

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Rahmadianto (2007) melakukan penelitian yang membahas tentang variasi media pendingin pada proses pembubutan dan variasi *feeding*. Diperoleh bahwa media pendingin air lebih baik dibanding dengan media pendingin minyak mineral, karena air lebih mampu menyerap panas dibanding dengan minyak mineral. Sedangkan antara besarnya *feeding* dengan kekasaran permukaan berbanding lurus, semakin besar *feeding* maka semakin besar pula kekasaran permukaan benda kerja.

Sudradjat (2007) melakukan penelitian mengenai sifat fisik dan sifat kimia dari minyak jarak. Pada penelitian ini didapatkan bahwa sifat fisik dan kimia minyak jarak pagar, memenuhi persyaratan sebagai pelumas dasar. Karakteristik tersebut adalah : kerapatan 0,9157kg/m³; flash point 270°C; pour point 0°C; viskositas 40°C (cSt) 34,17; viskositas 100°C (cSt) 7,95; viskositas indeks 217; indeks bias 25°C 1,4655; bilangan penyabunan 96,7 mg KOH/gr dan bilangan iod 18,5 gr/100gr.

Yanto (2012), minyak nabati memiliki struktur kimia yang mirip dengan minyak mineral dalam hal kandungan karbonnya, sehingga minyak nabati dapat dijadikan sebagai bahan dasar pelumasan pada proses permesinan. Salah satu jenis minyak nabati yang berpotensi untuk dikembangkan sebagai bahan dasar pelumasan adalah minyak jarak pagar. Minyak jarak pagar diperoleh dari biji jarak pagar yang diekstrak dengan cara mekanis (pengepres-an) ataupun ekstraksi dengan pelarut seperti heksana.

Hadimi (2012) melakukan penelitian mengenai pengaruh perubahan kecepatan pemakanan terhadap kekasaran permukaan pada proses pembubutan. pada penelitian ini digunakan material benda kerja berbahan baja jenis ST-37, dengan pahat HSS, dan cairan pendingin shell dromus. didapatkan bahwa adanya pengaruh yang signifikan pada kekasaran permukaan. dan hasil terbaik didapat pada diameter benda kerja 30mm yaitu pada 0,034µm.

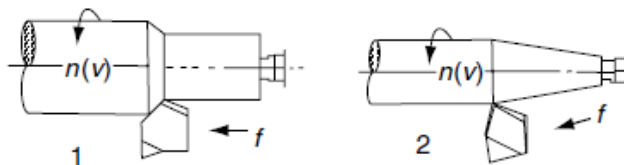
Zhou (2001) melakukan penelitian tentang proses pembubutan kering dengan menggunakan pahat karbida dengan material baja AISI 1010 dengan variasi *depth of cut* dan *feed rate* kemudian mengambil presiksi dari bentuk *chip* nya. Hasilnya didapat bahwa bentuk chip terbaik didapat antara *depth of cut* 1,12mm-1,43mm. Tetapi ini masih dalam kondisi pemotongan tanpa menggunakan *cutting fluid*.

Penelitian mengenai pemakaian *bio cutting fluid* minyak jarak, sampai saat ini masih belum dilaksanakan. Maka dari itu, penelitian ini diharapkan bisa membantu mengatasi semakin menipisnya ketersediaan minyak bumi yang digunakan sebagai bahan dasar pelumasan pada proses pemesinan. Permasalahan difokuskan pada kekasaran permukaan benda kerja dan formasi *chip* dengan media *coolant* berupa *bio cutting fluid* (minyak jarak).

2.2 Klasifikasi proses pemesinan

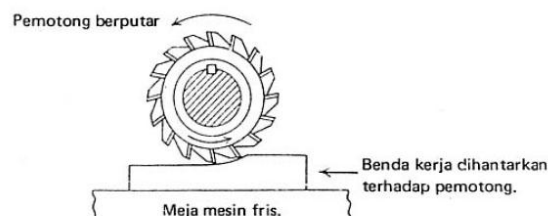
Pahat yang bergerak relatif terhadap benda kerja akan menghasilkan *chip* dan permukaan benda kerja secara bertahap akan terbentuk menjadi komponen yang dikehendaki. Gerak relatif pahat terhadap benda kerja dapat dipisahkan menjadi dua komponen gerakan yaitu gerak potong (*cutting movement*) dan gerak makan (*feeding movement*). Menurut jenis kombinasi gerak potong dan gerak makan maka proses pemesinan dikelompokkan menjadi enam proses yang berlainan, yaitu (Rochim, 1993:5) :

1. Proses bubut (*turning*), mesin bubut mencakup segala mesin perkakas yang memproduksi bentuk yang silindris dan digunakan untuk menghasilkan benda-benda putar, membuat ulir, pengeboran dan meratakan benda putar.



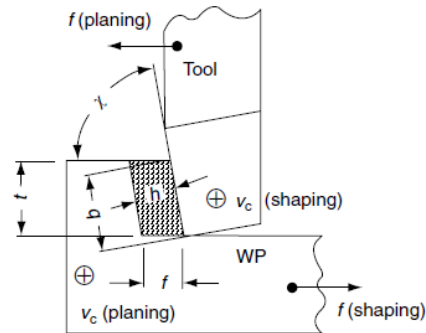
Gambar 2.1 Proses Pembubutan
Sumber : Youssef (2008 : 61)

2. Proses freis (*milling*), jenis mesin potong yang melakukan pemotongan logam dengan cutting tool bergigi banyak (*multiple tooth cutting tool*).



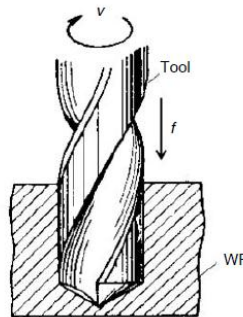
Gambar 2.2 Proses Freis
Sumber : Daryus (2009 : 1)

3. Proses sekrap (*sharping, planing*), mesin perkakas yang digunakan untuk membentuk atau meratakan permukaan benda kerja.



