

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini telah banyak pengembangan yang dilakukan pada proses industri manufaktur termasuk pada industri pengolahan plastik. Salah satu metode pengolahan plastik adalah dengan menggunakan *injection mold*. Metode *injection mold* ini memiliki keunggulan diantaranya prosesnya yang cepat dan harganya yang murah ketika diproduksi dengan jumlah yang sangat banyak (*mass production*). Proses *injection mould* ini juga dapat dilakukan pada komponen yang memiliki ukuran kecil seperti kancing baju sampai yang besar seperti *body* sepeda motor. Tidak ketinggalan pula, pada kemasan obat dan kebutuhan sehari-hari kebanyakan sudah menggunakan kemasan berbahan plastik, termasuk pada kemasan kosmetik.

Material yang digunakan pada proses injeksi pada umumnya adalah biji plastik. Biji plastik memiliki beragam jenis bahan, misalnya ABS, PET, PETG, PP, AS, HIPS dan masih banyak lagi. Seiring dengan berkembangnya teknologi, maka muncul resin-resin baru yang mengusung konsep ramah lingkungan, salah satunya adalah material komposit berbasis Polipropilen (PP) yang dicampur dengan batu kapur/kalsium karbonat (CaCO_3). Penggunaan material komposit jenis ini bertujuan untuk mengurangi penggunaan resin *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) dan *Acrylic Styrene* (AS) (*styrene based*) yang mulai dilarang di beberapa negara, karena kedua material ini lebih sulit terurai dan lebih sulit untuk didaur ulang karena komposisinya yang sangat kompleks. Proses daur ulangnya memerlukan peralatan yang canggih dan mahal sehingga tidak mendapatkan keuntungan ekonomis yang baik, sebagai akibatnya banyak produk yang berbahan ABS berakhir di tempat pembuangan akhir atau dibakar yang keduanya dapat merusak lingkungan. Material komposit ini memiliki massa jenis yang lebih besar dibandingkan material *polypropilen* murni sehingga jika digunakan pada *packaging* kosmetik memiliki kesan mewah dan tidak terlalu ringan.

Tabel 1. 1 Perbandingan Massa Jenis Material PP, Komposit PP, dan ABS (telah diolah kembali)

Material	Massa Jenis (g/cm ³)
PP	0,89 s/d 0,92
Komposit PP (PP+ CaCO ₃)	1,08 s/d 1,10
AS	0,95 s/d 1,15
ABS	1,00 s/d 1,21

Pencampuran material polypropylen dengan menggunakan batu kapur harus memiliki perbandingan yang tepat. Pada komposisi material yang terdiri dari 40% material *polypropylen* dengan 60% batu kapur/kalsium karbonat (CaCO₃) memiliki keunggulan sebagai berikut :

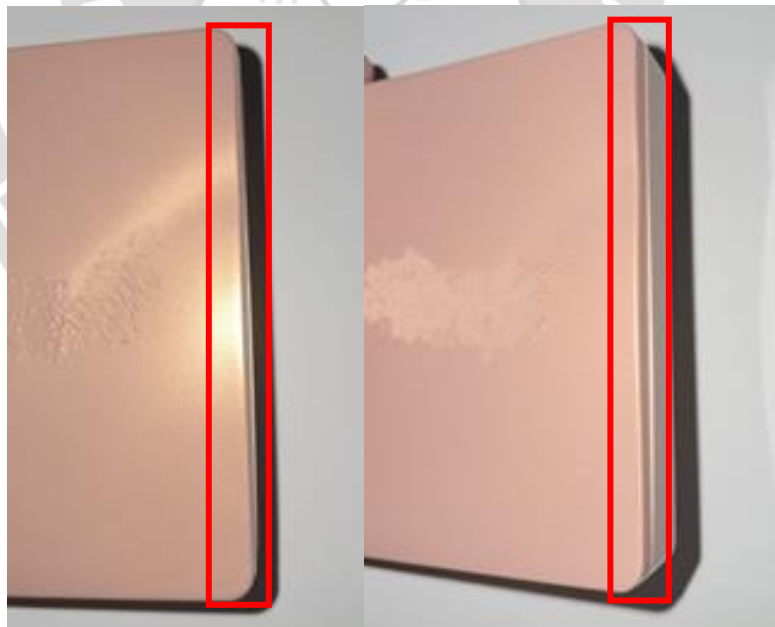
- Ramah lingkungan.
- Mengurangi penggunaan plastik hingga 60-80%.
- Dapat didaur ulang.

