

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

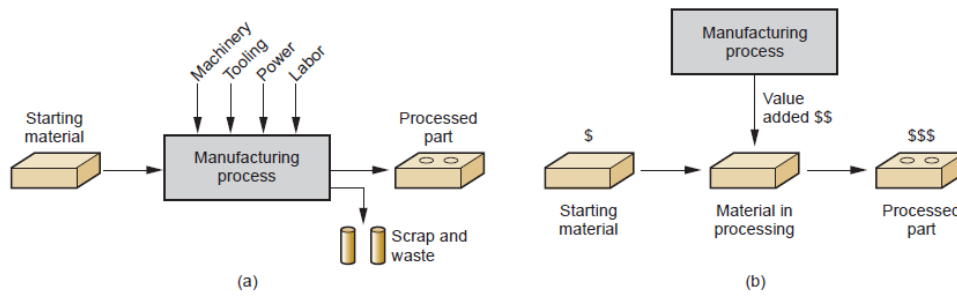
Kyratsis (2015) melakukan penelitian tentang pengaruh parameter permesinan terhadap kekasaran permukaan AL7075 dengan menggunakan pahat *endmill* 8mm pada proses *slot mill*. Penelitian tersebut berhasil menunjukkan semakin besarnya nilai *cutting speed* maka kekasaran permukaan akan semakin kecil, namun sebaliknya pada parameter permesinan *feed rate*, dimana semakin besarnya nilai *feed rate* maka semakin besar pula nilai kekasaran permukaan material tersebut.

Asfana (2012) melakukan penelitian tentang *chatter* dan kekasaran permukaan pada mesin *micro milling* pada benda kerja PMMA. Penelitian tersebut berhasil menunjukkan bagaimana pengaruh parameter permesinan terhadap nilai *chatter* yang terjadi pada mesin *mico milling* dengan parameter yang digunakan *spindle speed*, *feed rate* dan *depth of cut*. Dan menunjukkan bahwa hal yang paling mempengaruhi besarnya nilai *chatter* adalah *feed rate* dan *depth of cut*. Sedangkan untuk nilai kekasaran hal yang paling mempengaruhi adalah nilai *spindle speed*.

Alfatih (2010) melakukan penelitian tentang pengaruh parameter pemotongan terhadap kekasaran permukaan pada proses *up milling* dan *down milling* dengan pendekatan vertikal milling. Menggunakan pahat *end mill* HSS dengan material benda kerja SS42 dengan kekerasan 80 HB. Dalam penelitian ini menghasilkan bahwa kedalaman pemotongan dan kecepatan pemakanan mempunyai pengaruh yang positif terhadap nilai kekasaran permukaan, sedangkan kecepatan pemotongan berpengaruh negatif terhadap kekasaran permukaan. Didapatkan kekasaran permukaan yang lebih halus pada proses *down milling* dari pada *up milling*

Suksawat (2011) melakukan penelitian tentang pengaruh parameter permesinan terhadap kekasaran permukaan *nylon 6* pada proses *turning* dengan metode *fuzzy logic system*. Dalam penelitian ini membuktikan bahwa parameter permesinan *feed rate* dan *depth of cut* yang semakin meningkat, maka semakin meningkat pula kekasaran permukaan material tersebut. Dan metode *fuzzy logic system* menunjukkan ketepatan 87% dibandingkan pengukuran kekasaran secara konvensional.

2.2 Proses Manufaktur



Gambar 2.1 Dua Cara Mendefinisikan Proses Manufaktur a) *Technical Process* dan b) *Economic Process*

Sumber : Groover (2013:4)

Proses manufaktur dapat didefinisikan menjadi dua cara, yaitu secara teknologi dan ekonomi. Manufaktur secara teknologi adalah aplikasi dari *physical* dan *chemical processes* untuk mengubah geometri, *properties* dan penampilan dari material awal menjadi *parts* ataupun produk, proses manufaktur juga termasuk proses *assembly* dari banyak *parts* untuk membuat produk. Proses manufaktur secara ekonomi adalah perubahan material menjadi produk yang memiliki nilai jual lebih tinggi karena telah melalui proses pembentukan ataupun *assembly*. Jadi inti dari proses manufaktur adalah menambahkan nilai guna ataupun nilai jual pada material dengan cara melakukan perubahan ukuran, *properties* ataupun menggabungkannya dengan material lain yang telah mengalami perubahan (Groover, 2013).

2.3 Proses Permesinan

Proses permesinan adalah salah satu dari bagian proses manufaktur, dimana proses ini dilakukan untuk mendapatkan karakter bentuk tertentu sesuai dengan yang dibutuhkan untuk produksi lebih lanjut, dimana hal yang termasuk ke dalam proses permesinan diantaranya *material removal* dan juga *surface modification* dengan menggunakan beberapa metode pengerjaan. Hal tersebut membuktikan bahwa proses permesinan adalah proses *secondary* ataupun *finishing* (Kalpakjian, 2009).