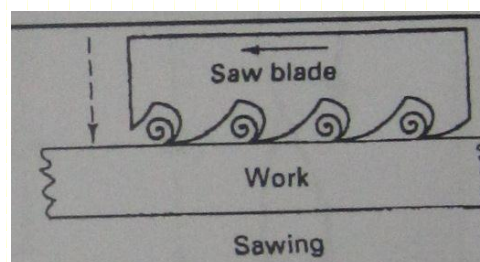
Gambar 2.3 Proses Sekrap
Sumber : Youssef (2008 : 100)

4. Proses gurdi (*drilling*), yaitu memutar pahat berupa bor yang ditusukkan pada benda kerja yang diam, sehingga diperoleh lubang dengan diameter dan kedalaman tertentu sesuai rancangan.



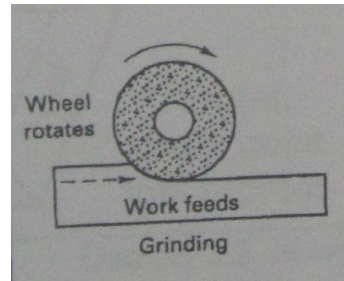
Gambar 2.4 Proses Gurdi
Sumber : Youssef (2008 : 71)

5. Proses gergaji atau parut (*sawing*), digunakan untuk memotong benda-benda dari logam maupun non logam dengan bentuk silindris maupun bentuk profil.



Gambar 2.5 Proses Gergaji
Sumber : Degarmo (2003 : 482)

6. Proses gerinda (*grinding*), yaitu penggesekan benda kerja ke pahat yang berbentuk lempengan bulat dan abrasif (permukaan kasar). Penggesekan ini terjadi dengan berputarnya pahat, sementara benda kerja dipegang oleh operator.



Gambar 2.6 Proses Gerinda
Sumber : Degarmo (2003 : 482)

2.3 Elemen dasar Proses Bubut

Bedasarkan jenis proses permesinan yang telah dijelaskan diatas maka dipilih salah satu proses permesinan (proses bubut) sebagai urutan proses yang digunakan untuk membuat suatu benda kerja. Setelah ukuran obyektif ditentukan kemudian pahat harus membuang sebagian mateial benda kerja sampai ukuran obyektif tersebut dicapai. Hal ini dapat dilaksanakan dengan cara menentukan penampang *chip* (sebelum dipotong) dan setelah berbagai aspek teknologi ditinjau, kecepatan pembuangan *chip* dapat dipilih agar waktu pemotongan bisa berjalann dengan tepat. Situasi seperti ini timbul pada setiap perencanaan proses permesinan. Sehingga dapat dikemukakan lima elemen dasar proses permesinan (Rochim, 1993:13).

1. Kecepatan potong (*cutting speed*), adalah kemampuan mata pahat untuk bergerak memotong mulai dari titik awal pemotongan hingga selesai. Untuk menghitung kecepatan potong digunakan persamaan :

$$v = \frac{\pi D n}{1000} \quad (2-1) \text{ (Rochim ; 13)}$$

Dengan :

D = diameter benda kerja (mm)

N = putaran spindle/benda kerja (rev/min)

2. Kedalaman potong (*depth of cut*) adalah kedalaman mata potong pahat yang menembus benda kerja.

Kedalaman pemotongan juga ditulis dengan simbol “a”. Untuk menghitung kedalaman pemotongan, digunakan persamaan :

$$d = \frac{d_0 - d_m}{2} \quad (2-2) \text{ (Rochim ; 13)}$$

Dengan :

d_0 = diameter mula benda kerja

d_m = diameter akhir benda kerja

3. Kecepatan makan (*feeding speed*) adalah kecepatan pergerakan pahat sepanjang bidang potong. Untuk menghitung kecepatan pemakanan digunakan persamaan :

$$v_f = f \cdot n \text{ (mm/min)} \quad (2-3) \text{ (Rochim ; 13)}$$

dengan :

f = feed motion (mm/rev)

n = putaran spindle / benda kerja (rev/min)

4. Waktu pemotongan (*cutting time*) adalah waktu yang dibutuhkan pada proses pemotongan mulai awal hingga akhir. Untuk menghitung waktu pemotongan digunakan persamaan :

$$t_c = l_t / v_f \quad (2-4) \text{ (Rochim ; 13)}$$

dengan :

l_t = panjang permesinan (mm)

v_f = kecepatan pemotongan (mm/min)

5. Kecepatan penghasil *chip* (*metal removal*) adalah volume dari benda kerja yang dipotong. Untuk menghitung kecepatan pembuangan *chip* digunakan persamaan :

$$Z = A \cdot v \text{ (cm}^3 \text{/min)} \quad (2-5) \text{ (Rochim ; 13)}$$

dengan :

A = penampang *chip* sebelum terpotong (mm²)

v = kecepatan potong (mm/min)

Sedangkan untuk mengetahui penampang *chip* sebelum terpotong digunakan persamaan :

$$A = f \cdot a = b \cdot h \text{ (mm}^2\text{)} \quad (2-6) \text{ (Rochim ; 13)}$$

Elemen proses permesinan tersebut dapat dihitung berdasarkan dimensi benda kerja, pahat serta besaran dari mesin perkakas. Besaran mesin perkakas yang dapat diatur bermacam-macam tergantung dari jenis mesin perkakas, sehingga rumus yang dipakai untuk menghitung setiap elemen proses permesinan dapat berlainan.

