

**PENGARUH AKUADES DAN POLIOL TERHADAP MORFOLOGI,
DENSITAS, KUAT TEKAN, DAN MODULUS ELASTISITAS
BUSA POLIURETAN DENGAN PEMANFAATAN
CAMPURAN LIMBAH PLASTIK BERBASIS
*POLYETHYLENE DAN POLYPROPYLENE***

SKRIPSI

Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik dari Jurusan
Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa



Oleh:

JAMES CANTIARA
3334190002

**JURUSAN TEKNIK METALURGI FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
CILEGON - BANTEN
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

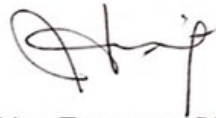
**PENGARUH AKUADES DAN POLIOL TERHADAP MORFOLOGI,
DENSITAS, KUAT TEKAN, DAN MODULUS ELASTISITAS
BUSA POLIURETAN DENGAN PEMANFAATAN
CAMPURAN LIMBAH PLASTIK BERBASIS
POLYETHYLENE DAN *POLYPROPYLENE***

SKRIPSI

Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik dari Jurusan
Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Disetujui untuk Jurusan Teknik Metalurgi oleh:

Pembimbing I



Adhitva Trenggono, S.T., M.Sc
NIP. 197804102003121001

Pembimbing II



Dr. Satrio Herbirowo, S.T., M.T
NIP. 199109072015021002

LEMBAR PERSETUJUAN

**PENGARUH AKUADES DAN POLIOL TERHADAP MORFOLOGI,
DENSITAS, KUAT TEKAN, DAN MODULUS ELASTISITAS
BUSA POLIURETAN DENGAN PEMANFAATAN
CAMPURAN LIMBAH PLASTIK BERBASIS
*POLYETHYLENE DAN POLYPROPYLENE***

SKRIPSI

Disusun dan diajukan oleh:

James Cantara

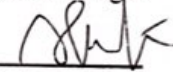
3334190002

Telah disidangkan di depan dewan penguji pada tanggal 7 Mei 2024

Susunan Dewan Penguji

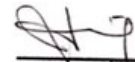
Tanda Tangan

Penguji I : **Prof. Ir. Agus Pramono, S.T., M.T., Ph.D**

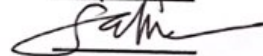


(Ketua Sidang)

Penguji II : **Adhitva Trenggono, S.T., M.Sc**



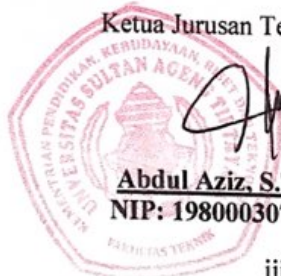
Penguji III : **Dr. Satrio Herbirowo, S.T., M.T**



Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Metalurgi



Abdul Aziz, S.T., M.T., Ph.D
NIP: 19800030720050111002

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya sebagai penulis skripsi berikut:

Judul : PENGARUH AKUADES DAN POLIOL TERHADAP MORFOLOGI, DENSITAS, KUAT TEKAN, DAN MODULUS ELASTISITAS BUSA POLIURETAN DENGAN PEMANFAATAN CAMPURAN LIMBAH PLASTIK BERBASIS *POLYETHYLENE* DAN *POLYPROPYLENE*

Nama Mahasiswa : James Cantiara

NIM : 3334190002

Fakultas : Teknik

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi tersebut di atas adalah benar-benar hasil karya asli saya dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila di kemudian hari ditemukan hal-hal yang menunjukkan bahwa sebagian atau seluruh karya ini bukan karya saya, maka saya bersedia dituntut melalui hukum yang berlaku. Saya juga bersedia menanggung segala akibat hukum yang timbul dari pernyataan yang secara sadar dan sengaja saya nyatakan melalui lembar ini.

