

**PENGARUH SURFAKTAN SILIKON DAN AQUADES TERHADAP
STRUKTUR, MORFOLOGI, DENSITAS, DAN KUAT TEKAN
BUSA POLIURETAN DENGAN PEMANFAATAN
MINYAK JARAK (*CASTOR OIL*)**

SKRIPSI

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



Oleh:

ALGI MUHDAR SYAHIDAN
3334190075

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

LEMBAR PENGESAHAN

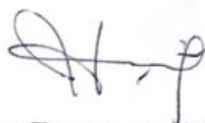
**PENGARUH SURFAKTAN SILIKON DAN AQUADES TERHADAP
STRUKTUR, MORFOLOGI, DENSITAS, DAN KUAT TEKAN
BUSA POLIURETAN DENGAN PEMANFAATAN
MINYAK JARAK (*CASTOR OIL*)**

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 SURFAKTAN SILIKON DAN AQUADES TERHADAP
STRUKTUR, MORFOLOGI, DENSITAS, DAN KUAT TEKAN
BUSA POLIURETAN DENGAN PEMANFAATAN
MINYAK JARAK (*CASTOR OIL*)**

SKRIPSI

Disusun dan diajukan oleh:

Algi Muhdar Syahidan

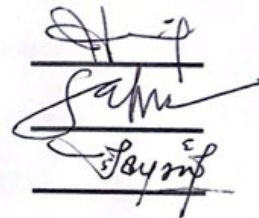
3334190075

Telah disidangkan di depan dewan penguji pada tanggal 20 Juli 2023

Susunan Dewan Penguji

Penguji I : Adhitva Trenggono, S.T., M.Sc
Penguji II : Dr. Satrio Herbirowo, S.T., M.T
Penguji III : Survana, S.T., M.Si

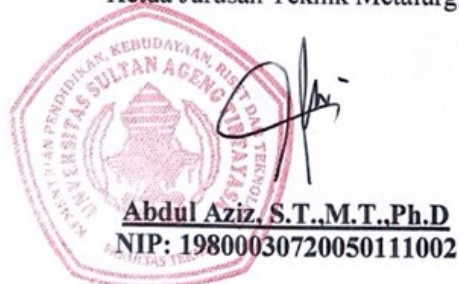
Tanda Tangan



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 SURFAKTAN SILIKON DAN AQUADES
TERHADAP STRUKTUR, MORFOLOGI, DENSITAS,
DAN KUAT TEKAN BUSA POLIURETAN DENGAN
PEMANFAATAN MINYAK JARAK (*CASTOR OIL*)

Nama Mahasiswa : Algi Muhdar Syahidan

NIM : 3334190075

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, 20 Juli 2023



ALGI MUHDAR SYAHIDAN
NIM. 3334190075

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk membuat *polyurethane foam* yang dibuat dengan memanfaatkan minyak jarak (*castor oil*) sebagai pengganti poliol. Proses pembuatan busa poliuretan dengan menggunakan *castor oil* sebagai poliol. Pada proses pembuatan busa poliuretan dilakukan dengan mereaksikan poliol dengan aquades, surfaktan silikon, dan MDI (*Methylene Diphenyl Diisocyanate*). Aquades berperan sebagai *blowing agent* yang berfungsi untuk mengembangkan busa, surfaktan silikon berperan sebagai surfaktan yang berfungsi untuk mengurangi tegangan permukaan serta untuk melarutkan aquades dengan MDI (*Methylene Diphenyl Diisocyanate*) berperan sebagai isosianat yang berfungsi sebagai agen penghubung yang mengikat poliol dan membentuk struktur jaringan polimer. Proses pembuatan busa poliuretan dilakukan dengan mereaksikan poliol dan isosianat berupa MDI dengan tambahan variasi komposisi aquades sebagai *blowing agent* sebesar 1%, 10%, dan 20% dan variasi komposisi surfaktan silikon sebagai surfaktan sebesar 2%, 10%, dan 18% dari berat poliol. Berdasarkan variasi yang telah dilakukan didapatkan 3 jenis busa poliuretan diantaranya *rigid*, *semi-rigid* dan *flexible* untuk mendapatkan busa *rigid* dapat menggunakan komposisi 1% aquades dan 18% surfaktan, busa *semi-rigid* didapatkan melalui komposisi 10% aquades dan 2% surfaktan, busa *flexible* didapatkan melalui komposisi 20% aquades dan 10% surfaktan. Hal ini dapat dilihat dari nilai kuat tekan serta nilai densitas yang didapat, busa poliuretan *rigid*, *semi-rigid*, dan *flexible* memiliki nilai kuat tekan secara berturut-turut sebesar 0,59 MPa, 0,21 MPa, dan 0,13 MPa serta nilai densitas dengan rata-rata dihasilkan secara berturut-turut sebesar 0,112617 gram/cm³, 0,055929 gram/cm³, dan 0,053263 gram/cm³

