

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian Sebelumnya**

Saputra (2016) melakukan penelitian tentang pengaruh variasi *spindle speed* dan *feed rate* terhadap kekasaran permukaan sisi dengan proses *milling slot* pada material MC PA6 Nylon. Penelitian tersebut berhasil menunjukkan semakin besar *spindle speed* maka kekasaran permukaan akan semakin kecil. Sebaliknya, pada parameter pemesinan *feed rate* semakin besarnya nilai *feed rate* maka semakin besar pula nilai kekasaran permukaan material tersebut.

Sulaiman (2012) melakukan penelitian tentang pengaruh *cutting parameters* dan penambahan *magnetic field* pada material *titanium alloy* (Ti-6A-4V) terhadap nilai *chatter* yang terjadi. Dari penelitian tersebut dapat membuktikan bahwa penambahan *magnetic field* dapat mengurangi nilai *chatter* yang terjadi. Nilai *chatter* mampu direduksi hingga 60% daripada yang tanpa menggunakan *magnetic field*.

Ozoegwu (2016) melakukan penelitian bagaimana pengaruh penambahan *pre-existing slot* pada proses *slotting* terhadap penurunan *chatter*. Dalam penelitian tersebut menunjukkan bahwa letak *pre-existing slot* dalam melakukan model pemakanan gabungan *up* dan *down milling* proses *slotting* dapat menurunkan *chatter*. Dibandingkan hanya dengan melakukan satu jenis arah pemakanan seperti *up milling* ataupun *down milling*.

#### **2.2 Proses Pemesinan**

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

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

1. Beragamnya jenis material benda
2. Beragamnya bentuk dan geometri benda
3. Ketelitian pengerjaan

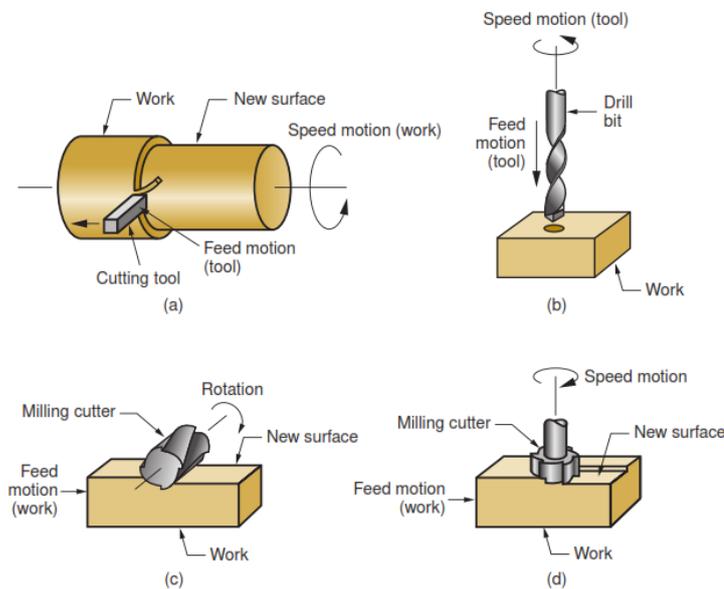
4. Hasil *surface finishing* yang baik.

### 2.3 Material Removal Process

*Material removal process* merupakan proses terbentuknya *chip* (lepasan material) dari benda kerja akibat proses pemesian. Ada beberapa hal yang mempengaruhi *material removal process* diantaranya adalah:

#### 1. Jenis Kondisi Pemesinan

*Material removal process* dipengaruhi oleh kondisi pemesian dikarenakan perbedaan kondisi pemesian akan mempengaruhi bentuk dan geometri benda kerja itu sendiri. Berikut beberapa jenis kondisi pemesian:



Gambar 2.1 Proses *material removal* a) *Turning*, b) *Drilling*, c) *Slab milling*, d) *Face milling*  
Sumber: Groover (2013:525)

#### 2. Cutting Tool

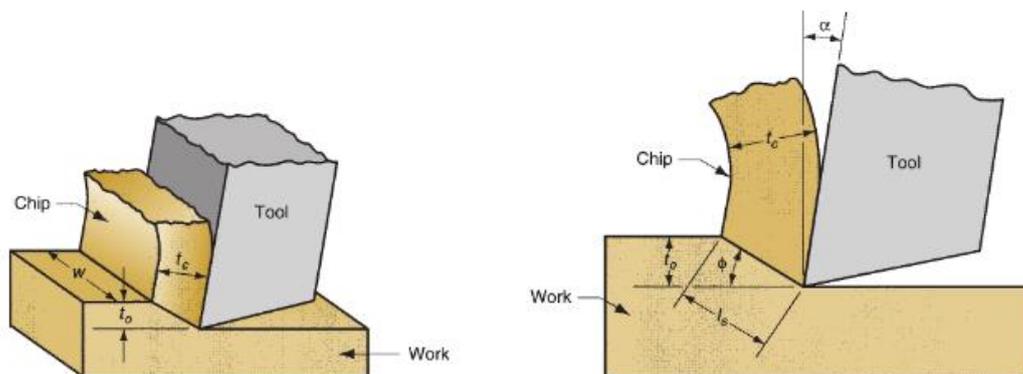
*Cutting tool* termasuk faktor yang mempengaruhi *material removal process*. Penggunaan *cutting tool* yang berbeda membuat *material removal process* akan berbeda pula tergantung *tool* yang digunakan pada saat pemesian.

