

EFEK KEDALAMAN PEMOTONGAN DENGAN
MENGUNAKAN PAHAT BUBUT HSS TERHADAP TINGKAT
KEKASARAN PERMUKAAN PADA MATERIAL BAJA S45C

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana pendidikan
pada program studi Pendidikan Teknik Mesin
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang*



Oleh :

Permadi Trisno

76686 / 2006

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2011

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Efek Kedalaman Pemotongan Dengan Menggunakan Pahat Bubut HSS Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Pada Material Baja S45C

Oleh :

Nama : Permadi Trisno
TM / NIM : 2006 / 76686
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Padang , April 2011

Disetujui oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II

Drs. H. Suarman Makhzu, M.Pd
NIP. 19510914 197710 1 001

Drs. Nasrul Rivai, M.A
NIP. 19490320 197302 1 001

Mengetahui :
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Drs. Refdinal, MT
NIP. 19590918 198510 1 001

HALAMAN PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

**Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang**

**Judul : Efek Kedalaman Pemotongan Dengan
Menggunakan Pahat Bubut HSS Terhadap Tingkat
Kekasaran Permukaan Pada Material Baja S45C**

Nama : Permadi Trisno
TM / NIM : 2006 / 76686
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Padang, April 2011

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	: Drs. H. Suarman Makhzu, M.Pd	1. _____
2. Sekretaris	: Drs. Nasrul Rivai, M.A	2. _____
3. Anggota	: Drs. H Nurman Chan, M.Pd	3. _____
4. Anggota	: Drs. Tjetjep Samsuri, M.Pd	4. _____
5. Anggota	: Drs. Syahril, ST, M,Eng, Ph.D	5. _____

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Padang, April 2011
Yang menyatakan,

Permadi Trisno

ABSTRAK

Penelitian :Efek Kedalaman Pemotongan Dengan Menggunakan Pahat Bubut HSS Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Pada Material Baja Karbon S45C

Tujuannya untuk mengetahui efek kedalaman pemotongan (a) terhadap tingkat kekasaran permukaan hasil pembubutan serta mengetahui harga kekasaran permukaan (R_a) yang disebabkan oleh kedalaman pemotongan (a). Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan 3 kali tahapan percobaan dengan gerak makan yang sama. Hasil yang dilakukan untuk kedalaman pemotongan (a) 0,3 mm harga kekasaran permukaan aritmetis (R_a) = 2,18 μm , kemudian dikonversikan kepada klasifikasi tingkat kekasaran permukaan N7. Untuk kedalaman pemotongan (a) 0,5 mm – 1 mm diperoleh harga kekasaran (R_a) = 2,80 μm dan 3,63 μm kemudian dikonversikan kepada klasifikasi tingkat kekasaran permukaan N8. Hal ini menunjukkan bahwa kedalaman pemotongan menentukan kualitas permukaan benda kerja. Dimana, makin besar kedalaman pemotongan maka harga kekasaran permukaan akan semakin besar. Tingkat kekasaran permukaan yang diperoleh dari penelitian ini untuk penyayatan finising adalah N7 dan penyayatan kasar adalah N8.

KATA PENGANTAR

Penulis mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SubhanaWaTa'ala yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini yang berjudul **“Efek Kedalaman Pemotongan Dengan Menggunakan Pahat Bubut HSS Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Pada Material Baja Karbon S45C”**.

Adapun tujuan dari penulisan skripsi ini adalah sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Pendidikan Teknik Mesin di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

Dalam penulisan skripsi ini juga tak lepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak sehingga penulisan skripsi ini dapat selesai. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih dengan tulus dan ikhlas kepada :

1. Bapak Drs. Ganefri, M.Pd selaku Dekan Fakultas Teknik UNP,
2. Bapak Drs. Refdinal, M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin,
3. Bapak Drs. H. Suarman Makhzu, M.Pd, selaku dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan bimbingan, saran-saran dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini.
4. Bapak Drs. Nasrul Rivai, MA selaku dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan bimbingan, saran-saran dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini.
5. Bapak dosen penguji yang telah banyak memberikan saran-saran dan mengarahkan penulis dalam penyempurnaan penulisan skripsi ini

6. Bapak-bapak dosen dan semua staf pengajar di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
7. Kepada Ayahanda dan Ibunda tercinta yang telah melahirkan dan membesarkan penulis, serta memberikan kasih sayang yang tiada henti dalam setiap detik kehidupan penulis. Juga sekeluarga dan semua sanak famili yang sangat penulis sayangi dan banggakan, karena berkat do'a, arahan, dorongan dan yang telah memberikan bantuan moril dan sprituil diwaktu penulis menyelesaikan penulisan skripsi ini.
8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah ikut memberikan petunjuk, saran, masukan, dukungan moral dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini.

Semoga Allah SubhanaWaTa'ala membalas jasa baik bapak dan ibu serta rekan-rekan semua. Amin...

Dalam penyusunan penulisan skripsi ini takkan luput dari kekhilafan. Oleh karena itu dengan kerendahan hati, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan di masa yang akan datang.

Padang, April 2011

Penulis

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	vii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	5
C. Batasan Masalah	5
D. Rumusan Masalah	6
E. Tujuan Penelitian	6
F. Pertanyaan Penelitian.....	6
G. Manfaat Penelitian	7
BAB II KAJIAN TEORI	
A. Proses Pembubutan	8
B. Pahat Bubut HSS	9
1. Material Pahat Bubut HSS	9
2. Element,Bidang dan Mata Potong Pahat Bubut.....	11
3. Sudut Pahat Bubut.....	14
C. Kondisi Pemotongan	19
1. Kecepatan Potong	19
2. Gerak Makan.....	21
3. Kedalaman Pemotongan	23
D. Cairan Pendingin (<i>coolant</i>)	23
1. Neat Oil (minyak murni).....	24
2. Cairan Emulsi atau Soluble Oil.....	24
3. Coolant Sintetik.....	25
4. Fluida Gas	25
E. Kekasaran Permukaan	25

1. Susunan Permukaan (Surface Teksture)	25
2. Profil Permukaan.....	29
3. Parameter Kualitas Permukaan	31
4. Kekasaran Rata-rata dari Puncak ke Lembah R_z	32
5. Kekasaran Rata-rata Aritmetis	32
F. Standar Tingkat Kekasaran Pembubutan Berdasarkan Panjang Sampel..	33
G. Surface Roughness Tester DJ 201P Mitutoyo.....	34
H. Baja Karbon Sedang S45C	36

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian.....	37
B. Jenis dan Sumber Data	37
C. Sudut Pahat Bubut.....	38
D. Mesin, Alat dan Bahan.....	38
E. Objek Penelitian	39
F. Pengukuran Kekasaran Permukaan.....	39
G. Rancangan Penelitian	39
H. Prosedur Penelitian	43

BAB VI. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian.....	44
1. Tabulasi Hasil Pengukuran.....	45
2. klasifikasi tingkat kekasaran permukaan.....	49
B. Pembahasan	51
C. Keterbatasan Penelitian	52

BAB V. PENUTUP

A. Kesimpulan.....	53
B. Saran	54

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Pemotongan logam dengan menggunakan mesin perkakas merupakan proses pembuatan komponen mesin dan peralatan teknik lainnya. Pekerjaan-pekerjaan ini banyak ditemui di bengkel-bengkel kecil maupun di industri peralatan besar. Mesin perkakas yang digunakan dalam pembuatan peralatan mesin dan peralatan teknik tersebut seperti mesin frais, sekrap bubut, gerinda dan mesin perkakas lainnya. Proses pembubutan merupakan salah satu proses pemesinan yang paling banyak digunakan pada pembuatan komponen mesin.

Pada pengerjaan pembubutan, terdapat banyak faktor yang mempengaruhi hasil pemesinan. Di lain pihak pengerjaan tersebut memberikan laju penghasiian geram yang tinggi sehingga memungkinkan pencapaian produktifitas yang tinggi, dan kualitas produksi yang memadai. Muslim (2002:8) dalam penelitiannya menyebutkan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi hasil pembubutan perlu dipertimbangkan, seperti: material benda kerja, jenis alat potong yang dipakai, kondisi pemotongan, geometri pahat bubut dan lain sebagainya.

Karakteristik suatu permukaan memegang peran penting dalam perancangan mesin. Salah satu karakteristik permukaan benda kerja pada pembubutan adalah tingkat kekasaran permukaan. Karakteristik ini menjadi

bagian penting dalam suatu konstruksi mesin yang tujuannya untuk menjamin kualitas suaian dengan komponen lainnya. Tingkat kekasaran permukaan memegang peranan yang sangat penting dalam pembuatan suatu komponen mesin. (Sudji, 1988:303).