Cilegon, 7 Mei 2024



JAMES CANTIARA
NIM. 3334190002

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk membuat *polyurethane foam* yang dibuat dengan memanfaatkan botol plastik dari PET (*Polyethylene terephthalate*), plastik kresek HDPE (*High-Density Polyethylene*), LDPE (*Low Density Polyethylene*), LLDPE (*Linear Low Density Polyethylene*), dan sedotan dari PP (*Polypropylene*) sebagai pengganti polioli. Botol limbah PET didaur ulang untuk membuat busa poliuretan dengan menggunakan metode glikolisis menghasilkan BHET (*bis(hydroxyethyl) terephthalate*) yang bisa digunakan sebagai pengganti polioli dalam pembuatan busa poliuretan. Proses pembuatan busa poliuretan dilakukan dengan mereaksikan polioli dan isosianat berupa *Methylene Diphenyl Diisocyanate* (MDI) dengan tambahan variasi komposisi aquades sebagai *blowing agent* dan variasi komposisi surfaktan silikon sebagai surfaktan. Dari 6 sampel busa poliuretan yang di uji di dapatkan 4 busa jenis *rigid*. Hal ini dapat dilihat dari nilai kuat tekan serta nilai densitas yang didapat, busa poliuretan dari sampel PUR-11, PUR-21, PUR-22, dan PUR-23 memiliki nilai kuat tekan secara berturut-turut sebesar 0,32 MPa, 0,32 MPa, 0,49 MPa dan 0,39 MPa. Serta nilai densitas dengan rata-rata dihasilkan secara berturut-turut sebesar 0,05 gram/cm³, 0,07gram/cm³, 0,08 gram/cm³, dan 0,06 gram/cm³. Busa yang memiliki nilai kuat tekan dan densitas tertinggi didapatkan pada sampel PUR-22 yaitu sebesar 0,49 MPa dan 0,08 gram/cm³ karena dari kuat tekan berada di pertengahan untuk densitas adalah yang terendah, karena di perlukan busa yang kuat dan memiliki fleksibilitas yang cukup dimana menjadi suatu material yang banyak di cari oleh pasar busa.

Kata Kunci: Busa Poliuretan, PET, HDPE, LDPE, LLDPE, PP, Glikolisis

ABSTRACT

This research aims to make polyurethane foam which is made by using plastic bottles from PET (Polyethylene terephthalate), plastic bottles HDPE (High-Density Polyethylene), LDPE (Low Density Polyethylene), LLDPE (Linear Low Density Polyethylene), and straws from PP (Polypropylene) as a substitute for polyol. Waste PET bottles are recycled to make polyurethane foam using the glycolysis method to produce BHET (bis(hydroxyethyl) terephthalate) which can be used as a substitute for polyol in making polyurethane foam. The process of making polyurethane foam is carried out by reacting polyol and isocyanate in the form of Methylene Diphenyl Diisocyanate (MDI) with additional variations in the composition of distilled water as a blowing agent and variations in the composition of silicone surfactant as a surfactant. Of the 6 polyurethane foam samples tested, 4 types of rigid foam were obtained. This can be seen from the compressive strength values and density values obtained, polyurethane foam from samples PUR-11, PUR-21, PUR-22, and PUR-23 have compressive strength values respectively of 0.32 MPa, 0, 32 MPa, 0.49 MPa and 0.39 MPa. And the resulting average density values were 0.05 gram/cm³, 0.07gram/cm³, 0.08 gram/cm³, and 0.06 gram/cm³, respectively. The foam with the highest compressive strength and density values was found in the PUR-22 sample, namely 0.49 MPa and 0.08 gram/cm³ because the compressive strength is in the middle for the density is the lowest, because foam is needed that is strong and has flexibility. which is enough to become a material that is much sought after by the foam market.

Keywords: Polyurethane Foam, PET, HDPE, LDPE, LLDPE, PP, Glycolysis

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas segala limpahan kebaikan dan kemurahan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan laporan Skripsi ini yang merupakan salah satu syarat kelulusan sebagai sarjana teknik metalurgi di Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Abdul Aziz, S.T.,M.T.,Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Metalurgi FT Untirta.
2. Bapak Rahman Faiz Suwandana S.T., M.S. selaku Koordinator Skripsi Jurusan Teknik Metalurgi FT Untirta.
3. Bapak Adhitya Trenggono, S.T., M.Sc. selaku pembimbing pertama yang membimbing penulis dalam penelitian hingga penyelesaian Skripsi ini.
4. Bapak Dr. Satrio Herbirowo, ST., MT selaku pembimbing kedua yang membimbing penulis dalam penelitian hingga penyelesaian Skripsi ini.
5. Orang tua dan keluarga penulis yang selalu mencurahkan doa, semangat, serta dukungan kepada penulis selama waktu perkuliahan hingga hari ini

Penulis menyadari bahwa Skripsi ini masih terdapat kekurangan, sehingga kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak diharapkan. Penulis berharap agar Skripsi ini bermanfaat khususnya bagi penulis dan bagi pembaca pada umumnya.