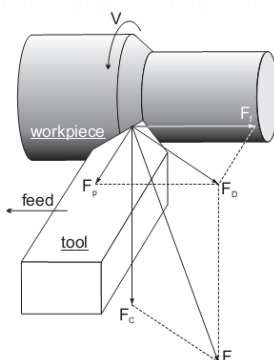
2.3.1 Proses Pemotongan Pada Mesin Bubut

Mesin bubut merupakan mesin yang digunakan untuk pengurangan benda kerja, dimana benda kerja digerakan rotasi pada sumbunya, sedang pahat dapat digerakkan horizontal sepanjang sumbu benda kerja yang gerakan itu relatif satu sama lainnya. Kerja yang dapat dilakukan mesin bubut antara lain meliputi perataan permukaan suatu benda kerja yang berbentk silinder, pembuatan ulir, pemotongan, dan pengeboran.

Mekanisme mesin bubut secara sederhana dapat dijelaskan sebagai berikut : benda kerja yang berbentuk silindris dipasang pada pencekam (*chuck*) yang terletak di ujung poros utama (*spindle*). Saat benda kerja berputar dengan kecepatan putar yang dapat diatur, secara bersamaan pahat yang diletakkan pada dudukan dapat bergerak translasi dengan kecepatan tertentu, sehingga pada saat inilah terjadi kontak antara ujung mata pahat dengan benda kerja. Kedudukan pahat terhadap benda kerja dapat diatur sedemikian rupa sehingga kedalaman pemakanan pahat terhadap benda kerja dapat diperkirakan. Maka dari itu, sebelumnya kita harus mengetahui hubungan secara teoritis antara kedalaman potong getaran yang terjadi pada saat proses pembubutan, dan kekasaran permukaan.

2.3.2 Gaya Pemotongan Pada Proses Pembubutan

Gaya pemotongan merupakan gaya yang muncul pada waktu pemotongan benda kerja. Gaya pemotongan merupakan perlawanan yang dilakukan oleh benda kerja terhadap pahat potong yang melakukan pemotongan (Schonmetz, et al., 1990: 22). Gaya yang terjadi pada proses pemotongan dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.7 Gaya Pada Proses Pembubutan
Sumber : Marinov (2010 ; 72)

1. Gaya yang ditinjau dari proses deformasi material

F_s : gaya geser yang mendeformasikan material pada bidang geser

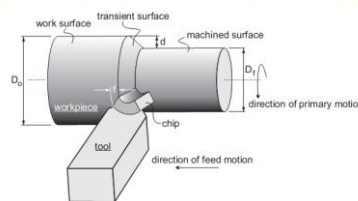
- F_{sn} : gaya normal pada bidang geser
- Gaya yang dapat diketahui arah dan besarnya
 - F_v : gaya potong, searah dengan kecepatan potong
 - F_f : gaya makan, searah dengan kecepatan makan
 - Gaya yang bereaksi pada bidang *chip*
 - F_γ : gaya gesek pada bidang *chip*
 - $F_{\gamma n}$: gaya normal pada bidang *chip*

2.3.3 Sistem Pemotongan

Secara garis besar sistem pemotongan dapat dibagi menjadi dua macam, yaitu :

- Sistem Pemotongan tegak (*orthogonal cutting system*)

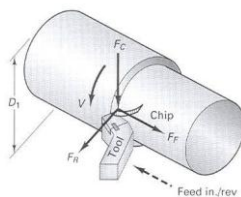
Sistem pemotongan orthogonal terjadi bila sudut potong utama (*principal cutting edge*) $k_r = 90^\circ$ dan sudut inklinasi $\lambda = 0^\circ$. Dimana mata potongnya tegak lurus dengan arah pemakanan, tidak ada kelengkungan dari *chip* dan seluruh bagian *chip* memiliki kecepatan aliran yang sama.



Gambar 2.8 Pembubutan Orthogonal
Sumber : Marinov (2010 ; 93)

- Sistem Pemotongan Miring (*Oblique Cutting System*)

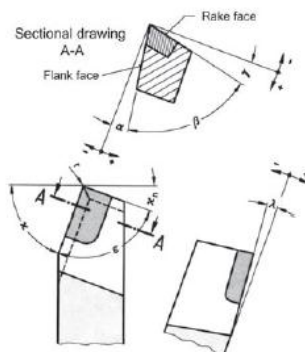
Sistem pemotongan miring terjadi bila sudut potong utama $k_r < 90^\circ$ dan sudut inklinasi $\lambda \neq 0^\circ$. Sehingga karena adanya inklinasi, *chip-chip* yang dihasilkan membuat sudut-sudut tertentu terhadap sumbu kerja, *chip-chip* tidak mengalir disepanjang permukaan tegak lurus sisi pemotongan, tetapi mengikuti jejak yang membuat sudut terhadap normal yaitu sudut aliran *chip* (*chip flow angle*). Hal ini menyebabkan bidang kontak antara *chip* dengan bidang pahat menjadi lebih luas, sehingga mempercepat laju pembuangan panas dan temperatur pahat menjadi tidak terlalu tinggi



Gambar 2.9 Sistem pemotongan miring
Sumber : Tschatsch (2013 ;10)

2.3.4 Sudut pemotongan

Optimasi proses permesinan dapat dicapai dengan memilih atau menentukan sudut-sudut pahat yang sesuai dengan proses pemotongan yang dilakukan. Sudut-sudut pahat terdiri atas sudut bebas orthogonal, sudut geram orthogonal, sudut miring, sudut potong utama.



Gambar 2.10 Sudut pemotongan pada proses pembubutan
Sumber : Tschatsch (2011 ; 8)

1. Sudut bebas orthogonal

Sudut bebas berfungsi untuk mengurangi gesekan antara bidang utama dengan bidang transien dari benda kerja agar tidak menimbulkan kenaikan temperature dan keausan tepi pahat

2. Sudut geram orthogonal

Proses pembentukan geram dipengaruhi oleh sudut miring. Jika sudut miring berharga sama dengan nol maka arah aliran geram tegak lurus mata potong. Dengan adanya sudut miring makan panjang kontak antara pahat dengan benda kerja menjadi lebih diperpanjang dan energy pemotongan spesifik tidak berubah sampai sudut miring mencapai 20° . Temperatur bidang kontak mencapai harga minimum bila sudut miring berharga lebih dari 5° untuk proses penghalusan dan kurang dari 5° untuk proses pengkasaran. Untuk memperkuat pahat serta menurunkan efek gaya kejut ini maka sudut miring kurang dari 20° dapat digunakan.