#### 3. Kondisi Pemotongan (*Cutting Condition*)

*Material removal process* dipengaruhi kondisi pemotongan dengan parameter pemotongan yang digunakan selama proses pemesian. Terdapat banyak parameter pemesian yang nanti akan di jelaskan pada sub-bab Parameter pemesian.

## 2.4 Pembentukan *Chip Formation*

*Chip formation* adalah hasil *material removal* yang kemudian akan menentukan geometri produk yang dihasilkan. Pada mulanya chip terbentuk karena adanya retak mikro (*micro crack*) yang timbul pada benda kerja yang terletak diujung pahat pada saat pemotongan dimulai. Dengan bertambahnya tekanan pahat, retak tersebut menjalar kedepan sehingga terbentuklah *chip* (Rochim, 1993). Bentuk geometri hasil pemotongan dapat dilihat dan dipahami dengan bantuan model pemotongan ortogonal (*orthogonal cutting model*) pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 *Orthogonal cutting model* sebagai model 3 dimensi dan sebagai model 2 dimensi  
Sumber: Groover (2013:528)

## 2.5 Mesin *Milling*

Mesin *milling* adalah mesin perkakas yang sering digunakan untuk menyelesaikan mengerjakan benda kerja dengan menggunakan pahat potong yang berputar pada sumbu mesin. Proses pemotongan pada mesin *milling* dilakukan dengan menyayat atau memakan benda kerja menggunakan pahat potong yang berputar (*multipoint cutter*) yang dipasang pada sumbu utama dengan pengaturan putaran *spindle* kemudian benda kerja dimakan oleh pahat 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*

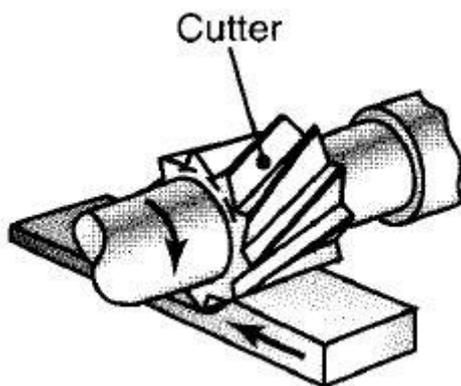
## 5. Mesin *milling* CNC

### 2.5.1 Macam Proses *Milling*

Berdasarkan dari arah penyayatan, jenis pahat, dan posisi relatif pahat terhadap benda kerja mesin *milling* dibagi menjadi 2 jenis, yaitu:

#### 1. *Slab Milling*

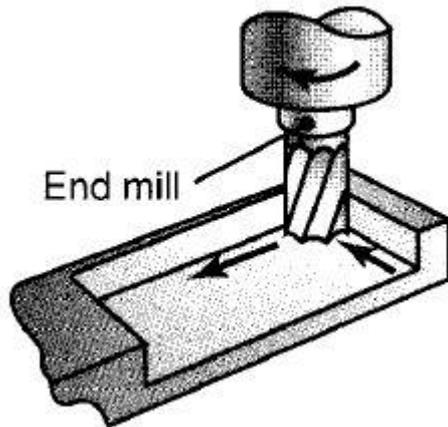
Pemakanan *slab milling*, atau juga disebut *peripheral milling*, sumbu rotasi pahat sejajar dengan permukaan benda kerja. Pahat pada *slab milling* memiliki mata pahat yang lurus atau heliks. Pahat dengan gigi yang heliks lebih sering digunakan dari pada mata gigi lurus, dikarenakan beban pada mata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



Gambar 2.3 *Slab milling*  
Sumber: Kalpakjian (2009:557)

#### 2. *End Milling*

Membuat permukaan rata dan juga berbagai bentuk 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*.

