

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Plastik

polimer yang bentuknya padat dan memiliki berat molekul yang tinggi disebut Plastik biasanya organik. yang dapat diubah dan dicetak sesuai keinginan setelah dipanaskan secara perlahan-lahan.(Nusyirwan, 2007). Terlepas dari kenyataan bahwa istilah "plastik" dan "polimer" sering digunakan, digunakan untuk menyebutkan satu sama lain Itu tidak berarti semua polimer adalah plastik. Pada dasarnya, polimer dibagi menjadi tiga jenis utama., yaitu: (Stevens, 2001).

1. Bahan termoplastik yang akan mengeras setelah didinginkan dan melunak saat dipanaskan. Polypropylene, yang juga dikenal sebagai plastik komoditi, sering digunakan dalam bentuk item yang tidak lagi digunakan, seperti lapisan kotak (Stevens, 2001) Memiliki titik leleh yang cukup tinggi (190–200 °C), dan suhu kristalisasinya sekitar 130–135 °C. Polypropylene memiliki ketahanan pukul yang lebih rendah tetapi ketahanan bahan kimia yang tinggi.. (Mujiarto,2005).
2. Bahan termoseting, juga disebut sebagai plastik teknik, memiliki sifat mekanik dan daya tahan yang lebih baik dan dapat dicetak sesuai keinginan Anda. Setelah dipanaskan, bahan ini tidak dapat diubah menjadi plastik lagi. (Stevens, 2001). Bakelit, silikon, dan epoksi adalah contoh bahan thermosetting..
3. Karet (elastomer) adalah polimer yang menunjukkan daya pegas (resiliensi) atau kemampuan untuk meregang dan kembali ke bentuk awalnya dalam waktu cepat. Karet sintetis adalah contoh elastomer (Stevens, 2001).

2.1.2 Polystyrene (PS)

Polystyrene, yang dibuat melalui proses polidisi, mengandung ring bensin (aromatic), yang membuat rantai lebih sulit untuk dilipat dalam kristalisasi. Ini membuat PS menjadi amorphous sepenuhnya. Sifat fisik PS tergantung pada berat molekulnya dan bahan aditifnya. PS dengan berat molekul lebih tinggi memiliki kemampuan proses yang lebih rendah tetapi lebih tangguh dan kuat daripada PS dengan berat molekul rendah. (Carraher, 2006). Keseimbangan biasanya dicari dengan panjang rantai menengah digunakan. Panjang rantai yang biasa digunakan berkisar antara 1500 dan 3500, dengan MWD tipikal sekitar 2,2-3,5. Untuk meningkatkan kemampuan proses, sering digunakan plasticizer kecil. (Carraher, 2006) PS digunakan untuk berbagai hal, seperti kotak dan kemasan makanan, dan lain-lain. (Carraher, 2006).

2.1.3 Nylon

Nylon adalah istilah yang digunakan untuk poliamida yang memiliki sifat yang dapat dibuat menjadi serat, film, atau plastik. Strukturnya ditunjukkan oleh gugus amida yang terhubung dengan unit hidrokarbon ulangan yang berbeda panjang. Nylon polymer meleleh dalam atmosfer nitrogen pada suhu 263°C, dan di udara pada suhu 250°C (Prasetyo, 2009)

2.1.4 Toleransi Umum

Toleransi khusus hanya mencakup ukuran dasar yang termasuk toleransi, sedangkan toleransi umum ialah toleransi yang mengikat beberapa ukuran dasar. Tabel toleransi umum standar berikut menunjukkan gambar kerja kualitas toleransi umum, di mana pengguna dapat memilih antara teliti, sedang, atau kasar. Kualitas sedang, atau medium, biasanya dipilih.

