

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Sebelumnya

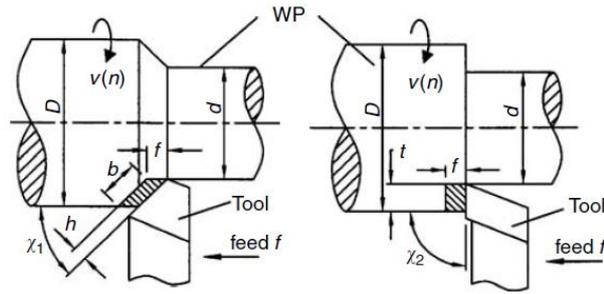
Setiawan (2007) melakukan penelitian tentang penggunaan minyak nabati sebagai *cutting fluid*. Minyak nabati yang digunakan adalah minyak jagung. Dengan variasi kecepatan potong, kecepatan pemakanan, dan kedalaman pemotongan, proses pemotongan logam menggunakan *cutting fluid* minyak jagung menghasilkan kekasaran permukaan yang lebih rendah dibandingkan proses pemotongan logam menggunakan *cutting fluid* minyak mineral. Misalnya pada kecepatan pemotongan 150 m/min, pemakanan 0,05 mm/put, dan kedalaman pemotongan 0,5 mm, pada minyak mineral yaitu 1,11 μ m, sedangkan untuk minyak kutwell nilai kekasaran permukaan rata-rata 1,37 μ m.

Ainuri et.al (2008) melakukan penelitian tentang pemanfaatan minyak kelapa sawit (CPO) merupakan komoditas potensial tapi pemanfaatannya masih terbatas untuk menggantikan *Rolling oil* (RO) yang memiliki permasalahan baik dalam kinerja proses maupun lingkungan. Oleh karena itu CPO berpeluang menggantikan minyak mineral sebagai pelumas dasar RO. Pemilihan pelumas dasar dan aditif pada produksi RO didasarkan atas analisis karakteristik dan kinerja yang menggunakan dua pendekatan; statistik untuk mengetahui efektifitas perlakuan dan metode *zero one* untuk menentukan pilihan terbaik dari banyak alternatif dan kriteria. Secara umum karakteristik CPO tidak jauh berbeda dengan RO komersial. Fenomena interaksi CPO dengan aditif menunjukkan semakin murni CPO semakin kuat dan interaksi antara aditif dengan aditif menunjukkan bahwa aditif berpengaruh positif terhadap kinerja emulsi dan aditif EP negatif terhadap kinerja emulsi dan viskositas.

2.2 Klasifikasi proses pemesinan

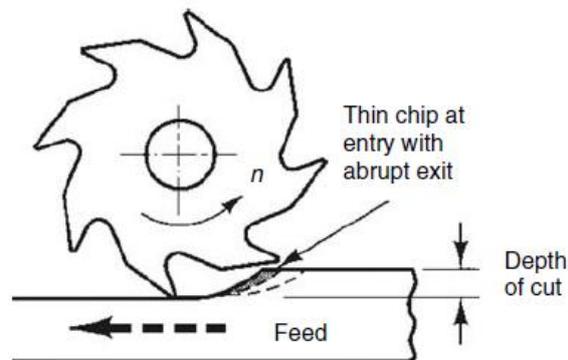
Proses pemesinan (*machining process*) adalah proses pembentukan benda kerja dari material dasar dengan menggunakan proses pemotongan. Proses pemesinan menghilangkan sebagian material yang tidak diinginkan dari benda kerja dalam bentuk geram (Degarmo, 2003 :480).

1. Proses bubut (*turning*), benda kerja dipegang oleh pencekam yang dipasang di ujung poros utama (*spindle*). Dengan mengatur lengan pengatur, yang terdapat pada kepala diam (*head stock*), putaran poros utama (n) dapat dipilih.



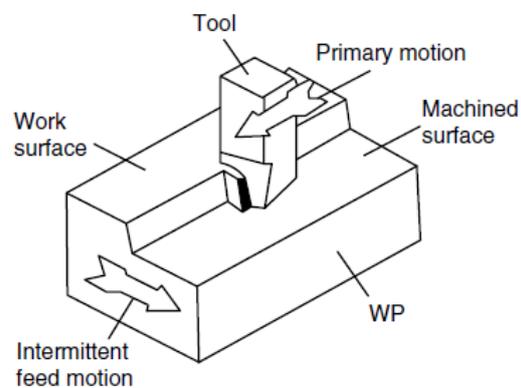
Gambar 2.1 Proses Pembubutan
Sumber : Helmi (2008 : 60)

