

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Teori

2.1.1 Pengertian *Bending*

Bending merupakan pengerjaan dengan cara memberikan tekanan pada bagian tertentu sehingga terjadi deformasi plastis pada bagian yang diberi tekanan. Sedangkan proses *bending* merupakan proses penekukan atau pembengkokan menggunakan alat *bending* manual maupun menggunakan mesin *bending*. Pada dasarnya proses *bending* plat dibagi menjadi beberapa macam, diantaranya (Aris, 2014) :

a. *Angle Bending*

Angle bending merupakan pembentukan plat dengan menekuk bagian tertentu pada plat untuk mendapatkan hasil tekukan yang diinginkan. Selain menekuk, pengerjaan ini juga dapat memotong plat yang disisipkan dan membuat lengkungan sudut sampai kurang lebih memenuhi lembaran. Contoh hasil pengerjaan seperti potongan plat bentuk L, V, dan U.

b. *Press Brake Bending*

Press brake bending merupakan suatu pekerjaan *bending* yang menggunakan tekanan dan cetakan. Proses ini membentuk plat yang diletakkan diatas cetakan lalu ditekan oleh penekan dari atas sehingga mendapatkan hasil tekukan yang serupa dengan cetakan. Umumnya, cetakan berbentuk U, W, dan ada juga yang memiliki bentuk tertentu.

c. *Draw Bending*

Draw bending yaitu pekerjaan mencetak plat dengan menggunakan *roll* penekan dan cetakan. *Roll* yang berputar menekan plat dan mendorong kearah cetakan. Pembentukan dengan *draw bending* ini sangat cepat dan menghasilkan produk lebih banyak, tetapi kelemahannya yaitu pada benda yang mengalami *spring back* terlalu besar akan menghasilkan

produk yang kurang maksimal.

d. Roll Bending

Roll bending yaitu bending yang biasanya digunakan untuk membentuk silinder, atau bentuk-bentuk lengkung lingkaran dari plat logam yang disisipkan pada suatu *roll* berputar. *Roll* tersebut mendorong dan membentuk plat yang berputar secara terus menerus hingga terbentuklah silinder.

e. Roll Forming

Dalam *roll* pembentukan bahan memiliki panjang masing-masing yang dibengkokkan secara individual oleh *roll*. Untuk menekuk bahan yang panjang, menggunakan sepasang *roll* berjalan. Dalam proses ini juga dikenal sebagai *forming* dengan membentuk kontur-kontur melalui pekerjaan dingin dalam bentuk logam. Logam dibengkokkan secara bertahap dengan melewati serangkaian *roll*. Bahan *roll* umumnya terbuat dari besi baja karbon dan dilapisi dengan krom untuk ketahanan agar terhindar dari aus. Proses ini digunakan untuk bentuk-bentuk kompleks dengan bahan dasar lembaran logam. Tebal bahan sebelum atau sesudah proses pembentukan tidak mengalami perubahan. Contoh produk yang dihasilkan dari pekerjaan ini adalah pipa dan besi pipa.

f. Seaming

Seaming merupakan operasi *bending* yang digunakan untuk menyambung ujung lembaran logam sehingga membentuk benda kerja, sambungan dibentuk menggunakan *roll-roll* kecil yang disusun secara berurutan. Contoh hasil pengerjaan seaming adalah kaleng, drum, ember.

g. Straightening

Straightening merupakan proses yang digunakan untuk meluruskan logam. Pada umumnya, proses ini dilaksanakan sebelum benda kerja dibending. Proses ini menggunakan *roll* yang dipasang sejajar dengan ketinggian sumbu *roll* yang berbeda.

