z

(Sumber : B. S. Wijanarka, 2012)

Keterangan Gambar

1. Sumbu X untuk arah gerakan melintang tegak lurus terhadap sumbu putar.
2. Sumbu Z untuk arah gerakan memanjang yang sejajar sumbu putar.

2.4.2 Cara Mengoperasikan Mesin CNC

Secara garis besar, cara mengoperasikan mesin CNC dapat dilakukan dengan dua acara yaitu :

a. Sistem absolut

Pada system ini penempatan titik awal alat potong yang digunakan sebagai tumpuan adalah menetapkan titik referensi yang berlaku tetap selama operasi mesin berjalan.

b. Sistem incremental

Pada system ini penempatan titik awal alat potong yang digunakan sebagai tumpuan adalah selalu berpindah sesuai dengan titik actual yang dinyatakan terahir.

2.4.3 Bagian – bagian utama mesin bubut CNC

a. Motor utama

Motor utama adalah motor penggerak cekam untuk memutar benda kerja. Motor ini adalah jenis motor arus searah/DC (Direct Current) dengan kecepatan putaran yang variabel.(Widato, 2018)

Adapun data teknis motor utama adalah:

- a) Jenjang putaran 600 –4000 rpm
- b) Power Input 500 Watt
- c) Power Output 300 Watt.

b. Eretan/support.

Eretan adalah gerak persumbuan jalannya mesin. Untuk mesin bubut NC TU 2 A dibedakan menjadi dua bagian, yaitu :

- a) Eretan memanjang (sumbu Z) dengan jarak lintasan 0–300 mm.
- b) Eretan melintang (Sumbu X) dengan jarak lintasan 050mm.(widarto, 2008)

C. Step motor

Step motor berfungsi untuk menggerakkan eretan, yaitu gerakan sumbu X dan gerakan sumbu Z. Tiap-tiap eretan memiliki step motor sendiri-sendiri, adapun data teknis step motor sebagai berikut:

- 1) Jumlah putaran 72 langkah.
- 2) Momen putar 0.5 Nm.
- 3) Kecepatan gerakan :
 - a) Gerakan cepat maksimum 700 mm/menit.
 - b) Gerakan operasi manual 5 –500 mm/menit.
 - c) Gerakan operasi mesin CNC terprogram 2 –499 mm/menit. (Widarto, 2018)

D. Rumah alat potong (revolver/tool turret).

Rumah alat potong berfungsi sebagai penjepit alat potong pada saat proses pengerjaan benda kerja. Adapun alat yang dipergunakan disebut revolver atau tool turret, revolver digerakkan oleh step motor sehingga bisa digerakkan secara manual maupun terprogram. Pada revolver bisa dipasang enam alat potong sekaligus yang terbagi mejadi dua bagian, yaitu :

- 1) Tiga tempat untuk jenis alat potong luar dengan ukuran 12x12 mm. Misal: pahat kanan luar, pahat potong, pahat ulir, dll.
- 2) Tiga tempat untuk jenis alat potong dalam dengan maksimum diameter 8 mm. Misal: pahat kanan dalam, bor, center drill, pahat ulir dalam, dll. (Widarto, 2018)

E. Cekam

Cekam pada Mesin Bubut berfungsi untuk menjepit bendakerja pada saat proses penyayatan berlangsung. (Widarto, 2008)

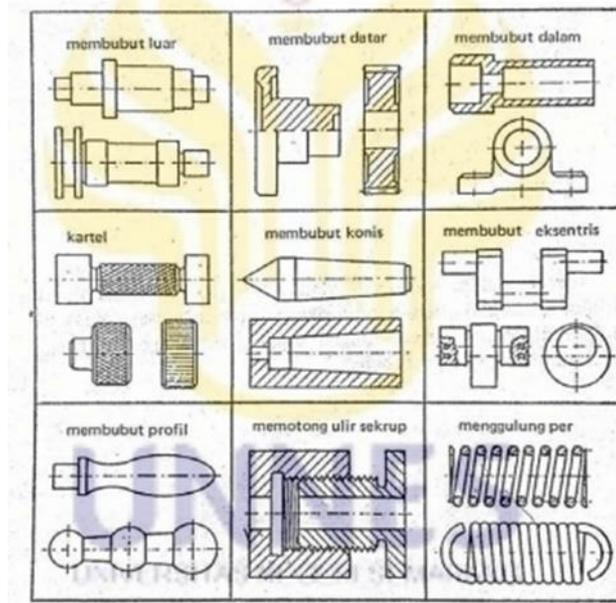
f. Meja mesin

Meja mesin atau sliding bed sangat mempengaruhi baik buruknya hasil pekerjaan menggunakan Mesin Bubut ini, hal ini dikarenakan gerakan memanjang eretan (gerakan sumbu Z) tertumpu pada kondisi sliding bed ini. Jika kondisi sliding bed sudah aus atau cacat bisa dipastikan maka hasil pembubutan menggunakan mesin ini tidak akan maksimal, bahkan benda

kerja juga rusak. Hal ini juga berlaku pada Mesin Bubut konvensional. (Widarto, 2008).

2.4.2 Klasifikasi Metode pembubutan

Macam pekerjaan membubut dapat diklasifikasikan sebagai bagan berikut :



Gambar 2.2 Macam-macam pekerjaan pembubutan

(Sumber : Daryanto, 1988)

2.5 CAD/CAM

CAD (*Computer Aided Design*) merupakan suatu program komputer yang memudahkan seorang perancang (*designer*) untuk mendisain gambar rekayasa (design engineering) dengan mengubah gambar geometris secara cepat. Sedangkan CAM (*Computer Aided Manufacturing*) merupakan suatu sistem manufaktur yang mengoptimalkan kemampuan program komputer untuk menterjemahkan disain rekayasa yang dibuat dengan menggunakan CAD sehingga bisa mengontrol mesin NC (*Numerical Controlled Machines*). Sistem CAD/CAM sendiri terjadi apabila spesifikasi disain secara langsung diterjemahkan kedalam spesifikasi manufaktur, jadi CAD/CAM adalah penggabungan antara disain rekayasa dan instruksi manufaktur. Sedangkan mesin NC sendiri adalah mesin yang peralatannya dikontrol oleh komputer dengan sistem CAD/CAM.

Kemampuan CAD dalam mendisain Wireframe Modelling berkembang menjadi *Surface Modelling*, *Solid Modelling* dan terakhir *Parametric Modelling*. Sedangkan kemampuan CAM dari mesin NC (*Numerical Control*) menjadi CNC (*Computer Numerical Control*) dan terakhir DNC (*Direct Numerical Control*).

Manfaat dan keunggulan yang didapat dari teknologi CAD/CAM yang bias menciptakan keunggulan bersaing yaitu :