Kata Kunci: Busa Poliuretan, Minyak Jarak (*Castor Oil*), Kuat Tekan, Densitas

ABSTRACT

This research aims to make polyurethane foam made by using castor oil as a substitute for polyol. The process of making polyurethane foam using castor oil as a polyol. The process of making polyurethane foam is carried out by reacting polyol with distilled water, silicone surfactant, and MDI (Methylene Diphenyl Diisocyanate). Aquades acts as a blowing agent which functions to develop foam, silicone surfactant acts as a surfactant which functions to reduce surface tension and to dissolve distilled water with MDI (Methylene Diphenyl Diisocyanate) acting as an isocyanate which functions as a bridging agent which binds polyols and forms a polymer network structure. The process of making polyurethane foam is carried out by reacting polyol and isocyanate in the form of MDI with additional variations in the composition of distilled water as a blowing agent of 1%, 10%, and 20% and variations in the composition of silicone surfactant as a surfactant of 2%, 10%, and 18% of the weight of the polyol. . Based on the variations that have been carried out, 3 types of polyurethane foam are obtained including rigid, semi-rigid and flexible. To obtain rigid foam you can use a composition of 1% distilled water and 18% surfactant, semi-rigid foam is obtained using a composition of 10% distilled water and 2% surfactant, flexible foam obtained through a composition of 20% distilled water and 10% surfactant. This can be seen from the compressive strength values and density values obtained, rigid, semi-rigid and flexible polyurethane foams have compressive strength values of 0.59 MPa, 0.21 MPa and 0.13 MPa respectively and the values density with an average resulting respectively of 0.112617 gram/cm³, 0.055929 gram/cm³, and 0.053263 gram/cm³

Keywords: Polyurethane Foam, Castor Oil, Compressive Strength, Density

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, 20 Juli 2023

Algi Muhdar Syahidan

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 Tujuan Penelitian	5
1.3 Identifikasi Masalah	6
1.4 Batasan Masalah	6
1.5 Sistematika Penulisan	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 <i>Castor Oil</i>	8
2.2 <i>Polyurethane Foams</i>	13
2.2.1 <i>Flexible Foam</i>	15
2.2.2 <i>Rigid Foam</i>	18

2.3	Isosianat	23
2.4	<i>Blowing Agent</i>	25
2.5	Surfaktan Silikon	27
2.6	<i>Foaming</i>	29
2.6.1	<i>Mixing</i>	29
2.6.2	<i>Nucleation</i>	31
2.6.3	<i>Expansion</i>	33
2.6.4	<i>Curing</i>	36
2.7	Pengujian Tekan	38
2.8	Pengujian Densitas	40
2.9	Pengujian FTIR	42
2.10	Pengujian SEM	44

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Diagram Alir	47
3.2	Alat dan Bahan	48
3.2.1	Alat	48
3.2.2	Bahan	48
3.3	Prosedur Percobaan	49
3.3.1	Pembuatan PUF	49
3.3.2	Pengujian Densitas	49
3.3.3	Pengujian Tekan	50
3.3.4	Pengujian FITR	51
3.3.5	Pengujian SEM	52

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Proses Pembuatan Busa Poliuretan	54
4.2 Pengaruh Komposisi Aquades Terhadap Busa Poliuretan	57
4.2.1 Analisis Hasil Pengujian Kuat Tekan	61
4.2.2 Analisis Hasil Pengujian Densitas	68
4.3 Pengaruh Komposisi Surfaktan Terhadap Busa Poliuretan.....	71
4.3.1 Analisis Hasil Pengujian Kuat Tekan	73
4.3.2 Analisis Hasil Pengujian Densitas	80

BAB V KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan.....	85
5.2 Saran	87

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

LAMPIRAN A. Contoh Perhitungan	94
LAMPIRAN B. Data Penelitian.....	103
LAMPIRAN C. Gambar Alat & Bahan.....	111