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



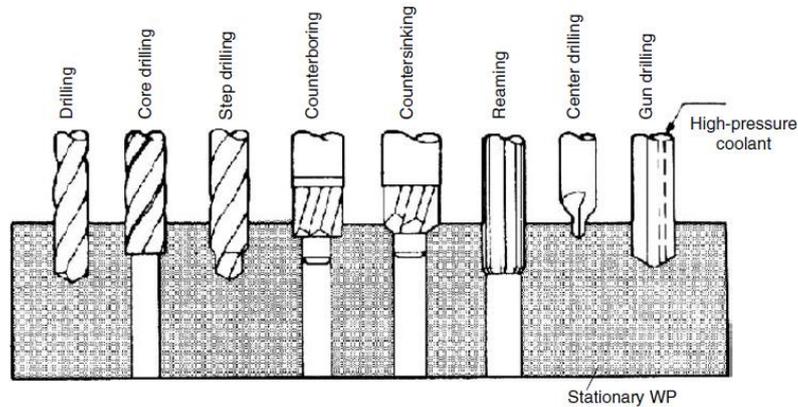
Gambar 2.2 Proses Freis
Sumber : Helmi (2008 : 83)

3. Proses sekrap (*shaping/planning*), proses yang hampir sama dengan proses bubut, dalam hal ini gerak potongnya tidak merupakan gerak rotasi melainkan gerak translasi yang dilakukan oleh pahat.



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

4. Proses gurdi (*drilling*), biasanya digunakan untuk membuat lubang, reaming, dan counterboring pada benda kerja ferrous maupun *non ferrous*. Pahat Gurdi mempunyai dua mata potong dan melakukan gerak potong karena diputar poros utama mesin Gurdi.

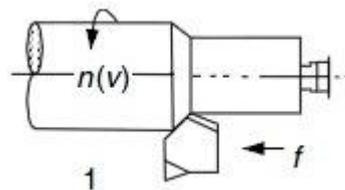


Gambar 2.4 Proses Gurdi
Sumber : Helmi (2008 : 70)

2.3. Pembubutan

2.3.1. Pengertian dan Proses Pembubutan

Proses pembubutan (*turning*) adalah metode untuk membentuk benda kerja dengan cara menghilangkan bagian yang tidak diperlukan dari material benda kerja. Pada proses pembubutan, material benda kerja dipasang pada sebuah alat pemegang dan kemudian diputar dan dipotong dengan pahat pemotong tunggal (*single point cutting tool*). Pada benda kerja dilakukan gerak pemakanan secara radial atau longitudinal terhadap sumbu benda kerja (Murray, 1950: 28).



Gambar 2.5 Skema proses pembubutan
Sumber : Helmi (2008 : 61)

2.3.2. Elemen Dasar Proses Pembubutan

Elemen dasar proses pembubutan dapat dihitung dengan menggunakan rumus-rumus empiris berikut :

1. Kecepatan pemotongan

Kecepatan pemotongan adalah kecepatan keliling benda kerja pada sisi potong. Kecepatan pemotongan dirumuskan dengan persamaan 2-1 (Schonmetz, et al., 1990: 23).

$$V = \frac{\pi \times D_1 \times n}{1000} \quad (2-1)$$

dimana:

V = kecepatan pemotongan (m/min)

π = 3,14

n = putaran benda kerja (rpm)

D_1 = Diameter awal benda kerja (mm)

2. Pemakanan dan kecepatan pemakanan

Pemakanan (*feed*) adalah gerak linear pahat potong paralel terhadap sumbu putar benda kerja untuk tiap putaran benda kerja. Kecepatan pemakanan (*feedrate*) adalah laju pemakanan benda kerja oleh pahat tiap satuan waktu. Kecepatan pemakanan dirumuskan dalam persamaan 2-2 (Degarmo, et al., 2003: 488)

$$f_m = f_r \times n \quad (2-2)$$

dengan :

f_m = kecepatan pemakanan (mm/min)

f_r = pemakanan (mm/r)

n = Putaran benda kerja (rpm)

3. Kedalaman pemakanan

Kedalaman pemakanan (depth of cut) dirumuskan dalam persamaan 2-3 (Schonmetz, et al., 1990: 23)

$$a = \left(\frac{D_1 - D_2}{2} \right) \quad (2-3)$$

dengan :

a = kedalaman pemotongan (mm)

D_1 = Diameter awal benda kerja (mm)

D_2 = Diameter akhir benda kerja (mm)

4. Waktu pemotongan

Waktu pemotongan dirumuskan dalam persamaan 2-4 (Degarmo, et al., 2003: 488)

$$T_m = \frac{L}{f_m} \quad (2-4)$$

dimana :

T_m = Waktu pemotongan (menit)

L = Panjang pemotongan total (mm)

f_m = Kecepatan pemakanan (mm/menit)

5. Kecepatan menghasilkan geram

Kecepatan menghasilkan geram (*metal removal rate*) dirumuskan dalam persamaan 2-5 (Rochim, 1994: 15)

$$Z = A \times V \quad (2-5)$$

dengan :

$$A = b \times h \quad (2-6)$$

dimana :