Proses *material removal* adalah membuang sebagian material daripada benda kerja. Beberapa hal mendasar tentang *material removal* adalah:

1. *Cutting*
2. *Abrasive process*
3. *Advance machining process*

Proses permesinan sangatlah dibutuhkan dalam proses produksi. Beberapa keuntungan dari proses permesinan, adalah sebagai berikut:

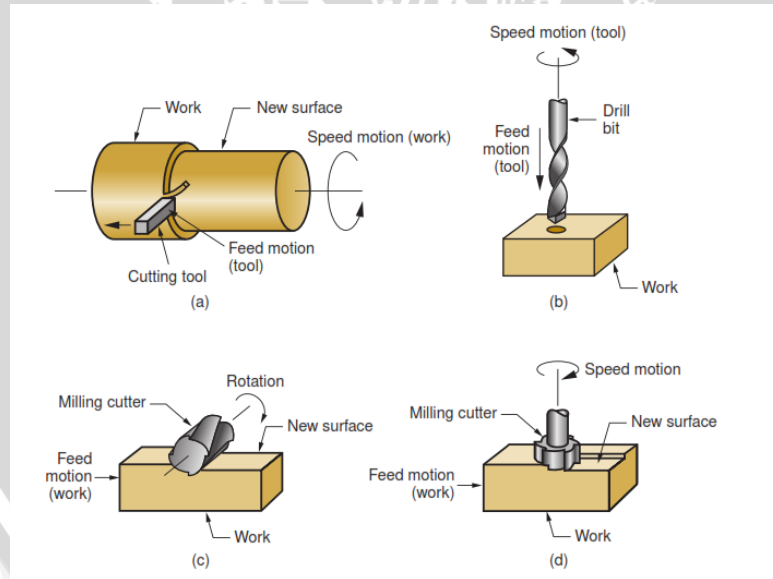
1. Beragamnya jenis material benda
2. Beragamnya bentuk dan geometri benda
3. Ketelitian pengerjaan
4. Hasil *surface finishing* yang baik

2.4 *Material Removal Process*

Material removal process adalah proses lepasnya material dari benda kerja hingga akhirnya terbentuklah *chip*. Untuk melakukan proses ini dibutuhkan pergerakan relatif daripada benda kerja dengan *tool* (Groover, 2013). Ada beberapa hal yang mempengaruhi *material removal process* diantaranya adalah:

1. Jenis Kondisi Permesinan

Kondisi permesinan memegang peran penting pada *material removal process* dikarenakan perbedaan kondisi permesinan akan mempengaruhi bentuk dan geometri benda kerja itu sendiri. Berikut beberapa jenis kondisi permesinan:



Gambar 2.2 Proses *Material Removal*
Sumber Groover (2013:525)

2. *Cutting Tool*

Cutting tool termasuk faktor yang mempengaruhi *material removal process*.

Dengan kondisi permesinan yang sama namun menggunakan *cutting tool* yang

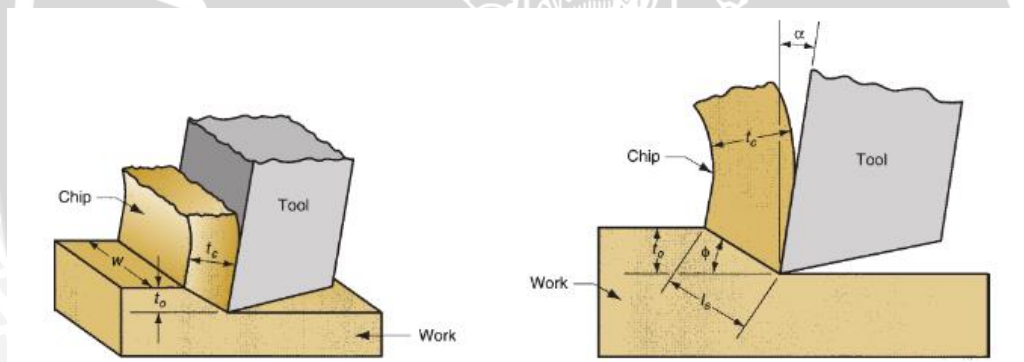
berbeda *material removal process* akan berbeda pula tergantung *tool* yang digunakan pada saat permesinan.

3. Kondisi Pemotongan (*Cutting Condition*)

Kondisi pemotongan adalah parameter pemotongan yang digunakan selama proses permesinan. Terdapat banyak parameter permesinan yang nanti akan di jelaskan pada sub-bab Parameter permesinan.

2.4.1 Pembentukan *Chip Formation*

Proses pembentukan *chip formation* adalah hasil *material removal* yaitu geometri. Geometri hasil pemotongan adalah sesuatu yang kompleks, namun kita dapat memahaminya dengan bantuan model pemotongan ortogonal (*orthogonal cutting model*). Pada proses permesinan pembentukan *material removal* terbentuk pada bidang 3 dimensi, dengan bantuan model pemotongan ortogonal membentuknya dalam bidang 2 dimensi.



