

No. Dok: 6060
Copy - 1

17
665
Har
P

**PEMISAHAN HTPB (*HIDROXYL TERMINATED
POLYBUTADIENE*) MENGGUNAKAN CPSF (*CONTINUOUS
POLYMER SPRAYER FRACTIONATION*) SEBAGAI BAHAN
FUEL BINDER PROPELAN**

**DI PUSAT TEKNOLOGI ROKET – LAPAN
(Januari 2020 – Maret 2020)**

TUGAS AKHIR

Oleh
DICKY HARTANTO
NIM: 1516044



DATA BUKU PERPUSTAKAAN	
Tgl Terima	16 / 4 / 2022
No Induk Buku	181 / Har / SB / HA / 22

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER
POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I
2020**

SUMBANGAN ALUMNI

**PEMISAHAN HTPB (*HIDROXYL TERMINATED
POLYBUTADIENE*) MENGGUNAKAN CPSF (*CONTINUOUS
POLYMER SPRAYER FRACTIONATION*) SEBAGAI BAHAN
FUEL BINDER PROPELAN**

**DI PUSAT TEKNOLOGI ROKET – LAPAN
(Januari 2020 – Maret 2020)**

TUGAS AKHIR

**Karya tulis sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Bidang Teknik dari
Politeknik STMI Jakarta**

**Oleh
DICKY HARTANTO
NIM: 1516044**



**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER
POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I
2020**

ABSTRAK

PEMISAHAN HTPB (*HIDROXYL TERMINATED POLYBUTADIENE*) MENGGUNAKAN CPSF (*CONTINUOUS POLYMER SPRAYER FRACTIONATION*) SEBAGAI BAHAN *FUEL BINDER* PROPELAN

Oleh

Dicky Hartanto

NIM: 1516044

(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Polibutadiena dengan gugus hidroksil yang terikat pada kedua ujungnya disebut *HidroxyL Terminated Polybutadiene* (HTPB). Salah satu permasalahan HTPB untuk *fuel binder* propelan adalah masih rendahnya persentase berat isomer cis (0 sampai 9%), sedangkan yang diinginkan dalam *fuel binder* propelan adalah 10%. Untuk memperoleh HTPB yang diinginkan diperlukan suatu metode pemisahan HTPB berdasarkan massanya dengan menggunakan metode *Continuous Polymer Sprayer Fractionation* (CPSF). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi pelarut dan waktu pengambilan sampel terhadap densitas, rendemen dan persentase berat isomer HTPB. HTPB yang diperoleh, selanjutnya dianalisis kesesuaiannya untuk digunakan sebagai *fuel binder* propelan. HTPB sebanyak 94 mL dilarutkan bersama pelarut dengan variasi komposisi pelarut yaitu P₁ dengan komposisi 80% THF + 0% etanol, P₂ dengan komposisi 72% THF + 8% etanol, P₃ dengan komposisi 64% THF + 16% etanol serta P₄ dengan komposisi 56% THF + 24% etanol. Volume sampel diambil sebanyak 20 mL dari proses pemisahan memiliki variasi waktu pengambilan sampel yaitu t₁ selama 1 jam, t₂ selama 2 jam, t₃ selama 3 jam serta t₄ selama 4 jam. setiap sampel memiliki variasi aliran debit Q₁ dan Q₂, dengan keran fraksi atas 0,0550 mL/s dan keran fraksi bawah 0,1100 mL/s, sedangkan aliran debit Q₂ dengan keran fraksi atas 0,0550 mL/s dan fraksi bawah 0,2200 mL/s. Hasil dari setiap sampel dilakukan analisis pengujian densitas menggunakan piknometer, analisis rendemen, dan analisis gugus fungsi menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR). Hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi komposisi pelarut P₄ dengan waktu pengambilan sampel t₄ pada aliran debit Q₂ mendapatkan hasil pemisahan yang optimal, karena menghasilkan densitas 0,8405 g/mL, persentase berat isomer cis 15,0401% dan persentase berat isomer trans 27,1782% sehingga memenuhi syarat sebagai *fuel binder* propelan roket.

Kata kunci: *HTPB, Fuel Binder, Pemisahan, CPSF*

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**PEMISAHAN HTPB (*HIDROXYL TERMINATED
POLYBUTADIENE*) MENGGUNAKAN CPSF (*CONTINUOUS
POLYMER SPRAYER FRACTIONATION*) SEBAGAI BAHAN
FUEL BINDER PROPELAN**

Dicky Hartanto
NIM: 1516044
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Politeknik STMI Jakarta

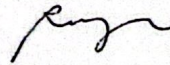
Jakarta, Mei 2020

Menyetujui,
Ketua Program Studi
Teknik Kimia Polimer

Dosen Pembimbing



Fitria Ika Aryanti, S.T., M.Eng.
NIP. 198505112014022001



Ir. Roosmariharso, MBA.
NIDK.8873590019

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING PENELITIAN

DI PUSAT TEKNOLOGI ROKET – LAPAN

**PEMISAHAN HTPB (*HIDROXYL TERMINATED
POLYBUTADIENE*) MENGGUNAKAN CPSF (*CONTINUOUS
POLYMER SPRAYER FRACTIONATION*) SEBAGAI BAHAN
FUEL BINDER PROPELAN**

Dicky Hartanto
NIM: 1516044
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Politeknik STMI Jakarta

Jakarta, 22 Juni 2020
Pembimbing Penelitian
Pusat Teknologi Roket – LAPAN



Prof. Dr. Heri Budi Wibowo, M.T.
NIP. 196906121992031002

**HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR TUGAS
AKHIR**

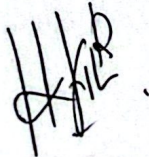
**PEMISAHAN HTPB (*HIDROXYL TERMINATED
POLYBUTADIENE*) MENGGUNAKAN CPSF (*CONTINUOUS
POLYMER SPRAYER FRACTIONATION*) SEBAGAI BAHAN
FUEL BINDER PROPELAN**

Dicky Hartanto
NIM: 1516044
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

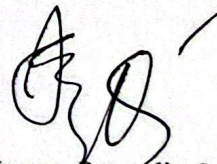
Politeknik STMI Jakarta

Jakarta, 15 Mei 2020
Penguji II

Penguji I

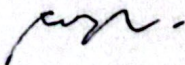


Fitria Ika Aryanti, S.T, M.Eng.
NIP.198505112014022001



Ir. Untung Prayudie, MTA.
NIP.196102081991031001

Dosen Pembimbing



Ir. Roosmariharso, MBA.
NIDK.8873590019

HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG AKHIR

**PEMISAHAN HTPB (*HIDROXYL TERMINATED
POLYBUTADIENE*) MENGGUNAKAN CPSF (*CONTINUOUS
POLYMER SPRAYER FRACTIONATION*) SEBAGAI BAHAN
FUEL BINDER PROPELAN**

Dicky Hartanto
NIM: 1516044
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

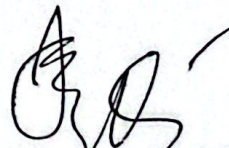
Politeknik STMI Jakarta

Jakarta, 04 Juni 2020
Penguji II

Penguji I



Fitria Ika Aryanti, S.T., M.Eng.
NIP.198505112014022001



Ir. Untung Prayudie, MTA.
NIP.196102081991031001

Penguji III



Ir. Rochmi Widjajanti, M.Eng.
NIP.195609101984032002

Dosen Pembimbing



Ir. Roosmariharso, MBA.
NIDK.8873590019

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Saya mahasiswa Program Studi Teknik Kimia Polimer, Politeknik STMI Jakarta,
Kementerian Perindustrian Republik Indonesia:

Nama : Dicky Hartanto
NIM : 1516044
Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir yang saya buat dengan judul Pemisahan HTPB (*Hidroxy Terminated Polybutadiene*) Menggunakan CPSF (*Continuous Polymer Sprayer Fractionation*) Sebagai Bahan *Fuel Binder* Propelan.

- Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing dan pembimbing penelitian, melalui tanya jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada tugas akhir ini.
- Bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu digunakan referensi pendukung untuk melengkapi informasi dan sumber informasi dengan dicantumkan melalui referensi yang semestinya.
- Bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada tugas akhir ini.

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah saya nyatakan seperti apa yang di atas, maka tugas akhir saya ini dibatalkan.

Jakarta, Mei 2020



Dicky Hartanto

KATA PENGANTAR

Puji syukur Allah SWT, karena atas limpahan rahmat dan karunia-Nya penyusun dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Pemisahan HTPB (*Hidroxy Terminated Polybutadiene*) Menggunakan CPSF (*Continuous Polymer Sprayer Fractionation*) Sebagai Bahan *Fuel Binder* Propelan”. Penyusunan laporan ini merupakan salah satu syarat pelaksanaan tugas akhir Program Studi Teknik Kimia Polimer, Politeknik STMI Jakarta. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Insulasi Termal dan HTPB Pusat Teknologi Roket – LAPAN pada 06 Januari 2020 sampai 31 Maret 2020.

Penyusun menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan laporan tugas akhir ini sangatlah sulit bagi penyusun untuk menyelesaikannya. Oleh karena itu, penyusun mengucapkan terimakasih kepada:

1. Orang tua penyusun, yang selalu mendoakan dan mendukung.
2. Dr. Mustofa, S.T., M.T., selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta.
3. Fitria Ika Aryanti, S.T., M.Eng., selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta.
4. Ir. Roosmariharso, MBA., selaku selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
5. Prof. Heri Budi Wibowo, MT., selaku pembimbing penelitian di Laboratorium Insulasi Termal dan HTPB Pusat Teknologi Roket – LAPAN.

Akhir kata, penyusun mengharapkan agar Laporan Tugas Akhir yang telah dibuat ini dapat bermanfaat untuk memberikan informasi kepada pihak yang membutuhkan.

Jakarta, Mei 2020

Penyusun

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR.....	i
ABSTRAK.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	iii
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING PENELITIAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR TUGAS AKHIR	v
HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG AKHIR	vi
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang Masalah	1
I.2 Rumusan Masalah.....	3
I.3 Batasan Masalah	3
I.4 Tujuan Penelitian	4
I.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
II.1 Butadiena	5
II.2 <i>Hydroxyl Terminated Polybutadiene</i> (HTPB).....	6
II.2.1 Perkembangan HTPB Sebagai <i>Fuel Binder</i>	7
II.2.2 <i>Fuel</i> Propelan Roket.....	9
II.2.3 Kebutuhan HTPB di Indonesia	10
II.2.4 Karakteristik HTPB	10
II.2.5 Faktor yang mempengaruhi Sifat HTPB.....	12
II.3 Pelarut.....	15
II.3.1 Kriteria Pelarut.....	16
II.3.2 Jenis Pelarut Pada Proses Pemisahan HTPB	17
II.4 Fraksinasi	18
II.4.1 Macam – Macam Fraksinasi	19
II.4.2 <i>Continuous Polymer Sprayer Fractionation</i> (CPSF).....	20
II.4.3 Prinsip Pemisahan Berdasarkan Massa Polimer	22
II.5 <i>Fourier Transform Infrared</i> (FT –IR)......	22
II.6 Pengujian Densitas.....	25
II.7 Pengujian Rendemen	26
BAB III METODE PENELITIAN	27
III.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	27
III.1.1 Waktu Penelitian.....	27
III.1.2 Tempat Penelitian	27

III.2	Alat dan Bahan Penelitian.....	27
III.2.1	Alat Penelitian.....	27
III.2.2	Bahan Penelitian	28
III.3	Variabel Penelitian.....	28
III.3.1	Variabel Tetap.....	28
III.3.2	Variabel Bebas.....	28
III.4	Prosedur Penelitian	29
III.5	Jadwal Pelaksanaan Penelitian.....	34
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	35
IV.1	Pengaruh Variasi Pelarut dan Waktu Pengambilan Sampel Terhadap Densitas, Rendemen Dan Persentase Berat Isomer HTPB	35
IV.1.1	Pengaruh Variasi Pelarut dan Waktu Pengambilan Sampel Terhadap Densitas HTPB	35
IV.1.2	Pengaruh Variasi Pelarut dan Waktu Pengambilan Sampel Terhadap Rendemen HTPB	38
IV.1.3	Pengaruh Variasi Pelarut dan Waktu Pengambilan Sampel Terhadap Persentase Berat Isomer HTPB.....	40
IV.2	HTPB yang Diinginkan sebagai <i>Fuel Binder</i> Propelan Dengan Variasi Pelarut dan Waktu Pengambilan Sampel Optimum	43
BAB V	PENUTUP	45
V.1	Kesimpulan	45
V.2	Saran	45
	DAFTAR PUSTAKA	46
	LAMPIRAN	

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	Lembar Permohonan Penelitian di Pusat Teknologi Raket	49
Lampiran B	Lembar Keterangan Penerimaan Penelitian di Pusat Teknologi Raket	50
Lampiran C	Surat Tugas Dosen Pembimbing Tugas Akhir.....	51
Lampiran D	Lembar Bimbingan Tugas Akhir	52
Lampiran E	Data Perhitungan Lengkap.....	56
Lampiran F	Data Lengkap Kurva Hasil Pengamatan.....	63
Lampiran G	Grafik dan Data Hasil FTIR.....	75
Lampiran H	Rangkaian Alat.....	76
Lampiran I	Bahan Penelitian	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1	Polimerisasi butadiena.....	6
Gambar II.2	Cis – Polibutadiena (a), Trans – Polibutadiena (b)	6
Gambar II.3	Struktur HTPB.....	6
Gambar II.4	Konversi polibutadiena HTPB	8
Gambar II.5	Pengaruh bilangan OH terhadap sifat mekanik HTPB	12
Gambar II.6	Pengaruh struktur terhadap sifat mekanik HTPB.....	13
Gambar II.7	Pengaruh berat molekul rata – rata terhadap sifat mekanik HTPB.....	14
Gambar II.8	Pengaruh distribusi berat molekul rata – rata terhadap sifat mekanik HTPB	14
Gambar II.9	Hubungan viskositas dengan berat molekul rata – rata HTPB.....	15
Gambar II.10	Prinsip fungsional CPSF	21
Gambar II.11	Pemisahan polimer dengan menggunakan metode CPSF	21
Gambar III.1	Alir proses pemisahan menggunakan <i>Continuous Polymer Sprayer Fractionation</i>	32
Gambar III.2	Diagram Alir Penelitian	33
Gambar IV.1	Kurva pengaruh variasi pelarut P ₁ , P ₂ , P ₃ dan P ₄ terhadap densitas HTPB.....	37
Gambar IV.2	Kurva pengaruh variasi pelarut P ₄ serta variasi waktu t ₁ , t ₂ , t ₃ dan t ₄ dengan aliran debit Q ₂ terhadap densitas HTPB.....	37
Gambar IV.3	Kurva pengaruh variasi pelarut P ₄ serta waktu t ₁ , t ₂ , t ₃ dan t ₄ dengan aliran debit Q ₂ terhadap rendemen HTPB.....	39
Gambar IV.4	Hasil Spektogram FTIR dari HTPB	41
Gambar IV.5	Kurva perubahan presentase berat isomer HTPB (%) pada variasi pelarut P ₄ terhadap waktu t ₁ , t ₂ , t ₃ dan t ₄	42
Gambar IV.6	Kurva perubahan presentase berat isomer HTPB (%) pada variasi pelarut P ₄ terhadap waktu t ₁ , t ₂ , t ₃ dan t ₄	42
Gambar IV.7	Kurva hasil rendemen HTPB dan persentase berat isomer cis terhadap pelarut optimal	43

DAFTAR TABEL

Tabel II.1	Impor butadiena di Indonesia pada tahun 2014 – 2017	5
Tabel II.2	Jenis <i>fuel</i> dalam propelan.....	9
Tabel II.3	Konstanta dielektrik berbagai zat pelarut.....	15
Tabel II.4	Sifat fisik senyawa etanol.....	17
Tabel II.5	Sifat polimer yang dapat di fraksinasi.....	18
Tabel II.6	Daerah gelombang pada FTIR	23
Tabel II.7	Tabel daerah serapan gugus fungsi dalam FTIR	24
Tabel III.1	Variasi Volume Pelarut	28
Tabel III.2	Variabel Tetap.....	28
Tabel III.3	Variabel Bebas	29
Tabel III.4	Isomer cis, vinil dan trans HTPB dalam frekuensi FTIR	31
Tabel III.5	Standar mutu komersial HTPB dalam <i>fuel binder</i> propelan	31
Tabel IV.1	Hasil pengamatan densitas HTPB pada variasi pelarut P ₁ , P ₂ , P ₃ dan P ₄ serta waktu t ₁ , t ₂ , t ₃ dan t ₄	35
Tabel IV.2	Hasil pengamatan variasi pelarut P ₁ , P ₂ , P ₃ dan P ₄ serta waktu t ₁ , t ₂ , t ₃ dan t ₄ terhadap rendemen HTPB	38
Tabel IV.4	Hasil pengamatan variasi pelarut P ₁ , P ₂ , P ₃ dan P ₄ serta Waktu t ₁ , t ₂ , t ₃ dan t ₄ terhadap persentase berat isomer HTPB	40

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

SINGKATAN	Nama	Pemakaian pertama kali pada halaman
HTPB	<i>Hydroxyl Terminated Polybutadiene</i>	1
THF	Tetrahidrofuran	2
AP	Ammonium Perklorat	2
TDI	Toluena diisosianat	2
CPSF	<i>Continuos Polymer Sprayer Fractionation</i>	20
CTPB	<i>Carboxyl Terminated Polybutadiene</i>	7
NC	<i>Nitrocelluose</i>	9
NG	<i>Nitroglycerin</i>	9
NQ	<i>Nitroquanidine</i>	9
RDX	<i>Cyclotrimethylene Trinitamine</i>	9
SBR	Stirena Butadiena Rubber	9
ABS	Akrilonitril Butadiena Stirena	9
FD	<i>Feed</i>	21
GL	Gel	21
SL	Sol	21
FTIR	<i>Fourier Transform Infrared</i>	22

LAMBANG	Nama	Pemakaian pertama kali pada halaman
P ₁	Komposisi Pelarut THF Sebanyak 80% dan Etanol Sebanyak 0%	3
P ₂	Komposisi Pelarut THF Sebanyak 72% dan Etanol Sebanyak 8%	3
P ₃	Komposisi Pelarut THF Sebanyak 64% dan Etanol Sebanyak 16%	3
P ₄	Komposisi Pelarut THF Sebanyak 56% dan Etanol Sebanyak 24%	3
t ₁	Waktu Pengambilan Sampel Pada 1 Jam	3
t ₂	Waktu Pengambilan Sampel Pada 2 Jam	3
t ₃	Waktu Pengambilan Sampel Pada 3 Jam	3
t ₄	Waktu Pengambilan Sampel Pada 4 Jam	3
M _n	Berat Molekul Rata – Rata	14
Z _n	Distribusi Molekul Rata – Rata	14
cP	<i>Centipoise</i>	15
F ₁	Fraksi Atas	36
F ₂	Fraksi Bawah	36
R ₁	Rendemen Sampel Pada 1 Jam	38
R ₂	Rendemen Sampel Pada 2 Jam	38
R ₃	Rendemen Sampel Pada 3 Jam	38
R ₄	Rendemen Sampel Pada 4 Jam	38

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang Masalah

Salah satu hasil industri petrokimia adalah monomer 1,3 – butadiena. Butadiena berwujud gas dan dapat digunakan sebagai bahan baku polimer polibutadiena. Proses polimerisasi butadiena menjadi polibutadiena secara konvensional dapat dilakukan metode radikal bebas dengan menggunakan berbagai jenis pelarut dan jenis katalis (Rosita, 2016). Radikal bebas adalah atom atau sekelompok atom yang mengandung satu atau lebih elektron yang tidak berpasangan. Radikal bebas sangat tidak stabil dan mencoba untuk mendapatkan stabilitas dengan menerima elektron yang dibutuhkan. Pemanfaatan polibutadiena dalam teknologi roket diaplikasikan sebagai bahan bakar roket (*fuel binder* propelan).

Propelan adalah bahan bakar atau sumber tenaga suatu mesin roket. Propelan tersebut tersusun dari *fuel*, *binder*, oksidator serta bahan aditif yang akan menyebabkan reaksi pembakaran serta memiliki tenaga kinetik berupa gaya dorong yang menggerakkan roket untuk meluncur ke ruang angkasa. Gaya dorong tersebut dipengaruhi oleh komponen – komponen besarnya komposisi penyusun propelan. Berdasarkan bentuknya, propelan terdiri dari dua macam, yaitu propelan padat dan propelan cair. Propelan padat terdiri dari propelan homogen dan propelan heterogen. Propelan homogen adalah propelan di mana tiap molekulnya sudah mengandung *fuel* dan oksidator yang cukup untuk terjadinya reaksi pembakaran. Sedangkan propelan heterogen yaitu propelan dengan *fuel* dan oksidator berada dalam keadaan terpisah dan baru bercampur dalam ruang pembakaran. Salah satu contoh dari propelan heterogen adalah propelan padat komposit. (Setyaningsih, 2014)

Polibutadiena yang dimanfaatkan sebagai bahan baku propelan komposit modern adalah *Hydroxyl Terminated Polybutadiene* (HTPB). Bahan HTPB merupakan bahan yang secara khusus digunakan sebagai bahan baku pembuatan elastomer. Elastomer berbasis HTPB memiliki sifat mekanik yang sangat baik sehingga dapat digunakan sebagai utama *fuel binder* propelan komposit (Wibowo dan Rosita,

2014). HTPB dapat larut dalam pelarut organik seperti tetrahidrofuran (THF). Bahan HTPB digunakan sebagai bahan *fuel binder* propelan mempunyai komposisi sebanyak 10 – 20% serta *solid content* berupa ammonium perklorat (AP), toluena diisosianat (TDI), dan alumunium sebanyak 80%. HTPB yang memiliki fleksibilitas dan sifat mekanik propelan sangat baik mengandung berat molekul rata – rata 2.500 – 2.800 serta panjang rantai HTPB sebesar 40 – 50 untaian butadiena (Prine, 2018).

Berdasarkan strukturnya, HTPB memiliki tiga isomer utama yaitu vinil-1,2-HTPB, cis-1,4-HTPB dan trans-1,4-HTPB yang saling bercampur. Dominasi masing – masing struktur akan mempengaruhi sifat mekanik polimer yang dihasilkan. Untuk kepentingan propelan padat komposit diinginkan HTPB dengan struktur dominan cis-1,4 karena memiliki kekerasan dan kelenturan yang ideal (Wibowo, 2016). Pada penelitian yang telah dilakukan oleh wibowo (2013), yaitu dengan polimerisasi butadiena secara radikal menggunakan katalis hidrogen peroksida dan hanya menggunakan pelarut etanol diperoleh persentase berat isomer cis, vinil dan trans masing-masing adalah 4%, 64% dan 32% sedangkan isomer cis HTPB yang diinginkan dalam penggunaan *fuel binder* propelan minimum 10%.

Penelitian ini mengarah pada pemisahan HTPB dalam kolom fraksinasi dengan diharapkan menghasilkan densitas minimum 0,8350 g/mL, persentase berat cis minimum 10% karena pada penelitian sebelumnya dengan mereduksi kadar vinil hanya mendapatkan persentase berat cis 3 – 4%, sedangkan pada *fuel binder* propelan diinginkan memiliki persentase berat cis minimum 10% (Wibowo, 2012), karena makin tinggi persentase berat cis-1,4 maka kuat tarik akan makin tinggi, hal tersebut menunjukkan fleksibilitas yang meningkat dan tidak mudah retak. Pada penelitian ini menggunakan tetrahidrofuran (THF) dan etanol sebagai pelarut.

Pemilihan pelarut tersebut karena sifat HTPB yang bersifat polar dan mampu tercampur sempurna pada pelarut organik seperti THF dan etanol, hal ini dapat membuat massa HTPB tersebar merata dalam proses fraksinasi dengan massa rendah berada pada fraksi atas sedangkan masa tinggi berada pada fraksi bawah (Rosita, 2016).

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimanakah pengaruh variasi pelarut dan waktu pengambilan sampel terhadap densitas, rendemen dan persentase berat isomer HTPB?
2. Bagaimana memperoleh HTPB sesuai standar yang diinginkan dalam *Fuel binder* propelan dengan variasi pelarut dan waktu pengambilan sampel yang optimum?

I.3 Batasan Masalah

Pembatasan suatu masalah digunakan untuk menghindari adanya penyimpangan maupun pelebaran pokok masalah supaya penelitian tersebut lebih terarah dan memudahkan dalam pembahasan sehingga tujuan akan tercapai. Beberapa batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bahan HTPB dengan tipe krasol P – 3000, tetrahidrofur (THF) dengan kemurnian 99,5% dan etanol dengan kemurnian 96% merupakan bahan baku milik Pusat Teknologi Roket – LAPAN, Jl Raya Lapan Rumpin No.2, Mekarsari, Rumpin, Kabupaten Bogor. Jawa Barat 16350. Tepatnya pada Laboratorium Insulasi Termal dan HTPB,
2. Proses pemisahan menggunakan alat CPSF yang telah disediakan oleh Pusat Teknologi Roket – LAPAN,
3. Pelarut yang digunakan merupakan perbandingan antara THF dengan etanol dalam variasi P₁ yaitu komposisi pelarut THF sebanyak 80% + etanol sebanyak 0%, P₂ yaitu komposisi pelarut THF sebanyak 72% + etanol sebanyak 8%, P₃ yaitu komposisi pelarut THF sebanyak 64% + etanol sebanyak 16% dan P₄ yaitu komposisi pelarut THF sebanyak 56% + etanol sebanyak 24%,
4. Waktu pengambilan sampel yang digunakan dalam proses pemisahan adalah t₁ (1 jam), t₂ (2 jam), t₃ (3 jam) dan t₄ (4 jam),
5. Pengujian hasil pemisahan meliputi pengujian densitas, pengujian rendemen dan pengujian FTIR

I.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijelaskan, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi pelarut dan waktu pengambilan sampel terhadap densitas, rendemen dan persentase berat isomer HTPB,
2. Untuk memperoleh variasi pelarut dan waktu pengambilan sampel yang optimum dengan hasil HTPB sesuai dengan standar yang diinginkan dalam *fuel binder* propelan.

