

## BAB II

# WWW.itk.ac.id

## TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Proses Permesinan

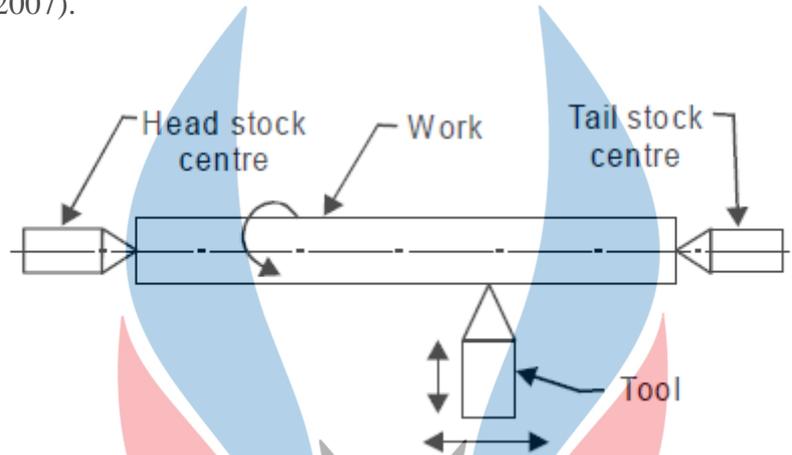
Proses pemesinan adalah proses lanjutan dalam membentuk benda kerja dan merupakan proses akhir setelah pembentukan logam menjadi bahan baku berupa besi tempa atau baja paduan atau dibentuk melalui proses pengecoran yang dipersiapkan dengan bentuk yang mendekati kepada bentuk benda yang diinginkan (Sugeng, Ucok Mulyono 2017).

Proses pemesinan menggunakan prinsip pemotongan logam dibagi dalam beberapa jenis diantaranya ialah, proses pemotongan dengan mesin pres, proses pemotongan secara konvensional dengan mesin perkakas, dan proses pemotongan secara non konvensional. Proses pemotongan dengan menggunakan mesin pres mencakup pengguntingan (*shearing*), pengepresan (*pressing*) dan juga penarikan (*drawing, elongating*). Proses pemotongan konvensional dengan mesin perkakas meliputi proses bubut (*turning*), proses frais (*milling*), sekrup (*shaping*). Proses pemotongan logam ini biasanya dinamakan dengan proses pemesinan, yang dilakukan dengan cara membuang bagian benda kerja yang tidak diperlukan menjadi geram (*chips*) sehingga membentuk benda kerja yang diinginkan. Dari semua prinsip pemotongan di atas akan dibahas tentang proses pemesinan dengan menggunakan mesin perkakas. Proses pemesinan merupakan proses yang paling banyak dilakukan untuk menghasilkan produk jadi yang berbahan baku berupa logam (Sugeng, Ucok Mulyono 2017).

### 2.2 Mesin Bubut

Mesin bubut atau dengan nama lain *lathe* merupakan mesin perkakas yang sangat banyak digunakan di seluruh dunia dalam bidang industri. Mesin bubut berfungsi untuk mengurangi sebagian volume benda kerja untuk mendapatkan ukuran sesuai dengan desain yang diinginkan. Pengerjaannya dengan cara

mencengkram benda kerja pada *spindle* atau *chuck*, kemudian benda kerja diputar dengan searah atau berlawanan jarum jam dengan mata potong pada satu titik untuk menghilangkan volume benda kerja dalam bentuk geram atau hasil sisa pemakanan. (Singh 2007).



Gambar 2. 1 Prinsip Kerja Mesin Bubut (Singh, 2007).

*Feed* atau pemakanan merupakan jarak pertemuan antara mata pahat potong dengan benda kerja dalam putaran *spindle*. Pada saat benda kerja dicengkram pada *spindle* dan berputar, eretan atau *toolpost* pahat juga ikut bergerak mengikuti alas potong bubut untuk memotong benda kerja (Singh 2007).