Gambar 2.3 *Orthogonal Cutting Model* sebagai model 3 Dimensi dan Sebagai Model 2 Dimensi

Sumber : Groover (2013:528)

Dari gambar tersebut dapat diketahui nilai *chip thickness ratio* dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$r = \frac{t_o}{t_c} \dots \dots \dots (2-1)$$

Dimana :

r = *chip thickness ratio*

t_o = *undeformed chip*

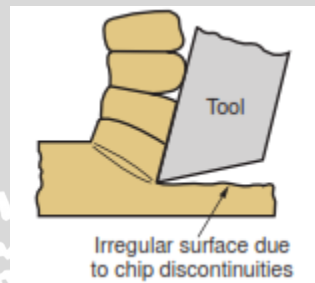
t_c = *tebal chip*

2.4.2 Macam-Macam Jenis Chip

Pada aktual permesinan *chip* yang dihasilkan selama permesinan tidak selalu membentuk *continues chip formation*, namun juga terdapat beberapa jenis *chip* yang dihasilkan selama permesinan. (Drodza, 1989) Beberapa macam jenis *chip*, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. *Discontinuous Chip*

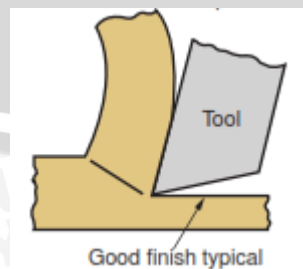
Discontinuous chip terjadi ketika material benda kerja memiliki sifat *brittle* yang tinggi, ataupun juga dikarenakan *cutting speed* yang rendah sehingga *chip* hasil pemotongan akan terputus-putus. Permesinan yang menghasilkan *chip* seperti ini memiliki geometri permukaan hasil pemotongan yang tidak rata (Groover, 2013)



Gambar 2.4 *Discontinuous Chip Formation*
Sumber : Groover (2013:531)

2. *Continuous Chip*

Continuous chip terjadi ketika material benda kerja memiliki sifat *ductile* yang tinggi, ataupun juga proses permesinan dengan *feed* yang kecil, sehingga *chip* akan membentuk *continuous chip formation* dimana material hasil potongan akan berbentuk memanjang. Proses permesinan yang menghasilkan *chip* seperti ini memiliki geometri permukaan hasil pemotongan yang halus. (Groover, 2013)

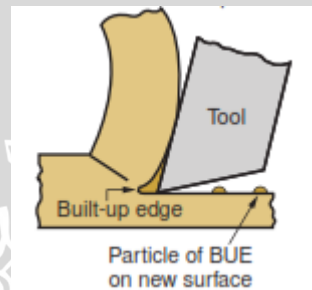


Gambar 2.5 *Continuous Chip Formation*
Sumber : Groover (2013:531)

3. *Continues Chip* dengan Pembentukan BUE (*Built-up Edge*)

Continuous chip dengan pembentukan BUE terjadi ketika material benda kerja dengan sifat *ductile* yang tinggi. Pada proses permesinan dengan *feed* yang rendah, patahan *chip* yang ikut terbawa *tool face* sehingga meninggalkan sisa pada *tool face*, hal tersebutlah yang dimaksud dengan BUE (*Built-up Edge*).

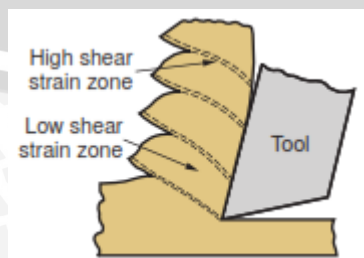
BUE sangat mempengaruhi hasil permukaan benda yang terpotong. Seiring meningkatnya *cutting speed* nilai dari BUE akan semakin menurun. Faktor utama yang sangat mempengaruhi BUE ada 2, yaitu *friction stress* yang tinggi pada *tool point*, tapi meningkatnya *rake angle* efektif. Ke-2 faktor tersebut mempengaruhi *cutting force*. Pada gambar menjelaskan bagaimana BUE dapat terbentuk.



Gambar 2.6 *Continues Chip Formation* dengan Pembentukan BUE (*Built-up Edge*)
Sumber : Groover (2013:531)

4. *Seerated Chip (Shear-localized)*

Seerated chip adalah jenis *chip semi-continuous* terjadi diakibatkan bentuk *tool saw* dengan formasi *chip* berbentuk siklus, urutan formasi *chip* tegangan geser tinggi diikuti *chip* dengan tegangan geser rendah. Pembentukan *seerated chip* biasa terjadi pada material yang susah untuk dilakukan proses permesinan, seperti: *titanium alloy*, *nickle-base super alloy*, dan *austenitic stainlees steel* ketika dilakukan proses permesinan dengan kecepatan tinggi.



Gambar 2.7 *Seerated Chip (Shear-localized)*
Sumber Groover (2013:531)

2.5 Mesin Milling

Mesin *milling* merupakan mesin perkakas yang sering digunakan untuk menyelesaikan mengerjakan benda kerja dengan menggunakan pisau potong yang berputar pada sumbu mesin. Pada dasarnya proses pemotongan dilakukan dengan menyayat atau memakan benda kerja menggunakan alat potong yang berputar (*multipoint cutter*). Alat potong dipasang pada sumbu utama yang diputar oleh *spindle* kemudian benda kerja dimakankan pada alat potong.