g. Flanging

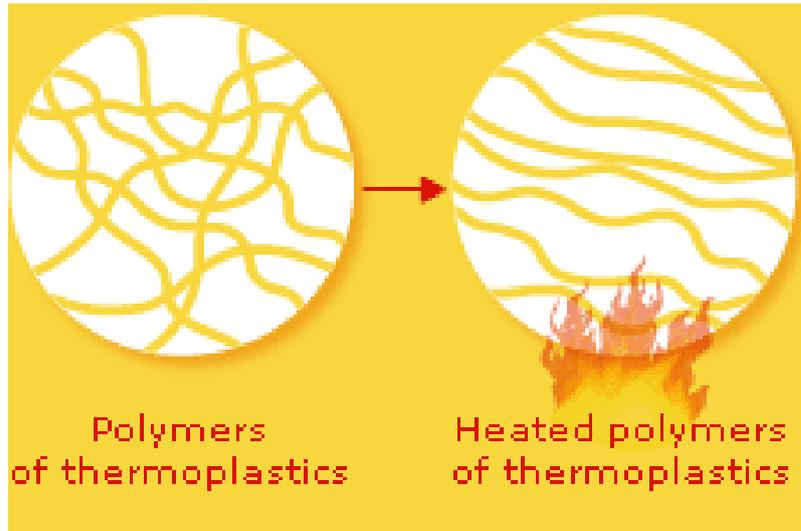
Proses *flanging* sama dengan proses *seaming* hanya saja ditujukan untuk melipat dan membentuk suatu permukaan yang lebih besar. Contoh hasil pekerjaan *flanging* yaitu cover CPU.

2.1.2 Thermoplastik, Thermoset dan Elastomer.

Dalam material *Engineering* secara umum material polimer digolongkan menjadi 2 yaitu : plastik dan *rubber* (karet). Akan tetapi apabila penggolongan polimer tersebut berdasarkan sifat terhadap thermalnya maka polimer akan digolongkan kedalam tiga kategori yang berbeda yaitu : thermoplastik, thermoset, dan elastomer. Dimana thermoplastik dan thermoset termasuk golongan plastik dan Elastomer adalah *rubber* (karet).

A. Thermoplastik

Thermoplastik adalah jenis polimer yang mempunyai sifat tidak tahan terhadap panas yang dapat didaur ulang ataupun dapat dibentuk sesuai keinginan dengan melakukan proses pemanasan (kekerasan produk akan melemah apabila dipanaskan) untuk proses pembentukan produk dan proses pendinginan (sesuai dengan temperatur ruang) untuk mengembalikan kekerasan produk seperti semula. Proses tersebut dapat dilakukan berulang kali sehingga dapat dibentuk ulang dalam berbagai bentuk melalui cetakan yang berbeda untuk mendapatkan produk polimer yang baru. Polimer yang termasuk polimer termoplastik adalah jenis polimer plastik. Sifat khusus dari polimer thermoplastik antara lain : berat molekul kecil, tidak tahan terhadap panas, jika dipanaskan akan melunak, jika didinginkan akan mengeras, fleksibel, titik leleh rendah, mudah larut dalam pelarut yang sesuai, dan memiliki struktur molekul linear/ bercabang.



Gambar 2.1 Pergerakan rantai polimer thermoplastik saat dipanaskan

Pada gambar 2.1 menjelaskan tentang terjadinya pergerakan rantai polimer ketika dipanaskan, rantai polimer menjadi mudag bergerak dan plastik polimer menjadi lebih mudah dibentuk (*soft*) sesuai dengan yang diinginkan. Polimer akan menjadi kaku setelah didinginkan kembali. Karena sifat ini lah polimer jenis thermoplastik sangat membantu dalam pembuatan serta pembentuk suatu produk karena secara teknis termasuk mudah dan ekonomis. Polimer thermoplastik yang termasuk dalam golongan kualitas baik adalah polimer yang pada umumnya diproduksi dari bahan resin murni bukan dari *recycle*/resin daur ulang karena memiliki keunggulan yaitu dapat dibentuk berulang kali tanpa kerusakan yang berarti.

B. Thermoset

Thermoset adalah jenis polimer mengeras akibat pemanasan. Proses pembuatan produk dengan jenis polimer ini hanya membutuhkan sekali saja dalam proses pencetakan, setelah proses pencetakan polimer tersebut tidak dapat dibentuk ulang, apabila dilakukan pembentukan ulang maka akan mengakibatkan reaksi kimia yaitu akan rusak ataupun gosong karena sifat yang dimiliki polimer thermoset yaitu akan menjadi padat (*solid*) ketika dilakukan proses pemanasan dan tidak dapat dilebur kembali (*infuside solid*) dan apabila dipanaskan secara berulang-ulang sifat dari polimer ini akan terdegradasi sehingga akan menjadi arang.

