

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kajian Pustaka**

Nusyirwan (2007) melakukan perancangan dan pembuatan mesin *thermoforming* menggunakan lembaran plastik berbahan *polystyrene* (HIPS) dan *polyethylene tereftalat* (PET). Dengan proses pemanasan 120°C, waktu pemanasan selama 3 detik sedangkan untuk proses *vacuum* dan proses pendinginan selama 2 detik. Dengan daya *vacuum* 0,05 Mpa, dengan produksi yang dicapai dapat diperoleh kecepatan produksi maksimal 360 kali proses dan kapasitas produksi maksimum  $\pm 720$  produk/jam.

Ghani et al (2014) melakukan pengujian menggunakan lembaran plastik berbahan *polyethylene terephthalate* (PET) berukuran 30 cm x 34 cm dengan ketebalan 0,25 mm dan 0,35 mm menggunakan temperatur pemanas konstan sebesar 200°C. Menggunakan 4 variasi tekanan *vacuum* yaitu; 0,979 bar, 0,959 bar, 0,929 bar dan 0,909 bar. Dalam pengujianya untuk proses mencetak lembaran plastik diperoleh tekanan *vacuum* terbaik 0,909 bar dengan ketebalan 0,25 mm dan 0,35 mm.

Nuari (2017) melakukan analisa *thermoforming* pada proses membentuk plastik lembaran dengan ketebalan  $\pm 0.25$  mm menjadi berbagai bentuk produk plastik. Dilakukan penelitian terhadap transfer panas pada sistem pendinginan suatu produk, dimana sistem dibuat dari bahan aluminium murni yang memiliki nilai konduktifitas thermal sebesar 237 W/m.K dengan desain lama diameter dalam tabung sebesar 180 mm sedangkan yang baru sebesar 220 mm. Energi panas yang dihasilkan material plastik PVDC sebesar 57.385 Watt. Berdasarkan hasil perhitungan didapat nilai energi yang mampu ditransfer desain lama sebesar 49.526 Watt dan desain baru sebesar 82.345 Watt. Dalam perhitungan desain lama tidak mampu mentransfer energi panas yang dibawa material dan desain baru mampu mentransfer energi panas sebesar energi yang dibawa oleh plastik, hal ini bertujuan untuk selalu menjaga permukaan cetakan berada di temperatur yang di tentukan.

Irwansyah (2017) melakukan perancangan desain mesin *vacuum forming* dengan ukuran maksimal cetakan (*Mold*) 400 x 300 x 150 (mm). Bahan yang digunakan *polystyren (PS)* dengan panjang 420 (mm), lebar 320 (mm) dan ketebalan 0,5 sampai 2 (mm), dengan cara memanaskan lembaran plastik menggunakan 2 unit pemanas *heater* masing-masing 250 watt/unit, menggunakan *vacuum cleaner* dengan daya tekanan *vacuum (max)* : 20 kPa (20.000 Pa) dan *airflow (max)* : 26,6 1/s (0,0266 m<sup>3</sup>/dt). Mesin *vacuum forming* adalah salah satu metode sederhana yang dilakukan dengan memberikan perlakuan panas pada lembaran plastik hingga lunak (tidak mencapai titik leleh) kemudian dibentuk menggunakan cetakan dengan memberikan tekanan *vacuum*.

Berdasarkan penelitian dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa dalam pembuatan mesin *thermoforming* menggunakan lembaran plastik terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi dalam pembentukannya, mulai dari jenis plastik, temperatur panas dan tekanan *vacuum*. Jenis plastik yang digunakan *polysteyrene (PS)* berukuran panjang 420 (mm) dan lebar 320 (mm) dengan ketebalan 0,5 sampai 2 (mm). Pemanas yang digunakan berjumlah 2 unit *heater* dengan masing-masing 250 watt/unit. Dengan daya tekanan *vacuum (max)* : 20 kPa (20.000 Pa) dan *airflow (max)* : 26,6 1/s (0,0266 m<sup>3</sup>/dt) menggunakan mesin *vacuum cleaner*. Dari hasil perancangan tersebut perlu adanya tindak lanjut untuk merealisasikan dan melakukan pengujian dari hasil produk. Dengan demikian dalam penelitian kali ini melakukan pembuatan manual mesin *thermoforming* dengan metode *vacuum* untuk bahan *polymethyl methacrylate (PMMA)*.