### 2.3 Kecepatan Pemakanan

Kecepatan pemakanan atau *cutting speed* pada mesin bubut dapat diartikan sebagai kecepatan dari mata pahat melewati permukaan benda kerja saat melakukan pemakanan. Kecepatan potong yang tepat pada benda kerja akan memperpanjang umur dari mata pahat dan membuat proses permesinan lebih efisien. Pada saat kecepatan menggunakan kecepatan potong yang rendah akan memperlambat proses permesinan dan mempengaruhi biaya pengerjaan karena waktu yang digunakan cenderung lambat, sedangkan saat kecepatan potong tinggi akan meningkatkan temperatur pada mata pahat dan dapat memperpendek umur dari mata pahat akibat keausan. Beberapa faktor yang mempengaruhi kecepatan pemakan yaitu (Singh 2007).

1. Jenis material yang akan dipotong
2. Jenis pahat yang digunakan

3. Bentuk dari jenis pahat
4. Kekuatan dari mesin dan benda kerja ,dan
5. Tipe pendingin apa yang digunakan

Perhitungan untuk mencari kecepatan potong ialah:

$$C_s = \frac{((3.14) \times D \times N}{1000} \quad (2.1)$$

Dimana:

$C_s$ : *Cutting Speed* (m/menit)

D: Diameter Benda Kerja Awal (m)

N: Kecepatan Putaran *Spindle* (Rpm)

## 2.4 *High Speed Steel* (HSS)

*High Speed Steel* bisa disebut juga sebagai baja berkecepatan tinggi merupakan alat perkakas yang penting dalam dunia pemesinan dalam bubut. Baja ini mengandung unsur paduan yang tinggi sehingga memiliki kemampuan kekerasan yang sangat baik dan dapat bertahan dalam kondisi pemotongan hingga 650°C. Untuk menjamin proses pengerjaan diperlukan material pahat yang lebih unggul daripada material benda kerja (Rochim, 1993).

HSS merupakan baja berkecepatan tinggi dengan bahan dasar molibdenum. HSS adalah baja yang memiliki kemampuan mesin yang cukup baik. Paduan dalam HSS memiliki perpaduan yang baik seperti ketahanan aus, ketangguhan dan juga memiliki sifat kekerasan tinggi, jenis HSS banyak digunakan sebagai alat perkakas seperti bor, pahat, bubut dan lain-lain.(ASTM M2 *Tool Steel*).

Tabel 2.1 *Physical Properties* Standart HSS Tiap Negara

| Negara  | Amerika   | German             | Jepang    |
|---------|-----------|--------------------|-----------|
| Standar | ASTM A600 | DIN EN ISO<br>4957 | JIS G4403 |
| Grade   | M2        | 1.3343             | SKH51     |

(\*ASTM M2 *Tool Steel*).

Tabel 2.2 *Physical Properties HSS*

| <i>Properties</i>            | <i>Nilai</i>             |
|------------------------------|--------------------------|
| <i>Density</i>               | 8138 kg/m <sup>3</sup>   |
| <i>Spesific Gravity</i>      | 8.15 kg/m <sup>3</sup>   |
| <i>Modulus of Elasticity</i> | 190 Gpa                  |
| <i>Thermal Conductivity</i>  | 41.5 W/m/°K              |
| <i>Machinability</i>         | 65% of a 1% Carbon Steel |

(\*ASTM M2 *Tool Steel*).

Tabel 2.3 *Mechanical Properties HSS*

| <i>Mechanical Properties</i>   | <i>Metric</i> |
|--|---------------|
| <i>Hardness, Rockwell C( tempered at 1150°F, Quenched at 2200°F)</i> | 62            |
| <i>Hardness, Rockwell C( as Hardened, Quenched at 2200°F)</i>        | 65            |
| <i>Yield Strength (pada saat 300°F)</i>                              | 3250 MPa      |
| <i>Izod impact unnotched( pad saat 300°F)</i>                        | 67 J          |
| <i>Abrasion ( as Hardened)</i>                                       | 25.8          |
| <i>Abrasion ( Tempered at 1275°F)</i>                                | 77.7          |
| <i>Poisson ratio</i>   | 0.27          |
| <i>Elastic Modulus</i>   | 190GPa        |