Perbedaan sifat polimer thermoplastik dan polimer thermoset ditunjukkan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Perbedaan polimer Thermoplastik dan Polimer Thermoset

Polimer Termplastik	Polimer Termoset
- Mudah diregangkan	- Keras dan rigid
- Fleksibel	- Tidak fleksibel
- Melunak jika dipanaskan	- Mengeras jika dipanaskan
- Titik leleh rendah	- Tidak meleleh jika dipanaskan
- Dapat dibentuk ulang	- Tidak dapat dibentuk ulang

C. Elastomer

Elastomer adalah jenis polimer yang apabila diberi sedikit gaya pada polimer tersebut maka akan memanjang (melar) atau berubah bentuk namun dapat kembali ke bentuk semula setelah gaya yang diberikan terhadap polimer tersebut dilepas (elastis). Polimer elastomer dapat melakukan hal tersebut dikarenakan memiliki tegangan mekanis yang relatif rendah.

2.1.3 *Thermoforming*

Thermoforming adalah proses pembentukan dimana lembar plastik yang telah mengalami pemanasan akan berubah strukturnya menjadi lebih lunak dan lentur yang kemudian dikenai proses *pressure* atau *vaccum* yang sesuai dengan bentuk cetakkannya (Crawford, 1987). Pada dasarnya *Thermoforming* terbagi menjadi dua bagian yaitu *pressure forming* dan *vaccum forming*.

1. *Pressure Forming*

Pressure forming adalah proses dimana lembaran plastik yang dipanaskan pada cetakan, kemudian diberikan tekanan pada bagian atas lembaran plastik yang dipanaskan (Crawford, 1987).

2. *Vaccum Forming*

Vaccum forming adalah proses dimana lembaran plastik diletakkan diatas cetakan, yang kemudian dipanaskan sampai kondisinya menjadi lunak, kemudian divakum sehingga plastik terbentuk sesuai yang diinginkan (Crawford, 1987).

2.2 Akrilik

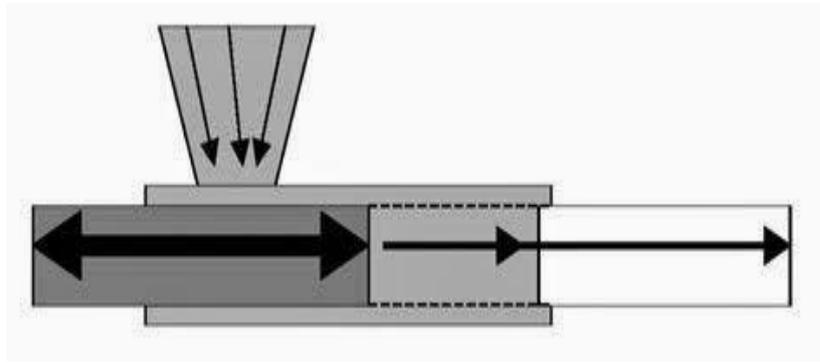


Gambar 2.2 Akrilik

Akrilik yang sering disebut juga *Polimetil Metakrilat* disingkat PMMA mempunyai nama dagang *flexiglass*. *Polimetil metakrilat* merupakan polimerisasi adisi dari *monomer metil metakrilat* ($H_2C = CH-COOH_3$). PMMA merupakan plastik yang kuat dan transparan. Polimer ini digunakan untuk jendela pesawat terbang dan lampu belakang mobil (Andri, 2013).