## 2.2 Dasar Teori

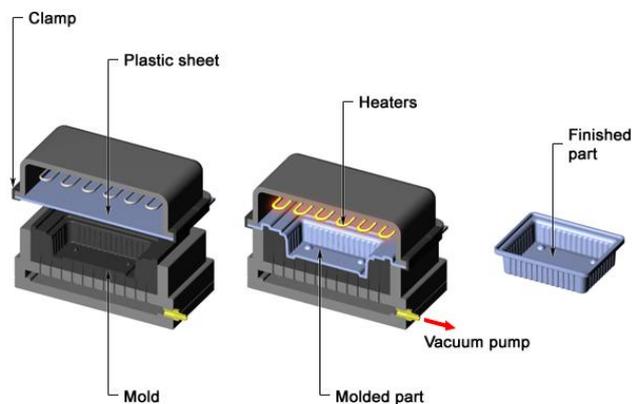
### 2.2.1 Thermoforming

*Thermoforming* adalah suatu proses pembentukan lembaran plastik, dimulai dengan memanaskan dan kemudian membentuk lembaran plastik untuk mendapatkan hasil dari bentuk yang diinginkan dengan cara *vacuum* (penghisap) atau *pressure* (penekan) ke cetakan (*mold*), proses ini banyak digunakan dalam pembentukan kemasan produk plastik (Irwansyah, 2017).

Mekanisme *thermoforming* secara sederhana terbagi atas beberapa metode pembentukan lembaran plastik mulai dari *vacuum forming*, *pressure forming* dan *mechanical forming* untuk mendapatkan hasil yang diinginkan.

#### 1. *Vacuum forming*

Pada proses ini, lembaran plastik yang di panaskan diletakan pada *mould* dan selanjutnya menggunakan tekanan udara sehingga lembaran plastik berubah menjadi bentuk sesuai cetakan (Baliram et al, 2018). Perhatikan pada (Gambar.2.1) dibawah ini:



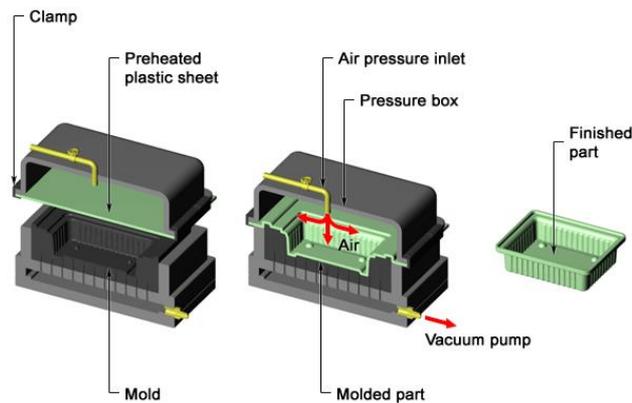
Copyright © 2008 CustomPartNet

**Gambar 2.1** Proses *Vacuum forming*

(Sumber: [www.coustompartnet.com](http://www.coustompartnet.com))

## 2. *Pressure forming*

Pada proses ini, pembentukan lembaran plastik yang sudah dipanaskan kemudia ditekan kedalam rongga  *mold*  sampai lembaran plastik membentuk dengan sempurna sesuai pada rongga cetakan (Julianti, 2014). Dalam prosesnya bisa dilihat pada Gambar 2.2.

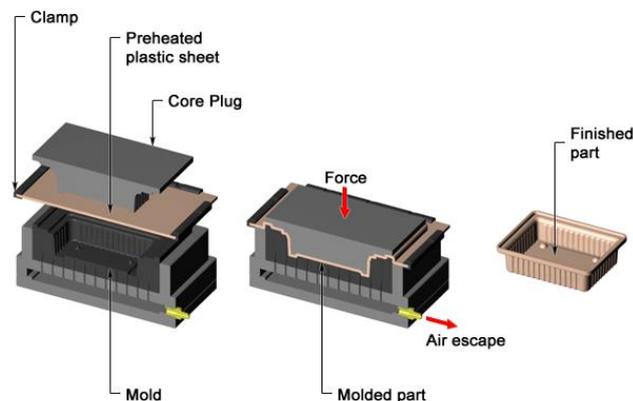


Copyright © 2008 CustomPartNet

**Gambar 2.2** Proses *pressure forming* (Sumber: [www.coustompartnet.com](http://www.coustompartnet.com))

## 3. *Mechanical forming*

Pada proses ini, lembaran plastik yang sudah dipanaskan dibentuk secara langsung menggunakan kekuatan mekanik dengan mendorong lembaran plastik ke rongga cetakan hingga menyerupai bentuk pada  *mold* . Dengan lebih jelas bisa dilihat pada (Gambar 2.3) di bawah ini:



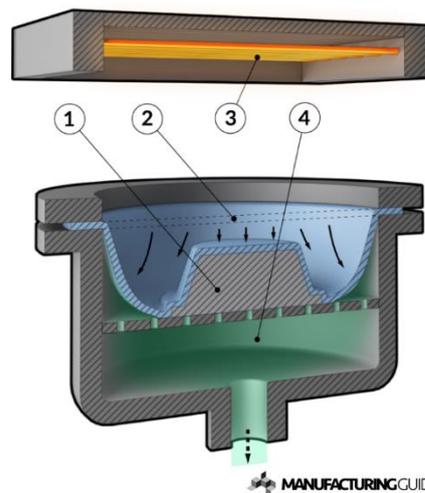
Copyright © 2008 CustomPartNet

**Gambar 2.3** Proses *mechanical forming* (Sumber: [www.coustompartnet.com](http://www.coustompartnet.com))

### 2.2.2 Vacuum forming

Proses pembentukan lembaran plastik menggunakan metode *vacuum forming* yang banyak digunakan dalam prosesnya dipengaruhi beberapa parameter dalam pekerjaannya yaitu: ketebalan dan jenis plastik, temperatur pemanas dan *pressure* yang digunakan (Ghani et al, 2014).

*Vacuum forming* adalah proses pembuatan produk plastik yang umum dan sederhana melalui proses pemanasan dan tekanan. Selama proses pembuatan, lembaran plastik dipanaskan selanjutnya di bentuk dengan mengurangi tekanan udara, pemanas di dekatkan ke lembaran plastik sampai melunak kemudian pemanas di jauhkan dan melakukan pengisapan udara (Nusyirwan, 2007). Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada (Gambar 2.4) di bawah ini:



**Gambar 2.4** Langkah-langkah proses *vacuum forming*

(sumber: [www.manufacturingguide.com](http://www.manufacturingguide.com) )

Langkah-langkah dalam proses pembentukan lembaran plastik dengan metode *vacuum forming* antara lain: (1) meletakkan cetakan dalam proses pembentukan (2) lembaran plastik di jepit pada area pembentukan dan melakukan proses pemanasan (3) setelah lembaran plastik lunak sampai suhu sesuai untuk di proses (4) pengisapan udara untuk membuat ruangan dan cetakan hampa udara dan lembaran plastik menyesuaikan bentuk.

### 2.2.3 Polymethyl Methacrylate (PMMA)

*Polymethyl Methacrylate* yang lebih dikenal *acrylic* adalah bahan yang sangat luas penggunaannya mulai dari dalam ruangan maupun luar ruangan. Bahan dengan sifat transparan dan ketahanannya dalam bentuk lembaran dengan merek dagang *plexiglas, vitroflex, perspex, limacryl, acrylite, acrulplast, altuglas*, dan *lucite* yang sering digunakan dalam berbagai aplikasi seperti lampu kendaraan, monitor, lensa kaca mata, dan bahan pelapis pada material pesawat (Pawar, 2016).

Produk berbahan *Polymethyl Methacrylate* banyak digunakan dalam berbagai proses pembentukan produk plastik dengan pengolahan yang umum digunakan pada proses *injection molding* dan *thermoforming* dengan menentukan karakteristik dari hasil produk yang diinginkan (Mujiarto, 2005). Dalam kegunaannya bisa dilihat pada (Tabel 2.1) di bawah ini:

**Tabel 2.1** Simbol dan kegunaan produk *Polymethyl Methacrylate*

No	Nama Polymer	Simbol	Kegunaan	Gambar
1	<i>Polymethyl Methacrylate</i> (PMMA)		Dalam industri otomotif, lensa kaca mata, bahan pelapis material pesawat, monotor dll.	 Ketebalan 0.20 mm

