

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENAMBAHAN PIGMEN PADA *TRASH BAG* BERBAHAN DASAR HDPE *RECYCLE* DI PT SANG PLASTIK INDONESIA



**KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN REPUBLIK INDONESIA
BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA INDUSTRI
POLITEKNIK ATK YOGYAKARTA**

2023

PENGESAHAN

PENGARUH PENAMBAHAN PIGMEN PADA *TRASH BAG* BERBAHAN DASAR HDPE *RECYCLE* DI PT SANG PLASTIK INDONESIA

Disusun Oleh :

RIFAN GERBY

NIM. 2003015

Program Studi Teknologi Pengolahan Karet dan Plastik

Pembimbing

Subiyat -

Indri Hermiyati, B.Sc., S.T., M.Pd.

NIP. 19600317 198703 2 002

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Tugas Akhir dan dinyatakan memenuhi salah satu syarat yang diperlukan untuk mendapatkan Derajat Ahli Madya Diploma III (D3) Politeknik ATK Yogyakarta

Tanggal : 16 Agustus 2023

TIM PENGUJI

Ketua

Mario Sariski Dwi E.

Mario Sariski Dwi E., MT.
NIP. 19871206 202012 1 001

Anggota

Subiyat -

Indri Hermiyati, B.Sc., S.T., M.Pd.

NIP. 19600317-198703 2 002

Yuli Suwarno, S.T., M.Sc.

NIP. 19810704 200803 1 001



PERSEMBAHAN

Puji syukur senantiasa Penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini tepat waktu. Sebagai bentuk rasa hormat, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua saya, Bapak Adi Suropto dan Ibu Pijem terima kasih atas segala doa, motivasi, cerita, dan dukungan selama penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Adik saya, Afq Kori yang selalu memantik api semangat saya selama penyusunan Tugas Akhir ini dan memotivasi saya supaya menjadi seorang kakak yang dapat dibanggakan oleh adiknya.
3. Ibu Indri Hermiyati, B.Sc., ST., M.Pd. selaku pembimbing Tugas Akhir. Terima kasih atas segala bimbingan, saran, masukan, dan ilmu yang telah diberikan sehingga dalam penyusunan Tugas Akhir ini dapat selesai dengan baik dan tepat waktu.
4. Bapak Syaiful Azhar selaku pimpinan PT Sang Plastik Indonesia, Bu Lisa, Mbak Ike, Pak Beni, Mas Irfan dan seluruh staf yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu. Terima kasih telah menerima dan banyak sekali memberikan bantuan sekaligus pengalaman selama kegiatan magang. Terima kasih atas keramahannya dan telah menjadi keluarga baru di Gresik. Semoga semuanya selalu diberikan kesehatan.
5. Seluruh dosen dan keluarga besar Politeknik ATK Yogyakarta. Terima kasih telah memberikan banyak ilmu pengetahuan dan pengalaman selama perkuliahan.

6. Rekan magang saya. Terima kasih telah menjadi tempat diskusi dan memberi perspektif baru sehingga dapat mendukung proses penyusunan Tugas Akhir ini. Seluruh pihak yang telah memberi dukungan dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Terima kasih.



MOTTO

“Kepahitan yang paling besar adalah berharap kepada manusia”

(Ali Bin Abi Thalib)

“Do the best and let God do the rest”

(Jess No Limit)

“Mind own your business and you ll live longer”

(O'Shea Jackson)

“People think that you should be weak and you should be docile. You should be a pacifist. He goes “NO”. You should be a monster. You should be ruthlessly ambitious and then, learn how to control it. It's better to be a warrior in a garden than a gardener in a war”

(Joe Rogan)

“Dari dirimu dan untuk dirimu”

(Penulis)

KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa Penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT atas segala karunia-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan tepat waktu. Penulisan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Diploma III pada Program Studi Teknologi Pengolahan Karet dan Plastik, Politeknik ATK Yogyakarta. Judul Tugas Akhir yang Penulis ajukan adalah **“Pengaruh Penambahan Pigmen Pada *Trash Bag* Berbahan Dasar HDPE *Recycle* Di PT Sang Plastik Indonesia”**.

Selama penyusunan Tugas Akhir ini Penulis menyadari bahwa telah mendapatkan pertolongan dan bantuan secara langsung atau tidak langsung dari berbagai pihak, oleh karena itu Penulis ingin mengucapkan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada :

1. Drs. Sugiyanto, S.Sn., M.Sn. selaku Direktur Politeknik ATK Yogyakarta.
2. Suharyanto, S.T., M.T. selaku Kepala Program Studi Teknologi Pengolahan Karet dan Plastik.
3. Indri Hermiyati, B.Sc., ST., M.Pd. selaku pembimbing Tugas Akhir.
4. Irfan Santoso selaku pembimbing lapangan selama melaksanakan kegiatan magang, serta seluruh staf dan karyawan PT Sang Plastik Indonesia.
5. Seluruh pihak yang memberikan dukungan selama penyusunan Tugas Akhir.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan dan jauh dari kata sempurna, oleh karena itu Penulis mengharapkan kritik dan saran dari seluruh pihak supaya dapat menghasilkan karya-karya yang lebih baik dan bermanfaat di kesempatan selanjutnya.

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR.....	i
PENGESAHAN.....	ii
PERSEMBAHAN.....	iii
MOTTO.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
INTISARI.....	xi
ABSTRACT.....	xii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Permasalahan.....	3
C. Tujuan.....	3
D. Manfaat.....	3
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
A. Plastik.....	5
B. <i>Recycle</i> HDPE.....	6
C. <i>Trash Bag</i>	8
D. Bahan Aditif Yang Digunakan Pada Pembuatan <i>Trash Bag</i>	9
E. Proses Pembuatan <i>Trash Bag</i>	13
F. Pengujian Plastik.....	22
BAB III.....	27
METODE TUGAS AKHIR.....	27
A. Lokasi Pengambilan Data.....	27
B. Metode Pengambilan Data.....	27
C. Materi Tugas Akhir.....	29
BAB IV.....	45
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	45
A. Hasil.....	45
BAB V.....	60
KESIMPULAN DAN SARAN.....	60
A. Kesimpulan.....	60
B. Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA.....	62
LAMPIRAN.....	68

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kriteria Pemilihan dan Sifat Pigmen Untuk Berbagai Aplikasi	13
Tabel 3.1 Bahan Yang Digunakan Pada Proses Pembuatan Dan Pengujian <i>Trash Bag</i>	29
Tabel 3.2 Alat Yang Digunakan Pada Pembuatan Dan Pengujian <i>Trash Bag</i> ...	30
Tabel 4.1 Formulasi Bahan Baku <i>Trash Bag</i>	45
Tabel 4.2 Hasil Uji Organoleptis <i>Trash Bag</i>	46
Tabel 4.3 Hasil Uji Kuat Tarik <i>Trash Bag</i>	48
Tabel 4.4 Hasil Uji Kuat Sobek <i>Trash Bag</i>	51
Tabel 4.5 Hasil Uji Ketahanan Terhadap Air <i>Trash Bag</i>	54
Tabel 4.6 Hasil Uji Ketahanan Warna <i>Trash Bag</i> Terhadap Sinar UV	57



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Molekul HDPE.....	7
Gambar 2.2 Klasifikasi Pigmen Anorganik	12
Gambar 2.3 Proses Pembuatan Produk Plastik Dengan <i>Extrusion Blown Film</i>	14
Gambar 2.4 Kontruksi Mesin <i>Extrusion Blown Film</i>	15
Gambar 2.5 Bentuk <i>Screw</i> Pada <i>Extrusion Blown Film</i>	17
Gambar 2.6 Bentuk <i>Die</i> Pada <i>Extrusion Blown Film</i>	18
Gambar 2.7 Skema <i>Feed Block Coextrusion</i>	21
Gambar 2.8 Skema <i>Multimanifold Coextrusion</i> Tiga Lapis	21
Gambar 2.9 Kontruksi <i>Die</i> Tiga Layer <i>Coextrusion</i> Untuk <i>Blown Film</i>	22
Gambar 2.10 Spesimen Uji Kuat Tarik Film Plastik	24
Gambar 2.11 Spesimen Uji Kuat Sobek Film Plastik.....	24
Gambar 3.1 Diagram Alir Proses Pembuatan <i>Trash Bag</i>	35
Gambar 3.2 Diagram Alir Proses Pengujian Kuat Tarik.....	37
Gambar 3.3 Diagram Alir Proses Pengujian Kuat Sobek	39
Gambar 3.4 Diagram Alir Proses Pengujian Ketahanan Terhadap Air	40
Gambar 3.5 Spesimen Uji Ketahanan Terhadap Air <i>Film</i> Plastik.....	40
Gambar 3.6 Diagram Alir Proses Pengujian Ketahanan Warna <i>Trash Bag</i>	41
Gambar 3.7 Diagram Alir Proses Penyelesaian Masalah.....	42
Gambar 4.1 <i>Trash Bag</i> Berbahan Dasar HDPE	45
Gambar 4.2 Grafik Nilai Rata-Rata Kuat Tarik <i>Trash Bag</i> Berbahan Dasar HDPE <i>Recycle</i> Dengan Variasi Jumlah Pigmen.....	49
Gambar 4.3 Grafik Nilai Rata-Rata Kuat Sobek <i>Trash Bag</i> Berbahan Dasar HDPE <i>Recycle</i> Dengan Variasi Jumlah Pigmen.....	53
Gambar 4.4 Grafik Nilai Rata-Rata Ketahanan Terhadap Air <i>Trash Bag</i> Berbahan Dasar HDPE <i>Recycle</i> Dengan Variasi Jumlah Pigmen.....	56