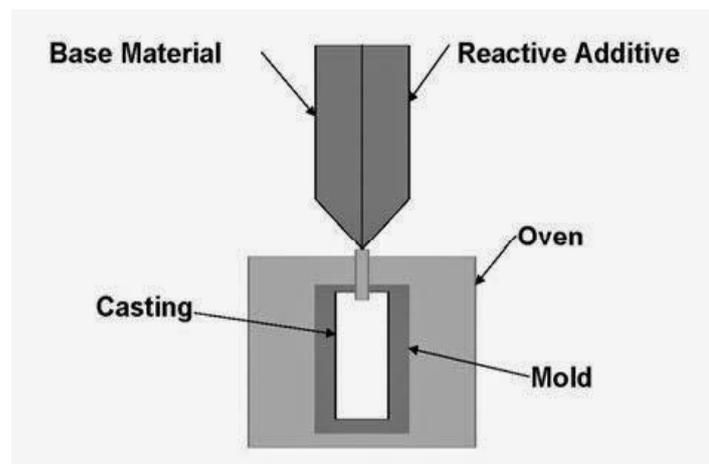
Terdapat dua jenis dasar akrilik yaitu :

1. Akrilik ekstrusi, yaitu jenis akrilik yang dibuat melalui proses dimana plastik cair didorong melewati *roller*, yang kemudian akan menekan plastik tersebut menjadi lembaran saat proses pendinginan. Akrilik jenis ini relatif murah, akan tetapi dibalik harganya yang relatif murah terdapat berbagai kelemahan dari akrilik jenis ini diantaranya lembaran yang dihasilkan lebih lembut daripada akrilik cetakan, lebih mudah tergores, dan kemungkinan saat pembuatan mengandung kotoran. Namun dimasa sekarang banyak akrilik ekstrusi yang sudah bermutu sangat baik. Akrilik ekstrusi merupakan pilihan yang baik untuk membuat plang, *display*, dan kegunaan lainnya. Proses pembuatan akrilik ekstrusi dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Proses pembuatan akrilik dengan cara ekstrusi

2. Akrilik cetakan, yaitu jenis akrilik yang cenderung memiliki mutu yang lebih baik daripada jenis ekstrusi, akan tetapi memiliki harga yang relatif mahal. Dalam pencetakan sel, lembar-lembar akrilik tunggal dibuat dengan cara menekan plastik cair diantara dua potong pencetak tekan (*mold*), biasanya terbuat dari kaca, yang kemudian dibawa melewati proses pemanasan bertahap. Lembar yang dihasilkan lebih kuat daripada akrilik ekstrusi. Proses pembuatan akrilik cetakan dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Proses pembuatan akrilik dengan menggunakan cetakan

Kelebihan dari akrilik sendiri adalah tidak mudah pecah, bahan ringan dan juga mudah untuk dipotong, dikikir, dibor, dihaluskan, dikilapkan dan dicat. Karena keunggulan itulah akrilik jenis ini biasa dijadikan atau digunakan dalam berbagai hal misalnya dijadikan bingkai foto, perabotan, patung, produk *display*, hiasan dan lain sebagainya. Adapun sifat-sifat yang dimiliki oleh akrilik diantaranya :

- a. Akrilik adalah bahan *syntetis* yang membentuk lembaran atau *sheet* yang memiliki sifat tergolong benda padat, keras dan kuat.
- b. Kualitas akrilik paling baik saat ini adalah akrilik yang berasal dari asam akrilik dan terbuat dari 100% MMA (*Metil Mekatriat Monomer*) sehingga tahan dari berbagai cuaca diluar ruang. Produk ini pun mendapat sertifikasi dari *Underwriters Laboratories UL-94 HB* setelah melakukan proses pengujian dan didapatkan rating tertinggi, bahan akrilik ini akan mudah terbakar ketika berada di 92% transisi cahaya.
- c. Akrilik tidak mengkerut dan juga tidak berubah warna walaupun dalam keadaan terkena paparan sinar matahari secara langsung serta tahan terhadap berbagai bahan kimia termasuk *acid* dan *alkali*.
- d. Dibutuhkan suhu sekitar $250-300^{\circ}\text{fahrenheit}$ atau $121-149^{\circ}\text{celcius}$ untuk membentuk atau membengkokkan akrilik.