I.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pengaruh variasi pelarut dan waktu pengambilan sampel terhadap densitas, rendemen dan persentase berat isomer HTPB serta dapat memberikan informasi mengenai variasi pelarut dan waktu pengambilan sampel yang optimum dengan hasil HTPB sesuai dengan standar yang diinginkan dalam *fuel binder* propelan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Butadiena

Butadiena merupakan salah satu diena konjugasi sederhana dengan formula C_4H_6 . Butadiena merupakan salah satu bahan kimia yang penting dalam industri kimia. Kebutuhan akan butadiena di Indonesia terus meningkat, hal ini dapat dilihat dari tabel II.1 berikut yang memperlihatkan bahwa dari tahun ke tahun jumlah impor butadiena cukup tinggi.

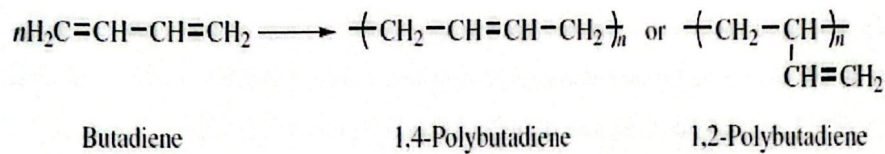
Tabel II.1 Impor butadiena di Indonesia pada tahun 2014 – 2017 (BPS – Indonesia, 2014 – 2017)

Tahun	Volume (Ton)
2014	16.374
2015	22.612
2016	17.608
2017	24.337

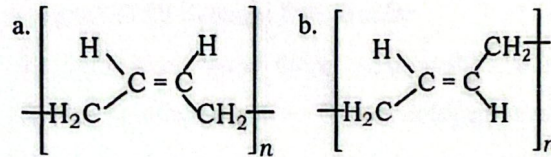
Butadiena memiliki spesifikasi bahan sebagai berikut:

Berat Molekul	= 54,092 gr/mol
Titik didih normal	= -4,4°C
Titik beku	= -1081,92°C
Temperatur kritis	= 152°C
<i>Specific gravity</i>	= 0,627
Panas pembentukan	= 21,21 kal/mol
Panas pembakaran	= 11,055 kal/g
Kelarutan dalam air	= 0,06% berat

Kegunaan penting dari butadiena adalah sebagai bahan baku polimerisasi polibutadiena seperti pada gambar II.1. (Wibowo, 2013) menyatakan bahwa, polibutadiena yang dihasilkan dengan cara polimerisasi butadiena masih mengandung ikatan rangkap molekul dengan posisi cis (struktur cis) atau trans (struktur trans) seperti pada gambar II.2. Perbedaan struktur ini yang kemudian akan membedakan daya rekat masing – masing polibutadiena, dalam keperluan propelan roket dibutuhkan struktur cis dengan kadar di atas 10% sedangkan untuk struktur trans dibutuhkan kadar di atas 25%.



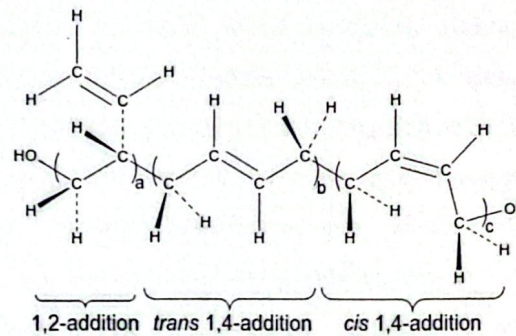
Gambar II.1 Polimerisasi butadiena (Wibowo, 2013)



Gambar II.2 Cis – Polibutadiena (a), Trans – Polibutadiena (b) (Wibowo, 2013)
 Polibutadiena yang dikembangkan pada penelitian ini adalah *Hydroxyl Terminated Polybutadiene* (HTPB) dengan gugus hidroksil pada kedua ujung rantainya. HTPB dibuat menggunakan metode radikal bebas dengan inisiator hidrogen peroksida serta pelarut etanol di dalam reaktor pada kondisi suhu 118°C – 120°C serta tekanan mencapai 40 bar, ketika suhu telah mencapai 118°C maka akan membutuhkan waktu dari 15 menit – 20 menit dalam prosesnya (Wibowo, 2013).

II.2 *Hydroxyl Terminated Polybutadiene* (HTPB)

HTPB adalah suatu polimer polibutadiena dengan gugus ujung hidroksil. HTPB memiliki rumus kimia HO-(C₄H₆)_n-OH. Berdasarkan struktur kimianya, HTPB bersifat polar yang larut dalam senyawa organik polar seperti toluen, THF, alkohol, sedikit larut dalam air (Wibowo, 2012). Seperti polimer pada umumnya, HTPB biasanya terbentuk dalam campuran molekul polimer dengan panjang rantai yang berbeda – beda.



Gambar II.3 Struktur HTPB (Wibowo, 2012)

HTPB untuk kepentingan *fuel binder* propelan biasanya memiliki berat molekul rata-rata 2.500 – 2.800 gram/mol dan memiliki persentase berat isomer cis di atas 10% (Rosita, 2016). HTPB dengan berat molekul yang lebih tinggi dari 3.500 akan memberikan sifat yang sangat lentur, sedangkan HTPB dengan berat molekul di bawah 2.500 akan menghasilkan sifat yang keras dan getas.

II.2.1 Perkembangan HTPB Sebagai *Fuel Binder*

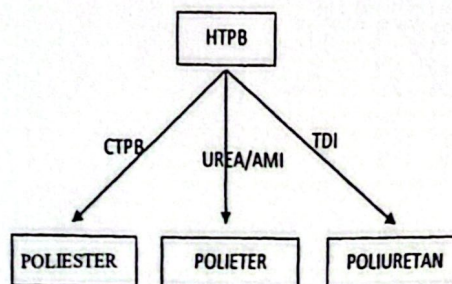
Bahan *fuel binder* merupakan bahan bakar yang apabila terbakar diharapkan terbakar sempurna menghasilkan gas CO₂ dan H₂O sehingga menghasilkan panas yang tinggi. Bahan bakar terbaik adalah bahan kimia yang terdiri atas karbon dan hidrogen. Biasanya senyawa tersebut berupa polimer. Selain itu, senyawa ini harus mampu membentuk padatan komposit yang keras dan memiliki sifat tersebut pada suhu operasional roket (50°C-100°C). Sifat terbaik dari polimer sebagai *fuel binder* dimiliki oleh HTPB – Toluena diisosiyanat (TDI) dan *Carboxyl Terminated Polybutadiene* (CTPB) – TDI (Wibowo, 2016), sebelum ditemukannya HTPB sebagai *fuel binder* propelan digunakan aspal sebagai *binder* yang murah dan mudah di dapat, namun aspal merupakan polimer alam yang memiliki banyak unsur sulphur sehingga pembakaran menimbulkan banyak butiran arang, Waktu pepadatan aspal juga relatif cepat dan panas sehingga memiliki *loading density* yang rendah. Hal fatal lainnya adalah aspal memiliki sifat mudah retak pada suhu rendah sehingga mengakibatkan propelan mudah meledak karena pembakaran yang tidak terarah (Wibowo, 2016).

Kemudian uji coba berikutnya adalah menggunakan bahan polimer sintesis seperti polisulfida, poliester, polietilen, polivinil klorida. Polisulfida merupakan polimer dengan hasil pembakaran yang tinggi energinya, namun karakteristiknya mirip aspal yaitu menghasilkan banyak jelaga. Untuk mengurangi keretakan polisulfida, maka diperlukan penanganan sebelum peluncuran yang khusus seperti harus di bawah kondisi suhu tertentu agar tidak retak. Bahan polietilen memiliki keunggulan rantai homolog hidrokarbon dan rantai bisa diatur sehingga fleksibilitasnya tinggi, namun memiliki kelenturan rendah dan bersifat seperti termoplastis dengan *loading density* yang rendah. Poli vinil klorida akan

menghasilkan gas klorin yang beracun dan memiliki nilai energi pembakaran yang rendah.

Upaya terbaik telah diperoleh dengan menggunakan bahan butadiena dalam bentuk CTPB dan HTPB. Kedua bahan tersebut memiliki kelenturan yang tinggi dan menghasilkan energi pembakaran yang besar. Keunggulan lain adalah resin HTPB memiliki viskositas yang rendah (5000 cP) dan waktu pematatan yang cukup panjang sehingga menghasilkan propelan dengan kadar oksidator sangat tinggi dan homogen sehingga sifat energetik propelan sangat baik. Oleh karena itu, propelan roket – roket peluncur modern (1980 – sekarang) menggunakan bahan HTPB – TDI. HTPB merupakan bahan polimer yang dapat berfungsi sebagai bahan baku (prepolimer) untuk diolah lebih lanjut menjadi bahan polimer lain yang memiliki sifat dan karakteristik yang berbeda. Secara teori, HTPB yang pada dasarnya adalah dapat menjadi bahan baku untuk dibuat menjadi poliester dengan mereaksikan HTPB dengan asam dibasis. HTPB dapat pula diubah menjadi polieter dengan mereaksikannya dengan amin atau urea. Selanjutnya poliuretan merupakan perekat dan busa yang paling bagus sifatnya, sebagai hasil reaksi HTPB dengan TDI.

Keuntungan HTPB sebagai bahan baku poliester atau poliuretan dan polieter adalah HTPB merupakan bahan sintesis yang berat molekul dan stereoregularitasnya dapat diatur, sehingga sifat dan karakteristik poliester yang diperoleh dapat diatur tergantung bahan HTPB yang digunakan. Sebagai contoh, untuk memperoleh poliester yang kaku akan digunakan HTPB dengan berat molekul yang rendah. Sebaliknya untuk memperoleh serat poliester yang kuat namun elastis dan lentur perlu dipakai HTPB dengan struktur cis dominan dan panjang rantai yang moderat (berat molekul rata-rata polimer 5.000 – 10.000) (Wibowo, 2016).



Gambar II.4 Konversi polibutadiena HTPB (Wibowo, 2016)

Fuel binder HTPB pada dasarnya dapat dibuat pada industri – industri petrokimia dengan memanfaatkan LNG sebagai bahan bakunya. Polimer HTPB juga dapat dihasilkan sebagai hasil samping dari pabrik – pabrik pengolah karet sintetis seperti Stirena Butadiena Rubber (SBR) dan Akrilonitril Butadiena Stirena (ABS) di Cilegon dengan kapasitas yang cukup besar (120.000 ton per tahun). Polibutadiena dengan gugus fungsi OH (HTPB) ini dapat juga di pakai sebagai bahan baku produk polimer lain yang sampai saat ini makin meluas penggunaannya, seperti poliester dan poliuretan (Wibowo, 2016).

II.2.2 Fuel Propelan Roket

Propelan didefinisikan sebagai bahan penggerak roket, namun sering juga propelan disebut dengan istilah bahan bakar roket. Tetapi bukan hanya *fuel* saja. Suatu reaksi pembakaran akan terjadi apabila ada bahan lain-lain berupa *fuel*, *oxidizer* dan *ignitor*. Tanpa ketiganya, pembakaran tidak dapat berlangsung. Gabungan antara *fuel* dan *oxidizer* itulah dalam peroketan disebut propelan. *Fuel* dalam propelan roket memiliki berbagai jenis sesuai dengan tipe dari propelan tersebut. Di bawah ini tabel jenis *fuel* berdasarkan tipe propelan.

Tabel II.2 Jenis *fuel* dalam propelan

Sl. No	Type of Propellant	Composition	
		Major Ingredients	Minor Ingredients
1.	Single base	NC	Plasticizers, stabilizers, flash reducers
2.	Double base	NC, NG	Plasticizers, stabilizers (for rocket propellants, ballistic modifiers are also used)
3.	Triple base	NC, NG, nitroguanidine	Plasticizers, stabilizers, flash reducers
4.	Nitramine base	NC, NG, RDX	Plasticizers, stabilizers (for rocket propellants, ballistic modifiers are also used)
5.	Composite propellants	AP, aluminum, polymeric binder cum fuel	Plasticizers, burn rate catalysts, etc.
6.	Composite modified double-base propellants	NC, NG, AP, aluminum	Plasticizers, burn rate catalysts, etc.
7.	Liquid propellants for rockets	Liquid oxidizers (e.g., red fuming HNO ₃ , hydrogen peroxide), liquid fuels (e.g., aniline, hydrocarbons)	—

II.2.3 Kebutuhan HTPB di Indonesia

Kebutuhan bahan baku propelan yang diperlukan untuk seluruh lembaga penelitian dan pengguna roket di Indonesia minimum 100 ton/tahun HTPB dan 400 ton/tahun amonium perklorat (Wibowo, 2016). Nilai strategis material HTPB ditunjukkan dengan jaranganya publikasi mengenai cara – cara pembuatan HTPB. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian pembuatan HTPB untuk *fuel binder* propelan padat.

Bahan gas butadiena sebagai bahan baku pembuatan HTPB tersedia di pasaran yaitu di PT Chandra Asri Petrochemical dan akan berencana memproduksi gas butadien dengan kapasitas 10.000 ton/tahun, sampai saat ini Indonesia mengimpor gas butadiena dari Jepang sebesar 5.000 ton kubik/bulan. Gas butadiena memiliki harga \$ 880.00/ton sedangkan bahan HTPB memiliki harga \$9000.00/ton. Untuk kepentingan penelitian, Pusat Teknologi Roket – LAPAN membutuhkan HTPB sekitar 500 kg/tahun. (Wibowo, 2016).

HTPB yang diinginkan untuk bahan baku propelan haruslah memiliki konfigurasi tertentu (kadar cis 1,4- minimum 10%) sehingga bahan komposit yang dibuat akan memiliki kelenturan, kekuatan dan fleksibilitas yang sangat baik. Proses terbaik untuk pembuatan HTPB adalah dengan polimerisasi butadiena menggunakan katalisator litium dalam pelarut polar pada suhu rendah (-20°C).

II.2.4 Karakteristik HTPB

HTPB adalah senyawa polimer berbasis butadiena atau polibutadiena dengan kedua gugus ujung terikat dengan gugus hidroksil. Polibutadiena terbentuk sebagai hasil reaksi polimerisasi adisi dari butadiena. Adanya ikatan rangkap dalam polibutadiena dapat memberikan konfigurasi polibutadiena yang berupa isomer cis, trans, dan vinil. Konfigurasi struktur dan panjang rantai polimer menentukan sifat – sifat polimer polibutadiena yang dihasilkan. Polibutadiena dengan struktur cis-1,4- yang tinggi adalah elastomer yang lunak, mudah larut, memiliki sifat dinamik yang baik, dan tekanan abrasi yang baik, dengan suhu transisi gelas mencapai -102°C. Sedangkan Trans-1,4-polibutadiena adalah elastomer yang ulet, kekerasan tinggi dan bersifat termoplastik, suhu transisi gelas -107°C sampai 83°C. Dominasi masing – masing struktur akan mempengaruhi sifat mekanik polimer dihasilkan.

Untuk kepentingan propelan komposit padat, diinginkan HTPB dengan struktur dominan cis-1,4 karena memiliki kekerasan dan kelenturan yang ideal.

Besarnya masing – masing komponen dalam polimer mempengaruhi sifat mekanik polibutadiena yang terbentuk. Polibutadiena dengan struktur vinil-1,2 dominan memberikan polimer yang bersifat getas dan keras. Polimer dengan struktur cis-1,4 dominan bersifat elastis, sedangkan apabila struktur trans 1,4 dominan akan memberikan sifat polimer yang keras dan kaku. Oleh karena itu, untuk mendapatkan polimer dengan sifat yang diinginkan, sangatlah penting mencari mekanisme yang dapat mengarahkan sifat polimer yang terbentuk dengan mengatur kondisi operasi reaksi polimerisasi (Wibowo, 2016)

Selain tipe struktur polimer yang terbentuk, jumlah massa merupakan parameter penting yang mempengaruhi karakteristik polimer. Makin besar jumlah massa, maka polimer makin padat dan keras, kekentalan meningkat dan makin cepat berbentuk padatan. Jumlah massa ditunjukkan dengan densitas (g/mL) (Wibowo, 2011).

IL.2.5 Sifat Fisik HTPB

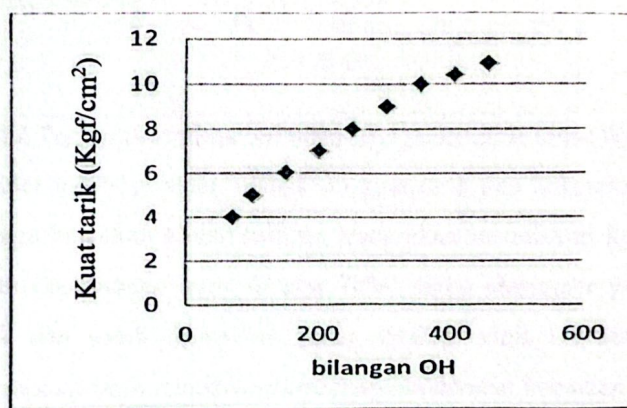
Sifat fisik penting dari polibutadiena adalah densitas, warna, viskositas, dan kadar air. Densitas menunjukkan spesifikasi suatu senyawa yang berbeda dengan senyawa lain. Perubahan warna dapat mengindikasikan terjadinya reaksi oksidasi atau hidrolisis. HTPB dengan warna bening adalah HTPB dengan viskositas yang rendah dan murni. HTPB yang berwarna kuning menunjukkan HTPB telah mengalami polimerisasi atau dimerisasi. Viskositas menunjukkan panjang rantai polimer secara kualitatif. Makin besar viskositas menunjukkan makin panjang rantai polimer (Wibowo, 2016). HTPB memiliki spesifikasi bahan sebagai berikut:

Nilai hidroksil (OH)	=	40-50 mg KOH/g
Nilai asam	=	1 mg KOH/g (maks)
Viskositas (30°C)	=	4000-6500 cPs
Viskositas (60°C)	=	800-1400 cPs
Densitas (g/mL)	=	0,9-0,92
Kandungan Isomer	=	Vinil 72%, trans 20% dan cis 8%

II.2.5 Faktor yang mempengaruhi Sifat HTPB

a. Bilangan OH

Reaksi pembentukan HTPB terjadi antara kedua ujung gugus hidroksil. Reaksi dengan jumlah gugus yang sama akan membentuk ikatan lurus yang fleksibel dan lunak. Apabila jumlah gugus OH tersedia rata – rata kurang dari 2 (dua) maka tidak semua HTPB bereaksi sehingga dihasilkan sifat yang lunak. Sebagai contoh, hasil pengujian pengaruh bilangan OH terhadap kinerja propelan ditunjukkan pada gambar II.5 di bawah ini.



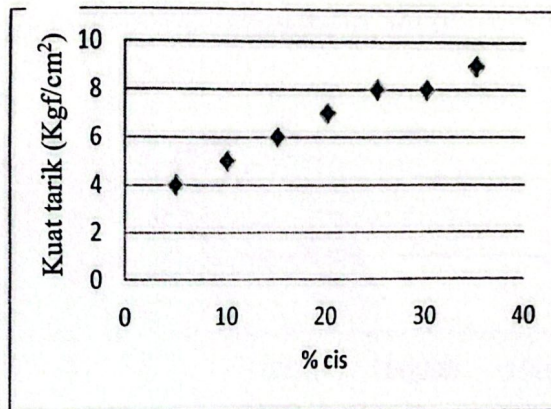
Gambar II.5 Pengaruh bilangan OH terhadap sifat mekanik HTPB (Wibowo, 2016).

Makin tinggi bilangan OH menunjukkan kenaikan kuat tarik dan kekerasan yang tidak terlalu besar. Kenaikan bilangan OH menunjukkan kenaikan rata – rata gugus OH dalam satu molekul HTPB, sehingga jumlah senyawa HTPB yang terpolimerisasi akan makin banyak. Hasil analisis dengan rentang yang ada menunjukkan bahwa pada bilangan OH di atas 400 maka senyawa elastomer poliuretan yang terjadi menjadi tidak dapat keras. Pada rentang bilangan OH di bawah 70 maka HTPB yang terjadi adalah keras dan retak-retak. Dengan demikian maka rentang bilangan OH yang diperbolehkan adalah 70-400 (Wibowo, 2014).

b. Struktur HTPB

Hasil pengujian pengaruh struktur HTPB terhadap sifat mekanik elastomer yang diperoleh ditampilkan pada gambar II.6. Makin tinggi kadar cis-1,4 maka kuat tarik akan makin tinggi dan kekerasan tidak berubah banyak, hal tersebut menunjukkan fleksibilitas yang meningkat. Untuk kepentingan propelan diinginkan kadar cis

yang tinggi karena sifat mekanik yang dihasilkan memiliki fleksibilitas yang baik, tidak mudah retak.



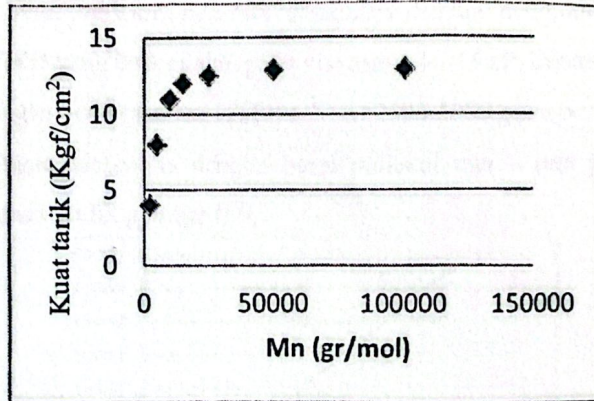
Gambar II.6 Pengaruh struktur terhadap sifat mekanik HTPB (Wibowo, 2016)

Kenaikan kadar trans-1,4 akan menaikkan kuat tarik dan kekerasan yang sangat tinggi sehingga kenaikan kadar struktur trans akan menaikkan kekerasan. Pada batas tertentu (kandungan trans di atas 70%) maka elastomer yang dihasilkan mudah retak dan patah. Kenaikan kadar struktur vinil 1,2 akan menaikkan kekerasan dan kuat tarik relatif konstan. Berbeda dengan kenaikan struktur trans, kenaikan vinil lebih menonjol sehingga kadar vinil memiliki jumlah dominan (di atas 60%) yang akan memberikan sifat yang mudah retak. Berdasarkan hasil penelitian, maka HTPB yang baik adalah HTPB dengan kadar cis dan trans yang lebih tinggi (10 – 30%). Struktur cis akan memberikan untaian polimer yang teratur sehingga memberikan sifat yang fleksibel. Struktur trans akan memberikan untaian polimer yang secara efek ruang (geometri) tidak teratur sehingga cenderung membentuk polimer yang keras dan getas (Wibowo, 2016).

c. Berat Molekul Rata – Rata

Hasil pengujian pengaruh berat molekul rata-rata terhadap sifat mekanik elastomer ditunjukkan gambar II.7. Kenaikan berat molekul rata – rata akan menaikkan kuat tarik secara signifikan, namun tidak terjadi kenaikan kekerasan secara signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa makin tinggi berat molekul rata – rata HTPB akan menaikkan feasibilitas. Pada kenaikan berat molekul makin tinggi di atas 10.000 gram per mol maka sifat HTPB yang terjadi cenderung lunak. Hasil pengujian elastomer dengan menggunakan HTPB di atas 50.000 gram/mol menghasilkan sifat

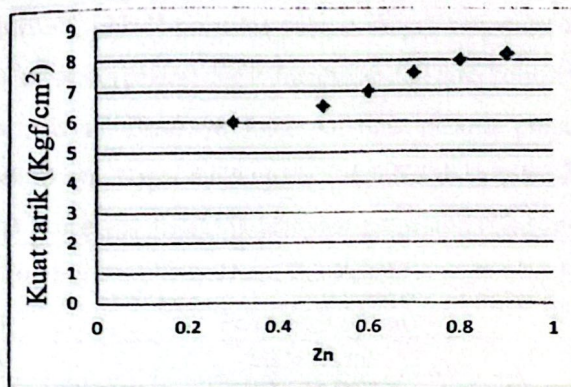
yang tidak dapat mengeras. Dengan demikian, berat molekul rata-rata HTPB yang baik adalah 2.500 – 5.000 gram/mol, dimana sifat yang dihasilkan memiliki nilai kuat tarik yang baik (4 – 10 kg/cm²) (Wibowo, 2016).



Gambar II.7 Pengaruh berat molekul rata – rata terhadap sifat mekanik HTPB (Wibowo, 2016)

d. Distribusi Molekul Rata – Rata

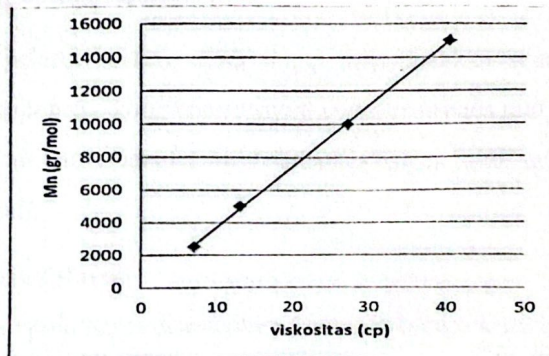
Hasil pengujian pengaruh distribusi berat molekul rata-rata terhadap sifat mekanik poliuretan ditunjukkan pada gambar II.8. Distribusi berat molekul menunjukkan rata-rata distribusi kumpulan senyawa yang menyusun molekul polimer. Distribusi berat molekul mendekati 1 (satu) menunjukkan bahwa polimer merupakan sekumpulan polimer – polimer dengan berat molekul yang seragam. Kenaikan distribusi berat molekul akan menaikkan kuat tarik dan kekerasan poliuretan karena susunan molekul dalam jaringan polimer lebih rapi susunannya sehingga kerapatan ikatan menjadi lebih tinggi (Wibowo, 2016).