Tabel 2.1 Toleransi umum]
(sumber: Teknik Gambar Manufaktur 3)

Ukuran Nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-2000
Penyimpangan yang diizinkan	teliti	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5
	sedang	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2
	kasar	-	±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3

2.1.5 Proses Pembentukan Lembaran Plastik

Plastik tidak hanya memiliki kemampuan untuk dicetak, dituang, dan dibentuk, tetapi juga memiliki kemampuan untuk diproses melalui permesinan (machining) dan penyambungan (joining) (Mervat, 2010). Untuk menghasilkan atau memproses bagian yang kecil dan berbentuk rumit, pembuatan plastik adalah metode produksi massal yang populer. Cetak injeksi dan cetak kompresi adalah dua proses pencetakan utama. Pertama, polimer leburan dikompresi ke dalam ruang cetakan tertutup, sedangkan yang kedua menekan polimer dalam bentuk cairan di antara permukaan cetakan dengan panas dan tekanan. Cetak injeksi biasanya lebih cepat dari cetak kompresi. (Stevens, 2001).

2.1.6 *Thermoforming*

Pembuatan lembaran plastik yang dipanaskan sebelumnya dikenal sebagai termoformasi. Kemudian, lembaran plastik dibentuk ke cetakan dengan penghisapan (vacuum) atau tekanan (pressure). Proses ini berbeda-beda tergantung pada produk.

1. *Thermoforming pressure*

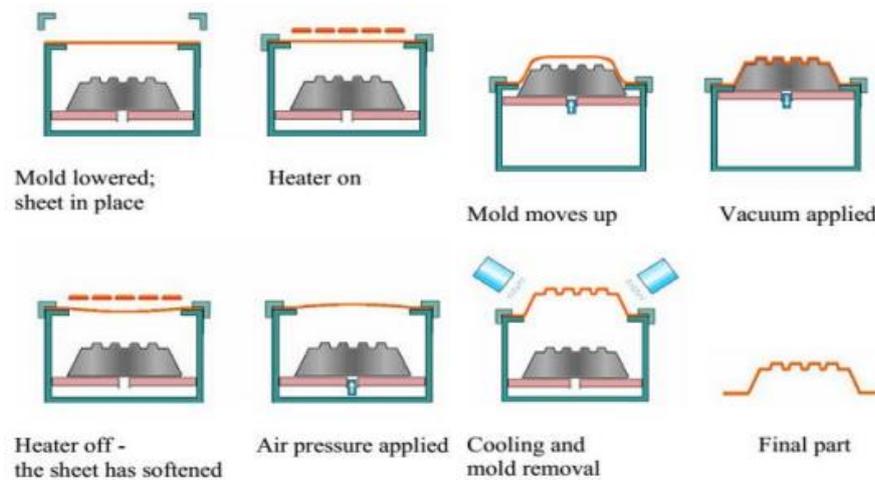
Dalam proses yang disebut sebagai thermoforming pressure, lembaran plastik yang dipanaskan ditekan ke dalam rongga cetakan dan ditahan selama beberapa saat sampai rongga cetakan terbentuk. dengan benar.

1. *Thermoforming vacuum*

Proses pembuatan di mana lembaran plastik yang telah dipanaskan diisi ke dalam rongga cetakan dikenal sebagai thermoforming

vacuum. Proses ini dilakukan dengan membuat rongga cetakan hampa udara atau vakum.

Dengan bantuan mesin, udara dipisahkan dengan cepat melalui lubang-lubang kecil di rongga cetakan.. Gambar berikut menunjukkan proses pembuatan vakum:



Gambar 2.1 Proses *vacuum forming* (Ghani,2014)

Beberapa faktor, seperti suhu Tekanan vakum yang digunakan, ketebalan dan jenis kertas plastik, serta suhu pemanasan memengaruhi proses pembentukan.

1. Kekuatan cetakan tidak terlalu besar.
2. Mudah mencetak berbagai bentuk, dari yang sederhana hingga yang kompleks.
3. Mudah digunakan dalam automasi.
4. Produksi dapat dilakukan dalam waktu yang relatif cepat.
5. Produk yang dibuat hampir identik