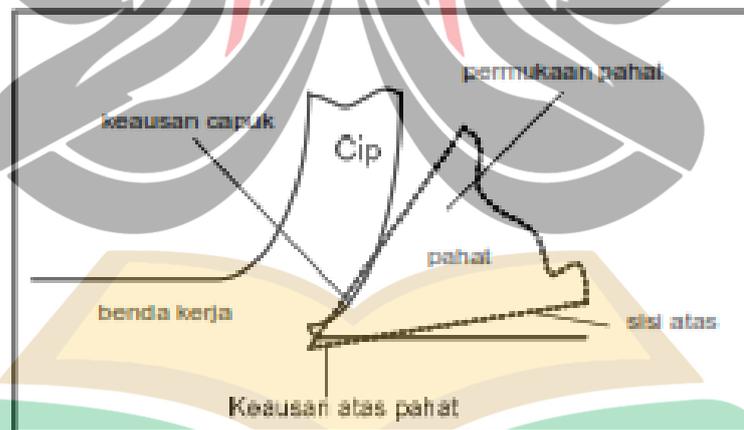
(\*ASTM M2 *Tool Steel*).

## 2.5 *Tool Wear*

Keausan terjadi selama proses pembentukan geram berlangsung akibat dari kontak antara mata pahat dengan material benda kerja yang mengakibatkan pahat akan mengalami tekanan serta peningkatan temperatur. Kontak yang terjadi antara mata pahat dengan benda kerja serta kontak antara geram dengan pahat menyebabkan keausan pada permukaan pahat. Keausan yang terjadi secara terus menerus dan secara berkala dapat menyebabkan perubahan bentuk dari mata pahat, dari perubahan bentuk mata pahat ini dapat meningkatkan *cutting force* diikuti dengan hasil permukaan benda kerja menjadi kasar dan menandakan bahwa mata pahat mencapai batas umurnya. Pada proses pemesinan pembubutan keausan pahat

terjadi karena beberapa faktor seperti beban yang terjadi pada pahat, kenaikan temperatur akibat dari gesekan antara mata pahat dengan benda kerja. (Kalpakjian and Schmid 2013)

Keausan pada mata pahat bubut dapat menyebabkan pahat berubah bentuk dari bentuk awalnya, sehingga dapat mempengaruhi dalam pemotongan. Keausan yang dibiarkan semakin lama akan mempengaruhi mata pahat dan mempengaruhi waktu dari hasil pemakanan, dan bila mata pahat mencapai pada tahap keausan maka harus dilakukan proses pengasahan kembali sehingga bentuk mata pahat kembali normal. Keausan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi umur panjang pahat, oleh sebab itu dibutuhkan memperhatikan keausan sebagai faktor yang penting dalam mempertimbangkan umur pahat. Keausan memiliki dua bagian yang penting yaitu, terjadi kontak antara mata pahat dengan material benda kerja. Keausan dapat membentuk kawah (*crater*) yang disebabkan kontak antara pahat dan benda kerja secara terus menerus, untuk yang selanjutnya merupakan keausan yang terjadi pada bagian pinggir pahat disebut dengan *flank* akibat dari *cutting force* yang tinggi, diperlukan menentukan titik kritis yang diperbolehkan agar dapat menangani keausan (Mustafa 2009).



Gambar 2.2 Penyebab Keausan Pahat (Mustafa, 2009)

## 2.6 Cutting Force

*Cutting force* merupakan gaya atau energi yang dibutuhkan dalam melakukan proses pemesinan terhadap material benda kerja, energi atau gaya yang dibutuhkan

dipengaruhi oleh beberapa keadaan seperti, kecepatan potong yang digunakan dalam proses pemesinan, *feed rate*, *depth of cut* pada benda kerja, material pahat yang dipilih, geometri pahat dan juga variasi *rake angle* yang digunakan. Bagian-bagian sudut pahat dibagi menjadi beberapa seperti sudut potong utama, sudut geram, dan sudut bebas. Sudut potong utama merupakan sudut yang berkontak langsung dengan material benda kerja dalam proses pemakanan sehingga membentuk geram. Pada sudut potong utama semakin kecil atau tajam maka dapat menitik beratkan kontak gaya terhadap pahat dengan material benda kerja ini memungkinkan untuk mempermudah dalam melakukan pemakanan, biasanya sudut potong utama yang tajam diaplikasikan kepada material benda kerja yang memiliki sifat ulet. Sudut geram mempengaruhi pembentukan geram dan tekanan pada saat pemotongan berlangsung hasil dari sudut potong utama. Sudut geram berfungsi untuk menerima sebaran gaya yang dihasilkan kontak antara sudut potong utama dengan benda kerja. Semakin besar sudut geram, maka semakin geram dibelokkan dan dibuang, sudut geram yang semakin kecil atau mengarah pada arah negatif akan meningkatkan gaya pada proses pemakanan diikuti dengan kenaikan temperatur akibat beban yang diterima lebih besar serta meningkatnya *cutting force*. Sudut geram yang kecil biasanya digunakan pada material benda yang keras atau getas. Sudut bebas merupakan sudut yang tidak bersinggungan langsung terhadap benda kerja, sudut ini terletak dibagian bawah pahat. Jika pada sudut bebas kecil, dapat menyebabkan kontak terhadap benda kerja yang mengakibatkan gesekan bertambah pada pahat dan dapat meningkatkan temperatur material sehingga dapat meningkatkan keausan pada pahat (Ardinta 2011).