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Keterangan Diterima Magang.....	69
Lampiran 2. Surat Keterangan Menyelesaikan Magang.....	70
Lampiran 3. Lembar Kerja Harian Magang.....	71
Lampiran 4. Lanjutan Lembar Kerja Harian Magang.....	72
Lampiran 5. Lanjutan Lembar Kerja Harian Magang.....	73
Lampiran 6. Lanjutan Lembar Kerja Harian Magang.....	74
Lampiran 7. Lanjutan Lembar Kerja Harian Magang.....	75
Lampiran 8. Lanjutan Lembar Kerja Harian Magang.....	76
Lampiran 9. Lanjutan Lembar Kerja Harian Magang.....	77
Lampiran 10. Lanjutan Lembar Kerja Harian Magang.....	78
Lampiran 11. Lanjutan Lembar Kerja Harian Magang.....	79
Lampiran 12. Lanjutan Lembar Kerja Harian Magang.....	80
Lampiran 13. Lanjutan Lembar Kerja Harian Magang.....	81
Lampiran 14. Lanjutan Lembar Kerja Harian Magang.....	82
Lampiran 15. Lanjutan Lembar Kerja Harian Magang.....	83
Lampiran 16. Blanko Konsultasi Tugas Akhir	84

INTISARI

Trash bag merupakan salah satu produk dari *film* plastik dengan berbentuk gelembung yang diproduksi menggunakan mesin *extrusion blown film* dan *coextrusion blown film*. *Trash bag* memiliki warna dan ukuran yang beragam. Warna yang dimiliki *trash bag* berasal dari bahan aditif pigmen. Penambahan pigmen pada *trash bag* tidak hanya untuk meningkatkan nilai estetikanya, namun dapat memberikan pengaruh terhadap sifat mekanik dan ketahanan terhadap air dari barang jadi. Oleh karena itu, dilakukan percobaan pembuatan *trash bag* dengan variasi penambahan pigmen (0%, 5%, 10%, 15%), HDPE *recycle* (60%), LLDPE *recycle* (40%), *desiccant* (5%). Tujuan percobaan adalah untuk mengetahui proses pembuatan *trash bag*, formulasi yang tepat, dan sifat mekanik serta ketahanan terhadap air. Proses pembuatan *trash bag* menggunakan mesin *extrusion blown film* pada suhu 190-195°C. Proses pengujian sifat mekanik yang terdiri dari kuat tarik dan kuat sobek dilakukan sebanyak enam kali pada setiap sampel *trash bag* dengan menggunakan alat uji *universal testing machine*, sedangkan pengujian ketahanan terhadap air dilakukan dengan merendam setiap sampel selama 24 jam. Hasil uji kuat tarik *trash bag* dengan penambahan pigmen 0% yaitu 6,813 MPa, pigmen 5% yaitu 6,734 MPa, pigmen 10% yaitu 6,207 MPa, dan pigmen 15% yaitu 6,081 MPa. Hasil uji kuat sobek *trash bag* penambahan pigmen 0% yaitu 1,831 N, pigmen 5% yaitu 1,765 N, pigmen 10% yaitu 1,634 N, dan pigmen 15% yaitu 1,308 N. Hasil uji ketahanan terhadap air *trash bag* dengan penambahan pigmen 0% yaitu 98,1035%, pigmen 5% yaitu 99,1365%, pigmen 10% yaitu 98,3923%, dan pigmen 15% yaitu 99,6605%.

Kata Kunci: *Trash bag*, pigmen, sifat mekanik, ketahanan terhadap air

ABSTRACT

Trash bag is a product of plastic film in the form of hubbles which is produced using extrusion blown film and coextrusion blown film machines. Trash bags have a variety of colors and sizes. The color of the trash bag comes from pigment additives. The addition of pigments to trash bags is not only to increase their aesthetic value, but can also have an impact on the mechanical properties and water resistance of finished goods. Therefore, experiments were carried out to make trash bags with variations in the addition of pigments (0%, 5%, 10%, 15%), HDPE recycle (60%), LLDPE recycle (40%), desiccant (5%). The purpose of the experiment was to find out the process of making trash bags, the exact formulation, and the mechanical properties and resistance to water. The process of making trash bags uses an extrusion blown film machine at a temperature of 190-195°C. The process of testing the mechanical properties consisting of tensile strength and tear strength was carried out six times for each trash bag sample using a universal testing machine, while the water resistance test was carried out by soaking each sample for 24 hours. The results of the trash bag tensile strength test with the addition of 0% pigment was 6.813 MPa, 5% pigment was 6.734 MPa, 10% pigment was 6.207 MPa, and 15% pigment was 6.081 MPa. The results of the tear strength test of the trash bag with the addition of 0% pigment was 1.831 N, 5% pigment was 1.765 N, 10% pigment was 1.634 N, and 15% pigment was 1.308 N. The results of the trash bag water resistance test with the addition of 0% pigment was 98.1035%, 5% pigment is 99.1365%, 10% pigment is 98.3923%, and 15% pigment is 99.6605%.

Keywords: Trash bag, pigment, mechanical properties, water resistance

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pada tahun 2020 Asosiasi Industri Plastik Indonesia (Inaplas) menyatakan bahwa kebutuhan plastik Indonesia akan sanggup menyentuh angka 5.290 metrik ton. Angka tersebut terus mengalami peningkatan hingga 30,92% pada tahun 2025 menjadi 6.986 metrik ton (Gunawan dan Ferdhian, 2020). PT Sang Plastik Indonesia merupakan salah satu perusahaan barang jadi plastik dengan komoditas utama berupa *trash bag* yang diproduksi menggunakan mesin *extrusion blown film* dan *coextrusion blown film*. *Trash bag* adalah salah satu produk dari *film* plastik yang berbentuk gelembung dan kemudian dipotong dengan ukuran tertentu serta salah satu sisinya direkatkan. *Trash bag* memiliki berbagai macam warna dan berfungsi untuk mewadahi sampah sebelum dibuang ke tempat pembuangan akhir.

Produk *trash bag* di PT Sang Plastik Indonesia memiliki spesifikasi dan standar yang ditentukan oleh perusahaan serta disesuaikan dengan permintaan *customer* seperti kuat, tidak getas, dan bagi yang berwarna tidak tembus pandang. Penentuan standar produk yang dihasilkan melalui proses *trial and error* dikarenakan proses pengujian dilakukan secara organoleptik kecuali ketebalan dengan menggunakan *thickness gauge*. Oleh karena itu, belum diketahui jumlah optimum beberapa bahan aditif yang digunakan pada *trash bag* supaya menghasilkan produk dengan kualitas maksimum. Bahan aditif yang digunakan pada pembuatan *trash bag* salah satunya yaitu pigmen. Pigmen

biasanya ditambahkan hanya untuk meningkatkan nilai estetika dan menghindari terciptanya produk tembus pandang. Akan tetapi, belum diketahui dampak penambahan pigmen terhadap sifat mekanik dan ketahanan terhadap air pada barang jadi *trash bag*.

Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Widjaja dan Sinaga (2022) tentang pengaruh pewarna terhadap kekuatan tarik material plastik bahan *acrylonitrile butadiene styrene* (ABS) menghasilkan nilai kekuatan tarik yang semakin menurun seiring bertambahnya persentase dari pewarna. Oleh karena itu, pada Tugas Akhir ini Penulis akan mengkaji hal tersebut sehingga dapat diketahui pengaruh penambahan pigmen pada *trash bag* berbahan dasar HDPE *recycle*. Beberapa perbedaan penelitian Widjaja dan Sinaga (2022) dengan Tugas Akhir ini yaitu bahan baku utama yang digunakan, produk yang dikaji, dan proses pembuatan sampel produk.

Dikarenakan cukup banyaknya perbedaan tersebut membuat Penulis hanya ingin mengetahui pengaruh dari penambahan bahan aditif pigmen pada *trash bag* saja. Hal tersebut dikarenakan bahan pigmen digunakan pada hampir seluruh produk plastik. Pada umumnya pigmen ditambahkan supaya meningkatkan nilai estetika produk namun, pada Tugas Akhir ini akan memberikan perspektif baru mengenai pigmen terhadap sifat mekanik dan ketahanan terhadap air dari *trash bag*. Kemudian dari beberapa literatur dan publikasi yang Penulis baca untuk saat ini masih belum ada yang membahas secara spesifik mengenai pengaruh penambahan pigmen pada *trash bag* berbahan dasar HDPE *recycle*.

B. Permasalahan

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana proses pembuatan *trash bag* berbahan dasar HDPE *recycle*?
2. Bagaimana formulasi *trash bag* berbahan dasar HDPE *recycle*?
3. Bagaimana pengaruh penambahan pigmen terhadap sifat mekanik dan ketahanan terhadap air pada produk *trash bag* berbahan dasar HDPE *recycle*?

C. Tujuan

Berdasarkan permasalahan di atas, maka didapatkan tujuan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui proses pembuatan *trash bag* berbahan dasar HDPE *recycle*.
2. Mengetahui formulasi *trash bag* berbahan dasar HDPE *recycle*.
3. Mengetahui pengaruh penambahan pigmen terhadap sifat mekanik dan ketahanan terhadap air pada produk *trash bag* berbahan dasar HDPE *recycle*.

D. Manfaat

Adapun Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat yaitu sebagai berikut :

1. Memberikan informasi kepada perusahaan tentang pengaruh penambahan pigmen pada *trash bag* berbahan dasar HDPE *recycle*. Hasil pengujian yang Penulis lakukan diharapkan dapat menjadi pertimbangan untuk meningkatkan kualitas barang jadi perusahaan.

2. Memberikan informasi kepada civitas akademik dan mahasiswa Politeknik ATK Yogyakarta tentang pengaruh penambahan pigmen pada *trash bag* berbahan dasar HDPE *recycle*.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Plastik

Plastik merupakan suatu polimer yang memiliki karakteristik khusus sehingga membedakan dari material lain yang juga termasuk ke dalam kelompok polimer seperti serat, karet, perekat, dan lainnya. Karakteristik utama yang dimiliki oleh plastik adalah kemampuannya menjadi padat pada saat telah menjadi barang jadi namun, perlu dilelehkan dahulu supaya dapat mengalir saat akan dicetak menggunakan panas dan tekanan yang terkontrol dengan suhu yang relatif rendah apabila dibandingkan dengan kaca ataupun logam (Selke dan Culter, 2013). Plastik berasal dari minyak bumi (terutama hidrokarbon rantai pendek) yang terbuat melalui reaksi polimerisasi monomer-monomer yang sama, sehingga membentuk rantai yang panjang dan kaku serta akan menjadi padat setelah suhu pembentukannya (Syafriani, 2019).