Berdasarkan posisi *spindle* utama ada 3 jenis mesin milling, antara lain :

1. Mesin *milling universal*
2. Mesin *milling vertical*
3. Mesin *milling horisontal*

Berdasarkan fungsi penggunaan ada 5 jenis mesin milling, antara lain :

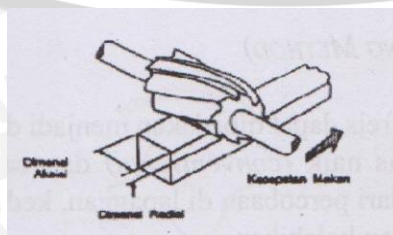
1. Mesin *milling copy*
2. Mesin *milling hobbing*
3. Mesin *milling gravier*
4. Mesin *milling planer*
5. Mesin *milling CNC*

2.5.1 Macam-Macam Proses Milling

Berdasarkan dari arah penyayatan, jenis pahat, dan posisi relatif pahat terhadap benda kerja mesin milling dibagi menjadi 3 jenis, yaitu :

1. Slab Milling

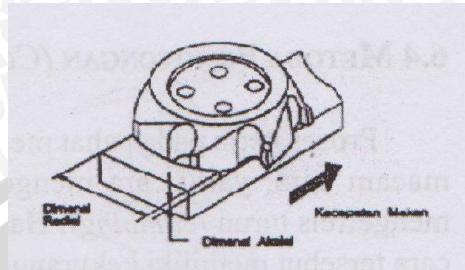
Pemakanan *slab milling*, atau juga disebut *peripheral milling*, sumbu rotasi pahat sejajar dengan permukaan benda kerja. Pahat pada slab milling memiliki mata pahat yang lurus atau heliks. Pahat dengan gigi yang heliks lebih sering digunakan dari pada mata gigi lurus, dikarenakan beban pada mata pisau lebih rendah saat operasi, sehingga permukaan permukaan benda kerja lebih halus dan juga mengurangi gaya pada pahat.



Gambar 2.8 Slab Milling
Sumber : Subagio, 2008

2. Face Milling

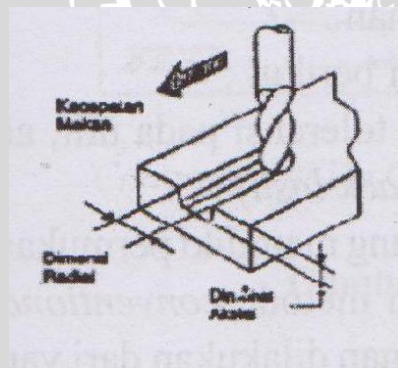
Pada face milling pahat dipasang pada poros yang memiliki sumbu putar tegak lurus terhadap benda kerja. Pahat memiliki mata tajam pada bagian tepi.



Gambar 2.9 Face Milling
Sumber : Subagio, 2008

3. End Milling

Permukaan rata serta berbagai profil dapat dihasilkan menggunakan proses end milling. Pahat pada proses *end milling* memiliki tangkai yang lurus dan meruncing dengan berbagai ukuran. Pahat berputar pada sumbu tegak lurus terhadap benda kerja, tetapi juga dapat dimiringkan untuk melakukan *machine-tapper surface*.

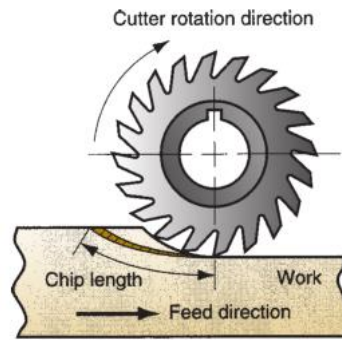


Gambar 2.10 End Milling
Sumber : Subagio, 2008

2.5.2 Arah Pemotongan Mesin Milling

Menurut arah pemakanan dengan araha *cutter teeth* pada proses *milling* dibagi menjadi 2 bentuk, yaitu:

1. *Up Milling* atau yang bisa juga disebut *conventional milling*, dimana arah pemakanan berlawanan arah dengan arah *cutter teeth*, ketika *teeth* memotong benda kerja.



Gambar 2.11 Up Milling atau Conventional Milling
 Sumber : Groover (2013 : 568)

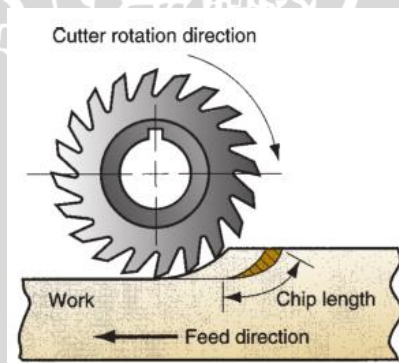
Persamaan teoritis untuk mengetahui ketebalan *chip* yang dihasilkan pada proses up milling adalah sebagai berikut:

$$t_c = f_t \cdot \sin(\Phi + \alpha) \dots\dots\dots(2-2)$$

Dimana :

α : rake angle

2. Down milling atau yang bisa juga disebut *climb milling*, dimana arah pemakanan searah dengan *cutter teeth*, ketika *teeth* memotong benda kerja.



