

Ace

**PENGGUNAAN PREMIXING PADA VARIAN LAJU ALIR
PRODUK FRAKSINASI *HYDROXYL TERMINATED*
POLYBUTADIENE (HTPB) DALAM PROSES *CONTINUOUS*
POLYMER FRACTIONATION (CPF)**

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

TUGAS AKHIR

Oleh
BAGUS RAMADHAN
NIM: 1516060

DATA BUKU PERPUSTAKAAN	
Tgl Terima	16 / 04 / 22
No Induk Buku	180 / HTPB / SP / AA / 22



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

SUMBANGAN ALUMNI

No. Dok: 6061
Copy : 1

D
bbs
Ram
P

**PENGUNAAN *PREMIXING* PADA VARIAN LAJU ALIR
PRODUK FRAKSINASI *HYDROXYL TERMINATED*
POLYBUTADIENE (HTPB) DALAM PROSES *CONTINUOUS*
POLYMER FRACTIONATION (CPF)**

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

TUGAS AKHIR

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

**Oleh
BAGUS RAMADHAN
NIM: 1516060**



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

ABSTRAK

PENGGUNAAN *PREMIXING* PADA VARIAN LAJU ALIR PRODUK FRAKSINASI *HYDROXYL TERMINATED* *POLYBUTADIENE* (HTPB) DALAM PROSES *CONTINUOUS* *POLYMER FRACTIONATION* (CPF)

Oleh
Bagus Ramadhan
NIM: 1516060
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Hydroxyl Terminated Polybutadiene (HTPB) adalah salah satu bahan untuk pembuatan *fuel binder* propelan. Permasalahan dalam HTPB untuk *fuel binder* propelan adalah kadar isomer vinil yang tinggi dapat menyebabkan propelan menjadi getas sehingga mudah retak dalam proses pembakaran. HTPB yang diinginkan memiliki persentase berat isomer cis di atas 10%, isomer trans di atas 25% dan isomer vinil di bawah 60%. *Continuous Polymer Fractionation* (CPF) merupakan metode yang dapat digunakan untuk memisahkan HTPB berdasarkan massanya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh laju alir produk terhadap pemisahan HTPB menggunakan CPF dalam meningkatkan kesesuaian sebagai *fuel binder* propelan. Proses pemisahan diawali dengan *premixing* 94 mL HTPB yang dilarutkan dalam varian komposisi pelarut yaitu P1 dengan 80% THF + 0% etanol, P2 dengan 72% THF + 8% etanol, P3 dengan 64% THF + 16% etanol dan P4 dengan 56% THF + 24% etanol. Setiap 20 mL sampel yang diperoleh menggunakan varian laju alir Q1 dengan fraksi atas 0,1100 mL/s dan fraksi bawah 0,0550 mL/s, laju alir Q2 dengan fraksi atas 0,0550 mL/s dan fraksi bawah 0,0550 mL/s dalam rentang waktu pengambilan sampel setiap 1 jam dimulai dari t1 untuk 1 jam pertama sampai dengan t4 untuk 4 jam. Hasil pengujian menunjukkan laju alir Q1 dengan varian pelarut P4 dengan waktu pengambilan sampel 3 jam mendapatkan hasil pemisahan yang terbaik, karena menghasilkan jumlah molekul sebesar $5,63 \times 10^{20}$ serta isomer cis, vinil dan trans sebesar 16,5563%, 55,9776% dan 27,4661% yang dianalisa secara kuantitatif dengan FTIR berdasarkan hukum Lambert-Beer sehingga dapat meningkatkan kesesuaian sebagai *fuel binder* propelan.

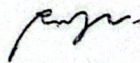
Kata kunci: *HTPB, Fuel Binder Propelan, CPF*

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING
PENGUNAAN *PREMIXING* PADA VARIAN LAJU ALIR
PRODUK FRAKSINASI *HYDROXYL TERMINATED*
POLYBUTADIENE* (HTPB) DALAM PROSES *CONTINUOUS
***POLYMER FRACTIONATION* (CPF)**

Bagus Ramadhan
NIM: 1516060
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