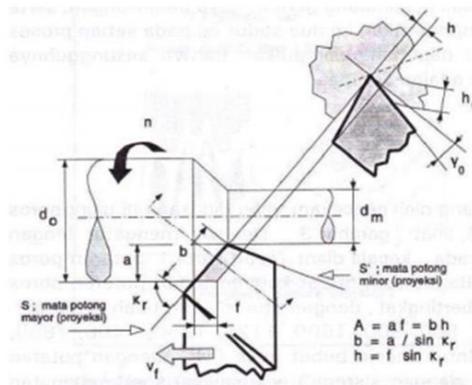
- Respon cepat. Perusahaan-perusahaan yang banyak kehilangan order karena keterlambatan pengiriman dapat memanfaatkan teknologi CAD/CAM untuk mempercepat proses disain dan siklus manufaktur. Biasanya keterlambatan bersumber pada pembuatan gambar yang lama, uji prototipe, proses pemberitahuan perubahan produk dan lain-lain, dalam hal ini kita dapat mengandalkan CAD/CAM untuk mempercepatnya. Sebagai contoh, jika test prototipe/produk yang menjadi masalah kritis maka CAD dapat mempercepatnya dengan membuat simulasi komputer. Disain manufaktur yang lebih fleksibel dan besar. Secara tradisional proses produksi dilakukan dengan 2 macam mesin yaitu *General Purpose Machine* untuk produksi batch dan *Dedicated Machine* untuk produksi massal. Produksi batch memungkinkan fleksibilitas yang tinggi, tetapi mengakibatkan biaya produksi per unit yang tinggi untuk operasi. Sedangkan produksi massal menyebabkan biaya produksi per unit lebih murah tetapi menghilangkan fleksibilitas. Dengan CAD/CAM dan *Flexible Manufacturing* perusahaan akan memperoleh keduanya yaitu fleksibilitas disain produk dan biaya produksi per unit yang lebih murah seperti pada produksi massal. Dalam cara tradisional, memproduksi produk yang rumit dan beragam akan meningkatkan biaya produksi per unit. Dengan komputer ditugaskan untuk menangani kerumitan ini tidak menjadi masalah lagi, komputer akan melakukan pengelompokan suku cadang yang mirip/sama didalam database secara otomatis sehingga biaya produksi per unit dapat tetap ditekan serendah mungkin.
- Meningkatkan mutu produk dan menurunkan biaya produksi per unit. Mutu dan kehandalan produk akan ditingkatkan secara tajam dengan teknologi CAD/CAM, apalagi dengan dikembangkannya "*Solid Modelling*" dan

“*Parametric Design*” didalam CAD/CAM. Hasil akhir dari proses produksi lebih rapi, lebih ergonomis, meningkatkan kepercayaan terhadap kekuatan struktur bangunan dan lain-lain. Dan juga membuat produk akhir menjadi lebih ringan, kompak, hemat energi, kinerja yang tinggi dan mekanisme mesin yang lebih sederhana sehingga dapat menurunkan biaya produksi per unit dalam jangka panjang. Mengurangi kebutuhan untuk membuat prototipe fisik. Perusahaan-perusahaan biasanya mendisain dan membuat suatu produk berulang kali agar memperoleh pengalaman memproduksi agar dapat menghasilkan produk yang memuaskan. Seringkali sampai puluhan kali dibuat prototipe fisik dalam proses pembuatan produk, juga kadang-kadang pelanggan diperbolehkan untuk melakukan beberapa test produk. Produk seperti bangunan, jembatan, satelit, pemacu jantung dan lain-lain harus dibuat secara benar dan sempurna pada waktu pertama kali, produk lain seperti kapal terbang sangat mahal jika dibuat prototipe fisiknya. Tetapi tetap kebutuhan terhadap prototipe tidak dapat dihilangkan, hanyalah prototipe yang dibutuhkan berkurang jauh sebelum produksi penuh dilaksanakan, sehingga menghemat waktu dan biaya. Keempat teknologi dasar dari CAD/CAM yang sudah dibahas diatas dapat menghilangkan dan mengurangi kebutuhan untuk membuat prototipe tradisional. Basis Data dari kinerja yang lalu dan terbaik dapat dimanfaatkan, juga pemanfaatan simulasi grafik, juga simulasi matematis untuk pembuatan bangunan dan prototipe matematis dengan komputer akan mengurangi kebutuhan untuk membuat prototipe fisik. Simulasi komputer dapat bekerja jauh lebih cepat dan murah dan mendekati ketepatan yang tinggi seperti produk nyata, dan kadang-kadang simulasi komputer merupakan satu-satunya cara sebelum memproduksi produk akhirnya. Keuntungan yang lain simulasi komputer adalah kadang-kadang dapat memaksa para ahli untuk mencoba mengerti secara fisika apa yang terjadi dibalik kinerja produk.

2.5 Parameter Proses Pembubutan

Pada proses bubut ada tiga parameter utama pada setiap proses bubut adalah kecepatan putar spindel (*speed*), gerak makan (*feed*) dan kedalaman potong (*depth of cut*). Faktor yang lain seperti bahan benda kerja dan jenis pahat sebenarnya juga

memiliki pengaruh yang cukup besar, tetapi tiga parameter di atas adalah bagian yang bisa diatur oleh operator langsung pada mesin bubut. (Rahdiyanta, 2010)



Gambar 2.3 Parameter Proses Pembubutan

(Sumber : Taufiq Rochim, 1993)

Dalam Teori dan Teknologi Proses Permesinan (Rochim, 1993) secara umum pada proses bubut terdapat tiga parameter utama yaitu kecepatan potong (v), pemakanan (f), dan kedalaman potong (a). Elemen dasar pada proses bubut dapat diketahui menggunakan rumus yang dapat diturunkan berdasarkan gambar 2.8 di atas dimana kondisi pemotongan ditentukan sebagai berikut :

- Benda kerja ;
 - ❖ d_0 = diameter awal ; mm,
 - ❖ d_m = diameter akhir ; mm,
 - ❖ l_t = panjang permesinan ; mm,
- Pahat ;
 - ❖ K_r = sudut potong utama ; o,
 - ❖ γ_0 = sudut geram ; o
- Mesin bubut ;
 - ❖ a = kedalaman potong ; mm,
 - ❖ $a = \frac{(d_0 - d_m)}{3}$ mm
 - ❖ f = gerak makan ; mm/r,
 - ❖ n = putaran poros utama (benda kerja) ; r/min.

Elemen dasar dapat dihitung dengan rumus-rumus berikut :

- Kecepatan Potong

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}; mm/min$$

Dimana, d= diameter rata – rata ; mm,yaitu

$$d = \frac{d_o + d_m}{2} mm,$$

- Kecepatan Makan :

$$vf = f \cdot n; mm/min$$

- Waktu Pemakanan

$$fc \frac{lt}{vf} : min,$$

- Kecepatan penghasil geram:

$$Z = A \cdot v : cm^3/menit$$

Dimana A= a.f mm²:

Dari parameter yang disebutkan diatas, parameter utama yang secara umum dapat diatur pada mesin bubut yaitu kecepatan putar spindel (*speed*), gerak makan (*feeding*) dan kedalaman. Potong (*depth of cut*). Faktor yang lain seperti bahan benda kerja dan jenis pahat sebenarnya juga memiliki pengaruh yang cukup besar, tetapi tiga parameter di atas adalah bagian yang bisa diatur oleh operator langsung pada Mesin Bubut.

2.5.1 Kecepatan Spindel (*speed*)

Kecepatan putar n (*speed*) selalu dihubungkan dengan spindel (sumbu utama) dan benda kerja. Karena kecepatan putar diekspresikan sebagai putaran per menit (*revolutions per minute, rpm*), hal ini menggambarkan kecepatan putarannya. Akan tetapi yang diutamakan dalam proses bubut adalah kecepatan potong (*Cutting speed atau V*) atau kecepatan benda kerja dilalui oleh pahat/ keliling benda kerja (lihat Gambar 2.3). Secara sederhana kecepatan potong dapat digambarkan sebagai keliling benda kerja dikalikan dengan kecepatan putar atau (Kencanawati, 2017)

Perhitungan untuk menentukan putaran spindle dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$n = \frac{1000 \times VC}{\pi \times d}$$

dengan

n = Putaran spindel (r/min),

VC = Kecepatan potong (m/min),

d = Diameter benda kerja (mm). (Lubis, 2016:4).