Proses pengaplikasian bahan *Polymethyl Methacrylate* sangat tidak terbatas pada ruang-ruang tertentu, antara lain:

- a) Arsitektur dan kontruksi
- b) Otomotif dan transportasi
- c) Kaca otomotif
- d) Elektronik dan energi
- e) Mebel dan desain
- f) Penerangan
- g) Medis dan kesehatan
- h) Komunikasi visual

### 2.2.4 Pemotongan

Proses pemotongan (*cutting*) benda kerja adalah suatu proses untuk mendapatkan bentuk dan ukuran sesuai dengan yang di rencanakan. Mesin gerinda ialah salah satu mesin perkakas untuk melakukan pemotongan dan memisahkan benda kerja dengan tujuan tertentu (Schey, 2009).

#### 1. Mesin gerinda tangan

Merupakan mesin yang bertujuan untuk merapihkan benda kerja dari hasil proses pemotongan dan pengelasan. Mesin ini bisa juga di gunakan untuk pemotongan pada benda kerja yang sulit untuk di jangkau.



**Gambar 2.5** Mesin gerinda tangan

(Sumber: [www.bosch-pt.co.id](http://www.bosch-pt.co.id) )

#### 2. Mesin gerinda potong

Merupakan mesin untuk memotong benda kerja sesuai ukuran atau pola yang sudah di buat. Dalam proses pengerjaanya pisau potong berputar kemudian benda kerja di jepit agar pada saat pemotongan tidak bergeser.



**Gambar 2.6** Mesin gerinda potong

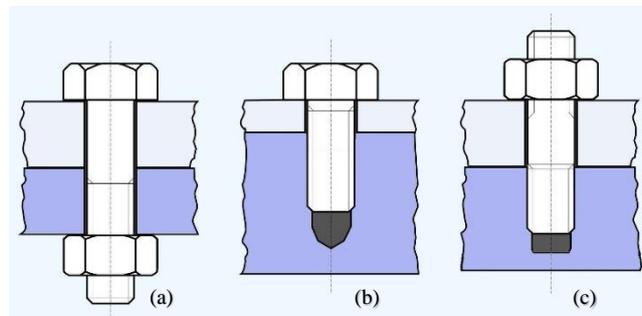
(Sumber: [www.bosch-pt.co.id](http://www.bosch-pt.co.id) )

### 2.2.5 Penyambungan

Penyambungan adalah suatu proses pengikat antarara dua benda kerja untuk saling berhubungan satu sama lain, dalam prosesnya terbagi menjadi beberapa mekanisme pengerjaannya antara lain:

#### 1. Penyambungan menggunakan baut

Dalam prosesnya sebagai perekat antara *frame* dengan *cover* pada alat/mesin dengan tujuan mempermudah dalam melakukan proses pembongkaran dan pemasangan. Baut penyambung di bagi atas beberapa jenis yaitu: (a) baut tembus, (b) baut tap dan (c) baut tanam (Handra dan Brazi, 2014). Dapat dilihat pada (Gambar 2.7).

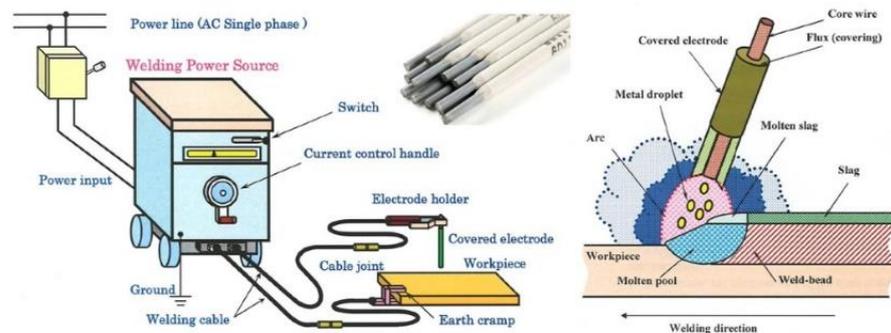


**Gambar 2.7** Jenis baut penyambung

(Sumber: [www.mechanical-engg.com](http://www.mechanical-engg.com))

