

**PENENTUAN PARAMETER PROSES PENCETAKAN
PRODUK DAUR ULANG TUTUP BOTOL PLASTIK
HDPE DENGAN *COMPRESSION MACHINE***

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat guna mencapai gelar
Sarjana dalam bidang ilmu Teknik Industri

Disusun oleh:

Nama : Aswin Widjaja

NPM : 2016610173



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
2020**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG**



Nama : Aswin Widjaja
NPM : 2016610173
Jurusan : Teknik Industri
Judul Skripsi : PENENTUAN PARAMETER PROSES PENCETAKAN PRODUK
DAUR ULANG TUTUP BOTOL PLASTIK HDPE DENGAN *COMPRESSION*
MACHINE

TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI

Bandung, Januari 2020

Kepala Program Studi Sarjana Teknik Industri

(Romy Loice, S.T., M.T)

Pembimbing Pertama

(Romy Loice, S.T., M.T)

Pembimbing Kedua

(Hanky Fransiscus, S.T., M.T.)



Jurusan Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Katolik Parahyangan

Pernyataan Tidak Mencontek atau Melakukan Tindakan Plagiat

Saya, yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Aswin Widjaja

NPM : 2016610173

dengan ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

***“PENENTUAN PARAMETER PROSES PENCETAKAN PRODUK DAUR
ULANG TUTUP BOTOL PLASTIK HDPE DENGAN COMPRESSION
MACHINE”***

adalah hasil pekerjaan saya dan seluruh ide, pendapat atau materi dari sumber lain telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan, maka saya bersedia menanggung sanksi yang akan dikenakan kepada saya.

Bandung, 16 Januari 2020

Aswin Widjaja
2016610173

ABSTRAK

Produksi plastik di dunia terus meningkat setiap tahunnya. Hal ini berbanding lurus dengan jumlah sampah plastik yang dihasilkan. Berdasarkan hasil penelitian Geyer, Jambeck, & Law pada tahun 2017, dari 6,3 miliar metrik ton sampah plastik yang dihasilkan, hanya 9% yang di daur ulang. Dalam pengendalian sampah, Pemerintah Indonesia menunjukkan komitmennya melalui Peraturan Presiden No. 97 Tahun 2017 dalam menangani sampah salah satunya dengan pendauran ulang. Pendauran ulang dapat mentransformasikan sampah plastik yang tidak berguna menjadi barang dengan nilai guna. Universitas Katolik Parahyangan memiliki sistem pendauran ulang sampah botol plastik dengan menggunakan *shredder machine* (pencacah) dan *compression machine* (pencetak). Namun, parameter-parameter yang mempengaruhi proses pencetakan produk daur ulang tutup botol plastik berbahan *high-density polyethylene* (HDPE) dengan menggunakan *compression machine* belum diketahui secara pasti.

Desain eksperimen digunakan dalam menentukan parameter proses pencetakan yang berpengaruh terhadap produk daur ulang tutup botol plastik HDPE dengan *compression machine*. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode *completely randomized design*. Tahapan diawali dengan melakukan penelitian pendahuluan, identifikasi respon, faktor, level. Kemudian dilakukan pengacakan *treatment* dan pengumpulan data hasil pengacakan. Kualitas hasil produk daur ulang tutup botol plastik HDPE dengan *compression machine* merupakan variabel respon dari eksperimen yang dilakukan. Pengumpulan data respon melibatkan *problem owner*. Penilaian dilakukan dengan menggunakan rubrik penilaian berdasarkan kriteria kualitas produk yang ditetapkan beserta tingkat kepentingannya.

Pengolahan data dilakukan dengan uji ANOVA. Hasil pengujian menunjukkan bahwa parameter gramasi mempengaruhi kualitas hasil produk daur ulang. Sedangkan, tidak ada interaksi antarparameter yang mempengaruhi kualitas hasil produk daur ulang jika parameter gramasi ditetapkan sebesar 68 gram atau 69 gram, pengaturan suhu di mesin ditetapkan sebesar 250°C, 275°C, atau 300°C, dan *holding time* ditetapkan selama 5 menit atau 10 menit. Parameter terbaik dari percobaan yang dilakukan adalah gramasi sebesar 69 gram dengan parameter lain menggunakan level yang ada penelitian. Rata-rata nilai kualitas yang didapatkan dari parameter tersebut adalah 3,597 dari skala 5.

ABSTRACT

Plastic production in the world continues to increase every year. This is directly proportional to the amount of plastic waste produced. Based on the results of Geyer, Jambeck, & Law research in 2017, from 6.3 billion metric tons of plastic waste produced, only 9% is recycled. In controlling waste, the Government of Indonesia shows its commitment through Presidential Regulation No. 97 of 2017 in handling waste, one of which is recycling. Recycling can transform useless plastic waste into goods of use value. Parahyangan Catholic University has a plastic bottle waste recycling system using a shredder machine and a compression machine. However, the parameters that affect the process of printing recycled plastic bottle caps made from high-density polyethylene (HDPE) using a compression machine are not known for certain.

The experimental design is used in determining the molding process parameters that affect recycled HDPE plastic bottle cap products with a compression machine. The study was conducted using the completely randomized design method. The stages begin with preliminary research, identification of responses, factors, levels. Then the treatment was randomized and the randomization of data collected. The quality of the recycled product results of HDPE plastic bottle caps with a compression machine is the response variable of the experiments conducted. Response data collection involves the problem owner. The assessment is carried out using an assessment rubric based on established product quality criteria and their importance.

Data processing was performed by ANOVA test. The test results show that the mass parameter affects the quality of the results of recycled products. Meanwhile, there is no interaction between parameters that affect the quality of recycled product results if the mass parameter is set at 68 grams or 69 grams, the temperature setting in the machine is set at 250°C, 275°C, or 300°C, and holding time is set for 5 minutes or 10 minutes. The best parameter of the experiments carried out was mass of 69 grams with the other parameters using the existing level of research. The average quality value obtained from these parameters is 3,597 from a scale of 5.

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kepada Tuhan yang Maha Esa karena atas berkat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan penelitian skripsi dengan judul “Penentuan Parameter Proses Pencetakan Produk Daur Ulang Tutup Botol Plastik HDPE dengan *Compression Machine*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat mencapai gelar Sarjana dalam bidang ilmu Teknik Industri di Fakultas Teknologi Industri Universitas Katolik Parahyangan.