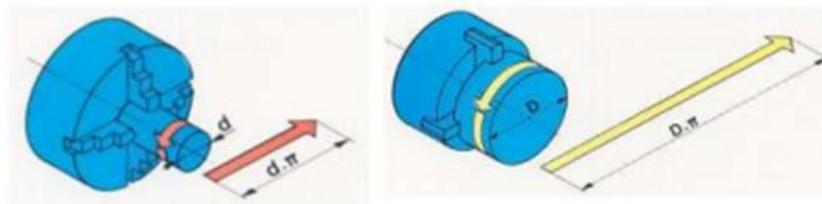
$$V = \frac{\pi dn}{1000}$$

Dimana :

V = kecepatan potong; m/menit

d = diameter benda kerja ;mm

n = putaran benda kerja; putaran/menit



Gambar 2.4 Panjang permukaan benda kerja yang dilalui pahat setiap putaran

Sumber : (Rahdiyanta, 2010)

Dengan demikian kecepatan potong ditentukan oleh diameter benda kerja. Selain kecepatan potong ditentukan oleh diameter benda kerja faktor bahan benda kerja dan bahan pahat sangat menentukan harga kecepatan potong. Pada dasarnya pada waktu proses bubut kecepatan potong ditentukan berdasarkan bahan benda kerja dan pahat. Harga kecepatan potong sudah tertentu, misalnya untuk benda kerja Mild Steel dengan pahat dari HSS atau karbida, kecepatan potongnya antara 20 sampai 30 m/menit.

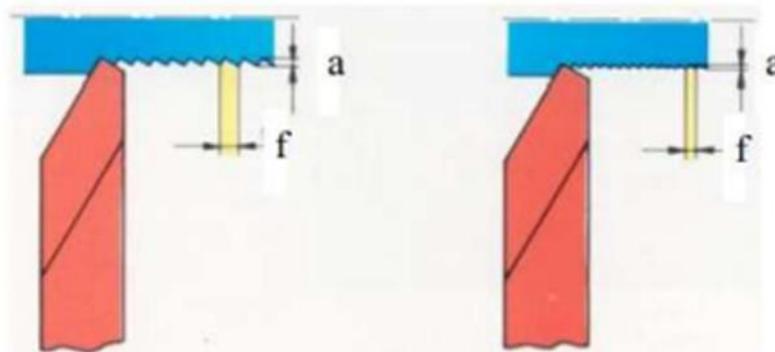
Bahan	Cutter HSS		Cutter Karbida	
	Halus	kasar	Halus	kasar
Baja perkakas	75 – 100	25 – 45	185 – 230	110 – 140
Baja karbon rendah	70 – 90	25 – 40	170 – 215	90 – 120
Baja karbon menengah	60 – 85	20 – 40	140 – 185	75 – 110
Besi cor kelabu	40 – 45	25 – 30	110 – 140	60 – 75
Kuningan	85 – 110	45 – 70	185 – 215	120 – 150
aluminium	70 – 110	30 – 45	140 – 215	60 – 90

Tabel 2.3 Standar Kecepatan Putar Potong spindle

(Sumber Widato, 2018)

2.5.2 Gerakan Pemakanan (Feed)

Gerak makan f (*feed*), adalah jarak yang ditempuh oleh pahat setiap benda kerja berputar satu kali, sehingga satuan f adalah mm/putaran. Gerak makan ditentukan berdasarkan kekuatan mesin, material benda kerja, material pahat, bentuk pahat, dan terutama kehalusan permukaan yang diinginkan. Gerak makan biasanya ditentukan dalam hubungannya dengan kedalaman potong a . Gerak makan tersebut berharga sekitar $1/3$ sampai $1/20$ a , atau sesuai dengan kehalusan permukaan yang dikehendaki.



Gambar 2.5 Gerakan feed

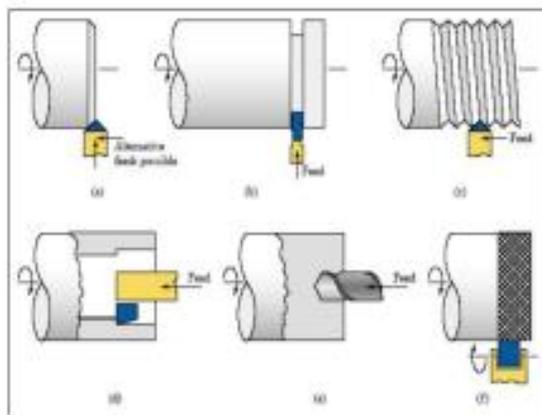
(Sumber : Kencanawati, 2017)

Gerak pemakanan ini biasanya disediakan dalam daftar spesifikasi yang dicantumkan pada mesin bubut yang bersangkutan. Untuk memperoleh gerak

pemakanan yang kita inginkan kita bisa mengatur tuas pengatur gerak pemakanan yang ada pada mesin bubut.(Kencanawati, 2017)

2.5.3 Kedalaman Pemotongan

Kedalaman potong (*depth of cut*), adalah tebal bagian benda kerja yang dibuang dari benda kerja, atau jarak antara permukaan yang dipotong terhadap permukaan yang belum terpotong . Ketika pahat memotong sedalam a , maka diameter benda kerja akan berkurang $2a$, karena bagian permukaan benda kerja yang dipotong ada di dua sisi, akibat dari benda kerja yang berputar. Beberapa proses pemesinan selain proses bubut pada Gambar 1.1 dapat dilakukan juga di mesin bubut proses pemesinan yang lain, yaitu bubut dalam (*internal turning*), proses pembuatan lubang dengan mata bor (*drilling*), proses memperbesar lubang (*boring*), pembuatan ulir (*thread cutting*), dan pembuatan alur (*grooving/ parting-off*). Proses tersebut dilakukan di mesin bubut dengan bantuan peralatan bantu agar proses pemesinan bisa dilakukan.(Kencanawati, 2017)



Gambar 2.6 Standar kedalaman pemotongan permesinan

(Sumber : Kencanawati, 2017)

2.6 Material pahat

Pembentukan geram pada proses permesinan berlangsung dengan cara mempertemukan dua jenis material, untuk menjamin kelangsungan proses ini maka jelas diperlukan material pahat yang lebih unggul daripada material benda kerja (Taufiq Rochim, 1993). Keunggulan tersebut dapat dicapai karena pahat dibuat memperhatikan berbagai segi yaitu :

1. Kekerasan yang cukup tinggi melebihi kekerasan benda kerja tidak saja pada temperature ruang melainkan juga pada temperature tinggi pada saat proses pembentukan geram berlangsung.
2. Keuletan yang cukup besar untuk menahan beban kejut yang terjadi sewaktu permesinan dengan interupsi maupun sewaktu pemotongan benda kerja yang mengandung partikel/bagian yang keras (hard spot).
3. Ketahanan beban kejut termal diperlukan bila terjadi perubahan temperature yang cukup besar secara berkala/periodik.
4. Sifat adhesi yang rendah untuk mengurangi afinitas benda kerja terhadap pahat, mengurangi laju keausan, serta penurunan gaya pemotongan.
5. Daya larut elemen/komponen material pahat yang rendah dibutuhkan demi untuk memperkecil laju keausan akibat mekanisme difusi.

Pada mulanya untuk memotong baja digunakan baja karbon yang tinggi sebagai bahan perkakas potong dimana kecepatan potong pada waktu itu hanya bisa mencapai sekitar 10m/menit. Berkat kemajuan teknologi, kecepatan potong ini dapat dinaikan sehingga mencapai sekitar 700 m/menit yaitu dengan menggunakan CBN (*Cubic Boron Nitride*). Kecepatan potong yang tinggi tersebut dicapai berkat kekerasan yang relatif tinggi meskipun temperatur kerjanya cukup tinggi. Meskipun demikian bukan berarti hanya merekalah yang saat ini dipakai sebagai bahan potong tetapi jenis yang lain pun masih tetap dipilih yaitu pada saat diperlukan sifat keuletan tinggi. Secara berurutan, material-material tersebut akan diurutkan dari yang paling “lunak” tetapi “ulet” sampai yang paling “keras” tetapi “getas” yaitu : (Taufiq Rochim 1993).