Gambar 2.12 Down Milling atau Climb Milling
 Sumber : Groover (2013 : 568)

Persamaan teoritis untuk mengetahui ketebalan *chip* yang dihasilkan pada proses up milling adalah sebagai berikut:

$$t_c = f_t \cdot \sin \Phi \dots\dots\dots(2-3)$$

Dimana :

t_o : tebal *chip*

f_t : *feed per tooth*

Φ : *cutting effective angle*

Arah pemotongan berbeda, sehingga hasil *geometri* pemotongan akan berbeda pula. Pada *up milling*, geram atau *chip* yang dihasilkan akan berbentuk memanjang. Sedangkan pada *down milling*, geram atau *chip* yang dihasilkan akan berbentuk lebih pendek dibandingkan dengan arah pemotongan *up milling* (groover, 2013)

2.5.3 Parameter Pemotongan Pada Mesin *Milling*

Ada beberapa parameter pemotongan yang menjelaskan berdasarkan prosesnya, diantaranya adalah:

1. *Cutting speed* dapat ditentukan dengan diameter sisi luar dari *tool*. Dengan menggunakan rumus dapat menentukan kecepatan putaran *spindle* (Groover, 2013).

$$N = \frac{v}{\pi \cdot D} \dots\dots\dots (2-3)$$

Keterangan:

N = kecepatan putaran *spindle*

v = *cutting speed*

D = Diameter *tool*

2. *Feed* pada mesin *milling* sering juga disebut dengan *feed per revolution*, kecepatan pergerakan pemakanan tiap satuan putaran dalam *millimeter*. dengan menggunakan rumus kita dapat menentukan *feed* (Groover, 2013).

$$f_r = Nf \dots\dots\dots (2-4)$$

Keterangan:

f_r = *feed rate* (mm/min)

f = *feed* (mm/rev)

3. *MRR (Material Removal Rate)* bisa didapatkan dengan menggabungkan area pemotongan (*cross sectional area*) dan *feed rate*. Dengan menggunakan kedalaman (d), lebar pahat (w) dan *feed rate* (f_r) maka didapatkan rumus sebagai berikut (Groover, 2013)

$$R_{mr} = w \cdot d \cdot f_r \dots\dots\dots (2-5)$$

Keterangan :

R_{mr} : *Material removal rate* (mm³/min)

4. *Feed per tooth* pada mesin milling adalah tebal *chip* yang dihasilkan setiap sudu pahat (*cutting edge*), dengan menggunakan persamaan *feed rate* dan jumlah sudu pahat maka dapat diketahui nilai *feed per tooth* (Groover, 2013)

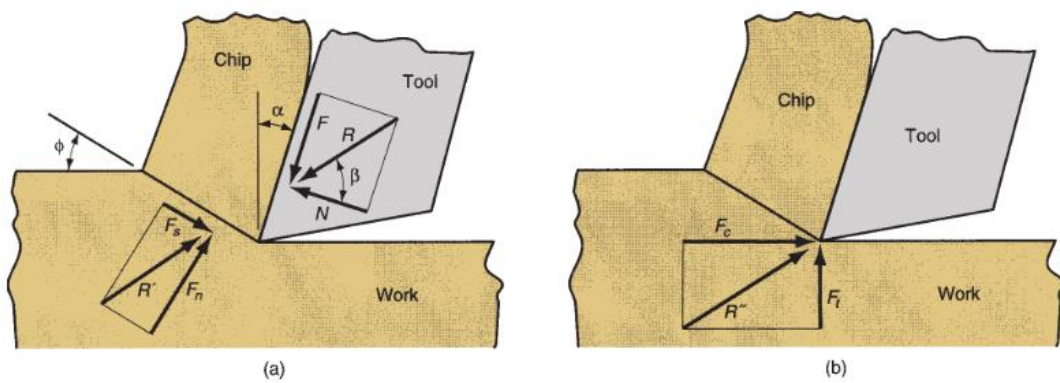
$$f_r = Nn_t f_t \dots\dots\dots(2-6)$$

Keterangan :

- n_t : Jumlah *tooth* pahat
- f_t : *Feed per tooth*

2.5.4 Hubungan Gaya dan Teori Merchant

Beberapa gaya yang terjadi pada proses permesinan pada *orthogonal cutting model*, yang berdasarkan tegangan geser (*shear stress*), koefisien gesek (*coeffitien of friction*) dan beberapa gaya yang berhubungan.



Gambar 2.13 (a) Hubungan Gaya Terhadap Hasil *Chip* pada *Orthogonal Cutting Model* (b) Gaya yang Bereaksi terhadap *Tool*
 Sumber : Groover (2013,533)

Pada hubungan gaya terhadap *chip* terdapat 2 gaya yang terjadi akibat benda kerja yaitu gaya geser (F_s) dan gaya geser normal (F_n), dengan gaya geser maka dapat diketahui nilai tegangan geser (*sheer stress*) dengan persamaan:

$$\tau = \frac{F_s}{A_s} \dots\dots\dots(2-7)$$

Dimana :

- τ : Tegangan Geser
- A_s : *Area of Sheer Plane*

Pada hubungan gaya terhadap *chip* dapat juga mengetahui nilai koefisien gesek (*coefficient of friction*) dengan persamaan:

$$\mu = \tan \beta \dots \dots \dots (2-8)$$

Dimana :