Cilegon, 7 Mei 2024

James Cantiarra

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
 Bab I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Batasan Masalah	6
1.5 Sistematika Penulisan	7
 Bab II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Polimer	8
2.2 <i>Polyethylene Terephthalate (PET)</i>	11
2.3 Proses Glikolisis.....	14
2.4 <i>High Density Polyethylene (HDPE)</i>	18

2.5	<i>Low Density Polyethylene (LDPE)</i>	20
2.6	<i>Linier Low Density Polyethylene (LLDPE)</i>	22
2.7	<i>Polypropilene</i>	23
2.8	<i>Polyurethane Foam (PUF)</i>	25
2.9	<i>Isosianat</i>	28
2.10	<i>Blowing Agent</i>	30
2.11	<i>Surfaktan Silikon</i>	31
2.12	<i>Dietilen Glikol (DEG)</i>	33
2.13	<i>Zinc Acetate</i>	35
2.14	<i>Proses Foaming</i>	35
	2.14.1 <i>Mixing</i>	35
	2.14.2 <i>Nucleation</i>	36
	2.14.3 <i>Expansion</i>	37
	2.14.4 <i>Curing</i>	37

Bab III METODE PENELITIAN

3.1	<i>Diagram Alir</i>	39
3.2	<i>Alat dan Bahan</i>	41
	3.2.1 <i>Alat-alat</i>	41
	3.2.2 <i>Bahan-bahan</i>	41
3.3	<i>Prosedur Percobaan</i>	42
	3.3.1 <i>Pembuatan Polyurethane Foam (PUF)</i>	42
3.4	<i>Pengujian Material</i>	43
	3.4.1 <i>Pengujian Visual</i>	43

3.4.2	Pengujian Densitas	43
3.4.3	Pengujian Kuat Tekan	45
3.4.4	Pengujian SEM.....	46

Bab IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Proses Pembuatan Busa Poliuretan	49
4.2	Pembahasan Hasil Busa Poliuretan	51
4.2.1	Pengaruh Kualitas Poliol Terhadap Busa Poliuretan	51
4.2.2	Pengaruh Kualitas Aquades Terhadap Busa Poliuretan	53
4.2.3	Analisis Hasil Pengujian Kuat Tekan	54
4.2.4	Analisis Hasil Pengujian Densitas	60
4.2.5	Analisis Pengujian SEM	63

Bab V KESIMPULAN

5.1	Kesimpulan.....	68
5.2	Saran	69

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

LAMPIRAN A. Contoh Perhitungan	73
LAMPIRAN B. Data Penelitian.....	83
LAMPIRAN C. Gambar Alat & Bahan.....	93

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 2.1 Penggunaan Jenis Plastik Dalam Kehidupan Sehari-hari	9
Tabel 2.2 Konsentrasi Monomer BHET Pada Efek Katalis Seleksi	17
Tabel 2.3 Klasifikasi <i>Polyurethane Foams</i>	27
Tabel 4.1 Komposisi Busa Poliuretan	50
Tabel 4.2 Komposisi Polioliol Busa Poliuretan	52
Tabel 4.3 Hasil Busa Poliuretan dengan Variasi Aquades	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1 Struktur Kimia PET.....	12
Gambar 2.2 Reaksi Kimia Asam Tereftalat dan Etilen Glikol dalam Pembentukan PET plastik	13
Gambar 2.3 Reaksi Depolimerisasi PET dengan Berbagai Pelarut yang Berbeda Struktur Kimia PET.....	14
Gambar 2.4 Mekanisme Depolimerisasi PET oleh DEG.....	14
Gambar 2.5 Reaksi PET Dengan DEG dan Penambahan Katalis.....	16
Gambar 2.6 HDPE (<i>High Density Polyethylene</i>).....	18
Gambar 2.7 Struktur Kimia HDPE	19
Gambar 2.8 Struktur Kimia LDPE.....	21
Gambar 2.9 Struktur Kimia LDPE.....	22
Gambar 2.10 Struktur Kimia PP	24
Gambar 2.11 Struktur Sel (a) Terbuka (b) Tertutup.....	26
Gambar 2.12 Reaksi Pembuatan Poliuretan.....	28
Gambar 2.13 Struktur Toluena Diisosianat (TDI)	29
Gambar 2.14 Struktur Metilen Difenil Diisosianat (MDI).....	29
Gambar 2.15 Reaksi Isonianat dengan Air	31
Gambar 2.16 Struktur Surfaktan Silikon pada Busa Poliuretan.....	32
Gambar 2.17 Struktur Kimia Dietilen Glikol (DEG).....	34
Gambar 2.18 Struktur <i>Zinc Acetate</i>	35