1. Baja karbon (*High Carbon Steels; Carbon Tool Steels; CTS*)

Baja karbon memiliki kandungan karbon relative tinggi (0,7%-1,4% C) tanpa unsur lain dengan persentase unsur lain yang rendah (0,2% Mn, W, Cr) dan dapat memiliki kekerasan permukaan yang cukup tinggi.

2. HSS (*High Speed Steels; Tool Steels*)

Pada tahun 1898 ditemukan jenis baja paduan tinggi dengan unsur paduan krom (Cr) dan tungsten/wolfram (W), melalui proses penuangan (*molten metallurgy*) kemudian diikuti pengerolan ataupun penempahan, baja ini dibentuk menjadi batang atau silinder. Pada kondisi lunak (*annealed*) bahan tersebut dapat diproses secara permesinan menjadi berbagai bentuk pahat potong. Setelah proses laku panas dilaksanakan, kekerasannya akan cukup tinggi sehingga dapat digunakan pada kecepatan potong yang tinggi (sampai 3 kali kecepatan potong pahat CTS yang dikenal pada saat itu sekitar 10 m/menit, sehingga dinamakan dengan “baja kecepatan tinggi” ; HSS, (*High Speed Steel*).

3. Paduan Cor Non Ferro (*Cast Nonferrous Alloys; Cast Carbides*)

Paduan cor non ferro memiliki sifat-sifat diantara HSS dan Karbida (Cemented Carbide) dan sering digunakan dalam hal khusus, diantara pilihan dimana karbida terlalu rapuh dan HSS mempunyai hot hardness dan wear resistance yang terlalu rendah. Jenis material ini dibentuk secara tuang menjadi bentuk-bentuk yang tidak terlampau sulit misalnya *tool bit* (sisipan) yang kemudian diasah menurut geometri yang dibutuhkan.

4. Karbida (*Cemented Carbides; Hardmetals*)

Jenis karbida yang “disemen” (*cemented carbides*) ditemukan pada tahun 1923 (KRUPP WIDIA) merupakan bahan pahat yang dibuat dengan cara menyinter (sintering) serbuk karbida (Nitrida, Oksida) dengan bahan pengikat yang umumnya dari cobalt (Co), dengan carburizing masing-masing bahan dasar (serbuk) Tungsten (Wolfram, W) Titanium (Ti), Tantalum (Ta) dibuat menjadi karbida yang kemudian digiling (Ball Mill) dan disaring. Salah satu atau campuran serbuk karbida tersebut dicampur dengan bahan pengikat (Co) dan dicetak tekan dengan memakai bahan pelumas (lilin). Setelah itu dilakukan presintering (1000°C pemanasan mula untuk

menguapkan bahan pelumas) dan kemudian sintering (1600°C) sehingga bentuk keeping (sisipan) sebagai hasil proses cetak tekan (Cold, atau HIP) akan menyusut menjadi sekitar 80% dari volume semula.

Hot hardness karbida yang disemen (diikat) ini akan menurun bila terjadi pelunakan elemen pengikat. Semakin besar persentase pengikat Co maka kekerasannya menurun dan sebaliknya keuletannya membaik. Modulus elastisitasnya sangat tinggi demikian pula berat jenisnya (density, sekitar 2 kali baja). Koefisien muainya setengah daripada baja dan konduktivitas panas HSS. Ada 3 jenis utama pahat karbida sisipan, yaitu :

1. Karbida tungsten ($\text{WC}+\text{Co}$) adalah jenis pahat karbida untuk memotong besi tuang (cast iron cutting grade).
2. Karbida tuang paduan ($\text{WC}-\text{TiC}+\text{Co}$; $\text{WC}-\text{TaC}-\text{TiC}+\text{Co}$; $\text{WC}-\text{TaC}+\text{Co}$; $\text{WC}-\text{TiC}-\text{TiN}+\text{Co}$; $\text{TiC}+\text{Ni}$, Mo)
3. Karbida lapis (coated cemented carbides) merupakan jenis pahat karbida tungsten yang dilapis (satu atau beberapa lapisan) karbida, nitride atau oksida lain yang lebih rapuh tetapi hothardnessnya tinggi.

- *Karbida tungsten ($\text{WC}+\text{Co}$)*

Merupakan jenis pahat yang paling sederhana dimana hanya memiliki dua elemen yaitu karbida tungsten (WC) dan pengikat *colbat* (Co), pahat ini merupakan jenis pahat yang cocok untuk permesinan dimana mekanisme keausan pahat terutama yang disebabkan oleh proses abrasi seperti pada permesinan sebagai jenis besi tuang. Apabila digunakan pada benda kerja baja (geram kontinu) akan terjadi keausan yang berlebihan.

- *Karbida $\text{WC}-\text{TiC}-\text{Co}$*

Pengaruh dari TiC adalah untuk mengurangi tendensi dari geram agar melekat pada muka pahat (*BUE, Built Up Edge*) dan untuk menaikkan daya tahan terhadap keausan kawah. Hot hardness dinaikkan, sebaliknya tranverse reapture strength, compressive strength dan impact strength menurun dengan penambahan TiC. Dengan memperhalus butir WC dan

mengurangi pengikat Co dapat memperbaiki transverse rupture strength sampai sekitar 30%.

- *Karbida WC-TaC-TiC+Co*

Penambahan TaC bertujuan untuk memperbaiki efek samping TiC yang menurunkan transverse rupture strength. Hot hardness dan compressive strength dipertinggi, sehingga ujung pahat dapat tahan terhadap deformasi plastic

- *Karbida WC-TaC+Co*

Pengaruh TaC hampir serupa dengan pengaruh TiC, namun unsur TaC lebih lunak dibandingkan dengan TiC. Jenis ini lebih tahan terhadap thermal shock sehingga cocok untuk penggunaan khusus seperti pembuatan alur dalam pada penggunaan cairan pendingin (*cutting fluid*).

- *Karbida berlapis*

Pada tahun 1968 coated cemented carbide pertama kali diperkenalkan dan sampai sekarang terus berkembang dan banyak dimanfaatkan dalam berbagai proses permesinan (di negara-negara maju). Umumnya sebagai material dasar karbida tungsten (WC-Co) yang dilapisi dengan bahan keramik (karbida, nitride, dan oksida yang keras tahan temperature tinggi serta nonadhesif). Lapisan setebal 1-8 micron diperoleh dari CVD (*Chemical Vapour Deposition*) atau PVD (*Physical Vapour Deposition*). Pelapisan CVD menghasilkan ikatan yang lebih kuat daripada PVD. CVD dilaksanakan dengan mengendapkan elemen atau paduan elemen (keramik) yang terjadi akibat reaksi pada fase uap antara elemen/paduan tersebut dengan gas pereaksi sehingga menempel dengan kuat pada material yang dilapisi. Pelapisan ini dapat diulang untuk kedua atau ketiga kalinya dengan menggunakan elemen pelapis yang berbeda.

4. Keramik (*Ceramics*)

Keramik adalah material paduan metalik dan non metalik. Proses pembuatannya melalui powder processing. Keramik secara luas mencakup karbida, nitrida, borida, oksida, silikon, dan karbon. Keramik mempunyai sifat yang relatif rapuh. Beberapa contoh jenis keramik sebagai perkakas

potong adalah :1. Keramik oksida atau oksida aluminium (Al_2O_3) murni atau ditambah 30% titanium (TiC) untuk menaikkan kekuatan adhesif. Disertai dengan penambahan serat halus (*whisker*) dari SiC dimaksudkan untuk mengurangi kegetasan disertai dengan penambahan zirkonia (ZrO_2) untuk menaikkan jumlah retak mikro yang tidak terorientasi guna menghambat pertumbuhan retak yang cukup besar dan memiliki sifat yang sangat keras dan tahan panas.