Z = kecepatan menghasilkan geram (cm³/menit)

A = penampang geram sebelum terpotong (mm²)

V = kecepatan pemotongan (m/menit)

b = lebar pemotongan (mm)

h = tebal geram (mm)

6. Gaya pemotongan

Gaya pemotongan dirumuskan dalam persamaan 2-7 (Rochim, 1994:180)

$$F_v = k_s \times A$$

dimana :

F_v = Gaya pemotongan (Newton)

k_s = gaya spesifik (Newton/mm²)

$A=b \times h$ = penampang geram sebelum terpotong (mm²)

7. Daya pemotongan

Daya pemotongan dirumuskan dalam persamaan (Schonmetz, et al., 1990:26)

$$P = F_v \times V$$

dimana :

P = daya pemotongan (Watt)

V = kecepatan pemotongan (m/min)

F_v = Gaya pemotongan (Newton)

2.3.3. Gaya Pemotongan

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 2.6 Gaya Pada Proses Pembubutan
Sumber : Rochim (2007 : 23)

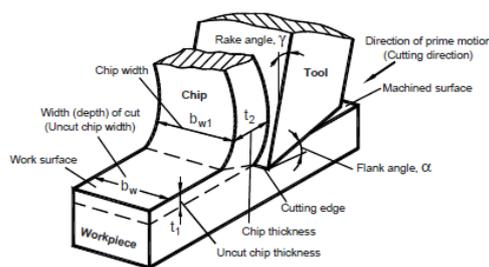
1. Gaya yang ditinjau dari proses deformasi material
 - F_s : gaya geser yang mendeformasikan material pada bidang geser
 - F_{sn} : gaya normal pada bidang geser
2. Gaya yang dapat diketahui arah dan besarnya
 - F_v : gaya potong, searah dengan kecepatan potong
 - F_f : gaya makan, searah dengan kecepatan makan
3. Gaya yang bereaksi pada bidang geram
 - F_γ : gaya gesek pada bidang geram
 - $F_{\gamma n}$: gaya normal pada bidang geram

2.3.4 Sistem Pemotongan Pada proses Pembubutan

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

1. Sistem Pemotongan tegak (*orthogonal cutting system*)

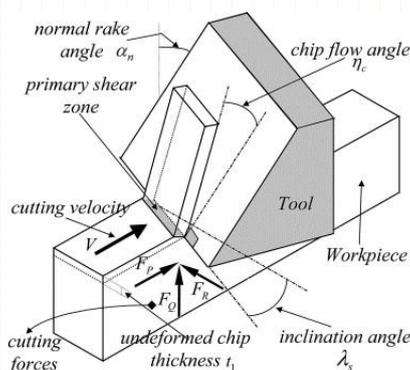
Sistem pemotongan orthogonal terjadi bila sudut potong utama (*principal cutting edge*) $k_r = 90^\circ$ dan sudut inklinasi $\lambda = 0^\circ$. Dimana mata potongnya tegak lurus dengan arah pemakanan, tidak ada kelengkungan dari geram dan seluruh bagian geram memiliki kecepatan aliran yang sama.



Gambar 2.7 Pembubutan Orthogonal
Sumber : Davim (2007 : 31)

2. Sistem Pemotongan Miring (*Oblique Cutting System*)

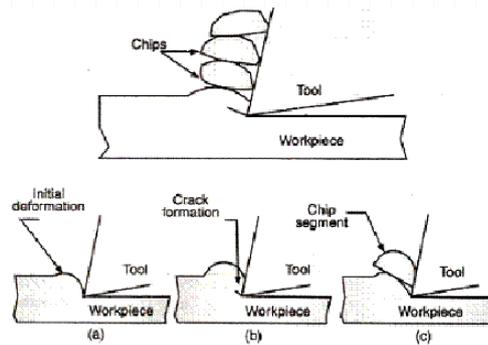
Sistem pemotongan miring terjadi bila sudut potong utama $k_r = <90^\circ$ dan sudut inklinasi $\lambda \neq 0^\circ$. Sehingga karena adanya inklinasi, geram-geram yang dihasilkan membuat sudut-sudut tertentu terhadap sumbu kerja, geram-geram tidak mengalir disepanjang permukaan tegak lurus sisi pemotongan,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



Gambar 2.8 sistem pembubutan miring
Sumber : Anonymous 1. 2013

2.3.5. Fenomena Pembentukan Geram

Geram terbentuk karena material benda kerja yang berada didepan ujung pahat mendapat tekanan pahat potong. Jika tekanan yang diberikan pahat meningkat dan melewati ketahanan geser material benda kerja maka akan terjadi deformasi plastis. Deformasi plastis akan mengakibatkan material benda kerja berubah bentuk sehingga akhirnya retak dan putus (Avrutin,-:89).