Gambar 2.19 Gelembung Udara Pada Proses <i>Nucleation</i>	36
Gambar 2.20 Proses <i>Expansion</i>	37
Gambar 2.21 Proses Curing	38
Gambar 3.1 Diagram Alir Pembuatan Busa Poliuretan	40
Gambar 4.1 Larutan Glikolisis.....	49
Gambar 4.2 Grafik <i>Stress-Strain</i> Variasi Komposisi Aquades (a) 1,32% Sampel PUR-11 Percobaan 1 dan Percobaan 2 dan (b) 1,5% Sampel PUR-22 Percobaan 1 dan Percobaan 2	55
Gambar 4.3 Grafik <i>Stress-Strain</i> Variasi Komposisi Aquades (a) 1,32% Sampel PUR-11 Percobaan 2 dan (b) 1,5% Sampel PUR-22 Percobaan 2	56
Gambar 4.4 Grafik <i>Stress-Strain</i> Variasi Komposisi Aquades (a) 4,6% Sampel PUR-21 Percobaan 1 dan Percobaan 2 dan (b) 1,5% Sampel PUR-23 Percobaan 1 dan Percobaan 2	57
Gambar 4.5 Grafik <i>Stress-Strain</i> Variasi Komposisi Aquades (a) 4,6% Sampel PUR-21 Percobaan 2 dan (b) 1,5% Sampel PUR-23 Percobaan 2	59
Grafik Nilai Densitas Dengan Komposisi Aquades (a) 1,32% Sampel PUR-11 %Error dan (b) 1,5% Sampel PUR-22 %Error	61
Gambar 4.7 Grafik Nilai Densitas Dengan Komposisi Aquades (a) 4,6% Sampel PUR-21 %Error dan (b) 1,5% Sampel PUR-23 %Error	62
Gambar 4.8 Hasil SEM Busa Poliuretan (a) Sampel PUR-11 (b) Sampel PUR-21 (c) Sampel PUR-22 (d) Sampel PUR-23	64
Gambar 4.9 Histogram SEM PUR-11.....	65
Gambar 4.10 Histogram SEM PUR-21.....	65

Gambar 4.11 Histogram SEM PUR-22.....	65
Gambar 4.12 Histogram SEM PUR-23.....	65
Gambar 4.13 Hasil Perbesaran Ukuran 100x SEM Busa Poliuretan (a) Sampel PUR-11 (b) Sampel PUR-21 (c) Sampel PUR-22 dan (d) Sampel PUR-23.....	66
Gambar 4.14 Histogram SEM PUR-11.....	67
Gambar 4.15 Histogram SEM PUR-21.....	67
Gambar 4.16 Histogram SEM PUR-22.....	67
Gambar 4.17 Histogram SEM PUR-23.....	67
Gambar B.18 Data Uji Densitas.....	85
Gambar B.19 Data Uji Tekan PUR-11	86
Gambar B.20 Data Uji Tekan PUR-21	87
Gambar B.21 Data Uji Tekan PUR-22	88
Gambar B.22 Data Uji Tekan PUR-23	89
Gambar C.1 Cetakan	94
Gambar C.2 <i>Cutter</i>	94
Gambar C.3 Gunting	94
Gambar C.4 Gelas Beker.....	94
Gambar C.5 Mata Gergaji	94
Gambar C.6 Pipet Tetes	94
Gambar C.7 Plastik Sampel	95
Gambar C.8 Spatula <i>Metal</i>	95
Gambar C.9 Alat Pengujian Kuat Tekan	95
Gambar C.10 Alat Pengujian Densitas.....	95

Gambar C.11 Timbangan Digital.....	95
Gambar C.12 Aquades	96
Gambar C.13 MDI	96
Gambar C.14 Dietilen Glikol	96
Gambar C.15 Surfaktan Silikon	96
Gambar C.16 Botol Plastik PET	97
Gambar C.17 Plastik LDPE	97
Gambar C.18 Plastik HDPE.....	97
Gambar C.19 Plastik LLDPE.....	97
Gambar C.20 Plastik Sedotan PP.....	97
Gambar C.21 Zinc Asetat.....	97
Gambar C.22 Plastik Glikolisis HDPE	98
Gambar C.23 Plastik Glikolisis PP	98
Gambar C.24 Plastik Glikolisis LDPE.....	98
Gambar C.25 Plastik Glikolisis LLDPE	98
Gambar C.26 Larutan Glikolisis	99
Gambar C.27 Larutan Glikolisis	99

Bab I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah merupakan suatu benda yang dibuang karena sudah tidak terpakai lagi seperti kertas, daun dan lain sebagainya. Pertambahan jumlah penduduk Indonesia semakin meningkat, dengan meningkatnya jumlah populasi akan berbanding lurus dengan meningkatnya jumlah sampah yang ada. Pada tahun 2020 jumlah penduduk Indonesia sebesar 275,77 juta jiwa [1], dengan jumlah tersebut dapat menghasilkan sekitar 20 hingga 33 juta ton sampah. Sampah yang berasal dari sampah padat dibagi menjadi 2 jenis yaitu sampah organik dan sampah anorganik.