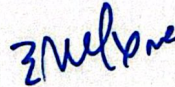
Politeknik STMI Jakarta

Dosen Pembimbing I



Ir. Roosmariharso. MBA.
NIDK. 8873590019

Jakarta, Mei 2020
Dosen Pembimbing II



Ella Melyna S.T., M.T.
NIP. 199103062018012001

Menyetujui
Ketua Program Studi
Teknik Kimia Polimer



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

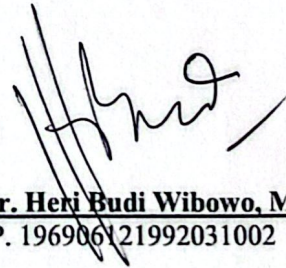
**HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING PENELITIAN
DI PUSAT TEKNOLOGI ROKET – LAPAN**

**PENGARUH LAJU ALIR TERHADAP PEMISAHAN
HYDROXYL TERMINATED POLYBUTADIENE (HTPB)
MENGUNAKAN *CONTINUOUS POLYMER FRACTIONATION*
(CPF) DALAM MENINGKATKAN SIFAT *FUEL BINDER*
PROPELAN**

Bagus Ramadhan
NIM: 1516060
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Politeknik STMI Jakarta

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



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

**HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR TUGAS
AKHIR**


**PENGGUNAAN *PREMIXING* PADA VARIAN LAJU ALIR
PRODUK FRAKSINASI *HYDROXYL TERMINATED*
POLYBUTADIENE (HTPB) DALAM PROSES *CONTINUOUS*
POLYMER FRACTIONATION (CPF)**

Bagus Ramadhan
NIM: 1516060
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Politeknik STMI Jakarta

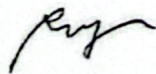
Jakarta, Juli 2020
Penguji II

Penguji I



Ir. Untung Prayudic, MTA.
NIP.196102081991031001

Dosen Pembimbing I



Ir. Roosmariharso, MBA.
NIDK.8873590019



Reviana Inda Dwi Suyatno, S.T., M.Eng.
NIP.198911202018012001

Dosen Pembimbing II



Ella Melyna S.T., M.T.
NIP. 199103062018012001

HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG AKHIR

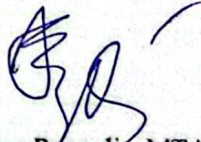
**PENGUNAAN PREMIXING PADA VARIAN LAJU ALIR
PRODUK FRAKSINASI *HYDROXYL TERMINATED*
POLYBUTADIENE (HTPB) DALAM PROSES *CONTINUOUS*
*POLYMER FRACTIONATION (CPF)***

Bagus Ramadhan
NIM: 1516060
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

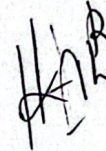
Politeknik STMI Jakarta

Jakarta, Agustus 2020
Penguji II

Penguji I

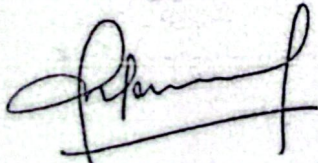


Ir. Untung Prayudie, MTA.
NIP.196102081991031001



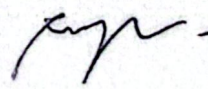
Fitria Ika Aryanti, S.T., M.Eng.
NIP.198505112014022001

Penguji III



Ir. Parulian Leonard Marpaung, MM.
NIP.195702141985031002

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 : Bagus Ramadhan
NIM : 1516060
Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir yang saya buat dengan judul
Penggunaan *Premixing* Pada Varian Laju Alir Produk Fraksinasi *Hydroxyl
Terminated Polybutadiene* (HTPB) Dalam Proses *Continuous Polymer
Fractionation* (CPF):

- 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

METERAI
TEMPEL
73D92AHF640603741
6000
ENAM RIBU RUPIAH
Bagus Ramadhan

KATA PENGANTAR

Puji serta syukur atas kehadiran Allah SWT, karena berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir penelitian yang berjudul “Penggunaan *Premixing* Pada Varian Laju Alir Produk Fraksinasi *Hydroxyl Terminated Polybutadiene* (HTPB) Dalam Proses *Continuous Polymer Fractionation* (CPF)”. Penulisan laporan ini merupakan salah satu syarat pelaksanaan tugas akhir Program Studi Teknik Kimia Polimer, Politeknik STMI Jakarta. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium HTPB dan Insulasi Termal Pusat Teknologi Raket – LAPAN pada 06 Januari 2020 sampai 31 Maret 2020.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan hingga sampai penyusunan laporan tugas akhir ini sulit bagi penulis untuk menyelesaikannya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terimakasih, khususnya kepada:

1. Orang tua penulis, yang senantiasa mendukung serta mendoakan.
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 dosen pembimbing I tugas akhir.
5. Ella Melyna, S.T, M.T., selaku dosen pembimbing II tugas akhir.
6. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta.
7. Prof. Heri Budi Wibowo, M.T., selaku pembimbing penelitian di Pusat Teknologi Raket – LAPAN.
8. Widhi Cahya Dharmawan, S.T., selaku kepala laboratorium HTPB dan insulasi thermal di Pusat Teknologi Raket – LAPAN.
9. Teman – teman Program Studi Teknik Kimia Polimer khususnya angkatan 2016.