#### 2. Pengelasan

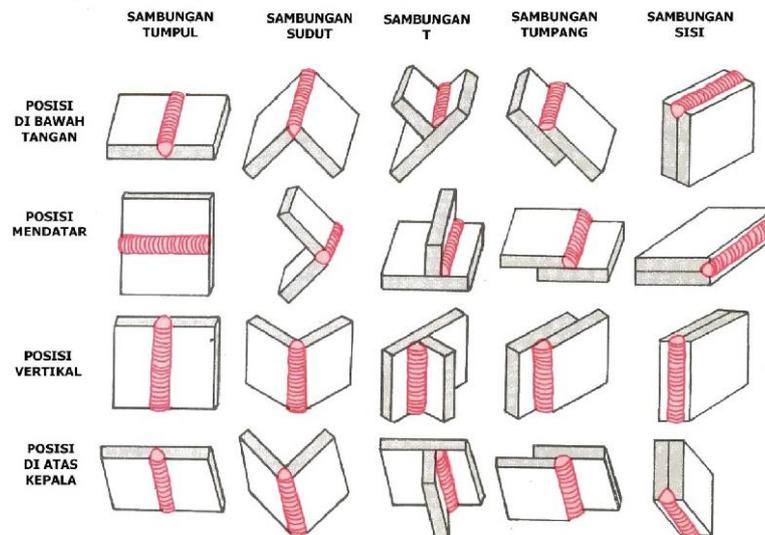
Proses pengelasan (*welding*) menggunakan *Shield Metal Arc Welding* (SMAW) atau biasa dikenal dengan las listrik dengan proses mencairkan logam dan elektroda menggunakan energi panas (Huda et al, 2013). Dalam prosesnya bisa dilihat (Gambar 2.8) di bawah ini:



**Gambar 2.8** Pralatan dan proses *Shield Metal Arc Welding* (SMAW)

(Sumber: [www.weldingis.com](http://www.weldingis.com))

Metode penyambungkan material pembuatan rangka alat/mesin dengan pengelasan menggunakan berbagai jenis posisi sambungan mulai dari sambungan tumpul, sambungan sudut, sambungan T, sambungan tumpang dan sambungan sisi. Untuk lebih jelas bisa dilihat pada (Gambar 2.9) di bawah ini:



**Gambar 2.9** Posisi pengelasan

(Sumber: [www.pengelasan.com](http://www.pengelasan.com))

### 2.2.6 Pengeboran

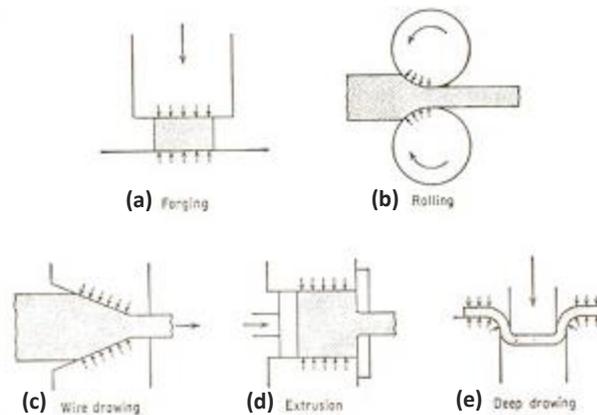
Pengeboran (*drilling*) adalah proses melubangi dan memperbesar lubang pada benda kerja dengan menggunakan mata bor sesuai diameter yang diinginkan (Schey, 2009). Dalam prosesnya pengeboran dibagi atas beberapa jenis kegunaannya dan yang umum di gunakan yaitu (a) mesin bor tangan sedangkan (b) mesin bor duduk. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada (Gambar 2.10).



**Gambar 2.10** Jenis mesin bor (Sumber: [www.krisbow.com](http://www.krisbow.com))

### 2.2.7 Pelengkungan

Pelengkungan (*bending*) dalam prosesnya merupakan pembentukan benda kerja yang mengalami proses perubahan bentuk dari tegak lurus menjadi lengkung (Wibowo et al, 2014).



**Gambar 2.11** Proses pelengkungan (Sumber: [www.teknikmesinzone.com](http://www.teknikmesinzone.com))

Proses pembentukan terbagi atas beberapa tahapan pengerjaan antaranya:

*a. Forging*

Pembentukan dengan menekan benda kerja untuk mengubah bentuk dan ukuran sesuai apa yang di rencanakan.