- μ : Koefisien Gesek
- β : Sudut Gesek (*Friction Angle*)

Terdapat dua gaya yang bereaksi terhadap *cutting tool*, yaitu *cutting force* (F_c) dan *thrust force* (F_t). *Cutting force* adalah gaya yang arahnya searah dengan *cutting speed* (V_c), sedangkan *thrust force* adalah gaya yang arahnya tegak lurus terhadap *cutting force* dimana gaya ini berkaitan erat dengan ketebalan *chip* sebelum pemakanan (t_c)

$$F_c = \frac{\tau t_o w \cos(\beta - \alpha)}{\sin \Phi \cos(\Phi + \beta - \alpha)} \dots \dots \dots (2-9)$$

$$F_t = \frac{\tau t_o w \sin(\beta - \alpha)}{\sin \Phi \cos(\Phi + \beta - \alpha)} \dots \dots \dots (2-10)$$

Dimana :

- τ : Tegangan Geser
- t_o : *chip thickness* sebelum pemakanan
- Φ : *cutting effective angle*
- β : Sudut Gesek (*Friction Angle*)
- α : *rake angle*
- w : *width orthogonal cutting operation*

2.5.5 5 Micromill CNC Milling

Mesin CNC adalah suatu mesin yang dikontrol oleh komputer dengan menggunakan bahasa numermik (data perintah dengan kode angka, huruf dan simbol). Sistem kerja teknologi CNC ini akan lebih sinkron antara komputer dan mekanik, sehingga bila dibandingkan dengan mesin perkakas yang sejenis, maka mesin perkakas CNC lebih teliti, lebih tepat, lebih fleksibel dan cocok untuk produksi masal. Dengan dirancangnya mesin perkakas CNC dapat menunjang produksi yang membutuhkan tingkat kerumitan yang tinggi dan dapat mengurangi campur tangan operator selama mesin beroperasi.

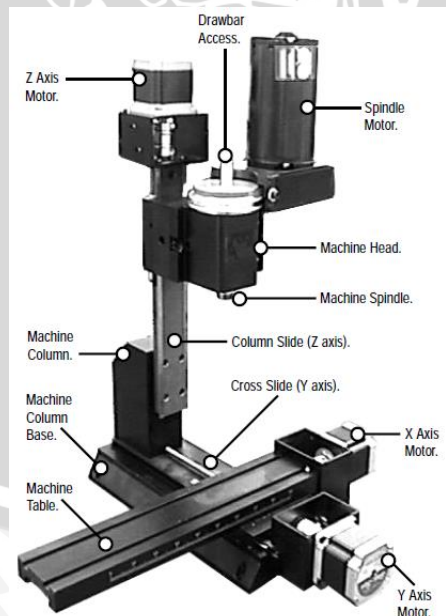


Gambar 2.14 Mesin *Micromill* CNC Milling
Sumber : *Micromill Operator Manual*

Mesin *micromill* CNC *milling* pada dasarnya menggunakan sistem persumbuan koordinat Cartecius, prinsipnya meja kerja bergerak melintang dan horizontal sedangkan pahat berputar dan bergerak ke atas dan kebawah. Untuk arah persumbuan mesin ini digunakan lambang sebagai berikut :

1. Sumbu X untuk arah gerak horizontal atau ke kanan dan ke kiri
2. Sumbu Y untuk arah gerak melintang atau kedepan dan ke belakang
3. Sumbu Z untuk arah gerakan vertikal atau keatas dan kebawah

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah :



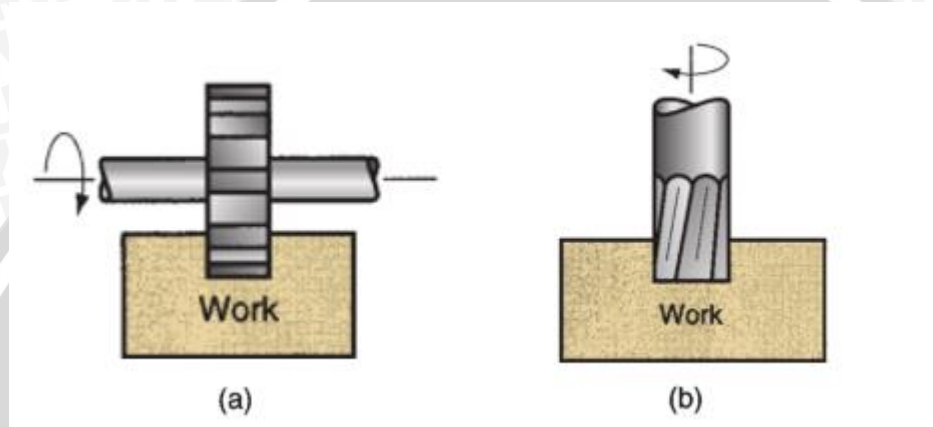
Gambar 2.15 Sistem Persumbuan Mesin Milling
Sumber : *Micromill Operator Manual*