3. Sudut potong utama

Peranan sudut potong utama yaitu untuk menentukan lebar dan tebal geram sebelum terpotong, menentukan panjang mata potong yang aktif atau panjang kontak antara geram dengan bidang pahat dan menentukan besarnya gaya radial.

4. Sudut potong bantu

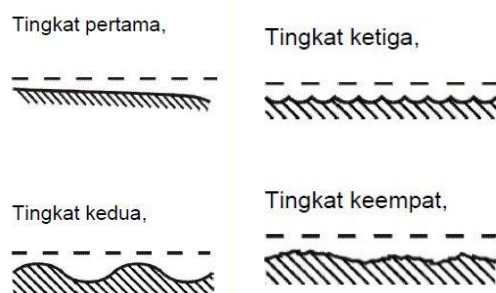
Sudut potong bantu dapat dipilih untuk memperkuat ujung pahat dan kehalusan produk. Sudut potong bantu yang kecil akan memperkuat ujung pahat dan kekasaran permukaan dapat menurun.

2.4 Kekasaran Permukaan

2.4.1. Pengertian Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan (*surface roughness*) merupakan ketidakraturan konfigurasi suatu permukaan beban kerja yang bisa berupa goresan atau kawah kecil pada suatu permukaan ditinjau dari profilnya. Konfigurasi ialah batas yang memisahkan benda padat dan sekelilingnya. Ketidakraturan konfigurasi dari suatu permukaan dapat diuraikan menjadi beberapa tingkatan, yaitu (Sudji, 1998;225)

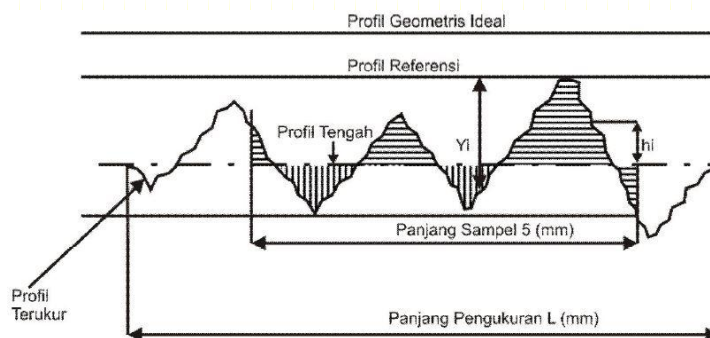
1. Ketidakraturan geometris yang berupa kesalahan bentuk (*form error*) disebabkan oleh adanya lenturan yang terjadi pada perkakas atau benda kerja dan kesalahan posisi pada waktu pencekaman/pemegangan benda kerja.
2. Ketidakraturan permukaan berupa alur (*grooves*), disebabkan oleh adanya getaran sebagai jejak/ bekas dari pemotongan pahat (bentuk ujung pahat atau gerak pemakan).
3. Ketidakraturan permukaan yang menyerupai gelombang (*waviness*), disebabkan oleh terjadinya getaran sewaktu proses pemotongan berlangsung.
4. Ketidakraturan berupa serpihan (*falkes*), disebabkan oleh proses pembentukan *chip* yang sedang berlangsung.



Gambar 2.11 : Macam-macam bentuk kekasaran
Sumber : Sudji (1998 : 225)

2.4.2. Pengukuran kekasaran permukaan

Pada pengukuran benda kerja, ada jarum peraba dari alat ukur yang harus dijalankan searah dengan lintasan yang berupa garis lurus dengan jarak yang sudah ditentukan terlebih dahulu. Panjang lintasan ini disebut panjang pengukuran (*transversing length*) bagian dari panjang pengukuran dimana dilakukan analisis dari profil permukaan yang disebut dengan panjang sampel (*sample length*).



Gambar 2.12 Profil kekasaran pada permukaan
Sumber : Sudji (1998 : 227)

Dalam pengukuran kekasaran permukaan suatu material dikenal beberapa istilah penting, yaitu :

1. Profil geometris ideal (*geometrically ideal profile*) yaitu profil permukaan yang dapat berupa garis lurus, lingkaran atau garis lengkung.
2. Profil terukur (*measured profile*) yaitu profil permukaan material/benda kerja yang akan diukur.
3. Profil referensi (*reference profile*) yaitu profil yang digunakan sebagai acuan untuk menganalisis ketidakraturan konfigurasi permukaan.
4. Profil tengah (*center profile*) merupakan nama yang diberikan untuk profil referensi yang digeserkan ke bawah sehingga jumlah luas daerah atas profil tengah sampai ke profil terukur sama dengan jumlah luas daerah bawah profil tengah sampai ke profil terukur.
5. Profil dasar (*root profile*) yaitu profil referensi yang digeserkan ke bawah menyinggung titik terendah profil terukur.

Bedasarkan profil-profil yang diterangkan diatas maka dapat didefinisikan beberapa parameter permukaan yaitu yang berhubungan dengan dimensi pada arah mendatar. pada dimensi arah tegak dikenal beberapa parameter yaitu :

1. Kekasaran total (R_t) adalah jarak antara profil referensi dengan profil alas.

2. Kekasaran perataan (R_p) adalah jarak rata-rata profil referensi dengan profil terukur.
3. Kekasaran rata-rata aritmatik (R_a) adalah harga rata-rata aritmatik dari harga absolut jarak antara profil terukur dengan profil tengah.

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |h_1| dx \quad (2-7) \text{ (Sudji ; 2010)}$$

4. Kekasaran rata – rata kuadratik (R_q) adalah akar dari jarak kuadrat rata – rata antara profil terukur dengan profil tengah.