Berdasarkan sifat fisis material yakni sifat *thermal* dan makromolekulnya, maka plastik dapat digolongkan menjadi 4 macam, yaitu *thermoplastics*, *thermosets*, *elastomers*, dan *compound*. Termoplastik merupakan jenis plastik yang dapat mencair apabila dipanaskan dan kembali mengeras dengan pendinginan tanpa menyebabkan perubahan yang signifikan dari sifat mekaniknya. Elastomer merupakan jenis plastik yang memiliki rantai silang dan lebar antar molekul, biasanya sulit dicairkan tanpa degradasi struktur molekul. Plastik *compound* adalah salah satu jenis plastik hasil campuran antara polimer yang berbeda dengan tujuan supaya mendapatkan sifat khusus misalnya

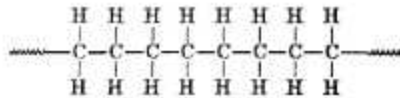
elastisitas (Klein, 2012). Sedangkan Termoset merupakan jenis plastik yang memiliki rantai jaring dan tetap berbentuk padat walaupun dipanaskan kembali hingga suhu yang tinggi (Rochmadi dan Permono, 2015).

Plastik telah mengambil peran yang besar dalam kehidupan manusia seperti banyak digunakan sebagai bahan pengemas makanan dan minuman. Plastik dipilih karena memiliki sifat ringan, kuat, dan praktis (Sari, 2014). Jenis plastik yang digunakan sebagai kemasan sebagian besar menggunakan termoplastik (Selke dan Culter, 2013). Adapun material plastik berjenis termoplas apabila dikategorikan berdasarkan komponen penyusunnya dapat dibagi menjadi PET/PETE (*Polyethylene Terephthalate*), HDPE (*High Density Polyethylene*), PVC (*Polyvinyl Chloride*), LDPE (*Low Density Polyethylene*), PP (*Polypropylene*), PS (*Polystyrene*), dan lain-lain (*Other*). Dibalik banyaknya keunggulan yang dimiliki, kekurangan plastik juga tidak dapat dihindarkan. Kekurangan terbesar plastik adalah material yang tidak dapat terdekomposisi atau terurai secara alami. Hal tersebut menyebabkan pengolahan sampah plastik dengan berbagai metode seperti *landfill* atau *open dumping* sulit dilakukan. Sehingga salah satu alternatif pengelolaan sampah plastik yaitu dengan melakukan proses daur ulang (*recycle*) (Masyruroh dan Rahmawati, 2021).

B. Recycle HDPE

HDPE (*High Density Polyethylene*) merupakan salah satu jenis plastik yang dipakai secara luas pada berbagai aplikasi seperti : galon air mineral, botol lotion, botol deterjen, kursi lipat, dan sebagainya. Rumus molekul HDPE sangat sederhana yaitu $(-CH_2-CH_2-)_n$. Struktur molekul HDPE terdiri atas atom karbon

yang bergandengan membentuk rantai panjang. Pada masing-masing atom karbon berikatan dengan dua atom hidrogen. HDPE memiliki densitas 0,94-0,97 g/cm³ dan suhu leleh 135°C (Rochmadi dan Permono, 2015). Struktur molekul HDPE dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Struktur Molekul HDPE
(Sumber : Rochmadi dan Permono, 2015)

Plastik HDPE banyak digunakan karena memiliki beberapa keunggulan yaitu kuat, tahan terhadap bahan kimia, keras, buram, dan tahan terhadap suhu tinggi (Masyuroh dan Rahmawati, 2021). Akibat keunggulannya tersebut, plastik HDPE menjadi salah satu pilihan untuk di daur ulang. Tujuan utama melakukan proses daur ulang plastik yaitu mengolah kembali sampah plastik menjadi bijih plastik atau *pellet* yang merupakan bahan baku utama dalam proses produksi barang jadi plastik (Rosmiati, 2020).

Secara umum suatu bahan baku dari limbah plastik memiliki empat syarat supaya dapat diproses oleh suatu industri, antara lain limbah plastik dalam bentuk tertentu (*pellet*, serbuk, pecahan, bijih) sesuai kebutuhan, limbah plastik harus homogen, tidak terkontaminasi zat atau material lain, dan diusahakan tidak teroksidasi (Rosmiati, 2020). Kualitas bijih plastik hasil *recycle* dinilai secara kualitatif, seperti bening atau keruh, bersih atau kotor, homogen atau heterogen, tidak berbau atau apek, dan sebagainya (Rivansky dan Gabriel, 2014). Aspek

yang tidak dapat ditinggalkan dari penentuan kualitas biji plastik *recycle* yaitu kadar air yang terkandung tidak melebihi 1% (Syarafina *et al.*, 2022).

Daur ulang plastik HDPE sangat bergantung pada kualitas limbah plastik berasal (*Post Consumer Plastic = PCR*) dan nilai produk yang diinginkan. *PCR* atau plastik yang telah didaur ulang dan siap digunakan mempunyai kualitas yang baik dan dapat digunakan pada produk berbagai produk diantaranya untuk pipa (*non-pressurized*), kabel, botol, drum, dan sebagainya. Material yang tidak dapat ditinggalkan guna mencapai kualitas produk *recycle* yang diinginkan, pada saat pengolahan sampah plastik diperlukan penambahan bahan aditif meliputi *stabilizer*, *lubricant*, *pigment*, dan *impact modifier* (Wisojodharmo, 2019).

C. *Trash Bag*

Trash bag merupakan produk yang biasa digunakan untuk mewadahi sampah sebelum dibuang ke tempat pembuangan akhir. Keberadaan *trash bag* dapat mempermudah dalam membuang dan memisahkan sampah. Pada saat ini *trash bag* hadir dalam berbagai kategori ukuran, harga, dan warna yang menarik. Beberapa ukuran *trash bag* yang banyak ditemui di pasaran yaitu 40 cm × 50 cm, 50 cm × 100 cm, 60 cm × 100 cm, dan masih banyak lagi. *Trash bag* juga dijual dengan harga yang terjangkau berkisar Rp 5.000 – Rp 30.000 sesuai jumlah dan spesifikasinya. Komposisi bahan pembuatan *trash bag* berbeda dari *shopping bag* sehingga memiliki kekuatan yang lebih tinggi. Selain itu, *trash bag* memiliki kapasitas yang lebih besar apabila dibandingkan dengan *shopping bag* (Budiastuti, 2022).

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2019 tentang penggunaan warna pada kemasan dan/atau wadah limbah menerangkan bahwa :

1. Kantong berwarna kuning untuk menampung limbah infeksius dan patologis. Limbah infeksius adalah jenis limbah yang berhubungan dengan penanganan pasien yang dapat menyebabkan penyakit menular, sedangkan limbah patologis adalah limbah hasil pembuangan berupa jaringan tubuh karena operasi atau autopsi.
2. Kantong berwarna merah untuk menampung limbah radioaktif. Limbah jenis ini biasa berasal dari laboratorium yang memiliki hubungan dengan zat radioaktif.
3. Kantong berwarna coklat untuk menampung limbah farmasi. Limbah jenis ini termasuk tumpahan bahan kimia dan obat-obatan yang telah kadaluwarsa.
4. Kantong berwarna ungu untuk menampung limbah sitotoksik. Sitotoksik adalah obat-obatan yang dapat menghambat pembelahan sel. Limbah sitotoksik paling sering berasal dari kegiatan kemoterapi.
5. Kantong berwarna hitam untuk sampah domestik atau non medis. Kantong berwarna ini biasa digunakan di tempat umum untuk sampah domestik.

Peraturan tersebut hanya berlaku di dalam lingkungan rumah sakit. Pemisahan *trash bag* supaya penanganan limbah medis lebih optimal (Budiastuti, 2022).

D. Bahan Aditif Yang Digunakan Pada Pembuatan *Trash Bag*

Pada pembuatan produk plastik dilakukan penyusunan formulasi yang terdiri dari senyawa plastik dan bahan aditif. Bahan aditif merupakan senyawa

kimia yang ditambahkan dengan fungsi meningkatkan kinerja fungsional selama pemrosesan (injeksi, ekstrusi, vakum, tiup, dan lain-lain) dan sifat degradasi polimer. Bahan aditif yang paling umum digunakan dalam industri *film* plastik seperti *filler*, *plasticizer*, *antioxidants*, *heat stabilizer*, dan *pigment*. Masing-masing bahan memiliki peran yang berbeda dalam memberikan peningkatan sifat akhir dari barang jadi plastik (Murphy, 2001; Hahladakis *et al*, 2017).

1. *Fillers*

Filler merupakan bahan yang berfungsi untuk meningkatkan volume plastik, namun dengan biaya yang lebih rendah. Beberapa jenis *filler* memiliki keunggulan seperti dapat meningkatkan sifat fisik produk. *Filler* banyak digunakan dalam industri plastik dengan memperhatikan ukuran partikel yang sesuai. Ukuran partikel *filler* yang lebih halus dalam industri *film* plastik dapat memberikan peningkatan kekuatan yang nyata. Bahan *filler* yang banyak digunakan dalam industri plastik secara umum yaitu seperti kalsium karbonat, silika, kaolin, dan masih banyak lagi (Murphy, 2001).

2. *Plasticizers*

Plasticizer merupakan bahan aditif yang sering digunakan dalam pemrosesan plastik untuk meningkatkan fleksibilitas, daya tahan, dan kelenturan *film* plastik. *Plasticizer* dapat mengurangi gaya geser pada saat pencampuran selama proses produksi plastik dan meningkatkan ketahanan benturan pada produk akhir *film* plastik. Kekurangan penggunaan bahan *plasticizer* adalah apabila memiliki berat molekul yang relative rendah (300-

600 gr/mol) sangat berpotensi untuk bermigrasi pada produk saat penggunaan (Hahladakis *et al.*, 2017).

3. Antioksidan

Antioksidan merupakan bahan yang ditambahkan pada resin polimer untuk dapat menunda degradasi oksidatif ketika terpapar sinar ultraviolet (UV) yang bersumber dari radiasi, panas, dan gesekan mekanis. Beberapa contoh bahan antioksidan yang umum digunakan adalah arylamines, fenolik, organofosfit, dan masih banyak lagi (Hahladakis *et al.*, 2017).