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 2.1 Sifat Fisik dan Kimia <i>Castor Oil</i>	9
Tabel 2.2 Klasifikasi <i>Polyurethane Foams</i>	14
Tabel 2.3 Data Teknis <i>Sealant</i>	16
Tabel 2.4 Sifat Mekanik dari <i>Flexible PUF</i>	17
Tabel 2.5 Data Teknis <i>Insulated PUF Rigid</i>	20
Tabel 4.1 Komposisi Bahan Yang Digunakan	57
Tabel 4.2 Hasil Busa Poliuretan dengan Variasi Komposisi Aquades	59
Tabel 4.3 Data Hasil Standar Deviasi Pengujian Densitas	60
Tabel 4.4 Hasil Busa Poliuretan dengan Variasi Komposisi Aquades	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1 Monomer Minyak Jarak (<i>Castor Oil</i>).....	11
Gambar 2.2 Struktur Kimia <i>Castor Oil</i> dan Asam <i>Ricinoleat</i>	12
Gambar 2.3 Struktur Sel (a) Terbuka (b) Tertutup	20
Gambar 2.4 Poliuretan <i>Foam</i> Minyak Jarak (<i>Castor Oil</i>).....	22
Gambar 2.5 Struktur Kimia TDI	24
Gambar 2.6 Struktur Kimia MDI	24
Gambar 2.7 Reaksi Antara Isosianat Dengan Air	25
Gambar 2.8 Struktur Kimia Surfaktan Silikon.....	28
Gambar 2.9 Gelembung Udara Pada Proses <i>Nucleation</i>	33
Gambar 2.10 Proses <i>Expansion</i>	34
Gambar 2.11 Proses <i>Curing</i>	36
Gambar 2.12 Pengujian Tekan.....	40
Gambar 2.13 Pengujian Densitas	42
Gambar 2.14 Pengujian FTIR	44
Gambar 2.15 Pengujian SEM.....	46
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	48
Gambar 4.1 Grafik <i>Stress-Strain</i> Variasi Komposisi Aquades 1%, 10%, dan 20% dengan Komposisi Surfaktan 2%	63
Gambar 4.2 Grafik <i>Stress-Strain</i> Variasi Komposisi Aquades 1%, 10%, dan 20% dengan Komposisi Surfaktan 10%	65

Gambar 4.3 Grafik <i>Stress-Strain</i> Variasi Komposisi Aquades 1%, 10%, dan 20% dengan Komposisi Surfaktan 18%	67
Gambar 4.4 Pengaruh Penambahan Variasi Komposisi Aquades Terhadap Densitas Busa Poliuretan	70
Gambar 4.5 Grafik <i>Stress-Strain</i> Variasi Komposisi Surfaktan 2%, 10%, dan 18% Dengan Komposisi Aquades 1%	75
Gambar 4.6 Grafik <i>Stress-Strain</i> Variasi Komposisi Surfaktan 2%, 10%, dan 18% Dengan Komposisi Aquades 10%	77
Gambar 4.7 Grafik <i>Stress-Strain</i> Variasi Komposisi Surfaktan 2%, 10%, dan 18% Dengan Komposisi Aquades 20%	79
Gambar 4.8 Pengaruh Penambahan Variasi Komposisi Surfaktan Terhadap Densitas Busa Poliuretan.....	82
Gambar B.1 Sampel 1% 2%.....	104
Gambar B.2 Sampel 1% 2% setelah dipotong	104
Gambar B.3 Sampel 1% 10%.....	104
Gambar B.4 Sampel 1% 10% setelah dipotong	104
Gambar B.5 Sampel 1% 18%.....	105
Gambar B.6 Sampel 1% 18% setelah dipotong	105
Gambar B.7 Sampel 10% 2%.....	105
Gambar B.8 Sampel 10% 2% setelah dipotong	105
Gambar B.9 Sampel 10% 10%.....	106
Gambar B.10 Sampel 10% 10% setelah dipotong	106
Gambar B.11 Sampel 10% 18%	106

Gambar B.12 Sampel 10% 18% setelah dipotong	106
Gambar B.13 Sampel 20% 2%	107
Gambar B.14 Sampel 20% 2% setelah dipotong	107
Gambar B.15 Sampel 20% 10%	107
Gambar B.16 Sampel 20% 10% setelah dipotong	107
Gambar B.17 Sampel 20% 18%	108
Gambar B.18 Sampel 20% 18% setelah dipotong	108
Gambar B.19 Data Uji Densitas	109
Gambar B.20 Data Uji Tekan.....	110
Gambar C.1 Cetakan	112
Gambar C.2 <i>Cutter</i>	112
Gambar C.3 Gunting	112
Gambar C.4 Gelas Beker.....	112
Gambar C.5 Mata Gergaji	112
Gambar C.6 Pipet Tetes	112
Gambar C.7 Plastik Sampel	113
Gambar C.8 Spatula <i>Metal</i>	113
Gambar C.9 Alat Pengujian Kuat Tekan	113
Gambar C.10 Alat Pengujian Densitas.....	113
Gambar C.11 Timbangan Digital	113
Gambar C.12 Aquades	114
Gambar C.13 MDI	114
Gambar C.14 Minyak Jarak (<i>Castor Oil</i>).....	114