Sepanjang tahun 2022 Indonesia menghasilkan 19,45 juta ton timbunan sampah. Berdasarkan angka tersebut, sumbangan sampah didominasi oleh rumah tangga yaitu sebesar 39,63%, diikuti oleh sampah yang berasal dari perniagaan sebesar 21,07%, dan pasar sebesar 16,08%. Berdasarkan jenisnya, mayoritas timbunan sampah nasional berupa sampah sisa makanan dengan proporsi 41,55%, sampah plastik dengan proporsi 18,55%, sampah berupa kayu/ranting (13,27%), kertas/karton (11,04%), logam (2,86%), kain (2,54%), kaca (1,96%), karet/kulit (1,68%), dan sampah jenis lainnya (6,55%) [2].

Sampah memiliki dampak yang negatif terhadap manusia diantaranya dapat menurunkan kualitas kesehatan masyarakat, menurunnya kenyamanan bertempat tinggal akibat penumpukan sampah yang tidak terkelola dengan baik, penurunan

kualitas infrastruktur seperti saluran drainase, irigasi dan jalan akibat masuknya sampah ke dalam saluran, terganggunya aktivitas ekonomi akibat gangguan polusi udara berupa bau yang tidak sedap akibat pengelolaan sampah yang kurang baik. Sebagian besar sampah yang dihasilkan oleh masyarakat ialah sampah anorganik berjenis sampah plastik sebesar 18,55% [2].

Pengolahan sampah dapat dilakukan dengan cara 3R yaitu menggunakan kembali (*Reuse*), mengurangi (*Reduce*), dan mendaur ulang (*Recycle*). Metode untuk mendaur ulang limbah plastik terutama PET ini terbagi menjadi 5 cara yaitu glikolisis, metanolisis, hidrolisis, ammonolisis, dan aminolisis [3]. Glikolisis PET pertama kali ditemukan pada pertengahan tahun 1960-an, glikolisis itu sendiri merupakan proses depolimerisasi. Metoda glikolisis merupakan metoda yang paling banyak digunakan. Metode ini dianggap paling menguntungkan diantara metode-metode yang lain dengan beberapa alasan. Pertama, prosesnya lebih sederhana dan dapat dilakukan secara konvensional. Kedua, proses pemisahan glikol dari pelarut dalam proses depolimerisasi tidak diperlukan. Meskipun demikian, cara glikolisis ini memiliki kelemahan yaitu metoda ini memerlukan katalis dalam prosesnya.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya proses glikolisis dari sampah PET dilakukan menggunakan katalis berupa metal asetat (zink, timah, kobalt, and mangan asetat). Berdasarkan penelitian tersebut katalis yang dapat menghasilkan BHET (*bis hydroxyethyl terephthalate*) terbaik ialah zink asetat dengan komposisi 0,5% dari berat PET yang digunakan. Selain katalis terdapat juga bahan kimia pelarut glikol yang digunakan untuk mendepolimerisasi PET, bahan

kimia yang digunakan diantaranya etilen glikol, dietilen glikol, propilen glikol dan larutan glikol lainnya.

Poliuretan merupakan polimer gugus fungsional uretan (N-C=O) yang ditemukan oleh Otto Bayer. Poliuretan ini dapat dijadikan sebagai busa yang dikenal dengan *polyurethane foam*. *Polyurethane foam* merupakan salah satu polimer *foam* rekayasa yang telah banyak diproduksi dalam industri dan telah menjadi produk komersil. Saat ini *polyurethane foam* telah banyak digunakan sebagai bahan insulasi panas, insulasi listrik, *sealant*, busa untuk manufaktur otomotif, dan lain sebagainya [4].

Pada pembuatan *polyurethane foam* terdapat bahan baku penting diantaranya isosianat (MDI), *blowing agent* (aquades), dan surfaktan silikon. Pada umumnya *blowing agent* yang digunakan ialah *hydrochlorofluorocarbon* (HCFC), dan *clorofluorocarbon* (CFC), akan tetapi bahan tersebut sudah tidak digunakan lagi karena menghasilkan polusi. Formulasi masing-masing bahan dapat mempengaruhi hasil akhir dari busa poliuretan.