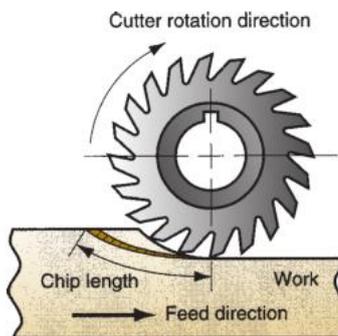


Gambar 2.4 End milling  
Sumber: Kalpakjian (2009:557)

### 2.5.2 Arah Pemotongan Mesin Milling

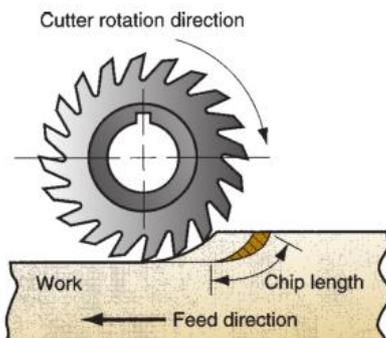
Menurut arah pemakanan dengan araha *cutter teeth* pada proses *milling* dibagi menjadi 2 bentuk, yaitu:

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



Gambar 2.5 Up milling atau conventional milling  
Sumber: Groover (2013:568)

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



Gambar 2.6 Down milling atau climb milling  
Sumber: Groover (2013:568)

Arah pemotongan yang berbeda menghasilkan *chip* yang berbeda pula. Pada *up milling*, geram atau *chip* yang dihasilkan berbentuk memanjang. Sedangkan pada *down milling*, geram atau *chip* yang dihasilkan 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*.

$$N = \frac{v}{\pi \cdot D} \quad (2-1)$$

Sumber: Groover (2013)

Keterangan:

$N$  = kecepatan putaran *spindle* (rpm)

$v$  = *cutting speed* (mm/min)

$D$  = Diameter *tool* (mm)

2. *Feed* pada mesin *milling* merupakan kecepatan pergerakan pemakanan tiap satuan putaran dalam *millimeter*. Dengan menggunakan rumus kita dapat menentukan *feed*.

$$f_r = Nf \quad (2-2)$$

Sumber: Groover (2013)

Keterangan:

$f_r$  = *feed rate* (mm/min)

$f$  = *feed* (mm/rev)

3. *MRR (Material Removal Rate)* didapatkan dengan menggunakan parameter area pemotongan (*cross sectional area*) dan *feed rate*. Dengan menggunakan *depth of cut* ( $d$ ), lebar geram ( $w$ ) dan *feed rate* ( $f_r$ ) maka didapatkan rumus sebagai berikut.

$$R_{mr} = w \cdot d \cdot f_r \quad (2-3)$$

Sumber: Groover (2013)

Keterangan:

$R_{mr}$ : *Material removal rate* (mm<sup>3</sup>/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*.

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

Sumber: Groover (2013)

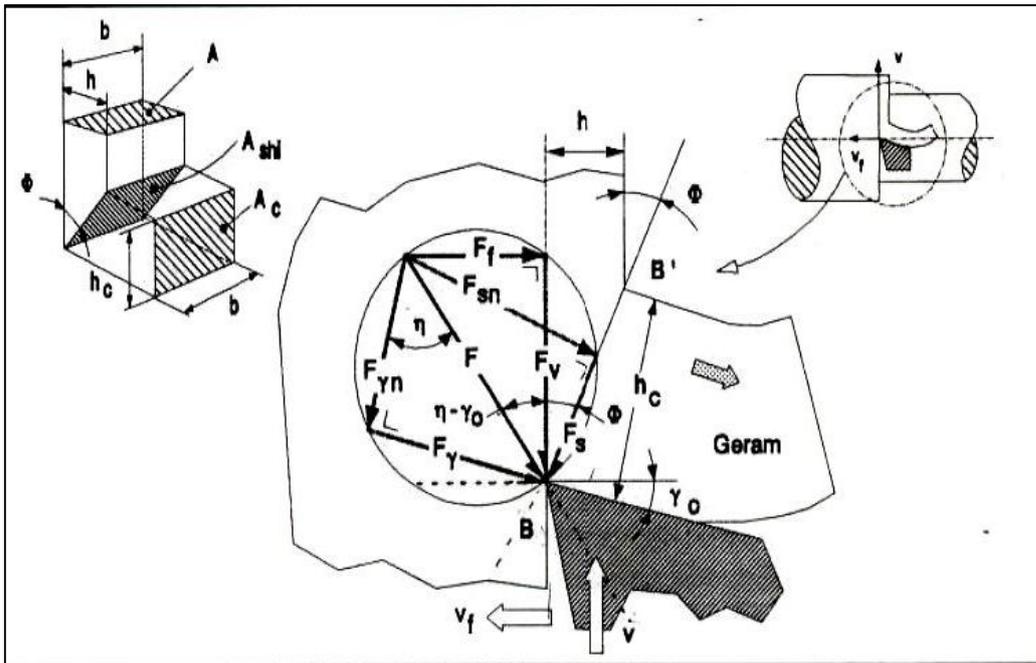
Keterangan:

$n_t$  : Jumlah *tooth* pahat

$f_t$  : *Feed per tooth*

#### 2.5.4 Gaya Pemotongan

Sistem gaya yang bekerja pada proses pemotongan logam dipandang hanya pada satu bidang. Gaya tersebut yang bekerja tersebut dapat dilukiskan pada suatu lingkaran yang biasa disebut sebagai lingkaran *Merchant's*.