Gambar C.15 Surfaktan Silikon114

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Minyak nabati yang diekstraksi dari biji tanaman jarak atau yang sering disebut sebagai *castor oil* merupakan bahan penting dalam kehidupan sehari-hari. *Castor oil* digunakan dalam berbagai aspek kehidupan manusia karena memiliki karakteristik yang sangat baik, seperti ringan, tahan air, tahan karat, isolasi panas dan listrik serta terjangkau. Berkat sifat-sifat yang sangat baik tersebut, produksi *castor oil* global meningkat menjadi 1,7 juta ton per tahun [1]. Peningkatan volume produksi berkaitan langsung dengan peningkatan konsumsi. *Castor oil* yang paling banyak dikonsumsi adalah yang digunakan dalam produksi busa poliuretan, yang menyumbang sekitar 40% dari konsumsi *castor oil* dunia. Limbah *castor oil* dapat didaur ulang dan diolah melalui berbagai metode, seperti glikolisis, metanolisis, hidrolisis, ammonolisis, dan aminolisis, untuk menghasilkan berbagai produk yang berharga. Limbah *castor oil* dapat diolah secara ramah lingkungan dan berkontribusi pada pengurangan ketergantungan pada bahan bakar fosil [2].

Castor oil merupakan bahan baku alami yang dapat digunakan sebagai pengganti polioliol yang biasanya berasal dari minyak bumi dalam produksi busa poliuretan (PUF). Pemanfaatan *castor oil* sebagai bahan baku busa PUF ini memiliki beberapa keuntungan, antara lain sumbernya yang terbarukan dan ramah lingkungan serta memiliki sifat mekanik yang baik pada busa PUF yang

dihasilkan [2]. Penelitian sebelumnya juga telah menunjukkan bahwa pemanfaatan *castor oil* dalam produksi busa PUF dapat memberikan hasil yang baik. Misalnya, penelitian yang dilakukan oleh (Seo, et al., 2014) [3] menunjukkan bahwa penggunaan *castor oil* dalam produksi busa PUF dapat meningkatkan sifat mekanik busa, seperti kuat tekan dan ketahanan aus. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh (Singh, et al., 2020) [4] juga menunjukkan bahwa pemanfaatan campuran *castor oil* dan polioliol dari minyak bumi dapat menghasilkan busa PUF yang memiliki sifat yang lebih baik dibandingkan dengan busa PUF yang hanya menggunakan polioliol dari minyak bumi. Dengan demikian, penggunaan *castor oil* sebagai bahan baku alternatif dalam produksi busa PUF memiliki potensi untuk mengurangi ketergantungan pada minyak bumi serta memberikan manfaat lingkungan dan ekonomi yang positif.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Lee, et al., 2021) [5] mengenai penggunaan *castor oil* sebagai bahan pembuatan poliuretan *foam* memiliki beberapa kelebihan yang signifikan. Salah satu kelebihannya adalah *castor oil* merupakan alternatif yang ramah lingkungan, karena bahan ini berasal dari biji tanaman jarak yang merupakan sumber alami. Dalam penelitian tersebut, *castor oil* digunakan sebagai pengganti sebagian atau seluruhnya dari polioliol konvensional yang umumnya berasal dari sumber minyak bumi. Penggunaan *castor oil* sebagai bahan baku poliuretan *foam* memberikan manfaat lingkungan dengan mengurangi ketergantungan pada sumber daya fosil dan juga mengurangi jejak karbon. Selain manfaat lingkungan, penelitian ini juga menunjukkan bahwa penggunaan *castor oil* dalam formulasi poliuretan *foam* dapat meningkatkan sifat

mekanis *foam*. Kelebihan ini terlihat pada peningkatan kekuatan tekan dan modulus elastisitas *foam*. Dengan kata lain, *foam* yang menggunakan *castor oil* memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap tekanan dan deformasi, sehingga sangat cocok digunakan pada aplikasi yang membutuhkan kekuatan mekanis yang tinggi. Stabilitas yang baik juga menjadi salah satu hasil penelitian ini. Poliuretan *foam* yang menggunakan *castor oil* menunjukkan stabilitas yang baik, yang sangat penting dalam aplikasi di mana *foam* akan terpapar suhu tinggi atau perubahan suhu yang signifikan. Stabilitas yang baik memastikan bahwa *foam* tetap menjaga kinerjanya dengan konsisten dan tidak mengalami degradasi yang signifikan. Selain itu, penggunaan *castor oil* dalam poliuretan *foam* juga dapat menghasilkan *foam* dengan densitas yang lebih rendah dibandingkan dengan *foam* yang menggunakan polioli konvensional. Pengurangan densitas ini bermanfaat dalam aplikasi di mana kebutuhan akan bobot yang ringan diperlukan, seperti pada industri otomotif atau penggunaan material yang lebih ringan secara umum. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan *castor oil* sebagai bahan pembuatan poliuretan *foam* memiliki beberapa kelebihan, termasuk manfaat lingkungan, peningkatan sifat mekanis *foam*, stabilitas yang baik, dan pengurangan densitas. Hal ini membuat *castor oil* menjadi alternatif yang menarik dan lebih ramah lingkungan dalam industri pembuatan poliuretan *foam*.