Penggunaan surfaktan silikon dalam pembuatan busa poliuretan dapat memiliki dampak signifikan terhadap sifat fisik, termasuk kuat tekan dan densitas. Berikut adalah beberapa pengaruh potensial dari surfaktan silikon. Surfaktan silikon dapat berperan dalam stabilisasi busa poliuretan selama pembentukan sel. Ini dapat menghasilkan struktur sel yang lebih seragam dan mencegah koalesensi (penggabungan) sel selama pembentukan busa. Penggunaan surfaktan silikon tertentu dapat meningkatkan kekuatan mekanik busa poliuretan, termasuk kuat tekan. Surfaktan silikon dapat mempengaruhi ukuran sel busa. Dengan mengontrol

pembentukan sel, surfaktan dapat memengaruhi densitas dan tekstur busa poliuretan.

Plastik yang secara teknis canggih, ringan, dan murah cocok untuk berbagai macam aplikasi. Masalah dengan plastik adalah bagaimana menangani akhir masa pakai barang yang terbuat dari plastik. Plastik digunakan untuk membuat kendaraan yang ringan dan ekonomis. Sarung jok untuk industri otomotif yang merupakan sarung pelindung jok adalah penutup plastik sementara yang dipasang diatas jok kendaraan untuk melindungi jok dari kotoran pada saat proses perakitan. Sarung jok berbahan plastik berkontur dibandingkan dengan sarung jok plastik yang elastis. Hasilnya menunjukkan bahwa penggunaan sarung jok berkontur menghasilkan penghematan biaya [5].

Selain komposisi surfaktan silicon terdapat juga komposisi *blowing agent*, *Blowing agent* sangat penting dalam produksi busa poliuretan, hal ini dikarenakan *blowing agent* merupakan bahan yang dapat bereaksi dengan *Methylene Diphenyl Diisocyanate* (MDI) membentuk gas CO₂, dari gas tersebut terbentuk gelembung-gelembung udara yang dapat mengembang dan membentuk pori-pori (Roland Kim, 2014). Oleh karena itu, diharapkan pada penelitian ini menghasilkan *polyurethane foam* jenis *rigid foam*, *semirigid foam* dan *flexible foam* dengan memiliki kemampuan kuat tekan, densitas, serta morfologi yang baik dari daur ulang limbah plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*), HDPE (*High-Density Polyethylene*), LDPE (*Low Density Polyethylene*), LLDPE (*Linear Low Density Polyethylene*), dan PP (*Polypropylene*). Dalam penelitian ini, studi daur ulang busa poliuretan untuk aplikasi penutup jok otomotif.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian kali ini, antara lain:

1. Bagaimana pengaruh limbah jenis plastik lain terhadap proses pembuatan *polyurethane foam* dengan memanfaatkan limbah plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*) digabung dengan limbah plastik jenis HDPE (*High-Density Polyethylene*), LDPE (*Low Density Polyethylene*), LLDPE (*Linear Low Density Polyethylene*), dan PP (*Polypropylene*) sebagai polioliol?
2. Bagaimana pengaruh variasi komposisi *aquades* terhadap kuat tekan dan densitas dari *polyurethane foam* yang dihasilkan?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini secara khusus, yaitu:

1. Mengetahui pengaruh limbah jenis plastik lain terhadap proses pembuatan *polyurethane foam* dengan memanfaatkan limbah plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*) digabung dengan limbah plastik jenis HDPE (*High-Density Polyethylene*), LDPE (*Low Density Polyethylene*), LLDPE (*Linear Low Density Polyethylene*), dan PP (*Polypropylene*) sebagai polioliol.
2. Mengetahui pengaruh variasi komposisi *aquades* terhadap kuat tekan dan densitas dari *polyurethane foam* yang dihasilkan.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian kali ini adalah, sebagai berikut:

1. Limbah plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*) digabung dengan limbah plastik jenis lain seperti HDPE (*High-Density Polyethylene*), LDPE (*Low Density Polyethylene*), LLDPE (*Linear Low Density Polyethylene*), dan PP (*Polypropylene*) yang digunakan berasal dari kantong plastik dan sedotan.
2. Pembuatan busa poliuretan dilakukan dengan memvariasikan 100% polioliol PET, konsentrasi aquades 1,32%, konsentrasi surfaktan silikon 4%, dan Konsentrasi 1% DEG (dietilen glikol). Serta variasi 10%, 20%, dan 30% dari limbah plastik jenis lain HDPE.
3. Parameter penelitian berupa nilai kuat tekan, densitas, ukuran pori, dan gugus kimia yang terbentuk.
4. Pembuatan busa poliuretan dilakukan di Laboratorium Material Fungsional, Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
5. Pengujian densitas dilakukan di laboratorium Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Serpong Tangerang Selatan, Banten.
6. Pengujian *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Kampus Sindangsari Serang, Banten.
7. Pengujian kekuatan tekan dilakukan di Laboratorium PT Dirgantara Indonesia, Bandung, Jawa Barat.