Gambar 2.7 Lingkaran *merchant's*

Sumber: Rochim (1993:27)

Berdasarkan analisis geometrik dari lingkaran gaya (*Merchant*) dapat diturunkan rumus dasar gaya potong  $F_v$ .

Dari,

$$F_v = F \cdot \cos(\eta - \gamma_0) \quad (2-7)$$

dan

$$F_s = F \cdot \cos(\Phi + \eta - \gamma_0) \quad (2-8)$$

Maka, dari rumus (2-7) dan (2-8) didapat kan,

$$F_v = \frac{F_s \cdot \cos(\eta - \gamma_0)}{\cos(\Phi + \eta - \gamma_0)} \quad (2-9)$$

Gaya geser  $F_s$  dapat digantikan dengan penampang bidang geser dan tegangan geser yang terjadi padanya yaitu:

$$F_s = A_{shi} \cdot \tau_{shi} = \frac{b \cdot h}{\sin \Phi} \cdot \tau_{shi} = \frac{a \cdot f}{\sin \Phi} \cdot \tau_{shi} \quad (2-10)$$

Dengan persamaan (2-9) dan (2-10) didapat rumus gaya potong,

$$F_v = a \cdot f \cdot \tau_{shi} \frac{\cos(\eta - \gamma_o)}{\sin \Phi \cdot \cos(\Phi + \eta - \gamma_o)} ; \text{N} \quad (2-11)$$

Sumber: Rochim (1993)

Dimana:

$A_{shi}$  = Penampang bidang geser,  
=  $A/\sin \Phi$ ;  $\text{mm}^2$

$A$  = luas penampang geram =  $b \cdot h$  ;  $\text{mm}^2$

$\tau_{shi}$  = tegangan geser pada bidang geser, ;  $\text{N}/\text{mm}^2$

$\gamma_o$  = *rake angel*

$F_s$  = gaya geser (N)

$F_v$  = gaya pemotongan (N)

$\Phi$  = *cutting effective angel*

$\eta$  = sudut gesek

$b$  = lebar pemotongan

=  $a / \sin K_r$  ;  $\text{mm}$

$h$  = tebal geram sebelum pemotongan

=  $f \cdot \sin K_r$  ;  $\text{mm}$

$a$  = kedalaman pemotongan (mm)

$f$  = *feed* (mm/rev)

### 2.5.5 CNC Milling TU-3A

Mesin CNC adalah suatu mesin yang dikontrol oleh komputer dengan menggunakan bahasa numeric (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 2.8 CNC Milling TU-3A

Sumber: Laboratorium Otomasi Manufaktur Teknik Mesin UB

Mesin CNC *milling* TU-3A 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:

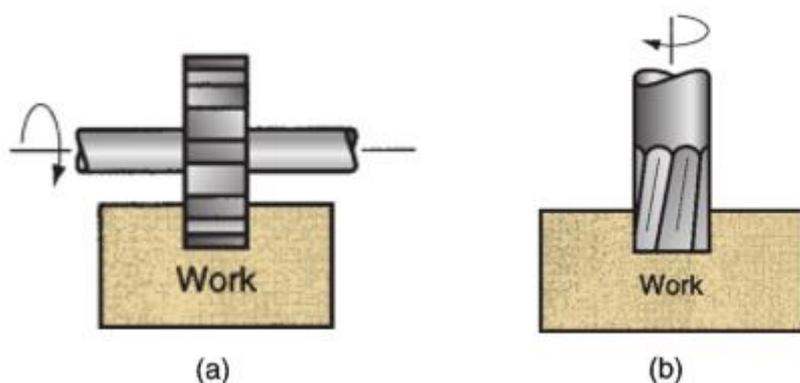
1. Sumbu X untuk arah gerak horizontal atau ke kanan dan ke kiri.
2. Sumbu Y untuk arah gerak melintang atau kedepan dan ke belakang.
3. Sumbu Z untuk arah gerakan vertikal atau keatas dan kebawah.

## 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 pengerjaanya, pembuatan *slot milling* dibagi menjadi 2 yaitu:

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

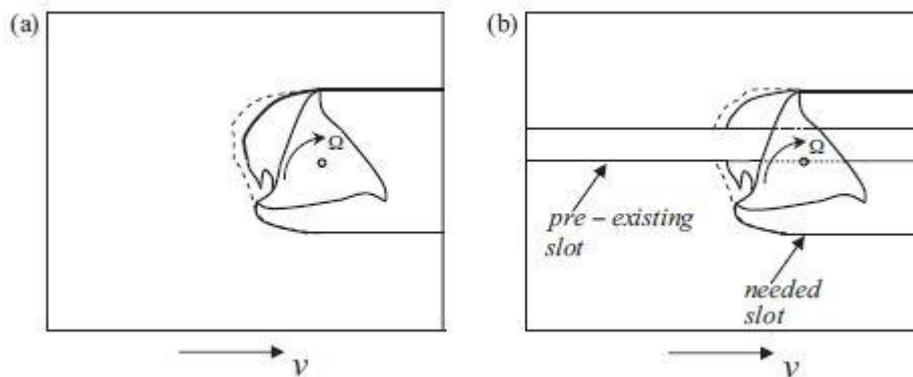


Gambar 2.9 Metode pembuatan slot dengan metode (a) *Slab milling* (b) *End milling*