2.6 Slot Milling

Slot milling merupakan proses pembuatan celah pada material. Pembuatan slot hanya dapat dikerjakan jika ukuran pahat tidak lebih besar dari pada ukuran benda kerja (Groover, 2013)

Menurut cara pengerjaannya, pembuatan *slot milling* dibagi menjadi 2 yaitu:

1. Pembuatan *slot* dengan metode *slab milling*
2. Pembuatan *slot* dengan metode *end milling*



Gambar 2.16 Metode Pembuatan *Slot* dengan Metode (a) *Slab Milling* (b) *End Milling*
Sumber : Groover (2013 : 567,569)

2.7 Material Benda Kerja

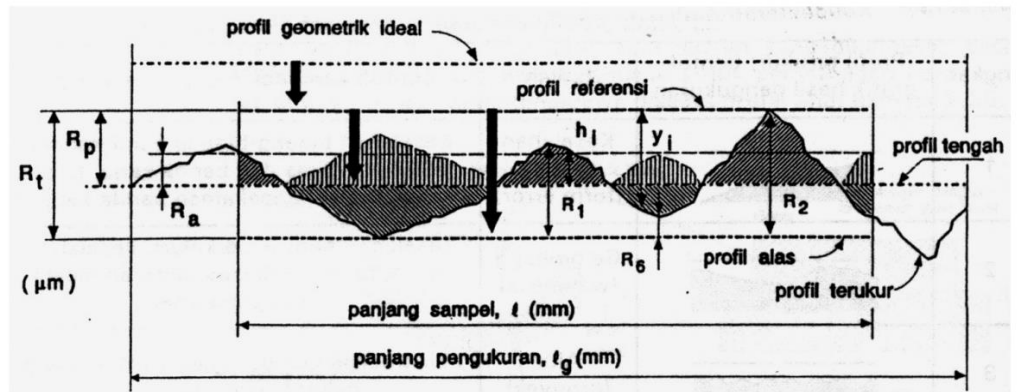
Kegiatan permesinan erat kaitannya dengan jenis material yang akan diproses. *Nylon MC-PA6* termasuk polimer termoplastik. *Nylon MC-PA6* adalah material yang kuat, tahan abrasi, kemampuan menahan getaran dan keras. *Nylon MC-PA6* dalam bentuk *solid* dibuat menjadi komponen mesin seperti *screw*, *gears*, dan *rotary seals*. Spesifikasi sifat mekanik material *Nylon MC-PA6*, yaitu:

- *Elongation* : 20%
- *Tensile strength* : 75 MPa
- *Proportion* : 1.2 g/cm³

2.8 Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan (*surface roughness*) merupakan sebuah ketidakteraturan suatu konfigurasi permukaan yang dapat berupa goresan atau lekukan-lekukan kecil pada suatu benda. Nilai kekasaran permukaan berpengaruh terhadap kualitas produk yang dihasilkan.

Selain itu juga dapat mempengaruhi kemampuan benda untuk mencegah terjadinya korosi pada permukaan. Zat atau material yang bersifat korosif akan bertempat pada material yang nilai kekasarannya tinggi sehingga kecenderungan untuk berkarat semakin besar. Beberapa istilah profil permukaan yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.17 Profil Kekasaran Permukaan
Sumber : Rochim (1993)

Keterangan gambar :

1. Profil geometri ideal (*geometrically ideal profile*)
Merupakan profil permukaan geometris ideal yang dapat berupa garis lurus, lingkaran, dan garis lengkung
2. Profil terukur (*measured profile*)
Merupakan profil permukaan yang dapat diukur oleh alat ukur. Profil inilah yang dijadikan sebagai data untuk menganalisis karakteristik kekasaran permukaan.
3. Profil referensi (*reference profile*)
Merupakan profil yang berguna sebagai referensi untuk menganalisa ketidakaturan konfigurasi permukaan. Profil ini berupa garis lurus atau garis dengan bentuk sesuai dengan profil geometri ideal, serta menyinggung puncak tertinggi dari profil terukur dalam suatu panjang sampel. Biasanya profil ini disebut dengan profil puncak (*custline*).
4. Profil dasar (*root profile*)
Merupakan profil yang digeser ke bawah (arah tegak lurus terhadap profil geometris ideal pada suatu panjang sampel) samapai menyentuh titik terendah dari profil terukur.
5. Profil tengah (*centered profile*)
Merupakan profil yang berada ditengah-tengah dengan posisi sedemikian rupa yang berfungsi untuk mengetahui luas daerah dibawah profil tengah sampai profil terukur yang ditunjukkan oleh daerah terarsir.

Beberapa parameter permukaan yang lain yaitu:

- Kedalaman total (*peak to valley height*), R_t
Kedalaman total merupakan jarak rata-rata antara profil referensi dan profil dasar.
- Kedalaman perataan (*peak to mean lene*), R_p
Kedalaman perataan merupakan jarak rata-rata antara profil referensi dengan profil terukur, atau dengan kata lain jarak rata-rata profil referensi ke profil tengah.
- Kekasaran rata-rata aritmetis (*mean roughness index*), R_a
Merupakan harga rata-rata aritmetis dari harga absolute antara profil terukur dengan profil profil tengah.