Selama penelitian berlangsung, banyak hambatan dan kesulitan yang dialami oleh penulis. Namun, penulis mendapatkan dukungan, bimbingan, dan saran dalam menghadapi setiap hambatan dan kesulitan yang ada. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah terlibat dalam penelitian ini, yaitu:

1. Bapak Romy Loice, S.T., M.T. dan Bapak Hanky Fransiscus, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, ilmu, waktu, dukungan, dan motivasi dalam setiap proses yang ada dalam penelitian hingga selesai.
2. Ibu Catharina Badra Nawangpalupi, S.T., M.Eng.Sc., MTD.,Ph.D. dan Bapak Y. M. Kinley Aritonang, Ph.D. selaku dosen penguji proposal yang telah memberikan kritik dan saran dalam penelitian skripsi.
3. Ibu Catharina Badra Nawangpalupi, S.T., M.Eng.Sc., MTD.,Ph.D. dan Bapak Marihot Nainggolan, S.T, M.T., M.S. selaku dosen penguji sidang skripsi yang telah memberikan kritik dan saran dalam penyelesaian laporan skripsi.
4. Orang tua dan keluarga penulis yang selalu memberikan dukungan, motivasi, dan doa selama penelitian.
5. Bapak Mohamad Hasbi Ma’arif, A. Md. selaku laboran Laboratium Proses Produksi yang telah banyak memberikan bantuan, ide, dan menjadi teman baik selama penelitian berlangsung.
6. Ibu Dr. Orpha Jane selaku *problem owner* yang telah memberikan saran dan masukan terhadap penelitian.

7. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Industri yang telah memberikan banyak ilmu dan pengajaran selama masa perkuliahan.
8. Teman-teman yang juga berjuang dalam pengerjaan skripsi, Amadea Verena, Aurelia Sheryl, Elvina Tamara, Gerardo Michael, Vieri Gunawan, yang telah memberikan bantuan, menjadi acuan, dan tempat berbagi cerita tentang skripsi.
9. Sahabat penulis selama masa kuliah yaitu, Cecilia Tania, Kevin Fernando, Kevin Aditya, Christian Kevin, Amadea Verena, Aurelia Sheryl, Ivena Giovani, Emanuele Melissa, Anastasia Widjaja, Leo Tandra, Nathanael Chandra, Ferrel Brendan, dan Axel Diaz yang selalu membantu dan mendukung penulis dalam menyelesaikan penelitian. Terutama saat pengumpulan tutup botol plastik.
10. Tim Asisten Proses Manufaktur 2019/2020 yaitu, Dhea, Anastasia, Amadea, Vicky, Nichlaus, Natasya, Randy, Eris, Rony, Abelio, Shania, Grace, Irfan, dan Clea yang telah menemani, membantu, dan mendukung selama proses penelitian berlangsung.
11. Sahabat penulis lainnya yang tidak dapat disebutkan satu-satu namanya yang selalu membantu dan mendukung selama penelitian.
12. Teman-teman Kelas B Angkatan 2016 yang telah mengisi hari-hari penulis dengan penuh cerita selama masa kuliah.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan ketidaksempurnaan dalam penelitian ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan dan menerima segala kritik dan saran yang dapat membangun penelitian ini. Skripsi ini diharapkan dapat menjadi manfaat bagi pembaca dan untuk penelitian selanjutnya. Atas segala doa dan dukungan, penulis mengucapkan terima kasih.

Bandung, Januari 2020

Aswin Widjaja

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	
I.1 Latar Belakang Masalah.....	I-1
I.2 Identifikasi dan Rumusan Masalah.....	I-4
I.3 Pembatasan Masalah dan Asumsi Penelitian.....	I-9
I.4 Tujuan Penelitian	I-10
I.5 Manfaat Penelitian	I-10
I.6 Metodologi Penelitian	I-11
I.7 Sistematika Penulisan.....	I-13
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
II.1 Plastik	II-1
II.1.1 HDPE (<i>High-Density Polyethylene</i>)	II-2
II.1.2 <i>Recycling</i> HDPE (<i>High-Density Polyethylene</i>).....	II-3
II.2 <i>Compression Molding</i>	II-4
II.3 <i>Compression Machine</i>	II-5
II.4 Kualitas	II-6
II.5 Desain Eksperimen	II-6
II.6 Skala Pengukuran.....	II-10
II.7 <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA)	II-13
BAB III DATA DAN PENGOLAHAN DATA	
III.1 Penelitian Pendahuluan	III-1
III.2 Identifikasi Variabel Respon, Faktor, dan Level.....	III-11
III.2.1 Penentuan Variabel Respon.....	III-11
III.2.2 Penentuan Faktor.....	III-12

III.2.3 Penentuan Level Faktor	III-14
III.3 <i>Completely Randomized Design</i>	III-16
III.4 Pengumpulan Data Respon	III-19
III.5 Pengolahan Data	III-25
BAB IV ANALISIS	
IV.1 Analisis Penelitian Pendahuluan	IV-1
IV.2 Analisis Penentuan Respon, Faktor, dan Level	IV-5
IV.3 Analisis Eksperimen dan Pengumpulan Data Respon	IV-6
IV.4 Analisis Pengolahan Data dengan ANOVA	IV-7
IV.5 Usulan Peningkatan Nilai Kualitas Hasil Produk Daur Ulang	IV-10
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
V.1 Kesimpulan	V-1
V.2 Saran	V-1
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
RIWAYAT HIDUP PENULIS	