Karena tingkat kekasaran suatu permukaan merupakan salah satu geometris dari suatu komponen permesinan, maka tingkat kekasaran tersebut juga menjadi bagian nilai tingkat mutu komponen yang dihasilkan. Untuk mencapai permukaan dengan tingkat kekasaran yang sangat kecil tidaklah mudah, hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya: manusia sebagai operator, dan alat(mesin) yang dioperasikan.

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kualitas produk hasil pembubutan adalah kondisi pemotongan (*cutting condition*) dan geometri pahat, (Rochim,1993). Kondisi pemotongan dipandang penting dalam proses pemesinan karena akan dapat menentukan kualitas produk pemesinan. Untuk itu kondisi pemotongan perlu di pelajari dalam rangka mengoptimalkan proses pemesinan dengan hasil produk yang sesuai dengan harapan. Jadi, pada dasarnya dalam proses pembubutan ada tiga variable utama kondisi pemotongan yang perlu ditetapkan harganya, yaitu kecepatan potong (v), gerak makan (f), dan kedalaman pemotongan (a_p) untuk menghasilkan produk yang sesuai dengan geometris dan toleransi yang ditetapkan, (Rifelino,2005)

Untuk itu pada material baja S45C yang beredar di pasaran banyak ditemukan untuk keperluan permesinan. Baja S45C memerlukan kualitas pengerjaan yang lebih signifikan agar bisa digunakan sebagai kualitas suaian permesinan. Ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam pengerjaan material baja S45C, diantaranya karakteristik permukaan. Karakteristik permukaan hasil pembubutan akan dipengaruhi oleh beberapa hal sewaktu terjadinya proses pembubutan diantaranya:

1. *feeding (f)*.
2. *cutting speed (cs)*.
3. Kecepatan putaran mesin (rpm).
4. Geometri pahat yang dipergunakan
5. Kedalaman pemotongan

Pengaturan kecepatan potong (*cutting speed*) disesuaikan dengan material benda kerja dan material alat potong. Harga kecepatan potong berbanding lurus terhadap putaran spindel atau benda kerja. Dengan kata lain makin tinggi harga kecepatan potong, maka putaran spindel pun akan semakin tinggi. Pengaturan harga kecepatan potong yang tidak baik akan mempengaruhi terhadap tingkat keausan pahat. Kecepatan potong yang terlalu tinggi dapat melemahkan kekuatan pahat sehingga akan mengurangi ketajaman pahat itu sendiri. Namun, jika pahat yang digunakan cukup keras

seperti karbida atau keramik, kecepatan potong dapat dinaikkan untuk mempercepat proses produksi dan harga kekasaran permukaan dapat diperkecil.

Gerak makan dari pahat bubut akan menimbulkan bekas-bekas pemotongan pada permukaan benda kerja. Bekas-bekas pemotongan ini jika dilihat melalui kaca pembesar akan nampak pada permukaan benda kerja tersebut seperti beralur (*grooves*). Untuk pemotongan awal dapat menggunakan harga gerak makan yang besar sehingga akan mampu mempercepat proses produksi. Namun untuk mencapai tingkat kekasaran yang lebih kecil maka gerak makan yang lebih kecil yang sebaiknya dipilih.

Sementara itu besarnya kedalaman pemotongan akan mempengaruhi terhadap gaya pemotongan. Jika makin besar dalam pemotongan yang dilakukan maka gaya pemotongan pahat bubut terhadap benda kerja akan semakin besar pula sehingga dapat mempercepat keausan pahat. Efek dari keausan pahat ini akan mempengaruhi terhadap kekasaran permukaan benda kerja jika proses pembubutan cukup panjang.

Ekspirimen yang dilakukan dalam penelitian ini akan mengamati harga kekasaran permukaan benda kerja yang diperoleh dari variasi kedalaman pemotongan yang menggunakan pahat bubut dengan geometri standar. Sedangkan harga kecepatan potong dan gerak makan dikondisikan konstan, sesuai dengan referensi teori.

B. Identifikasi Masalah

Proses penyayatan benda kerja dengan mesin bubut akan membentuk karakteristik permukaan benda kerja. Salah satu karakteristik itu adalah tingkat kekasaran permukaan, yang dipengaruhi oleh kecepatan potong, putaran mesin, ketajaman alat potong, jenis bahan benda kerja, kedalaman pemotongan, dan gerak makan. Setelah diidentifikasi dari begitu banyaknya permasalahan yang menimbulkan karakteristik permukaan benda kerja adalah kedalaman pemotongan. Adapun yang memberikan efek kedalaman pemotongan adalah:

1. Kedalaman pemotongan yang mengakibatkan karakteristik permukaan.
2. Karakteristik permukaan yang ditimbulkan, dikonfersikan terhadap harga kekasaran permukaan.
3. Penerapan hasil pembubutan, dengan parameter kedalaman pemotongan terhadap tingkat kekasaran permukaan.

C. Batasan Masalah

Mengingat luasnya cakupan permasalahan dalam penelitian ini maka penulis membatasi masalah dalam penelitian ini pada “efek kedalaman pemotongan terhadap tingkat kekasaran permukaan hasil pembubutan dengan menggunakan pahat bubut HSS”.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan di atas, maka dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

Bagaimana efek variasi kedalaman pemotongan terhadap tingkat kekasaran permukaan hasil pembubutan dengan menggunakan pahat bubut HSS.?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah:

1. Untuk mengetahui efek kedalaman pemotongan terhadap tingkat kekasaran permukaan hasil pembubutan.
2. Untuk mengetahui harga kekasaran permukaan yang disebabkan oleh efek kedalaman pemotongan .
3. Untuk mengetahui suaiian apa yang cocok terhadap hasil pembubutan baja S45C dengan menggunakan pahat bubut HSS.

F. Pertanyaan Penelitian

Adapun yang menjadi pertanyaan dalam penelitian ini adalah:

1. Adakah efek kedalaman pemotongan terhadap tingkat kekasaran permukaan ?

2. Berapa harga tingkat kekasaran permukaan yang disebabkan oleh efek kedalaman pemotongan?
3. Untuk suaian apakah hasil pembubutan baja S45C dapat digunakan?

G. Manfaat Penelitian

Bedasarkan tujuan di atas, maka penelitian ini diharapkan bermafaat untuk :

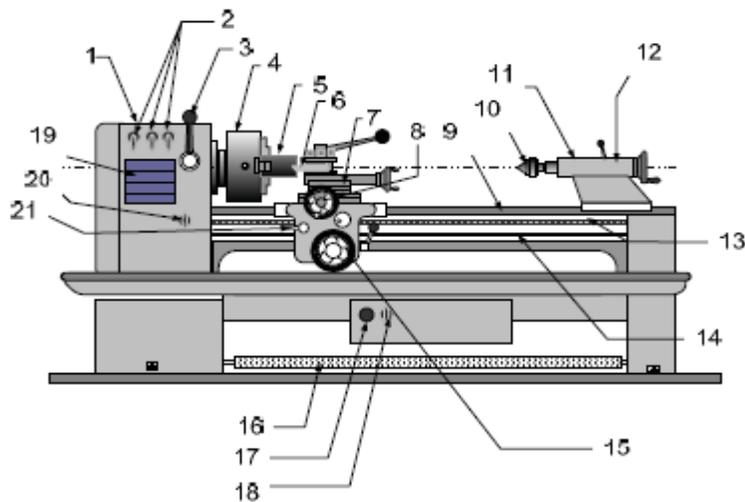
1. Memberikan informasi kepada oprator untuk setting putaran spidle, gerak makan dan kedalaman potong yang sesuai sehingga mampu menghasilkan produk yang berkualitas tinggi.
2. Memberikan alternative pemecahan masalah dalam menentukan kecepatan putaran spindle, gerak makan dan kedalaman potong yang sesuai sehingga dapat mencapai hasil yang maksimal.
3. Sebagai bahan referensi bagi penelitian sejenisnya dalam rangka pengembangan pengetahuan tentang pengaruh kedalaman pemakanan terhadap tingkat kekasaran permukaan pada proses pembubutan.