Sumber: Groover (2013:567,569)

### 2.6.1 *Pre-existing slot*

*Pre-existing slot* merupakan proses pemesinan awal yang dilakukan sebelum proses pemesinan *slot milling*. Pemberian *pre-existing slot* dimaksudkan untuk mengurangi panjang material benda kerja yang melakukan kontak dengan pahat tiap putaran *spindle*, sehingga dengan itu akan menurunkan gaya pemotongan yang dapat berpengaruh pada kualitas produk proses pemesinan.



Gambar 2.10 Proses slotting a) Proses slotting tanpa *pre-existing slot* b) Proses slotting dengan *pre-existing slot*

Sumber: Ozoegwu (2015:2)

## 2.7 Material Benda Kerja Aluminium

Aluminium merupakan logam yang memiliki sifat mampu potong yang baik, material ini memiliki daya tahan terhadap korosi yang cukup baik. Biasanya material ini digunakan sebagai komponen pesawat terbang dan komponen otomotif.

Sistem penamaan pada paduan aluminium hasil pengerjaan dilakukan dengan registrasi empat angka, dengan angka pertama menunjukkan unsur paduan utama pada aluminium. Pada seri 1XXX, dua angka terakhir menunjukkan jumlah kadar minimum aluminium pada paduan dalam 99,00%. Sementara pada seri 2XXX hingga 8XXX, dua angka terakhir menunjukkan kandungan unsur utama.

## 2.8 Chatter

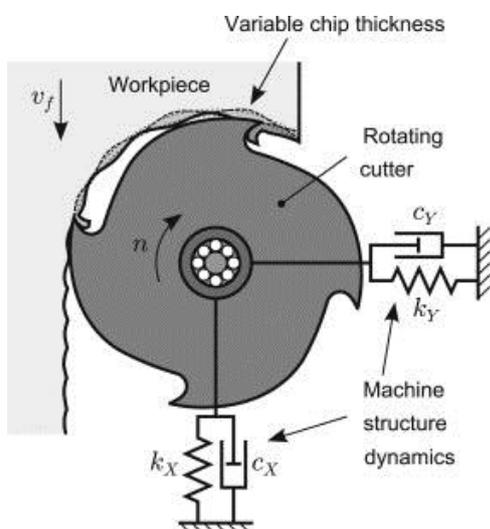
*Chatter* merupakan getaran yang terjadi akibat gerakan yang dihasilkan oleh komponen mesin itu sendiri pada saat pemakanan benda kerja. *Chatter* biasanya memiliki amplitudo yang sangat tinggi dan dimulai dengan adanya gangguan di zona pemotongan, penyebabnya adalah (a) jenis chip yang dihasilkan, (b) bahan benda kerja, dan (c) variasi dalam kondisi gesekan pada antarmuka *tool-chip*. *Chatter* dapat dikendalikan dengan meningkatkan kekakuan pada *tools*, dan penggunaan peredam (*damping*).

Dalam menggambarkan proses pemesinan dan peralatan mesin, kekakuan pahat merupakan hal yang penting sebagai parameter dalam pemesinan. Kekakuan *tool* yang rendah dapat menyebabkan getaran dari alat pemotong dan komponen mesin, dan dengan demikian memiliki efek buruk pada kualitas produk. Getaran yang tidak terkontrol dapat mengakibatkan masalah berikut:

1. Hasil permukaan yang kurang baik.
2. Kurangnya akurasi dimensi benda kerja.
3. Pahat cepat aus.
4. Kemungkinan kerusakan pada komponen mesin-alat dari berlebihan getaran.
5. Menimbulkan kebisingan, terutama jika itu adalah frekuensi tinggi.

### 2.8.1 Regeneratif Chatter

Regeneratif *chatter* merupakan getaran tereksitasi yang terjadi ketika *tooth* memotong permukaan yang sebelumnya telah terpotong oleh *tooth* lainnya. Bila *tooth* yang sebelumnya bergetar, maka permukaan benda kerja akan bergelombang, sehingga *tooth* berikutnya akan memakan benda kerja dengan ketebalan chip dan dengan gaya pemotongan yang berbeda-beda. Gaya pemotongan yang berbeda-beda ini akan mengeksitasi sistem sehingga getaran meningkat dan permukaan menjadi bergelombang.



