

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Alat**

Menurut Kamus besar Bahasa Indonesia (KBBI) alat adalah benda yang dipakai untuk mengerjakan sesuatu, dalam hal ini alat *vacuum forming* adalah suatu alat yang digunakan pada proses *thermoforming*.

#### **2.2 Thermoforming**

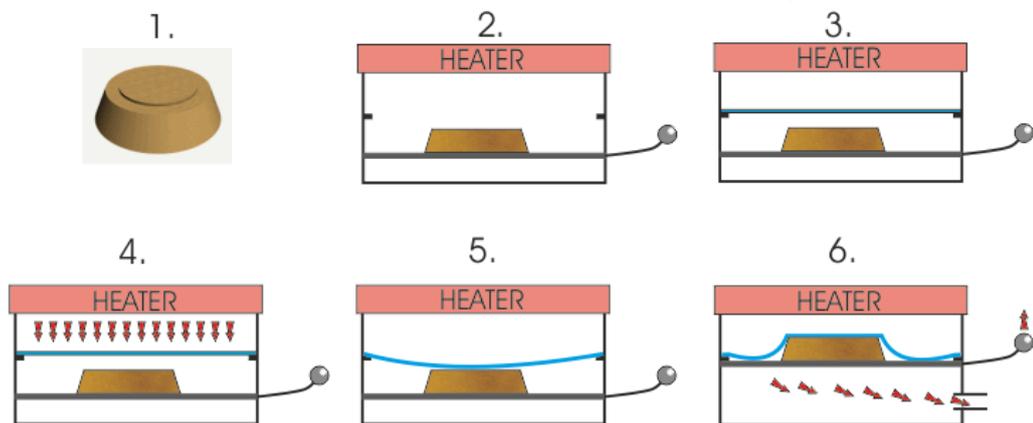
*Thermoforming* adalah proses pembentukan lembaran plastik dengan cara dilakukan pemanasan terlebih dahulu terhadap lembaran plastik yang kemudian dilakukan pembentukan lembaran plastik dengan cara *vacuum* (penghisapan) atau *pressure* (penekanan) ke cetakan sesuai dengan produk yang ingin diproduksi.



**Gambar 2.1** Hasil *Thermoforming* (Dokumentasi Pribadi, 2022)

#### **2.3 Vacuum forming**

*Vacuum forming* merupakan sebuah teknik sederhana yang menggunakan selembar plastik yang dipanaskan pada *temperature* tertentu dan bisa diregangkan ke dalam sebuah *mold* atau cetakan. Adapun menurut Crawford dalam Rachmad (2017: 7), *Vacuum forming* adalah proses pemanas kemasan sampai kondisinya menjadi lunak, setelah itu di *vacuum* sehingga plastik terbentuk sesuai yang diinginkan.



**Gambar 2.2** Proses *Vacuum forming* (V. Ryan, 2009)

### 2.3.1 Komponen Mesin *Vacuum forming*

#### a. Kotak *Heater*



**Gambar 2.3** Kotak *Heater* (Dokumentasi Pribadi, 2022)

Kotak *heater* pada alat ini digunakan untuk memanaskan plastik yang akan dibentuk sebelum dilakukan proses pencetakan. Kotak ini berukuran Panjang 425 mm, lebar 410 mm, dan tinggi 115 mm. Didalam kotak ini terdapat 3 batang *heater* yang dirangkai paralel dengan daya 300 Watt sebagai elemen pemanas dan sebuah *thermostart* sebagai pengatur suhu.

b. *Vacuum*



**Gambar 2.4** *Vacuum* (Glistagen Official Store, 2022)

Pada alat ini menggunakan *vacuum* penghisap dengan spesifikasi:

Model : ECO-15

Tegangan : 220 V

Daya : 480 Watt

Kapasitas Tangki : 15 L

Daya Hisap : 10 Kpa

c. *Heater*



**Gambar 2.5** *Heater* (Dokumentasi Pribadi, 2022)

*Heater* ini merupakan elemen pemanas yang ada pada kotak pemanas dan sebagai sumber panas dari kotak pemanas tersebut. *Heater* ini berdaya 300 Watt , dengan tegangan 220 volt.

d. *Thermostat*



**Gambar 2.6** *Thermostat* (Dokumentasi Pribadi, 2022)

*Thermostat* berfungsi sebagai sensor suhu untuk mengetahui suhu pada kota *heater* yang ditampilkan pada *LCD* dan pengatur suhu yang akan diatur sesuai kebutuhan yang diperlukan. *Thermostat* ini dapat diatur dari mulai suhu 50°C sampai 300°C dengan variasi kenaikan setiap 10°C.

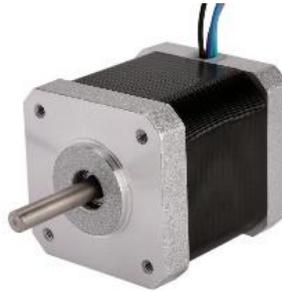
e. *Plastic clamp*



**Gambar 2.7** *Plastic clamp* (Dokumentasi Pribadi, 2022)

*Plastic clamp* pada alat ini digunakan untuk menjepit plastik yang akan dibentuk sesuai dengan model yang diinginkan.

f. *Motor Stepper*



**Gambar 2.8** *Motor Stepper* (Changzhou Wantmotor's, 2022)

*Motor stepper* adalah suatu alat penggerak yang memanfaatkan gaya tarik magnet. Rotornya berhenti pada posisi kutub yang dieksitasi oleh arus yang mengalir pada lilitan. Rotor pada motor biasanya berputar secara *continue* jika motor di eksitasi, tetapi rotornya pada *motor stepper* berubah dari posisi diam dengan mengubah eksitasi kutub. Pada alat ini menggunakan *Motor Stepper* NEMA 17 17HS3401.

g. *Lead screw*



**Gambar 2.9** *Lead screw* (Dokumentasi Pribadi, 2022)

*Lead screw* adalah poros berulir yang merupakan pengubah gerakan dengan memanfaatkan gaya tekan akibat perputaran ulir menjadi gerakan linear. *Lead screw* yang digunakan adalah T12 *Lead screw* dengan spesifikasi :

Panjang : 300 mm

Material : 304 *Stainless steel*

*Pitch* : 2 mm

*Lead* : 8 mm

h. *Meja Vacuum*



**Gambar 2.10** *Meja Vacuum* (Dokumentasi Pribadi, 2022)

*Meja Vacuum* ini berfungsi sebagai tempat menyimpan *vacuum* dan menjadi landasan untuk produk yang akan diuji, serta menjadi dasar/pondasi dari komponen lain pada alat *vacuum forming*. Meja ini memiliki ukuran Panjang 550 mm, Lebar 550 mm dan Tinggi 600 mm yang terbuat dari bahan multiplek.