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Proses pembubutan

Pembubutan merupakan salah satu proses pemesinan yang paling sering digunakan di bengkel-bengkel pemesinan. salah satu komponen yang dihasilkan pada proses ini adalah komponen berbentuk silindris.gerakan utama pada proses bubut adalah gerakan berputar benda kerja yang dijepit pada poros utama.gerakan pahat arah memanjang terhadap garis sumbu benda kerja dan arah melintang sumbu benda kerja yang terpasang pada eretan atas. posisi pahat terletak pada rumah pahat atau dudukan pahat. Bagian-bagian yang terletak pada mesin bubut dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Mesin Bubut

<http://gurumuda.com/bse/pembentukan-benda-kerja-dengan-mesin-bubut>

Keterangan :

- | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Head stock | 11. tail stock |
| 2. Knob pengatur kecepatan putaran | 12. pengunci barel |
| 3. Handle pengatur kecepatan | 13. lead screw |
| 4. Chuck | 14. feeding shaf |
| 5. Benda kerja | 15. roda pemutar eretan memanjang |
| 6. Pahat | 16. rem mesin |
| 7. Tool post dan eretan atas | 17. main stock |
| 8. Eretan melintang | 18. coolant motor swich |
| 9. Bed mesin | 19. tabel mesin |
| 10. Senter jalan | 20. pengatur arah feeding shaft |
| | 21. handle lead screw |

B. Pahat Bubut HSS

1. Material Pahat Bubut HSS

Pahat bubut jenis HSS (High Speed Steel) dalam prakteknya pada bengkel-bengkel pemesinan seringkali digunakan karena mampu bekerja pada putaran tinggi dengan suhu kerja mencapai 600°C dan harganya pun relatif murah. apabila telah haus pahat jenis HSS ini mampu diasah (digerinda) sehingga mata potongnya akan tajam kembali. karena sifat keuletan yang relatif baik maka hingga saat ini pahat jenis HSS masih sering digunakan .

Pahat bubut HSS terdiri dari bahan baja sebagai bahan utamanya ditambah dengan beberapa unsur paduan lainnya. Menurut Rochim (1993:142), *Hot Hardness* dan *Recovery Hardness* yang cukup tinggi pada HSS dapat dicapai berkat adanya unsure paduan *W (Wolfram)*, *Cr (Cromium)*, *V (Vanadium)*, *Mo (Molybdenum)*, dan *Co (Cobalt)*, pengaruh unsur-unsur tersebut pada unsur besi (Fe) dan karbon adalah sebagai berikut :

- a. Tungsten/Wolfram : Tungsten atau Wolfram dapat membentuk karbida yaitu paduan yang sangat keras ($FeWC$) yang menyebabkan kenaikan temperatur untuk proses hardening dan tempering
- b. Chromium : menaikkan hardenability dan hot hardness. Chrom merupakan elemen pembentukan karbida akan tetapi Cr menaikkan sensitifitas terhadap over heating.
- c. Vanadium : menurunkan sensitifitas terhadap over heating serta menghaluskan butir. Vanadium juga merupakan elemen pembentuk karbida
- d. Molybdenum : mempunyai efek yang sama seperti Wolfram akan tetapi lebih terasa (2% Wolfram dapat diganti oleh 1% Molybdenum). dengan menambah 0,4% sampai 0,9 Molybdenum dalam HSS yang mampu di keraskan dengan udara (air hardening properties). selain itu, Mo-HSS lebih liat sehingga mampu menahan

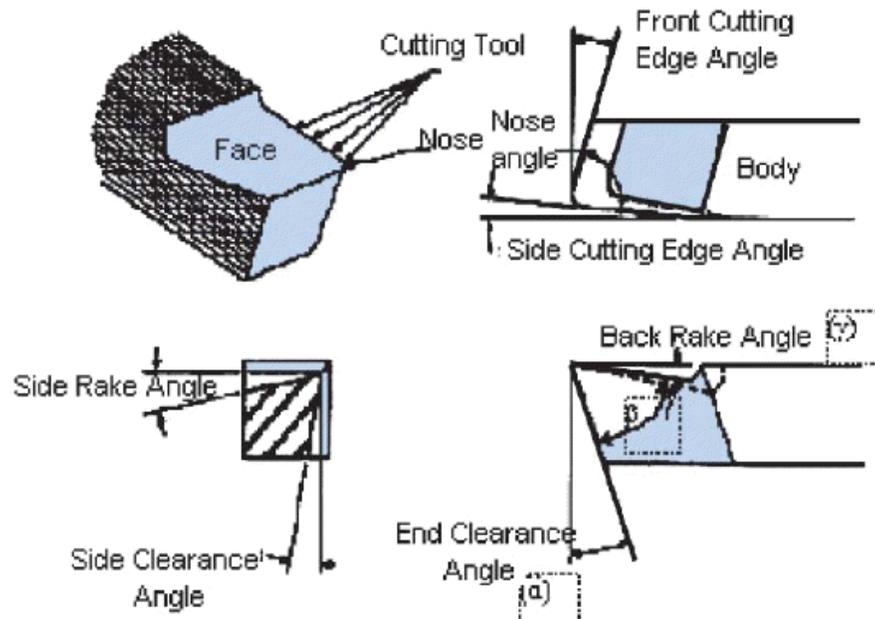
beban kejut.kekurangannya adalah lebih sensitive terhadap over heating (hangusnya ujung-ujung yang runcing) sewaktu dilakukan proses heat treatment.

- e. Cobalt : Cobalt bukanlah elemen pembentuk karbida,ditambahkan dalam HSS untuk menaikkan hot hardnes.besar butir menjadi halus sehingga ujung-ujung yang runcing tetap terpelihara selama heat treatment.

2. Elemen,Bidang dan Mata Potong Pahat Bubut

Untuk mengenali bentuk dan geometrinya,pahat harus diamati secara sistematis.maka dari itu perlu tiga hal pokok,yaitu:

- a. Elemen Pahat Bubut.
 - 1. Badan: bagian pahat yang dibentuk menjadi mata potong .
 - 2. Pemegang/ gagang: bagian pahat untuk dipasangkan pada mesin perkakas.
 - 3. Dasar: bidang rata pada pemegang untuk meletakkan pahat sehingga mempermudah proses pengerjaan, pengukuran atau pun pengasahan pahat.



Gambar 2. Element Pahat Bubut

Fajar Kurniawan. (<http://www.google.co.id/imglanding>).

b. Bidang pahat dan mata potong pahat bubut

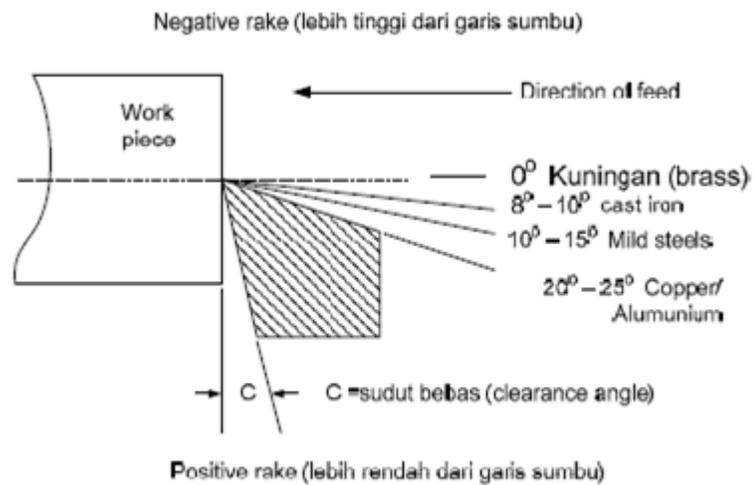
Bidang pahat merupakan bidang aktif pahat. Tiga bidang aktif pahat bubut adalah:

1. Bidang geram : bidang tempat geram mengalir.
2. Bidang utama / mayor: bidang yang memanfaatkan permukaan transien dari benda kerja. Permukaan transien benda kerja akan terpotong akibat gerakan pahat relative terhadap benda kerja. Karena adanya gaya pemotongan sebagian bidang utama akan

terdeformasi sehingga bergesekan dengan permukaan transien benda kerja.

3. Bidang bantu/ minor: bidang yang menghadap permukaan yang terpotong dari benda kerja. Karena adanya gaya pemotongan, sebagian kecil bidang bantu akan terdeformasi dan menggesek permukaan benda kerja yang telah terpotong.
4. Mata potong utama/ mayor: yaitu garis perpotongan antara bidang geram dengan bidang utama.
5. Mata potong bantu/ minor: yaitu garis perpotongan antara bidang geram dengan bidang bantu.