Akhir kata, penulis mengharapkan agar Laporan Tugas Akhir yang telah dibuat ini dapat bermanfaat untuk banyak orang.

Jakarta, Mei 2020

Penulis

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	i
ABSTRAK.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	iii
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	1
I.2 Rumusan Masalah	4
I.3 Batasan Masalah.....	4
I.4 Tujuan Penelitian	4
I.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
II.1 HTPB (<i>Hydroxyl Terminated Polybutadiene</i>)	6
II.2 Karakteristik HTPB.....	7
II.3 Sifat Fisik HTPB.....	7
II.4 Perkembangan HTPB sebagai <i>Fuel Binder</i> Propelan	8
II.5 Faktor yang Mempengaruhi Sifat HTPB	9
II.6 Parameter Kualitas HTPB Sebagai <i>Fuel Binder</i> Propelan.....	10
II.7 Pelarut	11
II.7.1 Pemilihan Jenis Pelarut	11
II.7.2 Kriteria Pelarut	12
II.7.3 Etanol	13
II.7.4 THF	13
II.8 Diagram Fasa Terner.....	15
II.9 Fraksinasi	15
II.9.1 Pemisahan Polimer Berdasarkan Massa.....	16
II.9.2 <i>Continous Polymer Fractionation</i> (CPF).....	16
II.9.3 <i>Continuous Polymer Sprayer Fractionation</i> (CPSF).....	18
II.10 Pengujian FTIR (<i>Fourier Transform Infrared</i>).....	18
II.11 Perhitungan Rendemen	20
II.12 Perhitungan Jumlah Molekul	21
BAB III METODE.....	23
III.1 Waktu dan Tempat Penelitian	23
III.1.1 Waktu Penelitian	23
III.1.2 Tempat Penelitian.....	23
III.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	23

III.2.1	Alat Penelitian	23
III.2.2	Bahan Penelitian	24
III.3	Variabel Penelitian	24
III.3.1	Variabel Tetap	24
III.3.2	Variabel Bebas	25
III.4	Prosedur Penelitian	25
III.5	Analisis Penelitian	28
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	30
IV.1	Pengaruh Laju Alir Produk pada Setiap Varian Komposisi Pelarut terhadap Nilai Rendemen, Jumlah Molekul dan Kadar Isomer HTPB	30
IV.1.1	Pengaruh Laju Alir Produk pada Setiap Varian Komposisi Pelarut terhadap Nilai Rendemen HTPB	30
IV.1.2	Pengaruh Laju Alir Produk pada Setiap Varian Komposisi Pelarut terhadap Jumlah Molekul HTPB	33
IV.1.3	Pengaruh Laju Alir Produk pada Setiap Varian Komposisi Pelarut terhadap Kadar Isomer HTPB	35
IV.2	Laju Alir Produk, Komposisi Pelarut dan Waktu Pengambilan Sampel yang Terbaik dalam Proses Pemisahan Menggunakan CPF	38
BAB V	PENUTUP	39
V.1	Kesimpulan	39
V.2	Saran	39
	DAFTAR PUSTAKA	41
	LAMPIRAN	