DAFTAR TABEL

Tabel I.1 Penentuan Parameter dari Uji Coba oleh Heryawan (2019)	I-5
Tabel II.1 Perbedaan sifat LDPE dan HDPE	II-3
Tabel II.2 Temperatur dan Waktu untuk <i>Compression Machine</i>	II-5
Tabel II.3 Penugasan <i>Treatment</i> untuk <i>Experimental Units</i>	II-10
Tabel II.4 Contoh Skala Ordinal (Sekaran & Bougie, 2016)	II-11
Tabel II.5 Contoh Skala Interval (Sekaran & Bougie, 2016)	II-11
Tabel II.6 Sifat Keempat Jenis Skala (Sekaran & Bougie, 2016).....	II-12
Tabel II.7 <i>Pairwise Comparison Matrix</i> (Winston, 2003).....	II-12
Tabel II.8 Rubrik Penilaian (University of Texas-Austin, 2017).....	II-13
Tabel II.9 ANOVA 2 Faktor Faktorial, <i>Fixed-Effects Model</i> (Montgomery & Runger, 2003)	II-15
Tabel III.1 Perbedaan Suhu di Mesin dan Aktual	III-6
Tabel III.2 Uji Coba Pendahuluan	III-9
Tabel III.3 Rata-Rata Waktu yang Dibutuhkan Cetakan Tertutup Rapat	III-14
Tabel III.4 Keutuhan Hasil Produk Daur Ulang untuk Level Dugaan	III-16
Tabel III.5 Rekapitulasi Keutuhan Hasil Produk Setiap Faktor	III-16
Tabel III.6 Penugasan <i>Treatment</i> dengan <i>Uniform Random Numbers</i>	III-18
Tabel III.7 Urutan <i>Treatment</i> Berdasarkan <i>Random Numbers</i>	III-19
Tabel III.8 Hasil Pembobotan Kriteria Penilaian Kualitas Hasil Produk.....	III-22
Tabel III.9 Rubrik Penilaian.....	III-22
Tabel III.10 Pengamatan Hasil Produk.....	III-23
Tabel III.11 Hasil Penilaian Kriteria Kualitas Hasil Produk.....	III-24
Tabel III.12 Nilai Kualitas Hasil Produk	III-25
Tabel III.13 Rekapitulasi Nilai Kualitas Hasil Produk	III-27
Tabel III.14 Data Residual Nilai Kualitas Hasil Produk	III-28

DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1 Produksi Plastik di Dunia Tahun 1950 – 2015	I-1
Gambar I.2 <i>Shredder Machine</i> (Kiri) dan <i>Compression Machine</i> (Kanan) Karya Dave Hakkens	I-3
Gambar I.3 Hasil Percobaan ke-1 sampai ke-4.....	I-6
Gambar I.4 Hasil Percobaan ke-5 sampai ke-9.....	I-8
Gambar I.5 Metodologi Penelitian	I-13
Gambar II.1 Simbol Plastik dan Kemampuannya untuk Didaur Ulang	II-2
Gambar II.2 Proses <i>Compression Molding</i> untuk <i>Thermosetting Plastic</i>	II-4
Gambar II.3 Model Umum Proses atau Sistem	II-7
Gambar III.1 <i>Shredder Machine</i> milik Biro Umum dan Teknik.....	III-1
Gambar III.2 Proses Mencuci Material Plastik HDPE	III-2
Gambar III.3 Model Awal Penelitian	III-3
Gambar III.4 Oven milik Biro Umum dan Teknik	III-4
Gambar III.5 Cetakan <i>Core</i> (Atas) dan <i>Base</i> (Bawah)	III-5
Gambar III.6 Hasil Modifikasi Cetakan	III-6
Gambar III.7 Penggunaan <i>Automotive Meter</i>	III-7
Gambar III.8 Percobaan dengan Pengaturan Suhu di Mesin 200°C.....	III-8
Gambar III.9 Penimbangan Cacahan Material Plastik HDPE	III-10
Gambar III.10 Hasil Percobaan Pendahuluan	III-11
Gambar III.11 Jenis Cacat pada Proses Pencetakan	III-13
Gambar III.12 Model Akhir Penelitian.....	III-15
Gambar III.13 Kriteria Cacat <i>Sink Marks</i> Permukaan Luar (a), <i>Sink Marks</i> Permukaan Dalam (b), dan <i>Delamination</i> (c)	III-21
Gambar III.14 Uji Normalitas Data Residual.....	III-28
Gambar III.15 Uji Variansi Data Residual.....	III-29
Gambar III.16 Uji Independensi Data Residual	III-30
Gambar III.17 Hasil Pengujian ANOVA.....	III-31
Gambar III.18 <i>Main Effects Plot</i> Parameter Gramasi	III-33
Gambar IV.1 Percobaan Analisis (70 gram).....	IV-9
Gambar IV.2 Contoh PID <i>Temperature Controllers</i>	IV-10

Gambar IV.3 Ilustrasi Penerapan NIR dalam Pemisahan Plastik	IV11
Gambar IV.4 Contoh Sistem <i>Ejector Pin</i>	IV-12