Gambar II.8 Pengaruh distribusi berat molekul rata – rata terhadap sifat mekanik HTPB (Wibowo, 2016)

e. Viskositas

Viskositas suatu polimer menunjukkan panjang rantai polimer tersebut. Pengukuran viskositas relatif lebih mudah dilakukan sehingga biasanya untuk menentukan berat molekul rata-rata dilakukan dengan pengukuran viskositas. Viskositas HTPB yang baik adalah pada viskositas 4—15 cP, dimana nilai tersebut sebanding dengan berat molekul HTPB sebesar 2500-5000 gram per mol (Wibowo, 2016). Hubungan viskositas dengan berat molekul rata – rata polimer HTPB ditunjukkan pada grafik gambar II.9.



Gambar II.9 Hubungan viskositas dengan berat molekul rata – rata HTPB (Wibowo, 2016)

II.3 Pelarut

Faktor yang mempengaruhi dalam berhasilnya proses pemisahan adalah mutu dan jenis pelarut yang digunakan. Ada dua pertimbangan utama dalam memilih pelarut yang akan digunakan, yaitu harus memiliki daya larut yang tinggi dan pelarut tersebut tidak berbahaya atau tidak beracun (Chaturvedi, 2014).

Menurut Chaturvedi, (2014) polaritas pelarut sangat berpengaruh terhadap daya larut. Indikator kelarutan pelarut dapat ditentukan dari nilai konstanta dielektrik dan nilai polaritas pelarut. Besarnya nilai polaritas pelarut proporsional dengan konstanta dielektriknya. Dapat dilihat pada Tabel II.3 di bawah ini.

Tabel II.3 Konstanta dielektrik berbagai zat pelarut (Chaturvedi, 2014)

Konstanta Dielektrik	Nama Zat Pelarut	Polaritas
1,890	Petroleum ringan	↓
2,023	Sikloheksan	
2,238	Karbon tetraklorida Trikloroetilen	

2,284	Benzene Diklorometan	↓
4,806	Kloroform	
4,340	Etileter	
6,020	Etilasetat	
20,700	Aseton n-propanol	
24,300	Etanol	
33,620	Metanol	
80,37	Air	

Keterangan : ↓ ke bawah makin polar

Penggunaan pelarut bertitik didih tinggi menyebabkan adanya kemungkinan kerusakan komponen – komponen senyawa penyusun pada saat pemanasan. Pelarut yang digunakan harus bersifat *inert* terhadap bahan baku, mudah diperoleh dan harganya murah.

II.3.1 Kriteria Pelarut

Pelarut yang di pilih harus disesuaikan dengan beberapa kriteria berikut:

1. Kepolaran dan kelarutan pelarut

Pelarut yang dipilih memiliki kepolaran yang sama dengan bahan yang akan di fraksinasi sehingga pelarut dapat melarutkan solut/zat terlarut dengan baik.

2. Selektifitas

Pelarut diharapkan memiliki selektifitas yang tinggi sehingga hanya akan melarutkan senyawa-senyawa tertentu yang ingin di ekstrak atau sedikit mungkin melarutkan senyawa-senyawa pengotor, sehingga pemisahan dari campurannya pun dapat berlangsung lebih sempurna.

3. Murah dan mudah diperoleh. Tidak korosif, tidak beracun, stabil secara termal dan tidak mudah terbakar.

4. Tidak menyebabkan terbentuknya emulsi.

5. Tidak reaktif.

Pelarut hanya berfungsi melarutkan dan diharapkan tidak mengubah susunan kimia dari bahan yang di ekstrak (tidak terjadi reaksi antara pelarut dengan bahan yang di ekstrak).

6. Titik didih

Titik didih pelarut cukup rendah sehingga hanya membutuhkan pemanasan yang tidak terlampau besar. Bila pemanasan yang diperlukan membutuhkan energi yang sangat besar, dapat menimbulkan kerusakan pada bahan yang di ekstrak dan hal seperti itu tentu saja dihindari. Namun titik didih pelarut pun tidak boleh terlampau rendah yang dapat menyebabkan kehilangan pelarut dalam jumlah yang besar akibat pemanasan. Titik didih pelarut pun harus seragam agar tidak menimbulkan residu pada bahan pangan.

7. Viskositas dan densitas

Viskositas dan densitas dari pelarut diharapkan cukup rendah agar pelarut lebih mudah mengalir dan kontak dengan padatan berlangsung lebih baik.

8. Temperatur

Temperatur yang digunakan harus dapat disesuaikan dengan kelarutan pelarut, stabilitas pelarut, tekanan uap pelarut, dan selektifitas pelarut (Treyball.,1980 ; Mc. Cabe., 1993)

II.3.2 Jenis Pelarut Pada Proses Pemisahan HTPB

a. Etanol

Etanol, disebut juga etil alkohol, alkohol murni, atau alkohol absolut adalah sejenis cairan yang mudah menguap, mudah terbakar, tak berwarna dan merupakan alkohol yang paling sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Sifat fisik etanol dapat dilihat pada Tabel II.4 di bawah ini.

Tabel II.4 Sifat fisik senyawa etanol (Mc. Cabe, 1993)

Rumus Molekul	C ₂ H ₅ OH
Massa Molar	46,07 g/mol Penampilan cair tak berwarna
Densitas	0,789 g/cm ³
Titik Lebur	-114,3°C
Titik Didih	78,4°C
Kelarutan	Dalam air tercampur penuh
Keasaman (pKa)	15,9
Viskositas	1,200 cP (20°C)

b. Tetrahidrofuran (THF)

Tetrahydrofuran atau dikenal sebagai THF adalah senyawa organik heterosiklik dengan rumus kimia C_4H_8O yang berupa cairan berviskositas rendah dan memiliki aroma seperti dietil eter. THF termasuk dalam molekul eter yang paling analog yang terhidrogenasi dari senyawa aromatik furan. THF sering digunakan dalam ilmu polimer. THF dapat digunakan untuk melarutkan karet sebelum dilakukan penentuan massa molekul menggunakan kromatografi permeasi gel. THF juga melarutkan PVC. Selain itu, THF juga digunakan sebagai pelarut untuk melarutkan HTPB dengan baik, zat kimia laboratorium, *Corrosion inhibitor* (penghambat korosi), *Coatings* (pelapis), dan *Cleaning agent*. (Wibowo, 2012)

II.4 Fraksinasi

Polimer makin banyak digunakan sebagai bahan penting dalam bidang kedokteran, kosmetik, dan teknik. Polimer memiliki distribusi massa molekul yang luas dan mengandung pengotor. Dengan fraksinasi, maka akan menghilangkan sifat yang tidak diinginkan pada polimer tersebut serta dapat memungkinkan optimalisasi sifat polimer. (Wibowo, 2016).

Tabel II.5 Sifat polimer yang dapat difraksinasi (Wibowo, 2016)

Viskositas	Indeks bias
Massa jenis	Degradasi
Kristalinitas, suhu gelas	Konten oligomer
Kemurnian	Perilaku mudah terbakar

Metode fraksinasi didasarkan pada pemisahan fase cair / cair karena cocok untuk hampir semua jenis polimer yang larut. Pemisahan fase diinduksi dengan menurunkan kualitas pelarut dari larutan polimer yang awalnya homogen. Dua fase yang terbentuk adalah satu mengandung bahan rantai panjang (fase gel) dan yang lainnya berisi bahan rantai pendek dan distribusi massa molekul rendah (fase sol). Dengan memilih parameter fraksinasi (suhu, komposisi) akan membuat distribusi massa molekul yang dapat bervariasi. Distribusi massa molekul yang sempit dapat dicapai dengan fraksinasi berulang.

II.4.1 Macam – Macam Fraksinasi

Fraksinasi merupakan suatu prosedur yang digunakan untuk memisahkan golongan utama kandungan yang satu dari kandungan golongan utama yang lainnya. Fraksinasi merupakan prosedur pemisahan komponen-komponen berdasarkan perbedaan kepolaran tergantung dari jenis senyawa yang terkandung dalam tumbuhan. Terdapat beberapa macam proses fraksinasi, di antaranya adalah sebagai berikut (Wibowo, 2016).

1. Proses Fraksinasi Kering

Fraksinasi kering (*Winterization*) adalah suatu proses fraksinasi yang didasarkan pada berat molekul dan komposisi dari suatu material. Proses ini lebih murah dibandingkan dengan proses yang lain, namun hasil kemurnian fraksinasinya rendah.

2. Proses Fraksinasi Basah

Fraksinasi basah (*Wet Fractionation*) adalah suatu proses fraksinasi dengan menggunakan zat pembasah (*Wetting Agent*) atau disebut juga proses *Hydrophilization* atau *detergent* proses. Hasil fraksi dari proses ini sama dengan proses fraksinasi kering.

3. Proses Fraksinasi dengan menggunakan *Solvent* (pelarut) / *Solvent Fractionation*.

Ini adalah suatu proses fraksinasi dengan menggunakan pelarut, di mana proses fraksinasi ini lebih mahal dibandingkan dengan proses fraksinasi lainnya karena menggunakan bahan pelarut.

4. Proses Fraksinasi dengan Pengembunan. Proses fraksinasi dengan pengembunan (*Fractional Condensation*) ini merupakan suatu proses fraksinasi yang didasarkan pada titik didih dari suatu zat / bahan sehingga dihasilkan suatu produk dengan kemurnian yang tinggi. Fraksinasi pengembunan ini membutuhkan biaya yang cukup tinggi namun proses produksi lebih cepat dan kemurniannya lebih tinggi.

Dalam metode fraksinasi, pengetahuan mengenai sifat senyawa yang terdapat dalam ekstrak akan sangat mempengaruhi proses fraksinasi. Oleh karena itu, jika digunakan air sebagai pengekstraksi maka senyawa yang terekstraksi akan bersifat polar, termasuk senyawa yang bermuatan listrik. Jika digunakan pelarut non polar

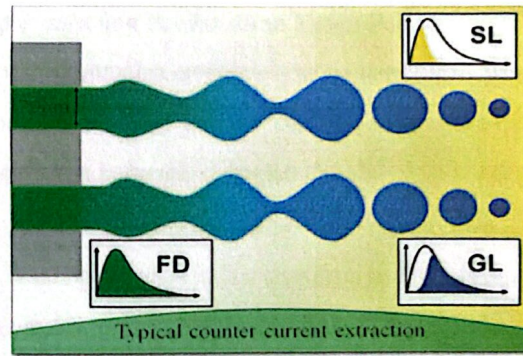
misalnya heksan, maka senyawa yang terekstraksi bersifat non polar dalam ekstrak. Pada prakteknya dalam melakukan fraksinasi digunakan dua metode yaitu dengan menggunakan corong pisah dan kromatografi kolom.

Destilasi bertingkat atau fraksinasi adalah proses pemisahan destilasi ke dalam bagian-bagian dengan titik didih makin lama makin tinggi yang selanjutnya pemisahan bagian-bagian ini dimaksudkan untuk destilasi ulang. Destilasi bertingkat merupakan proses pemurnian zat/senyawa cair di mana zat pencampurnya berupa senyawa cair yang titik didihnya rendah dan tidak berbeda jauh dengan titik didih senyawa yang akan dimurnikan. Dengan perkataan lain, destilasi ini bertujuan untuk memisahkan senyawa-senyawa dari suatu campuran yang komponen-komponennya memiliki perbedaan titik didih relatif kecil. Destilasi ini digunakan untuk memisahkan campuran aseton-metanol, karbon tetra klorida-toluen.

Pada proses destilasi bertingkat digunakan kolom fraksinasi yang dipasang pada labu destilasi. Tujuan dari penggunaan kolom ini adalah untuk memisahkan uap campuran senyawa cair yang titik didihnya hampir sama/tidak begitu berbeda. Sebab dengan adanya penghalang dalam kolom fraksinasi menyebabkan uap yang titik didihnya sama akan sama-sama menguap atau senyawa yang titik didihnya rendah akan naik terus hingga akhirnya mengembun dan turun sebagai destilat, sedangkan senyawa yang titik didihnya lebih tinggi, jika belum mencapai harga titik didihnya maka senyawa tersebut akan menetes kembali ke dalam labu destilasi, yang akhirnya jika pemanasan dilanjutkan terus akan mencapai harga titik didihnya. Senyawa tersebut akan menguap, mengembun dan turun/menetes sebagai destilat.

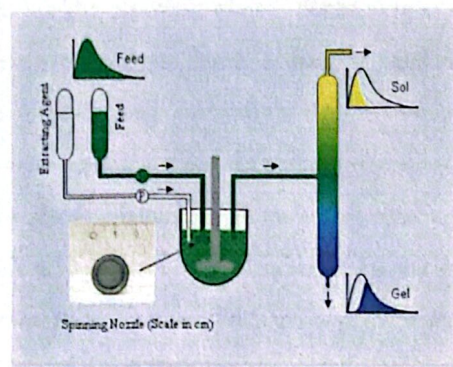
II.4.2 Continuous Polymer Sprayer Fractionation (CPSF)

Continuous Polymer Sprayer Fractionation (CPSF) sebagai sistem pemisahan belum banyak digunakan untuk pemisahan HTPB. CPSF adalah teknik fraksinasi skala besar yang didasarkan pada pemisahan fase cair – cair. CPSF menggunakan *sprayer* sebagai alat penyemprotan pelarut, seperti yang diterapkan dalam industri serat. Umpan ditekan melalui *sprayer* dengan memiliki sekitar 1000 lubang (Wibowo, 2016).



Gambar II.10 Prinsip fungsional CPSF (Wibowo, 2016)

Prinsip fungsional CPSF adalah umpan (FD) ditekan melalui *sprayer* berputar ke agen ekstraksi. Hasil dari larutan polimer kental kemudian pecah menjadi tetesan kecil. Makromolekul yang larut dapat dengan mudah di ekstraksi karena jarak transportasi yang pendek. Tetesan, dibebaskan dari bahan dengan berat molekul rendah, mengandung fraksi gel (GL) sedangkan fase tinggi berada pada fraksi sol (SL). Pemisahan polimer dengan menggunakan metode CPSF ditunjukkan pada gambar II.11 berikut. CPSF terdiri dari bejana pencampur yang didalamnya terdapat polimer dan pelarut, zat pengestraksi dipompakan secara bebas melalui *sprayer*. Dari bejana ini campuran dimasukkan secara kontinu ke dalam alat yang memungkinkan pemisahan fase makroskopik. Dalam kasus ini terdapat kolom di mana fase terpisah karena perbedaan kepadatannya. Campuran dua fasa yang dihasilkan dengan cara ini dialirkan ke dalam kolom pemisahan dengan satu fasa mengendap dan meninggalkan di ujung bawah, sedangkan fasa lainnya keluar di ujung atas.



Gambar II.11 Pemisahan polimer dengan menggunakan metode CPSF (Wibowo, 2016)

II.4.3 Prinsip Pemisahan Berdasarkan Massa Polimer

Polimer merupakan kumpulan monomer – monomer dengan massa yang berbeda – beda. Dalam teori pemisahan polimer dengan menggunakan kolom kondensor, masa yang tinggi akan bergerak ke bagian bawah kolom kondensor (mengendap) dan massa yang rendah akan bergerak ke bagian atas kolom kondensor (mengapung). Waktu pemisahan juga mempunyai peranan dalam proses pemisahan polimer karena makin cepat waktu pemisahan di dalam kolom kondensor maka akan menyebabkan kurang meratanya distribusi massa polimer tersebut. Faktor lain untuk mendapatkan pemisahan yang baik adalah sebagai berikut:

- a. Jenis pelarut yang digunakan dalam proses pemisahan,
- b. Suhu yang digunakan pada proses pemisahan,
- c. Panjang kolom kondensor (L) (Wibowo, 2011).

II.5 *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Spektroskopi FTIR merupakan jenis instrumen yang memberikan sinar *infra red* untuk menghasilkan interferogram. Komponen dasar dari spektroskopi FTIR adalah sumber yang menghasilkan radiasi dilewatkan melalui interferometer ke sampel lalu melewati detektor setelahnya amplifikasi sinyal, lalu kontribusi frekuensi tinggi telah dihilangkan dengan penyaringan setelahnya data dikonversikan ke bentuk digital oleh konverter analog ke digital dan di transfer ke komputer untuk transformasi oleh *fourier*.

Hasil dari bilangan gelombang dapat ditampilkan dengan spektra absorban dan spektra transmitan. Spektra absorban adalah spektra dengan cahaya yang diserap dengan menunjukkan puncaknya keatas sedangkan spektra transmitan adalah spektrum dengan cahaya yang dilewatkan dengan menunjukkan puncaknya kebawah. Spektra absorban dapat digunakan untuk pekerjaan kuantitatif sedangkan spektra transmitan dapat digunakan untuk interpretasi spektral. Keuntungan menggunakan FTIR adalah dapat digunakan untuk hampir semua sampel seperti cairan, bubuk, larutan, pasta, film, serat dan gas dapat diperiksa. Pengujian sampel menggunakan FTIR membutuhkan waktu yang singkat untuk mendapatkan hasilnya (Stuart, 2004).

Salah satu jenis spektroskopi adalah spektroskopi infra merah (IR). Spektroskopi ini didasarkan pada vibrasi suatu molekul. Spektroskopi inframerah merupakan suatu metode yang mengamati interaksi molekul dengan radiasi elektromagnetik yang berada pada daerah panjang gelombang 0.75 - 1.000 μm atau pada bilangan gelombang 13.000 - 10 cm^{-1} (Pyle, 2011).

Tabel II.6 Daerah gelombang pada FTIR (Pyle, 2011)

Jenis	Panjang Gelombang	Interaksi	Bilangan Gelombang	Frekuensi (Hz)
Inframerah dekat	0.75 - 2.5 μm	Interaksi Ikatan	13.000 - 4.000 cm^{-1}	3.8×10^{11} - 1.2×10^{14}
Inframerah pertengahan	2.5 - 50 μm	Interaksi Ikatan	4.000 - 200 cm^{-1}	1.2×10^{11} - 6.0×10^{12}
Inframerah jauh	50 - 1.000 μm	Interaksi Ikatan	200 - 10 cm^{-1}	6.0×10^{12} - 3.0×10^{11}

Cara membaca spektra FTIR adalah sebagai berikut:

1. Tentukan sumbu X dan sumbu Y dari spektrum. Sumbu X dari spektrum IR diberikan label sebagai bilangan gelombang dan jumlahnya berkisar dari 400 di paling kanan untuk 4.000 di paling kiri. Sumbu X menyediakan nomor penyerapan. Sumbu Y di beri label sebagai transmitansi persen dan jumlahnya berkisar dari 0 pada bagian bawah dan 100 pada bagian atas.
2. Tentukan karakteristik puncak dalam spektrum IR. Semua spektrum IR mengandung banyak puncak. Selanjutnya melihat data daerah gugus fungsi yang diperlukan untuk membaca spektrum.
3. Tentukan daerah spektrum di mana puncak karakteristik ada. Spektrum IR dapat dipisahkan menjadi empat wilayah. Rentang wilayah pertama dari 4.000 ke 2.500. Rentang wilayah kedua dari 2.500 sampai 2.000. Rentang wilayah ketiga berkisar dari 2.000 sampai 1.500. Rentang wilayah ketigaberkisar dari 1.500 ke 400.
4. Tentukan kelompok fungsional diserap pada wilayah pertama. Jika spektrum memiliki karakteristik puncak 4.000 hingga 2.500, puncak sesuai dengan penyerapan yang disebabkan oleh NH, CH dan obligasi OH tunggal.

5. Tentukan kelompok fungsional yang diserap pada wilayah kedua. Jika spektrum memiliki karakteristik puncak 2.500 hingga 2.000, puncak sesuai dengan penyerapan yang disebabkan oleh ikatan rangkap tiga.
6. Tentukan kelompok fungsional diserap pada wilayah ketiga. Jika spektrum memiliki karakteristik puncak 2.000 sampai 1.500, puncak sesuai dengan penyerapan yang disebabkan oleh ikatan rangkap seperti C = O, C = N dan C = C.
7. Bandingkan puncak di wilayah ketiga spektrum IR lain. Yang ketiga dikenal sebagai daerah sidik jari dari spektrum IR dan mengandung sejumlah besar puncak serapan yang *account* untuk berbagai macam ikatan tunggal. Jika semua puncak dalam spektrum IR, termasuk yang di wilayah keempat, adalah identik dengan puncak spektrum lain, maka Anda dapat yakin bahwa dua senyawa adalah identik.

Tabel II.7 Tabel daerah serapan gugus fungsi dalam FTIR (McMurry, 2004)

Gugus	Jenis Senyawa	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)
C-H	Alkana	2850-2960, 1350-1470
C-H	Alkena	3020-3080, 675-870
C-H	Aromatik	3000-3100, 675-870
C-H	Alkuna	3300
C=C	Alkena	1640-1680
C=C	aromatik (cincin)	1500-1600
C-O	alkohol, eter, asam karboksilat, ester	1080-1300
C=O	aldehida, keton, asam karboksilat, ester	1690-1760
O-H	alkohol, fenol (monomer)	3610-3640
O-H	alkohol, fenol (ikatan H)	2000-3600 (lebar)
O-H	asam karboksilat	3000-3600 (lebar)
N-H	Amina	3310-3500
C-N	Amina	1180-1360
-NO ₂	Nitro	1515-1560, 1345-1385

II.6 Pengujian Densitas

Densitas adalah konstanta atau tetapan bahan yang bergantung pada suhu untuk padat, cair, dan bentuk gas yang homogeny, didefinisikan sebagai hubungan dari massa (m) suatu bahan terhadap volumenya. Atau densitas adalah suatu karakteristik bahan yang penting yang digunakan untuk pengujian identitas dan kemurnian dari bahan utama dan bahan pelarut (Kunto, 2011). Metode penentuan densitas dapat dilakukan dengan berbagai cara sebagai berikut:

1. Metode Piknometer. Prinsip metode ini didasarkan atas penentuan massa cairan dan penentuan ruang, yang ditempatkan cairan ini. Untuk ini dibutuhkan wadah untuk menimbang yang dinamakan piknometer. Ketelitian metode piknometer akan bertambah hingga mencapai keoptimuman tertentu dengan bertambahnya volume piknometer.
2. Metode Neraca Hidrostatik. Metode ini berdasarkan hukum Archimedes yaitu suatu benda yang dicelupkan ke dalam cairan akan kehilangan massa sebesar berat volume cairan yang terdesak.
3. Metode Neraca Mohr-Westphal. Benda dari kaca dibenamkan tergantung pada balok timbangan yang di toreh menjadi 10 bagian sama dan disetimbangkan dengan bobot lawan. Keuntungan penentuan kerapatan dengan neraca Mohr-Westphal adalah penggunaan waktu yang singkat dan mudah dilaksanakan.
4. Metode areometer. Penentuan kerapatan dengan aerometer didasarkan pada pembacaan seberapa dalamnya tabung gelas tercelup yang sepihak diberatkan dan pada kedua ujung ditutupi dengan pelelehan.

Prosedur penentuan densitas yang sesuai pada ASTM D792 – 13 adalah sebagai berikut:

1. Timbang piknometer kosong menggunakan neraca digital kemudian catat hasilnya,
2. Pipet cairan sampel dan masukkan ke dalam piknometer hingga terisi penuh sesuai dengan volume piknometer,
3. Tutup rapat piknometer kemudian bersihkan daerah luar piknometer dari cairan yang menempel menggunakan tisu supaya tidak mempengaruhi penimbangan,

4. Timbang piknometer yang telah diisi cairan sampel menggunakan neraca digital kemudian catat hasilnya,
5. Dari data penimbangan berupa massa serta volume pada piknometer dilakukan perhitungan sesuai dengan rumus berikut

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (\text{II.1})$$

II.7 Pengujian Rendemen

Rendemen adalah perbandingan jumlah (kuantitas) bahan HTPB yang dihasilkan dari fraksinasi HTPB. Rendemen menggunakan satuan persen (%). Makin tinggi nilai rendemen yang dihasilkan menandakan nilai HTPB yang dihasilkan makin banyak. (Fahmi, 2016). Jumlah rendemen yang di dapat dapat di hitung dengan rumus berikut:

$$\% \text{ Rendemen} = \frac{\text{jumlah HTPB setelah fraksinasi}}{\text{jumlah HTPB sebelum di fraksinasi}} \times 100\% \quad (\text{II.2})$$

BAB III METODE PENELITIAN

III.1 Waktu dan Tempat Penelitian

III.1.1 Waktu Penelitian

Waktu yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah sejak tanggal 06 Januari 2020 sampai 31 Maret 2020 dalam kurun waktu kurang lebih 3 (tiga) bulan, 2 bulan untuk pengumpulan data dan 1 bulan untuk pengolahan data yang meliputi penyajian dalam bentuk laporan tugas akhir dan proses bimbingan berlangsung.

III.1.2 Tempat Penelitian

Tempat penelitian ini adalah di lingkungan Pusat Teknologi Raket – LAPAN, Jl Raya Lapan Rumpin No.2, Mekarsari, Rumpin, Kabupaten Bogor. Jawa Barat 16350. Tepatnya pada Laboratorium Insulasi Termal dan HTPB.