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{L} \int_0^L h^2 dx} \quad (2-8) \text{ (Sudji ; 2010)}$$

5. Kekasaran total rata – rata (R_z), merupakan jarak antara profil alas ke profil terukur pada lima puncak tertinggi dikurangi jarak rata – rata profil alas ke profil terukur pada lima lembah terendah.

$$R_z = \sum \frac{[R_1+R_2+\dots+R_5-R_6-\dots-R_{10}]}{5} \quad (2-9) \text{ (Sudji ; 2010)}$$

2.4.3 Penyebab Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan akhir yang dihasilkan dari operasi permesinan bisa dibedakan menjadi dua efek yaitu kekasaran permukaan ideal dan kekasaran permukaan natural (Boothroyd, 1983:133). Kekasaran permukaan ideal disebabkan oleh geometri dari pahat potong dan pemakanan. Hasil kekasaran permukaan kemungkinan terbaik dapat diperoleh dengan bentuk pahat yang ditentukan dan pemakanan (*feeding*). Hal itu dapat dicapai jika *built up edge* dan ketidaktepatan pergerakan alat-alat mesin dihilangkan sepenuhnya (Boothroyd, 1983 : 134)

Kekasaran permukaan natural disebabkan oleh ketidakteraturan dalam operasi pemotongan. Biasanya kekasaran permukaan natural mempunyai proporsi lebih banyak dalam kekasaran yang terjadi. Salah satu faktor utama kontribusi dalam kekasaran permukaan natural adalah terjadinya *built up edge*. *Built up edge* dapat secara terus menerus terbentuk dan patah, partikel patahan akan terbawa di bawah permukaan *chip* dan di permukaan benda kerja yang baru. Dengan begitu *chip* yang terbentuk akan lebih besar, maka permukaan yang lebih kasar akan dihasilkan. Dengan mengurangi gesekan antara *chip* dan pahat juga menghilangkan atau mengurangi *built up edge* dari permukaan (Boothroyd, 1983:138). Faktor lain yang mempengaruhi kekasaran permukaan natural dalam prakteknya adalah :

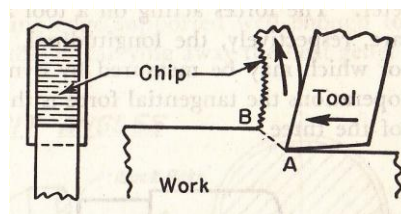
1. Ketidaktepatan pergerakan alat-alat mesin.
2. Ketidakteraturan dalam mekanisme pemakanan.

3. Kerusakan permukaan yang diakibatkan oleh *chip*.
4. Cacat struktur pada material yang dipakai.

2.5 *Chip*

2.5.1 Mekanisme Terbentuknya *Chip*

Pada mulanya bahwa *chip* terbentuk karena adanya retak rambut (*micro crack*) yang timbul pada benda kerja tepat di ujung pahat pada saat pemotongan dimulai. Dengan bertambahnya tekanan pahat, retak tersebut menjalar ke depan sehingga terbentuklah *chip*. Namun seiring bertambahnya banyak penelitian tentang pemotongan logam khususnya tentang mekanisme pembentukan *chip*, maka anggapan ini sudah ditinggalkan. Logam yang pada umumnya bersifat ulet (*ductile*), apabila mendapat tekanan akan timbul tegangan di daerah sekitar konsentrasi gaya penekanan dari mata potong pahat. Tegangan pada benda kerja tersebut mempunyai orientasi yang kompleks dan pada salah satu arah akan terjadi tegangan geser (*shearing stress*) yang maksimum. Apabila tegangan geser ini melebihi kekuatan logam yang bersangkutan maka akan terjadi deformasi plastis (perubahan bentuk) yang menggeser dan memutuskan material logam (benda kerja) di ujung pahat pada suatu bidang geser (*shear plane*).

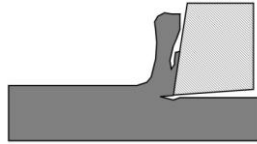


Gambar 2.13 Mekanisme Terbentuknya *Chip* Pada Proses Pembubutan
Sumber : Begeman (1960 ; 351)

2.5.2 Macam-macam Bentuk *Chip*

Chip yang terbentuk pada proses pemotongan logam dapat dikelompokkan menjadi tiga macam, yaitu :

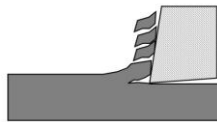
1. *Continuous chip* dengan BUE (*built up edge*), *chip* jenis ini terjadi pada kecepatan pemotongan yang rendah, gesekan antara *chip* dan pahat yang terjadi sangat besar sehingga mengakibatkan *chip* menempel dan “seolah – olah dilas” pada muka pahat.



Gambar 2.14 *Continuous chip with BUE*
Sumber : Kalhori (2001 ; 11)

2. *Discontinuous chip*, tipe dari *chip* ini biasanya dihasilkan dari proses permesinan dengan material getas. *Chip* yang terbentuk secara terbagi-bagi, dalam kondisi ini *chip* yang terbentuk terbagi disebut *chip* terputus-putus. (Boothroyd, 1983:65)

Ketika material getas seperti besi cor dipotong, pembentukan material mudah patah dan *chip* yang dihasilkan adalah terputus-putus. Dalam kasus material yang getas didapatkan hasil kekasaran permukaan yang rendah atau jelek mengurangi umur alat. Kedalaman potong yang tinggi, kecepatan potong rendah dan sudut potong yang kecil banyak dipakai untuk memotong *chip* terputus-putus.