Proses permesinan sangat banyak jenisnya dan pembubutan merupakan salah satu proses pemesinan yang sering digunakan dalam dunia industri dalam membentuk material benda mentah menjadi produk barang jadi yang siap dipasarkan ataupun sebagai tahap proses pemesinan berikutnya. Pada proses pemesinan pembubutan saat pemilihan parameter pemotongan pada proses permesinan dapat memberikan efek terhadap perubahan kondisi, umur pahat, permukaan benda kerja, lama waktu pemesinan, gaya, dan daya pemotongan. Pahat memiliki sudut potong utama yang digunakan untuk proses pemakanan pada benda kerja, gesekan yang terjadi terus menerus pada sudut potong utama secara terus

menerus dapat menyebabkan keausan serta mempengaruhi kekasaran pada material benda kerja (Lubis, Rosehan, and Wiguna 2018).

## 2.7 *Finite Element Method (FEM)*

*Finite element method* atau metode elemen hingga merupakan proses numerik yang dipergunakan untuk memecahkan masalah *engineering* dengan tingkat ketelitian yang dapat diterima, menggunakan pendekatan numerik dengan variasi yang luas. Pendekatan numerik sudah dikembangkan selama bertahun-tahun dipergunakan untuk bentuk geometri yang cukup kompleks, Elemen yang dipergunakan memiliki beberapa bentuk seperti segitiga dan juga kuadrilateral secara linear ataupun kuadrat sebagai contoh elemen tipe elemen hingga, dihubungkan dengan nodal dan nodal nodal ini membentuk suatu jaringan yang dapat disebut dengan *mesh*. *Finite element method* adalah salah satu metode diskretisasi sebagai teknik untuk mendapat solusi pendekatan dari suatu persamaan diferensial parsial dan persamaan integral, simulasi elemen hingga diklasifikasikan menjadi dua permodelan yaitu permodelan matematika dan juga model fisik. Penelitian ini menampilkan penggunaan metode elemen hingga dalam proses pemakanan logam, dengan menampilkan masalah terkait pemesian ortogonal dalam proses pembentukan *chip* akibat pertemuan mata pahat dengan benda kerja (Pranata 2019).

Pada proses pemotongan logam menggunakan banyak variabel seperti variabel independen dan dependen. Variabel independen merupakan masukan yang ditentukan oleh *operator* untuk membatasi secara langsung. Ada beberapa hal yaitu seperti, jenis material benda kerja dan material dari pahat, ukuran volume benda kerja, permodelan pada pahat potong, proses permesinan yang digunakan, parameter pemotongan (pemakanan, kecepatan, *depth of cut*) dan juga menggunakan atau tidak menggunakan cairan pendinginan. Jenis parameter yang digunakan pada saat proses permesinan menentukan banyak hal dari variabel dependen. Variabel dependen atau hasil dari variabel independen merupakan gaya potong dan pemakanan, hasil permukaan benda kerja, keausan mata pahat, dan kegagalan pahat, ukuran dan sifat hasil produk. Keausan merupakan faktor yang

cukup penting pada permesinan yang berhubungan dengan biaya produksi, dimana saat pengerjaan yang lama akan meningkat biaya produksi dan menghambat produktivitas. (Priyadarshini, Pal, and Samantaray 2012).