Gambar 2.9 Mekanisme terbentuknya geram dalam proses pembubutan
Sumber : Anonymous 2. 2013

2.3.6. Macam-macam Bentuk Geram

Ada beberapa jenis bentuk geram yang dihasilkan pada proses pemesinan, yaitu:

1. Geram Langsung

Tipe dari geram ini pada umumnya dihasilkan dari material ulet, seperti besi tempa, baja sedang, tembaga, dan aluminium. Deformasi plastis banyak dihasilkan dan semakin panjang geram yang terbentuk jika material tersebut ulet. Tipe geram ini sangat diinginkan karena proses pemotongan yang stabil dan umumnya menghasilkan permukaan yang baik. Di sisi lain geram ini susah dikendalikan dan dibuang. Gulungan geram yang terbentuk melingkar pada benda kerja dan pahat, juga mungkin dapat melukai operator jika geram tersebut putus. Selain itu geram ini lebih lama bersentuhan dengan permukaan pahat yang mengakibatkan panas merambat pada pahat (Sharma, 2001:494).

2. Geram terputus-putus

Tipe dari geram ini biasanya dihasilkan dari proses pemesinan dengan material getas. Geram yang terbentuk secara terbagi-bagi, dalam kondisi ini geram yang terbentuk terbagi disebut geram terputus-putus (Boothroyd, 1983:65).

Ketika material getas seperti besi cor dipotong, pembentukan material mudah patah dan geram yang dihasilkan adalah terputus-putus. Dalam kasus material yang getas didapatkan hasil kekasaran permukaan yang rendah atau jelek dan mengurangi umur alat. Kedalaman potong yang tinggi, kecepatan potong rendah dan sudut potong yang kecil banyak dipakai untuk memotong geram yang terputus-putus (Rao, 1985:8).

3. Geram langsung dengan *built up edge*

Di beberapa kondisi gesekan antara geram dan pahat sangat besar sehingga geram dari material melekat dengan sendirinya pada permukaan pahat. Dengan

adanya geram dari material yang melekat pada pahat akan meningkatkan gesekan, dan gesekan ini menyebabkan pembentukan lapisan-lapisan dari geram. Hasil dari penumpukan dari material ini disebut *built up edge* (Boothroyd, 1983:65)

2.4. *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.

2.4.1. Fungsi *Cutting Fluid*

Cutting fluid mempunyai fungsi utama dan fungsi tambahan (anonim, 2003: 7). Fungsi utamanya adalah sebagai pendingin dan pelumas. Sedangkan fungsi tambahannya adalah untuk memisahkan geram dan partikel-partikel geram dari benda kerja dan mengurangi terbentuknya *built up edge*.

1. Pendingin

Pemakaian *cutting fluid* sebagai pendingin(*coolant*) pada proses pemesinan akan membuang panas yang dihasilkan oleh gesekan antara pahat dan benda kerja.

2. Pelumas

Pemakaian *cutting fluid* sebagai pelumas (*lubricant*) pada proses pemesinan akan menurunkan gesekan antara pahat dan benda kerja pada proses pemotongan benda kerja.

3. Pembuangan geram dan partikel-partikel geram dari benda kerja

Cutting fluid yang digunakan pada proses pemesinan akan dialirkan kearah benda kerja dan pahat. Aliran cairan pemotongan akan membawa serta geram dan partikel-partikel geram dari benda kerja sehingga mencegah rusaknya permukaan benda kerja, memperlancar proses pemesinan, dan meningkatkan keselamatan kerja.

4. Mengurangi terbentuknya *built up egde*

Pemakaian *Cutting fluid* pada proses pemesinan akan mengurangi terbentuknya *built up egde*.

2.4.2. Pelumasan Pada Proses Pemesinan

Mekanisme pelumasan pada proses pemesinan dimulai saat *cutting fluid* dialirkan ke daerah interaksi pahat dengan geram. *Cutting fluid* kemudian menyisip melalui sisi-sisi geram agar memiliki akses menuju daerah interaksi pahat dengan geram (Kalpakjian, 1990: 637). Aksi penyisipan *cutting fluid* akan melumasi daerah interaksi pahat dengan geram. Proses pelumasan serta suhu dan tekanan tinggi yang terjadi pada proses pemesinan menyebabkan terbentuknya suatu lapisan pelumas yang memisahkan antara pahat dengan benda kerja. Lapisan pelumas tersusun atas molekul-molekul pelumas yang terbentuk akibat reaksi kimia antara *cutting fluid* dengan benda kerja. Mekanisme pelumasan ini disebut pelumasan batas (*Boundary lubrication*).