Gambar 2.15 *Discontinuous chip*
Sumber : Kalhori (2001 ; 11)

3. *Continuous chip*, tipe dari dari *chip* ini umumnya dihasilkan dari material yang ulet, seperti besi tempa, baja sedang, tembaga, dan aluminium. Deformasi plastis banyak dihasilkan dan semakin panjang *chip* yang terbentuk jika material tersebut ulet. Tipe *chip* ini sangat diinginkan karena proses pemotongan yang stabil dan umumnya menghasilkan permukaan yang baik. Di sisi lain *chip* ini susah dikendalikan dan dibuang. Gulungan *chip* yang terbentuk melingkar pada benda kerja dan pahat, juga mungkin dapat melukai operator jika *chip* tersebut putus. Selain itu *chip* ini lebih lama bersentuhan dengan permukaan pahat yang mengakibatkan panas merambat pada pahat.



Gambar 2.16 *Continuous chip*
Sumber : Kalhori (2001 ; 11)

2.6 *Cutting Fluid*

2.6.1 Pengertian dan manfaat *Cutting Fluid*

Cutting fluid adalah campuran antara bahan-bahan kimia, pelumas, dan air dengan komposisi tertentu yang diformulasikan untuk memenuhi kebutuhan industri manufaktur.

Manfaat pemakaian *cutting fluid* adalah :

1. Meningkatkan umur pahat

Pemakaian *cutting fluid* akan menurunkan gesekan yang terjadi antara pahat potong dan benda kerja sehingga akan mencegah pahat mengalami keausan dan meningkatkan umur pahat.

2. Mempermudah pemrosesan benda kerja

Pemakaian *cutting fluid* akan mempermudah pemrosesan benda kerja karena suhu benda kerja menjadi lebih rendah ketika dilakukan proses pemesinan.

3. Meningkatkan efisiensi proses pemesinan

Pemakaian *cutting fluid* akan menurunkan konsumsi daya yang dibutuhkan dalam proses pemesinan sehingga efisiensi proses pemesinan meningkat.

4. Meningkatkan kualitas produk

Pemakaian *cutting fluid* akan mengurangi deformasi dan menurunkan gesekan yang terjadi antara pahat potong dan benda kerja sehingga akan menurunkan kekasaran permukaan dan meningkatkan akurasi pemotongan.

2.6.2 Klasifikasi *Cutting Fluid*

Berdasarkan bahan dasar pembuatannya, *cutting fluid* dikategorikan menjadi dua, yaitu *cutting fluid* berbahan dasar minyak dan *cutting fluid* berbahan dasar zat kimia. *Cutting fluid* berbahan dasar minyak (*oil based fluids*) digolongkan menjadi dua yaitu *soluble oil* dan *straight oil*. *Cutting fluid* berbahan dasar zat kimia (*chemical based fluids*) digolongkan menjadi dua, yaitu cairan sintesis (*synthetic fluid*) dan minyak semisintesis (*semi-synthetic fluids*).

1. *Soluble oil*

Soluble oil adalah *cutting fluid* yang terbuat dari hasil pengolahan minyak bumi atau minyak nabati ditambahkan aditif-aditif yang diemulsikan dengan air sehingga partikel minyak tersebar secara merata dan stabil didalam air. *Soluble oil* digunakan secara luas dalam proses permesinan. Keuntungan pemakaian *soluble oil* adalah sifat pendinginan dan pelumasan yang baik, perlindungan karat yang baik.

Sedangkan kekurangannya adalah terjadi penguapan atau pengabutan yang mengotori lingkungan kerja dan menurunkan derajat kesehatan kerja, munculnya bakteri.

Tabel 2.1 Sifat Fisik dari *Soluble Oil*

Sifat (<i>Properties</i>)	Nilai (<i>value</i>)
Kerapatan (<i>Density</i>), kg/m ³	917
Titik nyala (<i>Flash Point</i>), °C	177
Titik tuang (<i>Pour Point</i>), °C	-20
Indeks viskositas (<i>Viscosity index</i>)	162

Sumber : *Conoco product catalog*

2. *Straight oil*

Straight oil adalah cairan pemotongan yang terbuat dari hasil pengolahan minyak bumi atau minyak nabati ditambahkan aditif-aditif tanpa memiliki kandungan air. Keuntungan pemakaian *straight oil* adalah pelumasan sangat baik, perlindungan terhadap korosi, dan mudah dalam pemeliharannya. Sedangkan kekurangannya adalah mudah terbakar, menghasilkan kabut dan asap, terbatasnya pemakaian pada kecepatan potong yang rendah.

3. Minyak sintetis

Minyak pelumas sintetis dibuat dari proses pencampuran minyak pelumas dasar yang berasal dari bahan sintetis (bukan dari minyak bumi) ditambah dengan bahan aditif. Bahan aditif yang ditambahkan berfungsi untuk mengurangi gesekan dan melincinkan, meningkatkan viskositas, menambah indeks viskositas, menghambat korosi dan oksidasi dari reaktan atau kontaminan

4. Minyak semi sintetis

Minyak semi sintesis adalah cairan pemotongan yang terbuat dari bahan-bahan kimia yang terdiri dari bahan kimia pelumas, pencegah korosi, dan aditif lain serta mengandung minyak. Minyak semi sintesis dapat diemulsikan dengan air. Keuntungannya adalah pengendalian terhadap bakteri, tidak mudah terbakar, tidak beracun, perlindungan terhadap korosi, dan menghasilkan kabut dan busa yang lebih sedikit. Kekurangannya adalah membentuk residu, berkabut dan berbusa, infeksi pada kulit.

2.6.3 Pemilihan *Cutting Fluid*

Pemilihan *cutting fluid* harus memperhatikan sifat-sifat yang dimiliki *cutting fluid* tersebut. Sifat-sifat yang harus dimiliki *cutting fluid* adalah :

1. Perlindungan terhadap korosi

Cutting fluid harus memiliki sifat mencegah dan melindungi mesin, benda kerja, dan pahat potong dari terjadinya korosi. *Cutting fluid* juga harus tidak menimbulkan korosi.

2. Transparan

Cutting fluid harus transparan agar memudahkan pengamatan dan pengawasan pada saat dilakukan proses permesinan.