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A: HASIL PERCOBAAN PENELITIAN PENDAHULUAN

LAMPIRAN B: HASIL PERCOBAAN PRODUK DAUR ULANG

LAMPIRAN C: KUESIONER PEMBOBOTAN KRITERIA

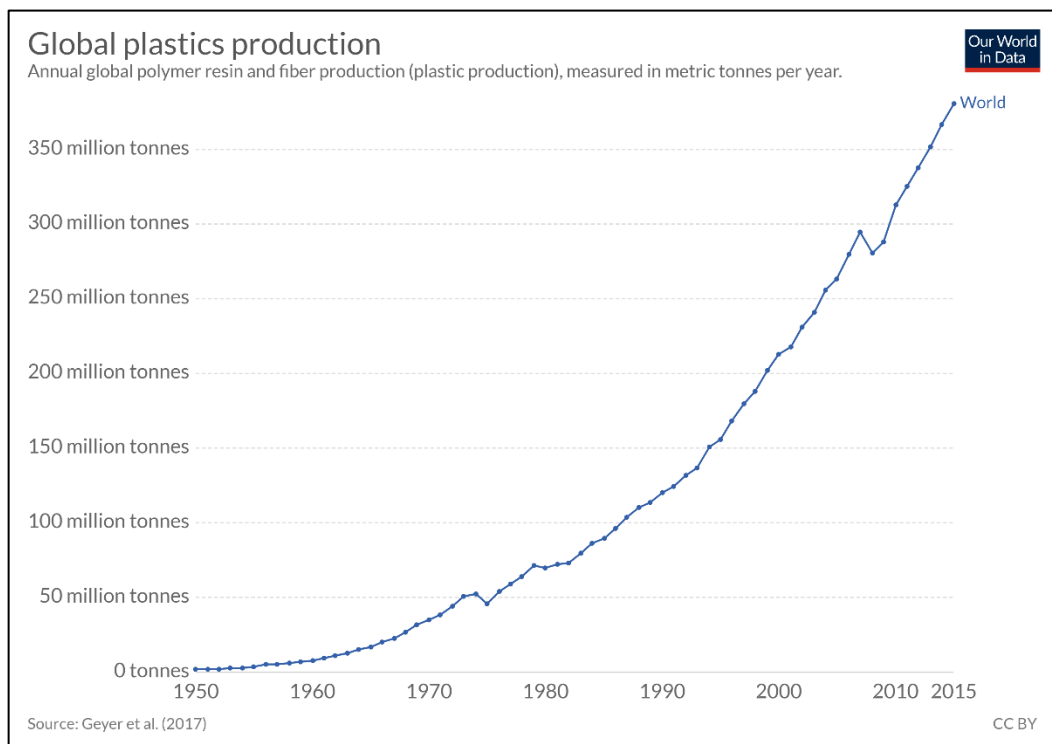
BAB I

PENDAHULUAN

Bab pendahuluan berisi penjelasan mengenai latar belakang masalah, identifikasi dan rumusan masalah, pembatasan masalah dan asumsi penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian, serta sistematika penulisan. Penjelasan tersebut berguna untuk memberikan pemahaman mengenai penelitian yang dilakukan.

I.1 Latar Belakang Masalah

Hingga April 2019, populasi di dunia tercatat telah mencapai 7.7 miliar orang. Pertambahan populasi setiap tahunnya sejalan dengan tingkat kebutuhan yang juga kian meningkat. Salah satu kebutuhan yang tak terhindarkan dari kehidupan sehari-hari manusia adalah penggunaan plastik. Dalam 69 tahun terakhir, produksi plastik di dunia terus meningkat hingga mencapai 381 juta ton. Grafik peningkatan produksi plastik di dunia dapat dilihat pada Gambar I.1.



Gambar I.1 Produksi Plastik di Dunia Tahun 1950 – 2015
(Sumber: Geyer et al., 2017)

Produksi plastik yang terus meningkat setiap tahunnya juga harus diimbangi dengan pengolahannya. Namun, pada jurnal yang berjudul “*Production, use, and fate of all plastics ever made*” menyebutkan bahwa hingga 2015, diperkirakan terdapat 6,3 miliar metrik ton sampah plastik yang dihasilkan oleh manusia dan diantaranya hanya 9% yang di daur ulang, 12% dibakar, dan 79% di buang ke TPA (*landfill*) (Geyer, Jambeck, & Law, 2017).

Indonesia sebagai negara dengan populasi terbanyak keempat di dunia juga berperan dalam menghasilkan sampah plastik. Menurut Jambeck (2015), Indonesia menempati posisi kedua sebagai penyumbang sampah plastik terbanyak kedua di dunia setelah China. Namun nyatanya, penggunaan plastik di kalangan masyarakat Indonesia masih sulit untuk dikendalikan. Berdasarkan data Statistik Lingkungan Hidup Indonesia (SLHI) 2018 yang bertemakan “Pengelolaan Sampah di Indonesia”, rumah tangga yang melakukan daur ulang hanya 1,2% rumah tangga, sedangkan 66,8% rumah tangga masih membakar sampah, dan sisanya membuang ke TPA (Tempat Pembuangan Akhir).

Dalam pengendalian sampah, Pemerintah Indonesia telah menunjukkan komitmennya melalui Peraturan Presiden No. 97 Tahun 2017 dalam menangani sampah sebesar 70% di tahun 2025. Salah satu bentuk yang mendukung pengurangan sampah ini adalah pendauran ulang sampah serta pemanfaatan kembali sampah. Penerapan ini juga tertuang dengan adanya koordinasi antara Pemerintah Pusat dengan Pemerintah Daerah.

Partisipasi Pemerintah Daerah Kota Bandung dalam penanganan sampah telah dilakukan melalui kolaborasi antara Perusahaan Daerah (PD) Kebersihan Kota Bandung dengan beberapa universitas, salah satunya adalah Universitas Katolik Parahyangan, yang pada tahun 2017 menggalakkan program Peduli Lingkungan sejak 2017. Wujud nyata Universitas Katolik Parahyangan dalam penanganan sampah yang dihasilkan oleh mahasiswa adalah dengan diresmikannya *biodigester* (pengolah sampah organik) pada tanggal 22 April 2019. Selain itu, dalam penanganan sampah anorganik terutama sampah plastik, telah dilakukan penelitian mengenai sistem pengolahan cacahan sampah botol plastik yang dilakukan oleh mahasiswa Teknik Industri.

Sampah botol plastik menjadi perhatian dalam pengolahan sampah plastik karena penggunaannya yang hanya sekali pakai dan sangat sulit untuk terurai sehingga dikategorikan sebagai limbah di lingkungan. Dengan

menggunakan sistem pengolahan cacahan sampah botol plastik yang dimiliki oleh Biro Umum dan Teknik (BUT), maka sampah botol plastik dapat didaur ulang menjadi barang yang bermanfaat dan memiliki nilai jual. Dengan demikian, sampah botol plastik dapat memiliki siklus hidup yang ramah lingkungan dan bahkan menguntungkan berbagai pihak terutama lingkungan Universitas Katolik Parahyangan dan PD Kebersihan Kota Bandung dalam memanfaatkan barang daur ulang.

Pada sistem pengolahan cacahan sampah botol plastik yang dimiliki oleh BUT, digunakan alat *shredder machine* (pencacah) dan *compression machine* (pencetak). Kedua alat tersebut merupakan modifikasi dari *blueprint* milik Dave Hakkens yang mencetuskan proyek "*Precious Plastic*" sejak tahun 2013.