Lapisan pelumas memungkinkan permukaan yang bergesekan untuk meluncur di atas permukaan satu dengan lainnya. Aksi pelumasan pada daerah interaksi pahat dengan geram akan mencegah kontak langsung antara dua logam yang bergesekan sehingga mengurangi gesekan (Boothroydt, 1983: 129). Pengurangan gesekan pada permukaan pahat akan meningkatkan umur pahat, menurunkan konsumsi daya, dan menurunkan kekasaran permukaan.

2.4.3. Metode Pemakaian *Cutting fluid*

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

1. Manual

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

2. *Flooding*

Pemakaian *cutting fluid* secara *flooding* 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 *cutting fluid* dikabutkan terlebih dahulu, kemudian disemprotkan ke benda kerja dan pahat.

2.4.4. Macam-macam *Cutting Fluid*

Berdasarkan bahan dasar pembuatannya, *cutting fluid* dikategorikan menjadi dua, yaitu *cutting fluid* berbahan dasar minyak dan *cutting fluid* berbahan dasar zat kimia (anonim, 2003:10) *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.

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 sintesis

Minyak sintesis adalah minyak *cutting fluid* yang tidak mengandung minyak. Minyak sintesis terbuat dari bahan-bahan kimia yang terdiri dari bahan kimia pelumas, pencegah korosi, dan aditif lain. Minyak sintesis dapat diemulsikan dengan air. Keuntungannya adalah pengendalian terhadap timbulnya mikroba, secara relatif tidak beracun, tidak mudah terbakar atau berasap, mencegah korosi, mempunyai kualitas pendinginan yang baik, mudah dalam pemakaian, pembersihan dan pemeliharaan. Sedangkan kekurangannya adalah mengurangi sifat pelumasan, menghasilkan kabut dan busa, infeksi pada kulit, menghasilkan residu, mencemari lingkungan.

4. Minyak semi sintesis

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 berbasa, infeksi pada kulit.

2.4.5. 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 nyala (*flash point*) dan titik bakar (*fire point*) yang tinggi agar tidak mudah terbakar.

6. Tidak mudah menguap

Cutting fluid tidak boleh mudah menguap. *Cutting fluid* yang mudah menguap akan menyebabkan lingkungan kerja menjadi kotor, licin, dan terhirup oleh pekerja.

2.4.6. *Cutting fluid* yang digunakan

soluble oil coolant (Rockhill)



Gambar 2.10 soluble oil
Sumber : Hakim (2008)

Cutting fluid ini dikembangkan untuk menghasilkan tetesan minyak berukuran mikro. Ketika dicampur dengan air mereka menjadi emulsi yang

membawa berbagai macam pelumas dan tekanan ekstrim aditif pada zona pemotongan. Emulsi pemotongan ini yang biasa digunakan dalam aplikasi turning, drilling, milling, grinding, tapping, boring, sawing, slotting dan broaching. *Cutting fluid* ini harus dicampurkan dengan konsentrasi antara 5-12% tergantung pada keparahan aplikasi. *Cutting fluid* ini dikembangkan untuk mesin dari baja, baja stainless, besi cor dan otomotif aluminium. Permintaan pasar untuk peningkatn teknologi telah menyebabkan penciptaan *cutting fluid* yang memberikan peningkatan permukaan pada konsentrasi minyak yang lebih rendah dalam produksi lubang ketika menggunakan *drills reamers* dan *mapal reamers*.

a) Kemampuan karakteristik *soluble oil*

- i. Mudah menggabungkan bahkan dengan air keras sekalipun untuk membentuk sebuah emulsi yang sangat stabil yang menyediakan pendinginan yang sangat baik dari pemesinan dan operasi *grinding*.
- ii. Melindungi bagian bekerja dan mesin dari karatan dan korosi.
- iii. Menggunakan produk ini menghindari terjadinya pembakaran dan pengasapan yang sering terjadi oleh minyak jenis pemotong minyak.
- iv. Tidak menyebabkan masalah dermatologi oleh operator mesin.
- v. Ini tidak melunakkan ataupun mengangkat melukis di atas mesin perkakas.
- vi. Menghasilkan permukaan yang lebih baik pada kecepatan pemotongan yang lebih tinggi dan dengan kurang alat yang digunakan dan roda *loading*.

b) Aplikasi *soluble oil*

- i. *Milling*
- ii. *Turning*
- iii. *Drilling*
- iv. *Boring*
- v. *Reaming*
- vi. *Sawing*
- vii. *Grinding*
- viii. *Threading*

Spesifikasi yang di rekomendasikan untuk rasio tidak layak karena berbagai variasi luas dalam material, alat dan operasi mesin. Namun beberapa pedoman umum adalah sebagai berikut :

- a. Material pemesinan perbandingan minyak dan airnya 1:20 sampai 1:25.
- b. Material tangguh dan merepotkan perbandingan minyak dan airnya 1:10 sampai 1:30.
- c. Mesin penggiling perbandingan minyak dan airnya 1:40 sampai 1:100.