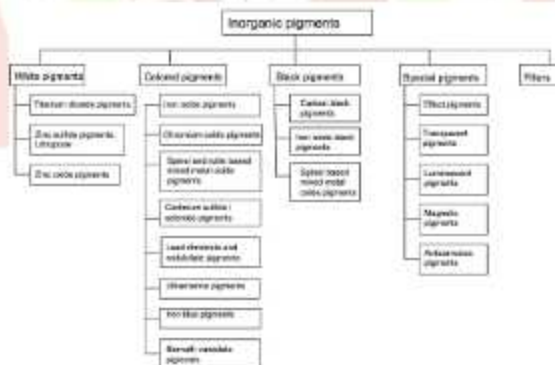
4. Heat Stabilizers

Heat stabilizer atau penstabil panas berfungsi untuk mencegah terjadinya degradasi termal pada polimer saat terkena temperatur tinggi. Jenis polimer tertentu seperti kopolimer PVC, PVDC, dan campuran PVC sangat memerlukan *heat stabilizer* agar dapat mempertahankan fungsinya. Namun, jenis polimer lain seperti LDPE dan poliamida sudah memiliki stabilitas panas yang baik walau tanpa *heat stabilizer*. *Heat stabilizer* dapat dibedakan menjadi primer dan sekunder. Senyawa yang tergolong *heat stabilizer* primer seperti campuran garam logam, senyawa organotin, dan senyawa timbal, sedangkan untuk *heat stabilizer* sekunder terdiri dari alkil organofosfit, senyawa epoksi, dan diketon beta (Hahladakis *et al.*, 2017).

5. Pigmen

Inovasi produk plastik tidak hanya berasal dari bentuk, bahan baku, teknologi, dan aplikasinya saja. Hal lain yang juga diperhatikan adalah penampilan barang jadi plastik yang berkaitan erat dengan warna produk.

Plastik dapat mempunyai berbagai macam warna dan berdasarkan fakta, beberapa penggunaan plastik bergantung pada kebutuhan bahan pemberi warna yang banyak. Bahan pemberi warna pada pembuatan produk plastik dapat dibedakan berdasarkan karakteristiknya yaitu padat dan cair (Ambrogio *et al.*, 2017). Berdasarkan pada kelarutannya, pewarna dapat dibedakan menjadi dua yaitu pigmen dan *dyes* (Luo, 2016). Perbedaan utama yang dimiliki adalah *dyes* dapat larut dalam air dan/atau pelarut organik sedangkan, untuk pigmen tidak dapat larut dalam kedua jenis media cair tersebut (Ambrogio *et al.*, 2017). Penggunaan pigmen pada produk plastik lebih dipilih karena pigmen tidak larut kedalam lelehan plastik, namun hanya terdispersi diantara rantai molekul plastik (Mujiarto, 2005). Berdasarkan komposisi kimianya, pigmen diklasifikasikan menjadi pigmen organik dan pigmen. Klasifikasi pigmen anorganik secara lebih rinci terdapat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Klasifikasi Pigmen Anorganik
(Sumber : Pfaff, 2022)

Secara umum, pigmen anorganik memiliki kestabilan yang lebih baik terhadap pengaruh cahaya, bahan kimia, suhu, atmosfer dan biaya

produksi yang lebih rendah apabila dibandingkan dengan pigmen organik (Pfaff, 2022). Walaupun tampilan produk dengan pigmen organik seringkali lebih pekat sehingga lebih menarik, namun sangat kurang dari aspek stabilitas termal yang dimiliki. Kebanyakan pigmen organik sering menyebabkan degradasi saat proses produksi, berinteraksi dengan radiasi UV, dan/atau pengaruh atmosfer (Pfaff, 2022). Oleh karena itu, pemilihan pigmen untuk berbagai aplikasi dapat mengikuti beberapa kriteria pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kriteria Pemilihan dan Sifat Pigmen Untuk Berbagai Aplikasi

No	Kriteria Untuk Aplikasi Pigmen	Sifat Pigmen Secara Spesifik
1	Warna	Kekuatan warna (ukuran kemampuan yang dimiliki pigmen dalam memberikan warna pada material lain), kapasitas mencerahkan (ukuran kemampuan yang dimiliki pigmen putih untuk mencerahkan material lain), kemampuan menutupi (ukuran kemampuan yang dimiliki saat menutupi suatu objek atau permukaan)
2	Kimia dan fisika	Komposisi kimia pigmen, ukuran partikel, distribusi partikel, kekerasan, densitas, kadar air, dan komponen yang larut dalam air dan asam.
3	Stabilitas	Stabilitas terhadap cahaya terutama UV, panas, bahan kimia, dan kelembaban.
4	Perilaku dalam pengikat dan media aplikasi lain	Perilaku disperse dan interaksi pigmen dengan komponen pengikat

Sumber : Pfaff, 2022

E. Proses Pembuatan *Trash Bag*

1. *Extrusion Blown Film*

Extrusion blown film merupakan suatu mekanisme yang melibatkan proses pendorongan (*extrusion*) berbentuk tabung untuk kemudian ditiup

dengan tekanan udara internal sehingga menghasilkan film yang relatif tipis. *Film* tabung dapat dilipat untuk menghasilkan bentuk *lay-flat* (tabung *film* yang diratakan) dua lapis atau bisa dibelah untuk menghasilkan bentuk satu lapis (Ebnesajjad, 2016). Teknologi ini setiap tahunnya dapat memproses beberapa miliar *pound* plastik yang sebagian besar adalah *polyethy-lene*. Jenis plastik lain yang dapat diproses menggunakan *extrusion blown film* adalah *polypropylene* (PP), *polystyrene* (PS), *polyvinyl chloride* (PVC), *polyamide* (PA), *ethylene vinyl acetate* (EVA), *ethylene vinyl alcohol* (EVOH), dan *polyurethane* (PU) (Wagner, 2016). Secara umum proses pembuatan produk plastik dengan mesin *extrusion blown film* dapat dilihat pada Gambar 2.3

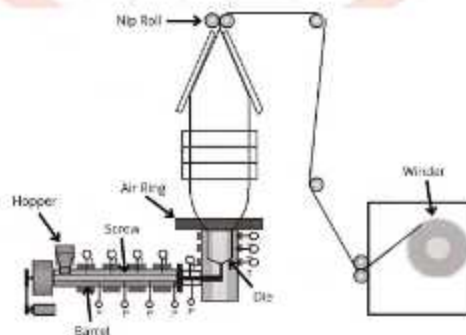


Gambar 2.3 Proses Pembuatan Produk Plastik Dengan *Extrusion Blown Film*
(Sumber : Goff dan Whelan, 2000)

Pada Gambar 2.3 terdapat proses produksi menggunakan teknologi *blown film* secara umum diawali dengan bahan yang telah disiapkan lalu

dilelehkan dengan mesin ekstrusi. Lelehan plastik diekstrusi melalui cetakan atau *die* untuk menghasilkan output berbentuk gelembung dengan ukuran dan ketebalan yang terkontrol. *Film* berbentuk gelembung kemudian ditiup dengan udara bertekanan rendah yang dimasukkan melalui mandrel di dalam cetakan supaya menggelembung sesuai dengan diameter yang diinginkan. Semi produk *film* ditarik melewati sepasang nip rol yang terletak beberapa meter diatas *die*. Setelah melewati celah nip, *film* digulung membentuk rol plastik secara konstan (Goff dan Whelan, 2000).

Hal penting yang perlu diperhatikan selama pemrosesan dengan *extrusion blown film* adalah kestabilan ukuran gelembung yang akan melewati nip rol harus dijaga. Lebar tabung *film* setelah diratakan (*lay-flat*) yang dihasilkan ditentukan oleh diameter gelembung yang ditiup oleh udara dan konsistensi diameter gelembung tersebut dipengaruhi oleh kemerosotan jumlah udara yang ditiupkan. Ketebalan *film* yang dihasilkan dipengaruhi oleh keluaran dari ekstruder, rasio tiupan gelembung (diameter cetakan dan diameter gelembung), dan laju tarikan *film* plastik (Goff dan Whelan, 2000).



Gambar 2.4 Kontruksi Mesin *Extrusion Blown Film*
(Sumber : Wagner, 2016)

Gambar 2.4 menunjukkan konstruksi mesin *extrusion blown film*. Mesin *extrusion blown film* memiliki beberapa komponen yang berfungsi mendukung kinerja dari mesin selama proses produksi, diantaranya sebagai berikut (Arsy, 2021) :

a. Motor Listrik

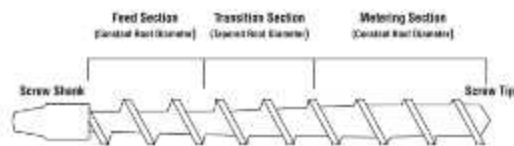
Motor listrik merupakan komponen mesin *extrusion blown film* untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor listrik pada mesin *extrusion blown film* berfungsi sebagai penggerak dari *screw* (Arsy, 2021).

b. *Hopper*

Hopper merupakan tempat untuk memasukkan *pellet* plastik melalui lubang yang mengalir ke dalam *extruder*. *Hopper* biasanya terbuat dari lembaran baja atau *stainless steel* yang dibentuk sedemikian rupa untuk dapat menampung sejumlah *pellet* plastik (Arsy, 2021).

c. *Screw*

Screw merupakan komponen yang berfungsi mencampurkan dan mengalirkan lelehan plastik menuju kepala *die* (Arsy, 2021). Lelehan plastik tercipta akibat energi panas dari gesekan di dalam *screw* dan juga akibat adanya komponen penghasil panas berupa *band heater*. Rancangan *screw* mesin ekstruder dibuat sedemikian rupa dengan tujuan dapat mengontrol kapasitas produksi, suhu, jenis pengadukan, dan waktu operasional supaya dapat bekerja dengan efisien (Florenza *et al*, 2021). Gambar 2.5 menunjukkan bentuk *screw* pada mesin *extrusion blown film*.