III.2 Alat dan Bahan Penelitian

III.2.1 Alat Penelitian

1. 1 buah labu didih 3 leher
2. 2 buah kolom kondensor
3. 2 buah keran fraksinasi
4. 3 buah statif
5. 1 buah *heater*
6. 1,5 meter selang Teflon
7. 8 buah gelas ukur
8. 1 buah konektor T kolom kondensor
9. 2 buah konektor T selang
10. 1 buah mesin sirkulator kolom kondensor
11. 1 buah *sprayer* ukuran 6 mm
12. 1 buah pompa *sprayer*
13. 1 buah pompa angina
14. 1 buah *magnetic stirrer*
15. 1 buah *Thermometer*
16. 1 unit mesin FTIR Merk Shimadzu Tipe IRAffinity – 1S

17. 1 buah neraca analitik
18. 4 buah piknometer 10 mL
19. 1 buah oven

III.2.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan untuk pemisahan adalah 94 mL HTPB dengan persentase berat cis 4%, trans 32% dan vinil 64% yang sudah tersedia di Pusat Teknologi Roket – LAPAN. Serta 376 mL pelarut yang terdiri dari tetrahidrofur (THF) dengan kemurnian 99,5% dan etanol dengan kemurnian 96%, pembagian volume sebagai berikut:

Tabel III.1 Variasi Volume Pelarut

Keterangan	Jumlah Volume	
	THF (mL)	Etanol (mL)
Variasi Volume Pelarut P ₁	376	0
Variasi Volume Pelarut P ₂	338,4	37,6
Variasi Volume Pelarut P ₃	300,8	75,2
Variasi Volume Pelarut P ₄	263,2	112,8

III.3 Variabel Penelitian

Terdapat dua variabel yang mempengaruhi pemisahan HTPB melalui CPSF yaitu variabel tetap dan variabel bebas.

III.3.1 Variabel Tetap

Variabel tetap adalah suatu variabel yang tidak berubah selama penelitian ini berlangsung. Variabel tetap yang digunakan selama penelitian ini, yaitu:

Tabel III.2 Variabel Tetap

No	Variabel Tetap	Keterangan
1	Volume HTPB	94 mL
2	Volume umpan	470 mL
3	Volume sampel	20 mL
4	Jumlah pengambilan sampel	8 kali (4 kali pada keran atas dan 4 kali pada keran bawah)
5	Suhu dalam kolom kondensor	30°C

III.3.2 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang divariasikan selama penelitian ini berlangsung, bertujuan untuk mendapatkan hasil terbaik pada sampel pemisahan HTPB. Variabel bebas yang digunakan yaitu:

Tabel III.3 Variabel Bebas

No	Variabel Bebas	Keterangan
1	Volume Pelarut	P1, P2, P3 dan P4
2	Waktu pengambilan sampel	$t_1=1$ jam, $t_2=2$ jam, $t_3=3$ jam hingga $t_4=4$ jam
3	Kecepatan aliran debit sampel	<ul style="list-style-type: none">• Variasi pertama, Q_1 0,0550 mL/s (sebagai keran fraksinasi atas, F1) : 0,1100 mL/s (sebagai keran fraksinasi bawah, F2)• Variasi kedua, Q_2 0,0550 mL/s (sebagai keran fraksinasi atas, F1) : 0,2200 mL/s (sebagai keran fraksinasi bawah, F2).

III.4 Prosedur Penelitian

Proses pemisahan HTPB (*Hidroxy Termination Polybutadiene*) diawali dengan menghidupkan mesin sirkulator air pada kolom kondensor serta diatur pada suhu 30°C setelah itu 94 mL larutan HTPB dimasukkan kedalam labu didih, kemudian diaduk selama 10 menit dengan kecepatan 7 rpm, setelah 10 menit masukkan pelarut yang telah ditentukan variasinya (P₁, P₂, P₃ dan P₄) dengan cara disemprotkan menggunakan pompa masuk kedalam labu didih, kemudian diaduk kembali selama 20 menit dengan kecepatan 7 rpm pada suhu 30°C hingga merata. Setelah 20 menit HTPB dan pelarut yang ada di dalam labu didih dipompakan menggunakan pompa angin dengan tekanan 1 bar untuk mendorong campuran HTPB dengan pelarut di dalam labu didih keluar ke kolom kondensor, di dalam kolom kondensor campuran HTPB dengan pelarut tersebut didiamkan selama $t=1$ jam hingga $t=4$ jam supaya massa HTPB tersebar sempurna (molekul HTPB yang paling berat berada di posisi keran bawah dan molekul HTPB yang paling ringan berada di posisi keran atas) setelah didiamkan selama t (1 jam hingga 4 jam) yang telah ditentukan, sampel HTPB diambil menggunakan erlenmeyer sebanyak 20 mL/sampel yang kemudian dilakukan pengujian densitas dengan menggunakan piknometer, pengujian rendemen dengan menggunakan oven dalam suhu 70°C untuk menguapkan pelarut yang ada pada sampel dan memperoleh HTPB hasil pemisahan serta pengujian isomer HTPB dengan menggunakan spektroskopi IR untuk menentukan jumlah intensitas isomer molekul yang kemudian menentukan persentase berat isomer molekul cis, vinil dan trans produk HTPB. Diagram alir penelitian ditampilkan pada gambar III.1 dan III.2.

III.4.1 Analisis dan Pengujian HTPB (*Hidroxy Terminated Polybutadiene*)

Sampel yang telah diambil dari proses pemisahan dengan menggunakan metode *Continuous Polymer Sprayer Fractionation* (CPSF) kemudian dipersiapkan untuk dianalisis dan dilakukan pengujian.

a. Pengujian Densitas

Densitas didefinisikan sebagai massa suatu zat per satuan volume bahan tersebut. Densitas suatu zat dapat diperoleh dengan menggunakan piknometer. Piknometer yang digunakan harus benar – benar kering agar berat yang diperoleh benar – benar merupakan berat piknometer. Setelah piknometer kosong ditimbang, kemudian dimasukkan cairan yang akan diukur yaitu HTPB, THF dan etanol, sampai penuh dan diimpitkan agar tidak terbentuk gelembung udara yang dapat mempengaruhi berat cairan. Setelah itu, bagian luar piknometer dikeringkan dengan tisu agar tidak mengganggu berat cairan yang ada dalam piknometer. Setelah itu piknometer dan cairan ditimbang dan dicatat hasilnya. Secara matematika massa jenis dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad \text{(III.1)}$$

keterangan:

- ρ = massa jenis (g/mL)
- m = massa (gr)
- v = volume (mL).

b. Perhitungan Persentase Rendemen

Rendemen adalah perbandingan jumlah (kuantitas) bahan HTPB yang dihasilkan dari fraksinasi HTPB. Rendemen menggunakan satuan persen (%). Makin tinggi nilai rendemen yang dihasilkan menandakan nilai HTPB yang dihasilkan makin banyak. (Fahmi, 2016). Jumlah rendemen yang di dapat dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\% \text{ Rendemen} = \frac{\text{jumlah HTPB setelah fraksinasi}}{\text{jumlah HTPB sebelum di fraksinasi}} \times 100\% \quad \text{(III.2)}$$

c. Analisis Persentase Berat Isomer HTPB

Isomer HTPB adalah hasil HTPB yang telah bebas dari pelarut fraksinasi dan diuji kadar cis, trans, dan vinilnya dengan spektrometer infra merah (FTIR), di mana hasilnya terdapat serapan cis, vinil dan trans pada bilangan gelombang tertera tabel III.4 di bawah ini.

Tabel III.4 Isomer cis, vinil dan trans HTPB dalam frekuensi FTIR (Wibowo, 2012)

Konfigurasi struktur isomer	Bilangan gelombang (cm ⁻¹)
Cis – 1,4	690 – 730
Vinil – 1,2	910 – 920
Trans – 1,4	960 – 970

Dengan menggunakan Hukum Lambert – Beer bahwa nilai persentase berat isomer cis, trans dan vinil adalah sebanding dengan intensitas dari spektra infra merahnya, maka dapat diperoleh rumus persentase berat cis, trans dan vinil adalah

$$\%W \text{ Cis (isomer Cis)} = \frac{A_i}{A_i+B_i+C_i} \times 100\% \quad \text{(III.3)}$$

$$\%W \text{ Vinil (isomer Vinil)} = \frac{B_i}{A_i+B_i+C_i} \times 100\% \quad \text{(III.4)}$$

$$\%W \text{ Trans (isomer Trans)} = \frac{C_i}{A_i+B_i+C_i} \times 100\% \quad \text{(III.5)}$$

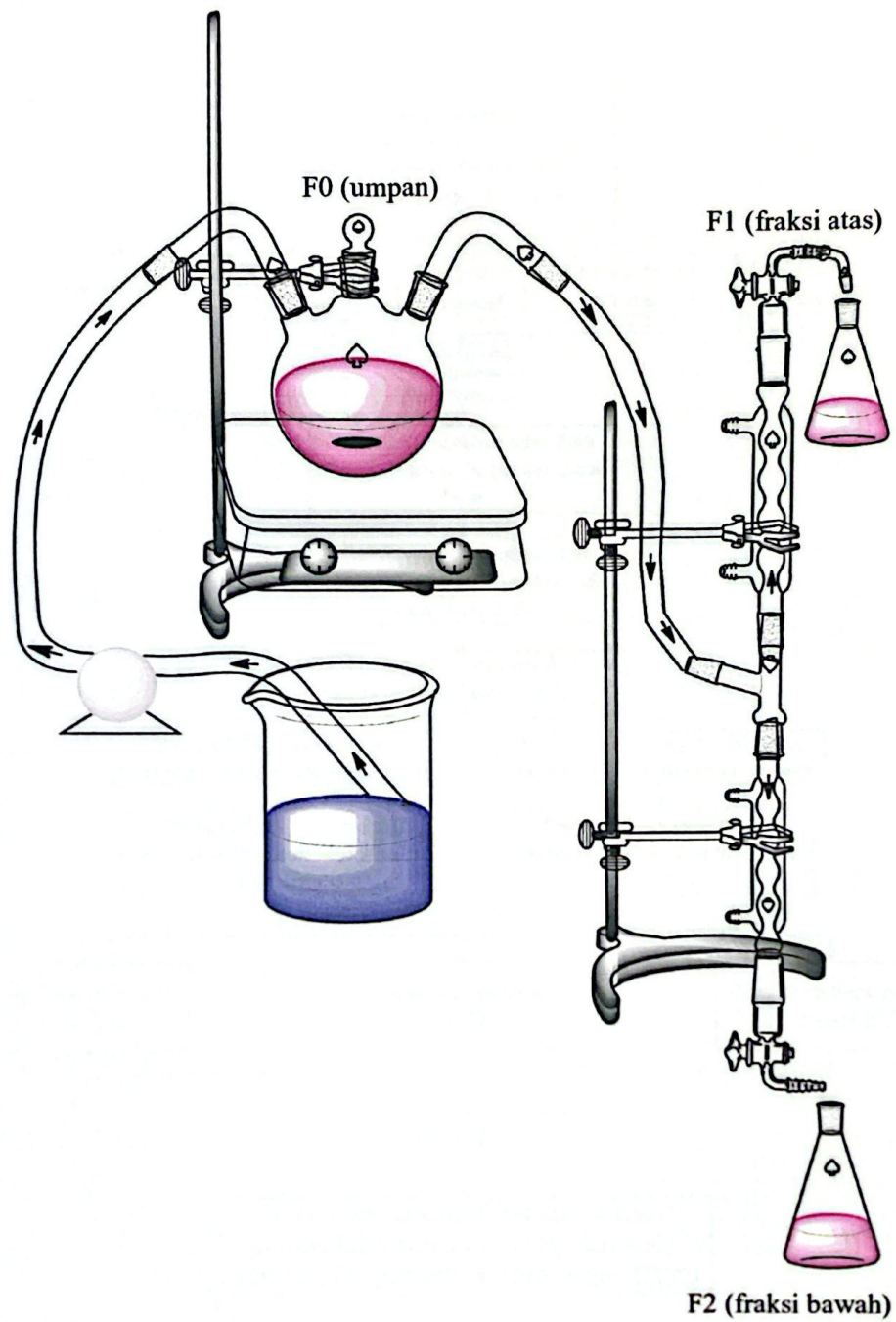
Keterangan:

A_i,B_i dan C_i = Nilai intensitas dari spektra infra merah cis, vinil dan trans

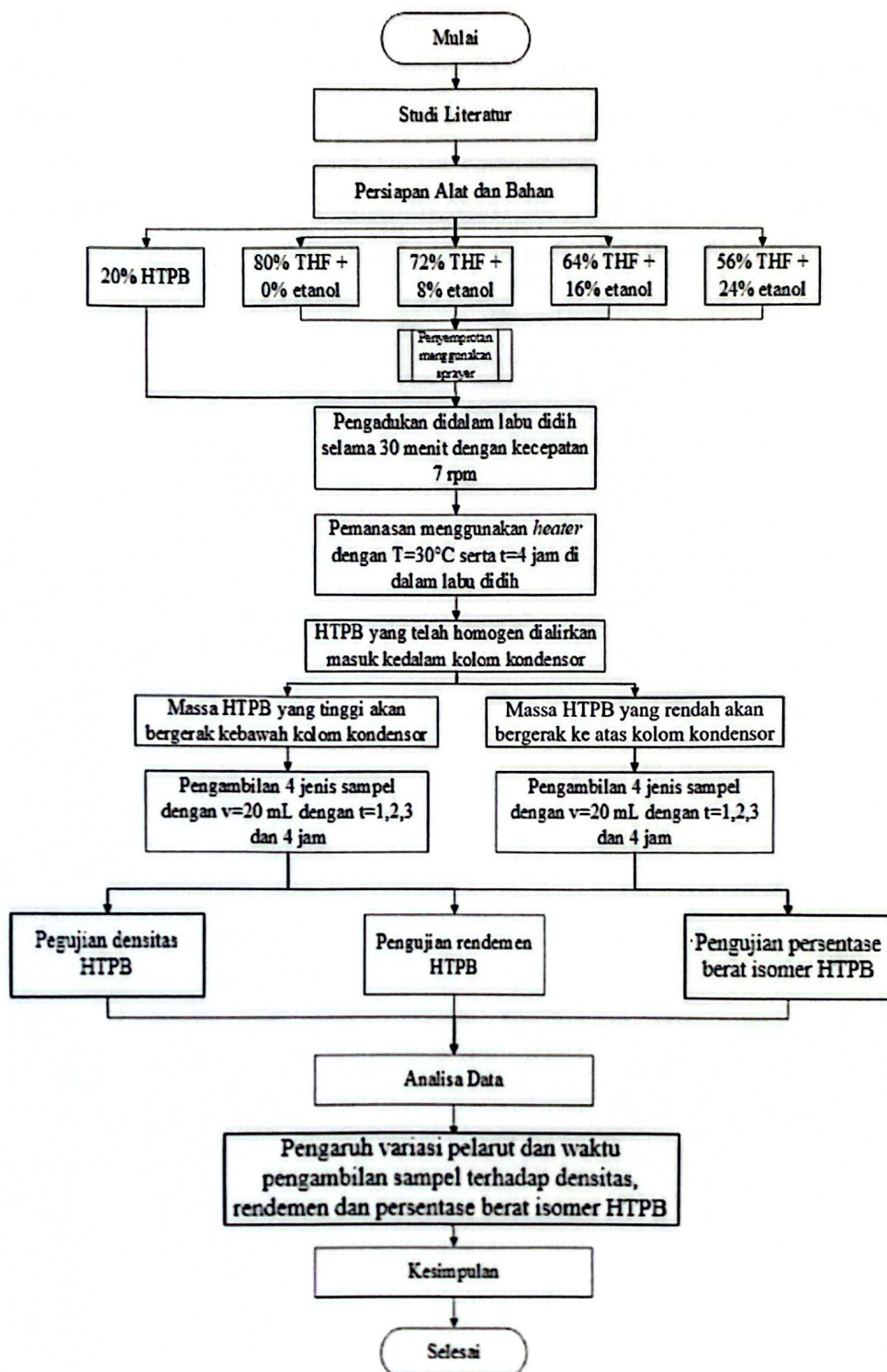
HTPB memiliki standar mutu komersial dalam pembuatan *fuel binder* propelan roket yang disajikan dalam tabel III.5 di bawah ini.

Tabel III.5 Standar mutu komersial HTPB dalam *fuel binder* propelan (Wibowo, 2012)

Item	I	II	III	IV
Berat Molekul (Mn) gr/mol	2800 – 3500	2800 – 3500	2500 - 5000	2500 – 5000
Polidispersi, Zn	1.1	1.2	>1.2	>1.2
Persentase berat isomer cis	>30%	>30%	>10%	>0%
Persentase berat isomer trans	>35%	>35%	>25%	>15%



Gambar III.1 Alir proses pemisahan menggunakan *Continuous Polymer Sprayer Fractionation*



Gambar III.2 Diagram Alir Penelitian

III.5 Jadwal Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini berlangsung dari 06 Januari 2020 sampai 31 Maret 2020. Persiapan administrasi, uji pendahuluan, dan penyusunan proposal dilakukan pada bulan Desember 2019. Pembuatan sampel, pengujian sampel, dan analisis data sampel dilakukan pada 06 Januari 2020 s.d 31 Maret 2020, sedangkan penyusunan dan penyempurnaan laporan tugas akhir dilakukan pada 31 Maret 2020 s.d 30 April 2020.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi pelarut dan waktu pengambilan sampel terhadap densitas, rendemen dan persentase berat isomer HTPB serta untuk memperoleh variasi pelarut dan waktu pengambilan sampel yang optimum dengan hasil HTPB sesuai dengan standar yang diinginkan dalam *fuel binder* propelan. Pembahasan dari setiap tujuan tersebut akan dijelaskan dalam sub bab yang berbeda. Data – data dalam bab ini akan ditampilkan dalam bentuk grafik dan tabel hasil olahan untuk memudahkan dalam hal pembahasan. Data asli dari setiap percobaan disertakan dalam lampiran.

IV.1 Pengaruh Variasi Pelarut dan Waktu Pengambilan Sampel Terhadap Densitas, Rendemen Dan Persentase Berat Isomer HTPB

IV.1.1 Pengaruh Variasi Pelarut dan Waktu Pengambilan Sampel Terhadap Densitas HTPB

Tabel IV.1 Hasil pengamatan densitas HTPB pada variasi pelarut P1, P2, P3 dan P4 serta waktu t1, t2, t3 dan t4

Variasi Pelarut	Keran	Variasi Aliran Debit	Densitas (g/mL) terhadap waktu pengambilan sampel			
			1 Jam	2 Jam	3 Jam	4 Jam
P ₁	ρF_1	Q ₁	0,8665	0,8667	0,8666	0,8582
			ρF_2	0,8683	0,8719	0,8740
	ρF_1	Q ₂	0,8729	0,8707	0,8580	0,8645
			ρF_2	0,8756	0,8747	0,8691
P ₂	ρF_1	Q ₁	0,8549	0,8585	0,8425	0,8580
			ρF_2	0,8595	0,8537	0,8655
	ρF_1	Q ₂	0,8660	0,8656	0,8673	0,8602
			ρF_2	0,8519	0,8537	0,8563
P ₃	ρF_1	Q ₁	0,8334	0,8304	0,8357	0,8273
			ρF_2	0,8599	0,8444	0,8455
	ρF_1	Q ₂	0,8316	0,8495	0,8452	0,8375
			ρF_2	0,8592	0,8589	0,8676
P ₄	ρF_1	Q ₁	0,8261	0,8333	0,8318	0,8408
			ρF_2	0,8441	0,8460	0,8442
	ρF_1	Q ₂	0,8347	0,8412	0,8274	0,8270
			ρF_2	0,8459	0,8488	0,8525

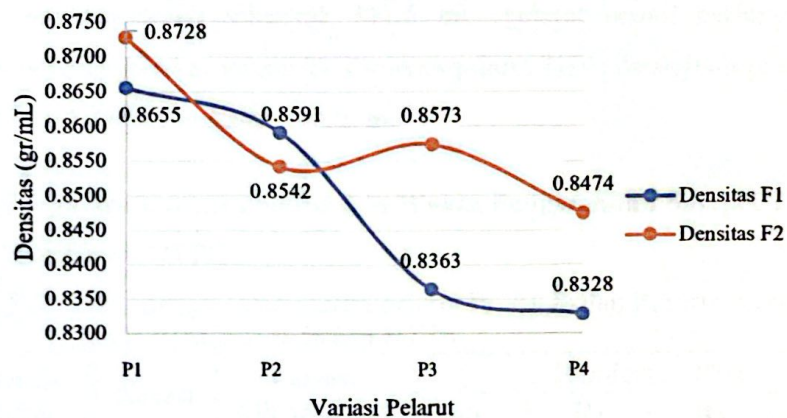
Dari tabel tersebut menunjukkan bahwa nilai densitas dari setiap pelarut mengalami kenaikan atau penurunan seiring bertambahnya waktu (perhitungan

lengkap ada pada lampiran D.1). Hal ini disebabkan karena pada pengambilan sampel dalam t_1 massa HTPB dengan pelarut baru memulai penyebarannya dengan mengisi ruang pada kolom kondensor. HTPB dapat bergerak bebas karena sifatnya yang larut dalam pelarut THF dan etanol, HTPB dengan massa tinggi akan berada pada fraksi bawah (F_2) sedangkan HTPB dengan massa rendah akan berada pada fraksi atas (F_1). Dalam t_2 HTPB masih bergerak bebas di dalam ruang kolom kondensor karena jumlah volume yang masih banyak terdapat di dalam kolom kondensor. Dalam t_3 HTPB juga masih dapat bergerak bebas di dalam kolom kondensor namun pergerakannya sudah mengalami perlambatan karena volume yang berada di dalam ruang kolom kondensor sudah mulai berkurang seiring diambilnya volume pada setiap sampel, massa HTPB pun sudah makin tersebar secara merata dengan massa yang lebih tinggi mengendap pada fraksi bawah (F_2) sedangkan massa yang rendah bergerak ke atas menuju fraksi atas (F_1). Dalam t_4 distribusi massa HTPB sudah berhenti dengan habisnya volume yang berada di ruang kolom kondensor.

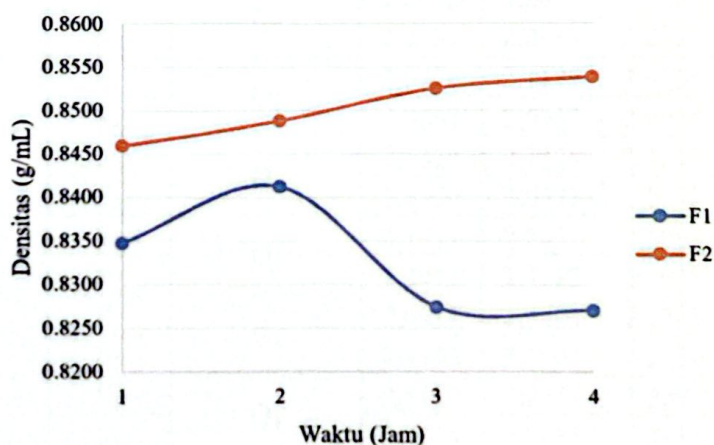
Dalam variasi pelarut P_2 dengan aliran debit Q_2 mempunyai nilai densitas yang tidak sesuai dengan prinsip dasar fraksinasi polimer, karena pada variasi ini nilai densitas pada fraksi F_1 nilainya lebih besar dari pada fraksi F_2 dari t_1 hingga t_4 . Hal ini disebabkan karena adanya rangkaian alat yang bocor, yaitu selang yang mengalirkan larutan dari labu didih menuju kolom kondensor mengalami kebocoran sehingga mengakibatkan sebagian massa HTPB keluar dari selang dan tidak dapat tersebar merata di dalam kolom kondensor. Maka dari itu, pada bagian pelarut P_2 dengan aliran debit Q_2 nilai densitas dianggap tidak ada karena pada prinsip dasar fraksinasi polimer seharusnya HTPB dengan massa tinggi akan berada pada fraksi F_2 sedangkan HTPB dengan berat molekul rendah akan berada pada fraksi F_1 .

Hasil densitas HTPB juga akan meningkat atau menurun tergantung dari jumlah pelarut yang berkontribusi. Pada penelitian ini dengan variasi P_1 memiliki nilai rata-rata densitas HTPB tertinggi karena hanya terdiri dari kandungan HTPB dan THF di mana pada HTPB memiliki densitas sebesar 0,899 g/mL dan THF memiliki

densitas sebesar 0,889 g/mL sedangkan pada variasi P4 memiliki nilai densitas rata – rata terendah karena terdiri dari tiga kandungan yaitu HTPB, THF dan etanol di mana masing – masing kandungan tersebut memiliki densitas 0,889 g/mL, 0,887 g/mL dan 0,7893 g/mL yang artinya jika makin banyak jumlah pelarut etanol yang digunakan maka nilai rata – rata densitas sampel akan terus berkurang.