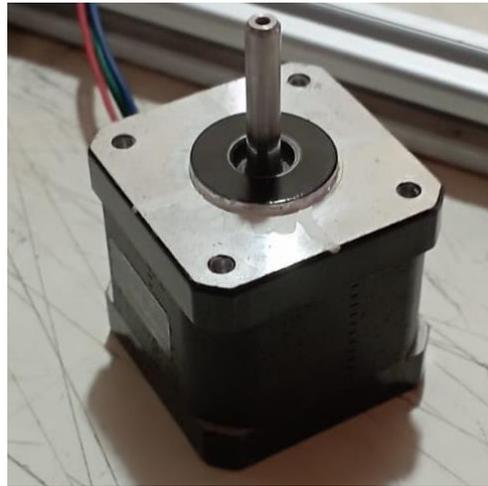
2.1.7 Perpindahan Kalor

Perpindahan energi yang terjadi karena perbedaan suhu di antara dua benda atau zat disebut perpindahan kalor. Dalam termodinamika, energi yang dipindahkan disebut kalor atau panas. Perpindahan kalor menjelaskan bagaimana energi kalor berpindah dari satu benda ke benda lain dan mengetahui berapa lama perpindahan terjadi dalam kondisi tertentu.

2.1.8 Komponen Mesin *Vacuum Forming*

a. *Motor Stepper*

Motor Stepper adalah jenis motor listrik yang berputar dalam langkah-langkah diskret (*step*), bukan berputar secara kontinu seperti motor DC atau motor AC. Motor stepper didesain khusus untuk memberikan posisi yang tepat dan terkontrol dengan presisi tinggi.



Gambar 2.2 *Motor Stepper*(Rafli,2023)

Menggunakan Motor Stepper NEMA 17 17HS3401, yang terdiri dari stator (bagian yang diam) dan rotor (bagian berputar). Rotor terdiri dari kumpulan kutub magnetik yang diatur dalam susunan tertentu. Stator mengandung kumpulan kumparan atau gulungan yang dibagi menjadi beberapa fase, yang biasanya terdiri dari dua hingga enam fase. Cara kerja motor *stepper* didasarkan pada prinsip elektromagnetisme. Setiap fase pada motor stepper memiliki kumparan yang dihubungkan dengan pasangan kutub magnet yang berlawanan. Ketika arus dialirkan melalui kumparan, medan magnet dihasilkan dan menarik rotor motor menuju posisi tertentu. Ketika arus dialihkan ke fase berikutnya, rotor akan bergerak ke posisi berikutnya sesuai dengan urutan fase yang diaktifkan

b. *Lead Screw*

Lead screw adalah sebuah komponen mekanis yang digunakan untuk mengubah gerakan rotasi menjadi gerakan translasi sepanjang sumbu linear. Komponen ini terdiri dari sebuah sekrup dengan ulir spiral yang

menjalari permukaannya, dan biasanya dipasangkan dengan *nut* (*bushing*) yang cocok.

Cara kerja *Lead Screw* adalah sebagai berikut: saat sekrup diputar dengan menggunakan motor atau tangan, nut akan bergerak maju atau mundur sepanjang sekrup sesuai dengan arah putaran dan pitch (jarak antara dua puncak ulir berurutan). Gerakan translasi ini terjadi karena ulir pada sekrup memaksa nut untuk bergerak sejajar dengan sumbu sekrup.



Gambar 2.3 *Lead Screw*(Rafli,2023)

T12 Lead Screw digunakan pada mesin ini dengan spesifikasi

Panjang : 300 mm
 Material : 304 *Stainless steel*
 Pitch : 2 mm
 Lead : 8mm

c. *Thermostat*

Thermostat adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk mengontrol suhu. Fungsinya adalah untuk memantau suhu di sekitarnya dan mengatur peralatan pemanas atau pendingin agar suhu tetap berada dalam rentang yang diinginkan.

Thermostat biasanya terdiri dari sensor suhu yang mendeteksi suhu saat ini dan perangkat pengendali yang mengatur operasi pemanas atau pendingin. Ketika suhu mencapai batas atas atau batas bawah yang ditetapkan, thermostat akan mengirimkan sinyal ke peralatan pemanas atau pendingin untuk menghidupkan atau mematikannya sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 2.4 *Thermostat*(Rafli,2023)

d. Plastik *clamp*

Plastik *clamp* adalah alat yang di gunakan untuk menjepit lembaran plastik guna menghindari plastik terlepas dari alat saat proses pengerjaan yang akan membentuk plastik menjadi bentuk yang sesuai dengan benda kerja



Gambar 2.5 Plastik *clamp*(Rafli,2023)

e. Kotak *Heater*

Kotak pemanas/*Heater* berukuran 425 mm panjang, 410 mm lebar, dan 115 mm tinggi, dan digunakan untuk tempat meletakkan pemanas tiga batang yang dirangkai paralel dengan daya 300 watt.