Gambar 2.5 Bentuk *Screw* Pada *Extrusion Blown Film*
(Sumber : Goff dan Whelan, 2000)

d. *Barrel*

Barrel merupakan bagian terjadinya proses pencampuran dan perubahan bentuk bahan dari bijih padat menjadi *melt* atau leleh. Bagian *barrel* menjadi bagian yang sangat penting pada mesin *extruder* karena didalamnya bagian lain yaitu *screw* (Hemadi, 2021).

e. *Screen Pack*

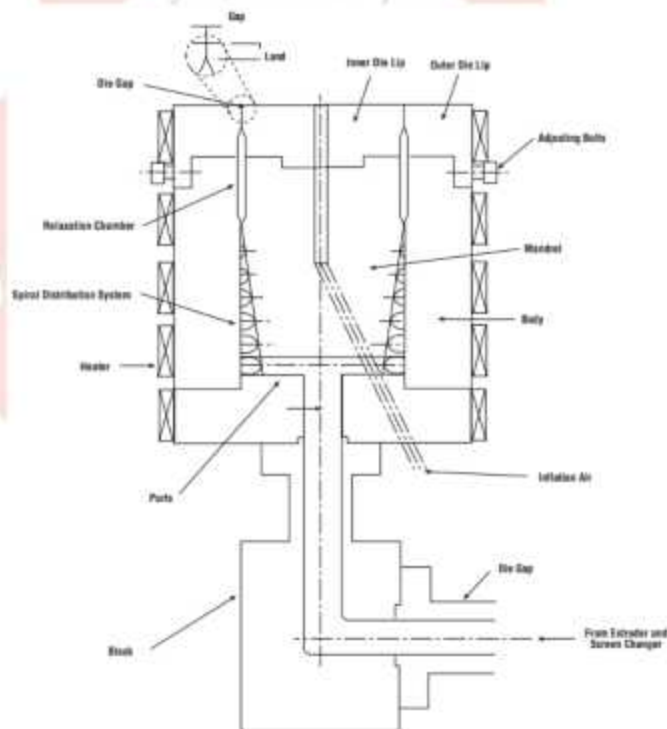
Screen pack merupakan bagian yang didalamnya dimasukkan saringan. *Breaker plate* diposisikan ke dalam adapter yang menghubungkan antara ujung *extruder* dengan pangkal *die* (Arsy, 2021). Komponen ini mempunyai beberapa fungsi sebagai berikut :

1. Meredam putaran rotasi lelehan plastik dan diubah menjadi searah.
2. Memperbaiki homogenisasi dengan cara memecah lelehan plastik dan menggabungkan lagi.
3. Menangkap kotoran dan bahan yang tidak meleleh.

f. *Die*

Die merupakan inti dari proses manufaktur plastik karena bentuk akhir produk ditentukan oleh pembentukan lelehan plastik yang terjadi pada *die*. *Die* memiliki berbagai bentuk yang sangat banyak serta beragam

meskipun demikian, terdapat satu kesamaan yang harus dimiliki oleh *die* yaitu kebutuhan akan desain geometri aliran internal yang tepat, termasuk geometri lubang keluar lelehan. Hal tersebut menyebabkan kerusakan pada permukaan *die* sangat dihindari. Goresan pada permukaan *die* dapat menyebabkan adanya lelehan plastik yang tersangkut dan terdegradasi atau lebih buruk lagi dapat menyebabkan kerusakan permanen pada seluruh permukaan produk yang sedang diekstrusi (Cantor, 2011). Gambar 2.6 menunjukkan bentuk *die* pada mesin *extrusion blown film*.



Gambar 2.6 Bentuk *Die* Pada *Extrusion Blown Film*
(Sumber : Goff dan Whelan, 2000)

g. *Air Ring*

Air ring adalah komponen yang menjadi tempat pendinginan gelembung akibat proses peniupan udara dari *blower* ketika *film* keluar dari *die*. *Air ring* terletak tepat pada bagian atas *die*. Pada bagian tengah *air ring* biasa terdapat *stick* supaya gelembung *film* plastik dapat memiliki bentuk stabil (Cantor, 2011).

h. *Blower*

Blower pada *extrusion blown film* merupakan alat yang berfungsi untuk mengalirkan udara atau gas ke dalam gelembung *film* plastik saat proses *blowing* (Arsy, 2021).

i. *Blow Sensor Control*

Blow sensor control atau sensor udara pada mesin *extrusion blown film* merupakan komponen yang berfungsi untuk mengontrol udara yang masuk dari *blower* menuju sistem dan untuk mengetahui adanya kebocoran (lubang) pada gelembung plastik (Arsy, 2021).

j. *Winder*

Winder merupakan bagian yang menjadi tempat penggulungan lembaran *film* plastik untuk membentuk gulungan *roll* (Afiati *et al*, 2020).

k. *Control Panel*

Control panel pada mesin *extrusion blown film* memiliki fungsi untuk mengatur parameter proses yang digunakan pada pembuatan *film* plastik. Parameter proses yang diatur pada *control panel* diantaranya yaitu temperatur, kecepatan *screw*, dan kecepatan *roll* (Arsy, 2021).

1. *Roller*

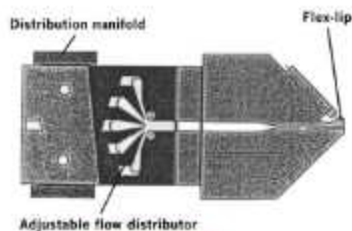
Roller pada mesin *extrusion blown film* berfungsi sebagai media yang menggerakkan plastik berbentuk *lay-flat* hingga mencapai winder untuk digulung.

2. *Coextrusion*

Coextrusion merupakan salah satu proses pengolahan plastik dengan pembentukan ekstrudat yang terdiri lebih dari satu aliran lelehan. Proses *coextrusion* tercipta karena permintaan konsumen yang tidak dapat terpenuhi oleh satu lapisan polimer dan mengharuskan adanya kombinasi lapisan polimer. *Coextrusion* pertama kali diterapkan dalam produksi *cast film* dan kemudian berkembang sampai digunakan dalam industri *blown film* dan *sheet extrusion*. Tujuan penggunaan *coextrusion* yaitu untuk menghasilkan struktur laminar di mana setiap lapisan polimer memberikan karakteristik yang signifikan pada kinerja produk secara keseluruhan (Drobny, 2020).

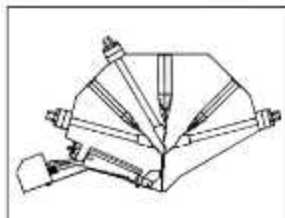
Produk yang dapat diproduksi dengan *coextrusion* sangat beragam mulai dari kemasan makanan, lembaran plastik, wadah *polymailer*, *trash bag*, dan masih banyak lagi. Komponen penyusun mesin *coextrusion* secara garis besar relatif sama dengan mesin *extrusion*, hanya saja pada *coextrusion* memiliki beberapa bagian dengan struktur dan mekanisme yang lebih kompleks. Pada *coextrusion* dilakukan proses ekstrusi secara terpisah untuk setiap bahan yang berbeda. Prosesnya memiliki dua variasi disesuaikan pada titik di mana aliran lelehan yang terpisah akan disatukan. Pada proses dengan *feed block coextrusion* aliran disatukan menjadi satu aliran laminar dalam

feed block yang ditempatkan tepat di atas *die* (Drobny, 2020). *Feed block coextrusion* ditunjukkan pada gambar 2.7.



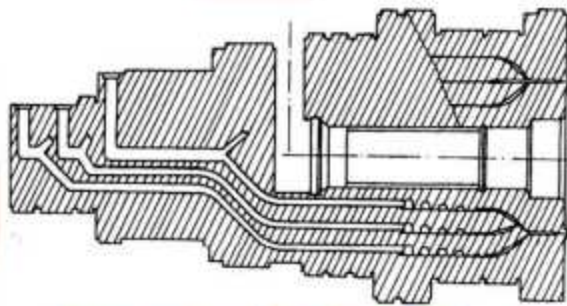
Gambar 2.7 Skema *Feed Block Coextrusion*
(Sumber : Berins, 1991 dalam Drobny, 2020)

Proses dengan *feed block coextrusion* bergantung pada viskositas tinggi leleh plastik untuk mencegah pencampuran antar lapisan saat melewati *die*. Laju aliran setiap lapisan *feed block coextrusion* dapat dikontrol oleh katup yang ada di blok umpan. Keunggulan dari *feed block coextrusion* yaitu biaya produksinya yang relatif rendah, namun kekurangan yang dimiliki yaitu kemungkinan tercampurnya antar lapisan leleh plastik cukup besar. Alternatif yang dapat digunakan untuk menghindari hal tersebut yaitu dengan menggunakan konstruksi *die* yang cukup kompleks di mana *manifold* jalur lelehannya terpisah untuk diatur untuk bergabung pada titik yang dekat dengan lubang keluar *die* dan ditunjukkan pada Gambar 2.8 (Drobny, 2020).



Gambar 2.8 Skema *Multimanifold Coextrusion* Tiga Lapis
(Sumber : Berins, 1991 dalam Drobny, 2020)

Keunggulan *multimanifold coextrusion* yaitu ketebalan dan laju aliran lelehan plastik dapat dikontrol secara independen dan dapat memproses plastik dengan viskositas dan suhu leleh yang jauh berbeda, sedangkan kekurangannya yaitu biaya pemeliharaan yang tinggi. Proses *blown film* dengan *coextrusion* juga menggunakan model *multimanifold*. Tampilan *die* untuk *coextrusion blown film* tiga layer dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Kontruksi Die Tiga Layer *Coextrusion* Untuk *Blown Film*
(Sumber : Drobny, 2020)

F. Pengujian Plastik

Pengujian produk plastik merupakan salah satu tahapan yang memiliki fungsi untuk mengetahui karakteristik dan kekuatan produk plastik itu sendiri. Jenis pengujian produk plastik sangat beragam mulai dari uji organoleptik, uji tarik, uji kelenturan, dan masih banyak lagi (Mahmudhi, 2021).

a. Organoleptik

Uji organoleptik adalah metode pengujian dengan teknik memberikan penilaian berdasarkan parameter utama berupa panca indera. Uji organoleptik berperan banyak dalam pendeteksian awal mutu produk untuk mengetahui penyimpangan atau perubahan yang terjadi (Bernadeta *et al*,