## 2.8 *Orthogonal Cutting Model*

Pemotongan secara orthogonal merupakan pemotongan dengan cara diproyeksikan secara 2 dimensi. Pada saat proses pemotongan berlangsung mata pahat terjadi kontak dengan benda kerja, saat bersentuhan itu terjadi deformasi plastik pada material benda kerja dan hasil sisa dari pemotongan pada permukaan benda kerja disebut dengan geram. Pada area deformasi plastik dikenal sebagai bidang geser yang terjadi diantara geram dan benda kerja yang tidak terdeformasi. Berdasarkan sudut yang digunakan pahat, pemotongan benda dibedakan menjadi dua yaitu, pemotongan orthogonal dan pemotongan *oblique* (Priyadarshini et al. 2012)

Pemotongan orthogonal yang dikenal dengan pemotongan dua dimensi, dimana sudut potong terbentuk tegak lurus terhadap arah kecepatan potong. Pemotongan orthogonal merupakan bentuk sederhana dari pemotongan *oblique* digambarkan hampir serupa sehingga pada analisis pemotongan orthogonal dapat digunakan juga pada pemotongan *oblique*. Sedangkan pada pemotongan *oblique* merupakan pemotongan yang diproyeksikan dengan 3 dimensi yang biasa digunakan pada saat proses permesinan. (Priyadarshini et al. 2012)

## 2.9 AISI 4340

Benda kerja yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja AISI 4340. Pemilihan bahan baja AISI 4340 ini karena banyak dipakai untuk pembuatan komponen permesinan pada bidang *automotive* dan *aircraft*. Permodelan menggabungkan tingkat dan temperature termasuk pada *yield stress*, model konstituitif yang dikembangkan oleh Jhonson dan Cook menggambarkan tegangan material dengan produk regangan, laju efek suhu dan laju regangan dalam persamaan dibawah dan juga karakteristik dari material sebagai berikut.

Pada penelitian ini, FEA permesinan baja AISI 4340 diselidiki dan konstanta model bahan J-C diberikan pada Tabel 2.5 (Atul Jadhav and Milind Ramgir 2015).

$$\bar{\sigma} = [A + B(\bar{\epsilon})^n][1 + C \ln \left( \frac{\dot{\bar{\epsilon}}}{\dot{\bar{\epsilon}}_0} \right)] \left( 1 - \frac{T - T_{room}}{T_{melt} - T_{room}} \right)^m \quad (2.2)$$

Tabel 2. 4 Jhonson Cook *Parameters*

| Material               | AISI 4340 |
|------------------------|-----------|
| A (MPa)                | 792       |
| B (MPa)                | 510       |
| n                      | 0.26      |
| C                      | 0.014     |
| m                      | 1.03      |
| T <sub>melt</sub> (°C) | 1520      |
| Tr(°C)                 | 20        |

(Atul Jadhav and Milind Ramgir 2015)

Tabel 2.5 *Parameter Jhonson-Cook damage*

| Material                               | AISI4340 |
|--|----------|
| Initial failure strain, d <sub>1</sub> | 0.05     |
| Exponential factor, d <sub>2</sub>     | 3.44     |
| Triaxiality factor, d <sub>3</sub>     | -2.12    |
| Strain rate factor, d <sub>4</sub>     | 0.002    |
| Temperatur factor, d <sub>5</sub>      | 0.61     |

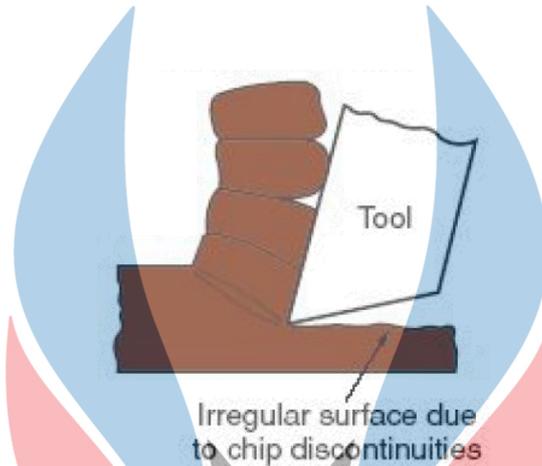
(Reza 2018)

## 2.10 *Chip Morphology*

*Chip morphology* merupakan aspek yang sangat penting dan biasa digunakan untuk melakukan evaluasi pada kinerja pemesinan. Dari *chip morphology* juga menyediakan informasi yang cukup berguna untuk permodelan alat perkakas atau mata pahat, dari *rake angle* yang digunakan dapat menghasilkan *chip morphology*