Gambar 2.6 Kotak *Heater* (Rafli,2023)

f. *Vacuum*

Alat vakum bekerja dengan menghasilkan aliran udara yang kuat melalui nozzle atau penyedot dengan menggunakan motor listrik



Gambar 2.7 *Vacuum*(Rafli,2023)

Pada Alat Vacuum forming menggunakan vacuum cleaner sesuai

Model	: ECO-15
Tegangan	: 220 V
Daya	: 480 Watt
Kapasitas tangki	: 15 L
Daya hisap	: 10 Kpa

g. *Heater*

Heater, atau yang juga dikenal sebagai pemanas, adalah suatu perangkat atau sistem yang digunakan untuk menghasilkan panas atau meningkatkan suhu suatu ruangan, lingkungan, atau objek. Heater umumnya menggunakan energi listrik, gas, atau bahan bakar lainnya untuk menghasilkan panas.



Gambar 2.8 *Heater* (Rafli,2023)

Heater ini memiliki spesifikasi

Panjang : 330 mm
 Diameter : 10 mm
 Daya : 300 Watt
 Tegangan : 220 Volt

h. *Aluminium Extrusion*

Alat vacuum forming ini menggunakan aluminium extrusion panjang 500 mm yang terbuat dari bahan aluminium alloy 6063-TS dan memiliki empat slot anodized biasa..



Gambar 2.9 *Aluminium Extrusion*(Rafli,2023)

i. *Meja Vacuum*

Meja vacuum berukuran panjang 550 mm, lebar 550 mm, dan tinggi 600

mm, dan digunakan sebagai tempat meletakkan vacuum, landasan untuk proses pengujian produk, dan pondasi untuk alat pembuatan vacuum.



Gambar 2.10 Meja *Vacuum*(Rafli,2023)

j. *Bracket*

Bracket adalah komponen penting yang berfungsi sebagai pendukung untuk komponen lainnya. Bracket dapat dibuat dari PLA yang dibuat dengan printer 3D atau dari bahan seperti akrilik.



Gambar 2.11 *Bracket*(Rafli,2023)

2.1.9 Perhitungan Kalor Udara Dan Kalor Thermoplastik

Pertama, untuk mencari kalor udara, hal-hal berikut harus dilakukan:

$$Q_{\text{udara}} = M \times C_{\text{udara}} \times \Delta T$$

Diketahui

M = Massa Jenis

C_{udara} = Kalor Jenis dari Udara

ΔT = Perubahan suhu

Q_{udara} = Kalor udara

Setelah mendapatkan kalor udara, kalor thermoplastik dapat dihitung sebagai berikut. Nilai kalor massa thermoplastic adalah 3,472 j/kg, atau 0.83 kalori per kilogram.

$$Q_{Thermoplastik} = M \times C_{Thermoplastik} \times \Delta T$$

Diketahui

M = Massa Jenis

$C_{Thermoplastik}$ = Kalor Jenis dari Plastik Thermoplastik

ΔT = Perubahan suhu

$Q_{Thermoplastik}$ = Kalor Thermoplastik

2.2 Kajian Pustaka

A. Zamheri, Dicky Seprianto, Yogi Eka F, Romi Wilza, Soegeng W, M Hadzik Shiddiq, Doni Ahmad Pasa, Kgs. Muhammad Ryan Bagaskara (2022) dalam Jurnal Politeknik Negeri Sriwijaya Austenit Vol.14 No.1 melakukan penelitian mengenai Alat *Vacuum Forming* yang dimana judul yang diangkat adalah “Studi Perancangan Alat *Vacuum Forming* Untuk Pengemasan Produk”. Penelitian ini membahas mengenai Untuk memastikan bahwa mesin ini dapat digunakan dengan baik dan diterima oleh masyarakat, semua langkah yang diperlukan diambil. Ada kemungkinan untuk memperbaiki dan mempermudah proses pengemasan produk dengan pembuatan alat Vaccum forming ini. masalah dengan penerapan teknologi termasuk tingkat cacat pada hasil produk. memberikan kerugian yang cukup besar karena mencapai 10%. Produk tersebut cacat karena tekanan vakum hanya satu bar, sistem penguncian mesin yang buruk, dan kapasitas vakum yang kurang rapat..