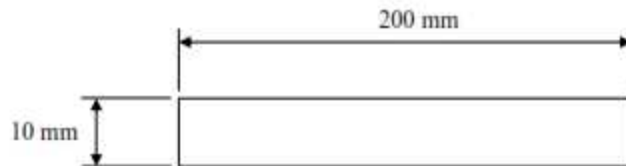
2012). Indera yang digunakan dalam melakukan uji organoleptik yaitu mata (indera penglihatan), hidung (indera penciuman), dan tangan (indera peraba). Kemampuan indera itulah akan menilai kesan terhadap produk yang diuji. Telinga atau indera pendengaran dan lidah atau indera pengecap tidak digunakan karena suara dan rasa yang dihasilkan tidak dapat dijadikan parameter penilaian produk plastik. (Gusnadi *et al*, 2021). Kemampuan indera dalam memberikan penilaian saat uji organoleptik meliputi kemampuan mengenali, membandingkan, mendeteksi, membedakan, dan memberikan pandangan suka atau tidak suka (Koswara, 2006). Beberapa syarat yang harus dipenuhi saat melakukan uji organoleptik terdiri dari adanya sampel (contoh), adanya penilai (panelis), dan penilaian yang jujur (Melati, 2017).

b. Kuat Tarik

Kuat tarik merupakan salah satu pengujian mekanik untuk mengetahui tegangan maksimum suatu bahan (Budiman *et al*, 2018). Pengujian kuat tarik dilakukan menggunakan *Universal Tensile Machine* (UTM) yang memiliki prinsip kerja menarik spesimen hingga putus atau mencapai tegangan maksimum. Kuat tarik suatu bahan ditentukan dengan membagi gaya dengan luas penampang sebelum terdeformasi (Ginting, 2016) yang ditunjukkan pada persamaan (1) (Handayani dan Nurzanah, 2018).

$$\text{Tensile Strength } (N/mm^2) = \frac{\text{Gaya } (N)}{\text{Satuan Luas } (mm^2)} \dots\dots\dots(1)$$

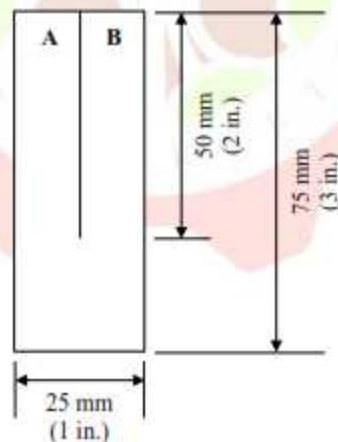
Pada pengujian kuat tarik untuk produk *film* plastik dibutuhkan spesimen uji berbentuk persegi panjang dengan ukuran sesuai ASTM D882-10. Spesimen uji kuat sesuai ASTM D882-10 ditunjukkan pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Spesimen Uji Kuat Tarik *Film* Plastik
(Sumber : ASTM D882-10)

c. Kuat Sobek

Kuat sobek merupakan proses patah secara mekanik yang dimulai dari tempat sampel uji yang memiliki konsentrasi tegangan tinggi hingga menjalar sehingga terjadi cacat, potongan atau deformasi. Kuat sobek memerlukan kuat tarik supaya terjadi sobekan dalam kondisi yang terkendali pada sampel uji oleh karena itu, uji kuat sobek dilakukan dengan menggunakan alat uji (Irawan, 2019). Spesimen pengujian kuat sobek sesuai dengan bentuk pada standar ASTM D1938-02. Spesimen uji kuat sobek *film* plastik sesuai ASTM D1938-02 ditunjukkan pada gambar 2.11.



Gambar 2.11 Spesimen Uji Kuat Sobek *Film* Plastik
(Sumber : ASTM D1938-02)

Nilai hasil uji kuat sobek *film* plastik dapat dirumuskan sesuai persamaan (2).

$$\text{Kuat sobek } \left(\frac{N}{mm} \right) = \frac{F}{t} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan :

F = Gaya yang dibutuhkan untuk menarik hingga sobek

t = Tebal sampel uji

d. Ketahanan Terhadap Air

Pengujian ketahanan terhadap air dilakukan untuk mengetahui ikatan dalam suatu polimer serta tingkatan atau keteraturan ikatan yang terbentuk dalam polimer yang ditentukan dengan mengetahui persentase penambahan berat setelah terjadi penyerapan air. Sifat ketahanan terhadap air dari *film* plastik ditentukan dengan metode uji *water absorption*, yaitu metode dengan menentukan persentase pengembangan *film* akibat adanya air. Semakin rendah nilai penyerapan air maka sifat ketahanan air *film* plastik akan semakin baik, sedangkan semakin tinggi kadar air yang terserap maka sifat *film* plastik maka semakin rendah pula ketahanan air yang dimiliki (Coniwanti *et al*, 2014). Pengujian ketahanan terhadap air *film* plastik mengacu pada standar ASTM D570-98-2018. Ketahanan plastik terhadap air dapat diketahui melalui persamaan (3).

$$\text{Air (\%)} = \frac{W - W_0}{W_0} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan :

W = Massa akhir sampel dalam keadaan basah (gr)

W_0 = Massa awal sampel dalam keadaan kering (gr)

e. Ketahanan Warna Terhadap Sinar UV

Sinar *Ultraviolet* (UV) merupakan sinar yang tidak terlihat dan bagian dari energi yang berasal dari matahari (Gustava, 2020). Paparan sinar UV yang berlebih dapat memberikan pengaruh terhadap manusia dan lingkungan. Pada *trash bag* atau produk plastik lainnya, apabila terkena paparan sinar UV dapat mengakibatkan terjadinya degradasi. Proses terjadinya degradasi pada plastik dapat dibagi menjadi tiga, yaitu biodegradasi, fotodegradasi, dan termooksidatif. Biodegradasi adalah proses degradasi dengan menggunakan mikroorganisme yang dapat memutus ikatan rantai polimer alam ataupun sintetik. Termooksidatif merupakan proses degradasi polimer yang diakibatkan oleh panas. Fotodegradasi merupakan proses degradasi polimer yang diakibatkan oleh cahaya (Haryanto, 2019).

Perubahan warna adalah salah satu permasalahan yang kerap dihadapi pada produk plastik. Proses fotodegradasi yang diakibatkan sinar UV pada umumnya mengakibatkan putusannya rantai polimer plastik dan menghasilkan perubahan warna produk. Perubahan warna pada produk yang terpapar oleh sinar UV akan mengurangi nilai estetika dari produk (Sihombing *et al.*, 2012).

BAB III

METODE TUGAS AKHIR

A. Lokasi Pengambilan Data

Proses pengambilan data dilakukan di PT Sang Plastik Indonesia yang beralamatkan di Komplek Pergudangan Semeru Industri 678, Desa Bambe, Kec. Driyorejo, Kab. Gresik, Jawa Timur. Pengambilan data berlangsung selama proses magang yaitu pada tanggal 06 Maret – 31 Mei 2023.

B. Metode Pengambilan Data

Penyusunan Tugas Akhir ini dilakukan dengan mengumpulkan data yang diperlukan selama kegiatan magang, seperti studi lapangan dengan observasi, wawancara, dan percobaan untuk mendukung penyelesaian topik permasalahan. Data lain yang dibutuhkan juga didapatkan melalui studi literatur sesuai topik yang dikaji. Berikut metode pengumpulan data yang dilakukan :

1. Pengumpulan Data Primer

Pengumpulan data primer merupakan metode untuk memperoleh data yang dilakukan secara langsung dari perusahaan. Data primer bersifat spesifik sesuai dengan yang dibutuhkan dan dapat diperoleh melalui beberapa kegiatan seperti observasi, wawancara, percobaan, dan lain sebagainya.

a. Observasi

Kegiatan observasi atau pengamatan dilakukan secara langsung di PT Sang Plastik Indonesia yang terletak di Kec. Driyorejo, Kab. Gresik, Jawa Timur. Pengamatan yang dilakukan berupa proses pembuatan *trash bag* berbahan dasar HDPE *recycle* yang diawali dengan pengeringan bijih

plastik hingga proses pemotongan (*cutting*) dan perekatan/penyegelan (*sealing*). Kemudian dilakukan proses pengujian sifat mekanik *trash bag* berupa organoleptis, kuat tarik, kuat sobek, ketahanan terhadap air, dan ketahanan warna terhadap sinar UV

b. Wawancara

Wawancara dilakukan secara langsung bersama beberapa narasumber yang merupakan karyawan PT Sang Plastik Indonesia terkait dengan proses pembuatan *trash bag* berbahan dasar HDPE *recycle*, fungsi bahan yang digunakan, dan cara kerja mesin.

c. Percobaan

Percobaan dilakukan lewat pembuatan sampel *trash bag* berbahan dasar HDPE *recycle* dengan jumlah pigmen yang divariasikan.

2. Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari berbagai media informasi melalui studi literatur. Studi literatur adalah sekumpulan kegiatan yang berkaitan dengan proses pengumpulan data pustaka, membaca, mencatat, dan mengelola materi penelitian (Handriani, 2019). Studi literatur dapat melalui buku, jurnal, makalah seminar, majalah, laporan, dan lain sebagainya yang berkaitan dengan tema dari Tugas Akhir. Literatur yang digunakan dalam Tugas Akhir ini yaitu berfokus pada pengertian plastik, bahan aditif, proses pembuatan *trash bag*, dan pengujian *film* plastik.

C. Materi Tugas Akhir

Materi yang diamati dalam Tugas Akhir ini terdiri dari bahan baku, alat, proses pembuatan, dan proses pengujian *film* plastik *trash bag* berbahan dasar HDPE *recycle*.

1. Bahan

Bahan baku yang digunakan pada pembuatan dan pengujian *trash bag* berbahan dasar HDPE *recycle* dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Bahan Yang Digunakan Pada Proses Pembuatan Dan Pengujian *Trash Bag*


No	Nama Bahan	Gambar	Keterangan
1	Resin HDPE <i>recycle</i>		Resin HDPE <i>recycle</i> (rHDPE) berbentuk biji, berwarna hitam, dan tidak memiliki lubang pada bagian tengahnya. Resin HDPE <i>recycle</i> berfungsi sebagai bahan baku pembuatan <i>trash bag</i> yang memberikan ke-kuatan dan daya tahan lebih besar.
2	Resin LLDPE <i>recycle</i>		Resin LLDPE memiliki titik leleh 105-115°C. Resin LLDPE <i>recycle</i> (rLLDPE) berbentuk biji, berwarna putih kekuningan, dan tidak memiliki lubang pada bagian tengahnya. Resin LLDPE <i>recycle</i> berfungsi untuk meningkatkan fleksibilitas pada <i>trash bag</i> .