Gambar 1.2 *Shredder Machine* (Kiri) dan *Compression Machine* (Kanan) Karya Dave Hakkens
(Sumber: *Precious Plastic*, 2017)

Proyek ini merupakan gagasan kepada seluruh masyarakat dunia untuk ikut berpartisipasi dalam memerangi polusi plastik dengan cara mendaur ulang. Pada sistem pengolahan cacahan sampah botol plastik milik BUT, sampah botol plastik mula-mula akan dicacah dengan menggunakan *shredder machine*. Kemudian cacahan plastik tersebut akan dicetak dengan menggunakan *compression machine* hingga menghasilkan produk akhir. Implementasi sistem ini telah menghasilkan empat produk akhir berupa mangkuk. Namun, proses pencetakan dengan menggunakan *compression machine* memerlukan penelitian lebih lanjut agar dapat menghasilkan kualitas yang lebih baik dan memiliki nilai jual yang lebih tinggi.

I.2 Identifikasi dan Rumusan Masalah

Peningkatan sampah botol plastik setiap tahun dengan pengolahan yang belum terkendali akan terus mencemari lingkungan. Salah satu pengendalian sampah botol plastik yang dapat dilakukan adalah dengan daur ulang. Penerapan sistem pengolahan cacahan sampah botol plastik milik Universitas Katolik Parahyangan merupakan salah satu cara daur ulang yang dapat mengurangi keberadaan sampah botol plastik. Sistem pengolahan cacahan sampah botol plastik akan dimulai dengan proses pencacahan sampah botol plastik dengan *shredder machine* yang kemudian dilanjutkan dengan proses pencetakan dengan menggunakan *compression machine*. *Compression machine* merupakan salah satu alternatif dalam proses mencetak plastik selain *extrusion machine* dan *injection machine*.

Compression machine yang dimiliki oleh Biro Umum dan Teknik (BUT) Universitas Katolik Parahyangan merupakan modifikasi dari karya Dave Hakkens, pencetus "*Precious Plastic*". *Compression machine* ini terdiri dari beberapa komponen yaitu *oven*, cetakan, dan dongkrak. Secara singkat, *oven* yang telah diatur suhunya akan melelehkan plastik yang berada pada cetakan lalu dongkrak akan memberikan tekanan sehingga cetakan dapat tertutup rapat.

Saat ini, pencetakan dilakukan untuk produk daur ulang berupa mangkuk. Fungsi utama dari mangkuk ini adalah sebagai wadah multifungsi sebagai contoh digunakan untuk tempat permen, tanaman hias, kunci, dan sebagainya. Namun, mangkuk yang dicetak tidak dapat digunakan untuk keperluan konsumsi seperti makan atau minum karena plastik yang telah didaur ulang sudah tidak lagi memenuhi kriteria *food grade*.

Dalam memenuhi fungsinya sebagai wadah multifungsi, mangkuk harus memiliki nilai-nilai yang dirasa menarik oleh konsumen. Salah satu nilai tersebut adalah nilai estetis dari produk. Selain estetis, nilai kerapihan, kemulusan, dan keutuhan dari produk juga merupakan komponen yang menciptakan daya tarik konsumen. Terdapat tahapan yang mendorong konsumen dalam melakukan pembelian terhadap suatu produk yang ditawarkan, yaitu konsep AIDA: *Attention, Interest, Desire, Action* (Kotler & Keller, 2012). Suatu produk mula-mula harus memiliki suatu nilai yang dapat menarik perhatian konsumen sebelum selanjutnya memiliki minat, keinginan, dan akhirnya membeli produk tersebut.

Hal ini berlaku pada produk mangkuk daur ulang yang dihasilkan oleh Universitas Katolik Parahyangan. Dengan demikian, produk mangkuk harus memiliki kualitas yang baik dalam memenuhi nilai-nilai tersebut sehingga memiliki daya tarik untuk mendapatkan perhatian konsumen. Apabila produk tidak memiliki nilai-nilai tersebut dan tidak layak digunakan, maka produk daur ulang hanya akan menjadi sampah kembali.

Dalam proses pencetakan, setiap plastik memiliki karakteristiknya masing-masing. Dengan demikian, diperlukan penentuan parameter yang paling tepat untuk menghasilkan produk akhir dengan kualitas yang baik. Pada percobaan yang telah dilakukan sebelumnya (Heryawan, 2019), terdapat beberapa parameter yang mempengaruhi proses *compression* pada plastik berbahan dasar HDPE diantaranya, gramasi, durasi, suhu, dan penggunaan dongkrak. Percobaan dalam menentukan parameter untuk produk daur ulang mangkuk dilakukan sebanyak lima kali. Penentuan parameter melalui percobaan yang dilakukan oleh Heryawan (2019) dapat dilihat pada Tabel I.1.

Tabel I.1 Penentuan Parameter dari Uji Coba oleh Heryawan (2019)

Uji Coba	Material	Gramasi (Gram)	Waktu (Menit)	Suhu (°C)	Penggunaan Dongkrak
1	HDPE	50	33	255	Tidak
2	HDPE	72	35	255	Ya
3	HDPE	60	30	255	Tidak
4	HDPE	70	37	255	Ya
5	HDPE	68	38	255	Tidak

Berdasarkan hasil penentuan parameter dari uji coba tersebut, akan dilakukan pengamatan pada hasil percobaan pertama hingga keempat terlebih dahulu yang memiliki parameter gramasi dan penggunaan dongkrak yang berbeda-beda. Dengan parameter pada Tabel I.1, hasil pengamatan pada percobaan ke-1 hingga ke-5 dapat dilihat pada Gambar I.3.

Pada percobaan ke-1, dengan gramasi yang diberikan hanya 50 gram, cetakan tidak sepenuhnya terisi sehingga menyebabkan cacat berupa *short shot*. Hal ini menyebabkan pinggiran dari mangkuk tidak terbentuk secara utuh. Selain itu, permukaan pada percobaan ini mengalami cacat berupa *voids* (udara terperangkap) yang menyebabkan terdapat permukaan tidak rata dan tidak mulus (lihat Gambar I.3, Percobaan ke-1).

Pada percobaan ke-2, hasil permukaan dapat dikatakan cukup rata dan mulus, hanya ada sedikit cacat berupa *voids* di beberapa titik. Namun, pada bagian

atas mangkuk terlihat bekas pemapasan akibat adanya cacat berupa *flashing* (berlebihnya material pada cetakan). Hal ini menyebabkan permukaan yang tidak mulus untuk pinggiran mangkuk (lihat lingkaran merah, Gambar I.3, Percobaan ke-2).