Diki Irwansyah, Cahyo Budiyanoro, Sunardi (2017) dalam Jurnal Material dan Proses Manufaktur-Vol.1, No.2, 87-95 melakukan penelitian mengenai

Perancangan Mesin *Vacuum Forming* dengan mengangkat judul Penelitian yang berjudul "Perancangan Mesin Vacuum Forming Untuk Material Plastik Polystyrene (PS) Dengan Ukuran Maksimal Cetakan 400 x 300 x 150 (mm³)" membahas biaya desain dan pembuatan mesin ini, yang cukup murah untuk memenuhi kebutuhan bisnis kecil atau UKM. Hasilnya menunjukkan bahwa menggunakan mesin ini sangat mudah dan tidak memerlukan operator dengan keahlian khusus untuk membuat lembaran plastik. Untuk meningkatkan nilai ekonomi produk industri rumah tangga (UKM), dibutuhkan mesin pembuat kemasan yang efektif dan murah. Penelitian ini bertujuan untuk membuat dan menguji kemampuan mesin vakum untuk membentuk bahan Polymethylmetacrylate (PMMA).

Abdul Ghani K, Eflita Yohana, Dwi Basuki Wibowo (2014) dalam Jurnal Teknik Mesin S-1, Vol. 2, No. 2 melakukan penelitian mengenai plastik pada proses pembuatan vakum dengan judul "Mampu Bentuk Plastik Pada Proses Pembuatan Vakum Dengan Variasi Tekanan". Penelitian ini membahas uji plastik dengan berbagai variasi ketebalan dan tekanan, yang masing-masing menunjukkan bentuk yang berbeda. Selama pembuatan plastik, bentuk cetakan memengaruhi kemampuan untuk membentuknya. Plastik dengan bentuk Plastik yang tidak ekstrem dapat dicetak bahkan dengan tekanan rendah. Plastik yang membulat atau tidak ekstrem lebih mudah dibentuk daripada plastik dengan lekukan tajam atau ekstrem. Uji plastik setengah bola dan persegi dengan berbagai tekanan dan ketebalan. Ditemukan bahwa tekanan sangat memengaruhi kualitas cetakan. Semakin besar tekanan vakum yang digunakan, cetakan plastik akan lebih mampu membentuk, atau luasan dan bentuknya akan semakin mirip dengan cetakan.

Firdaus, Soejono Tjitro (2002) dalam Jurnal Teknik Mesin Vol. 4, No. 2. 75 – 80 melakukan penelitian mengenai Pengaruh Parameter Proses Pencetakan dengan mengangkat judul "Studi Eksperimental Pengaruh Parameter Proses Pencetakan Bahan Plastik Terhadap Cacat Penyusutan (*Shrinkage*) Pada Benda Cetak Pneumatics Holder". Penelitian ini membahas tentang parameter Diantara Parameter proses injection molding saat ini yang paling berpengaruh adalah suhu

leleh. Ketika produk mengalami cacat penyusutan, yang juga dikenal sebagai shrinkage, parameter temperatur leleh sangat berpengaruh. Persentase cacat penyusutan paling rendah terjadi pada suhu leleh 185°C, dan persentase cacat meningkat seiring dengan suhu leleh. Kemungkinan cacat penyusutan akan meningkat sebagai akibat dari perbedaan suhu yang signifikan antara suhu cairan plastik dan suhu cetakan. Pada suhu leleh 225°C, persentase penyusutan tertinggi adalah 2,9 persen. Seluruh plastik akan meleleh jika waktu tahannya ditingkatkan. Sebaliknya, energi yang diserap oleh cairan plastik meningkat. Dalam kasus ini, kondisi yang dicapai sebanding dengan kondisi yang terjadi ketika suhu leleh meningkat. Dengan gradien suhu yang lebih tinggi seiring dengan waktu tahan, cairan plastik lebih mungkin mengalami ketidakseragaman suhu.