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	Lembar Permohonan Penelitian di Pusat Teknologi Roket ...	44
LAMPIRAN B	Lembar Keterangan Penerimaan Penelitian di Pusat Teknologi Roket.....	45
LAMPIRAN C	Surat Tugas Dosen Pembimbing.....	46
LAMPIRAN D	Surat Tugas Asisten Dosen Pembimbing.....	47
LAMPIRAN E	Lembar Bimbingan Tugas Akhir.....	48
LAMPIRAN F	Data Perhitungan Lengkap.....	50
LAMPIRAN G	Waktu Pengeringan HTPB di dalam Oven	57
LAMPIRAN H	Spektogram Hasil HTPB.....	58
LAMPIRAN I	Grafik Data Hasil FTIR.....	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1	Struktur HTPB isomer Trans, Cis, dan Vinil.....	6
Gambar II.2	Diagram Terner Polimer	15
Gambar II.3	Skema CPF	17
Gambar II.4	Skema hubungan mol dan jumlah molekul.....	21
Gambar II.5	Skema alat spektroskopi FTIR. (1) Sumber inframerah. (2) Pembagi berkas (beam splitter). (3) Kaca pemantul. (4) Sensor inframerah. (5) Sampel. (6) Display	19
Gambar III.1	Diagram Alir Penelitian	26
Gambar III.2	Proses pemisahan menggunakan <i>Continuous Polymer Fractionation</i>	27
Gambar IV.1	Pengaruh laju alir produk pada varian komposisi pelarut P4 terhadap nilai rendemen HTPB dalam $t= 3$ jam	32
Gambar IV.2	Pengaruh laju alir produk pada varian komposisi pelarut P4 terhadap nilai jumlah molekul HTPB dalam $t= 3$ jam.....	35
Gambar IV.3	Pengaruh laju alir produk pada varian komposisi pelarut P4 terhadap kadar isomer HTPB dalam $t= 3$ jam.....	37

DAFTAR TABEL

Tabel II.1	Spesifikasi HTPB secara umum	7
Tabel II.2	Standar mutu HTPB dalam <i>fuel binder</i> propelan.....	10
Tabel II.3	Konstanta dielektrik berbagai zat pelarut	11
Tabel II.4	Jumlah molekul beberapa zat.....	21
Tabel III.1	Varian bahan pelarut yang digunakan	24
Tabel III.2	Variabel Tetap.....	24
Tabel III.3	Variabel Bebas.....	25
Tabel III.4	Konfigurasi struktur isomer cis, vinil dan trans HTPB dalam frekuensi FTIR.....	28
Tabel IV.1	Pengaruh laju alir produk pada setiap varian komposisi pelarut terhadap nilai rendemen HTPB dalam $t=3$ jam	30
Tabel IV.2	Pengaruh laju alir produk pada setiap varian komposisi pelarut terhadap nilai jumlah molekul HTPB dalam $t=3$ jam.....	33
Tabel IV.3	Pengaruh laju alir produk pada setiap varian komposisi pelarut terhadap nilai kadar isomer HTPB dalam $t=3$ jam	36
Tabel IV.4	Hasil persentase berat isomer <i>feed</i> (HTPB) dan fraksi bawah (gel) pada laju alir Q1 untuk varian komposisi pelarut P4 dalam $t=3$ jam.....	37

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

SINGKATAN	Nama	Pemakaian pertama kali pada halaman
HTPB	<i>Hydroxyl Terminated Polybutadiene</i>	1
TDI	Toluena diisosiyanat	1
THF	Tetrahidrofuran	2
CPF	<i>Continuos Polymer Fractionation</i>	3
CTPB	<i>Carboxyl Terminated Polybutadiene</i>	7
FD	<i>Feed</i>	15
GL	Gel	15
SL	Sol	15
WP	<i>Working Point</i>	15
CPSF	<i>Continuos Polymer Sprayer Fractionation</i>	18
FTIR	<i>Fourier Transform Infrared</i>	18
IR	<i>Infrared</i>	20
PVC	Polivinilklorida	21

LAMBANG	Nama	Pemakaian pertama kali pada halaman
F ₁	Fraksi Atas	3
F ₂	Fraksi Bawah	3
cP	<i>Centipoise</i>	7
μm	Panjang Gelombang	18
cm ⁻¹	Bilangan Gelombang	18
ε	menghitung absortivitas molar	20
P ₁	Komposisi Pelarut THF Sebanyak 80% dan Etanol Sebanyak 0%	30
P ₂	Komposisi Pelarut THF Sebanyak 72% dan Etanol Sebanyak 8%	30
P ₃	Komposisi Pelarut THF Sebanyak 64% dan Etanol Sebanyak 16%	30
P ₄	Komposisi Pelarut THF Sebanyak 56% dan Etanol Sebanyak 24%	30
t ₁	Waktu Pengambilan Sampel Pada 1 Jam	30
t ₂	Waktu Pengambilan Sampel Pada 2 Jam	30
t ₃	Waktu Pengambilan Sampel Pada 3 Jam	30
t ₄	Waktu Pengambilan Sampel Pada 4 Jam	30