3. Viskositas

Viskositas adalah sifat fluida yang didasari oleh terjadinya tegangan geser dalam fluida tersebut. Viskositas rendah memungkinkan kotoran-kotoran dibersihkan dari fluida sehingga meningkatkan kualitas produk dan memperpanjang masa pakai *cutting fluid*.

4. Tidak mengandung racun

Cutting fluid tidak boleh mengandung racun (*toxic*) karena bisa membahayakan kesehatan pekerja dan mencemarkan lingkungan.

5. Tidak mudah terbakar

Cutting fluid harus memiliki titik ledak (*flash point*) dan titik bakar (*fire point*) yang tinggi agar tidak mudah terbakar.

6. Tidak mudah menguap.

2.6.4 Metode Pemakaian *Cutting fluid*

Metode pemakaian *cutting fluid* pada proses permesinan (Rochim, 1994: 446) :

1. Manual

Pemakaian *cutting fluid* secara manual adalah operator yang melakukan penyiraman *cutting fluid* ke pahat dan benda kerja.

2. Pemanjiran

Pemakaian *cutting fluid* secara pemanjiran adalah dengan memakai suatu saluran untuk menyiramkan cairan pemotongan ke benda kerja dan pahat.

3. *Coolant fed tooling*

Pemakaian *cutting fluid* secara *coolant fed tooling* adalah dengan memakai suatu saluran yang ada didalam pahat potong untuk menyiramkan *cutting fluid* ke benda kerja dan pahat.

4. *Mist application*

Pemakaian *cutting fluid* secara *mist application* adalah dengan cara dikabutkan terlebih dahulu, kemudian disemprotkan ke benda kerja dan pahat.

2.7 *Bio Cutting Fluid*

Bio Cutting Fluid adalah minyak pelumas yang berbahan dasar dari tumbuh-tumbuhan dan hewani. Minyak ini digunakan dalam berbagai aplikasi. Misalnya, penggunaan minyak pendingin berbahan dasar *Bio Cutting Fluid* dalam proses pembuatan roda gigi persneling kendaraan bermotor. Selain itu dapat dijadikan sebagai bahan tambahan untuk bahan bakar mesin diesel atau biasa disebut bio solar.

Bio Cutting Fluid juga mengandung campuran antara lemak triglycerida, lemak-lemak diglycerida, lemak monoglycerida, asam lemak, dan komposisi tertentu. Unsur-unsur lain yang terdapat dalam minyak nabati adalah alkohol, tokol, hidrokarbon, dan vitamin. Minyak nabati yang terdapat di pasaran saat ini adalah minyak kedelai, minyak jarak, minyak kelapa sawit, minyak jagung, dan minyak bunga matahari. Minyak nabati telah digunakan sebagai cairan pendingi pada pembuatan baja lembaran panas. Sedangkan pada industri manufaktur, minyak nabati digunakan sebagai *cutting fluid* pada proses permesinan.

2.7.1 **Keuntungan Pemakaian *Bio Cutting Fluid***

Penggunaan *Bio Cutting Fluid* pada proses permesinan memiliki beberapa keuntungan, diantaranya adalah :

1. Meningkatkan derajat keselamatan dan kesehatan kerja

Pemakaian *Bio Cutting Fluid* dalam proses permesinan akan meningkatkan derajat kesehatan dan keselamatan kerja pada proses permesinan. Hal ini terjadi karena karena penguapan pada minyak akibat dari pemanasan yang terjadi pada proses permesinan tidak sebesar penguapan pada minyak mineral. Selain itu nilai titik ledak dan titik bakar minyak nabati juga lebih tinggi daripada minyak mineral sehingga mengurangi resiko terjadinya kebakaran pada proses permesinan.

2. Bersifat ramah lingkungan

Bio Cutting Fluid lebih bersifat ramah lingkungan dibandingkan dengan *cutting fluid* berbahan dasar minyak mineral.

3. Pelumas yang baik

Bio Cutting Fluid merupakan pelumas yang mudah mengalir dari bagian material dengan suhu rendah ke bagian benda kerja dengan suhu yang lebih tinggi karena kekentalan minyak menurun seiring dengan kenaikan suhu.

4. Tidak menimbulkan korosi

Minyak yang berasal dari tumbuh –tumbuhan tidak menimbulkan korosi pada benda kerja dan pahat potong. *Bio Cutting Fluid* tidak mengandung bahan pengkorosi.

5. Bersifat stabil

Minyak ini mempunyai tingkat kestabilan yang tinggi. Minyak nabati tidak akan berubah sifatnya dalam jangka waktu yang lebih lama dibandingkan dengan minyak mineral.

2.7.2 Sifat-Sifat *Bio Cutting Fluid*

Sifat-sifat pokok *bio cutting fluid* adalah :

1. Viskositas

Viskositas adalah sifat fluida yang didasari oleh terjadinya tegangan geser dalam fluida tersebut.

2. Titik tuang

Titik tuang adalah suatu suhu terendah dimana minyak bumi dan produknya masih dapat dituang atau mengalir apabila didinginkan dalam kondisi tertentu.

3. Titik bakar

Titik bakar (*fire point*) adalah suatu suhu dimana minyak akan mulai terbakar ketika dipanaskan

2.7.3 Minyak Jarak Pagar

Dewasa ini Jarak pagar (*Jatropha curcas L*) mulai banyak dikembangkan sebagai bahan baku energi alternatif. Tanaman ini mulanya berasal dari Amerika tengah, mulai banyak ditanam di Indonesia semenjak tahun 1932. Jarak pagar berupa pohon kecil atau perdu, umurnya dapat mencapai 50 tahun, tinggi tanaman 1,5-5 meter. Minyak jarak juga memiliki titik nyala api yang tinggi sehingga tidak menimbulkan

nyala api pada proses pembubutan bertempratur tinggi. Minyak jarak juga memiliki keunggulan lain seperti berikut :

1. Merupakan salah satu tanaman penghasil energi yang ramah lingkungan, dapat diperbaharui (*renewable*) sehingga terjamin keberlanjutannya (*sustainability*).
2. Tidak termasuk dalam kategori minyak makan (*non edible oil*), sehingga tidak bersaing dengan minyak makan.
3. Relatif tahan kekeringan.