Pada pembuatan poliuretan, rasio molar antara *castor oil* dan larutan glikol yang digunakan dapat bervariasi tergantung pada sifat dan aplikasi akhir dari produk poliuretan tersebut. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penambahan *castor oil* dapat meningkatkan kekuatan tekan dan stabilitas poliuretan, sementara

penambahan larutan glikol dapat meningkatkan elastisitas dan sifat mekaniknya. Dalam penelitian lain oleh (Ionescu, et al., 2016) [6] rasio molar antara *castor oil* dan MDI dalam pembuatan poliuretan dipelajari untuk meningkatkan sifat mekanik dan poliuretan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rasio molar terbaik adalah 1:1, 1:1,6, 1:2 yang menghasilkan poliuretan dengan sifat mekanik dan yang paling optimal.

Polyurethane adalah polimer dari gugus fungsi uretan (-NHCOO) yang ditemukan oleh Otto Bayer. Poliuretan ini dapat digunakan sebagai busa yang dikenal dengan busa poliuretan. Busa poliuretan merupakan salah satu polimer busa rekayasa yang banyak digunakan dalam industri dan telah menjadi produk komersial. Saat ini, PUF banyak digunakan sebagai bahan insulasi, insulasi listrik, sealant, busa di industri otomotif, dll [7]. Pembuatan PUF biasanya menggunakan polioliol yang terbuat dari minyak bumi, yang dapat menyebabkan masalah lingkungan seperti semakin menipisnya sumber energi tak terbarukan [7]. Oleh karena itu, untuk mengurangi masalah lingkungan dengan mengurangi limbah lingkungan, salah satu alternatif bahan baku yang dapat digunakan adalah minyak jarak (*castor oil*). *Castor oil* mengandung asam ricinoleat, suatu jenis asam lemak tak jenuh tunggal dengan rantai panjang yang jarang ditemukan pada minyak nabati lainnya. Asam ricinoleat memberikan sifat viskositas dan stabilitas pada minyak jarak (*castor oil*). Penggunaan *castor oil* dalam produksi busa poliuretan dapat meningkatkan kekuatan tarik, kekuatan tekan, dan keuletan PUF sehingga membuatnya cocok untuk digunakan dalam pembuatan PUF. Penggunaan *castor oil* dalam produksi busa poliuretan dapat meningkatkan sifat

mekanik dan dari busa poliuretan, serta mengurangi penggunaan bahan kimia yang berbahaya bagi lingkungan dan Kesehatan [8].

Pada pembuatan *polyurethane foam* terdapat bahan baku penting diantaranya isosianat (MDI), *blowing agent*, dan surfaktan. Pada umumnya *blowing agent* yang digunakan ialah *hydrochlorofluorocarbon* (HCFC), dan *clorofluorocarbon* (CFC), akan tetapi bahan tersebut sudah tidak digunakan lagi karena menghasilkan polusi, sementara itu penelitian yang dilakukan oleh (Choe, et al., 2004) [9] telah mengembangkan *blowing agent* dengan menggunakan air yang lebih ramah lingkungan. Formulasi masing-masing bahan dapat mempengaruhi hasil akhir dari busa, sehingga dalam penelitian ini dilakukan variasi komposisi aquades dan surfaktan silikon untuk melihat pengaruhnya terhadap *polyurethane foam* yang dihasilkan.

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Mengetahui proses pembuatan *polyurethane foam* dengan memanfaatkan *castor oil* sebagai bahan utama.
2. Mengetahui pengaruh variasi komposisi aquades terhadap *polyurethane foam* yang dihasilkan.
3. Mengetahui pengaruh variasi komposisi surfaktan silikon terhadap *polyurethane foam* yang dihasilkan.

1.3 Identifikasi Masalah

Berikut ini adalah rumusan masalah yang akan dijadikan bahasan:

1. Bagaimana pembuatan *polyurethane foam* menggunakan *castor oil*?
2. Bagaimana pengaruh komposisi aquades terhadap karakteristik *polyurethane foam* yang dihasilkan?
3. Bagaimana pengaruh komposisi surfaktan silikon terhadap *polyurethane foam* yang dihasilkan?