1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini dibagi menjadi lima bab yang dilengkapi dengan daftar pustaka serta lampiran pendukung. Bab I pendahuluan menjelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan laporan penelitian. Bab II tinjauan pustaka menjelaskan mengenai dasar fundamental teori yang mendukung penelitian ini sebagai acuan dalam analisis dan pengolahan data serta pembahasan. Bab III metodologi penelitian menjelaskan mengenai metode yang dilakukan dalam melaksanakan penelitian ini, prosedur, dan diagram alir. Bab IV hasil dan pembahasan menjelaskan mengenai hasil yang didapat dari penelitian serta analisis lanjut terkait data yang didapatkan. Bab V kesimpulan dan saran menjelaskan mengenai kesimpulan dari hasil yang didapat serta saran-saran untuk perbaikan dan aspek lainnya yang perlu ditingkatkan untuk penelitian selanjutnya. Daftar pustaka memuat mengenai referensi yang digunakan selama penelitian dan menjadi acuan dalam melakukan penelitian. Lampiran menjelaskan data hasil penelitian dan gambar alat serta bahan yang digunakan merupakan beberapa data sekunder pendukung dalam penelitian dan penulisan laporan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik, “Jumlah Penduduk Indonesia 2020,” BPS. Accessed: May 21, 2024. [Online]. Available: <https://sensus.bps.go.id/main/index/sp2020#:~:text=Jumlah%20dan%20Distribusi%20Penduduk,adalah%20sebanyak%20270.203.917%20jiwa>
- [2] Cindy Mutia Annur, “Timbulan Sampah Indonesia Mayoritas Berasal dari Rumah Tangga,” Katadata Media Network. Accessed: Jun. 12, 2023. [Online]. Available: <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2023/03/09/timbulan-sampah-indonesia-mayoritas-berasal-dari-rumah-tangga>
- [3] P. Benyathiar, P. Kumar, G. Carpenter, J. Brace, and D. K. Mishra, “Polyethylene terephthalate (PET) bottle-to-bottle recycling for the beverage industry: A Review,” *Polymers (Basel)*, vol. 14, no. 12, p. 2366, 2022.
- [4] A. Ivdre, A. Abolins, I. Sevastyanova, M. Kirpluks, U. Cabulis, and R. Merijs-Meri, “Rigid polyurethane foams with various isocyanate indices based on polyols from rapeseed oil and waste PET,” *Polymers (Basel)*, vol. 12, no. 4, p. 738, 2020.
- [5] S. Agyeman, N. K. Obeng-Ahenkora, S. Assiamah, and G. Twumasi, “Exploiting recycled plastic waste as an alternative binder for paving blocks production,” *Case Studies in Construction Materials*, vol. 11, p. e00246, Dec. 2019, doi: 10.1016/j.cscm.2019.e00246.
- [6] U. B. Surono, “Berbagai metode konversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak,” *Jurnal teknik*, vol. 3, no. 1, 2013.
- [7] P. Siahaan and T. Windarti, *Kimia Polimer*. Semarang: Universitas Diponegoro, 2007.
- [8] S. Venkatachalam, S. G. Nayak, J. V Labde, P. R. Gharal, K. Rao, and A. K. Kelkar, *Degradation and recyclability of poly (ethylene terephthalate)*. InTech Rijeka, Croatia, 2012.