Gambar IV.1 Kurva pengaruh variasi pelarut P₁, P₂, P₃ dan P₄ terhadap densitas HTPB



Gambar IV.2 Kurva pengaruh variasi pelarut P₄ serta variasi waktu t₁, t₂, t₃ dan t₄ dengan aliran debit Q₂ terhadap densitas HTPB

Dalam percobaan ini variasi pelarut P₄ dengan aliran debit Q₂ mempunyai kontribusi baik dalam fraksinasi polimer HTPB karena pada fraksi F₁ menghasilkan kurva yang makin menurun seiring berjalannya waktu sedangkan fraksi F₂ menghasilkan kurva yang makin naik seiring berjalannya waktu meskipun

pada fraksi F_1 ada kurva yang naik pada t_1 hingga t_2 namun itu masih masuk ke dalam toleransi, jika ditarik garis linear kedua kurva tersebut akan memiliki garis lurus yang di mana fraksi F_1 akan turun dan fraksi F_2 akan naik, hal tersebut sesuai dengan prinsip fraksinasi HTPB dan pelarut yang dianggap dapat berkontribusi dalam fraksinasi HTPB adalah etanol dengan variasi pelarut P_4 atau jumlah pelarut etanol yang tercampur sebanyak 112,8 mL, pelarut etanol berfungsi untuk mengurangi penggunaan pelarut THF karena pelarut THF adalah jenis pelarut yang susah ditemukan dan harganya relatif mahal.

IV.1.2 Pengaruh Variasi Pelarut dan Waktu Pengambilan Sampel Terhadap Rendemen HTPB

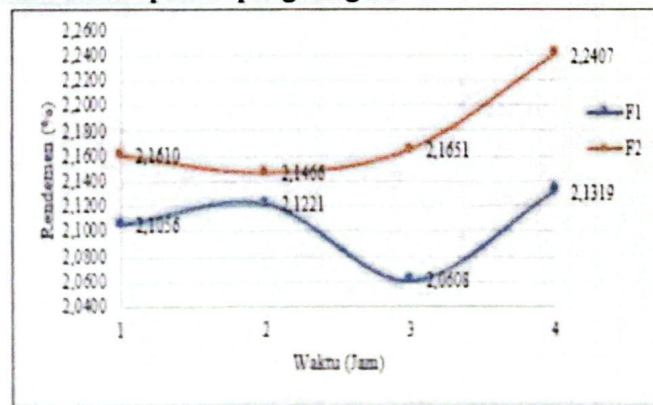
Tabel IV.2 Hasil pengamatan variasi pelarut P_1, P_2, P_3 dan P_4 serta waktu t_1, t_2, t_3 dan t_4 terhadap rendemen HTPB

Variasi Pelarut	Keran	Variasi Aliran Debit	Rendemen (%)			
			R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
P ₁	F ₁	Q ₁	2,1303	2,1132	2,1077	2,1159
	F ₂		2,1123	2,2742	2,1526	2,1661
	F ₁	Q ₂	2,2653	2,2837	2,1869	2,3095
	F ₂		2,2537	2,2939	2,2927	2,4341
P ₂	F ₁	Q ₁	2,0926	2,1177	2,0735	2,0796
	F ₂		2,0861	2,0952	2,0929	2,1750
	F ₁	Q ₂	2,1327	2,1378	2,1893	2,1584
	F ₂		2,1300	2,0771	2,2292	2,1387
P ₃	F ₁	Q ₁	2,1411	2,2052	2,1903	2,0933
	F ₂		2,1411	2,1893	2,1911	2,0935
	F ₁	Q ₂	2,0917	2,1401	2,1388	2,2366
	F ₂		2,1733	2,2001	2,2224	2,2656
P ₄	F ₁	Q ₁	2,1937	2,2747	2,2087	2,2447
	F ₂		2,4344	2,2688	2,2455	2,2633
	F ₁	Q ₂	2,1056	2,1221	2,0608	2,1319
	F ₂		2,1610	2,1466	2,1651	2,2407

Hasil pengamatan rendemen (%) HTPB dari variasi P_1 hingga P_4 etanol mengalami kenaikan dan penurunan seiring berjalannya waktu sesuai dalam tabel di atas (perhitungan lengkap ada pada lampiran D.2), hal tersebut disebabkan oleh perbedaan kandungan massa HTPB pada saat proses, karena pada prinsip dasar

fraksinasi polimer, massa HTPB dapat bergerak bebas karena sifatnya yang larut dalam pelarut THF dan etanol, HTPB yang memiliki massa yang tinggi akan berada pada fraksi bawah (F_2) sedangkan HTPB yang memiliki massa yang rendah akan berada pada fraksi atas (F_1). Hal tersebut dibuktikan pada tabel IV.2 di mana nilai rendemen fraksi F_2 yang dihasilkan selalu lebih besar dari nilai rendemen fraksi F_1 . Namun dalam variasi pelarut P_2 dengan aliran debit Q_2 mempunyai nilai rendemen yang tidak sesuai dengan prinsip dasar fraksinasi polimer, karena pada variasi ini nilai rendemen pada fraksi F_1 nilainya lebih besar dari pada fraksi F_2 . Hal ini disebabkan karena adanya rangkaian alat yang bocor, yaitu selang yang mengalirkan larutan dari labu didih menuju kolom kondensor mengalami kebocoran sehingga mengakibatkan sebagian massa HTPB keluar dari selang dan tidak dapat tersebar merata di dalam kolom kondensor. Maka dari itu, pada variasi pelarut P_2 dengan aliran debit Q_2 nilai rendemen dianggap tidak ada.

Pengaruh lainnya dari naik turunnya kurva hasil rendemen HTPB adalah lama pengeringan di dalam oven, karena pada prinsipnya pengeringan menyangkut proses perpindahan panas dan perpindahan massa secara simultan (tabel tertera di lampiran D.3). Lama waktu pengeringan berbanding lurus dengan jumlah kandungan HTPB pada setiap rendemen. Hal ini menunjukkan bahwa makin kecil kandungan HTPB yang dihasilkan maka akan makin cepat pula waktu yang dibutuhkan dalam proses pengeringan.



Gambar IV.3 Kurva pengaruh variasi pelarut P_4 serta waktu t_1 , t_2 , t_3 dan t_4 dengan aliran debit Q_2 terhadap rendemen HTPB

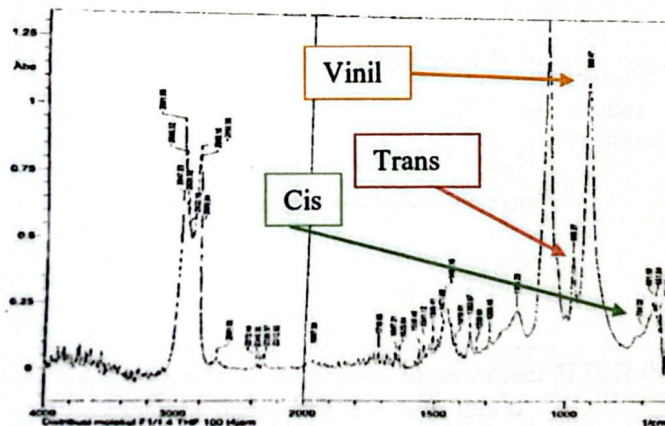
variasi pelarut P4 dengan aliran debit Q2 dapat berkontribusi dalam fraksinasi polimer HTPB karena pada variasi ini fraksi F1 menghasilkan kurva yang nilainya di bawah fraksi F2 seiring berjalannya waktu, jika ditarik garis linear kedua kurva tersebut akan memiliki garis lurus dengan fraksi F1 dan fraksi F2 akan naik. Pada variasi pelarut sebelum – sebelumnya, kurva fraksi F2 selalu menunjukkan lebih tinggi dari pada fraksi F1 namun dilihat kembali dari jumlah etanol yang dapat menggantikan pelarut THF dalam proses fraksinasi polimer HTPB. Pelarut etanol digunakan untuk mengurangi penggunaan pelarut THF karena pelarut THF adalah jenis pelarut yang susah ditemukan dan harganya relatif mahal.

IV.1.3 Pengaruh Variasi Pelarut dan Waktu Pengambilan Sampel Terhadap Persentase Berat Isomer HTPB

Tabel IV.3 Hasil pengamatan variasi pelarut P₁, P₂, P₃ dan P₄ serta Waktu t₁, t₂, t₃ dan t₄ terhadap persentase berat isomer HTPB

Variasi Pelarut	Variasi Aliran Debit	Jenis Keran	t ₁ Sampel (jam)	Persentase berat isomer Cis (%)	Persentase berat isomer Vinyl (%)	Persentase berat isomer Trans (%)	Variasi Pelarut	Variasi Aliran Debit	Jenis Keran	t ₁ Sampel (jam)	Persentase berat isomer Cis (%)	Persentase berat isomer Vinyl (%)	Persentase berat isomer Trans (%)		
P1	Q1	F1	1	7,7147	69,1151	23,1702	P3	Q1	F1	1	13,1844	62,5965	24,2190		
			2	7,8911	69,6587	22,4502				2	12,9356	62,9914	24,0730		
			3	8,7643	65,4435	25,7922				3	13,4774	62,5528	23,9698		
			4	7,9503	69,6841	22,3656				4	13,3630	56,6561	29,9809		
		F2	1	8,0338	68,8731	23,0931			1	12,9376	62,7868	24,2756			
			2	8,4063	68,8329	22,7608			2	14,6173	61,3027	24,0800			
			3	7,7911	69,7139	22,4950			3	15,5686	60,7990	23,6324			
			4	7,5511	70,4336	22,0153			4	12,1019	64,0198	23,8783			
	Q2	F1	1	8,8014	62,6289	28,5697		1	11,2734	65,0288	23,6978				
			2	7,9318	66,7743	25,2939		2	11,8456	64,1391	24,0153				
			3	8,4345	66,2861	25,2795		3	12,2433	64,0375	23,7192				
			4	8,0145	66,6851	25,3005		4	11,9594	64,3863	23,6543				
		F2	1	8,6613	63,7816	27,5571		1	11,4524	65,0228	23,5248				
			2	8,1086	66,5528	25,3386		2	11,4663	65,0790	23,4547				
			3	7,8935	66,6494	25,4570		3	12,4874	64,0807	23,4319				
			4	6,7592	68,1202	25,1206		4	11,4501	65,1294	23,4206				
	P2	Q1	F1	1	10,5362	63,3678		26,0960	P4	Q1	F1	1	15,1816	56,8636	27,9547
				2	10,4377	64,6871		24,8752				2	15,8404	56,6874	27,4722
				3	10,2529	64,2724		25,4747				3	15,3667	56,8123	27,8210
				4	9,9454	65,5052		24,5494				4	14,3715	58,1737	27,4548
F2			1	11,2892	62,9206	25,7902	1	16,3858			55,0364	28,5778			
			2	10,6336	63,6364	25,7301	2	15,2469			57,2593	27,4938			
			3	12,7143	61,1965	26,0892	3	14,9466			57,6636	27,3899			
			4	10,0624	65,1382	24,7994	4	14,2355			58,1925	27,5720			
Q2		F1	1	10,2801	66,4300	23,2899	1	14,8753		58,8188	26,3059				
			2	9,7478	67,7142	22,5380	2	14,4191		58,5897	26,9913				
			3	9,4189	67,8757	22,7054	3	14,5396		58,6109	26,8495				
			4	14,3752	62,6357	22,9891	4	14,9942		58,2324	26,7734				
		F2	1	10,4497	65,4998	24,0505	1	14,6340		58,4822	26,8838				
			2	9,6032	67,8180	22,5788	2	15,0525		58,0038	26,9438				
			3	9,6770	66,0790	24,2440	3	14,7674		57,8933	27,3393				
			4	11,0738	65,9194	23,0068	4	15,0859		57,7269	27,1872				

Senyawa n-HTPB mempunyai tiga isomer yaitu cis-1,4 HTPB, vinil-1,2 HTPB, trans-1,4 HTPB, produk komersial HTPB merupakan campuran dari ketiga isomer tersebut. Hasil perhitungan persentase berat isomer cis, vinil dan trans pada puncak serapan spektroskopi infra merah ditampilkan pada tabel di atas (perhitungan lengkap ada pada lampiran D.4), dengan menggunakan Hukum Lambert – Beer maka nilai persentase berat isomer cis, trans dan vinil dapat diperoleh dari intensitasnya karena persentase berat isomer sebanding dengan intensitas dari spektra infra merahnya. Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa berat isomer vinil adalah yang paling besar dibandingkan dengan yang lain. Jumlah cis yang ada dalam campuran akan selalu lebih kecil dibandingkan trans dan vinil karena dalam kecenderungan cis akan berubah ke arah trans maupun vinil. Perubahan cis ke trans lebih besar dari pada perubahan cis ke vinil karena adanya gugus fungsi C-H yang ada pada rantai polimernya hal tersebut sesuai dengan pernyataan wibowo (2016).

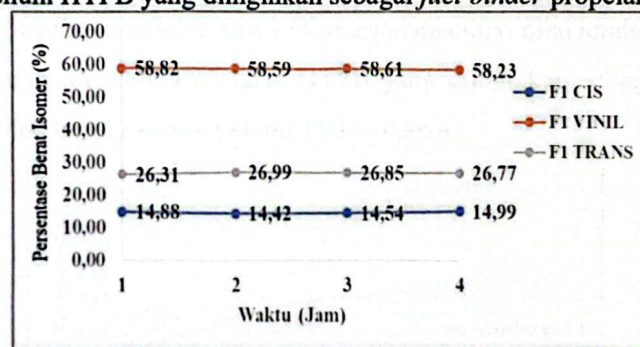


Gambar IV.4 Hasil Spektogram FTIR dari HTPB

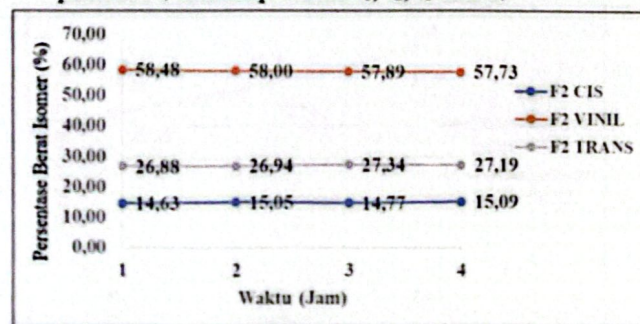
Hasil spektogram FTIR menunjukkan produk cis-1,4 HTPB dengan bilangan gelombang sebesar $704,02\text{cm}^{-1}$, vinil-1,2 HTPB dengan bilangan gelombang sebesar $908,47\text{cm}^{-1}$ dan trans-1,4 HTPB dengan bilangan gelombang sebesar $968,27\text{cm}^{-1}$. Pada ketiga gugus fungsi ini terdapat puncak serapan pada bilangan gelombang $1068,56\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan keberadaan gugus C-O, keberadaan gugus C-O dalam spektogram mengidentifikasi deformasi gugus OH atau hidroksil. Maka didapatkan struktur cis dan trans adalah struktur yang mirip hanya berbeda orientasi gugus OH, namun tidak berbeda dalam ikatan C-C sehingga

reaktifitas tidak berbeda jauh kestabilannya. Hal ini sesuai dengan pernyataan Wibowo bahwa orientasi gugus relatif tidak berpengaruh terhadap reaktifitas suatu senyawa (Wibowo, 2012). Pada isomer cis-1,4 yang tinggi mempunyai sifat yang lunak dan tekanan abrasi yang baik, pada trans-1,4 memiliki sifat yang ulet serta kekerasan tinggi sedangkan pada isomer vinil-1,2 memiliki sifat yang getas dan kelarutan yang rendah.

Dalam penggunaan HTPB untuk *fuel binder* propelan membutuhkan persentase berat isomer cis yang lebih dari 10% dan trans lebih dari 25% hal tersebut akan memberikan untaian polimer yang teratur sehingga memberikan sifat yang fleksibel dan dapat menutupi getasnya isomer vinil. Namun pada variasi pelarut P1 belum masuk kedalam standar mutu yang baik dalam penggunaan HTPB dalam *fuel binder* propelan roket karena hasil dari persentase berat isomer cis masih di bawah 10%, pada gambar di bawah ini ditampilkan variasi pelarut P4 di mana dalam variasi ini telah memenuhi HTPB yang diinginkan sebagai *fuel binder* propelan.



Gambar IV.5 Kurva perubahan presentase berat isomer HTPB (%) pada variasi pelarut P4 terhadap waktu t_1 , t_2 , t_3 dan t_4

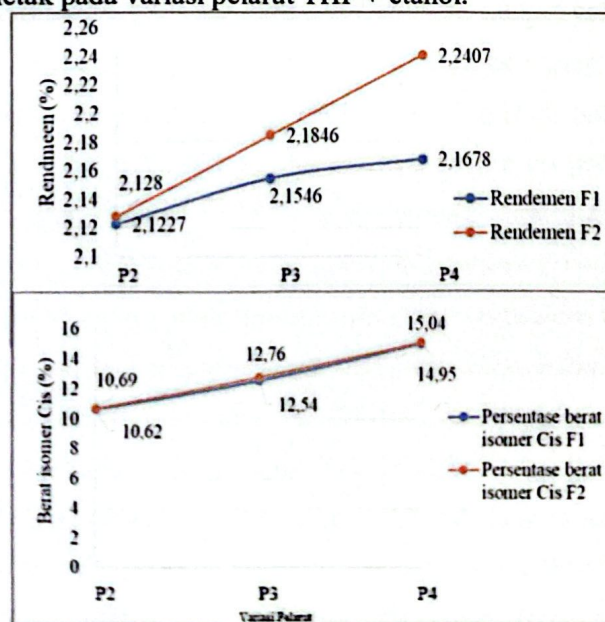


Gambar IV.6 Kurva perubahan presentase berat isomer HTPB (%) pada variasi pelarut P4 terhadap waktu t_1 , t_2 , t_3 dan t_4

Dalam variasi pelarut P4 sudah masuk kedalam standar mutu yang baik dalam penggunaan HTPB dalam *fuel binder* propelan roket yaitu hasil persentase berat isomer cis dan trans telah di atas 10% dan 25%, penggunaan pelarut etanol untuk menggantikan jumlah pelarut THF juga sudah dianggap cukup karena jumlah etanol yang digunakan sebagai pelarut sebesar 112,8 mL atau menyumbang 24% dari total larutan yang digunakan dalam fraksinasi, pelarut etanol berfungsi untuk mengurangi penggunaan pelarut THF karena pelarut THF adalah jenis pelarut yang susah ditemukan dan harganya relatif mahal.

IV.2 HTPB Yang Diinginkan Sebagai *Fuel Binder* Propelan Dengan Variasi Pelarut dan Waktu Pengambilan Sampel Optimum

HTPB untuk kepentingan *fuel binder* propelan diinginkan memiliki kadar cis yang tinggi dan memiliki kadar vinil yang rendah (Wibowo, 2016). Sebagai acuan, biasanya persentase berat isomer cis HTPB untuk *fuel binder* propelan diinginkan lebih dari 10% dan trans lebih dari 25% dengan memiliki nilai rendemen minimum 2,000%. Dalam penelitian ini hasil HTPB yang diinginkan sebagai *fuel binder* propelan terletak pada variasi pelarut THF + etanol.



Gambar IV.7 Kurva hasil rendemen HTPB dan persentase berat isomer cis terhadap pelarut optimal

Makin banyak kandungan etanol dalam pelarut maka akan makin besar juga rendemen dan persentase berat isomer cis yang dihasilkan, pada variasi pelarut P₂ menghasilkan rata – rata nilai rendemen pada fraksi F₁ sebesar 2,1227% dan pada fraksi F₂ sebesar 2,1280% dalam variasi pelarut ini waktu yang optimal dalam pengambilan sampel yaitu pada t₃ hingga t₄ karena pada waktu tersebut mempunyai nilai rendemen yang tinggi dibanding t₁ hingga t₂ sedangkan untuk persentase berat isomer cis pada variasi pelarut P₂ menghasilkan rata – rata nilai persentase berat isomer cis pada fraksi F₁ sebesar 10,62% dan fraksi F₂ sebesar 10,69%. Dalam variasi pelarut P₃ menghasilkan rata – rata nilai rendemen pada fraksi F₁ sebesar 2,1546% dan pada fraksi F₂ sebesar 2,1846% dalam variasi pelarut ini waktu yang optimal dalam pengambilan sampel yaitu pada t₃ hingga t₄ jam karena pada waktu tersebut mempunyai nilai rendemen yang tinggi dibanding t₁ hingga t₂ sedangkan untuk hasil persentase berat isomer cis pada variasi pelarut P₃ menghasilkan rata – rata nilai persentase berat isomer cis pada fraksi F₁ sebesar 12,54% dan fraksi F₂ sebesar 12,76%. Dalam variasi pelarut P₄ menghasilkan rata – rata nilai rendemen pada fraksi F₁ sebesar 2,1678% dan pada fraksi F₂ sebesar 2,2407% dalam variasi pelarut ini waktu yang optimal dalam pengambilan sampel yaitu pada t₃ hingga t₄ karena pada waktu tersebut mempunyai nilai rendemen yang tinggi dibanding t₁ hingga t₂ sedangkan untuk hasil persentase berat isomer cis pada variasi pelarut P₄ menghasilkan rata – rata nilai persentase berat isomer cis pada fraksi F₁ sebesar 14,95% dan fraksi F₂ sebesar 15,04%. Berdasarkan uraian kurva tersebut maka didapatkan pelarut yang paling optimal dalam proses fraksinasi HTPB adalah variasi pelarut P₄ karena pada variasi pelarut ini dihasilkan nilai rendemen dan persentase berat isomer cis paling tinggi dari pada variasi pelarut lainnya meskipun pada variasi pelarut lainnya memenuhi HTPB yang diinginkan sebagai *fuel binder* propelan namun volume penggunaan pelarut etanol juga dipertimbangkan, pada variasi P₄ menggunakan etanol sebanyak 112,8 mL dengan kata lain penggunaan etanol dalam variasi ini lebih besar dari pada variasi pelarut lainnya. Dan aliran debit yang sesuai adalah Q₂ karena pada aliran debit tersebut kandungan HTPB dapat terdistribusi secara merata, artinya mempunyai perbedaan yang signifikan antara keran fraksi atas, F₁ dengan keran fraksi bawah, F₂.

BAB V PENUTUP

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Variasi pelarut dan variasi waktu pengambilan sampel memiliki pengaruh terhadap nilai densitas, rendemen serta persentase berat isomer HTPB yaitu makin banyak pelarut etanol yang digunakan maka nilai densitas akan makin kecil, nilai rendemen akan makin besar serta nilai persentase berat isomer cis dan trans akan makin besar. Sedangkan makin lama waktu pengambilan sampel maka akan menyebabkan naik turunnya nilai densitas, rendemen dan persentase berat isomer HTPB.
2. HTPB yang diinginkan sebagai *fuel binder* propelan adalah HTPB memiliki persentase rendemen minimum 2,000%, persentase cis minimum 10% dan persentase trans minimum 25%. Dalam proses pemisahan HTPB dengan menggunakan metode CPSF ini pelarut yang optimal yaitu pada variasi pelarut P₄ karena pada variasi ini menghasilkan nilai rendemen 2,2042%, persentase isomer cis sebesar 14,9964% dan persentase isomer trans sebesar 27,3131% serta waktu pemisahan yang paling baik adalah pada t=4 jam dengan aliran debit Q₂ karena pada aliran debit tersebut kandungan massa HTPB dapat terdistribusi secara merata, artinya mempunyai perbedaan yang signifikan antara keran fraksinasi atas, F₁ dengan keran fraksinasi bawah, F₂.

V.2 Saran

1. Pemilihan selang sebagai alat untuk mengalirkan campuran HTPB dan pelarut THF perlu diperhatikan karena sifat THF yang dapat melarutkan segala jenis karet akan membuat selang menjadi getas sehingga dapat membuat kebocoran pada aliran proses.
2. Pemilihan diameter selang juga perlu diperhatikan karena jika selang terus dialirkan pelarut THF akan membuat selang meregang dan dapat terlepas dari konektor labu didih atau dapat terlepas dari konektor kolom kondensor.

DAFTAR PUSTAKA

- BPS - Indonesia. (2014 - 2017): Buletin Statistik Perdagangan Luar Negeri. Jakarta: BPS RI/BPS-Statistic Indonesia.
- Dirjen POM. (1995): Farmakope Indonesia Edisi IV. *Depkes RI*, Jakarta
- Chaturvedi, S. dan Dave, P. (2014): Solid propellants: AP/ HTPB composite propellants, *Arabian Journal of Chemistry*
- Fahmi, M. Saiful. (2016): Kualitas Kertas Seni dari Pelepah Tanaman Salak Melalui Biokraft Jamur *Phanerochaete Crysosporium* dan *Pleurotus Ostreatus* dengan Variasi Konsentrasi NaOH, Skripsi UMS, Surakarta
- McCabe, Smith and Harriot, H. (1993): Unit Operations of Chem Engineering, 5th Edition, Mc Graw Hill, Inc. New York
- McMurry, J. dan R.C. Fay. (2004): McMurry Fay Chemistry. 4th edition. Belmont, CA. : Pearson Education International
- Pyle., H. (2011): Chromatography gel for polymer separation, *J. Polym. Chem*, **12**, 1221.
- Prine, N. (2018): Characterization and Selection of Hidroxyl Terminated Polybutadiene Polymers for High Strain Applications. *University of Southern Mississippi*, 1-6.
- Rosita, G. (2016): Retikulasi Hidroxyl Terminated Polibutadiene (HTPB) Mandiri Dengan Toluene Diisocyanate (TDI) Membentuk Poliuretan Sebagai Fuel Binder Propelan. *Jurnal Teknologi Dirgantara* , 53.
- Setyaningsih, D. (2014): Propelan Padat Komposit. *Penelitian Pusat Teknologi Wahana Dirgantara - LAPAN*, 12.
- Stuart, B., (2004): Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications, Wiley.
- Treyball, Robert. E. (1980): Mass Transfer Operations. McGraw Hill International Editions.
- Wibowo, H., B. (2011): Karakteristik viskoelastisitas binder propelan komposit mandiri berbasis HTPB, *Prosiding SIPTEKGAN XV-2011*, ISBN 978979-1458-51-1.
- Wibowo, H., B. (2012): Struktur polimer polibutadiena dan teknik pengendalian produksi, *Chemistry Progress*, Chem. Prog. Vol 5 No 1.
- Wibowo, H. B. (2013): Pengaruh Komposisi HTPB TDI Terhadap Propelan Mandiri. *Proceeding JASAKIAI*.
- Wibowo, H. B. (2013): Polimerisasi Butadien Menjadi Polibutadien Dengan Katalis Hidrogen Peroksida Dalam Sistem Multi Fasa Suhu Tinggi. *Proceeding JASAKIAI*. Joogjakarta
- Wibowo, H., B. (2014): Peningkatan kualitas propelan mandiri berbasis modifikasi bilangan OH HTPB, *Prosiding Siptekgan*, Jakarta
- Wibowo, H. B. (2015): Reduksi Struktur Vynil Untuk Peningkatan Kualitas HTPB (Hydroxyl Terminated Polybutadiene) Dengan Penggesean Kesetimbangan Isomer. Bogor: *Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional*.
- Wibowo, H. B. (2016): *POLIMER HTPB - Pengembangan Binder Propelan Komposit di Indonesia*. Jakarta: *IBP (Indonesia Book Project)*.