1.4 Batasan Masalah

Terdapat beberapa batasan masalah yang didapat pada penelitian ini.

Batasan tersebut antara lain sebagai berikut:

1. Minyak jarak (*castor oil*) digunakan sebagai bahan baku busa poliuretan.
2. Preparasi dan pembuatan busa poliuretan dilakukan di laboratorium Material Fungsional FT Untirta.
3. Pengujian tekan ASTM DI621 dilakukan di PT. Dirgantara Indonesia Bandung.
4. Pengujian densitas ASTM D1622 dengan *Analytical Balance AS 220.R2* dilakukan BRIN Polimer Serpong.
5. Pembuatan busa poliuretan dilakukan dengan memvariasikan konsentrasi aquades 1%, 10%, 20%, dan memvariasikan konsentrasi surfaktan 2%, 10%, 18%.

6. Parameter penelitian berupa nilai kuat tekan, densitas, ukuran pori, dan struktur kimia busa

1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini dibagi menjadi lima bab yang dilengkapi dengan daftar pustaka serta lampiran pendukung. Bab I menjelaskan mengenai latar belakang, identifikasi masalah, tujuan, batasan masalah, dan sistematika penulisan laporan penelitian. Bab II menjelaskan mengenai dasar fundamental teori yang mendukung penelitian ini sebagai acuan dalam analisis dan pengolahan data serta pembahasan. Bab III menjelaskan mengenai metode yang dilakukan dalam melaksanakan penelitian ini, prosedur, dan diagram alir. Bab IV menjelaskan mengenai hasil yang didapat dari penelitian serta analisis lanjut terkait data yang didapatkan. Bab V 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 merupakan beberapa data sekunder pendukung dalam penelitian dan penulisan laporan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yeboah, A., Ying, S., Lu, J., Xie, Y., Amoanimaa-Dede, H., Boateng, K. G. A., & Yin, X., "Castor oil (*Ricinus communis*): a review on the chemical composition and physicochemical properties," *Food Science and Technology*, vol. 41, pp. 399-413., 2020.
- [2] Carriço, C. S., Fraga, T., & Pasa, V. M., "Production And Characterization Of Polyurethane Foams From A Simple Mixture Of Castor Oil, Crude Glycerol And Untreated Lignin As Bio-Based Polyols.," *European Polymer Journal*, vol. 85, pp. 53–61, 2016.
- [3] Seo, W. J., Park, J. H., Sung, Y. T., Hwang, D. H., Kim, W. N., & Lee, H. S., "Properties of water-blown rigid polyurethane foams with reactivity of raw materials.," *Journal of Applied Polymer Science*, vol. 93, no. 5, pp. 2334–2342, 2004.
- [4] Singh, I., Samal, S. K., Mohanty, S., & Nayak, S. K., "Recent advancement in plant oil derived polyol-based polyurethane foam for future perspective: a review," *European Journal of Lipid Science and Technology*, vol. 122, no. 3, p. 1900225, 2020.
- [5] Lee, J. H., Kim, S. H., & Oh, K. W., "Bio-based polyurethane foams with castor oil based multifunctional polyols for improved compressive properties," *Polymers*, vol. 13, no. 4, p. 576, 2021.
- [6] Ionescu, M., Radojčić, D., Wan, X., Shrestha, M. L., Petrović, Z. S., & Upshaw, T. A. ., "Highly functional polyols from castor oil for rigid polyurethanes," *European Polymer Journal*, vol. 84, pp. 736–749, 2016.
- [7] Liao, Y. H., Su, Y. L., & Chen, Y. C., "The influence of neem oil and its glyceride on the structure and characterization of castor oil-based polyurethane foam," *Polymers*, vol. 13, no. 12, p. 2020, 2021.
- [8] Zhang, L., Zhang, M., Hu, L., & Zhou, Y. ., "Synthesis of rigid polyurethane foams with castor oil-based flame retardant polyols," *Industrial Crops and Products*, vol. 52, pp. 380–388, 2014.
- [9] Choe, K. H., Lee, D. S., Seo, W. J., & Kim, W. N. ., "Properties of rigid polyurethane foams with blowing agents and catalysts," *Polymer Journal*, vol. 5, no. 36, pp. 368–373, 2004.
- [10] Gurgel, D., Bresolin, D., Sayer, C., Cardozo Filho, L., & de Araújo, P. H. H., "Flexible Polyurethane Foams Produced From Industrial Residues And Castor Oil," *Industrial Crops and Products*, vol. 164, p. 113377, 2021.