Peningkatan sisi sayat dari keadaan normal akan menurunkan gaya pemotongan sehingga diperlukan daya yang lebih besar, hal ini biasanya dilakukan pada proses finishing akan tetapi tegangan pada alat potong akan berkurang karena diserap oleh sudut baji (wedge angle) secara tegak dan cenderung mengurangi umur pahat. Gambar 3 memperlihatkan pahat positif (Positive rake) dan berbeda sesuai dengan bahan yang dipotong, walaupun ini hanya pendekatan

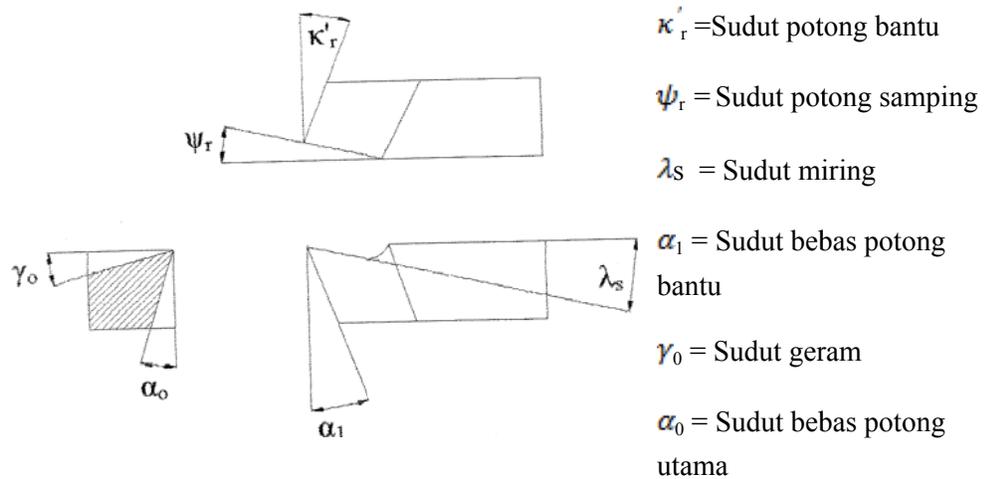


Gambar 3. Bidang Pahat Bubut

Fajar Kurniawan. (<http://www.google.co.id/imglanding>)

3. Sudut Pahat Bubut

Sudut pahat bubut harus dipilih dengan benar, disesuaikan dengan jenis material benda kerja, material pahat dan kondisi pemotongan sehingga salah satu atau beberapa obyektif dapat dicapai. Beberapa obyektif atau tujuan itu antara lain: tingginya umur pahat, rendahnya gaya pemotongan, halusnya permukaan dan ketelitian geometri produk. (Rochim, 1993:86).



Gambar 4. Sudut Pahat Bubut

(Muin, 1986:48)

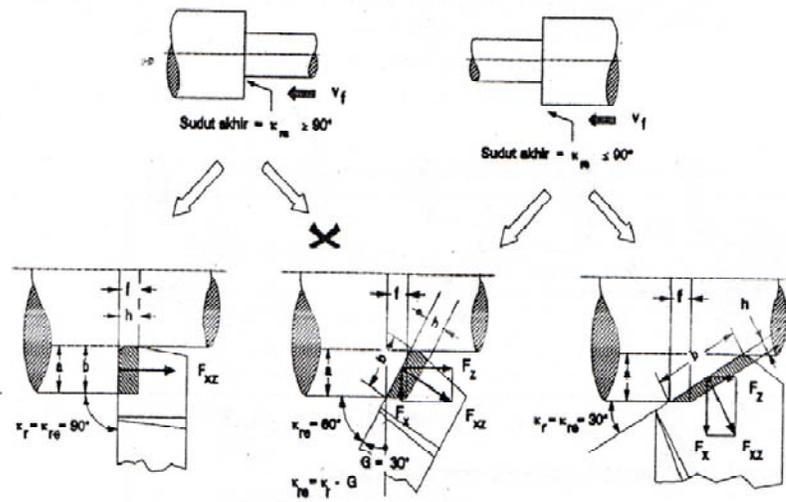
a. Sudut Potong Utama

Sudut potong utama mempunyai peran untuk menentukan lebar dan tebal geram sebelum terpotong dan menentukan panjang mata potong yang aktif atau panjang kontak atau geram dengan bidang pahat. Untuk kedalaman potong dan gerak makan f yang tetap, maka dengan memperkecil sudut potong utama akan menurunkan tebal geram sebelum terpotong h dan menaikkan lebar geram b .

b. Sudut Potong Bantu

Sudut potong bantu dimaksudkan untuk menyediakan kelonggaran pada benda kerja dan bidang bantu pahat. Untuk mengurangi gesekan, pada prinsipnya sudut potong bantu dapat dipilih sekecil mungkin selain

memperkuat ujung pahat maka kehausan pahat dapat dipertinggi. (Rochim, 1993.90)



Gambar 5. Sudut potong utama dan sudut potong bantu

(Rochim, 1993.90)

c. Sudut Bebas

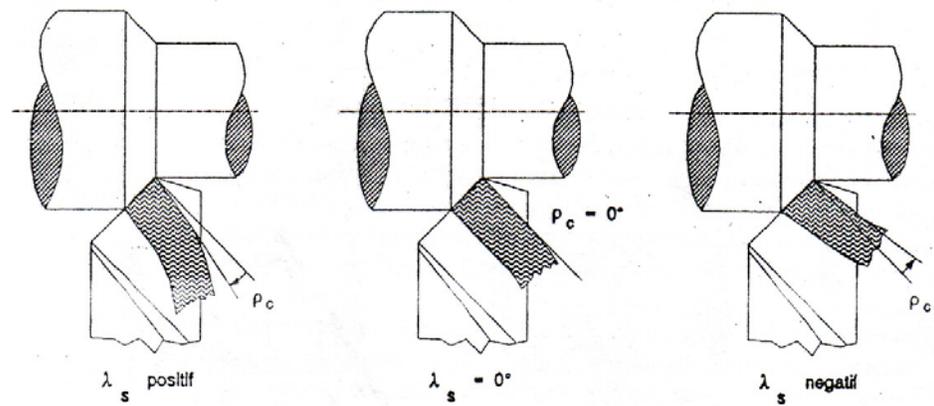
Fungsi sudut bebas adalah untuk mengurangi gesekan antara gesekan bidang utama dengan transien dari benda kerja. Jika sudut bebas kecil, maka gesekan akan bertambah. Hal ini dapat mengakibatkan temperature kerja akan lebih tinggi dan mempercepat keausan pahat. Sudut bebas terdiri dari 2 bagian, yaitu ; sudut bebas potong utamadan sudut bebas potong bantu.

d. Sudut Geram

Sudut geram mempengaruhi pembentukan geram dan tekanan sayat. Material benda kerja akan mempengaruhi pemilihan sudut geram. Pada prinsipnya pada material yang lunak dan liat memerlukan sudut geram yang besar. Sebaliknya untuk material yang keras dan rapuh memerlukan sudut geram yang kecil.

e. Sudut Miring

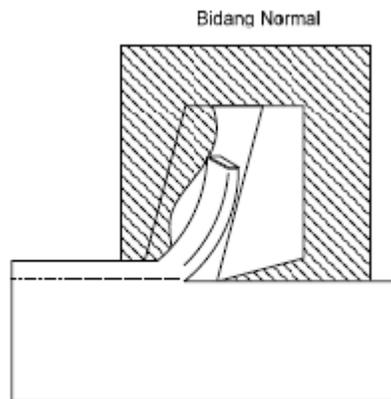
Sudut miring mempengaruhi arah aliran geram. Bila sudut miring berharga nol maka arah aliran geram tegak lurus terhadap mata potong. Arah aliran geram akan membentuk sudut sebesar P_c terhadap garis tegak lurus mata potong dengan adanya sudut miring, maka panjang kontak antara pahat dengan benda kerja menjadi lebih diperpanjang energy pemotongan spesifik tidak berubah sampai sudut miring mencapai 20° (Rochim,1993:89). Penggunaan besarnya sudut miring disesuaikan dengan jenis material benda kerja dan harga kecepatan potong , seperti yang tercantum pada gambar 6

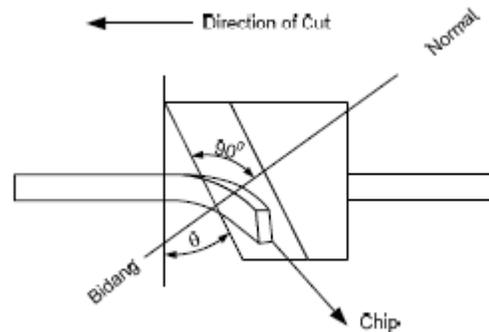


Gambar 6, Pengaruh sudut miring terhadap aliran geram

(Rochim,1993:89)

Pada gambar dibawah diperlihatkan bahwa faktor utama dalam performa alat potong terdapat pada sudut rake (sudut sayat) yang diukur mendatar dari sisi potong, kemiringan sisi potong inilah yang menyebabkan tatal terangkat secara cepat dari permukaan yang membentuk sudut normal mendekati pada sudut kemiringan tadi





Gambar 7. Teknik pemotongan miring

Fajar Kurniawan. (<http://www.google.co.id/imglanding>)

Teknik pemotongan miring terjadi bila sudut potong utama $K_r < 90^\circ$ terhadap permukaan benda kerja sebelum terpotong dan sudut miring $\lambda_s \neq 0$, hal ini akan menyebabkan bidang kontak antar geram pahat menjadi lebih luas sehingga mempercepat laju pembuangan panas dan temperatur pahat menjadi tidak begitu tinggi. Mata potong pahat yang aktif memotong tersebut dapat lebih diperpanjang lagi dengan cara lebih dimiringkan.