- Wibowo, H. B. (2016): Isomerisasi Polimer Melalui Reaksi Sain Sayef Untuk Mengubah Konfigurasi HTPB (Hydroxyl Terminated Polybutadiene). *Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional*
- Wibowo, H. B., dan Rosita, G. (2014): Pengaruh Berat Molekul HTPB terhadap Reaksi Pembentukan Poliuretan. *Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional - LAPAN*, 729-773.

LAMPIRAN

Lampiran A Lembar Permohonan Penelitian di Pusat Teknologi Raket



BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA INDUSTRI
POLITEKNIK STMI JAKARTA
Jl. Letjen Suprpto No. 26 Cempaka Putih, Jakarta 10510
Telp: (021) 42886064 Fax: (021) 42888206
www.stmi.ac.id

Nomor : 142 /BPSDMI/STMI/XII/2019
Lampiran :
Hal : Permohonan Penelitian

Jakarta, 03 Desember 2019

Yth. Bapak/Ibu Pimpinan
Pusat Penelitian Raket- LAPAN
Jl. Raya Lapan No.2 Mekarsari, Rumpin, Kab. Bogor Jawa Barat

Dalam rangka menambah wawasan dan mengaplikasikan teori yang didapat Mahasiswa/i di Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian RI, dengan ini memohon bantuan Bapak/Ibu agar bersedia menerima mereka yang namanya tersebut di bawah ini untuk melakukan Penelitian di Perusahaan/Instansi yang Bapak/Ibu pimpin selama kurang lebih 6 (enam) bulan.

Adapun nama mahasiswa/i yang akan melakukan Penelitian adalah:

No.	Nama	NIM	Bidang Kompetensi
1.	Dicky Hartanto	1516044	Proses Produksi

Dalam pelaksanaannya kami mengharapkan bantuan bimbingan Bapak/Ibu agar mahasiswa/i kami dapat melakukannya dengan baik. Untuk selanjutnya kompetensi yang diperoleh dari hasil bimbingan Bapak/Ibu akan dipresentasikan dan mudah-mudahan dapat bermanfaat bagi perusahaan

Demikian atas bantuan dan kerjasama Bapak/Ibu, kami ucapkan terima kasih.

Pembantu Direktur I,



Ridky Kramanandita

Tembusan:
1. Direktur Politeknik STMI Jakarta;
2. Ka Prodi TKP;
3. Mahasiswa yang bersangkutan;



Lampiran B Lembar Keterangan Penerimaan Penelitian di Pusat Teknologi Raket



LEMBAGA PENERBANGAN DAN ANTARIKSA NASIONAL (LAPAN)

JL. RAYA LAPAN RUMPIN NO. 2, MEKARSARI, RUMPIN, KAB. BOGOR, JAWA BARAT 16350
LAMARAN : www.lapan.go.id

Nomor : B/184/HM.01/11/2019
Lampiran : -
Perihal : Jawaban Permohonan Pengajuan Penelitian

Yth. Ketua Program Studi Teknik Kimia Polimer
Politeknik STMI Jakarta
di Tempat

Dengan hormat,

Mengacu pada Proposal Permohonan Pengajuan Penelitian Perihal:
Permohonan Pengajuan Penelitian, atas nama :

NO	NAMA	NIM	Program Studi
1	Dicky Hartanto	1516044	Teknik Kimia
2	Bagus Ramadhan	1516060	Teknik Kimia

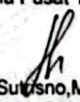
di Pusat Teknologi Raket – LAPAN. Diberitahukan bahwa kami bersedia menerima mahasiswa/i tersebut, untuk melakukan kegiatan Pelaksanaan Penelitian di Pusat Teknologi Raket – LAPAN, mahasiswa akan di bimbing oleh Prof. Heri Budi Wibowo, MT mulai Bulan Desember 2019 s.d Februari 2020.

Untuk pelaksanaan Kegiatan Penelitian, kami beritahukan hal-hal sebagai berikut:

- Selama Kegiatan Penelitian kami tidak menyediakan transportasi dan akomodasi.
- Selama Kegiatan Penelitian mahasiswa/i wajib mentaati tata tertib yang ada di Instansi kami.
- Selama Kegiatan Penelitian mahasiswa/i wajib mengikuti petunjuk pembimbing dari LAPAN.
- Mahasiswa/i segera melapor kepada Kepala Bagian Administrasi pada saat akan dan saat selesai melaksanakan kegiatan Penelitian.

Demikian kami sampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terima kasih.

Kepala Pusat Teknologi Raket


Drs. Sutrisno, M.Si
NIP 196305261990011001

Tembusan :
Deputi Bidang Teknologi Penerbangan dan Antariksa

Lampiran C Surat Tugas Dosen Pembimbing Tugas Akhir



BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA INDUSTRI
POLITEKNIK STMI JAKARTA
Jl. Letjen Suprpto No. 26 Cempaka Putih, Jakarta 10510
Telp. (021)42886064 Fax (021)42888206

Nomor : B/ 682 /BPSPDMI/STMI/PP/IV/2020
Lampiran : 1 (satu)
Hal : Penugasan Proses Bimbingan Tugas Akhir
Tahun Akademik 2019/2020

Jakarta, 30 April 2020

Yth. Bapak Ir. Roosmariharso, MBA
Di Jakarta

Berdasarkan Keputusan Direktur Politeknik STMI Jakarta Nomor 01/BPSPDMI/STMI/KEP/1/2020 tanggal 02 Januari 2020 tentang pengangkatan Dosen Pembimbing dan Asisten Dosen Pembimbing Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta Tahun Akademik 2019/2020, maka dengan ini kami mengharap bantuan Bapak untuk dapat memberikan bimbingan dalam penulisan / penyusunan Tugas Akhir kepada mahasiswa yang namanya tersebut di bawah ini:

Nama : Dicky Hartanto
No. Induk : 1516044

Adapun judul Tugas Akhir yang bersangkutan berdasarkan proposal yang terdaftar adalah:

* PEMISAHAN POLIMER HTPB (HIDROXY TERMINATED POLYBUTADIENE) MELALUI CPSF (CONTINUOUS POLYMER SPRAYER FRACTINATION) UNTUK MERUBAH KONFIGURASI MOLEKUL HTPB *

Demikian surat penugasan ini disampaikan. Atas perhatian dan bantuan Bapak kami ucapkan terima kasih.

Direktur,



Mustofa

Tembusan:
1. Pudir 1;
2. Ka Prodi TKP;
3. Mahasiswa yang bersangkutan.



LAMPIRAN D Lembar Bimbingan Tugas Akhir

Nama : Dicky Hartanto
NIM : 1516044
Judul TA Penelitian : Pemisahan HTPB (*Hidroxy Terminated Polybutadiene*) Menggunakan CPSF (*Continuous Polymer Sprayer Fractionation*) Sebagai Bahan Fuel Binder Propelan
Dosen Pembimbing : Ir. Roosmarharso MBA.

No	Tanggal	BAB	Bimbingan	Paraf
1	19 November 2019	-	Pertemuan awal (Ke I) Membahas tentang Tempat Penelitian Tugas Akhir (Didapatkan Tempat Penelitian di Pusat Teknologi Roket - LAPAN)	
2	03 Desember 2019	Judul	Pertemuan (ke II) membahas judul penelitian Tugas Akhir, judul penelitian yaitu Pemisahan Polimer HTPB (<i>Hidroxy Terminated Polybutadiene</i>) Melalui CSF (<i>Continuous Spin Fractionation</i>) Untuk Merubah Distribusi Berat Molekul HTPB	
3	11 Desember 2019	Bab I – III	Pertemuan (ke III) pengajuan Proposal Penelitian Tugas Akhir dan Revisi pada BAB I (Latar belakang penelitian dan merumuskan masalah penelitian)	

4	23 Desember 2019	-	Pertemuan (Ke IV) Proposal Penelitian Tugas Akhir disetujui dan sudah di tandatangan oleh Pembimbing (Ir. Roosmariharso, MBA.) dan bimbingan mengenai apa saja yang harus di siapkan ketika sudah memulai penelitian di Pusat Teknologi Roket - LAPAN	
5	20 Januari 2020	Judul, Bab III	Pertemuan (Ke V) bimbingan mengenai progress selama penelitian di Pusat Teknologi Roket - LAPAN dan mengalami perubahan judul karena alat uji distribusi molekul HTPB yang sedang rusak, judul di ganti menjadi Pemisahan Polimer HTPB (<i>Hidroxy Terminated Polybutadiene</i>) Melalui CPSF (<i>Continuous Polymer Sprayer Fractionation</i>) Untuk Merubah Konfigurasi Molekul HTPB	
6	13 Februari 2020	Bab III	Pertemuan (Ke VI) membahas tentang variasi penelitian yang di gunakan (dalam penelitian ini digunakan variasi pelarut 80% THF+ 0% etanol, 72%	

			THF + 8% etanol, 64% THF + 16% etanol dan 56% THF + 24% etanol) serta membahas variasi aliran debit sampel fraksinasi yaitu ada 2 (1. 0,0550 mL/s pada keran atas F1 serta 0,1100 mL/s pada keran bawah F2) dan (2. 0,0550 mL/s pada keran atas F1 serta 0,2200 mL/s pada keran bawah F2)	
7	17 April 2020	Bab IV	Pertemuan (Ke VII) membahas tentang pencarian nilai rendemen, (didapatkan rumus rendemen yaitu massa hasil fraksinasi HTPB dibagi dengan massa HTPB sebelum di fraksinasi)	
8	28 April 2020	Bab I – V	Pertemuan (ke VIII) bimbingan perdana dalam membahas Laporan Tugas Akhir dan revisi pada BAB 1 sampai 4 (Jumlah laporan terlalu banyak, di summary kembali, jika tinjauan pustaka tidak di bahas di bab pembahasan di potong saja atau dibahas namun sekilas dan dalam bab 4 ditampilkan data pengamatannya jangan	

			hanya data hasil perhitungannya)	
9	2 Mei 2020	Abstrak, Bab I, Bab III, BAB IV dan Lampiran	Pertemuan (Ke IX) membahas tentang revisi abstrak, rumusan masalah, metode penelitian, diagram alir penelitian, pmebahasan serta lampiran G rangkaian alat	
10	6 Mei 2020	-	Pertemuan (Ke X) bimbingan Tugas Akhir hasil dari revisi pada tanggal 2 Mei dan revisi PPT Tugas Akhir (harus sama isinya antara PPT dengan Laporan serta pembahasan terkait kebocoran alat jangan lupa dimasukkan)	

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Teknik Kimia Polimer

Dosen Pembimbing

Fitria Ika Arvanti S.T., M.Eng.
NIP. 198505112014022001

Ir. Roosmariharso. MBA.
NIDK.8873590019

Lampiran E Data Perhitungan Lengkap

E.1 Menentukan densitas (ρ) sampel

1. Suhu aktual : 21,7°C
2. Berat piknometer kosong : 11,8776 gram
3. Berat piknometer+air : 21,8556 gram
4. Densitas air pada suhu aktual : 0,9978 gram/mL
5. Volume aktual piknometer : $\frac{(\text{berat piknometer+air}) - (\text{berat piknometer kosong})}{\rho_{\text{Air aktual}}}$

$$: \frac{(21,8556 \text{ gram}) - (11,8776 \text{ gram})}{0,9978 \text{ gram/mL}}$$
 : 10 mL
6. Berat piknometer+sampel : 20,5428 gram
7. Berat sampel : (berat piknometer+sampel) - (berat piknometer kosong)

$$: 20,5428 \text{ gram} - 11,8776 \text{ gram}$$

$$: 8,6642 \text{ gram}$$
8. Densitas (ρ) sampel : $\frac{\text{berat sampel}}{\text{volume piknometer}}$

$$: \frac{8,6642 \text{ gram}}{10 \text{ mL}}$$

$$: 0,8665 \text{ gram/mL}$$

Data lengkap densitas pada setiap sampel

Rasio Pelarut	Aliran Debit (mL/s)	Jenis Keran	t, Sampel (jam)	Berat Bahan (gr)	Berat Piknometer Kosong (gr)	Berat Piknometer Bahan (gr)	Densitas (g/mL)
80:0	0,0550	F1	1	8,6652	11,8776	20,5428	0,8665
			2	8,6668	11,8776	20,5444	0,8667
			3	8,6662	11,8776	20,5438	0,8666
			4	8,5824	11,8776	20,4600	0,8582
	0,1100	F2	1	8,6832	11,8776	20,5608	0,8683
			2	8,7185	11,8776	20,5961	0,8719
			3	8,7399	11,8776	20,6175	0,8740
			4	8,7273	11,8776	20,6049	0,8727
	0,0550	F1	1	8,7293	11,8776	20,6069	0,8729

			2	8,7070	11,8776	20,5846	0,8707	
			3	8,5801	11,8776	20,4577	0,8580	
			4	8,6447	11,8776	20,5223	0,8645	
			1	8,7560	11,8776	20,6336	0,8756	
	0,2200	F2	2	8,7468	11,8776	20,6244	0,8747	
			3	8,6907	11,8776	20,5683	0,8691	
			4	8,7608	11,8776	20,6384	0,8761	
			1	8,5489	11,8776	20,4265	0,8549	
	72:8	0,0550	F1	2	8,5846	11,8776	20,4622	0,8585
				3	8,4250	11,8776	20,3026	0,8425
				4	8,5804	11,8776	20,4580	0,8580
				1	8,5953	11,8776	20,4729	0,8595
0,1100		F2	2	8,5370	11,8776	20,4146	0,8537	
			3	8,6550	11,8776	20,5326	0,8655	
			4	8,6105	11,8776	20,4881	0,8611	
			1	8,6600	11,8776	20,5376	0,8660	
0,0550		F1	2	8,6559	11,8776	20,5335	0,8656	
			3	8,6726	11,8776	20,5502	0,8673	
			4	8,6023	11,8776	20,4799	0,8602	
			1	8,5186	11,8776	20,3962	0,8519	
0,2200	F2	2	8,5367	11,8776	20,4143	0,8537		
		3	8,5634	11,8776	20,4410	0,8563		
		4	8,3206	11,8776	20,1982	0,8321		
		1	8,3342	11,8776	20,2118	0,8334		
64:16	0,0550	F1	2	8,3044	11,8776	20,1820	0,8304	
			3	8,3571	11,8776	20,2347	0,8357	
			4	8,2731	11,8776	20,1507	0,8273	
			1	8,5989	11,8776	20,4765	0,8599	
	0,1100	F2	2	8,4437	11,8776	20,3213	0,8444	
			3	8,4553	11,8776	20,3329	0,8455	
			4	8,5752	11,8776	20,4528	0,8575	
			1	8,3163	11,8776	20,1939	0,8316	
	0,0550	F1	2	8,4954	11,8776	20,3730	0,8495	
			3	8,4515	11,8776	20,3291	0,8452	
			4	8,3749	11,8776	20,2525	0,8375	
			1	8,5919	11,8776	20,4695	0,8592	
0,2200	F2	2	8,5889	11,8776	20,4665	0,8589		
		3	8,6763	11,8776	20,5539	0,8676		
		4	8,6568	11,8776	20,5344	0,8657		

56:24	0,0550	F1	1	8,2610	11,8776	20,1386	0,8261
			2	8,3327	11,8776	20,2103	0,8333
			3	8,3182	11,8776	20,1958	0,8318
			4	8,4077	11,8776	20,2853	0,8408
56:24	0,1100	F2	1	8,4407	11,8776	20,3183	0,8441
			2	8,4600	11,8776	20,3376	0,8460
			3	8,4423	11,8776	20,3199	0,8442
			4	8,4380	11,8776	20,3156	0,8438
	0,0550	F1	1	8,3472	11,8776	20,2248	0,8347
			2	8,4119	11,8776	20,2895	0,8412
			3	8,2738	11,8776	20,1514	0,8274
			4	8,2698	11,8776	20,1474	0,8270
	0,2200	F2	1	8,4590	11,8776	20,3366	0,8459
			2	8,4879	11,8776	20,3655	0,8488
			3	8,5252	11,8776	20,4028	0,8525
			4	8,5389	11,8776	20,4165	0,8539

E.2 Menentukan rendemen HTPB

1. Berat sampel awal : 84,506 gram
2. Berat sampel akhir : 1,8002 gram
3. % Rendemen : $\frac{\text{berat sampel akhir}}{\text{berat sampel awal}} \times 100\%$

$$: \frac{1,8002 \text{ gram}}{84,506 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$: 2,1303\%$$

Data lengkap rendemen HTPB pada setiap sampel

Rasio Pelarut	Aliran Debit (mL/s)	Jenis Keran	t, Sampel (jam)	Berat Bahan Hasil (gr)	Berat Bahan Sebelum (gr)	Rendemen (%)
80 : 0	0,0550	F1	1	1,8002	84,5060	2,1303%
			2	1,7858	84,5060	2,1132%
			3	1,7811	84,5060	2,1077%
			4	1,7881	84,5060	2,1159%
	0,1100	F2	1	1,7850	84,5060	2,1123%
			2	1,9218	84,5060	2,2742%
			3	1,8191	84,5060	2,1526%
			4	1,8305	84,5060	2,1661%

	0,0550	F1	1	1,9143	84,5060	2,2653%
			2	1,9299	84,5060	2,2837%
			3	1,8481	84,5060	2,1869%
			4	1,9517	84,5060	2,3095%
	0,2200	F2	1	1,9045	84,5060	2,2537%
			2	1,9385	84,5060	2,2939%
			3	1,9375	84,5060	2,2927%
			4	2,0570	84,5060	2,4341%
72 : 8	0,0550	F1	1	1,7684	84,5060	2,0926%
			2	1,7896	84,5060	2,1177%
			3	1,7522	84,5060	2,0735%
			4	1,7574	84,5060	2,0796%
	0,1100	F2	1	1,7629	84,5060	2,0861%
			2	1,7706	84,5060	2,0952%
			3	1,7686	84,5060	2,0929%
			4	1,8380	84,5060	2,1750%
72 : 8	0,0550	F1	1	1,8023	84,5060	2,1327%
			2	1,8066	84,5060	2,1378%
			3	1,8501	84,5060	2,1893%
			4	1,8240	84,5060	2,1584%
	0,2200	F2	1	1,8000	84,5060	2,1300%
			2	1,7553	84,5060	2,0771%
			3	1,8838	84,5060	2,2292%
			4	1,8073	84,5060	2,1387%
64 : 16	0,0550	F1	1	1,8094	84,5060	2,1411%
			2	1,8635	84,5060	2,2052%
			3	1,8509	84,5060	2,1903%
			4	1,7690	84,5060	2,0933%
	0,1100	F2	1	1,8094	84,5060	2,1411%
			2	1,8501	84,5060	2,1893%
			3	1,8516	84,5060	2,1911%
			4	1,7691	84,5060	2,0935%
	0,0550	F1	1	1,7676	84,5060	2,0917%
			2	1,8085	84,5060	2,1401%
			3	1,8074	84,5060	2,1388%
			4	1,8901	84,5060	2,2366%
	0,2200	F2	1	1,8366	84,5060	2,1733%
			2	1,8592	84,5060	2,2001%
			3	1,8781	84,5060	2,2224%

			4	1,9146	84,5060	2,2656%
56 : 24	0,0550	F1	1	1,8538	84,5060	2,1937%
			2	1,9223	84,5060	2,2747%
			3	1,8665	84,5060	2,2087%
			4	1,8969	84,5060	2,2447%
	0,1100	F2	1	2,0572	84,5060	2,4344%
			2	1,9173	84,5060	2,2688%
			3	1,8976	84,5060	2,2455%
			4	1,9126	84,5060	2,2633%
	0,0550	F1	1	1,7794	84,5060	2,1056%
			2	1,7933	84,5060	2,1221%
			3	1,7415	84,5060	2,0608%
			4	1,8016	84,5060	2,1319%
56 : 24	0,2200	F2	1	1,8262	84,5060	2,1610%
			2	1,8140	84,5060	2,1466%
			3	1,8296	84,5060	2,1651%
			4	1,8935	84,5060	2,2407%

E.3 Lama Waktu Pengeringan produk HTPB

Rasio Pelarut	Aliran Debit	Keran	Lama pengeringan (menit), T 70°C			
			R1	R2	R3	R4
80% : 0%	0,0550 mL/s	F1	150	120	95	140
	0,1100 mL/s	F2	120	190	170	180
	0,0550 mL/s	F1	182	195	175	220
	0,2200 mL/s	F2	185	210	206	240
72% : 8%	0,0550 mL/s	F1	85	110	78	80
	0,1100 mL/s	F2	80	100	95	190
64% : 16%	0,0550 mL/s	F1	140	185	170	100
	0,1100 mL/s	F2	140	180	170	100
	0,0550 mL/s	F1	100	165	160	180
	0,2200 mL/s	F2	175	180	185	190
56% : 24%	0,0550 mL/s	F1	180	190	178	180
	0,1100 mL/s	F2	240	185	180	182
	0,0550 mL/s	F1	95	130	85	150
	0,2200 mL/s	F2	175	170	180	190

E.4 Menentukan persentase berat isomer cis, vinil dan trans HTPB

1. Intensitas cis : 0,1459
2. Intensitas vinil : 1,0382

3. Intensitas trans : 0,4736

$$\%W \text{ Cis (isomer Cis)} = \frac{Ai}{Ai+Bi+Ci} \times 100\%$$

$$\%W \text{ Cis (isomer Cis)} = \frac{0,1459}{0,1459 + 1,0382 + 0,4736} \times 100\% = 8,80\%$$

$$\%W \text{ Vinil (isomer Vinil)} = \frac{Bi}{Ai+Bi+Ci} \times 100\%$$

$$\%W \text{ Vinil (isomer Vinil)} = \frac{1,0382}{0,1459 + 1,0382 + 0,4736} \times 100\% = 62,63\%$$

$$\%W \text{ Trans (isomer Trans)} = \frac{Ci}{Ai+Bi+Ci} \times 100\%$$

$$\%W \text{ Trans (isomer Trans)} = \frac{0,4736}{0,1459 + 1,0382 + 0,4736} \times 100\% = 28,57\%$$

Data lengkap persentase berat isomer cis, vinil dan trans dalam HTPB

Isomer HTPB pada 80%THF+0%Etanol dalam aliran debit 0,0550 mL/s : 0,1100 mL/s						Isomer HTPB pada 80%THF+0%Etanol dalam aliran debit 0,0550 mL/s : 0,2200 mL/s					
Aliran Debit	Isomer	1 Jam	2 Jam	3 Jam	4 Jam	Aliran Debit	Isomer	1 Jam	2 Jam	3 Jam	4 Jam
0,0550 mL/s	Cis	7,71	7,89	8,76	7,95	0,0550 mL/s	Cis	8,80	7,93	8,43	8,01
	Vinil	69,12	69,66	65,44	69,68		Vinil	62,63	66,77	66,29	66,69
	Trans	23,17	22,45	25,79	22,37		Trans	28,57	25,29	25,28	25,30
0,1100 mL/s	Cis	8,03	8,41	7,79	7,55	0,2200 mL/s	Cis	8,66	8,11	7,89	6,76
	Vinil	68,87	68,83	69,71	70,43		Vinil	63,78	66,55	66,65	68,12
	Trans	23,09	22,76	22,50	22,02		Trans	27,56	25,34	25,46	25,12