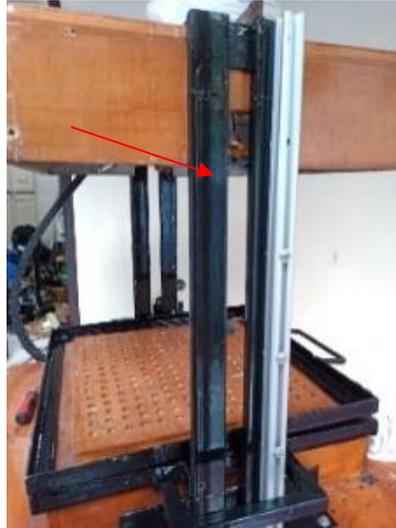
i. *Aluminium Extrusion*



**Gambar 2.11** *Aluminium Extrusion* (Dokumentasi Pribadi, 2022)

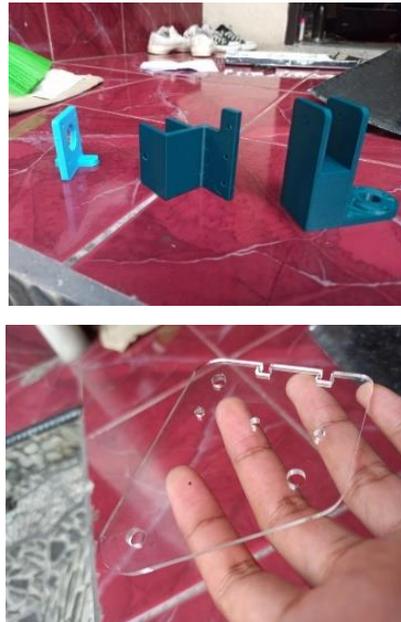
*Aluminium extrusion* digunakan untuk landasan *sliding wheel*, *aluminium extrusion* memiliki ukuran Panjang 500 mm. *aluminium extrusion* terbuat dari bahan *aluminium alloy 6063-T5* dan memiliki 4 slot standart *anodized*.

## j. Landasan



**Gambar 2.12** Landasan (Dokumentasi Pribadi, 2022)

Landasan ini digunakan sebagai penopang antara meja *Vacuum* ke kotak *heater*, dan juga sebagai landasan *aluminium extrusion*.

k. *Bracket*

**Gambar 2.13** *Bracket* (Dokumentasi Pribadi, 2022)

*Bracket* merupakan komponen yang berfungsi sebagai penunjang komponen lainnya. *Bracket* ini terbuat dari bahan PLA yang dicetak menggunakan mesin *3D Printing*, selain itu *Bracket* bisa terbuat dari bahan lainnya dan dengan metode lainnya seperti bahan akrilik.

### 1. *Sliding wheel*



**Gambar 2.14** *Sliding Wheel* (Dokumentasi Pribadi, 2022)

*Sliding wheel* adalah roda yang berfungsi membantu pergerakan naik turun *Plastic clamp*, dan memperkecil beban yang diterima *Lead screw*.

### 2.3.2 Langkah-Langkah

1. Mempersiapkan alat *vacuum forming*, bahan plastik yang akan di cetak dan peralatan tambahan yang dibutuhkan.
2. Mengukur kemudian memotong plastik sesuai dengan ukuran cetakan yaitu 400x400mm dan meletakkan ke penjepit yang ada pada alat *vacuum forming*.
3. Menghidupkan alat *vacuum forming* otomatis dengan mengklik *power on*.
4. Mengklik menu pada layar *display* untuk memulai proses pengujian.
5. Setelah diklik, maka bagian penjepit akan secara otomatis naik ke arah *heater* dan *heater* akan otomatis menyala dan melakukan proses pemanasan plastik selama 40 detik.
6. Meletakkan benda yang dijadikan bahan uji diatas meja yang terdapat lubang untuk penyedotan *vacuum*.
7. Setelah beberapa waktu proses pemanasan maka bagian penjepit akan otomatis turun ke bagian meja *vacuum* dan *vacuum* akan secara otomatis menyala dan melakukan proses penyedotan atau menghisap di antara lubang dan plastik yang sudah diletakkan benda uji ditengahnya.
8. Setelah mesin *vacuum* berhenti maka plastik akan berbentuk sesuai benda uji.

9. Kemudian memindahkan plastik yang sudah dibentuk tersebut dari alat *vacuum forming*.
10. Mematikan alat *vacuum forming* dengan mengklik *power off*. Kemudian cabut kabel dan melakukan pembersihan.

## 2.4 Plastik

Plastik menurut Nusyirwan dalam Irwansyah (2017: 87), plastik adalah suatu bahan polimer (biasanya bahan organik) yang memiliki berat molekul besar, bentuk padat, menjadi lunak jika di panaskan secara perlahan-lahan dan kemudian di bentuk dan di cetak menjadi bentuk yang diinginkan. Meskipun istilah plastik dan polimer seringkali dipakai secara sinonim, namun tidak berarti semua polimer adalah plastik. Pada dasarnya polimer secara umum digolongkan ke dalam 3 (tiga) macam, yakni: (Stevens, 2001).