2.5. *Bio Cutting Fluid*

2.5.1. Minyak Nabati

Minyak nabati (*vegetable oil*) berbahan dasar dari tumbuh-tumbuhan. Minyak nabati digunakan dalam berbagai aplikasi. Misalnya, penggunaan minyak pendingin berbahan dasar minyak nabati dalam proses pengeboran gigi perseneling kendaraan bermotor. Selain itu dapat dijadikan sebagai bahan tambahan untuk bahan bakar mesin diesel atau biasa disebut *bio solar*.

Pada minyak nabati 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 pendingin pada pembuatan baja lembaran panas. Sedangkan pada industri manufaktur, minyak nabati digunakan sebagai *cutting fluid* pada proses permesinan.

2.5.2. Sifat-Sifat Minyak Nabati

Sifat-sifat pokok minyak nabati adalah

1. Viskositas

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

2. Titik asap

Titik asap (*smoke point*) adalah suatu suhu dimana minyak nabati akan mulai menguap ketika dipanaskan.

3. Titik nyala

Titik nyala (*flash point*) adalah suatu suhu dimana lidah-lidah api mulai bermunculan pada permukaan minyak ketika dipanaskan.

4. Titik bakar

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

2.5.3. Keuntungan Pemakaian Minyak Nabati

Penggunaan minyak nabati pada proses permesinan memiliki beberapa keuntungan, diantaranya adalah :

1. Meningkatkan derajat keselamatan dan kesehatan kerja

Pemakaian minyak nabati dalam proses permesinan akan meningkatkan derajat kesehatan dan keselamatan kerja pada proses permesinan. Hal ini terjadi karena karena penguapan terhadap minyak nabati 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

Minyak nabati lebih bersifat ramah lingkungan dibandingkan dengan *cutting fluid* berbahan dasar minyak mineral.

3. Pelumas yang baik

Minyak nabati merupakan pelumas yang baik karena minyak nabati akan mengurangi gesekan yang terjadi antara benda kerja dengan pahat. Minyak nabati akan mengurangi panas yang terjadi pada proses permesinan, mengurangi keausan pahat potong dan menurunkan kekasaran permukaan.

4. Tidak menimbulkan korosi

Minyak nabati tidak menimbulkan korosi pada benda kerja dan pahat potong. Minyak nabati tidak mengandung bahan pengkorosi.

5. Bersifat stabil

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

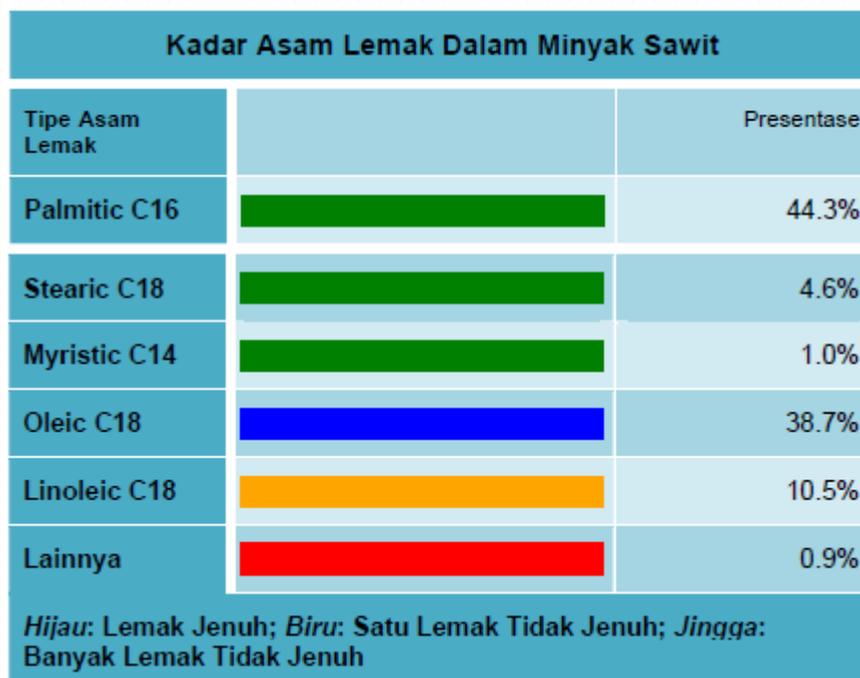
2.5.4. Minyak kelapa sawit CPO (Crude Palm Oil)

Pohon kelapa sawit terdiri dari dua spesies *Areceae* atau famili palma yang digunakan untuk pertanian komersil dalam pengeluaran minyak kelapa sawit.