5. CBN (*Cubic Boron Nitrides*)

CBN termasuk dalam jenis keramik, diperkenalkan oleh GE (USA, 1957, Borazon). Dibuat dengan penekanan panas (HIP, 60 kbar, 1500°C) sehingga serbuk grafit putih nitride boron dengan struktur atom heksagonal berubah menjadi struktur kubik.

6. Intan (*Sintered Diamonds and Natural Diamonds*)

Sintered Diamonds (GE, 1995) adalah proses sintering serbuk intan tiruan dengan bahan pengikat Co (5%-10%). Dengan melakukan hot hardness yang sangat tinggi dan tahan terhadap deformasi plastic. Sifat ini dipengaruhi oleh besar butir intan serta presentase dan komposisi material pengikat.

2.7 Konfigurasi Permukaan

Konfigurasi permukaan suatu elemen mesin apabila ditinjau dengan skala yang kecil merupakan suatu karakteristik geometri yang dapat berupa mikro geometri. Konfigurasi permukaan akan memegang peranan penting dalam perencanaan elemen mesin, yaitu yang berhubungan dengan gesekan, keausan, pelumasan, tahanan kelelahan dari komponen, perekatan dua atau lebih komponen komponen mesin dan sebagainya. Untuk menterjemahkan karakteristik permukaan suatu elemen mesin kedalam gambar teknik diperlukan parameter-parameter guna mengidentifikasi konfigurasi permukaan. Akan tetapi sampai saat ini parameter-parameter yang ada belum dapat menjelaskan suatu permukaan permasalahan yang kompleks.

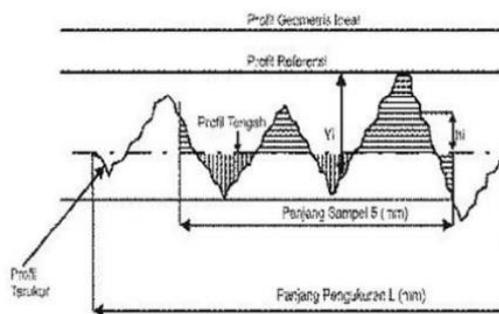
2.7.1. Macam-Macam Permukaan

Akibat ketidak sempurnaan alat ukur, cara pengukuran dan cara evaluasi hasil pengukuran suatu permukaan benda kerja yang sesungguhnya (*real, surface*) tidak dapat dibuat grafiknya atau duplikatnya, melainkan hanya mendekati bentuk sesungguhnya (C. Van Terheidjen dan Harun, 1981). Permukaan yang mendekati bentuk permukaan sesungguhnya disebut permukaan terukur (*measure surface*).

Akibat penyimpangan-penyimpangan selama proses pemotongan, maka permukaan geometris ideal (*geometrically ideal surface*) yaitu permukaan yang dianggap mempunyai bentuk yang sempurna, tidak mungkin dapat dibuat. Sedangkan permukaan yang disyaratkan pada gambar teknik dengan cara-cara standart tertentu disebut permukaan nominal (*nominal surface*).

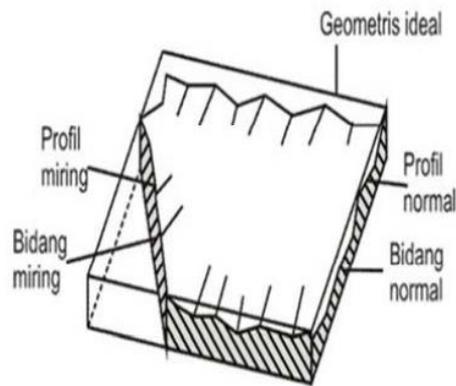
2.7.2. Profil dan Parameter Permukaan

Profil adalah garis yang dihasilkan pada proses pemotongan, khususnya pemotongan orthogonal dan pemotongan miring (*oblique*). Beberapa istilah profil dan parameter permukaan dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.7 Macam Profil dan Parameter Permukaan

(Sumber : Taufic Rochim, 1993)



Gambar 2.8 Bidang dan profil penampang permukaan
(Sumber : Sudji Munaji, 1980)

Keterangan gambar :

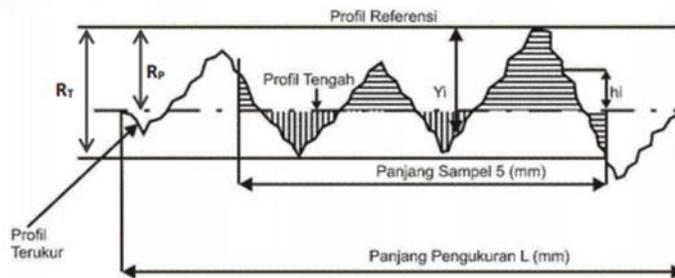
- Profil geometri ideal (*geometrically ideal profile*), adalah profil permukaan geometris ideal (dapat berupa garis lurus ataupun garis lengkung).
- Profil terukur (*measured profile*), adalah profil dari permukaan terukur.
- Profil referensi (*reference profile*), adalah profil yang digunakan sebagai referensi untuk menganalisa ketidakteraturan konfigurasi permukaan. Profil ini dapat berupa garis lurus atau garis bentuk sesuai dengan profil geometris ideal, serta menyinggung puncak tertinggi dari profil terukur dalam suatu panjang sampel.
- Profil dasar (*root profile*), adalah profil referensi yang digeserkan ke bawah (arah tegak lurus terhadap profil geometris ideal pada suatu panjang sampel), sehingga menyinggung titik terendah dari profil terukur.
- Profil tengah (*centre profile*), adalah profile reference yang digeser ke bawah sedemikian rupa, sehingga sejumlah luas dari daerah-daerah diatas profil tengah sampai ke profil terukur adalah sama dengan jumlah luas dari daerah dibawah profil tengah sampai ke profil terukur.
- Kedalaman total (*peak to valley height, Rt*), jarak rata-rata antara profil referensi dan profil dasar (μm).

- Kedalaman perataan (peak to mean line, Rp), jarak rata-rata antara profil referensi dengan profil terukur. $Rp = 1/1 \int_0^1 yid (\mu m)$
- Kekasaran rata-rata aritmetis (mean roughness index, Ra), adalah harga rata-rata aritmetis dari harga absolutnya jarak antara profil terukur dengan profil tengah. $Rp = 1/1 \int_0^1 hid (\mu m)$
- Kekasaran rata-rata kuadratis (root mean square height, Rg), adalah akar dari jarak kuadrat rata-rata antara profil terukur dengan profil tengah. $Rp = \sqrt{1/1 \int_0^1 hi^2 dx (\mu m)}$

2.8 Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan adalah penyimpangan rata-rata aritmetik dari garis rata-rata permukaan. Dalam dunia industri, permukaan benda kerja memiliki nilai kekasaran permukaan yang berbeda, sesuai dengan kebutuhan dari penggunaan alat tersebut. Pada nilai kekasaran permukaan terdapat beberapa kriteria nilai kualitas (N) yang berbeda, dimana Nilai kualitas kekasaran permukaan tersebut telah diklasifikasikan oleh ISO. Nilai kualitas kekasaran permukaan terkecil dimulai dari N1 yang memiliki nilai kekasaran permukaan (Ra) 0,025 μm dan nilai yang paling tinggi adalah N12 dengan nilai kekasarannya 50 μm (Azhar, 2014).