Menurut bentuk profilnya, ketidakraturan konfigurasi suatu permukaan dapat diklasifikasikan beberapa tingkatan, yaitu:

1. Tingkatan pertama adalah ketidakraturan makrogeometri yang berupa kesalahan bentuk (*form error*) yang disebabkan oleh adanya ruang yang longgar pada mesin perkakas sehingga benda kerja menjadi lentur dan terjadi kesalahan posisi ketika pencekaman benda kerja.
2. Tingkatan kedua adalah ketidakraturan yang membentuk seperti gelombang (*waviness*). Hal tersebut terbentuk karena adanya getaran pada saat proses pemotongan dan juga terjadi kesalahan penggunaan perkakas.
3. Tingkatan ketiga adalah ketidakraturan permukaan berbentuk seperti alur (*grooves*) yang disebabkan oleh jejak yang ditinggalkan pahat yang bergetar.
4. Tingkatan keempat adalah seripihan (*flake*) yang menempel pada permukaan benda kerja yang disebabkan karena proses pembentukan geram (*chips*).
5. Tingkatan kelima merupakan kombinasi dari ketidakrataan tingkatan pertama sampai ketidakrataan tingkat keempat.

Tabel 2.1 Angka Kekasaran (*ISO roughness number*) dan Panjang Sampel Standar

Harga kekasaran Ra (μm)	Angka kelas kekasaran	Panjang sampel (mm)
50	N12	8
25	N11	
12.5	N10	2.5
6.3	N9	
3.2	N8	0.8
1.6	N7	
0.8	N6	
0.4	N5	
0.2	N4	0.25
0.1	N3	
0.05	N2	
0.025	N1	0.08

Sumber : Rochim (1993)

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kekasaran permukaan ketika proses permesinan, diantaranya :

1. Terjadinya getaran saat proses pemotongan berlangsung.
2. Jenis, bentuk, material, dan ketajaman alat potong.
3. Tingkat kekerasan dari material benda kerja.
4. Laju pemakanan (*feeding*) dan radius ujung pahat (*nose radius tool*)
5. Kondisi pemotongan dari mesin perkakas yang digunakan.

Hubungan antara feeding dengan kekasaran permukaan terdapat pada persamaan (Groover,2013) berikutt:

$$Ra = \frac{f^2}{32NR} \dots\dots\dots(2-11)$$

Dimana :

Ra = kekasaran teoritis rata-rata (*mean roughness index*) (μm)

f = *feed* (mm/rev)

NR = radius pojok (mm)

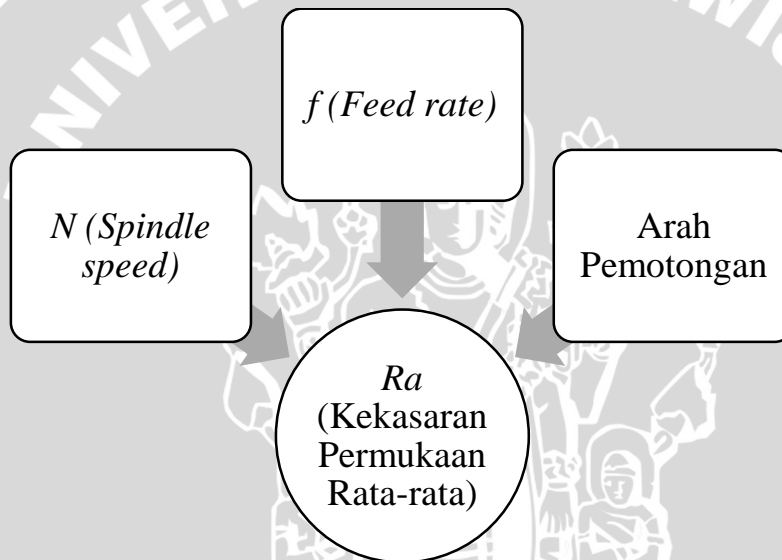


2.9 Kerangka Pemikiran

Dari tinjauan pustaka didapatkan bahwa pengaruh kekasaran permukaan pada proses permesinan berpengaruh erat dengan *feed* pada proses permesinan, dengan melihat persamaan (2-4).

Untuk mendapatkan *feed* pada mesin *milling* dapat dilakukan dengan menggunakan rumus (2-1) dan (2-2) dan pada mesin *milling* parameter yang dapat diubah sesuai penggunaan mesin adalah *spindle speed* dan *feed rate*.

Arah pemakanan akan mempengaruhi *geometri* hasil pemakanan benda kerja, yang dimungkinkan akan mempengaruhi hasil kualitas dari permesinan itu sendiri sesuai dengan tinjauan pustaka.



Gambar 2.18 Alur Kerangka Berpikir

2.10 Hipotesis

Berdasarkan tinjauan pustaka yang telah dibuat maka peneliti dapat menarik hipotesis penelitian sebagai berikut:

1. Kekasaran permukaan sisi pada proses *slot mill* akan terjadi perbedaan
2. Kekasaran permukaan akan semakin meningkat seiring meningkatnya *feed rate*.
3. Kekasaran permukaan akan semakin menurun seiring meningkatnya *spindle speed*.