Syarat mutu inti kelapa sawit adalah sebagai berikut :

- Kadar minyak minimum (%):48; cara pengujian SP-SMP-7-1975
- Kadar air maksimum (%):8,5; cara pengujian SP-SMP-7-1975
- Kontaminasi maksimum (%):4,0; cara pengujian SP-SMP-7-1975
- Kadar inti pecah maksimum (%):15; cara pengujian SP-SMP-7-1975

Minyak kelapa sawit dan inti minyak kelapa sawit merupakan susunan dari *Fatty acids, esterified*, serta *glycerl* yang masih banyak lemaknya. Di dalam keduanya tinggi serta penuh akan *fatty acids*, antara 50% dan 80% dari masing-masingnya. Minyak kelapa sawit di dalamnya banyak mengandung vitamin K dan magnesium.



Gambar 2.11 Ukuran dari fase asam lemak pada minyak kelapa sawit

Sumber : Anonymous 4, 2013

Palmitic acid	
	
Nama Kimia	Hexadecanoic acid
Nama Lain	Palmitic acid hexadecylic acid cetylic acid
Rumus Kimia	C ₁₆ H ₃₂ O ₂
Massa Melekul	256.42 g/mol
Nomor CAS	[57-10-3]
Berat Jenis	0.853 g/cm ³ at 62 °C
Titik Lebur	63-64 °C
Titik Didih	215 °C at 15 mmHg
Smiles	CCCCCCCCCCCCCCCC(=O)OH

Gambar 2.12 Reaksi kimia yang ada pada minyak kelapa sawit
Sumber : Anonymous 4, 2013

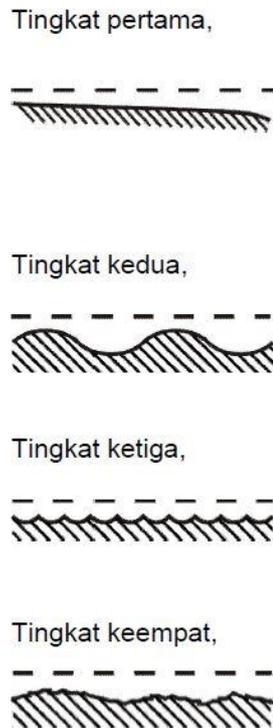
2.6 Kekasaran Permukaan

2.6.1. 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 (Rochim, 2001:55).

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 pengecaman/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 meyerupai gelombang (*waveness*), disebabkan oleh terjadinya getaran sewaktu proses pemotongan berlangsung.

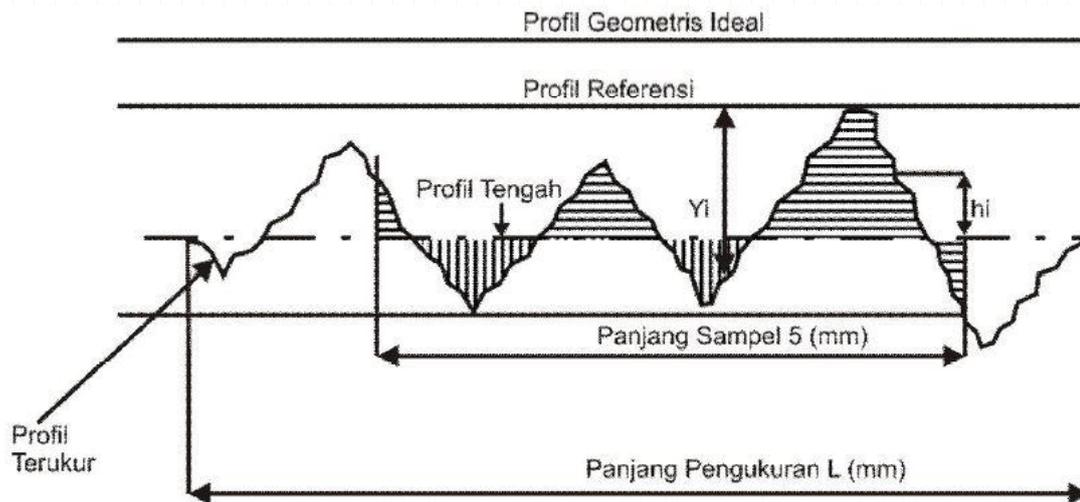
4. Ketidakteraturan berupa serpihan (*falkes*), disebabkan oleh proses pembentukan geram yang sedang berlangsung.



Gambar 2.13 Macam-macam bentuk kekasaran permukaan
Sumber : Sudji (2009 : 225)

2.6.2. 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 2.14 Profil kekasaran pada permukaan
Sumber : Sudji (2009 : 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 ketidakrataan 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.