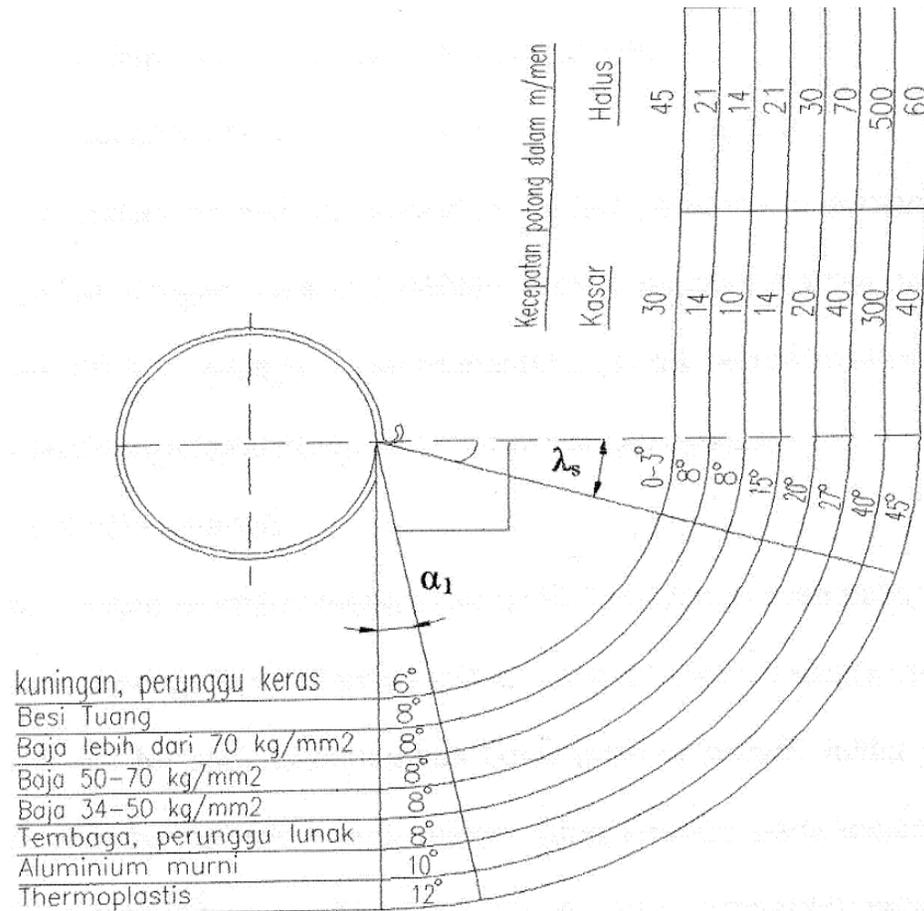
C. Kondisi Pemotongan

Kondisi pemotongan pada proses bubut ada 3 jenis, yaitu: kecepatan potong (v), gerak makan (f) dan kedalaman pemotongan (a).

1. Kecepatan Potong

Kecepatan potong merupakan jarak tempuh pahat terhadap keliling permukaan benda kerja tiap menit. Pengukuran panjang dilihat terhadap

lingkaran benda kerja yang disayat dengan satuan meter/menit. Dengan kata lain kecepatan potong adalah panjang geram terpotong persatuan waktu.



Gambar 8. Sudut pahat bubut berdasarkan

kecepatan potong dan kualitas pengerjaan (Makhzu, 1991;45)

Pada penelitian ini baja S45C tergolong pada baja karbon sedang dengan kekuatan tarik 34-50 kg/mm². Sudut bebas potng bantu yang

dipergunakan (α_1) = 8° , sudut miring (λ_s) = 20° . Kecepatan potong ditentukan pada pembubutan halus yakni 30 m/menit

2. Gerak Makan

Gerak makan dalam pembubutan adalah pergerakan mata pahat dalam satu putaran benda kerja. Jadi gerak makan dapat diartikan sebagai jarak pergeseran mata potong pahat dalam satu putaran benda kerja dalam pembubutan sepanjang benda kerja, jarak yang ditempuh oleh pahat sepanjang diameter benda kerja untuk pembubutan penampang. Satuan ukuran yang digunakan untuk gerak makan adalah mm/putaran benda kerja. Dalam prakteknya gerak makan (*feeding*) ini dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu:

a. Gerak makan manual

Gerak makan manual merupakan gerak laju permukaan di mana pahat menyayat dengan cara digerakkan secara manual dengan memutar eretan. Oleh karenanya dengan menentukan gerak pemakanan ini, cepat atau lambatnya bergantung pada pertimbangan operator.

b. Gerak makan otomatis

Gerak makan otomatis merupakan gerak laju pemakanan pahat dalam menyayat benda kerja dimana pahat tersebut bergerak

secara otomatis. Dalam hal ini apabila bertambah besar putaran *spindle* maka *feeding* juga akan bertambah. Gerak makan yang tersedia pada mesin bubut MARO . 5VA buatan Japan , tercantum pada table berikut ini:

Tabel 1. Harga Putaran Mesin MARO. 5VA

MAIN SPINDEL SPEED Rpm

Change lever									
H	100	220	370	490	660	1120	1500	1900	2500
L	40	90	150	200	265	440	580	780	1000

Table 2. Gerak Makan Mesin Bubut MARO. 5VA

TREAD CUTTING & FEED TABLE mm/rot

	A	45	40	50	30	50	105	60	90	55	60	90
	B	100	100	100	90	90	80	90	100	100	100	80
	C	40	60	60								
	D	120	120	120	80	80	120	60	80	40	40	30
	1	1,2	1,6	2	3	5	7	8	9	11	12	
	2	0,6	0,8	1	1,5	2,5	3,5	4	5,5	6		
	3	0,3	0,4	0,5	0,75	1,25	1,75		2,25	2,75		
	1	0,131	0,175	0,218	0,328	0,546	0,766	0,875	0,948			2,760
	2	0,066	0,087	0,109	0,164	0,273	0,383	0,437	0,492			2,760
	3	0,033	0,043	0,055	0,082	0,136	0,191	0,219	0,246			0,690
	1		0,135	0,169	0,254	0,423	0,592	0,677	0,762			1.210
	2		0,067	0,085	0,127	0,211	0,296	0,339	0,380			0,605
	3		0,038	0,042	0,063	0,106	0,148	0,169	0,190			0,303

3. Kedalaman Pemotongan

Kedalaman pemotongan (a) merupakan jarak antara ukuran luar benda kerja sebelum penyayatan dan permukaan benda kerja setelah penyayatan. Dengan mengatur kedalaman pemotongan berarti mengurangi garis tengah (diameter) benda kerja pada proses memanjang.

$$a = \frac{d_o - d_m}{2} \dots\dots\dots(\text{Hardjapamekas}, 1985:18)$$

Jika untuk menyelesaikan pekerjaan diperlukan beberapa kali penyayatan, maka kedalaman pemotongan diperoleh dari persamaan berikut.

$$a = \frac{d_o - d_m}{2 \cdot i} \dots\dots\dots(\text{Hardjapamekas}, 1985:18)$$

D. Cairan Pendingin (*Coolant*)

Cairan pendingin (*coolant*) berguna untuk mengurangi panas pada saat proses pemotongan benda kerja oleh alat potong sehingga dapat memperpanjang umur alat potong dan meningkatkan produktifitas pemesian.

Cairan pendingin dapat diklasifikasikan menjadi 4 bagian, yaitu:

1. Neat Oil (Minyak Murni)

Minyak murni merupakan minyak mineral, minyak sayur atau campuran dari keduanya. Minyak mineral tanpa zat adiktif lainnya tidak sesuai untuk beban dan kecepatan tinggi. Oleh karena itu minyak jenis ini hanya digunakan untuk pengerjaan logam non ferro seperti aluminium dan magnesium. Campuran minyak mineral dengan *fatty acid* yang dikenal sebagai minyak campuran memiliki sifat pelumasan dengan daya sekat yang tinggi. Minyak ini cocok untuk pekerjaan pemesinan bahan campuran non ferro yang ulet terutama pada mesin otomatis. Minyak ini kurang terkenal, karena hanya mampu membentuk lapisan tipis dipermukaan benda pada temperature tinggi.