Gambar I.3 Hasil Percobaan ke-1 sampai ke-4

Pada percobaan ke-3, cacat yang sama seperti pada percobaan ke-1 terjadi kembali, yaitu adanya *short shot* dan *voids* di hampir seluruh permukaan mangkuk. Hal ini mungkin dikarenakan kurangnya material pada cetakan dan tidak adanya penggunaan dongkrak sehingga cetakan tidak tertutup dengan rapat (lihat Gambar I.3, Percobaan ke-3).

Pada percobaan ke-4, pada permukaan bagian dalam mangkuk terdapat cacat berupa *sink marks*, yaitu adanya cekungan pada permukaan produk. Selain

sink marks, pada permukaan bagian atas mangkuk terdapat cacat berupa *voids* yang menyebabkan permukaan tidak mulus (lihat lingkaran merah, Gambar I.3, Percobaan ke-4).

Pada percobaan selanjutnya, parameter-parameter tersebut telah ditetapkan pada percobaan kelima yaitu plastik berbahan dasar HDPE, gramasi 68 gram, durasi pemanasan 30-35 menit, suhu 255°C, dan tidak digunakannya dongkrak. Dengan parameter yang telah diberikan, hasil pengamatan pada percobaan ke-5 hingga ke-9 yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar I.4.

Pada percobaan ke-5, dapat terlihat cacat pada permukaan dalam mangkuk yang menyebabkan permukaan menjadi kasar dan tidak rata. Hal ini mungkin terjadi akibat adanya udara yang terperangkap pada saat proses pencetakan berlangsung (*voids*). Selain cacat berupa *voids*, terlihat bekas pemapasan pada permukaan bagian atas mangkuk yang menandakan adanya material berlebih (*flashing*) pada mangkuk saat proses pencetakan selesai (lihat lingkaran merah, Gambar I.4, Percobaan ke-5).

Pada percobaan ke-6, terjadi pengisian yang tidak sempurna pada cetakan (*short shot*). Hal ini menyebabkan bagian tersebut tidak mulus dan kehilangan nilai estetikanya (lihat lingkaran merah, Gambar I.4, Percobaan ke-6). Produk seperti ini akan kembali menjadi sampah dan harus didaur ulang kembali.

Pada percobaan ke-7, dapat terlihat pada pinggiran mangkuk yang menunjukkan adanya udara yang terperangkap (*voids*) sehingga bagian permukaan tersebut tidak rata atau mulus (lihat lingkaran merah, Gambar I.4, Percobaan ke-7). Cacat ini juga terjadi pada seluruh percobaan yang telah dilakukan. Selain *voids*, bekas pemapasan juga terlihat yang menandakan terjadi cacat berupa *flashing* saat proses pencetakan selesai.

Pada percobaan ke-8, *short shot* kembali terjadi di beberapa bagian (lihat lingkaran merah, Gambar I.4, Percobaan ke-8). Hal ini menyebabkan produk harus didaur ulang kembali apabila ingin dihasilkan kualitas yang lebih baik dan memiliki nilai estetik.

Pada percobaan ke-9, gramasi yang ditentukan seringkali masih melebihi cetakan (*flashing*). Hal ini menyebabkan produk harus dipotong pada bagian yang berlebih. Selain *flashing*, pada percobaan kesembilan terdapat cacat berupa *sink marks* yang memberikan cekungan pada permukaan produk (lihat lingkaran

merah, Gambar I.4, Percobaan ke-9). Hal ini menyebabkan permukaan bagian dalam mangkuk tidak mulus.



Gambar I.4 Hasil Percobaan ke-5 sampai ke-9

Berdasarkan pengamatan pada percobaan yang telah dilakukan tersebut, parameter yang telah ditentukan pada percobaan ke-5 sampai ke-9 masih menghasilkan produk dengan kualitas yang berbeda-beda atau inkonsisten. Perbedaan juga terlihat pada percobaan ke-1 sampai ke-5 dengan menggunakan parameter yang berbeda-beda. Hal ini menunjukkan bahwa parameter yang ditentukan tersebut memiliki pengaruh terhadap hasil kualitas produk daur ulang mangkuk yang dicetak dengan menggunakan *compression machine*. Dengan demikian, perlu ditentukan parameter yang tepat untuk menghasilkan produk dengan kualitas yang baik.

Kualitas hasil daur ulang sampah botol plastik ini dapat dinilai secara kualitatif melalui bentuk dan tampilannya. Dengan mengetahui parameter-parameter yang tepat, maka akan dihasilkan produk akhir daur ulang dengan kualitas yang baik dan memiliki nilai jual yang lebih tinggi dari sebelumnya. Dengan demikian, produk daur ulang dapat dijual kembali dan mengurangi pencemaran sampah botol plastik.

Dalam menentukan parameter yang tepat, maka perlu dilakukan desain eksperimen. Pada percobaan yang telah dilakukan, dapat diidentifikasi bahwa faktor dalam percobaan dapat diatur. Selain itu, kondisi dari *compression machine* saat percobaan tidak berubah-ubah sehingga tidak ditemukan adanya pembatasan (*blocking*). Dengan demikian, *completely randomized design* (CRD) merupakan model yang akan digunakan dalam penelitian ini.

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah dijabarkan diatas, maka terdapat beberapa rumusan masalah yang akan diteliti, yaitu:

1. Bagaimana interaksi antarparameter yang dapat mempengaruhi proses pencetakan dengan menggunakan *compression machine* pada produk daur ulang plastik HDPE dengan CRD?
2. Berapa nilai parameter terbaik dari percobaan yang dilakukan untuk menghasilkan produk daur ulang plastik HDPE yang berkualitas?

I.3 Pembatasan Masalah dan Asumsi Penelitian

Pembatasan masalah dibuat agar penelitian yang dilakukan lebih terfokus pada permasalahan yang akan dikaji. Berikut merupakan batasan-batasan masalah yang dibuat.

1. Penelitian yang dilakukan hanya menggunakan *compression machine* milik Biro Umum dan Teknik (BUT) Universitas Katolik Parahyangan.
2. Material yang digunakan adalah sampah tutup botol plastik dengan bahan *high-density polyethylene* (HDPE).
3. Hasil daur ulang HDPE yang digunakan untuk produk pencetakan adalah hasil pencacahan dengan *shredder machine* milik BUT Universitas Katolik Parahyangan.