Tingkat kehalusan suatu permukaan memang peranan yang sangat penting dalam perencanaan suatu komponen mesin khususnya yang menyangkut masalah gesekan pelumasan, keausan, tahanan terhadap kelelahan dan sebagainya. Oleh karena itu, dalam perencanaan dan pembuatannya harus dipertimbangkan terlebih dulu mengenai peralatan mesin yang mana harus digunakan untuk membuatnya serta berapa ongkos yang harus dikeluarkan. Agar proses pembuatannya tidak terjadi penyimpangan yang berarti maka karakteristik permukaan ini harus dapat dipahami oleh perencana lebih-lebih lagi oleh operator. Komunikasi karakteristik permukaan biasanya dilakukan dalam gambar teknik. Akan tetapi untuk menjelaskan secara sempurna mengenai karakteristik suatu permukaan nampaknya sulit.



Gambar 2.9 Profil suatu permukaan.

(Sumber : Munadi, 1988)

Penentuan dan Teknik pengukuran dilakukan dengan metode sentuh (penggunaan alat pengukur sentuh) yang dimana hal ini bekerja secara elektrik serta menghasilkan profilograin dari sebuah permukaan dan banyak macam besaran kekasaran permukaan seperti R_a , R_t , R_z , R_{max} dan sebagainya secara langsung.

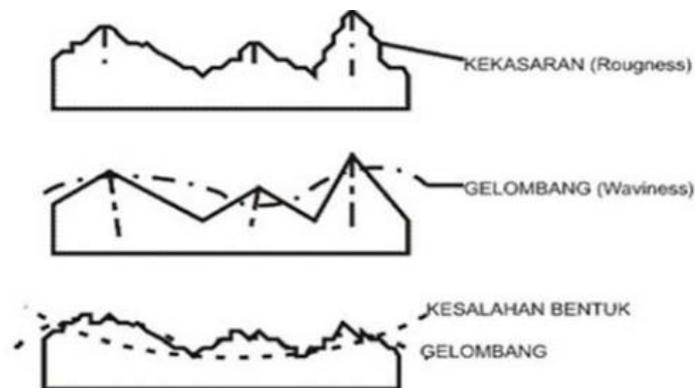
Menurut Standar ISO R 1302 "*Method of Indicating surface Texture on Drawing*". Sedangkan angka kekasaran permukaan roughness number dan panjang sample standard diklasifikasikan menjadi 12 angka kelas. Spesifikasi, kekasaran permukaan untuk R_a pada produk *yoke flange* tipe 352 adalah $R_a < \pm 3,2 \mu\text{m}$, nilai kekasaran permukaan yang merupakan standar spesifikasi industri dari hasil operasi mesin Milling Tegak, dengan nilai maksimum $3.2 \mu\text{m}$ (N8) yang terdapat toleransi permukaan.

2.8.1 Batasan Permukaan dan Parameter-parameternya.

Menurut istilah keteknikan yang dikemukakan oleh (Sudji Munaji, 1980), permukaan adalah sebuah standar parameter yang memisahkan antara benda padat dengan sekitarnya. Dalam aplikasinya, sering kali penggunaan bahannya adalah logam. Kadang-kadang ada pula istilah lain yang berkaitan dengan permukaan yaitu profil. Istilah profil sering disebut dengan istilah lain yaitu bentuk. Profil atau bentuk yang dikaitkan dengan istilah permukaan mempunyai arti tersendiri yaitu garis hasil pemotongan secara normal atau serong dari suatu penampang permukaan. Untuk mengukur dan menganalisis suatu permukaan dalam tiga dimensi adalah sulit. Oleh karena itu, untuk mempermudah pengukuran maka penampang permukaan perlu dipotong.

Terdapat beberapa metode pemotongan menggunakan empat cara yaitu pemotongan normal, serong, singgung dan pemotongan singgung dengan jarak kedalaman yang sama. Garis hasil pemotongan inilah yang disebut dengan istilah profil, dalam kaitannya dengan permukaan. Dengan melihat profil ini maka bentuk dari suatu permukaan pada dasarnya dapat dibedakan menjadi dua yaitu permukaan yang kasar (*roughness*) dan permukaan yang bergelombang (*waviness*). Permukaan yang kasar berbentuk gelombang pendek yang tidak teratur dan terjadi karena getaran pisau (*pahat*) potong atau proporsi yang kurang tepat dari pemakanan (*feed*) pisau potong dalam proses pembuatannya.

Sedangkan permukaan yang bergelombang mempunyai bentuk gelombang yang lebih panjang dan cenderung tidak teratur yang dapat terjadi karena beberapa faktor misalnya posisi senter yang tidak tepat, adanya gerakan tidak lurus (*non linier*) dari pemakanan (*feed*), getaran mesin, tidak imbangnya (*balance*) batu gerinda, perlakuan panas (*heat treatment*) yang kurang baik, dan sebagainya. Dari kekasaran (*roughness*) dan gelombang (*waviness*) inilah kemudian timbul kesalahan bentuk.



Gambar 2.10 Kekasaran, gelombang dan kesalahan bentuk dari suatu permukaan

(Sumber : Sudji Munaji, 1980)

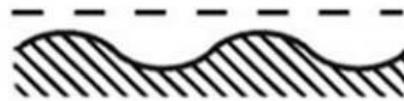
Secara lebih rinci lagi, ketidakaturan dari bentuk permukaan dapat dibedakan menjadi empat tingkat, yaitu :

Tingkat Pertama



Adalah tingkat yang menunjukkan adanya kesalahan bentuk (*form error*) seperti gambar diatas. Faktor penyebabnya antara lain karena adanya lenturan dari mesin perkakas dan benda kerja, kesalahan pada pencekaman benda kerja, proses pengerasan (*hardening*) juga ikut mempengaruhi.

Tingkat Kedua



Profil permukaan yang berbentuk gelombang. Penyebabnya antara lain karena adanya kesalahan bentuk pada pisau (pahat) potong, posisi senter yang kurang tepat, adanya getaran pada waktu proses pemotongan.

Tingkat Ketiga

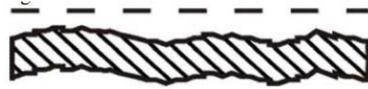


Permukaan yang berbentuk alur (*grooves*). Penyebabnya antara lain karena adanya bekas-bekas proses pemotongan akibat bentuk pisau pemotongan yang salah atau gerak makan yang kurang tepat.

Tingkat Keempat



Permukaan yang berbentuk serpihan (*flakes*). Penyebabnya antara lain karena adanya tatal (*beram*) pada proses pengerjaan. Sedangkan gabungan dari karakteristik profil permukaan dari tingkat pertama sampai tingkat keempat menghasilkan profil permukaan seperti gambar ini :



2.8.2 Menentukan Kekasaran Rata-Rata

Menentukan kekasaran rata-rata (R_a) dapat dilakukan dengan cara berikut :

Pertama, gambarkan sebuah garis lurus pada penampang permukaan yang diperoleh dari pengukuran (profil terukur) yaitu garis X – X yang posisinya tepat menyentuh lembah paling dalam, gambar 2.8a.

Kedua, ambil sampel panjang pengukuran sepanjang L yang memungkinkan memuat sejumlah bentuk gelombang yang hampir sama.