Berdasarkan 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 rata-rata kuadratik
kekasaran rata-rata kuadratik (root mean square) dinyatakan dalam persamaan (Sharma, 2001:376).

$$Rq = \sqrt{\frac{y_1^2 + y_2^2 + y_3^2 + \dots + y_n^2}{2}}$$

dimana :

- Rq = kekasaran rata – rata kuadratik (μm)
 y = jarak profil terukur dengan profil tengah (μm)
 n = jumlah data

2. Kekasaran rata-rata aritmatik

Kekasaran rata-rata aritmatik (*center line average*) adalah metode pengukuran kekasaran yang umum dipakai. Kekasaran rata-rata aritmatik dinyatakan dalam persamaan (Sharma, 2001:376).

$$Ra = \frac{\text{luas daerah P} + \text{luas daerah Q}}{L} \times \frac{1000}{V_v}$$

dimana :

- V_v = pebesaran vertikal. Luas P dan Q milimeter
 L = panjang sampel pengukuran dalam milimeter

2.6.3 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 geram dan di permukaan benda kerja yang baru. Dengan begitu geram yang terbentuk akan lebih besar, maka permukaan yang lebih kasar akan dihasilkan. Dengan mengurangi gesekan antara geram 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 geram.
4. Cacat struktur pada material yang dipakai.

2.7. Baja

Baja adalah sebuah paduan besi karbon dan unsur-unsur lain yang kadar karbonnya jarang melebihi 0,2%. Baja dapat dibentuk melalui pengecoran, peencanaan, 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.

2.7.1. Baja St-45

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

1. Memiliki sifat ulet yang cukup baik.
2. Memiliki mampu tempa yang baik.
3. 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.

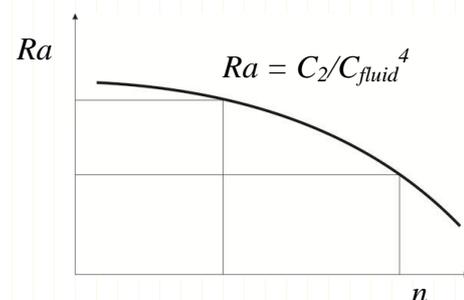
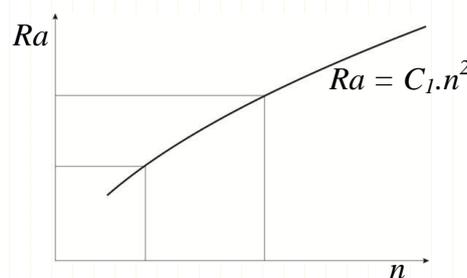
2.8. Pahat Karbida

Jenis karbida yang “disemen” (*cemented carbides*) ditemukan pada tahun 1923 (KRUPP WIDIA). Ini merupakan bahan pahat yang dibuat dengan cara menyinter (*sintering*) serbuk karbida (nitrida, oksida) dengan bahan pengikat yang umumnya dari *cobalt* (Co). Dengan cara *carburizing* masing-masing bahan dasar (serbuk) *Tungsten* (Wolfram,W) Tintanium (Ti), Tantalum (Ta) dibuat menjadi Karbida yang kemudian digiling (*ball mill*) dan disaring menurut besar butir sesuai dengan angka saringan (*mesh-number*). Salah satu atau 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 (Cold, atau HIP) 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 (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 hardness*nya tinggi).



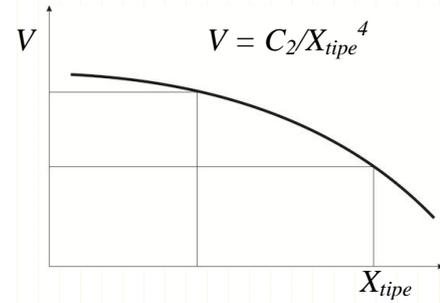
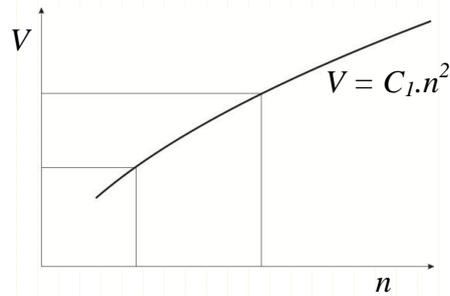
Pada grafik diatas ditemukan bahwa :

$$Ra = C_1.n^2 ; Ra = C_2/C_{fluid}^4$$

Maka

$$2Ra = C_1.n^2 + C_2/C_{fluid}^4$$

$$Ra = \frac{1}{2} [C_1.n^2 + C_2/C_{fluid}^4]$$



Pada grafik diatas ditemukan bahwa :

$$V_1 = C_1.n^2 ; V_2 = C_2/X_{tipe}^4$$

Maka

$$2V = C_1.n^2 + C_2/X_{tipe}^4$$

$$V = \frac{1}{2} [C_1.n^2 + C_2/X_{tipe}^4]$$

2.9. Hipotesa

Semakin cepat putaran spindel atau kecepatan pemotongan yang di berikan pada proses pemesinan maka kekasaran permukaan yang di dapatkan semakin halus, begitu pula sebaliknya jika kecepatan pemotongan semakin rendah maka kekasaran permukaan yang di dapatkan akan semakin kasar atau tinggi.