- [11] Patel, V. R., Dumancas, G. G., Viswanath, L. C. K., Maples, R., & Subong, B. J. J. ., “Castor oil: properties, uses, and optimization of processing parameters in commercial production,” *Lipid Insights*, vol. 9, p. LPI-S40233, 2016.
- [12] Yusuf, A. K., Mamza, P. A. P., Ahmed, A. S., & Agunwa, U., “Physico-mechanical properties of rigid polyurethane foams synthesized from modified castor oil polyols,” *International Journal of Scientific and Research Publications*, vol. 67, pp. 548–556, 2016.
- [13] Wang, H. J., Rong, M. Z., Zhang, M. Q., Hu, J., Chen, H. W., & Czigány, T., “Biodegradable foam plastics based on castor oil,” *Biomacromolecules*, vol. 9, no. 2, pp. 615–623, 2008.
- [14] Li, Q. F., Feng, Y. L., Wang, J. W., Yin, N., Zhao, Y. H., Kang, M. Q., & Wang, X. W., “Preparation and properties of rigid polyurethane foam based on modified castor oil,” *Plastics, Rubber and Composites*, vol. 45, no. 1, pp. 16–21, 2016.
- [15] Mutlu, H., & Meier, M. A., “Castor oil as a renewable resource for the chemical industry,” *European Journal of Lipid Science and Technology*, vol. 112, no. 1, pp. 10–30, 2010.
- [16] Nekhavhambe, E., Mukaya, H. E., & Nkazi, D. B., “Development of castor oil-based polymers: A review,” *Journal of Advanced Manufacturing and Processing*, vol. 1, no. 4, Art. no. e10030, 2019.
- [17] K. Ashida, *Polyurethane and Related Foams*. CRC Press, 2006. [Online]. Available:http://books.google.ie/books?id=okvLBQAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Ashida,+K.,+2007.+Polyurethane+And+Related+Foams.+London:+CRC+Press.&hl=&cd=1&source=gbs_api [Accessed 18 Mei 2023].
- [18] Lumcharoen, D. & Saravar, O., “Preparation And Characterization Of Flexible Polyurethane Foams From Palm Oil-Based Polyol,” *Trans Tech Publications*, vol. 911, pp. 352–356, 2014.
- [19] Grünbauer, H. J. M. et al., 2021. RIGID POLYURETHANE FOAMS. [Online] Availableat:https://www.researchgate.net/publication/300443114_Rigid_Polyurethane_Foams [Accessed 18 Mei 2023].
- [20] Svarn, 2010. Polyurethane Foam Slab Manufacturers in Delhi. [Online] Available at:<https://www.justdial.com/Delhi/Polyurethane-Foam-Slab-Manufacturers/nct11737277> [Accessed 18 Mei 2023].

- [21] Carriço, C. S., Fraga, T., Carvalho, V. E., & Pasa, V. M., “Polyurethane Foams For Thermal Insulation Uses Produced From Castor Oil And Crude Glycerol Biopolyols,” *Molecules*, vol. 22, no. 7, p. 1091, 2017.
- [22] Kim, R. Y., *Blowing Agent Introduction Systems and Methods*. Wilmington, Patent No. 20070141188. 2002.
- [23] Triwulandari, Astrini, N. & Haryono, A., Pembuatan Polioliol Berbasis Komponen Minyak Sawit Sebagai Bahan Baku Busa Poliuretana. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, vol. 16, Pp. 43-48. 2014.
- [24] Singh, H., Sharma, T. P., & Jain, A. K., “Reactivity of the raw materials and their effects on the structure and properties of rigid polyurethane foams,” *Journal of Applied Polymer Science*, vol. 106, no. 2, pp. 1014–1023, 2007.
- [25] Prociak, A., Kurańska, M., Cabulis, U., Ryszkowska, J., Leszczyńska, M., Uram, K., & Kirpluks, M., “Effect of bio-polyols with different chemical structures on foaming of polyurethane systems and foam properties,” *Industrial Crops and Products*, vol. 120, pp. 262–272, 2018.
- [26] Yuan, J., & Shi, S. Q., “Effect of the addition of wood flours on the properties of rigid polyurethane foam,” *Journal of Applied Polymer Science*, vol. 113, no. 5, pp. 2902–2909, 2009.
- [27] Liu, K., Huang, M., Wang, F., Liang, W., & Zhang, H., “Quantitative Analysis of Mechanical Strength of Three-Phase Rigid Polyurethane Foam Composites Immersed with Water,” *Journal of Materials in Civil Engineering*, vol. 35, no. 2, p. 04022423, 2023.
- [28] C. Defonseka, *Practical Guide to Flexible Polyurethane Foams*. Smithers Rapra Technology, 2013. [Online]. Available: http://books.google.ie/books?id=wh4ImwEACAAJ&dq=Defonseka,+C.,+2013.+Practical+Guide+To+Flexible+Polyurethane+Foams.+1st+Ed.+Shawbury:+Smithers+Rapra+Technology+Ltd.&hl=&cd=2&source=gbs_api [Accessed 18 Mei 2023].
- [29] Supriningsih, D., *Pembuatan Metil Ester Sulfonat (MES) sebagai Surfaktan untuk Enhanced Oil Recovery (EOR)*, Jakarta: Universitas Indonesia. 2010.
- [30] Xiangming, H. et al., “Effects of surfactants on the mechanical properties, microstructure, and flame resistance of phenol–urea–formaldehyde foam,” *Polymer Bulletin*, vol. 1, no. 73, pp. 1–20, 2015.
- [31] Lim, H. S. H. K., Kim, S. H., & Kim, B. K., “Effects of silicon surfactant in rigid polyurethane foams,” *Express Polym*, vol. 2, no. 3, pp. 194–200, 2008.