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Propelan adalah bahan bakar yang digunakan untuk mesin roket. Propelan dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu propelan padat dan propelan cair (Sutton dan Biblarz, 2001). Propelan komposit merupakan salah satu jenis propelan padat dengan bahan baku ammonium perklorat, aluminium dan *fuel binder* yang biasanya adalah HTPB (*Hydroxyl Terminated Polybutadiene*) dan TDI (Toluen diisosiyanat) (Rosita, 2016). Propelan komposit disebut juga propelan heterogen karena *fuel* dan oksidator yang dicampurkan tidak memiliki ikatan antara keduanya, sehingga harus diikat dengan *binder*. Bukan hanya mengikat *fuel* dan oksidator, senyawa *binder* juga berfungsi mengikat seluruh bahan penyusun propelan (Susanto dan Abdillah, 2014).

HTPB adalah salah satu bahan untuk pembuatan *fuel binder* propelan komposit. HTPB terkenal luas digunakan sebagai *fuel binder* dalam propelan padat oleh karena keunggulan-keunggulannya. Banyaknya kandungan hidrokarbon dalam HTPB serta rendahnya viskositas dan *spesific gravity* menyebabkan HTPB mampu mengadsorpsi padatan hingga 86–88% tanpa kehilangan kemudahannya untuk di proses sehingga menghasilkan sistem propelan komposit yang memiliki sifat mekanis yang baik (Mahanta dan Pathak, 2012). Pembuatan HTPB dapat dilakukan dengan mekanisme ionik dan radikal. Pembuatan HTPB dengan polimerisasi ionik, membutuhkan katalisator yang sulit diperoleh di Indonesia, membutuhkan kondisi khusus, dan memiliki konversi rendah (Wibowo, 2012). Pembuatan HTPB dengan polimerisasi radikal bebas yang paling memungkinkan untuk dibuat di Indonesia, namun proses pembuatan HTPB dengan radikal bebas akan menghasilkan HTPB dengan massa molekul yang lebar dan kadar isomer *cis* yang rendah (Wibowo, 2016).

Bahan HTPB selama ini hanya diproduksi untuk bahan baku propelan komposit. Sehingga diperlukan adanya penelitian lebih lanjut untuk penggunaannya. Salah satu

parameter menentukan kualitas bahan HTPB adalah struktur isomernya. Struktur isomer HTPB terdiri dari isomer cis, trans dan vinil. Sebagai syarat *fuel binder* propelan HTPB harus memiliki kadar isomer cis di atas 10%, kadar isomer trans di atas 25% dan kadar isomer vinil di bawah 60% (Wibowo, 2016). Kadar isomer cis di bawah 10% akan menghasilkan fleksibilitas HTPB yang rendah, kadar isomer trans di bawah 25% akan menghasilkan HTPB yang lembek, sedangkan kadar isomer vinil di atas 60% akan menghasilkan HTPB yang getas dan mudah retak (Wibowo, 2016).

Parameter lainnya dalam menentukan kualitas bahan HTPB dilihat dari jumlah molekulnya, jumlah molekul HTPB yang diharapkan minimal $5,45E+20$, karena jumlah molekul HTPB akan mempengaruhi viskositas dari HTPB. Besarnya viskositas dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti temperatur, gaya tarik antar molekul dan ukuran serta jumlah molekul terlarut. Semakin tinggi nilai viskositas HTPB, maka akan meningkatkan berat molekul rata-rata HTPB, sehingga akan meningkatkan kuat tarik dan fleksibilitas dari *fuel binder* propelan (Wibowo, 2016). Selain kualitas terdapat aspek ekonomis terhadap bahan HTPB, yaitu dilihat dari nilai rendemennya. Hasil dari rendemen yang diharapkan pada penelitian ini minimal 2,100% (Wibowo, 2016). Karena semakin tinggi nilai rendemen HTPB menandakan bahwa nilai massa yang dihasilkan semakin banyak atau dengan kata lain semakin tinggi nilai rendemen HTPB maka semakin tinggi nilai ekonomis HTPB tersebut.