2. Cairan Emulsi atau Soluble Oil

Zat-zat aditif seperti anti karat, anti buih, air penghalus biasanya juga ditambahkan pada minyak ini. Emulsi terbentuk dari percampuran minyak soluble dengan air pada rasio dari 1:10 sampai 1:40 untuk pemesinan umumnya dan naik 1:80 untuk gerinda. Emulsi bening memiliki kekuatan lapisan tipis yang tinggi dan memiliki sifat anti karat yang lebih baik dibandingkan emulsi yang tidak bening. Ia juga memperbaiki pelumasan alat dengan penyebaran yang halus dari percikan minyak.

3. Coolant Sintetik

Cairan ini merupakan jenis baru dari cairan-cairan pemotongan. Coolant sintetik umumnya produk *non-petroleum*, terkadang ditambahkan minyak mineral dalam persentase yang kecil. Beberapa zat kimia dicampur dalam air membentuk coolant sintetik. Efek dari coolant sintetik pada umur alat menjadikannya secara otomatis menjadi pilihan untuk beberapa aplikasi.

4. Fluida Gas

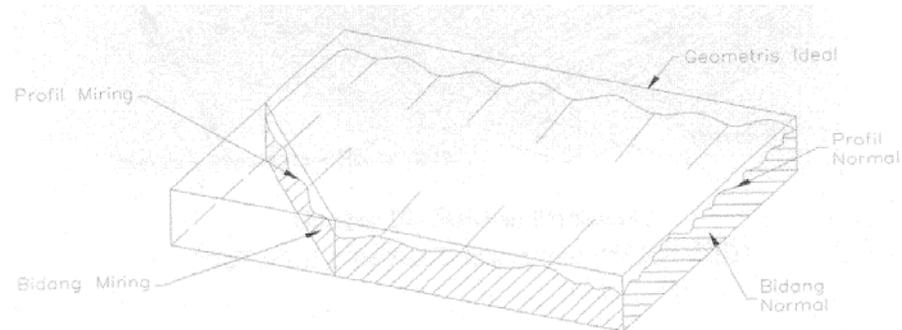
Fluida gas tidak biasa digunakan karena membutuhkan biaya tinggi. Pengkabutan lebih lazim digunakan dari pada cairan gas. Sistem pengkabutan coolant modern menggunakan pengkompresan udara atom-atom coolant dan membawanya ketitik pemotongan dalam bentuk kabut. Gas seperti karbon dioksida, Freon dan helium digunakan untuk pemakaian khusus. Fluida gas berkemampuan sebagai pelumas, pendingin dan pembilasan.

E. Kekasaran Permukaan

1. Susunan Permukaan (*Surface Texture*)

Menurut istilah keteknikan, permukaan adalah suatu batas yang memisahkan benda pahat dengan sekitarnya. Adapun istilah lain yang

berkaitan dengan permukaan yaitu profil. Istilah profil seringkali disebut dengan istilah lain yaitu bentuk. Profil yang dikaitkan dengan istilah permukaan mempunyai arti hasil pemotongan secara normal atau serong dari satu penampang permukaan.



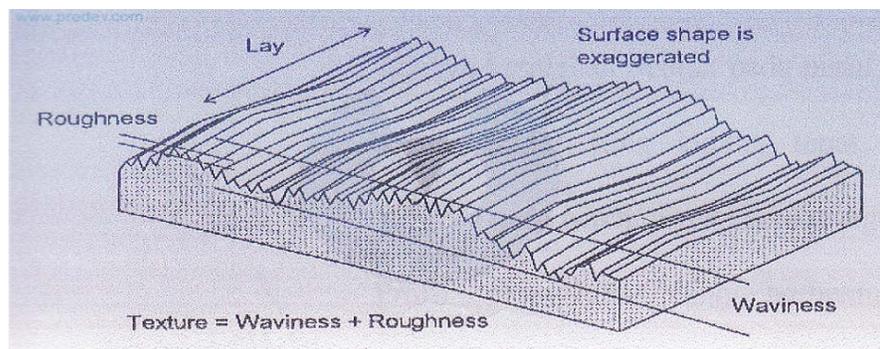
Gambar 9. Bidang dan profil pada penampang permukaan

(Munadi, 1988:304)

Dengan melihat profil ini, menurut Parsons (1970:269) bentuk dari suatu permukaan pada dasarnya dapat dibedakan menjadi 2, yaitu:

- a. Permukaan kasar (*Roughness*), berbentuk gelombang pendek yang tidak teratur terjadi karena getaran pisau (pahat) atau proporsi *feeding* yang kurang tepat.
- b. Permukaan bergelombang (*Waviness*), berbentuk gelombang panjang yang tidak teratur yang terjadi karena factor mesin, defleksi selama pengerjaan, getaran mesin dan perlakuan panas yang kurang baik.

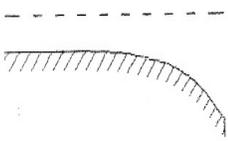
Dalam sebuah situs internet tentang metrology menyebutkan, bahwa susunan permukaan merupakan kombinasi selisih panjang gelombang yang pendek suatu permukaan dari permukaan nominal. Kekasaran, gelombang dan kesalahan bentuk termasuk pada tekstur permukaan. Dalam panjang gelombang, selisih itu lebih pendek dibandingkan dengan selisih kesalahan bentuk.

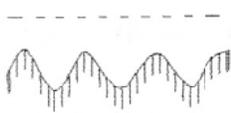
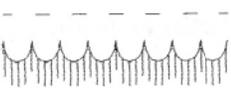


Gambar 10. Susunan permukaan

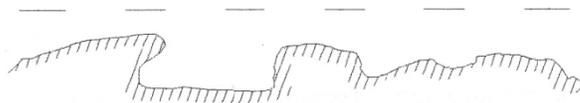
(<http://www.predev.com/smg/parameter.htm>)

Menurut Rochim (1985:61), ketidak teraturan dari bentuk permukaan dapat dibedakan menjadi 4 tingkat:

1.  Profil permukaan yang menunjukkan adanya kesalahan bentuk (*form error*). Factor penyebabnya antara lain karena lenturan dari mesin perkakas dan benda kerja., kesalahan dari pencekaman benda kerja, pengaruh proses pengerasan (*Hardening*).

2.  Profil permukaan yang berbentuk gelombang. Penyebabnya antara lain karena adanya kesalahan bentuk pada pisau (pahat), posisi senter yang kurang tepat, adanya getaran pada waktu proses pemotongan.
3.  Profil permukaan yang berbentuk alur (*Grooves*). Penyebabnya antara lain karena adanya bekas-bekas proses pemotongan akibat bentuk pahat yang salah atau gerak makan yang kurang tepat.
4.  Profil permukaan yang berbentuk serpihan (*Flakes*). Penyebabnya antara lain karena adanya geram (tatal) pada proses pengerjaan, pengaruh *electroplanting*.

Gabungan dari karakteristik profil permukaan dari tingkat pertama sampai tingkat ke empat menghasilkan profil permukaan seperti berikut:



Gambar 11. Kombinasi ketidakraturan
Dari tingkat 1 sampai 4

Ada 2 jenis ketidak teraturan yang menyebabkan tidak silindrisnya benda kerja, yaitu: pertama, yang menyebabkan permukaan yang bergelombang adalah ketidak sepusatan putaran dan gerak makan yang tidak linier. Kedua, yang menyebabkan kekerasan adalah gerak makan dan goresan pahat. (Gayler dan Shotbolt, 1980:178)

2. Profil Permukaan

1. Profil geometri ideal

Profil ini merupakan profil dari geometris permukaan yang ideal. Profil ini sulit sekali diperoleh karena banyak factor yang mempengaruhi dalam proses pembuatannya. Bentuk dari profil geometris ideal ini dapat berupa garis lurus, lingkaran dan garis lengkung.

2. Profil referensi

Profil ini digunakan dalam menganalisa karakteristik dari suatu permukaan. Bentuknya sesuai dengan bentuk profil geometris ideal, tetapi dapat menyinggung puncak tertinggi dan profil terukur pada sampel yang diambil dalam pengukuran.

3. Profil terukur

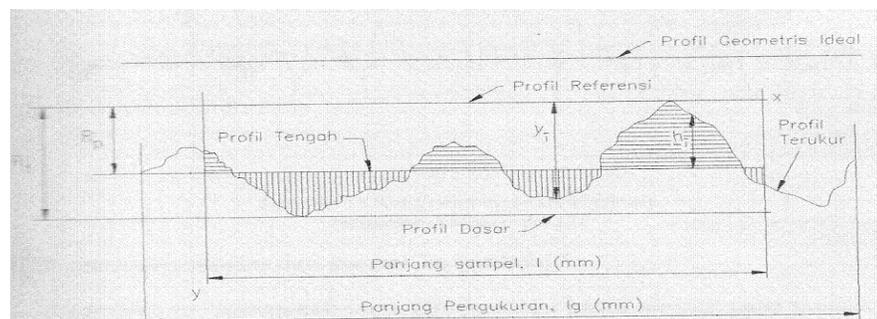
Profil adalah profil dari suatu permukaan yang diperoleh melalui proses pengukuran.