Pada aplikasi penggunaannya, komposisi material ini seringkali memiliki beberapa kendala, diantaranya pada area yang jauh dari gate maka tampilan permukaan produk akan menjadi *glossy* yang tidak merata. Untuk warna tertentu, seperti warna hitam, untuk mendapatkan kualitas visual yang baik cukup sulit karena adanya kandungan batu kapur yang menyebabkan kualitas warna termasuk visual menjadi buruk. Produk dengan material ini juga mudah penyok ketika dijatuhkan dari ketinggian tertentu. Oleh karena itu, untuk memperbaiki sifat bahan, maka material ini dicampur dengan menggunakan bahan polipropilen (PP) sebesar 60%, sehingga membentuk formulasi material baru yaitu 76% Polipropilen (PP) dan 24% batu kapur, namun pada perusahaan tempat penulis bekerja, material ini masih memiliki kecenderungan sifat terutama pada karakteristik cacat yang umum terjadi seperti pada material *polypropylen*.

Salah satu cacat yang muncul terutama pada produk yang memiliki dimensi besar adalah *warpage*. *Warpage* adalah cacat bentuk produk yang secara visual produk terlihat melengkung. Keadaan ini terjadi salah satunya karena adanya

pengaruh dari temperatur *mold* dan *holding pressure*. Untuk memecahkan masalah ini, maka dilakukan penelitian tentang proses injeksi dengan harapan dapat membantu mengurangi cacat *warpage* yang terjadi. Cacat *warpage* yang terjadi pada part *base* milik produk *eyeshadow* dapat mengakibatkan tampilan visual ketika produk terassembly menjadi kurang baik dikarenakan adanya celah yang muncul akibat efek *warping*. Masalah cacat *warping* pada umumnya diakibatkan karena banyak faktor, antara lain kesalahan dari bentuk cetakan itu sendiri, parameter *setting* yang tidak sesuai, dan produk menempel dengan kuat di salah satu sisi baik sisi *cavity* atau sisi *core*.

Permasalahan yang dialami di tempat kerja penulis adalah masalah *warpage* tersebut muncul pada part *base* dari sebuah produk kemasan kosmetik, cacat *warpage* tersebut menyebabkan estetika produk menjadi buruk karena muncul *gap* pada bagian samping produk yang terasa kasar saat diraba dengan menggunakan tangan.



Gambar 1. 1 Tampilan Visual Produk yang Terdapat *Warpage* ketika Dipasang dengan *Cover*

Tabel 1. 2 Tabel *Gap* Antara *Base* dan *Cover*

Sample	Base	Cover	Gap
1	169,08	168,45	0,32
2	169,24	168,45	0,40
3	169,24	168,45	0,40
4	169,26	168,45	0,41
5	169,18	168,45	0,37
6	169,20	168,45	0,38
7	169,23	168,45	0,39
8	169,19	168,45	0,37
9	169,15	168,45	0,35
10	169,22	168,45	0,39
Rata-rata	169,20	168,45	0,37

Besarnya *gap* yang muncul memiliki besar yang bervariasi dengan rata-rata nilai *gap* berada di angka 0,37 mm. Nilai *gap* tersebut melebihi dari target nilai *gap* yang telah distandarisasikan dengan *customer* sebesar sebesar 0,2 mm. Nilai standar *gap* tersebut tertulis dalam dokumen *quality agreement* yang telah disetujui antara pihak produsen dan *customer* seperti yang dapat terlihat pada gambar berikut ini.