*b. Rolling*

Pembentukan dengan proses pengurangan ketebalan benda kerja menggunakan sepasang roll atau lebih yang berputar dengan menekan benda kerja sesuai proses pengerjaan.

*c. Wire drawing*

Pembentukan dengan cara menarik benda kerja menggunakan batang kawat melalui cetakan dengan gaya tarik yang bekerja ke luar.

*d. Extrusion*

Pembentukan dengan proses penekanan benda kerja yang mengalir melalui cetakan sehingga menghasilkan benda kerja yang diinginkan.

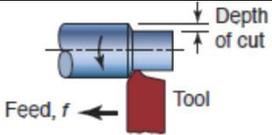
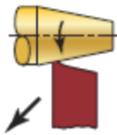
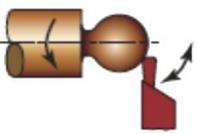
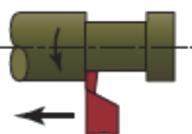
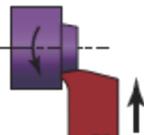
*e. Deep drawing*

Pembentukan dengan melakukan penekanan terhadap benda kerja bagian tengah dari lembaran ke bentuk tabung.

### 2.2.7 Pemakanan

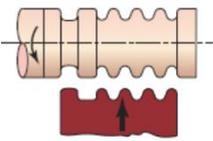
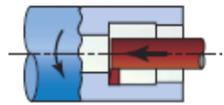
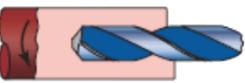
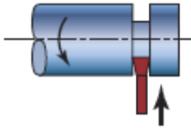
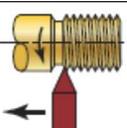
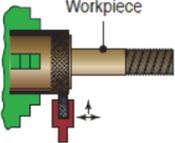
Proses permesinan dengan gerak utama berputar melakukan pemakanan benda kerja sesuai bentuk yang diinginkan menggunakan alat potong (Sastal, 2018). Dalam prosesnya terbagi atas beberapa macam pengerjaannya dari proses pemakanannya antara lain: *Straight turning*, *Taper turning*, *Profiling*, *Tuning and external grooving*, *Facing*, *Face grooving*, *Cutting with a form tool*, *Boring and internal grooving*, *Drilling*, *Cutting off*, *Threading*, dan *Knurling* untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada (Tabel 2.2) dibawah ini.

**Tabel 2.2** Pengerjaan proses pemakanan

No	Gambar	Proses	Penjelasan
1		<i>Straight turning</i>	Sebagai proses mengurangi diameter benda kerja dengan pisau potong memanjang.
2		<i>Taper turning</i>	Sebagai proses mengurangi diameter benda kerja dengan hasil akhir benda kerja tirus.
3		<i>Profiling</i>	Sebagai proses mengurangi diameter benda kerja dengan hasil akhir benda kerja dengan bentuk radius.
4		<i>Tuning and external grooving</i>	Sebagai proses mengurangi benda kerja bagian tertentu yang memiliki diameter lebih kecil dengan lebar tertentu.
5		<i>Facing</i>	Sebagai proses penyayatan dengan mengurangi panjang benda kerja.
6		<i>Face grooving</i>	Sebagai proses pemakanan diameter benda kerja untuk membuat celah alur pada ujung benda kerja.

(Sumber Gambar: [www.me-mechanicalengineering.com](http://www.me-mechanicalengineering.com) )

Lanjutan Tabel 2.2 Pengerjaan proses pemakanan

No	Gambar	Proses	Penjelasan
7		<i>Cutting with a form tool</i>	Sebagai proses pembuatan bentuk khusus sehingga memerlukan pisau potong khusus sesuai benda kerja.
8		<i>Boring and internal grooving</i>	Sebagai proses untuk memperbesar diameter dalam benda kerja.
9		<i>Drilling</i>	Sebagai proses pembuatan lubang benda kerja.
10		<i>Cutting off</i>	Sebagai proses dalam pembuatan alur dengan lebar dan kedalaman sesuai benda kerja.
11		<i>Threading</i>	Sebagai proses pembuatan ulir bagian luar benda kerja.
12		<i>Knurling</i>	Sebagai proses pembuatan permukaan benda kerja dengan kontur alur melintang dan menyilang.

(Sumber Gambar: [www.me-mechanicalengineering.com](http://www.me-mechanicalengineering.com) )