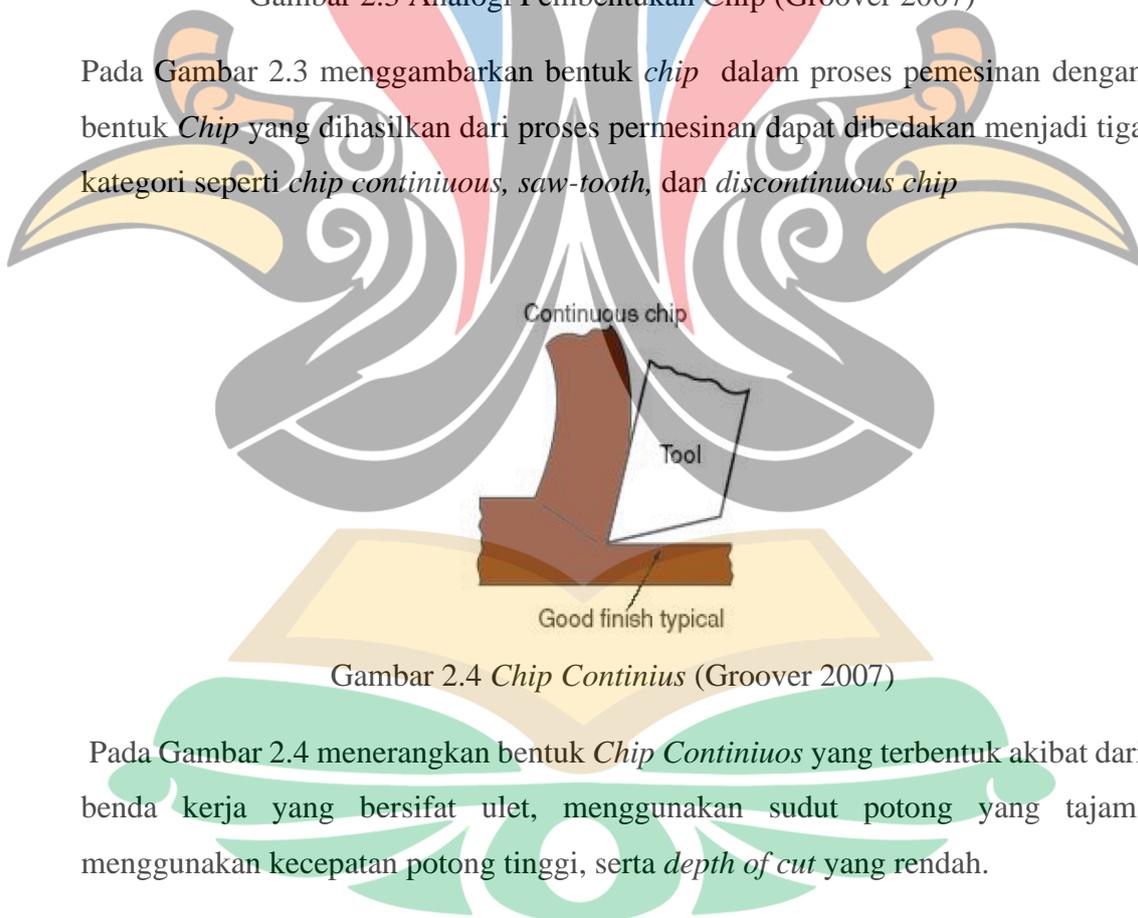
yang berbeda. *Chip* sendiri dapat diartikan sebagai geram atau hasil sisa dari pemakanan proses pemesinan (Rathi et al. 2014).

www.itk.ac.id



Gambar 2.3 Analogi Pembentukan Chip (Groover 2007)

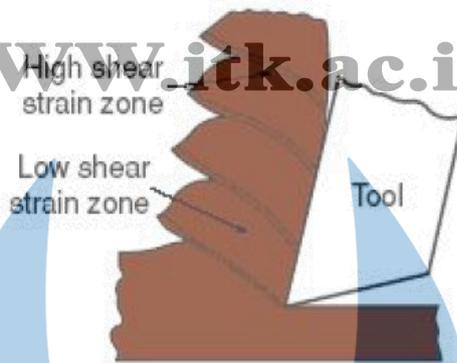
Pada Gambar 2.3 menggambarkan bentuk *chip* dalam proses pemesinan dengan bentuk *Chip* yang dihasilkan dari proses permesinan dapat dibedakan menjadi tiga kategori seperti *chip continuous*, *saw-tooth*, dan *discontinuous chip*