Cepi Rahmatullah Permana, Cahyo Budiantoro, Bayu Prabandono (2019) dalam Jurnal Material dan Proses Manufaktur Vol.3, No.1, 1-9 melakukan penelitian tentang mesin pembuat kemasan murah, efisien, dan sederhana yang diperlukan industri rumah tangga (UKM). Tujuan dari penelitian ini, yang diberi judul "Manufaktur dan Uji Kinerja Proses Pembuatan Vakum untuk Bahan Polymethyl Methacrylate (PMMA)," adalah untuk membuat dan menguji kemampuan mesin pembuatan vakum pada bahan PMMA. Proses pembuatan mesin ini terdiri dari studi rancangan, pembuatan bagian, cetakan, perakitan, dan uji coba kinerja. Bahan yang terbuat dari kayu jati memiliki dimensi 140 mm x 210 mm x 15 mm. Dalam studi ini, alat vacuum forming berhasil dibuat dengan fungsi yang memadai dan biaya pembuatan yang murah. Sebagai hasil dari uji kinerja, waktu pemanasan dan vakum memengaruhi kualitas bentuk kemasan yang dibuat. Pengamatan efek vacuum pressure terhadap kecacatan produk diperlukan untuk penelitian lebih lanjut. Pengurangan ketebalan dan radius yang besar pada sudut produk adalah masalah yang sering muncul. Orientasi dua arah, atau orientasi biaxial, menyebabkan kondisi ini. Salah satu variabel pembentukan adalah suhu pelunakan bahan (suhu transisi kaca/T_g), yang harus tetap konstan selama proses. Ada kemungkinan bahwa suhu akan meningkat sesuai dengan variasi ketebalan..

Iman Mujiarto (2005) dalam aksi. Vol. 3. No. 2 melakukan penelitian

mengenai plastik pada jenis plastik yang di gunakan pada industri dengan mengangkat judul “Sifat Dan Karakteristik Material Plastik Dan Bahan Aditif”. Penelitian ini membahas mengenai Plastik sekarang lebih banyak digunakan daripada gelas, kayu, dan logam karena banyak manfaatnya, seperti ringan, kuat, mudah dibentuk, anti karat, tahan terhadap bahan kimia, isolasi listrik yang baik, dan prosesnya lebih murah. Plastik yang tidak tahan panas dapat rusak dengan cepat pada suhu rendah. tetapi daya tahannya juga rendah. Keanekaragaman jenis plastik memberikan banyak pilihan untuk aplikasi dan proses pembuatan. Plastik dapat dibagi menjadi dua kategori utama: thermoplast dan termoset. Plastik termoset tidak dapat didaur ulang, tetapi thermoplast adalah plastik yang dapat didaur ulang. Kami dapat memilih produk berdasarkan spesifikasi dan preferensi kami berdasarkan berbagai jenis plastik yang tersedia. AS, ABS, PC POM, dan PVC adalah beberapa jenis plastik yang membutuhkan pengeringan sebelum diproses.

Daffa Adli Munandar , Fahmi Haidi , Muslimin dalam ISSN 2085-2762 Seminar Nasional Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta membahas topik mengenai Mesin *Vacuum Forming* dengan judul “Rancang Bangun Mesin *Vacuum Forming*” pada seminar ini membahas Mesin vacuum forming dapat membuat produk dari lembaran plastik. Untuk proses pembentukan, lembaran plastik 500 x 500 mm dijepit pada ikat pinggang dan kemudian dipanaskan oleh pemanas di bagian atas mesin hingga suhu transisi kaca. Setelah itu, ikat pinggang diturunkan agar lembaran plastik menutupi mold di atas kamar vakum. Mesin vacuum forming ini sangat fleksibel sehingga dapat memotong lembaran plastik yang sudah terbentuk menjadi bagian yang diinginkan pengguna. Dalam penelitian ini, metode thermoforming digunakan untuk merancang mesin vacuum forming yang sesuai untuk skala UKM. Menghitung spesifikasi yang diperlukan dan merancang sistem dan komponen sesuai dengan metode kerja mesin vacuum forming semi-otomatis adalah semua bagian dari proses rancang bangun.