Gambar 2.11 Regeneratif chatter  
Sumber: Monnin (2013:2)

### 2.8.2 Damping

Dalam proses pemesinan seperti proses *milling*, getaran merupakan salah satu masalah yang merugikan bila tidak terkontrol. Getaran yang tidak terkontrol dapat mempengaruhi kualitas hasil produksi, dimensi benda kerja, terjadi kebisingan, dll. Oleh sebab itu untuk

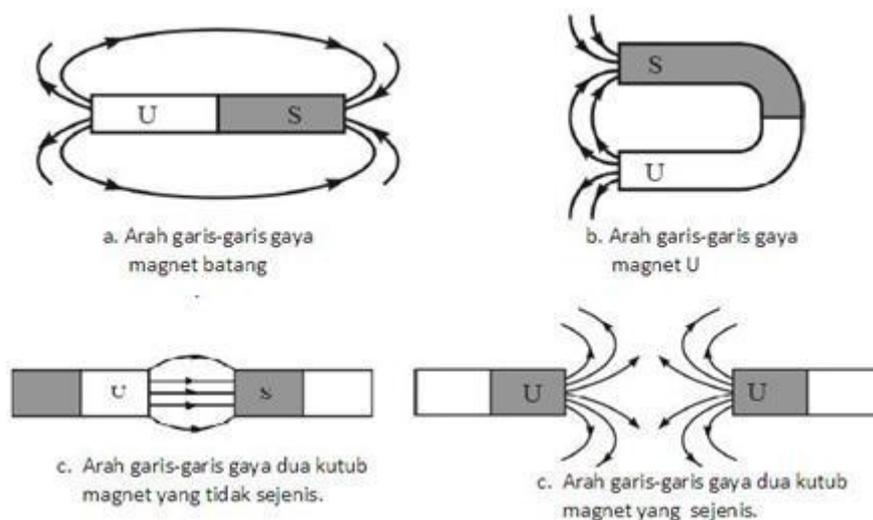
mengendalikan getaran maka perlu adanya peredam sebagai pereduksi getaran tersebut. Ada bermacam-macam jenis peredam getaran, antara lain:

1. *Viscous Damping* merupakan tipe peredaman ini diibaratkan sebagai gerakan (osilasi) suatu benda didalam suatu fluida yang relatif kental. Pada saat terosilasi benda tersebut mengalami gesekan dengan molekul-molekul fluida tersebut.
2. *Coulomb Damping* merupakan gaya redaman konstan yang disebabkan oleh gesekan kinetik antara dua buah permukaan yang kering (*sliding dry surface*).
3. *Solid damping* terjadi ketika material terdeformasi, energi akan diserap oleh material. Hal ini disebabkan gesekan *internal planes* yang slip atau bergeser karena deformasi.
4. *Magnetic damping* merupakan peredaman akibat gerakan medan magnet (magnet) pada konduktor atau sebaliknya yang menghasilkan arus *eddy*. Arus *eddy* yang beredar ini akan menginduksi magnet sehingga aliran elektron dalam konduktor menciptakan medan magnet yang berlawanan dengan magnet sehingga menghasilkan gaya resistif.

## 2.9 Magnet

Magnet merupakan suatu objek yang dapat menimbulkan gejala gaya baik gaya tarik maupun gaya tolak gterdapat jenis logam tertentu seperti besi, baja, yang lainnya. Suryatmo (1995:155) menyatakan bahwa beberapa tempat dari magnet jika disentuhkan logam lain akan terasa tarikan yang berbeda. Semakin ketengah batang tenaga tarik semakin berkurang. Tenaga tarik yang paling kuat ialah pada kutub sedangkan pada tengah-tengah kutub U-S tenaga hampir hilang atau tidak.

Disekitar magnet terdapat garis-garis gaya magnet, arah garis-garis gaya magnet dari kutub utara ke kutub selatan. Berbagai bentuk magnet arag garis gayanya sama yaitu dari kutub utara ke kutub selatan. Pada magneet yang mempunyai lebih dari satu kutub arah garis yang dari kutub utara ke kutub selatan yang paling berdekatan. Berikut ini merupakan contoh garis gaya pada beberapa bentuk magnet.



Gambar 2.12 Garis gaya magnet  
Sumber: Suryatmo (1995)

Dua buah magnet yang saling berdekatan akan terjadi gaya interaksi antara dua magnet tersebut. Kutub magnet yang sekutub apabila berdekatan akan menghasilkan interaksi gaya yang tolak-menolak, sedangkan kutub magnet yang tidak sekutub akan menghasilkan gaya yang tarik menarik.