3	<i>Desiccant</i>		<i>Desiccant</i> berbentuk bulat pipih dan berwarna hitam. <i>Desiccant</i> berfungsi sebagai bahan anti lembab untuk menyerap kelembaban yang masih terdapat pada bahan baku.
4	Pigmen		Pigmen berbentuk biji, berwarna hitam pekat, dan tidak memiliki bau. Pigmen berfungsi sebagai bahan yang memberikan atau mempertajam warna pada produk <i>trash bag</i> .
5	Aquades		Aquades berwujud cair, jernih, dan tidak berbau. Aquades digunakan saat pengujian ketahanan terhadap air pada <i>trash bag</i> berbahan dasar HDPE <i>recycle</i> .

2. Alat





Alat yang digunakan pada proses pembuatan dan pengujian *trash bag* berbahan dasar HDPE *recycle* dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Alat Yang Digunakan Pada Pembuatan Dan Pengujian *Trash Bag*

No	Nama Bahan	Gambar	Keterangan
1	<i>Driyer</i>		Mesin <i>driyer</i> atau pengering berfungsi untuk mengurangi kadar air yang terdapat pada bijih plastik sebelum diproses menjadi barang jadi. Biji plastik yang masih mengandung air atau

No	Nama Bahan	Gambar	Keterangan
			<p>lembab sulit untuk langsung diproses menjadi barang jadi karena presentase terjadi <i>defect</i> yang lebih besar. Biji plastik biasa dikeringkan selama 20 menit dengan suhu 60°C.</p>
2	<i>Mixer</i>		<p><i>Mixer</i> berfungsi untuk mencampurkan bahan baku berupa resin plastik dengan bahan aditif yang digunakan sesuai formulasi produk.</p>
3	<i>Extrusion Blown Film</i>		<p><i>Extrusion blown film</i> merupakan mesin yang digunakan untuk memproduksi <i>trash bag</i> berbahan dasar HDPE <i>recycle</i> dengan output berupa <i>film</i> plastik panjang berbentuk gelembung.</p>
4	<i>Sealing dan Cutting</i>		<p>Mesin <i>sealing</i> dan <i>cutting</i> digunakan untuk menyatukan dan memotong rol <i>film</i> plastik yang masih terpisah sehingga membentuk <i>trash bag</i> sesuai dengan spesifikasi.</p>

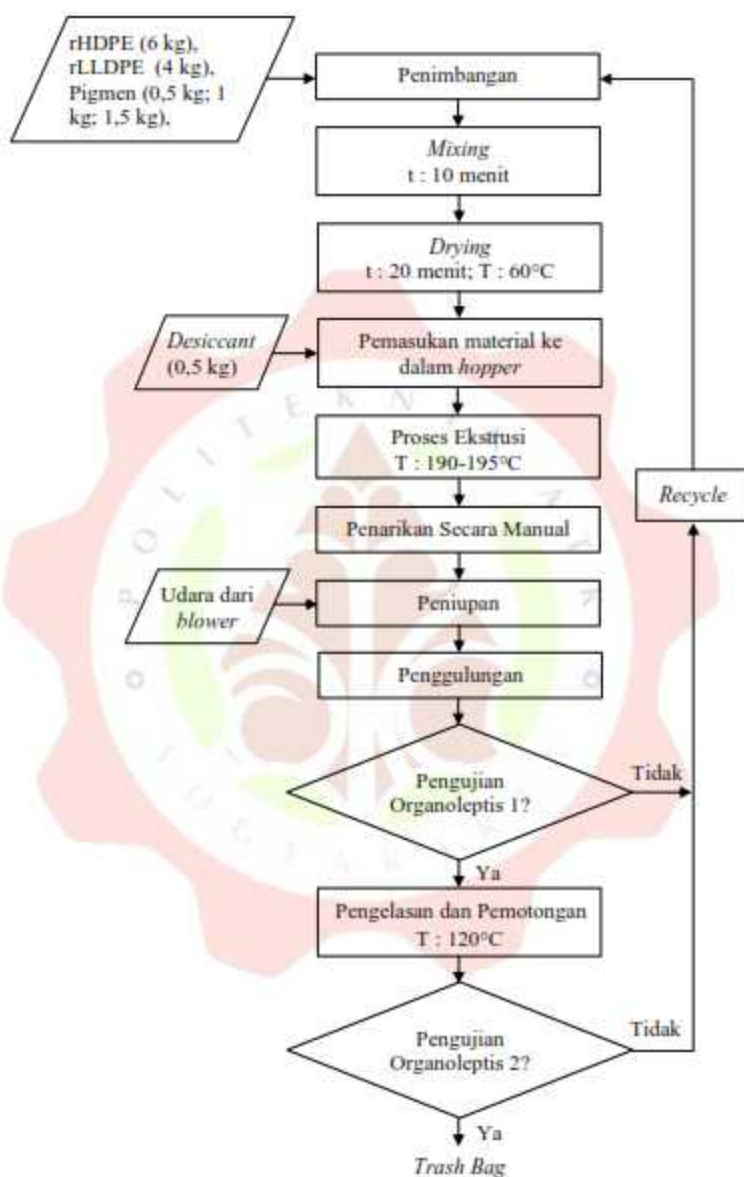
No	Nama Bahan	Gambar	Keterangan
5	Timbangan Digital		<p>Timbangan digital biasa digunakan untuk menimbang bahan aditif supaya sesuai dengan formulasi yang telah disusun. Selain itu, timbangan digital digunakan untuk menimbang berat per meter <i>film</i> plastik yang dihasilkan.</p>
6	<i>Cutting Mat</i>		<p><i>Cutting mat</i> digunakan sebagai alas saat pemotongan sampel <i>trash bag</i> berbahan dasar HDPE <i>recycle</i> yang akan dilakukan pengujian.</p>
7	<i>Thickness Gauge</i>		<p><i>Thickness gauge</i> digunakan untuk memeriksa ketebalan dari <i>film</i> plastik yang keluar dari mesin <i>extrusion blown film</i> bersamaan saat akan dilakukan penimbangan berat per meter. Selain itu, <i>thickness gauge</i> juga digunakan untuk mengukur ketebalan sampel <i>trash bag</i>.</p>

No	Nama Bahan	Gambar	Keterangan
8	Gelas Beaker		Gelas beaker digunakan untuk menjadi wadah perendaman pada pengujian ketahanan terhadap air dari <i>trash bag</i> berbahan dasar HDPE recycle.
9	Neraca Analitik		Neraca analitik digunakan untuk menimbang berat sampel pada pengujian ketahanan terhadap air <i>trash bag</i> berbahan dasar HDPE recycle. Neraca analitik yang digunakan memiliki merk Ohaus dengan ketelitian 0,0001 gram.
10	Jangka Sorong		Jangka sorong digunakan dalam pengukuran lebar sampel pengujian kuat tarik, kuat sobek, dan persen pemanjangan. Jangka sorong yang digunakan memiliki merk Insize dengan ketelitian 0,01 mm.
11	Oven		Oven digunakan untuk memanaskan sampel <i>trash bag</i> sebelum dilakukan perendaman guna mengetahui ketahanan terhadap air yang dimiliki.

No	Nama Bahan	Gambar	Keterangan
12	Desikator		Desikator digunakan untuk mendinginkan sampel <i>trash bag</i> yang telah melalui proses pengovenan dan akan dilakukan penimbangan.
13	Cawan Porselen		Cawan porselen digunakan sebagai wadah sampel <i>trash bag</i> saat proses pengovenan.
14	Penggaris		Penggaris digunakan untuk mengukur dan mempermudah proses pemotongan sampel yang akan diuji.
15	Universal Testing Machine (UTM)		Universal testing machine (UTM) digunakan untuk melakukan pengujian kuat tarik, kuat sobek, dan sampel <i>trash bag</i> berbahan dasar HDPE recycle.

3. Proses Pembuatan *Trash Bag*

Proses pembuatan *trash bag* berbahan dasar HDPE recycle (rHDPE) menggunakan mesin *extrusion blown film*. Diagram alir pembuatan *trash bag* berbahan dasar HDPE recycle (rHDPE) dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Proses Pembuatan *Trash Bag*

Proses pembuatan *trash bag* berbahan dasar HDPE *recycle* (rHDPE) diawali dengan bahan baku yang ditimbang dengan berat sesuai formulasi. Kemudian dilakukan *mixing* atau pencampuran bijih plastik HDPE *recycle*, LLDPE *recycle*, dan pigmen dengan alat *mixer* selama 10 menit. Proses selanjutnya yaitu bahan baku yang telah tercampur dimasukkan ke dalam mesin *dryer* bersuhu 60°C selama 20 menit untuk mengurangi kadar air yang masih terkandung. Bahan baku yang telah dikeringkan lalu dimasukkan ke dalam *hopper* dan ditambahkan *desiccant* serta diaduk secara manual supaya dapat tercampur merata. Bahan baku yang telah berada di dalam *hopper* nantinya akan langsung masuk ke dalam mesin *extrusion blown film* melalui lubang dibagian dasar *hopper* yang menghubungkan langsung dengan *barrel*. Bahan baku akan dilelehkan di dalam mesin *extrusion blown film* akibat gesekan antara *screw* dan dinding *barrel* yang telah diatur suhunya pada rentang 190-195°C. Lelehan plastik yang terdorong oleh gerakan *screw* akan dikeluarkan melalui *die*. Keluaran lelehan plastik akan langsung ditarik menuju *nip roll* yang berada diatas *die* serta kemudian ditiup dengan udara dari *blower* yang masuk melalui mandrel supaya membentuk gelembung. Ukuran gelembung *film* plastik disesuaikan dengan spesifikasi produk yang diinginkan. Gelembung *film* plastik yang telah melewati *nip roll* akan terjepit dan menjadi bentuk *lay-flat* serta bergerak melewati beberapa *roll* hingga dapat digulung pada bagian *winder*. *Film* plastik saat digulung pada *winder* akan diambil beberapa sampel untuk diuji organoleptis pertama.