PT. XYZ					
QUALITY AGREEMENT					
Package Component Specifications					
ITEM INFORMATION					
Vendor	Customer Name	Component Category	Product Code	Item Name	
PT. XYZ	PT. ABC	COMPACT	2145	2145 URBAN DELUXE COMPACT	
BILL OF MATERIALS					
Part Name	Material	Color	Decoration	Coating	Remarks
Inner Base	CLB	Brown	-	-	-
Base	CLB	Brown	-	-	-
Cover	CLB	Brown	-	-	Embossed Logo
AESTHETICS					
Defect Categories	ASL	Inspection Level	Sampling Plan	Methods	Frequency
Critical Defect	0,5%	General Inspection Level G-0	Single - Normal	Visual Observation According to Appropriate ranges	Systematically
Major Defect	2,5%				
Minor Defect	6,5%				
DIMENSIONAL CHECK POINT					
Tests	Measure Equipment	Standard Ranges	Note		
(A) Total Length	Digital Caliper	158.00 ± 0.50 mm			
(B) Total Width	Digital Caliper	86.40 ± 0.50 mm			
(C) Total Height	Height Gauge	18.18 ± 0.50 mm			
(C) Maximum Gap Allowed	Digital Caliper	0,2 mm	Left and Right Side		
Remarks		Technical drawing refers to ANNEX A			
FAIL CHECK POINT					
Tests	Measure Equipment	Standard Ranges	Note		
Cover Opening Force	Push Pull Gauge	600 gf ~ 1000 gf			
(C) Maximum Gap Allowed		Digital Caliper	0,2 mm	Left and Right Side	
Remarks		Technical drawing refers to ANNEX A			
ANNEXES					
A	Technical Drawing: 01.1.01.040.0111-000				
C	Packing/ Pick Out Drawing: Standard Packing 2145 Assembly Base + Cover				
HISTORY OF REVISION					
Date	Revision Number	Description			
-	-				
SIGNATURES					
Prepared By		Reviewed By		Approved By	
PT. XYZ		PT. ABC		PT. ABC	
Name		Name		Name	
Date: 4 Feb. 2025		Date: 4 Feb. 2025		Date	

Gambar 1. 2 Dokumen *Quality Agreement* Antara *Customer* dengan Produsen

Pada penelitian “*An Effect of Mold Surface Temperature on Final Product Properties in the Injection Molding of High-Density Polyethylene Materials*” meneliti tentang pengaruh temperatur cetakan terhadap sifat mekanis, pengujian kilap sample dan besarnya *warpage* pada material *high-density polyethylene*. Hasil yang didapat dari penelitian tersebut adalah temperatur cetakan mempengaruhi laju kristalisasi sehingga mempengaruhi kuat tarik bahan. Kenaikan temperatur cetakan juga dapat meningkatkan potensi terjadinya *warpage* dan menghasilkan permukaan yang mengkilap [1].

Pada penelitian “Pengaruh *Holding Time* dan *Mold Temperature* Terhadap Cacat *Warpage* pada Proses Komposit AL-PP dengan *Injection Molding*” ditentukan variasi *holding time* selama 5 detik, 10 detik, dan 15 detik, sementara itu, variasi untuk *mold temperature* adalah sebesar 30°C, 50°C, dan 70°C. Dari penelitian tersebut, diperoleh kesimpulan bahwa parameter *holding time* berpengaruh pada besaran nilai cacat *warpage* sebesar 90%, sedangkan pada parameter *mold temperature* memiliki pengaruh terhadap cacat *warpage* sebesar 8%. Kombinasi *holding time* dan temperatur cetakan yang paling optimal didapatkan *holding time* selama 15 detik dan temperatur cetakan 50°C [2].

Pada penelitian “Optimasi Multi Respon Parameter Proses Injection Molding Material Biokomposit Menggunakan Metode Taguchi - PCR TOPSIS” dilakukan serangkaian eksperimen untuk mengoptimalkan parameter proses *injection molding* pada material biokomposit berupa *polypropilen*, (*Maleic Anhydride Polypropylene*) MAPP, dan sekam padi. Penelitian tersebut dilakukan untuk mencari parameter *setting* yang tepat untuk menghasilkan produk dengan kekuatan tarik dan impak yang terbaik, variabel yang divariasikan adalah *barrel temperature*, *injection pressure*, *holding pressure*, dan *injection velocity*. Parameter yang memberikan kontribusi terbesar terhadap kekuatan tarik dan impak adalah pada parameter *holding pressure* dan *injection pressure* [3].

Pada penelitian “Analisa Dampak Variasi Parameter Temperatur Injeksi dan Waktu Pendinginan Terhadap Cacat Produk *Cap Tube Oval* Pada Proses *Injection Moulding*” dilakukan kajian terhadap cacat *warpage* dan *sink mark* yang menyebabkan produk mengalami renggang. Penelitian ini memvariasikan temperatur

injeksi dari 210°C, 220°C, dan 230°C, serta variasi waktu pendinginan, yaitu 8 detik, 10 detik, dan 12 detik. Temperatur injeksi yang lebih rendah dapat menyebabkan peningkatan cacat yang terjadi pada produk, sedangkan waktu pendinginan (*cooling time*) yang lebih lama dapat mengurangi cacat pada produk [4].