Tabel 2.2 Sifat fisik minyak jarak pagar

Sifat (<i>Properties</i>)	Nilai (<i>value</i>)
Kerapatan (<i>Density</i>), kg/m ³	0,9157
Titik nyala (<i>Flash Point</i>), °C	270
Titik tuang (<i>Pour Point</i>), °C	0
Indeks viskositas (<i>Viscosity index</i>)	217

Sumber : Sudradjat (2010)

2.8 Baja

Baja adalah sebuah paduan besi karbon dan unsur-unsur lain yang kadar karbonnya jarang melebihi 0,2%. Baja dapat dibentuk melalui pengecoran, pencanaian, dan penempaan. Baja merupakan logam yang paling banyak digunakan dalam dunia teknik. Klasifikasinya mengikuti standart SAE (*Society of Automotive Engineer*) dan AISI (*America Iron and Steel Institute*). Kelebihan baja diantaranya : memiliki kekuatan yang tinggi, memiliki titik lebur yang tinggi, mudah membentuk logam dan untuk bahan las yang baik. Sedangkan kekurangan baja dibandingkan dengan logam yang lain yaitu : mudah berkarat, memiliki berat jenis yang tinggi.

2.8.1 Baja ST-45

Baja ST-45 termasuk baja karbon menengah dengan kadar karbon kurang dari 0,2% . Baja karbon menengah mempunyai struktur BCC. Selain itu baja ST-45 mempunyai sifat mekanik khas yaitu :

- Memiliki sifat ulet yang cukup baik
- Memiliki mampu tempa yang baik
- Mampu dikerjakan di semua mesin perkakas

Baja ST-45 dapat dikeraskan tergantung kadar karbon didalamnya dan mempunyai kekerasan serta ketahanan aus permukaan yang cukup tinggi. Sehingga dapat digunakan sebagai rangka kendaraan, mur, baut, pipa, tangki dan lain-lain yang memerlukan kekuatan dan ketangguhan yang cukup tinggi.

Tabel 2.3 Komposisi dan kandungan yang terdapat pada Baja ST-45

Komposisi	Kandungan
C (%)	$\leq 0,21$
Mn (%)	0,3 - 0,6
S	0,015
Si	0,15 - 0,36
P	$\leq 0,050$

Sumber : *Bebon china steel product catalog*

Tabel 2.4 *Mechanical Property of ST-45 Steel*

Tensile Strength (Mpa)	440-570
Yield Strength (Mpa)	≥ 255
BHN (Brinell Hardness Number)	155

Sumber : *Bebon china steel product catalog*

2.9 Pahat Karbida

Jenis karbida yang disemen (*cemented carbide*) ditemukan pada tahun 1923 (KRUPP WIDIA). Ini merupakan bahan pahat yang dibuat dengan cara *sintering* serbuk karbida (nitrida, oksigen) dengan bahan pengikat *cobalt* (Co) dan dengan cara *carburizing* masing-masing bahan dasar *Tungsten* (Wolfram, W) Tintinium (Ti), Tantanium (Ta) kemudian digiling (*ball mill*) dan disaring. Salah satu campuran serbuk karbida tersebut kemudian dicampur dengan bahan pengikat (Co) dan dicetak tekan dengan memakai bahan pelumas (lilin). Setelah itu dilakukan proses *presintering* (1000°C pemanasan mula untuk menguap bahan pelumas) dan kemudian *sintering*

(1600°C) sehingga bentuk keping (sisipan) sebagai hasil proses cetak tekan akan menyusut menjadi sekitar 80% dari volume semula.

Hot hardness karbida yang disemen hanya akan menurun bila terjadi pelunakan elemen pengikat. Semakin besar prosentase pengikat CO, maka kekerasannya menurun dan sebaliknya keuletannya membaik. Modulus elastisitasnya sangat tinggi demikian pula berat jenisnya. Koefisien muainya setengah kali koefisien muai baja dan konduktifitas panasnya sekitar 2 atau 3 kali konduktifitas panas HSS. Adapun 3 jenis utama pahat karbida, yaitu (Taufiq Rochim, 1993 : 147)

1. Karbida *tungsten* (WC +Co), yang merupakan jenis pahat karbida untuk memotong besi tuang (*cast iron cutting grade*)
2. Karbida *Tungsten* paduan (WC – TiC +Co ; WC – TaC – TiC + Co ; WC-TaC + Co ; WC – TiC + TiN +Co ; TiC +Ni + Mo)
3. Karbida lapis (*coated cemented carbides*), merupakan jenis karbida *tungsten* yang dilapis (satu atau beberapa lapisan karbida, nitrida, atau oksida lain yang lebih rapuh tetapi *hot hardnessnya* tinggi)

2.10 Hipotesis

1. Proses pembubutan yang baik harus memerlukan adanya *cutting fluid* sebagai media pendingin. Pemilihan minyak jarak sebagai *bio cutting fluid* didasarkan dari salah satu sifat fisik minyak jarak yang memiliki titik nyala lebih tinggi dan memiliki mampu pelumasan yang baik dibandingkan dengan *soluble oil* yang selama ini banyak digunakan dalam proses pembubutan pada umumnya. Dapat diduga bahwa penggunaan *Bio cutting fluid* minyak jarak ditambah dengan pemilihan parameter pemotongan yang tepat, mampu menurunkan kekasaran permukaan benda kerja pada proses pembubutan.
2. Formasi chip yang biasa dihasilkan pada proses pembubutan adalah *discontinuous chip*. Pada kondisi pemotongan menggunakan minyak jarak dan pemilihan parameter pemotongan yang tepat akan menghasilkan formasi *chip* yang terputus-putus.