- [32] Han, M. S., Choi, S. J., Kim, J. M., Kim, Y. H., Kim, W. N., Lee, H. S., & Sung, J. Y. ., “Effects of silicone surfactant on the cell size and thermal conductivity of rigid polyurethane foams by environmentally friendly blowing agents,” *Macromolecular Research*, vol. 17, pp. 44–50, 2009.
- [33] ASTM, Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Cellular Plastics. 2023.[Online] Available at: <https://www.astm.org/d1621-16.html> [Accessed 4 July 2023].
- [34] Linul, E., Marsavina, L., Voiconi, T., & Sadowski, T. Study of factors influencing the mechanical properties of polyurethane foams under dynamic compression. In *Journal of Physics: Conference Series*. vol. 451, no. 1, p. 012002). IOP Publishing. 2013, July.
- [35] ASTM, Standard Test Method for Apparent Density of Rigid Cellular Plastics. 2020. [Online] Available at: <https://www.astm.org/d1622-20.html> [Accessed 4 July 2023].
- [36] Bocz, K., Ronkay, F., Molnár, B., Vadas, D., Gyürkés, M., Gere, D., ... & Czigany, T., “Recycled PET foaming: Supercritical carbon dioxide assisted extrusion with real-time quality monitoring,” *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*, vol. 4, no. 3, pp. 178–186, 2021.
- [37] ASTM, Standard Practice for General Techniques for Obtaining Infrared Spectra for Qualitative Analysis. 2021. [Online] Available at: <https://www.astm.org/e1252-98r21.html> [Accessed 4 July 2023].
- [38] Wang, Z., Li, J., & Zhang, M. FTIR Analysis Of The Isocyanate Reaction *Mechanisms In Polyurethane Foam Formation*. *Journal of Applied Polymer Science*, vol. 132, no. 12, p. 41697. 2015.
- [39] ASTM, Standard Practice for Scanning Electron Microscope Beam Size Characterization. 2017. [Online] Available at: <https://www.astm.org/e0986-04r17.html> [Accessed 4 July 2023].
- [40] Zhang, J., Liu, X., Song, Y., Li, J., & Li, D. *Morphology And Mechanical Properties Of Polyurethane Foams: Effects of foam density and isocyanate index*. *Materials*, vol. 11, no. 2, p. 254. 2018.
- [41] Lee, Y. J., Park, C. K., & Kim, S. H. Fabrication of castor-oil/polycaprolactone based bio-polyurethane foam reinforced with nanocellulose. *Polymer Composites*, vol. 39, no. 6, pp. 2004-2011. 2018.
- [42] Seo, W. J., Jung, H. C., Hyun, J. C., Kim, W. N., Lee, Y. B., Choe, K. H., & Kim, S. B. Mechanical, morphological, and thermal properties of rigid

polyurethane foams blown by distilled water. *Journal of Applied Polymer Science*, vol. 90, no. 1, pp. 12-21. 2003.

- [43] Jiulong Xie, Xianglin Zhai. 2015. Polyols from Microwave Liquefied Bagasse and Its Application to Rigid Polyurethane Foam. *Materials*, vol. 8, pp. 8496–8509. 2015.
- [44] Kaur, R., & Kumar, M. Function of silicon oil in the castor oil based rigid polyurethane foams. *Journal of Polymer Engineering*, vol. 33, no. 9, pp. 875-880. 2013.
- [45] Dhaliwal, G. S., Anandan, S., Bose, M., Chandrashekhara, K., & Nam, P. Effects Of Surfactants On Mechanical And Thermal Properties Of Soy-Based Polyurethane Foams. *Journal of Cellular Plastics*, vol. 56, no. 6, pp. 611-629. 2020.