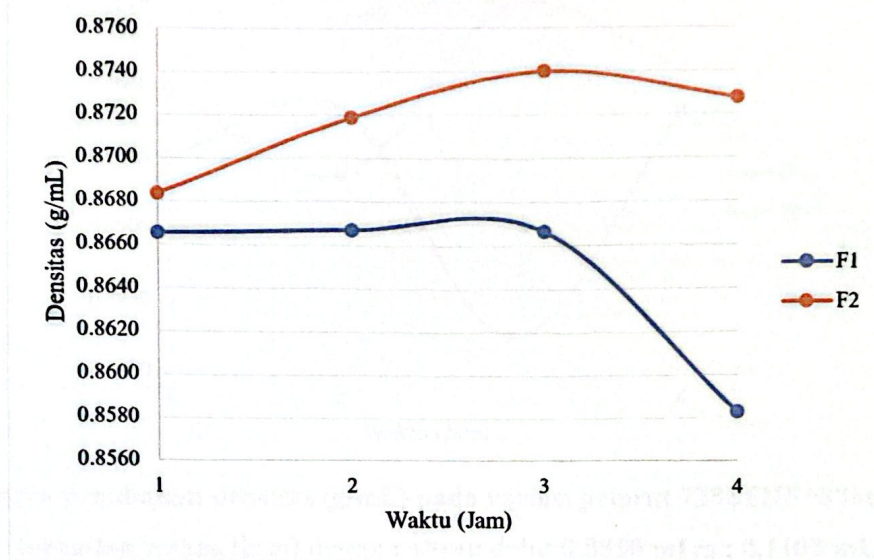
Isomer HTPB pada 72%THF+8%Etanol dalam aliran debit 0,0550 mL/s : 0,1100 mL/s						Isomer HTPB pada 72%THF+8%Etanol dalam aliran debit 0,0550 mL/s : 0,2200 mL/s					
Aliran Debit	Isomer	1 Jam	2 Jam	3 Jam	4 Jam	Aliran Debit	Isomer	1 Jam	2 Jam	3 Jam	4 Jam
0,0550 mL/s	Cis	10,54	10,44	10,25	9,95	0,0550 mL/s	Cis	10,28	9,75	9,42	14,38
	Vinil	63,37	64,69	64,27	65,51		Vinil	66,43	67,71	67,88	62,64
	Trans	26,10	24,88	25,47	24,55		Trans	23,29	22,54	22,71	22,99
0,1100 mL/s	Cis	11,29	10,63	12,71	10,06	0,1100 mL/s	Cis	10,45	9,60	9,68	11,07
	Vinil	62,92	63,64	61,20	65,14		Vinil	65,50	67,82	66,08	65,92
	Trans	25,79	25,73	26,09	24,80		Trans	24,05	22,58	24,24	23,01

Isomer HTPB pada 64%THF+16%Etanol dalam aliran debit 0,0550 mL/s : 0,1100 mL/s						Isomer HTPB pada 64%THF+16%Etanol dalam aliran debit 0,0550 mL/s : 0,2200 mL/s					
Aliran Debit	Isomer	1 Jam	2 Jam	3 Jam	4 Jam	Aliran Debit	Isomer	1 Jam	2 Jam	3 Jam	4 Jam
0,0550 mL/s	Cis	13,18	12,94	13,48	13,36	0,0550 mL/s	Cis	11,27	11,85	12,24	11,96
	Vinil	62,60	62,99	62,55	56,66		Vinil	65,03	64,14	64,04	64,39
	Trans	24,22	24,07	23,97	29,98		Trans	23,70	24,02	23,72	23,65
0,1100 mL/s	Cis	12,94	14,62	15,57	12,10	0,2200 mL/s	Cis	11,45	11,47	12,49	11,45
	Vinil	62,79	61,30	60,80	64,02		Vinil	65,02	65,08	64,08	65,13
	Trans	24,28	24,08	23,63	23,88		Trans	23,52	23,45	23,43	23,42

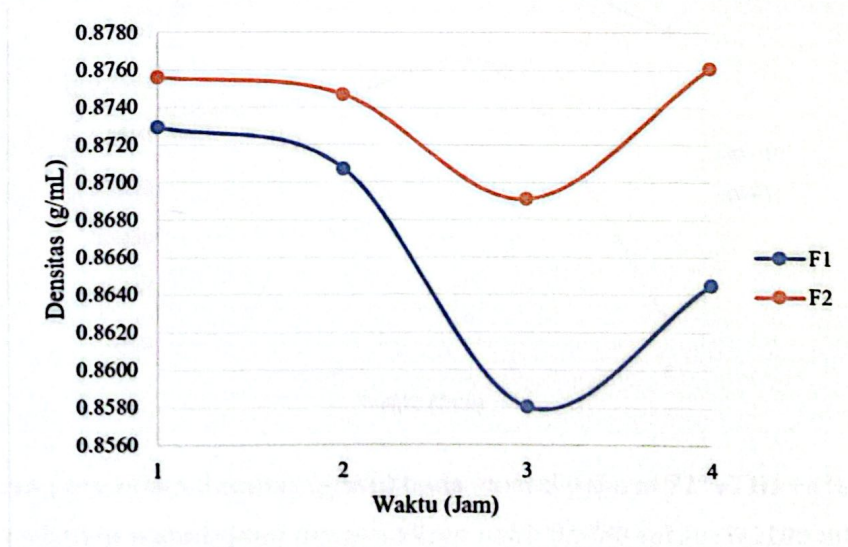
Isomer HTPB pada 56%THF+24%Etanol dalam aliran debit 0,0550 mL/s : 0,1100 mL/s						Isomer HTPB pada 56%THF+24%Etanol dalam aliran debit 0,0550 mL/s : 0,2200 mL/s					
Aliran Debit	Isomer	1 Jam	2 Jam	3 Jam	4 Jam	Aliran Debit	Isomer	1 Jam	2 Jam	3 Jam	4 Jam
0,0550 mL/s	Cis	15,18	15,84	15,37	14,37	0,0550 mL/s	Cis	14,88	14,42	14,54	14,99
	Vinil	56,86	56,69	56,81	58,17		Vinil	58,82	58,59	58,61	58,23
	Trans	27,95	27,47	27,82	27,45		Trans	26,31	26,99	26,85	26,77
0,1100 mL/s	Cis	16,39	15,25	14,95	14,24	0,2200 mL/s	Cis	14,63	15,05	14,77	15,09
	Vinil	55,04	57,26	57,66	58,19		Vinil	58,48	58,00	57,89	57,73
	Trans	28,58	27,49	27,39	27,57		Trans	26,88	26,94	27,34	27,19

Lampiran F Data Lengkap Kurva Hasil Pengamatan

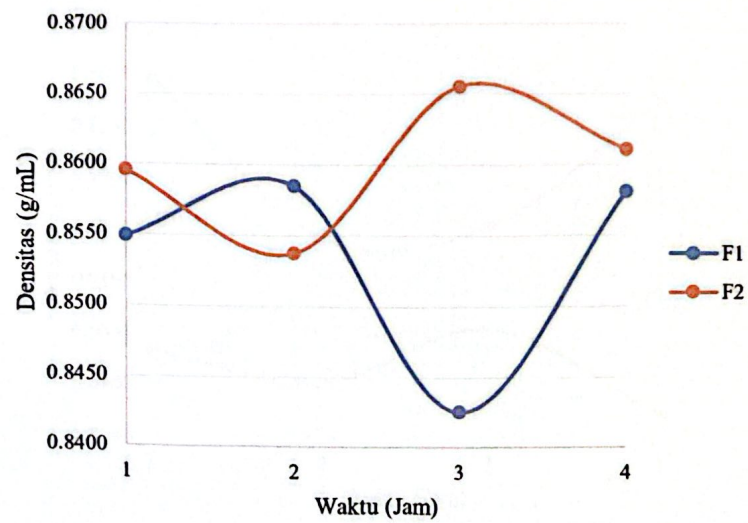
F.1 Kurva Pengamatan Densitas Pada Setiap Variasi Pelarut



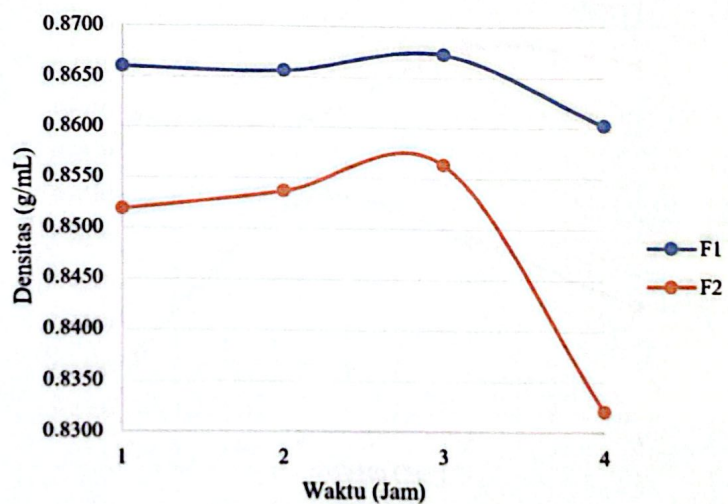
Kurva perubahan densitas (g/mL) pada variasi pelarut 80% THF+0% etanol terhadap waktu (jam) dengan aliran debit 0,0550 mL/s : 0,1100 mL/s



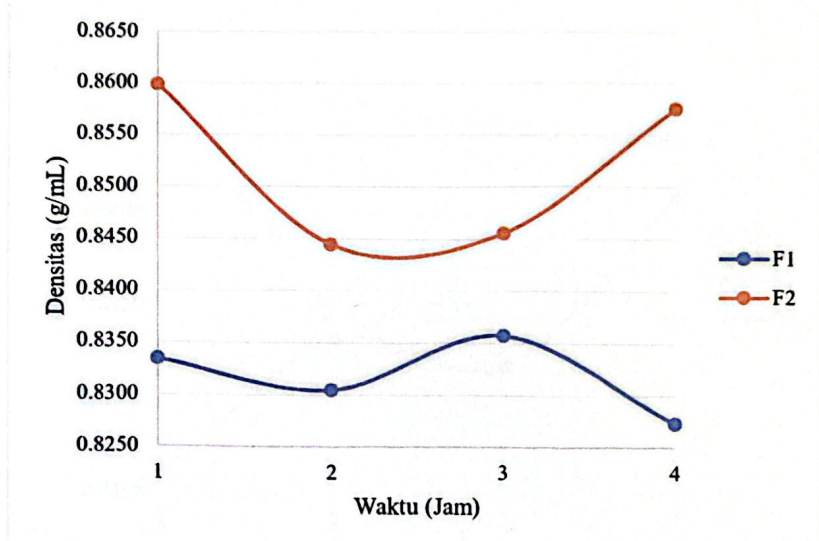
Kurva perubahan densitas (g/mL) pada variasi pelarut 80% THF+0% etanol terhadap waktu (jam) dengan aliran debit 0,0550 mL/s : 0,2200 mL/s



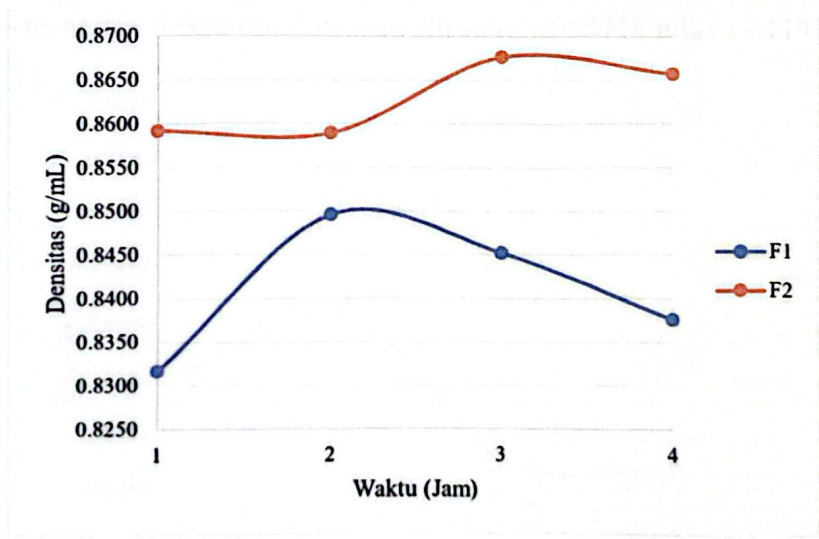
Kurva perubahan densitas (g/mL) pada variasi pelarut 72% THF+8% etanol terhadap waktu (jam) dengan aliran debit 0,0550 mL/s : 0,1100 mL/s



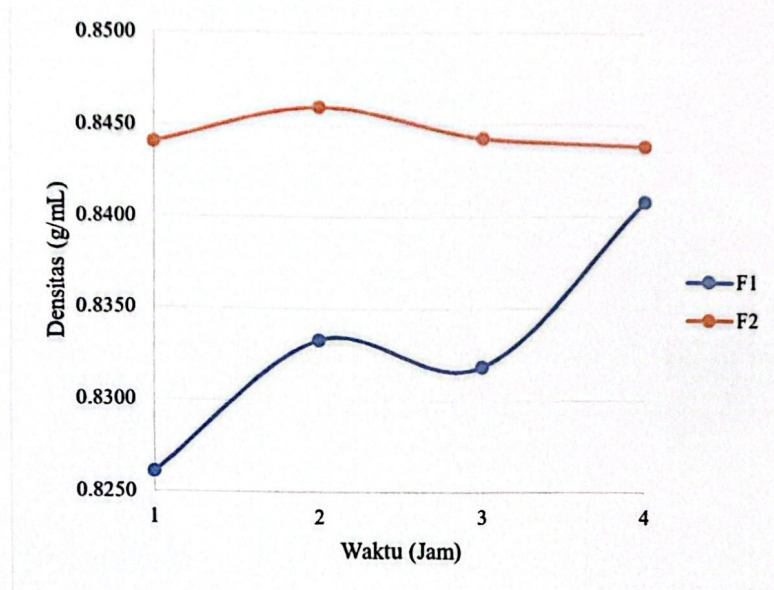
Kurva perubahan densitas (g/mL) pada variasi pelarut 72% THF+8% etanol terhadap waktu (jam) dengan aliran debit 0,0550 mL/s : 0,2200 mL/s



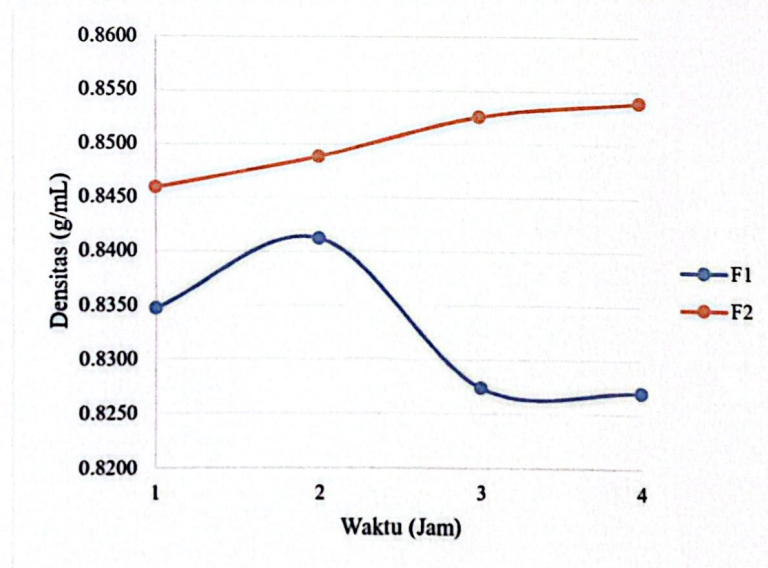
Kurva perubahan densitas (g/mL) pada variasi pelarut 64% THF + 16% etanol terhadap waktu (jam) dengan aliran debit 0,0550 mL/s : 0,1100 mL/s



Kurva perubahan densitas (g/mL) pada variasi pelarut 64% THF + 16% etanol terhadap waktu (jam) dengan aliran debit 0,0550 mL/s : 0,2200 mL/s

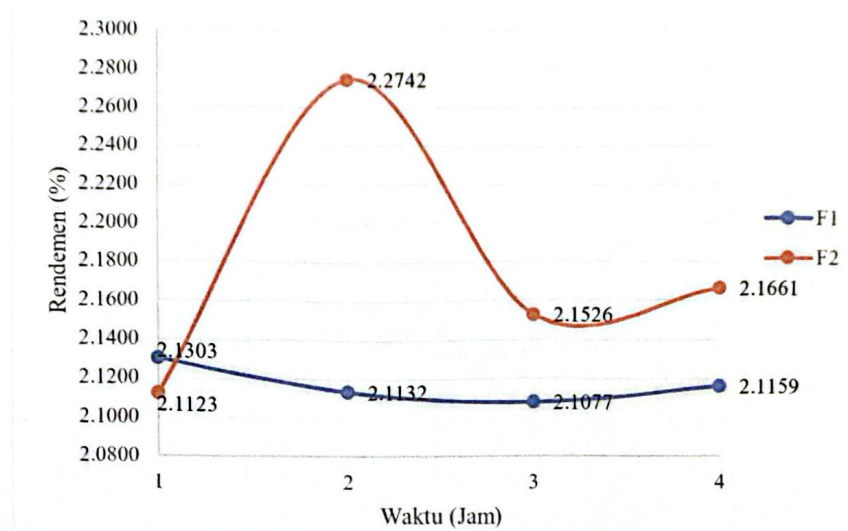


Kurva perubahan densitas (g/mL) pada variasi pelarut 56% THF + 24% etanol terhadap waktu (jam) dengan aliran debit 0,0550 mL/s : 0,1100 mL/s

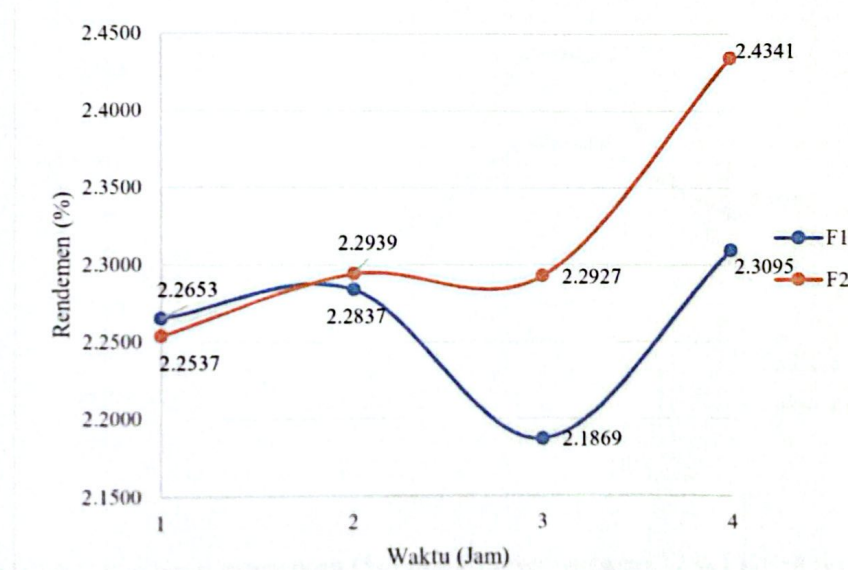


Kurva perubahan densitas (g/mL) pada variasi pelarut 56% THF + 24% etanol terhadap waktu (jam) dengan aliran debit 0,0550 mL/s : 0,2200 mL/s

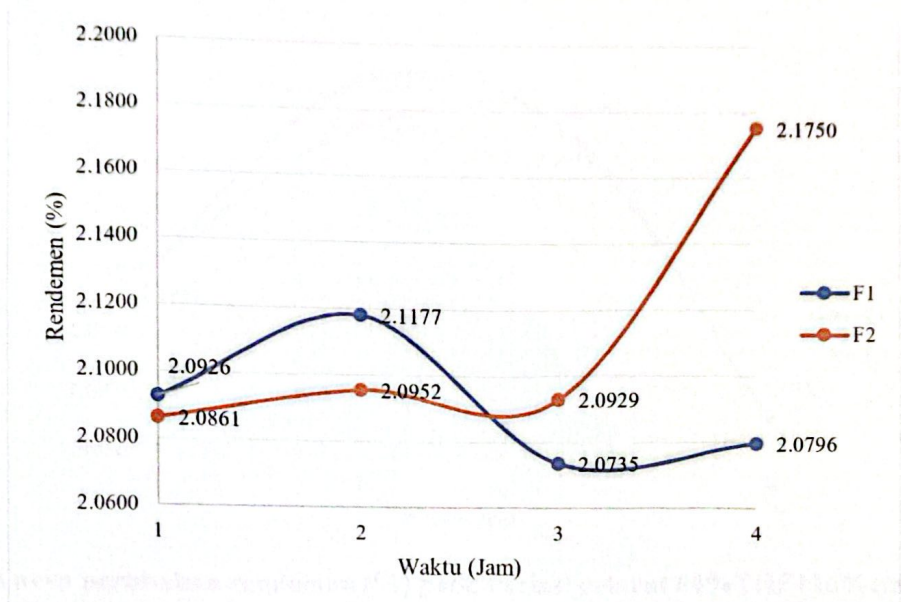
F.2 Kurva Pengamatan Rendemen Pada Setiap Variasi Pelarut



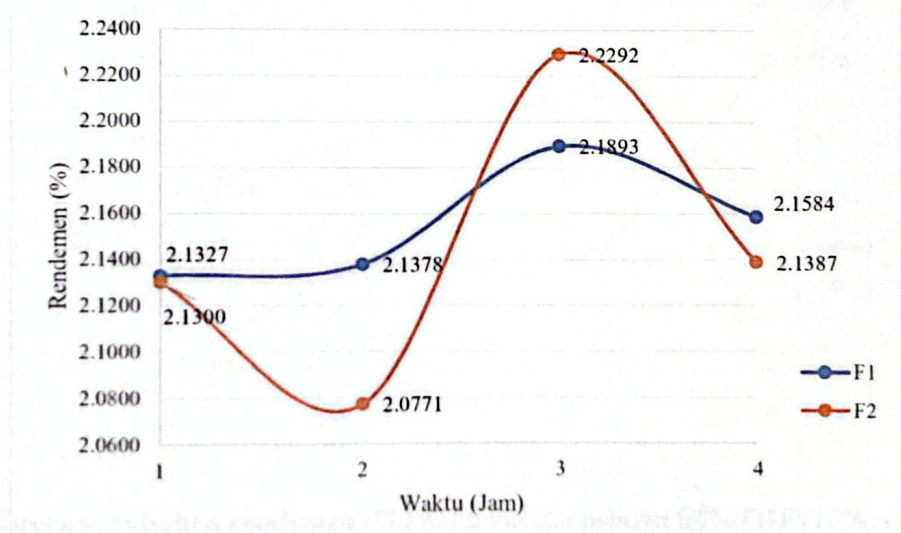
Kurva perubahan rendemen (%) pada variasi pelarut 80%THF+0%etanol terhadap waktu (jam) dengan aliran debit 0,0550 mL/s : 0,1100 mL/s



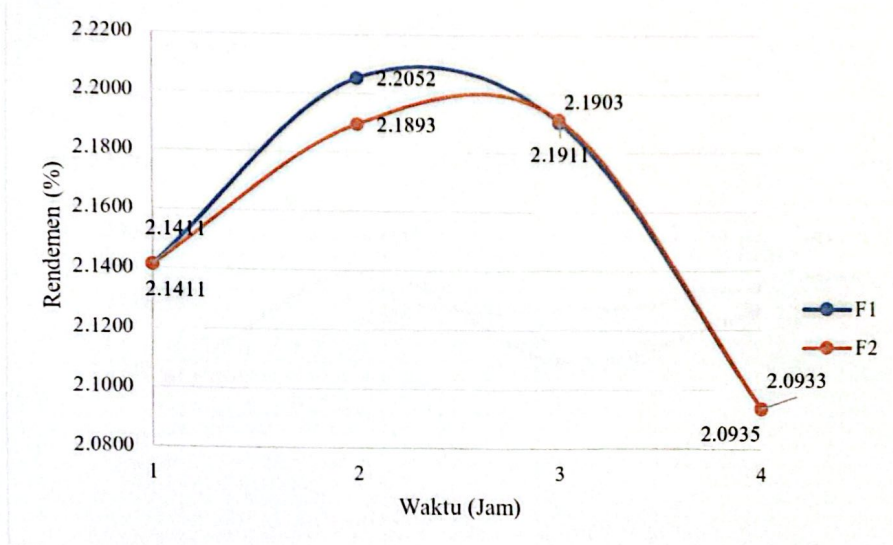
Kurva perubahan rendemen (%) pada variasi pelarut 80%THF+0%etanol terhadap waktu (jam) dengan aliran debit 0,0550 mL/s : 0,2200 mL/s



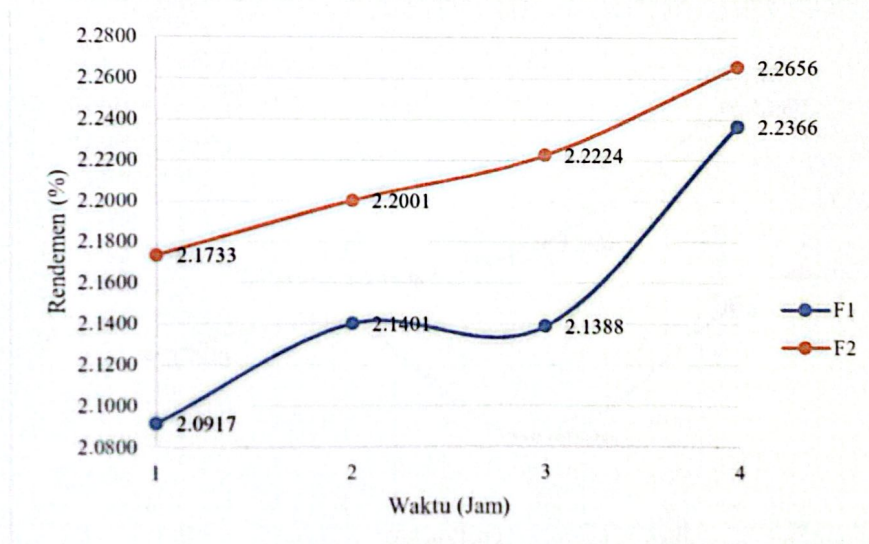
Kurva perubahan rendemen (%) pada variasi pelarut 72%THF+8%etanol terhadap waktu (jam) dengan aliran debit 0,0550 mL/s : 0,1100 mL/s