Apabila dibandingkan dengan kaca, akrilik sendiri memiliki berbagai kelebihan diantaranya :

- a. Akrilik sangat jernih, memungkinkan 92% cahaya yang kasat mata untuk melewatinya. Kaca sekalipun hanya melewatkan 80-90% cahaya, tergantung jenis kaca dan produsennya. Kaca yang sangat tebal akan berwarna kehijauan, akrilik tetap jernih. Kejernihan akrilik bertahan selama bertahun-tahun tanpa berubah warna menjadi kuning atau menjadi rusak ketika terpapar sinar matahari dalam jangka waktu lama. Akrilik jernih memiliki indeks refraksi yang hampir sama dengan air laut, sehingga tidak ada pembengkokan cahaya ketika melewati akrilik dan masuk air.
- b. Insulasi Panas : nilai konduktivitas thermal lebih tinggi pada akrilik dibanding pada kaca, nilai konduktivitas thermal untuk sebagian besar jenis akrilik adalah $0,19\text{W/mK}$. Nilai ini mungkin tidak terlalu penting jika Anda memelihara ikan air dingin, namun apabila anda memelihara akuarium tropis mungkin akan mempertimbangkan faktor ini. Tangki akrilik dapat menahan panas 20% lebih baik daripada tangki kaca. Akrilik dapat diproses dengan mudah. Akrilik dapat dibentuk secara thermal menjadi terowongan, silinder, dan bahkan bentuk-bentuk yang lebih rumit lagi.

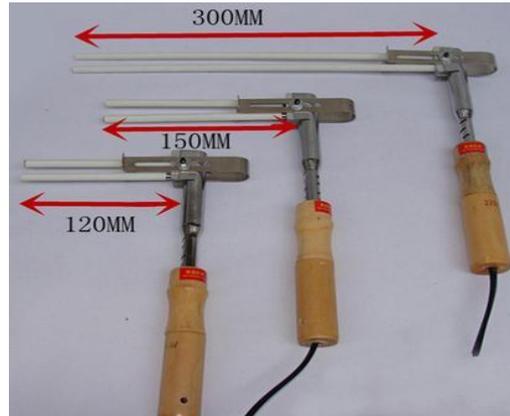
- c. Akrilik tidak terlalu padat. Kecepatan akrilik berkisar antara 1150-1190 kg/m³. Ini adalah kurang dari setengah kepadatan kaca, yang berkisar antara 2400-2800kg/m³. Oleh karena itu, transportasi dan pemasangan bahan bangunan akrilik lebih mudah dan murah. Akrilik memiliki kekuatan tumbuk yang lebih besar daripada kaca sehingga tidak mudah pecah. Sifat tahan pecah ini menjadikan akrilik material yang ideal untuk dipergunakan pada aplikasi di tempat-tempat dimana pecahnya material akan berakibat fatal, seperti pada jendela kapal selam.

Terdapat beberapa kesalahpahaman mengenai akrilik, yaitu: akrilik berubah warna menjadi kuning dan menjadi rapuh serta retak dengan berlalunya waktu. Meskipun hal ini mungkin benar terjadi pada bentukan plastik yang murahan, tapi tidak berlaku untuk akrilik. Jika dirawat dengan baik, akrilik dapat tetap tampak baru selama beberapa dasawarsa. Beberapa orang khawatir bahwa akrilik terlalu mudah tergores, tapi tidak seperti kaca, goresan dapat digosok sehingga hilang.

2.2.1 Alat *Bending* Akrilik di Pasaran

Saat ini alat *bending* akrilik sudah terdapat di pasaran, baik pasaran di dalam negeri maupun diluar negeri. Berikut ini beberapa deskripsi alat bending akrilik yang terdapat di pasaran.

1. Alat memiliki bentuk seperti *solder* bertangkai kayu yang memiliki penjepit berbentuk sumpit memiliki dimensi 43,5mm x 95mm x 2mm dengan konsumsi tegangan sebesar 220v. Kemampuan dari alat ini adalah mampu menekuk akrilik dengan ketebalan 2-4mm, dan lebar 95mm. Cara kerja alat adalah dengan mensejajarkan sisi akrilik yang akan ditekuk pada penjepit berbentuk sumpit. Sisi pada sumpit akan memanans, setelah sisi akrilik mencapai kondisi thermoplastis akrilik ditekuk dan didiamkan hingga kembali kesuhu ruang. Alat ini dijual dengan kisaran harga US \$75 atau Rp 1.008.750,- (*KURS 1 USD = 13.450,- IDR*). Jenis *acrylic bending machine* model solder ditunjukkan pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 *Acrylic bending machine* model solder