4. Profil dasar

Profil dasar adalah profil referensi yang digeserkan ke bawah hingga tepat pada titik paling rendah dari profil terukur.

5. Profil tengah

Profil tengah adalah profil yang berada di tengah-tengah dengan posisi sedemikian rupa sehingga jumlah luas daerah bagian atas profil tengah sampai profil terukur sama dengan jumlah luas daerah bagian profil tengah sampai pada profil terukur.



Gambar 12. Profil permukaan

(Rochim,1985:61)

3. Parameter kualitas permukaan

Menurut Munadi (1988:308), beberapa parameter yang bisa dijabarkan dari profil permukaan yang disebutkan di atas antara lain adalah:

1) Kedalaman total (*Peak to Valley*); R_t

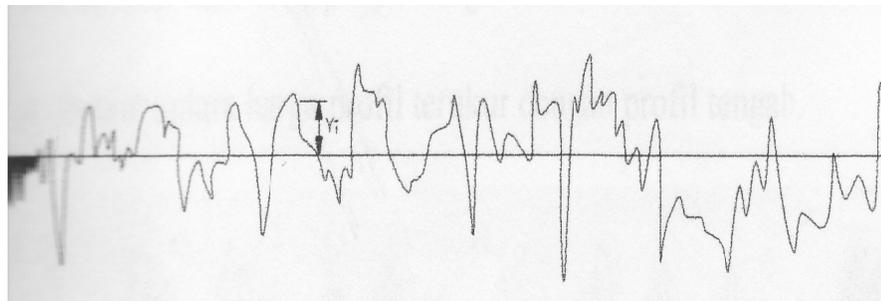
Kedalaman total adalah jarak dari profil referensi sampai dengan profil dasar.

2) Kedalaman perataan (*Peak to Mean Line*); R_p

Kedalaman perataan merupakan jarak rata-rata dari profil referensi sampai dengan profil terukur. Bisa juga dikatakan bahwa kedalaman peralatan merupakan jarak antara profil tengah dengan profil referensi.

3) Kekasaran rata-rata kuadratis (*Root Mean Square Height*); R_q

Besarnya harga kekasaran rata-rata kuadratis adalah akar dari jarak kuadrat profil terukur dengan profil tengah.

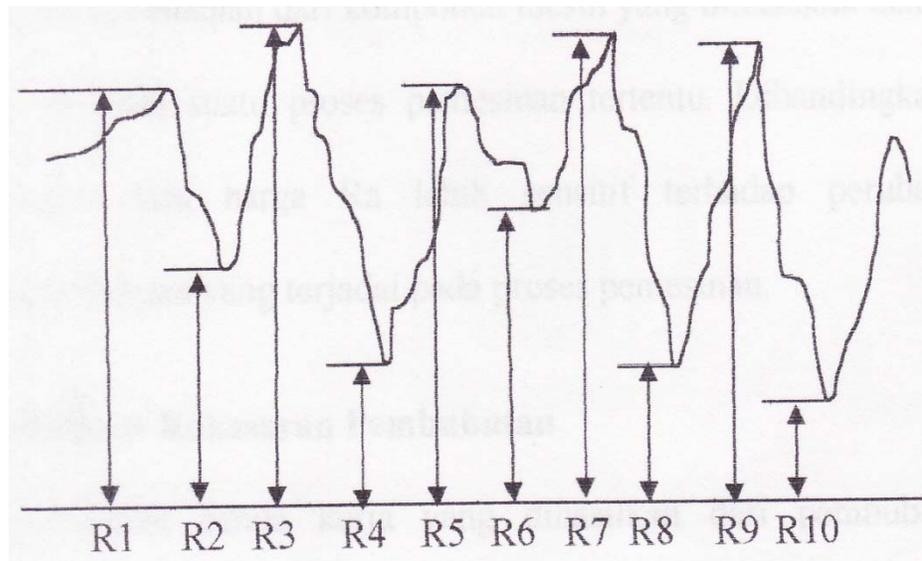


Gambar 13 Kekasaran rata-rata kuadratis

(Mitutoyo SJ-201P,10-17)

4) Kekasaran rata-rata dari puncak kelembah; R_z

Parameter ini merupakan jarak rata-rata alat profil terukur pada puncak tertinggi dikurangi jarak rata-rata profil terukur pada lima lembah terdekat. Sampel pengukuran diambil sejumlah profil yang memuat misalnya 10 daerah yaitu 5 daerah puncak dan 5 daerah lembah.



Gambar 14. Kekasaran rata-rata dari puncak ke lembah

(Munadi,1988:310)

5) Kekasaran rata-rata aritmetis (*Mean Roughness Arithmetic/Center Line Average*); R_a

Kekasaran rata-rata merupakan harga rata-rata secara aritmetis dari harga absolut antara harga profil terukur dengan profil tengah.

Kekasaran rata-rata (Ra) dapat juga diartikan sebagai adalah suatu integral dari nilai mutlak dari profil kekasaran. Muslim (2002:12) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa Ra merupakan area yang dibagi oleh panjang pengukuran. Ra merupakan parameter kekasaran yang umum digunakan untuk mengukur kekasaran suatu permukaan. Hal ini disebabkan parameter Ra cocok digunakan untuk memeriksa kualitas permukaan dari komponen mesin yang dihasilkan dalam jumlah banyak pada suatu proses pemesinan tertentu. Dibandingkan dengan parameter lain harga Ra lebih sensitive terhadap perubahan atau penyimpangan yang terjadi pada proses pemesinan.

F. Standar Tingkat Kekasaran Pembubutan Berdasarkan Panjang Sampel

Komponen benda kerja yang dihasilkan dalam pembubutan akan membentuk karakteristik kekasaran permukaannya. Tingkat kekasaran permukaan pada pengerjaan pembubutan dapat dicapai N10 sampai dengan N4. Cara pengerjaan pembubutan dapat dikelompokkan menjadi 2 bagian, yaitu: pembubutan kasar dan pembubutan halus. Pembubutan kasar dengan tingkat kekasaran N10 sampai N6, sedangkan pembubutan halus dengan tingkat kekasaran N6 sampai dengan, N4

Table 3. Tingkat kekasaran pembubutan berdasarkan panjang sampel.

Harga kekasaran Ra (μm)	Angka kelas kekasaran	Panjang sampel (mm)
50	N 12	

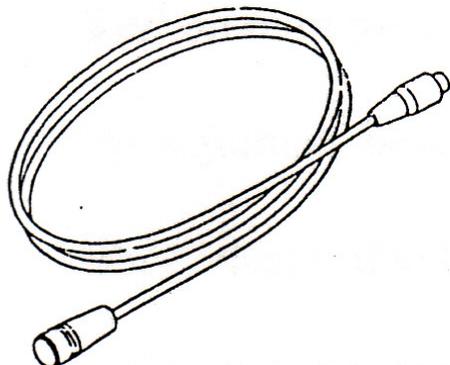
25	N 11	8
12,5	N 10	
6,3	N 9	2,5
3,2	N 8	
1,6	N 7	0,8
0,8	N 6	
0,4	N 5	
0,2	N 4	
0,1	N 3	0,25
0,05	N 2	
0,025	N 1	0,08

(Rochim & Wirjomartono : 71)

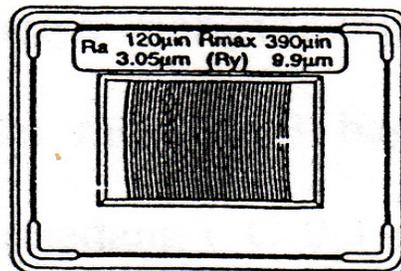
G. Surface Roughness Tester SJ-201P Mitutoyo

Alat ukur kekasaran permukaan type SJ-201P ini memiliki prinsip kerja mekanis optis yang dirancang oleh Mitutoyo Cooperation. Peralatan ini terdiri dari beberapa komponen, antara lain: *stylus*, *detector*, *drive unit*, *display unit*, *AC adapter*, *precision roughness specimen*, dan *calibration stage*. Gerakan *stylus* berupa gerakan melintang terhadap bekas penyayatan pahat pada permukaan benda kerja. Gerakan lurus melintang *stylus* ini digerakkan oleh motor secara elektronik dengan kecepatan 0,5 mm/detik.