Ketiga, ambil luasan daerah A di bawah kurve dengan menggunakan planimeter atau dengan metode ordinat. Dengan demikian diperoleh jarak garis center C – C terhadap garis X – X secara tegak lurus yang besarnya adalah:

$$Hm = \frac{\text{Daerah A}}{L}$$

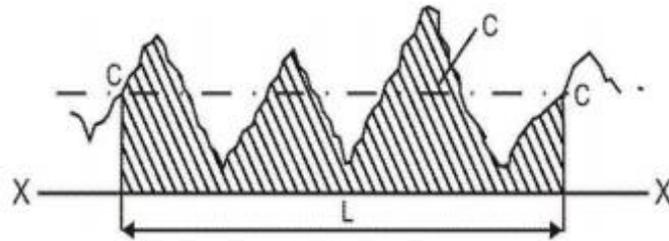
Keempat, sekarang diperoleh suatu garis yang membagi profil terukur menjadi dua bagian yang hampir sama luasnya, yaitu luasan daerah di atas ($P_1 + P_2 + \dots$ dan seterusnya) dan luasan daerah di bawah ($Q_1 + Q_2 + \dots$ dan seterusnya). Lihat gambar 2.8b. Dengan demikian maka R_a dapat ditentukan besarnya yaitu :

$$R_a = \frac{\text{Luas daerah p} + \text{Luas daerah Q}}{L} \times \frac{1000}{V_v} \mu m$$

Dimana :

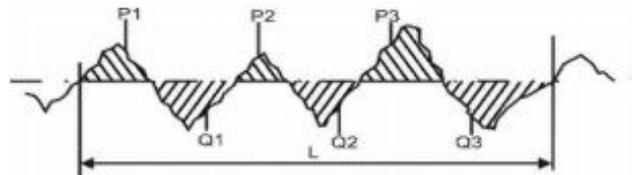
V_v = Perbesaran vertikal. Luas P dan Q dalam milimeter.

L = Panjang sampel pengukuran dalam milimeter.



Gambar 2.11 Menentukan kekasaran rata-rata Ra

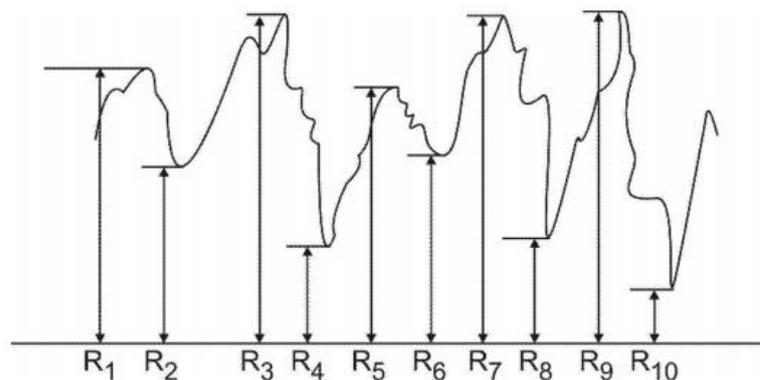
(Sumber: Paridawati, 2015)



Gambar 2.12 . Menentukan kekasaran rata- rata Ra

(Sumber: Paridawati, 2015)

Kekasaran rata-rata dari puncak ke lembah ,Rz sebetulnya hamper sama dengan kekasaran rata-rata aritmetis Ra, tetapi cara menentukan Rz adalah lebih mudah daripada menentukan Ra, menunjukkan cara menentukan Rz. Sampel pengukuran diambil sejumlah profil yang memuat, misalnya 10 daerah yaitu 5 daerah puncak dan 5 daerah lembah



Gambar 2.13 Menentukan kekasaran rata-rata dari puncak ke lembah

(Sumber: Paridawati, 2015)

Kemudian buat garis lurus horizontal di bawah profil permukaan. Tarik garis tegak lurus dari masing-masing ujung puncak dan lembah ke garis horizontal. Dengan cara ini maka diperoleh harga Rz yang besarnya adalah :

$$Rz = \frac{1}{5}(R1 + R3 + R5 + R7 + R9 + PA) \frac{1}{5}(R2 + R4 + R6 + R8 = R1) \frac{1000}{Vv}$$

(Sumber: Sudji Munaji, 1980)

Toleransi Harga 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% ke bawah. Dibawah menunjukkan harga kekasaran rata-rata beserta toleransinya.

Kelas kekasaran	Harga C.L.A (m)	Harga Ra (m)	Toleransi $N^{+50\%}$ $N^{-25\%}$	Panjang sampel (mm)
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

Tabel 2.4 Toleransi harga kekasaran rata-rata Ra

(Sumber: Paridawati, 2015)

Proses pengerjaan	Selang (N)	Harga R_a
Flat and cylindrical lapping, Superfinishing Diamond turning	$N_1 - N_4$ $N_1 - N_6$	0.025 – 0.2 0.025 – 0.8
Flat cylindrical grinding Finishing	$N_1 - N_8$ $N_4 - N_8$	0.025 – 3.2 0.1 – 3.2
Face and cylindrical turning, milling and reaming Drilling	$N_5 - N_{12}$ $N_7 - N_{10}$	0.4 – 50.0 1.6 – 12.5
Shapping, planing, horizontal milling Sandcasting and forging	$N_6 - N_{12}$ $N_{10} - N_{11}$	0.8 – 50.0 12.5 – 25.0
Extruding, cold rolling, drawing Die casting	$N_6 - N_8$ $N_6 - N_7$	0.8 – 3.2 0.8 – 1.6

Tabel 2.5. Tingkat kekasaran rata-rata permukaan menurut proses pengerjaannya

(Sumber: Paridawati, 2015)

Toleransi harga kekasaran rata-rata, Ra dari suatu permukaan tergantung pada proses pengerjaannya. Hasil penyelesaian permukaan dengan menggunakan mesin gerinda sudah tentu lebih halus dari pada dengan menggunakan mesin bubut. Tabel 2.4 berikut ini memberikan contoh harga kelas kekasaran rata-rata menurut proses pengerjaannya.

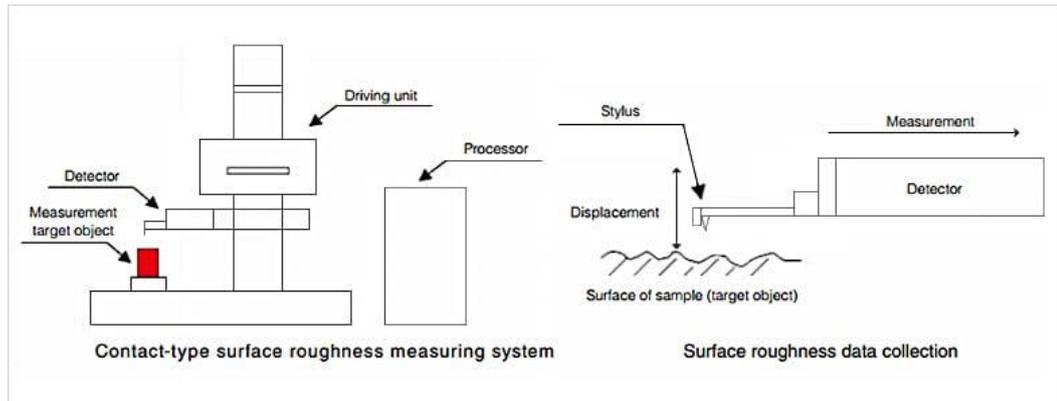
2.9 Metode uji kekasaran

Kekasaran adalah sebuah penampang yang memiliki bentuk tidak teratur serta mempunyai karakteristik berupa alur guratan yang terlihat pada permukaan suatu benda. Kekasaran permukaan dapat disebabkan oleh beberapa factor yaitu : mekanisme parameter pengerjaan dimana saat pemotongan ,cacat pada material benda kerja dan kerusakan pada alur geram, begitu juga dengan bentuk dari dimensi pahat.

Analisis kekasaran permukaan pada material dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai metode, salah satunya adalah dengan menggunakan metode pengukuran langsung dan pengolahan citra gambar. Metode pengukuran langsung dapat dilakukan dengan menggunakan alat tertentu yang sudah dilengkapi dengan sensor tertentu/detektor tertentu dengan stylus untuk bersentuhan langsung dengan permukaan benda. Stylus yang mengenai permukaan benda akan terus bergerak sepanjang permukaan benda secara vertikal. Gerakan vertikal dari stylus ini akan teridentifikasi secara elektrik. Sinyal elektrik yang dihasilkan melalui proses amplifikasi dan konversi digital kemudian direkam.