1. Bahan *Thermoplastik (Thermoplastik)*, yaitu akan melunak bila dipanaskan dan setelah didinginkan akan dapat mengeras. *Thermoplastik* disebut juga plastik komoditi dan sering dipakai dalam bentuk barang yang bersifat pakai–buang (disposable) seperti lapisan pengemas. (Stevens, 2001, hal 33). Contoh bahan thermoplastik adalah: *polistiren, polietilen, polipropilen*, nilon, plastik Akrilat (*flexiglass*) dan teflon.
2. Bahan *Termoseting (Thermosetting)*, yaitu plastik dalam bentuk cair dan dapat dicetak sesuai yang diinginkan serta akan mengeras jika dipanaskan dan tetap tidak dapat dibuat menjadi plastik lagi. *Thermosetting* disebut juga plastik teknik, memiliki sifat mekanik yang unggul, dan daya tahan yang lebih baik (Stevens, 2001, hal 33). Contoh bahan *thermosetting* adalah: bakelit, silikon dan epoksi.
3. Karet (*Elastomer*) yaitu polimer yang memperlihatkan resiliensi (daya pegas) atau kemampuan meregang dan kembali ke keadaan semula dengan cepat (Stevens, 2001, hal 36). Contoh elastomer, yaitu: karet sintetis.

## 2.5 PET (Polyethylene Terephthalate)



**Gambar 2.15** Plastik *PET* (Suzhou Ocan Polymer Material Co., Ltd, 2005)

Menurut Mujiarto (2005) plastik adalah suatu polimer yang mempunyai sifat-sifat unik dan luar biasa. Polimer adalah suatu bahan yang terdiri dari unit molekul yang disebut monomer. *PET* adalah jenis polimer sintesis *thermoplastic*. *PET* film bersifat jernih, kuat, liat, dimensinya stabil, tidak beracun, permeabilitas terhadap gas, aroma maupun air rendah. *PET* dapat diproses dengan proses ekstrusi pada suhu tinggi 518-608°F, selain itu juga dapat diproses dengan teknik cetak injeksi maupun cetak tiup. Sebelum dicetak sebaiknya resin *PET* dikeringkan lebih dahulu (maksimum kandungan uap air 0,02%) untuk mencegah terjadinya proses hidrolisa selama pencetakan.

## 2.6 Pengemasan Produk



**Gambar 2.16** Pengemasan Produk (Kenko, 2022)

Peran kemasan selalu berubah mengikuti gaya hidup konsumen. Seperti yang dikatakan Stewart dalam Handoko dan Bintoro (2018: 12), pengemasan produk harus efektif dalam menampung, melindungi, mempromosikan produk serta ramah lingkungan dan murah. Kemasan tidak hanya berperan penting saat produk dibawa pulang oleh konsumen dari toko ke rumahnya, melainkan juga harus berperan melindungi selama distribusi dari pabrik ke toko-toko *retail*.

## 2.7 Dasar Perhitungan Perencanaan

Dibawah ini merupakan dasar perhitungan perencanaan dalam mengerjakan pengembangan alat *vacuum forming* otomatis untuk pengemasan produk.