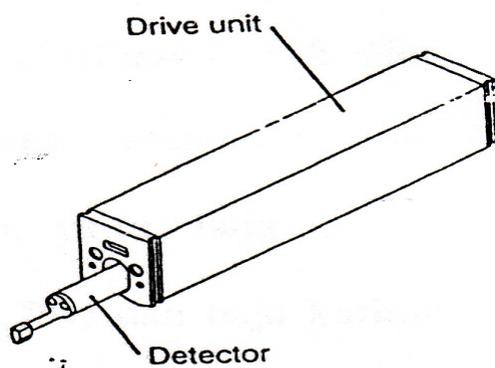
Connection cable (1m/40")



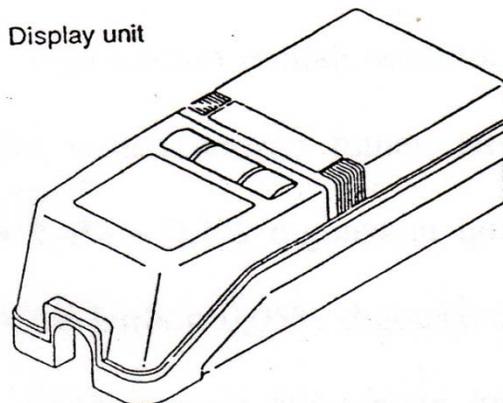
Precision roughness specimer



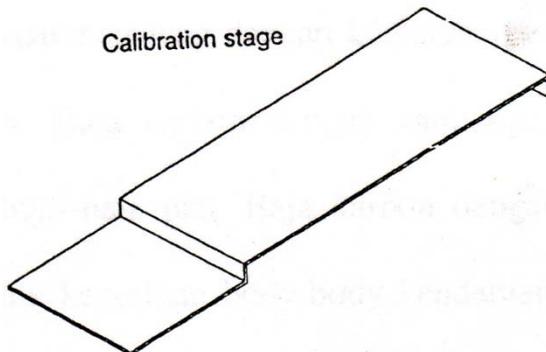
Drive/detector unit



Display unit

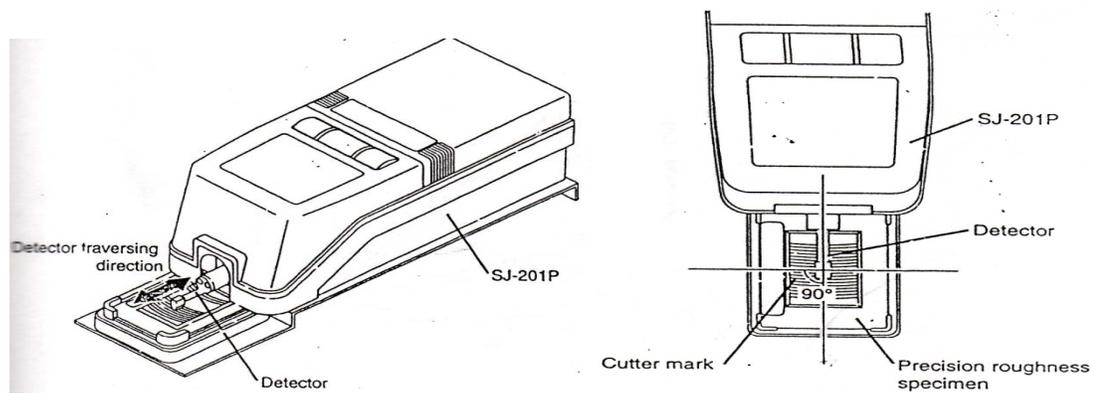


Calibration stage



Gambar 15. Bagian-bagian dari Surface Roughness Tester

(Mitutoyo SJ-201:1-3)



Gambar 16. Posisi kalibrasi

(Mitutoyo SJ-201P:3-9)

H. Baja Karbon Sedang S45C

Baja S45C adalah baja karbon medium yang banyak digunakan di dunia industry. Dalam penggunaannya diperlukan sifat kekerasan, mechinability dan kekuatan yang tinggi. Dengan memberikan perlakuan panas yang sesuai maka sifat-sifat tersebut diatas dapat tercapai.

Baja S45C tergolong baja karbon sedang yang mempunyai komposisi carbon (C) 0,43-0,50, mangan (Mn) 0,50-0,80, sulfur 0,020-0,040, Cr+Mo+Ni max 0,63. Baja S45C banyak dipergunakan untuk alat-alat permesinan seperti meja pembawa, baut, mur, dan kopleng.

Dari hasil penelitian yang pernah dilakukan, pendinginan dengan air memiliki kekerasan dan kekuatan tarik 125,14 Kg/mm yang paling tinggi. Sedangkan pendinginan dengan udara memiliki kekerasan dan kekuatan tarik 64,59 Kg/mm yang paling rendah.

BAB V

PENUTUP

A. KESIMPULAN

Selama melakukan penelitian serta hasil yang diperoleh, maka kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Harga kekasaran rata-rata terendah (Ra) terendah yaitu 2,18 μm apabila dikonversikan pada kisaran nilai kekasaran terendah yaitu N7 dapat diperoleh pada kondisi pemotongan 0,3 mm.
2. Harga kekasaran rata-rata sedang (Ra) sedang yaitu 2,80 μm apabila dikonversikan pada kisaran nilai kekasaran sedang yaitu N8 dapat diperoleh pada kondisi pemotongan 0,5 mm.
3. Harga kekasaran permukaan (Ra) tertinggi yaitu 3,63 μm apabila dikonversikan pada kisaran nilai tingkat kekasaran paling tinggi yaitu N8 dapat diperoleh pada kondisi pemotongan 1 mm.
4. Hasil pembubutan dapat di pergunakan untuk penerapan suaian longgar. Hasil pembubutan masuk kategori suaian longgar yang berdiameter > 18 mm sampai 30 mm pada h6 dengan nilai penyimpangan atas 0, penyimpangan bawah – 13 dan h7 dengan nilai penyimpangan atas 0, penyimpangan bawah – 21. (lampiran 4)

B. SARAN

Berdasarkan keterbatasan penelitian dan hasil penelitian ini, penulis menyarankan agar:

1. Untuk mendapatkan hasil pengerjaan yang halus pada pembubutan baja S45C sebaiknya menggunakan kedalaman pemotongan 0,3 mm
2. Untuk mendapatkan hasil pengerjaan yang halus pada pembubutan baja S45C yang menggunakan pahat bubut HSS sebaiknya menggunakan sudut pahat bubut dengan Sudut potong samping $\psi_r = 12^\circ$, Sudut miring $\lambda_s = 20^\circ$, Sudut bebas potong bantu $\alpha_0 = 10^\circ$, Sudut geram $\gamma_0 = 12^\circ$, Sudut bebas potong utama $\alpha_1 = 8^\circ$
3. Untuk mendapatkan hasil pengerjaan pembubutan baja S45C menggunakan *cutting speed* 30 m/menit, kecepatan putaran 440 rpm, dan *feeding* 0,131 mm/rot.

DAFTAR PUSTAKA

- A Syamsir Mui. (1989). *Dasar-dasar Perancangan Perkakas dan Mesin-mesin Perkakas*. Rajawali Pers: Jakarta.
- Bambang Primbodo. (1993). *Teknologi Mekanik Edisi Ketujuh Versi SI*. Erlangga: Jakarta.
- Eddy D. Harjapamekas. (1985). *Pengerjaan Logam dengan Mesin*. Angkasa: Bandung.
- Fajar Kurniawan. (<http://www.google.co.id/imglanding>). *Pahat Bubut HSS*.
- Hoiri Efendi. (2010) *Pahat Bubut HSS*
- <Http://www.Find-Docs.Com/Mesin-Bubut.Html> (2010).
- <Http://www.Google.Co.Id/Imglanding>. (2010). *Pahat Bubut HSS*.
- <Http://www.predev.com/msg/intro.htm>. (2003). *Surface Metrology Guede*.
- Mitutoyo. (TT). *SJ-201P Surface Roughness Tester User's Manual*. Mitutoyo Corporation: Japan.
- Muslim. (2002). *Pengaruh Kondisi Pemotongan Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Hasil Pembubutan Menggunakan Pahat Bubut HSS*. Lembaga Penelitian Universitas Negeri Medan: Medan.
- Prasetyo, Irawan. (1999). *Logika dan Prosedur Penelitian*. STIA-LAN Press: Jakarta.
- Rifelino . (2005). *Efek Gerak Makan dan Kedalaman Pemotongan Dengan Menggunakan Pahat Bubut HSS Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Pada Material Baja Karbon Rendah*. Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang: Padang
- Suarman Makhzu. (1991). *Mesin Perkakas Konvensional*. Pusat Media Pendidikan/MRC.FPTK IKIP Padang:Padang.
- _____. (1991). *Teknologi Proses Permasinan*. Pusat Media Pendidikan/MRC.FPTK IKIP Padang:Padang.
- Sudji, Munadi. (1988). *Dasar-dasar Metrologi Industri*. PPLPTK: Jakarta.