2.9.1 Surface Roughness Tester

(Purnamasari, 2019) Surface Roughness Tester merupakan alat yang mampu mengukur tingkat kekasaran permukaan. Setiap permukaan komponen dari suatu benda mempunyai beberapa bentuk dan variasi yang berbeda baik menurut strukturnya maupun dari hasil proses produksinya. Roughness/kekasaran didefinisikan sebagai ketidakhalusan bentuk yang menyertai proses produksi yang disebabkan oleh pengerjaan mesin. Nilai kekasaran dinyatakan dalam *Roughness Average* (Ra). Ra merupakan parameter kekasaran yang paling banyak dipakai secara internasional.



Gambar 2.14 Metode Surface Rougness Tester

(Sumber : Napid, 2016)

Berdasarkan standar JIS B0601-2001 Pengukuran kekasaran permukaan diperoleh dari sinyal pergerakan stylus berbentuk diamond untuk bergerak sepanjang garis lurus pada permukaan sebagai alat indicator pengukur kekasaran permukaan benda uji. Prinsip kerja dari Surface Roughness adalah dengan menggunakan transducer dan diolah dengan mikroprocessor

Langkah – langkah pengerjaan dengan alat ini adalah :

1. Spesimen uji diletakkan pada meja datar.
2. Ujung dial indicator di setting dalam posisi stabil untuk melakukan pembacaan skala tekanan terhadap permukaan benda uji.
3. Menentukan panjang dari bagian spesimen ukur yang akan di uji kekasaran permukaannya, nantinya panjang inilah yang akan di lewati oleh dial indicator.
4. Bila dial indicator telah melakukan pengukuran sepanjang jarak yang kita tentukan, nilai kekasaran permukaan akan tercatat, dan dapat dilihat dalam bentuk print out.
5. Sebelum dilakukan pengukuran, benda uji dan alat ukur telah diatur sehingga sedapat mungkin tidak terdapat kesalahan dalam pengukuran.

Untuk mengukur bentuk dan kekasaran yang halus dengan tepat dengan penguji kekasaran permukaan tipe kontak, jari-jari ujung stylus harus sekecil mungkin dengan tekanan kontak yang kecil. Stylus terbuat dari safir atau berlian

dan jari-jari ujungnya biasanya sekitar 10 μm atau lebih kecil. Bentuk kerucut dengan ujung bolpoin dianggap ideal untuk stylus.

Kekasaran permukaan dapat diklasifikasikan menjadi 3 kategori, yaitu:

1. Deskripsi statistik, yang memberikan nilai rata-rata dan tinggi permukaan contohnya R_a dan R_q .
2. Deskripsi nilai ekstrem, yang didapat berdasarkan nilai pada kondisi maksimum (R_v), dan kekasaran maksimum puncak kelembah (R_{max}).
3. Deskripsi tekstur, Dari hasil pengukuran terhadap panjang pengukuran (traversing length) 7.05mm didapat 3 parameter yang telah diatur sebelum melakukan pengukuran. Parameter itu yaitu R_a atau kekasaran rata-rata aritmetik, R_{max} atau kekasaran maksimum dari tinggi puncak dan lembah, R_z atau kekasaran total rata-rata.

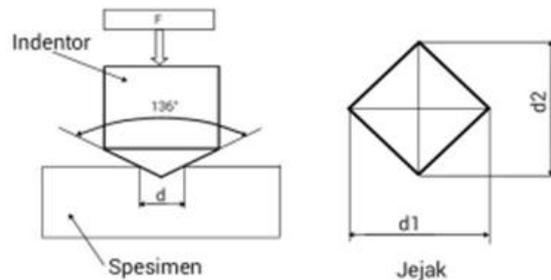
$$R_a = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l h^2 dx} \quad (\mu\text{m})$$

Pada perhitungan R_a daerah-daerah yang berada di bawah profil tengah (lembah) diproyeksikan ke atas dan dirata-ratakan dengan daerah di atas profil tengah. Profil tengah yaitu profil referensi yang digeser ke bawah sehingga jumlah luas daerah di atas profil terukur sama dengan jumlah luas daerah di bawah profil terukur. Dari hasil pengukuran didapat nilai R_a dengan satuan μm . Surface Roughness Tester dari alat uji.com merupakan alat yang telah teruji kualitas dan keakuratan pengukurannya. Alat ukur kekasaran ini memiliki banyak fitur-fitur didalamnya dari alat ukurnya maupun dari software pendukungnya.

2.10 Metode Uji Kekerasan

Kekerasan merupakan ketahanan material terhadap suatu deformasi yang terjadi di daerah lokal. Bila materialnya berupa logam maka deformasi yang dimaksud yaitu deformasi plastis. Semakin keras suatu material maka material tersebut semakin kuat. Kekerasan material berbanding lurus terhadap kegetasannya dan berbanding terbalik dengan keuletannya. Penelitian ini menggunakan metode pengujian Vickers yang memiliki beberapa kelebihan.

Selain material lunak, pengujian Vickers dapat dilakukan pada material yang keras. Kerusakan bahan percobaan pada pengujian Vickers relatif sedikit dan kekerasan dapat diukur dengan gaya yang relatif kecil pada permukaan spesimen yang tipis. (Payana et al., 2018)



Gambar 2.15 Skematik uji Vickers dan pengukuran dimensi bekas indentasi paramida.

(Sumber : Payana et al., 2018)

Angka kekerasan Vickers (HVN) merupakan angka kekuatan benda uji terhadap pembebanan pada tiap luas penampang bidang yang menerima pembebanan [5]. HVN dapat diperoleh dengan persamaan berikut:

$$HVN = \frac{2P \sin \frac{\theta}{2}}{d^2} = \frac{(1,854)P}{d^2}$$

dimana:

P = beban yang digunakan (kg);

θ = sudut puncak indenter = 1360 dan,

d = panjang diagonal rata-rata (mm).

2.10 Kerangka Pikir

Kekasaran Permukaan suatu material merupakan salah satu penyebab komponen mesin menjadi cepat aus. Ada beberapa faktor yang menyebabkan benda kerja itu kasar pada saat proses pembubutan, salah satunya yaitu tingkat kecepatan putar spindel dan kecepatan pemakan. Kecepatan spindel merupakan

salah satu faktor yang dapat berpengaruh besar terhadap kasar dan tidaknya benda kerja saat proses pembubutan.

Kecepatan spindel dapat disesuaikan dengan standar dengan melihat keras benda kerja dan besar kecilnya diameter benda kerja. Semakin keras nilai kekerasan benda kerja, dapat mengakibatkan pula menambah nilai kekasaran bendakerja pada saat proses pembubutan. Dalam hal ini kecepatan spindel dapat meningkatkan nilai kehalusan benda kerja pada proses pembubutan, semakin tepat pengaturan kecepatan spindel pada saat membubut benda kerja akan menghasilkan nilaikehalusan benda kerja yang baik pula. Hal tersebut juga berlaku dengan kecepatan pemakanan proses pemakanan dinilai lebih baik jika dilakukan secara stabil, maka jika pemakanan cenderung lebih cepat atau terlalu lambat akan mengakibatkan keausan serta menyebabkan masalah Gujarat yang cacat dan masalah yang lain.

2.10 Hipotesis

Hipotesis adalah jawaban sementara terhadap suatu permasalahan yang dihadapi dalam penelitian, dimana jawaban sementara tersebut masih diuji lagi kebenarannya. Berdasarkan masalah dan landasan teori yang ada maka hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah variasi kecepatan spindel (rpm) dan kecepatan pemakanan (*feed*) yang akan mempengaruhi tingkat kekasaran permukaan dan kekerasan benda kerja. Terdapat pengaruh yang signifikan antara kecepatan spindel dan kecepatan pemakanan terhadap nilai kekasaran benda kerja pada proses pembubutan CNN.