Pada penelitian “Analisis Variasi *Holding Time* dan *Injection Temperature* Terhadap Penyusutan Produk *Funnel* pada Cetakan Plastik Injeksi” variabel berubah dari penelitian tersebut adalah variasi *injection temperature* yaitu sebesar 185°C, 195°C, dan 205°C dan variasi *holding time* yaitu 1,5 detik, 2,5 detik, dan 3,5 detik. Kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian tersebut adalah semakin meningkatnya temperatur injeksi menyebabkan peningkatan presentase penyusutan pada produk, namun semakin kecil nilai *holding time*, maka nilai penyusutan produk juga semakin menurun [5].

Pada penelitian “*Experimental and Numerical Investigation of Injection Molding Main Parameters Effect on Shrinkage and Warpage of a Thin Sheet Made of HDPE*” dilakukan variasi terhadap *mold temperature*, *melt temperature*, dan *cooling time*. Variabel *mold temperature* divariasikan pada 30°C, 35°C, 40°C dan 45°C, variabel *melt temperature* divariasikan pada 190°C, 200°C, 210°C dan 220°C, variabel *holding time* divariasikan 1 detik, 2 detik, 3 detik, dan 4 detik. Hasil yang didapat dari penelitian ini adalah semakin meningkatnya temperatur cetakan, maka presentase penyusutan juga akan semakin meningkat, hal ini terjadi karena dengan meningkatkan temperatur cetakan, maka pembentukan struktur kristal dalam spesimen akan tertunda, dengan demikian maka penyusutan akan semakin meningkat. Peningkatan suhu leleh juga berpengaruh terhadap besarnya presentase *shrinkage*, semakin tinggi suhu leleh, maka presentase penyusutan juga akan semakin meningkat. Variabel peningkatan *holding time* yang semakin lama, menghasilkan presentase penyusutan yang makin kecil. Penelitian ini juga menganalisis pengaruh parameter yang telah disebutkan pada besarnya *warp* yang terjadi. Hasil yang dapat diambil adalah peningkatan *holding time* tidak mempengaruhi secara signifikan besarnya *warp*, tetapi variabel *melt temperature* dan *mold temperature* sangat berpengaruh. *Mold temperature* dan *melt*

temperature yang lebih tinggi akan menyebabkan *warpage* juga semakin kecil, hal ini diakibatkan oleh selisih perbedaan suhu antara lelehan material dan cetakan [6].

Pada penelitian “*Influence of Injection and Holding pressure on Tribological and Mechanical Behavior of Injection Moulded Thermoplastic*” membahas tentang pengaruh tekanan injeksi dan tekanan *holding* terhadap sifat mekanis pada material thermoplastik yang dicetak dengan menggunakan sistem *injection molding*. Variabel yang divariasikan pada penelitian ini adalah tekanan injeksi dan tekanan *holding*. Kekuatan tarik dan kekuatan kompresi material akan meningkat seiring dengan peningkatan tekanan injeksi pada batas tertentu. Tekanan *holding* turut mempengaruhi sifat mekanik material, peningkatan tekanan *holding* menjadi lebih tinggi dapat menyebabkan peningkatan nilai kuat tarik. Tekanan *holding* dan tekanan injeksi memiliki pengaruh yang saling terkait pada peningkatan nilai kuat tarik dan kekuatan kompresi material [7].

Berdasarkan uraian diatas, belum pernah terdapat penelitian tentang pengaruh temperatur cetakan dan *holding pressure* terhadap cacat *warpage* pada material komposit dengan matriks *polypropilen* dengan bahan pengisi berupa batu kapur/kalsium karbonat (CaCO_3). Fokus dari penelitian ini adalah mengukur besarnya *warpage* yang akan diukur pada setiap titik produk dan menganalisis kemungkinan penyebab *warpage* tersebut, pengukuran terhadap besarnya *shrinkage* yang berkaitan langsung dengan dimensi *final* produk, kekuatan tarik material, serta kualitas permukaan produk. Penelitian ini akan memvariasikan temperatur cetakan dan *holding pressure* yang masih belum dibahas pada penelitian yang lain.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah diatas, maka pada penelitian ini akan menjawab beberapa pertanyaan berikut ini :

1. Bagaimana pengaruh *mold temperature* dan *holding pressure* terhadap *warpage* pada produk dengan material komposit berbasis PP?
2. Bagaimana pengaruh *mold temperature* dan *holding pressure* terhadap *shrinkage* (penyusutan) pada produk?