Gulungan *roll* plastik selanjutnya akan masuk pada tahap *sealing* dan *cutting*. Gulungan *roll* plastik dipasang pada mesin *sealing* dan *cutting* untuk dilakukan pengelasan (*seal*) dengan suhu 120°C lalu dilanjutkan proses pemotongan (*cut*) sehingga terbentuk *trash bag* dengan bagian dasar yang saling melekat dan panjang sesuai spesifikasi (0,1 mm × 50 cm × 100 cm). Produk *trash bag* yang telah melalui tahap *sealing* dan *cutting* diambil beberapa sampel secara acak untuk dilakukan pengujian organoleptis kedua seperti : pengukuran kembali produk jadi, kekuatan *seal*, getas, tembus pandang, mata ikan, dan lain sebagainya. Produk yang tidak memenuhi standar akan dikumpulkan untuk didaur ulang oleh pihak lain menjadi bijih plastik, sedangkan produk yang memenuhi standar akan langsung dikemas.

4. Pengujian Kuat Tarik *Trash Bag*

Pengujian kuat tarik dilakukan sekaligus di laboratorium Pengujian Fisis Politeknik ATK Yogyakarta sesuai standar ASTM D882-10. Diagram alir proses pengujian kuat tarik dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram Alir Proses Pengujian Kuat Tarik

Pengujian kuat tarik dilakukan sesuai dengan standar ASTM D882-10 menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM). Sampel uji kuat tarik berdasarkan ASTM D882-10 dapat dilihat pada Gambar 2.10.

Sampel *trash bag* yang telah dipotong dilakukan pengukuran kembali pada lebar dengan jangka sorong dan ketebalan menggunakan *thickness gauge*. Pengukuran kembali pada lebar dan ketebalan dilakukan pada tiga sisi yaitu kedua ujung dan tengah sampel. Nilai ketebalan dan lebar pada setiap sampel digunakan untuk mengisikikan parameter pengujian supaya didapatkan luas setiap sampel. Tahap selanjutnya dilakukan pengaturan jarak grip alat *Universal Testing Machine* (UTM) menjadi 50 mm dan parameter penarikan 500 mm/menit. Setelah pengaturan parameter proses pengujian pada alat *Universal Testing Machine* selesai, lalu dilakukan proses pengujian masing-masing enam kali untuk empat sampel. Setelah data hasil pengujian didapatkan, dilakukan pengolahan data menggunakan persamaan (1).

5. Pengujian Kuat Sobek *Trash Bag*

Pengujian kuat sobek dilakukan di laboratorium Pengujian Fisis Politeknik ATK Yogyakarta sesuai dengan standar ASTM D1938-02 menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM). Diagram alir proses pengujian kuat sobek dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Diagram Alir Proses Pengujian Kuat Sobek

Pengujian kuat sobek dilakukan pada pengambilan sampel memanjang dan proses sesuai dengan standar ASTM D1938-02 menggunakan alat UTM. Sampel uji kuat sobek berdasarkan ASTM D1938-02 dapat dilihat pada Gambar 2.11. Sampel *trash bag* yang telah dipotong dilakukan pengukuran kembali pada lebar dan ketebalan. Pengukuran kembali pada lebar dan ketebalan dilakukan pada lebar total sampel, lebar sampel yang telah sobek, panjang total sampel, panjang sobekan sampel. Tahap selanjutnya dilakukan pengaturan jarak grip alat UTM menjadi 50 mm dan parameter penarikan 250 mm/menit. Setelah pengaturan parameter pengujian pada alat UTM telah selesai, lalu dilakukan proses pengujian masing-masing enam kali untuk empat jenis sampel.

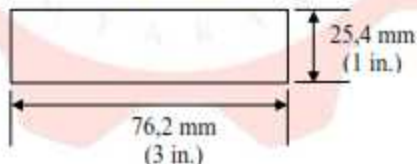
6. Pengujian Ketahanan Terhadap Air *Trash Bag*

Pengujian ketahanan terhadap air dilakukan di laboratorium Polimer dan Instrumentasi Politeknik ATK Yogyakarta sesuai dengan standar ASTM D570-98-2018. Diagram alir proses pengujian dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Diagram Alir Proses Pengujian Ketahanan Terhadap Air

Pengujian ketahanan terhadap air dilakukan sesuai standar ASTM D570-98-2018 dengan bentuk sampel dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Spesimen Uji Ketahanan Terhadap Air *Film* Plastik
(Sumber : ASTM D570-98-2018)

Sampel *trash bag* yang telah dipotong langsung dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 50°C selama 24 jam. Tahap selanjutnya sampel didinginkan di dalam desikator dan langsung ditimbang dengan ketelitian

0,0001 gram untuk mengetahui berat awal sampel. Setelah itu sampel dimasukkan ke dalam gelas beaker yang telah berisi aquades untuk direndam. Proses perendaman dilakukan selama 24 jam dengan sampel yang harus terendam secara keseluruhan. Sampel lalu dibersihkan dari air yang terdapat dipermukaannya dan langsung ditimbang dengan ketelitian 0,0001 gram untuk mengetahui berat akhir yang dimiliki. Setelah data hasil pengujian didapatkan, dilakukan pengolahan data menggunakan persamaan (3).

7. Pengujian Ketahanan Warna *Trash Bag* Terhadap Sinar UV

Pengujian ketahanan warna *trash bag* terhadap sinar UV dilakukan dengan meletakkan sampel dibawah terik matahari secara langsung sesuai dengan diagram alir proses pada Gambar 3.6



Gambar 3.6 Diagram Alir Proses Pengujian Ketahanan Warna *Trash Bag*

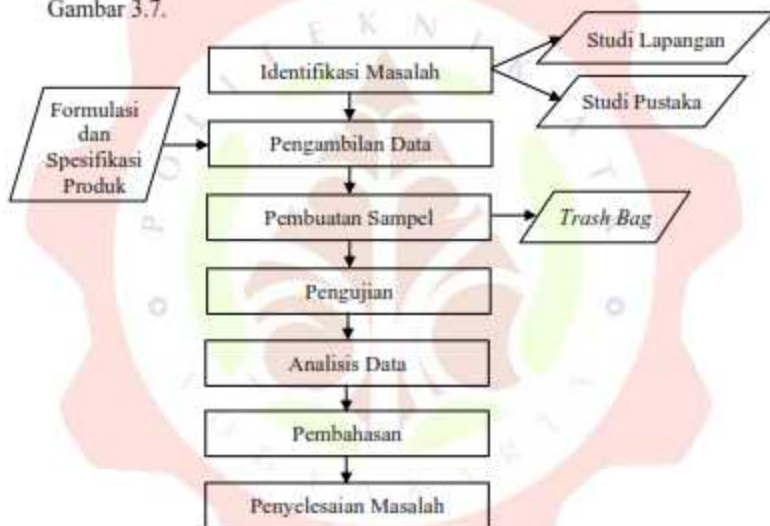
Pengujian ketahanan warna *trash bag* berbahan dasar HDPE *recycle* terhadap sinar UV diawali dengan pemotongan sampel dengan panjang 26,5 cm dan lebar 20 cm. Sampel yang telah terpotong dijepitkan pada cetakan berbentuk persegi panjang dari kardus supaya mempermudah saat

penjemuran. Sampel yang telah siap lalu dijemur dibawah terik sinar matahari secara langsung dari jam 09.00 – 16.00 WIB. Durasi total penjemuran sampel yaitu 72 jam dengan suhu setiap harinya berkisar antara 28-31°C. Setelah proses penjemuran selesai dilakukan pengamatan sampel yang dijemur dan yang tidak untuk mengetahui perbedaannya terutama pada ketahanan warna.

8. Diagram Alir Penyelesaian Masalah

Proses penyelesaian masalah pada Tugas Akhir ini dapat dilihat pada

Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Diagram Alir Proses Penyelesaian Masalah

Proses penyelesaian masalah diawali dengan mengidentifikasi masalah selama proses magang di PT Sang Plastik Indonesia. Proses identifikasi masalah dilakukan dengan studi lapangan berupa observasi dan juga wawancara mengenai seluruh kegiatan saat produksi *trash bag*. Melalui

tahap observasi, Penulis menemukan suatu fenomena di mana salah satu bahan aditif yang selalu digunakan dalam pembuatan *trash bag* yaitu pigmen. Jumlah pigmen yang ditambahkan terkadang tidak melalui proses penimbangan dahulu. Hal tersebut dapat berakibat jumlah pigmen yang ditambahkan tidak sesuai dengan formulasi. Pigmen sendiri pada umumnya hanya digunakan untuk meningkatkan nilai estetika saja namun, pigmen tetap salah satu bahan aditif yang efeknya mampu meningkatkan dan juga mampu menurunkan kinerja fungsional selama pemrosesan plastik apabila tidak ditambahkan dalam jumlah yang tepat.

Tahap selanjutnya yaitu dilakukan pengambilan data untuk mengetahui formulasi dan spesifikasi produk yang dibuat. Proses ini berfungsi menjadi acuan proses selanjutnya yaitu pembuatan sampel *trash bag*. Penulis juga melakukan studi literatur untuk mengetahui perbandingan penggunaan pigmen pada *film* plastik.

Proses pembuatan sampel dilakukan dengan mesin *extrusion blown film* dengan formulasi seperti Tabel 4.1. Saat sampel telah didapatkan, Penulis melakukan pengujian berupa organoleptis, kuat tarik, kuat sobek, ketahanan terhadap air, dan ketahanan warna terhadap UV. Proses pengujian kuat tarik dan kuat sobek dilakukan dengan alat *Universal Testing Machine* (UTM). Pengujian ketahanan terhadap air dilakukan dengan merendam sampel ke dalam aquades selama 24 jam. Pengujian ketahanan warna terhadap UV dilakukan dengan meletakkan sampel dibawah sinar matahari langsung selama 72 jam.

Data hasil pengujian yang telah didapatkan lalu dianalisis untuk mengetahui jumlah pigmen yang optimal saat ditambahkan sehingga menghasilkan *trash bag* dengan kualitas terbaik. Hasil analisis data tersebut dibahas pada bagian pembahasan guna menemukan formulasi jumlah pigmen yang terbaik.

Setelah serangkaian proses penyelesaian masalah sehingga dapat diperoleh hasil dari formulasi pigmen yang menghasilkan *trash bag* dengan kualitas terbaik. Hasil dari penyelesaian masalah disusun dan diletakkan pada bagian kesimpulan serta Penulis juga menyertakan saran berupa pendapat dan sesuatu yang direkomendasikan berkaitan dengan objek pengamatan.