Selain pembatasan masalah, diperlukan juga asumsi dalam suatu penelitian. Asumsi digunakan untuk menyederhanakan masalah yang dikaji sehingga penarikan kesimpulan akan memiliki probabilitas yang lebih tinggi dalam pemecahan masalah. Berikut merupakan asumsi masalah yang digunakan dalam penelitian.

1. Sampah tutup botol plastik yang didaur ulang memiliki material yang sama yaitu HDPE.
2. *Compression machine* memiliki performansi yang konstan selama proses pencetakan berlangsung.
3. Parameter lain seperti suhu lingkungan, kelembaban udara di sekitar *compression machine* milik BUT dianggap tidak berubah selama pengambilan data.

I.4 Tujuan Penelitian

Pada suatu penelitian, perlu diketahui tujuan yang ingin dicapai pada penelitian tersebut. Berdasarkan rumusan masalah yang ada, penelitian memiliki tujuan sebagai berikut.

1. Mengetahui interaksi antar parameter yang dapat mempengaruhi proses pencetakan dengan menggunakan *compression machine* pada produk daur ulang plastik HDPE.
2. Mengetahui nilai parameter terbaik dari percobaan yang dilakukan untuk menghasilkan produk daur ulang plastik HDPE yang berkualitas.

I.5 Manfaat Penelitian

Penelitian yang dilakukan diharapkan dapat memberi manfaat bagi pembaca maupun pihak-pihak terkait. Berikut merupakan manfaat penelitian yang diharapkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

1. Mengetahui dengan baik cara mendaur ulang plastik berbahan HDPE dengan menggunakan *compression machine*.
2. Parameter yang telah didapatkan dari hasil penelitian dapat digunakan untuk mengembangkan variasi produk daur ulang berbahan dasar HDPE dengan menggunakan *compression machine*.
3. Mengurangi tingkat pencemaran lingkungan akibat sampah botol plastik di lingkungan Universitas Katolik Parahyangan.
4. Produk daur ulang dapat memiliki nilai jual di pasaran.
5. Dapat dijadikan referensi atau acuan untuk penelitian selanjutnya.

I.6 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian merupakan suatu prosedur atau tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian. Metodologi penelitian dilakukan untuk mencapai tujuan yang sistematis. Urutan metodologi penelitian dapat dilihat pada Gambar I.5. Berikut merupakan penjelasan mengenai metodologi penelitian yang perlu dilakukan.

1. **Identifikasi dan Perumusan Masalah**
Identifikasi masalah berisi tentang masalah-masalah yang ada saat dilakukan pengamatan terhadap pengelolaan sampah botol plastik di Universitas Katolik Parahyangan dengan menggunakan *compression machine* milik Biro Umum dan Teknologi (BUT). Berdasarkan identifikasi masalah, ditetapkan beberapa rumusan masalah yang dianggap penting untuk diselesaikan dengan metode yang ada pada studi literatur.
2. **Studi Literatur**
Studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan informasi terkait dengan topik penelitian. Studi literatur yang dilakukan mencakup pengumpulan informasi mengenai proses *compression machine* dan hal-hal yang berkaitan dengan eksperimen yang akan dilakukan.
3. **Pembatasan Masalah dan Asumsi Penelitian**
Pembatasan masalah ditujukan untuk membatasi cakupan permasalahan yang diteliti sehingga tujuan penelitian yang telah ditentukan dapat tercapai dan menunjukkan adanya keterbatasan dalam penelitian. Asumsi penelitian ditujukan untuk menyederhanakan dan menjelaskan cakupan apa saja yang terdapat pada penelitian yang dilakukan.

4. Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan ditujukan untuk mengetahui faktor-faktor yang mungkin diteliti dalam penentuan parameter proses *compression machine* milik BUT UNPAR yang berpengaruh dalam pencetakan produk hasil daur ulang tutup botol plastik HDPE berupa mangkuk.

5. Identifikasi Respon, Faktor, dan Level

Hasil penelitian pendahuluan dapat digunakan untuk mengidentifikasi respon berupa kualitas dari bentuk atau tampilan hasil daur ulang tutup botol plastik HDPE dengan *compression machine*. Kemudian akan ditentukan apa saja faktor yang diperlukan untuk parameter *compression machine*. Identifikasi faktor dilakukan dengan pengamatan langsung terhadap *compression machine* pada penelitian pendahuluan. Setelah itu, akan dilakukan percobaan secara bertahap untuk mengetahui rentang nilai setiap level dari faktor yang diuji dalam eksperimen.

6. *Completely Randomized Design* (CRD)

Model desain eksperimen yang dipilih pada percobaan setelah ditentukan respon, faktor, dan level adalah *completely randomized design* (CRD). Kemudian akan dilakukan pengacakan *treatments* untuk mengurangi bias yang mungkin terjadi pada hasil eksperimen (*randomized*). Setelah itu, eksperimen akan dilakukan.