### 2.7.1 Perhitungan Torsi Yang Berkerja Pada *Lead Screw*

Dalam perencanaan pengembangan ini, terdapat torsi yang bekerja pada *Lead Screw* yang berdiameter 12mm. Sebelum menghitung torsi dilakukan perhitungan gaya yang berkerja ketika mengangkat *plastic clamp* adalah sebagai berikut:

$$F = m \cdot a \dots\dots\dots (2.1)$$

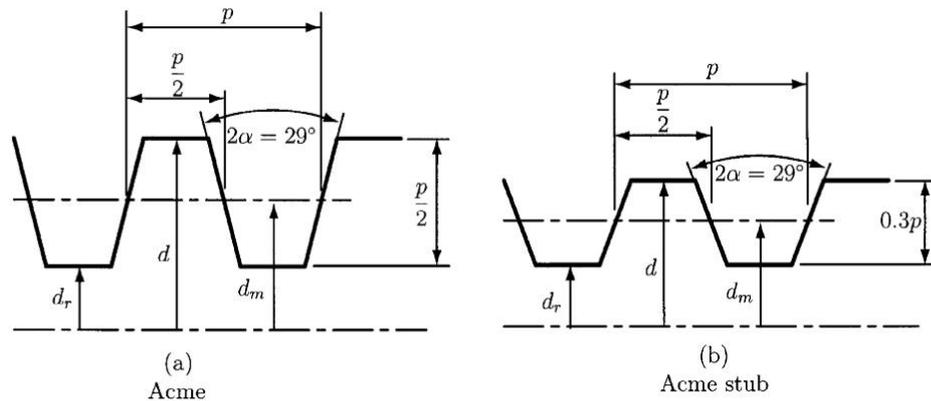
Keterangan :

F = Gaya yang berkerja terhadap *lead screw* (N)

m = Massa dari penjepit (kg)

a = Percepatan pergerakan penejepit dimana menggunakan percepatan gravitasi (9,8 m/s<sup>2</sup>)

Setelah didapatkan gaya di atas maka barulah kita dapat menghitung torsi yang berkerja pada *lead screw* yang kemudian kita dapat menentukan motor yang akan digunakan.



**Gambar 2.17** Ulir daya (J. David Erwin, 2001)

$$T = \frac{Fdm}{2} \left( \frac{l + \pi\mu dm}{\pi dm - \mu l} \right) \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

- T = Torsi (N.m)
- dm = Diameter pitch (m)
- l = Jarak yang dihasilkan dalam satu putaran (m)
- μ = Koefisien gesek ulir

(Sumber, Mechanical Engineer’s Handbook)

**2.7.2 Perhitungan Kalor Untuk Menentukan Waktu Pemanasan Plastik PET**

Hal pertama yang harus dilakukan yakni menghitung kalor udara sebagai berikut.

$$Q_{udara} = M \times C_{udara} \times \Delta T \dots\dots\dots (2.3)$$

Diketahui :

- M = Massa jenis
- C<sub>PET</sub> = Kalor jenis dari plastik PET
- ΔT = Perubahan suhu

Setelah menghitung kalor udara selanjutnya menghitung kalor plastik PET. Nilai kalor jenis plastik Polyethylene Terephthalate (PET) 3,472 j/kg setara dengan 0,83 kalori kalor massa jenis 1 kg.

$$Q_{PET} = M \times C_{PET} \times \Delta T \dots\dots\dots (2.4)$$

Kemudian untuk menghitung waktu memanaskan plastik *PET* dilakukan dengan mensubstitusikan jumlah kalor udara dan plastik *PET* dengan jumlah daya heater ( $P_{\text{Heater}}$ ) dikali waktu ( $t$ ).

$$(Q_{\text{udara}} + Q_{\text{PET}}) = P_{\text{Heater}} \times t_{\text{PET}} \dots \dots \dots (2.5)$$

(Sumber, Termodinamika Teknik)

### 2.7.3 Perhitungan Tekanan Yang Dibutuhkan

Setelah menghitung lama waktu memanaskan plastik kemudian dilakukan perhitungan tekanan yang dibutuhkan vacuum untuk menghisap plastik yang panas agar terbentuk sesuai model yang akan di uji.

$$P = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (2.6)$$

Diketahui :

P = Tekanan yang di butuhkan untuk menghisap plastik.

F = Gaya yang di butuhkan ketika menghisap plastik.

A = Luas permukaan meja vacuum.