Gambar 2.4 *Chip Continuos* (Groover 2007)

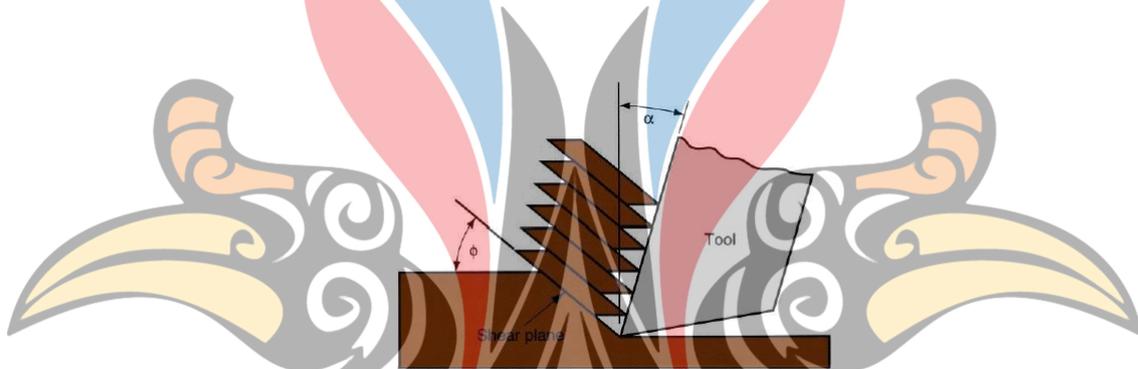
Pada Gambar 2.4 menerangkan bentuk *Chip Continuos* yang terbentuk akibat dari benda kerja yang bersifat ulet, menggunakan sudut potong yang tajam, menggunakan kecepatan potong tinggi, serta *depth of cut* yang rendah.

www.itk.ac.id



Gambar 2.5 Chip Saw-Tooth (Groover 2007)

Pada Gambar 2.5 menggambarkan bentuk *chip saw-tooth* terbentuk karena benda kerja yang digunakan terlalu keras sehingga terbentuk *chip* seperti mata gerjaji.



Gambar 2.6 *Chip Discontinuous* (Groover 2007)

Pada Gambar 2.6 menggambarkan bentuk *Chip discontinuous* terbentuk akibat bahan dari benda kerja bersifat getas, menggunakan pemotongan kecepatan rendah, dan menggunakan *depth of cut* yang besar (Groover 2007).

## 2.11 Penelitian Terdahulu

Berikut merupakan rangkuman dari penelitian terdahulu yang memiliki keterkaitan dengan penelitian yang akan dilaksanakan, yang bertujuan untuk mendapatkan materi dan referensi yang sesuai.

Tabel 2.6 Penelitian Terdahulu

| No | Nama dan tahun publikasi          | Hasil   |
|----|-----------------------------------|---|
| 1. | (Thamrin, Fiqhi, and Twista 2018) | Dari hasil simulasi proses pembubutan Ti-6 Al-4v, dengan <i>rake angle</i> terhadap ketebalan <i>chip</i> yaitu 1.1554 mm untuk |

| No | Nama dan tahun publikasi             | Hasil  |
|----|--------------------------------------|--|
|    |                                      | sudah geram 5°, 1.3473 mm dengan sudut geram 10° dan 1.5408 mm dengan sudut geram 15°. Kenaikan tegangan ini bisa karena panjang kontak antara geram dan pahat dimana bisa berakibat kenaikan temperatur mengakibatkan tegangan naik.                    |
| 2. | (Atul Jadhav and Milind Ramgir 2015) | Pada simulasi <i>finite element</i> permesinan menggunakan baja AISI 4340 berhasil menggunakan aplikasi ABAQUS/ <i>Explicit</i> 6.11. Pada setiap kedalaman makan, gaya pemotongan terlihat meningkat, seiring meningkatnya <i>displacement</i> .        |
| 3. | (Permanasari and Anggriawan 2012)    | Simulasi yang dilakukan dapat dilihat pengaruh <i>feed rate</i> dan <i>depth of cut</i> meningkat maka nilai temperatur nilai pahat meningkat. Dapat diketahui semakin besar <i>depth of cut</i> dan <i>cut feed</i> maka semakin besar gaya pemotongan. |