7. Pengumpulan Data Respon dan Pengolahan Data

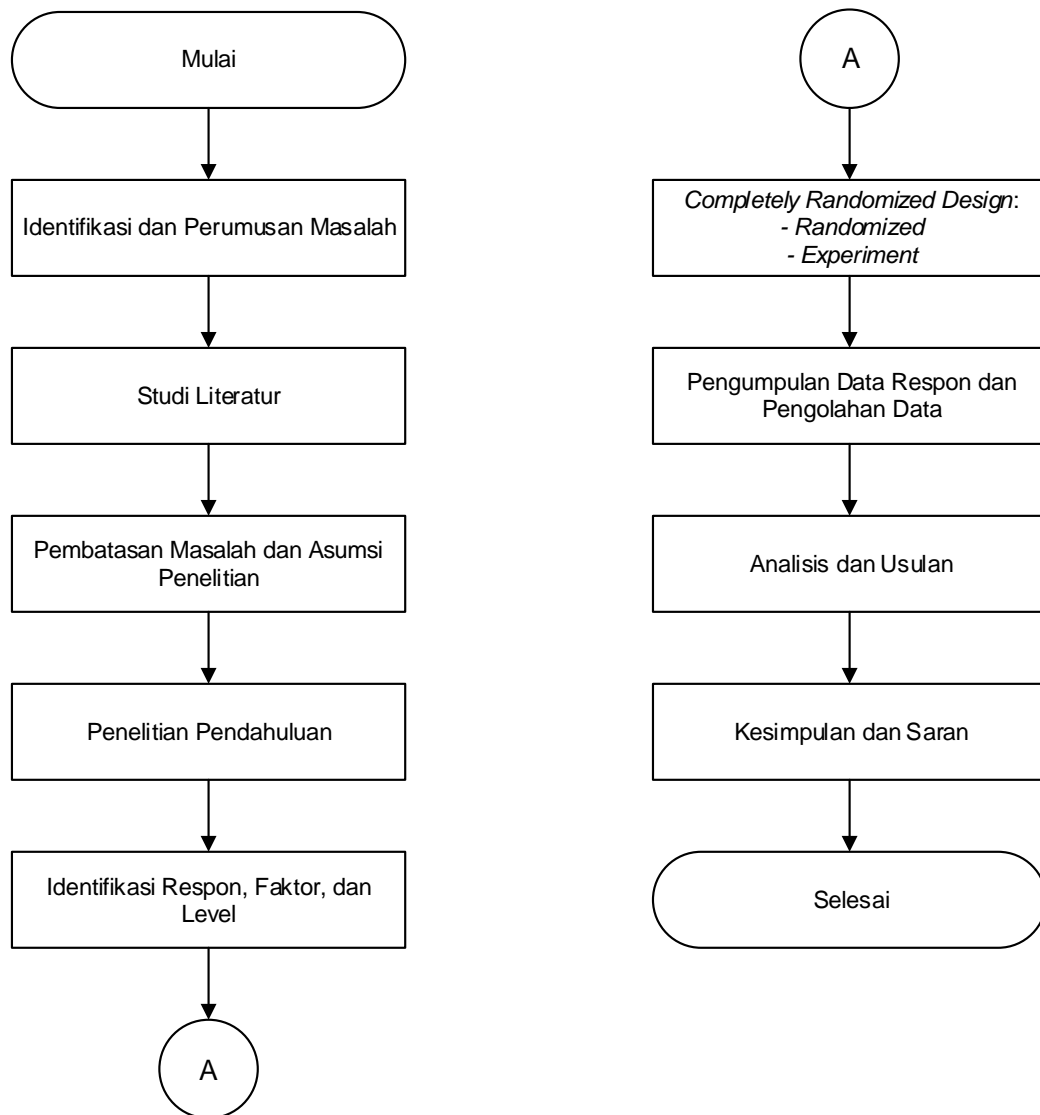
Pengumpulan data respon dilakukan sesuai dengan hasil pengacakan *treatment* dari percobaan yang dilakukan. Setelah itu akan dilakukan pengolahan data dengan metode statistika untuk melihat parameter apa saja yang dapat mempengaruhi proses pencetakan produk hasil daur ulang tutup botol plastik HDPE dengan *compression machine*.

8. Analisis dan Usulan

Analisis dilakukan terhadap pengolahan data untuk menjawab rumusan masalah yang telah ditetapkan. Analisis juga dilakukan terhadap seluruh proses yang dilakukan dalam penelitian. Setelah analisis dilakukan, maka akan diberikan usulan terhadap penelitian sehingga diketahui parameter yang paling baik untuk menghasilkan produk daur ulang berbahan HDPE yang berkualitas.

9. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan berisikan poin penting yang didapatkan dari pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan untuk menjawab rumusan masalah yang telah ditetapkan. Saran juga diberikan sehingga dapat berguna untuk penelitian selanjutnya dan bagi para pembaca.



Gambar I.5 Metodologi Penelitian

I.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dilakukan dengan menjabarkan mengenai bahasan pada masing-masing bab. Hal ini dilakukan agar penelitian ditulis secara sistematis dan runtut sehingga memudahkan pembaca dalam memahami isi dari

penelitian. Penelitian menggunakan sistematika penulisan yang terdiri dari lima bagian utama, yaitu:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini akan dibahas mengenai latar belakang masalah, identifikasi dan rumusan masalah, pembatasan masalah dan asumsi penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian, serta sistematika penulisan. Pembahasan tersebut berguna untuk memberikan pemahaman mengenai penelitian yang dilakukan dan alasan mengapa penelitian perlu dilakukan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini akan dibahas tinjauan pustaka mengenai studi literatur yang dilakukan dalam penelitian. Studi literatur meliputi seluruh teori yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan. Studi literatur yang berkaitan dengan penelitian adalah pengertian plastik, *compression molding*, *compression machine*, kualitas, desain eksperimen, skala pengukuran, dan *analysis of variance*.

BAB III PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini akan dibahas mengenai keseluruhan proses yang dilakukan dalam pengumpulan dan pengolahan data dalam perancangan eksperimen terkait penentuan parameter proses pencetakan pada produk daur ulang tutup botol plastik HDPE dengan *compression machine*. Perancangan eksperimen dibagi menjadi beberapa tahapan dimulai dari penelitian pendahuluan, penentuan respon, faktor, dan level, pengacakan *treatment* dan hasil percobaan, pengumpulan data respon, hingga pengolahan data menggunakan ANOVA.

BAB IV ANALISIS DAN USULAN

Bab ini akan dibahas mengenai analisis penelitian pendahuluan, analisis penentuan respon, faktor, dan level, analisis eksperimen dan pengumpulan data respon, analisis pengolahan data dengan menggunakan ANOVA, dan usulan yang dapat diberikan untuk meningkatkan nilai kualitas hasil produk daur ulang tutup botol plastik HDPE. Analisis dan usulan dilakukan untuk mengevaluasi kembali penelitian yang telah dilakukan agar dapat menjadi masukan pada penelitian

selanjutnya serta mendapatkan pemahaman yang lengkap mengenai penelitian yang dilakukan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini akan dibahas mengenai kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan untuk menjawab rumusan masalah yang ada. Selain itu, akan diberikan pula saran untuk penelitian selanjutnya guna mengembangkan penelitian.