3. Apakah parameter *holding pressure* dan *mold temperature* berpengaruh pada kuat tarik material?
4. Bagaimana kualitas permukaan produk apabila terdapat variabel perbedaan *holding pressure* dan *mold temperature*?
5. Bagaimana parameter optimal untuk menghasilkan part “base” yang memiliki kualitas sesuai dengan standar yang telah ditentukan?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari fokus penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sample yang diuji adalah part “base” dengan material biji plastik berupa campuran 76% material PP dan 24% material batu kapur (CaCO_3) yang sudah dicampur dan di ekstrude bersamaan.
2. Pengecekan dimensi dilakukan dengan menggunakan alat *quick vision* dan divalidasi menggunakan jangka sorong.
3. Variabel proses injeksi yang digunakan adalah temperatur cetakan dan *holding pressure*.
4. Parameter injeksi yang lain seperti *injection speed*, temperatur *barrel*, pergerakan *mold open* dan *mold close* dijaga konstan.
5. Mesin injeksi yang digunakan adalah *Arburg* dengan tipe dengan tipe 520C 2000-350.
6. Pengamatan permukaan agar lebih jelas menggunakan digital *microscope* dengan perbesaran hingga 115x.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Menganalisis pengaruh *mold temperature* dan *holding pressure* terhadap *warpage* pada produk dengan material komposit berbasis *polypropylene* (PP).
2. Menganalisis pengaruh *holding pressure* dan *mold temperature* pada presentase penyusutan produk.
3. Menganalisis dampak terhadap kuat tarik material akibat adanya perbedaan *mold temperature* dan *holding pressure*.

4. Menentukan kualitas permukaan yang baik pada parameter *holding pressure* dan *mold temperature*.
5. Menentukan parameter *setting* yang optimal untuk menghasilkan part “base” agar memiliki spesifikasi sesuai dengan standar yang ditentukan.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian dapat dirasakan hasilnya untuk diri sendiri dan untuk kalangan umum.

1.5.1 Untuk penulis

1. Mengetahui pengaruh mold temperatur dan *holding pressure* terhadap *warpage*, penyusutan, nilai kuat tarik, dan visual permukaan pada material komposit berbasis PP.
2. Mengetahui parameter *setting* mesin injeksi yang optimal untuk menghasilkan produk yang sesuai dengan spesifikasi.
3. Mengetahui karakteristik material ketika diberi parameter *setting* yang berbeda pada saat proses injeksi.

1.5.2 Untuk umum

1. Memberikan pengetahuan mengenai karakteristik material apabila dikenai suatu suhu tertentu pada cetakan saat proses injeksi berlangsung.
2. Memberikan kontribusi terhadap pengetahuan ilmu bahan terkait adanya material baru yang belum pernah diteliti sebelumnya.
3. Memberikan informasi tentang pengaruh *holding pressure* dan *mold temperature* terhadap bahan yang baru, yaitu komposit berbasis *polypropylene*.

1.6 Sistematika Penulisan

Pada penulisan laporan tugas akhir ini terdiri dari beberapa bab dengan uraian pada setiap bab yang meliputi .

BAB I : Pendahuluan

Pada bab ini tertulis latar belakang penelitian yang dipilih, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan manfaat penelitian dan sistematika penulisan laporan.

BAB II : Landasan Teori

Pada bab ini diuraikan tentang teori-teori dasar yang digunakan dalam penulisan laporan serta rumus perhitungan yang akan digunakan pada perhitungan di bagian bab selanjutnya.

BAB III : Metodologi Penelitian

Pada bab ini akan dijelaskan proses yang digunakan untuk pengambilan data yang akan dianalisis pada bab berikutnya, pada bab ini juga dijelaskan langkah-langkah yang digunakan dalam pengukuran dan pengamatan secara visual.

BAB IV : Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini akan dipaparkan hasil dan penjelasan secara analitis mengenai data penelitian yang didapatkan dari proses eksperimen.

BAB V : Kesimpulan dan Saran

Dalam bab ini terdapat kesimpulan berdasarkan hasil pengujian dan saran yang diberikan oleh penulis terkait tentang apa yang dapat dilakukan untuk menyempurnakan penelitian ini.