### 2.9.1 Penggunaan Magnet sebagai Pereduksi *Chatter*

Pada dasarnya magnet dapat digunakan sebagai peredam. Pada magnet, peredaman dilakukan dengan memanfaatkan arus eddy yang dihasilkan oleh interaksi antar konduktor dan medan magnet. Gerakan antara konduktor dan medan magnet menghasilkan sirkulasi arus eddy di dalam konduktor. Arus eddy yang beredar ini akan menginduksi magnet sehingga aliran elektron dalam konduktor menciptakan medan magnet yang berlawanan dengan magnet sehingga menghasilkan gaya resistif. Hal itu akan berpengaruh terhadap amplitudo getaran yang terjadi dengan persamaan sebagai berikut:

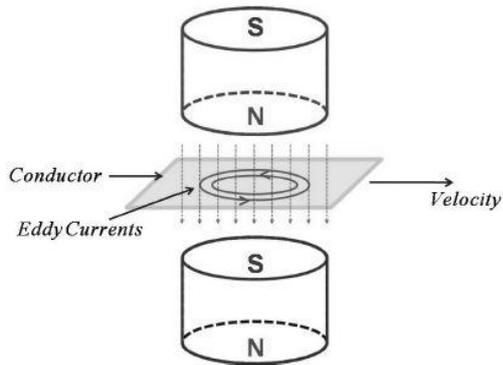
$$a_v = \frac{F_v}{\sqrt{4c_c^2 \omega_f^2 + (\omega_n^2 - \omega_f^2)^2}} \quad (2-12)$$

Sumber: Boothied (1996)

Dimana:

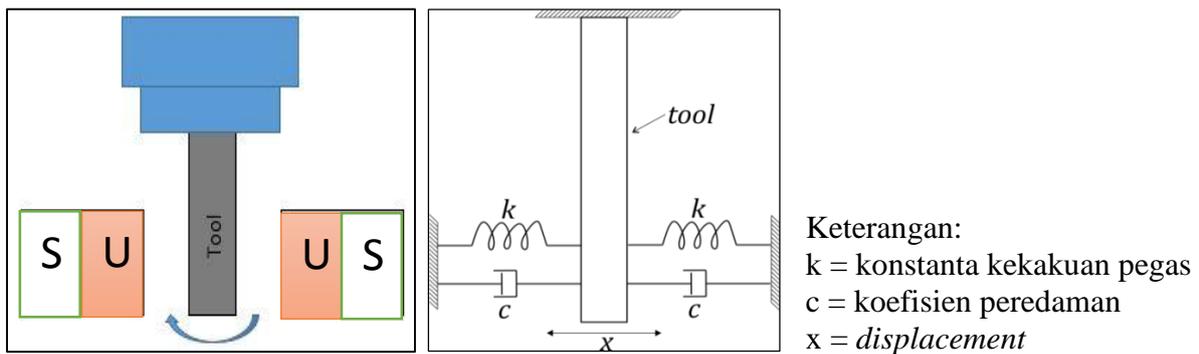
$a_v$  : Amplitudo getaran

$F_v$  : Gaya potong



Gambar 2.13 Konsep arus *eddy current*  
Sumber: Sung Bae (2009:2)

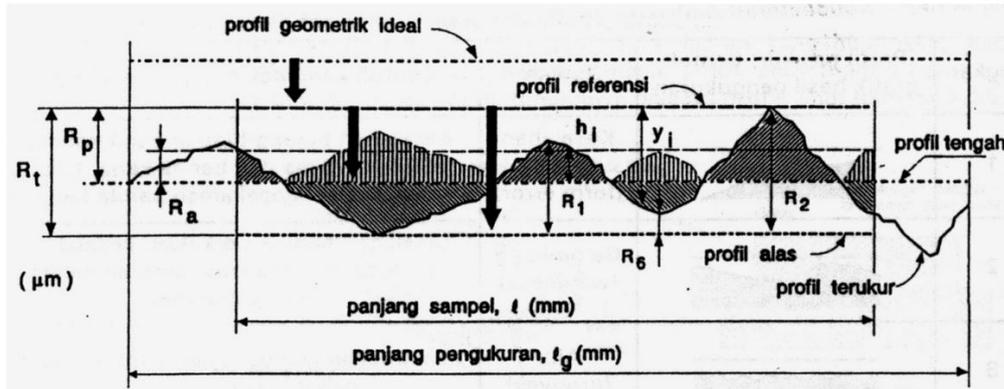
Pada mesin *milling*, cara dalam mengaplikasikan pemanfaatan arus *eddy* ini dilakukan dengan menempatkan medan magnet diantara *tool* yang akan bergerak berputar. Dengan menempatkan medan magnet diantara *tool* yang berputar ini, maka dihasilkan arus *eddy* pada *tool* yang akan menginduksi magnet. *Tool* ini akan memiliki polaritas yang berlawanan dari magnet sehingga akan menyebabkan timbulnya efek peredaman.



Gambar 2.14 (a) Ilustrasi penempatan magnet pada pahat, (b) Pemodelan getaran dan peredam pada pahat.