2. Alat bending akrilik yang kedua berbentuk kotak yang memiliki celah pemanas ditengahnya. Alat ini memiliki berat 15kg dengan material PVC. Temperatur yang dapat dicapai yaitu 600°C dengan konsumsi tegangan sebesar 220v. Mampu menekuk akrilik dengan tebal 0.3-10mm, pengukuran sudut manual. Harga alat ini sebesar US \$ 112 atau Rp 1.506.400,- (*KURS 1 USD = 13,450,- IDR*). Jenis *acrylic bending machine* yang memiliki pemanas ditengah ditunjukkan pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 *Acrylic bending machine* yang memiliki pemanas ditengah

3. Alat yang ketiga ini biasa digunakan untuk produksi besar. Alat yang berbentuk seperti meja besar panjang dengan pemanas yang tebetang dan memiliki tuas otomatis untuk menekuk akrilik dengan ketebalan 0,8–15 mm, dan memerlukan konsumsi daya 220v. Alat ini mampu mengatur sudut secara otomatis dengan *range* sudut 0°-179° dengan menggunakan *control panel* yang

berada di sisi kanan alat. Alat ini sudah memiliki sertifikat ISO 9001: 2000. Harga alat ini US \$ 2000 atau Rp 26.900.000,- (*KURS 1 USD = 13.450,- IDR*). Jenis *acrylic bending machine* untuk produksi besar ditunjukkan pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 *Acrylic bending machine* produksi besar

2.3 Rumus Perhitungan

2.3.1 Perhitungan dasar Mesin Bor

Putaran mesin :

$$n = \frac{Vc \cdot 1000}{\pi \cdot D} \dots\dots\dots(\text{Lit. 4, hal. 83})$$

Keterangan :

n = putaran mesin (rpm)

Vc = kecepatan potong (mm/menit)

D = diameter mata bor (mm)

Waktu pengerjaan :

$$Tm = \frac{L}{sr \cdot n} \dots\dots\dots(\text{Lit. 4, hal. 83})$$

Keterangan :

Tm = waktu pemakanan (menit)

L = kedalaman pemakanan (mm)

= 1 + 0,3.d(Lit. 4, hal. 83)

l = tebal benda

S_r = kedalaman pemakanan (mm)

2.3.2 Rumus Pegas

Pegas merupakan suatu komponen yang penting untuk merencanakan suatu konstruksi pada alat bantu penekuk akrilik ini, pegas digunakan sebagai sambungan penghantar panas dari adaptor dan pwm controller. Rumus dasar yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$L_s = n' \cdot d \dots\dots\dots ()$$

Keterangan :

n' = jumlah lilitan pegas

d = diameter kawat pegas

Rumus panjang bebas pegas (*Free Length*)

Panjang bebas adalah panjang pegas adalah panjang pegas pada saat tidak dibebani

$$L_f = n' \cdot d + \delta_{max} + 0,15 \delta_{max} \dots\dots\dots ()$$

Keterangan :

δ_{max} = Pemendekan (Pengurangan panjang) maksimum

Konstanta Pegas

$$F = K \cdot \Delta X$$

Keterangan : F = Gaya yang bekerja pada pegas

K = Konstanta Pegas

ΔX = Pertambahan Panjang

2.3.3 Rumus daya listrik

Daya listrik adalah usaha listrik per satuan waktu. Besaran listrik dinyatakan dengan huruf P ($P = Power = \text{daya}$)

$$P = V \cdot I \dots\dots\dots ()$$

Dimana :

P = daya listrik (W)

V = tegangan listrik (V)

I = arus listrik (A)

2.3.4 Rumus tegangan bengkok

$$\sigma b = \frac{Mb}{Wb} \text{ (N/mm}^2 \text{)}$$

Keterangan :

σb = tegangan bengkok

Mb = Momen Bengkok

Wb = Momen Tahanan Bengkok

2.3.5 Rumus Kalor

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Keterangan :

Q = banyak kalor yang diterima/dilepas

M = massa benda

C = kalor jenis zat

ΔT = perubahan suhu