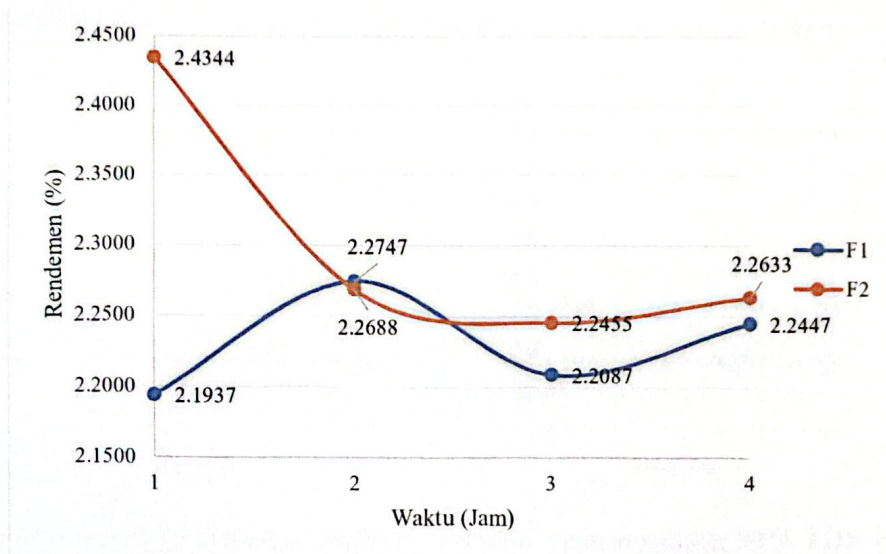
Kurva perubahan rendemen (%) pada variasi pelarut 72%THF+8%etanol terhadap waktu (jam) dengan aliran debit 0,0550 mL/s : 0,2200 mL/s



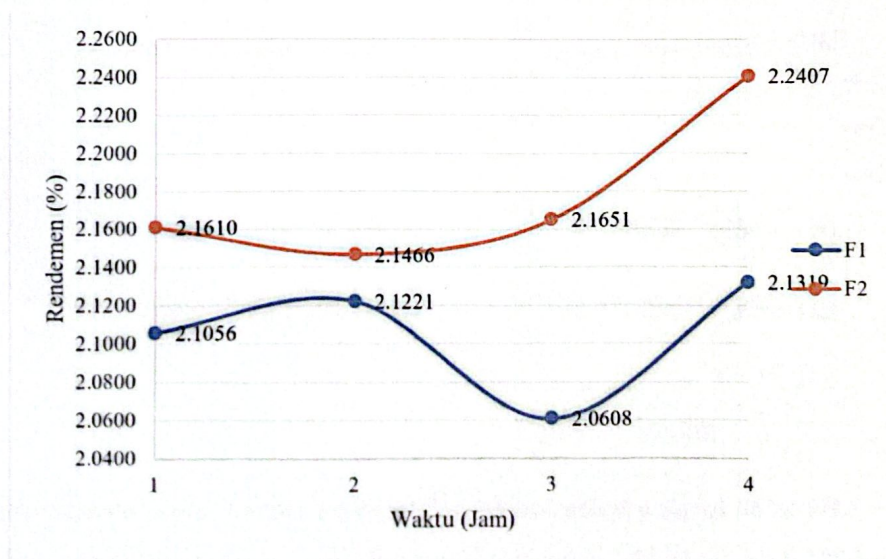
Kurva perubahan rendemen (%) pada variasi pelarut 64%THF+16%etanol terhadap waktu (jam) dengan aliran debit 0,0550 mL/s : 0,1100 mL/s



Kurva perubahan rendemen (%) pada variasi pelarut 64%THF+16%etanol terhadap waktu (jam) dengan aliran debit 0,0550 mL/s : 0,1100 mL/s

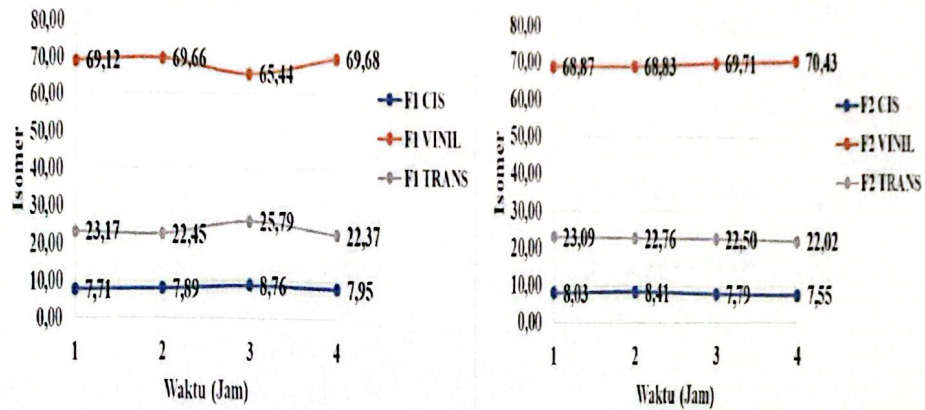


Kurva perubahan rendemen (%) pada variasi pelarut 56%THF+24%etanol terhadap waktu (jam) dengan aliran debit 0,0550 mL/s : 0,1100 mL/s

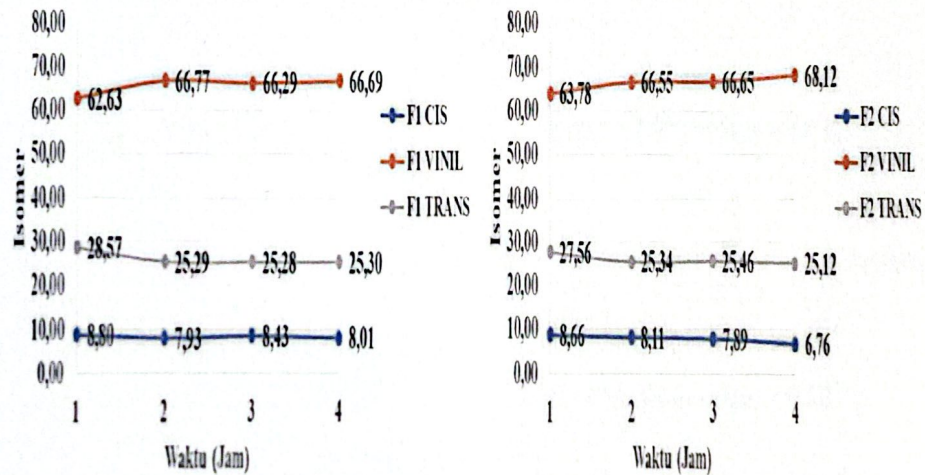


Kurva perubahan rendemen (%) pada variasi pelarut 56%THF+24%etanol terhadap waktu (jam) dengan aliran debit 0,0550 mL/s : 0,2200 mL/s

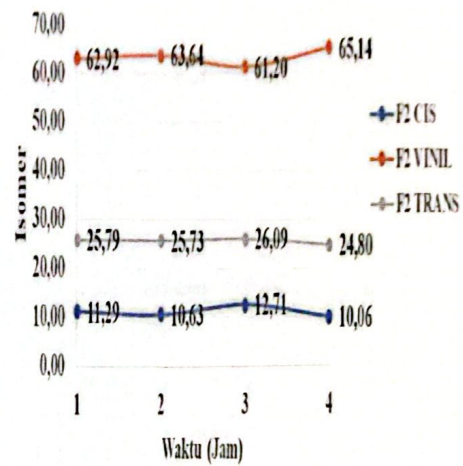
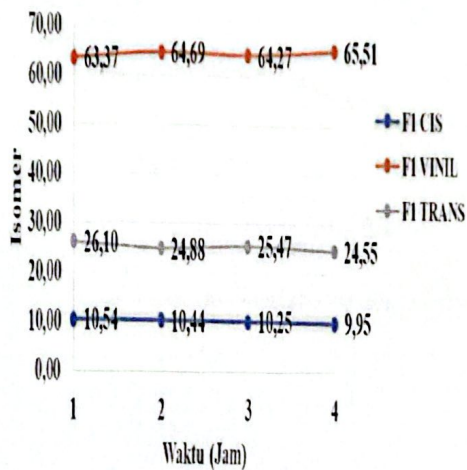
F.3 Kurva Pengamatan Konfigurasi Molekul Pada Setiap Variasi Pelarut



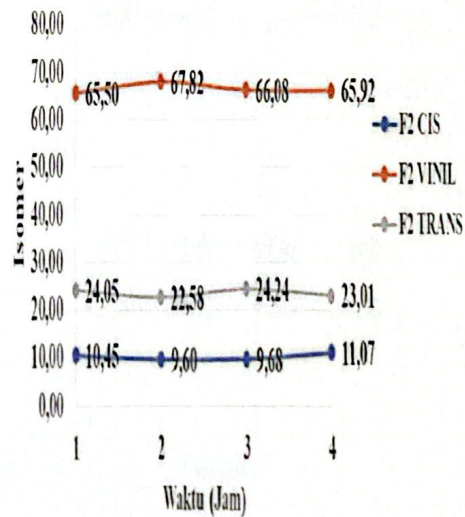
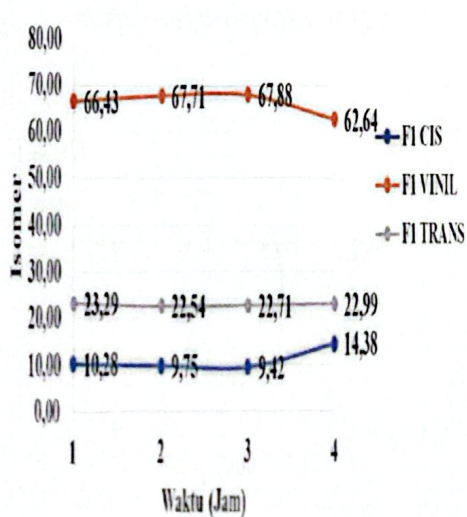
Kurva perubahan isomer molekul (%) pada variasi pelarut 80% THF + 0% etanol terhadap waktu (jam) dengan aliran debit 0,0550 mL/s : 0,1100 mL/s



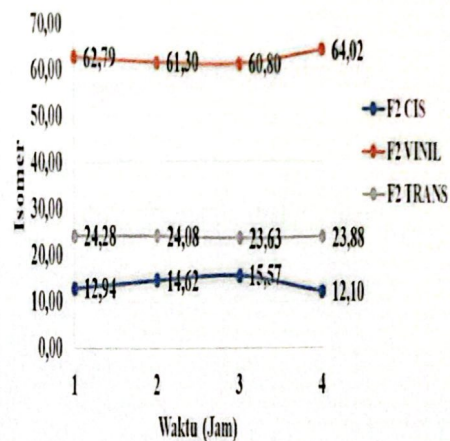
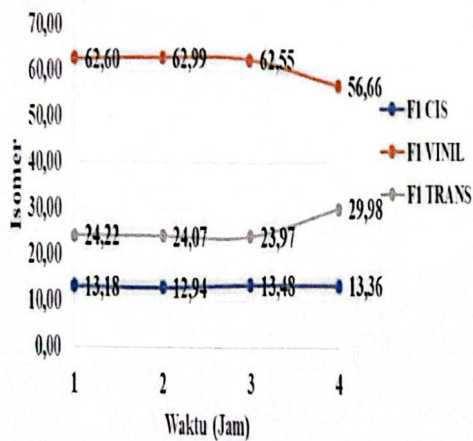
Kurva perubahan isomer molekul (%) pada variasi pelarut 80% THF + 0% etanol terhadap waktu (jam) dengan aliran debit 0,0550 mL/s : 0,2200 mL/s



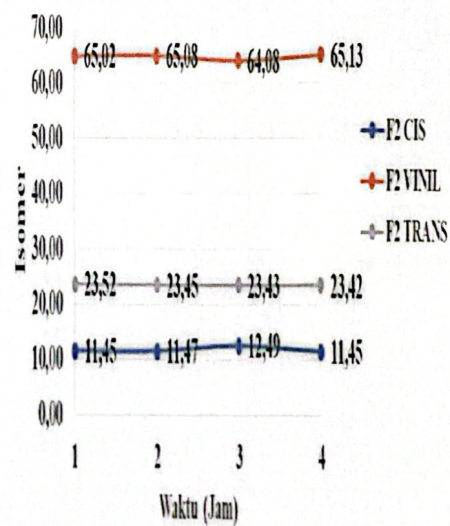
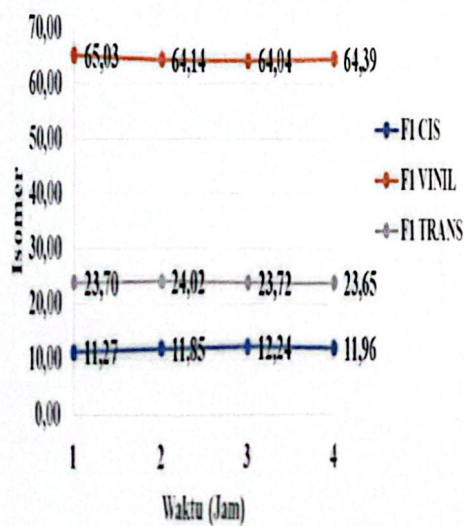
Kurva perubahan isomer molekul (%) pada variasi pelarut 72% THF + 8% etanol terhadap waktu (jam) dengan aliran debit 0,0550 mL/s : 0,1100 mL/s



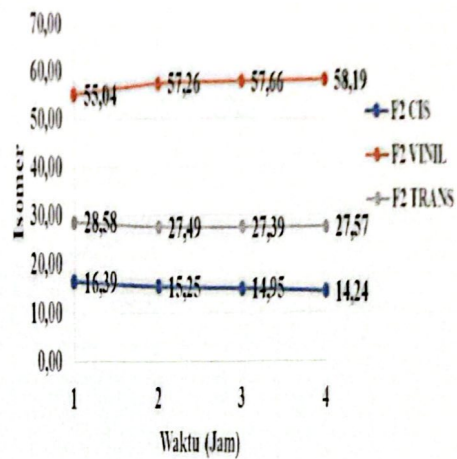
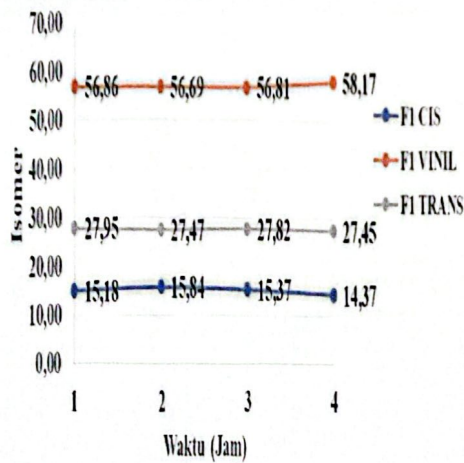
Kurva perubahan isomer molekul (%) pada variasi pelarut 72% THF + 8% etanol terhadap waktu (jam) dengan aliran debit 0,0550 mL/s : 0,2200 mL/s



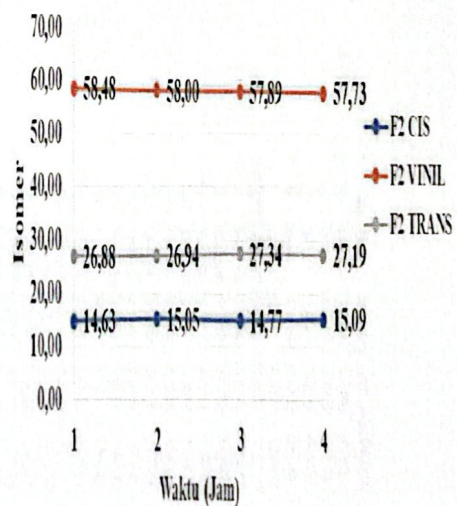
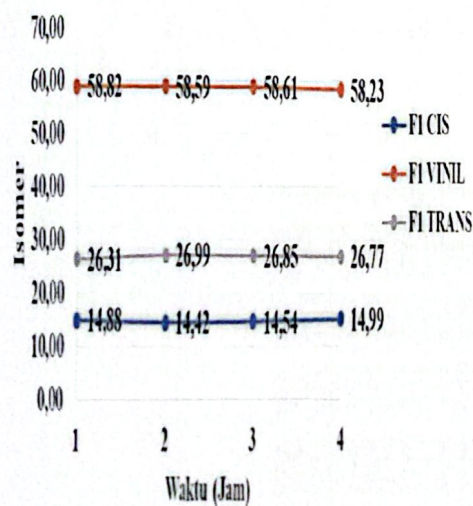
Kurva perubahan isomer molekul (%) pada variasi pelarut 64% THF + 16% etanol terhadap waktu (jam) dengan aliran debit 0,0550 mL/s : 0,1100 mL/s



Kurva perubahan isomer molekul (%) pada variasi pelarut 64% THF + 16% etanol terhadap waktu (jam) dengan aliran debit 0,0550 mL/s : 0,2200 mL/s

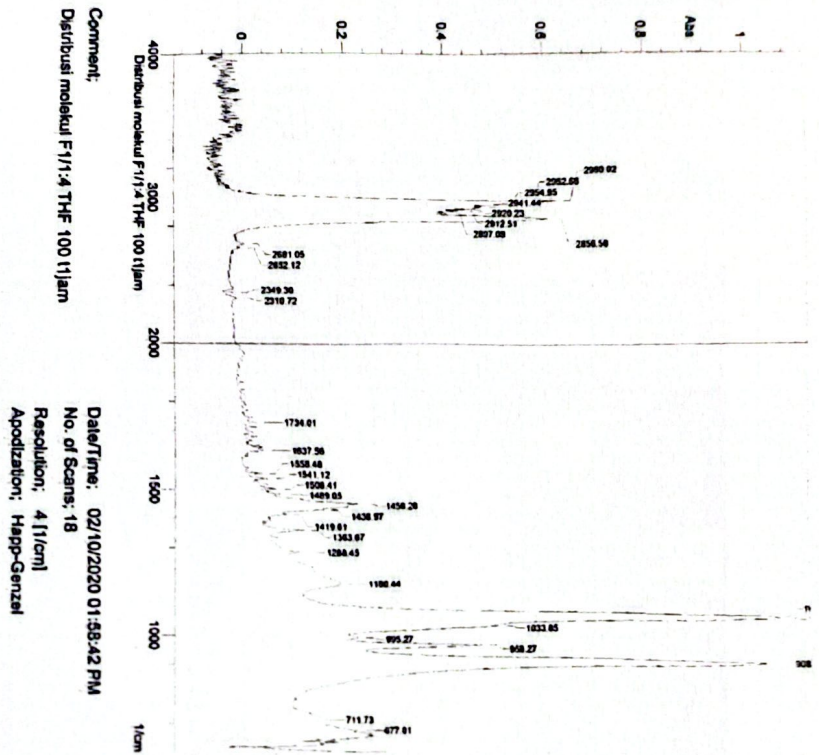


Kurva perubahan isomer molekul (%) pada variasi pelarut 56% THF + 24% etanol terhadap waktu (jam) dengan aliran debit 0,0550 mL/s : 0,1100 mL/s



Kurva perubahan isomer molekul (%) pada variasi pelarut 56% THF + 24% etanol terhadap waktu (jam) dengan aliran debit 0,0550 mL/s : 0,2200 mL/s

Lampiran G Grafik dan Data Hasil FTIR



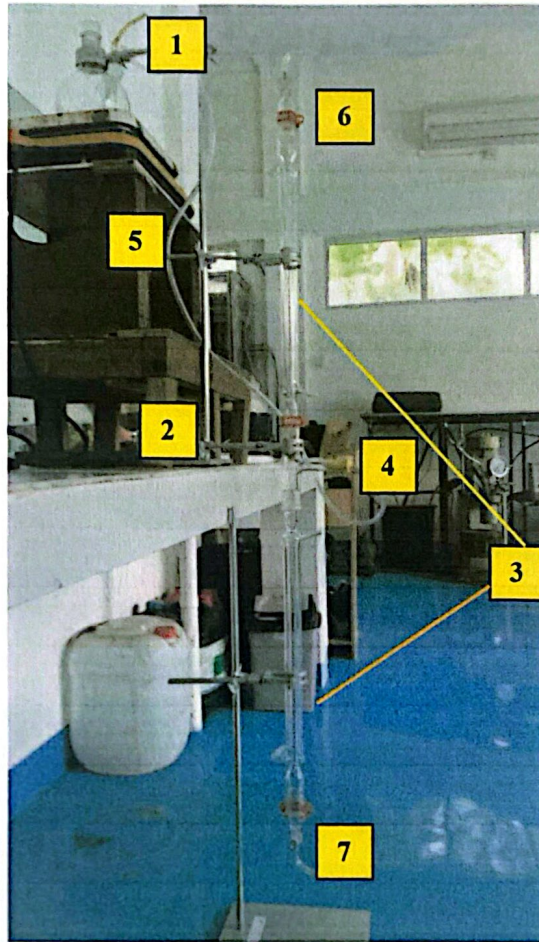
Comment:
Distribusi molekul F1/1.4 THF 100 (1)jam

Date/Time: 02/10/2020 01:58:42 PM
No. of Scans: 18
Resolution: 4 (1/cm)
Apodization: Happ-Genzel

No.	Peak	Intensity	Corr. Int	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Ar
1	877.01	0.2224	0.0153	709.8	673.16	6.5333	-0.0818
2	711.73	0.1459	0.0029	718.59	709.8	0.0082	0.0002
3	508.47	1.0382	0.8328	848.88	813.88	68.9928	33.7071
4	668.27	0.4736	0.2533	807.55	850.81	11.72	3.8828
5	995.27	0.2261	0.0244	1005.84	987.58	4.1131	0.2118
6	1033.85	0.5095	0.0342	1035.77	1008.84	8.9218	-0.1588
7	1064.71	1.0634	0.0931	1088.50	1043.49	20.7041	-1.64171
8	1070.49	1.0556	0.0279	1182.38	1098.56	2.4158	0.0141
9	1180.44	0.1917	0.0253	1303.88	1278.68	2.4158	0.2038
10	1288.45	0.1091	0.0298	1382.88	1344.38	2.6002	0.6078
11	1383.87	0.1202	0.0783	1421.54	1408.04	2.6002	0.0511
12	1419.01	0.0858	0.0118	1439.8	1431.54	1.8971	-0.1107
13	1436.87	0.1979	0.0114	1469.78	1450.47	3.5963	0.6923
14	1466.26	0.2284	0.0459	1482.9	1468.18	0.4874	0.0088
15	1469.05	0.0753	0.022	1514.12	1502.55	0.5395	0.1488
16	1506.41	0.0681	0.0331	1552.7	1535.34	0.4833	0.1889
17	1541.12	0.0814	0.0338	1643.34	1628.85	0.1602	0.1151
18	1568.48	0.0395	0.0229	1737.88	1728.29	0.3484	0.1193
19	1637.58	0.0414	0.0211	2316.81	2301.08	-0.2109	0.0484
20	1734.01	-0.0288	0.0083	2380.87	2337.72	-0.8781	0.1887
21	2310.72	-0.0101	0.0256	2659.84	2638.69	-0.3479	0.0907
22	2348.3	-0.0187	0.01	2884.91	2883.69	-0.0022	0.0344
23	2882.12	-0.0027	0.0053	2887.44	2773.64	33.8205	12.5042
24	2881.05	0.0098	0.0068	2887.44	2773.64	33.8205	12.5042
25	2886.88	0.0108	0.2388	2887.44	2773.64	33.8205	12.5042
26	2897.08	0.4685	0.0183	2887.44	2773.64	33.8205	12.5042
27	2912.51	0.4301	0.0318	2887.44	2773.64	33.8205	12.5042
28	2920.23	0.4443	0.0301	2887.44	2773.64	33.8205	12.5042
29	2941.44	0.4775	0.0186	2887.44	2773.64	33.8205	12.5042
30	2954.85	0.5093	0.0273	2887.44	2773.64	33.8205	12.5042
31	2982.88	0.5529	0.0383	2887.44	2773.64	33.8205	12.5042
32	2980.02	0.6278	0.1899	2887.44	2773.64	33.8205	12.5042



Lampiran H Rangkaian Alat

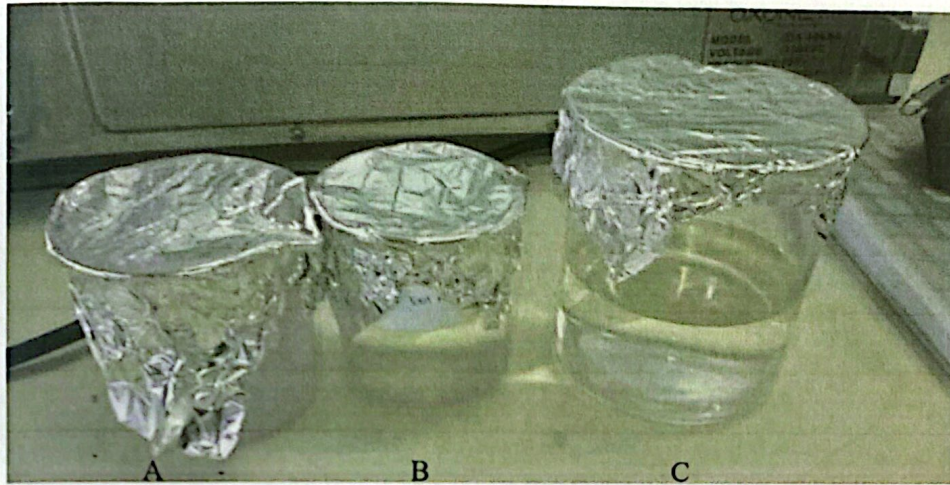


Rangkaian Alat Penelitian

Rangkaian alat terdiri dari:

1. 1 buah labu didih 3 leher
2. 2 buah statif
3. 2 buah kolom kondensor
4. 1 buah konektor T kolom kondensor
5. 1,5 m selang teflon
6. 1 buah keran fraksinasi atas
7. 1 buah keran fraksinasi bawah

Lampiran I Bahan Penelitian



Bahan penelitian yang digunakan adalah:

- A. Etanol
- B. HTPB
- C. THF