- [9] B. Ismail, F. B. Sc, and E. E. Yassin, "Management of PET Plastic Bottles Waste Through Recycling In Khartoum State," *Sudan Acad. Sci. Eng. Res. Industrial Technol. Counc*, p. 90, 2010.
- [10] M. Sarker and M. M. Rashid, "Thermal degradation of poly (ethylene terephthalate) waste soft drinks bottles and low density polyethylene grocery bags," *International Journal of Sustainable Energy and Environment*, vol. 1, no. 3, pp. 78–86, 2013.
- [11] M. J. Forrest, *Recycling of polyethylene terephthalate*. Walter de Gruyter GmbH & Co KG, 2019.
- [12] R. Coles, D. McDowell, and M. J. Kirwan, *Food packaging technology*, vol. 5. CRC press, 2003.
- [13] Y. C. Danarto, M. K. AM, and Y. R. Siwi, "Pengolahan Sampah Botol Plastik Menjadi Monomer Bhet Sebagai Bahan Baku Plastik dengan Proses Solvolysis," 2012.
- [14] A. Rahmayanti, "DEPOLIMERISASI PET PASCA KONSUMSI MELALUI GLIKOLISIS DENGAN KATALIS," *Journal of Research and Technology*, vol. 1, no. 1, pp. 16–22, 2015.
- [15] A. Syariffuddeen, A. Norhafizah, and A. Salmiaton, "Glycolysis of poly (ethylene terephthalate)(PET) waste under conventional convection-conductive glycolysis," *International Journal of Engineering Research and Technology*, vol. 1, no. 10, pp. 1–8, 2012.
- [16] C. T. Pham *et al.*, "Comprehensive investigation of the behavior of polyurethane foams based on conventional polyol and oligo-ester-ether-diol from waste poly (ethylene terephthalate): fireproof performances, thermal stabilities, and physicomechanical properties," *ACS Omega*, vol. 5, no. 51, pp. 33053–33063, 2020.
- [17] I. La Ifa, *Pembuatan Bahan Polimer dari Minyak sawit*. Nas Media Pustaka, 2018.
- [18] K. Ashida, *Polyurethane and related foams: chemistry and technology*. CRC press, 2006.

- [19] H. Prihastuti, “Studi Sintesis Foam Polyurethane dari Gliserol Monooleate,” Universitas Indonesia, Depok, 2007.
- [20] E. Triwulandari, N. Astrini, and A. Haryono, “Pembuatan polioliol berbasis komponen minyak sawit sebagai bahan baku busa poliuretan,” *Jurnal Sains Materi Indonesia*, vol. 16, no. 1, pp. 43–48, 2018.
- [21] H. Lim, S. H. Kim, and B. K. Kim, “Effects of silicon surfactant in rigid polyurethane foams,” *Express Polym. Lett*, vol. 2, no. 3, pp. 194–200, 2008.
- [22] G. Kiss, G. Rusu, G. Bandur, I. Hulka, D. Romecki, and F. Péter, “Advances in Low-Density Flexible Polyurethane Foams by Optimized Incorporation of High Amount of Recycled Polyol,” *Polymers (Basel)*, vol. 13, no. 11, p. 1736, 2021.
- [23] L. Poul, N. Jouini, and F. Fiévet, “Layered hydroxide metal acetates (metal= zinc, cobalt, and nickel): elaboration via hydrolysis in polyol medium and comparative study,” *Chemistry of Materials*, vol. 12, no. 10, pp. 3123–3132, 2000.
- [24] C. Defonseka, *Practical Guide to Flexible Polyurethane Foams*. Smithers Information Limited, 2013. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=ffwIDwAAQBAJ>
- [25] D. Ridayani, M. B. Malino, and A. Asifa, “Analisis Porositas dan Susut Bakar keramik Berpori Berbasis Clay dan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit,” *Prisma Fisika*, vol. 5, no. 2, 2017.
- [26] W. Hidayat, “Klasifikasi dan Sifat Material Teknik Serta Pengujian Material,” 2019.
- [27] A. B. D. M. D. Bisioni, M. S. Hamzah, and A. Sam, “Sifat Kuat Tekan Dan Impak Komposit Abu Sekam Padi/Alumina,” *Jurnal Mekanikal*, vol. 10, no. 1, 2019.
- [28] M. Martinez, “Sebuah Pemahaman Dasar Scanning Electron Microscopy (SEM) and Mikroskop Elektron (SEM) dan Energy Dispersive X-ray Detection (EDX).” 2010.
- [29] K. Warni and I. Dewata, “Penentuan Limbah Mikroplastik Polyethylene Terephthalate (PET) dengan Metoda Glikolisis dalam Air Laut di Kota

Padang,” *Jurnal Periodic Jurusan Kimia UNP*, vol. 10, no. 1, p. 21, Feb. 2021, doi: 10.24036/p.v10i1.109582.

- [30] W. J. Seo *et al.*, “Mechanical, morphological, and thermal properties of rigid polyurethane foams blown by distilled water,” *J Appl Polym Sci*, vol. 90, no. 1, pp. 12–21, 2003.