## 2.10 Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan (*surface roughness*) merupakan sebuah ketidakraturan 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 2.15 Profil kekasaran permukaan  
Sumber: Rochim (1993:56)

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:

1. Kedalaman total (*peak to valley height*),  $R_t$   
Kedalaman total merupakan jarak rata-rata antara profil referensi dan profil dasar.

2. Kedalaman perataan (*peak to mean lene*), Rp

Kedalaman perataan merupakan jarak rata-rata antara profil referensi dengan profil terukur, atau dengan kata lain jarak rata-rata profil referensi ke profil tengah.

3. Kekasaran rata-rata aritmetis (*mean roughness index*), Ra

Merupakan harga rata-rata aritmetis dari harga absolute antara profil terukur dengan profil profil tengah.

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

1. Tingkatan pertama adalah ketidakteraturan 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 ketidakteraturan yang membentuk seperti gelombang (*waviness*). Hal tersebut terbentuk karena adanya getaran pada saat proses pemotongan dan juga terjadi kesalahan penggunaan pekakas.
3. Tingkatan ketiga adalah ketidakteraturan 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 ketidakteraturan tingkatan pertama sampai ketidakteraturan tingkat keempat.

Tabel 2.2

Angka kekasaran (*ISO roughness number*) dan panjang sampel standar

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

Sumber: Rochim (1993)

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kekasaran permukaan ketika proses pemesian, 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.

Persamaan nilai kekasaran permukaan:

$$Ra = \frac{1}{l} \int_0^l [hi] dx \quad (2-13)$$

Sumber: Rochim (1993)

Keterangan:

Ra = Kekasaran Permukaan rata-rata ( $\mu\text{m}$ )

l = Panjang lengan (mm)

hi = Profil referensi

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

$$Ra = \frac{f^2}{32 NR} \quad (2-14)$$

Sumber: Groover (1995)

Dimana:

f = *feed* (mm/rev)

NR = *nose radius on the tool point* (mm)

## 2.11 Kerangka Pemikiran

Dalam penelitian ini menggunakan proses *slot milling* dengan *pre-existing slot*. *Pre-existing slot* adalah slot kecil yang diberikan terlebih dahulu pada benda kerja yang kemudian dilanjutkan dengan pemakanan *slot milling*.

Turunnya parameter pemotongan *feed* yang dapat dinyatakan dalam *feed rate* pada mesin, mempengaruhi penurunan kekasaran permukaan benda kerja dengan melihat persamaan (2-14) bahwa.

$$Ra = f \left( f^2, \frac{1}{NR} \right)$$

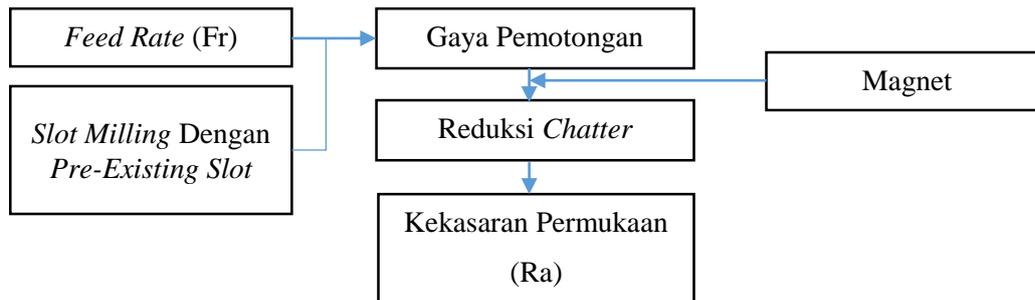
Penurunan *feed* akan mempengaruhi gaya pemotongan, sebab nilai *feed* berbanding lurus sesuai dengan persamaan (2-11) yang dinyatakan dalam fungsi.

$$F_v = f(a, f, \tau_{shi})$$

Untuk meningkatkan kualitas hasil produksi dilakukan pula dengan penggunaan magnet sebagai peredam *chatter*. Peredaman ini mempengaruhi penurunan amplitudo getaran sesuai dengan rumus (2-12), atau bisa dinyatakan dalam fungsi.

$$a_v = f\left(F_v, \frac{1}{n}, \frac{1}{z}\right)$$

Sehingga penurunan *feed* akan berpengaruh terhadap nilai amplitudo getarannya. Pengaruh tersebut berpengaruh pula terhadap penurunan kekasaran permukaan.



Gambar 2.16 Alur kerangka berpikir

## 2.12 Hipotesis

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

1. Penurunan *feed rate* pada proses *slot milling* dengan *pre-existing slot* akan menurunkan kekasaran permukaan benda kerja.
2. Penggunaan magnet pada proses *slot milling* dengan *pre-existing slot* akan didapat nilai *chatter* yang semakin turun dan nilai kekasaran permukaannya juga akan menurun.