Pemilihan komposisi pelarut dalam proses pemisahan HTPB merupakan faktor yang penting untuk melarutkan HTPB supaya homogen. HTPB merupakan bahan yang tergolong polar dan sesuai dengan pelarut polar seperti Tetrahidrofur (THF). Bahan pengekstrak yang baik memerlukan pelarut yang memiliki polaritas yang sama dengan senyawa yang akan diekstrak karena senyawa polar hanya larut dengan baik dalam pelarut polar (Sirwutubun dkk., 2016). THF merupakan pelarut utama yang dapat digunakan untuk melarutkan berbagai jenis polimer namun pelarut THF begitu polar dan harganya relatif mahal sehingga digunakan pelarut

samping untuk mengatasi hal tersebut, di dalam penelitian ini digunakan pelarut etanol sebagai pelarut samping karena sifatnya semi polar yang dapat melarutkan senyawa polar dan non polar serta ketika dicampurkan oleh pelarut THF akan menghambat sedikit penguapan saat proses *premixing* HTPB sebelum dimasukkan ke dalam kolom fraksinasi.

Continuous Polymer Fractionation (CPF) merupakan metode sederhana yang dapat memisahkan massa HTPB dengan baik. Metode CPF 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) (Enders dan Wolf, 2011). Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi proses pemisahan menggunakan CPF seperti komposisi pelarut yang digunakan harus dapat melarutkan HTPB secara homogen, sehingga tidak ada gumpalan-gumpalan kecil di dalam proses *premixing* ataupun pada saat pemisahan berlangsung.

Waktu pengambilan sampel dapat mempengaruhi proses pemisahan fraksi berat dan ringan. HTPB dapat bergerak bebas karena sifatnya yang larut dalam pelarut THF dan etanol, HTPB dengan massa tinggi akan berada pada fraksi bawah (F2) sedangkan HTPB dengan massa rendah akan berada pada fraksi atas (F1). Waktu dalam proses pemisahan akan mempengaruhi distribusi massa HTPB dalam kolom fraksinasi. Pada pemisahan HTPB yang dilakukan dengan metode kolom resin berpori oleh Wibowo (2015), menyatakan bahwa laju alir pelarut berpengaruh terhadap hasil dari pemisahan HTPB, dengan laju alir 2 mL/menit sebagai laju alir yang memiliki efektivitas tertinggi (Wibowo, 2015). Pemilihan laju alir produk dalam suatu pemisahan dapat mempengaruhi kecepatan aliran produk yang dihasilkan, semakin tinggi laju alir produk maka volume produk yang dikeluarkan akan semakin besar, pengaturan laju alir juga dibutuhkan untuk membedakan antara fraksi atas dengan fraksi bawah dalam proses pemisahan.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimanakah pengaruh laju alir produk pada setiap varian komposisi pelarut terhadap nilai rendemen, jumlah molekul dan kadar isomer HTPB?
2. Bagaimanakah laju alir produk, komposisi pelarut dan waktu pengambilan sampel yang terbaik dalam proses pemisahan secara CPF?

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, tetrahidrofuran (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 CPF yang telah disediakan oleh Pusat Teknologi Roket – LAPAN,
3. Pelarut yang digunakan adalah campuran antara THF dengan etanol pada varian P1 adalah 80% THF + 0% etanol, P2 adalah 72% THF + 8% etanol, P3 adalah 64% THF + 16% etanol dan P4 adalah 56% THF + 24% etanol,
4. Perhitungan hasil pemisahan HTPB meliputi perhitungan rendemen, perhitungan jumlah molekul dan perhitungan kadar isomer untuk meningkatkan kesesuaian sebagai *fuel binder* propelan.

I.4 Tujuan Penelitian

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

1. Untuk mengetahui pengaruh laju alir produk pada setiap varian komposisi pelarut terhadap rendemen, jumlah molekul dan kadar isomer HTPB,

2. Untuk mengetahui laju alir produk, komposisi pelarut dan waktu pengambilan sampel yang terbaik dalam proses pemisahan secara CPF.

I.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Bagi Lembaga Penelitian dan Pengembangan

Hasil analisa dan penelitian yang dilakukan selama penelitian dapat menjadi bahan masukan bagi Pusat Teknologi Roket – LAPAN untuk lebih mendalami penggunaan HTPB sebagai *fuel binder* propelan roket di masa yang akan datang. Selain terbuka kesempatan bagi Pusat Teknologi Roket – LAPAN untuk dapat bekerja sama dengan program studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian RI.

2. Bagi Perkembangan Ilmu Pengetahuan

- a. Memberikan gambaran yang jelas tentang polimer HTPB.
- b. Sebagai referensi tentang proses pemisahan polimer HTPB menggunakan metode *Continous Polymer Fractination* (CPF) dengan varian laju alir produk dan komposisi pelarut yang berbeda.
- c. Dapat digunakan sebagai bahan acuan dan pertimbangan dalam perkembangan penelitian ilmu yang sejenis.

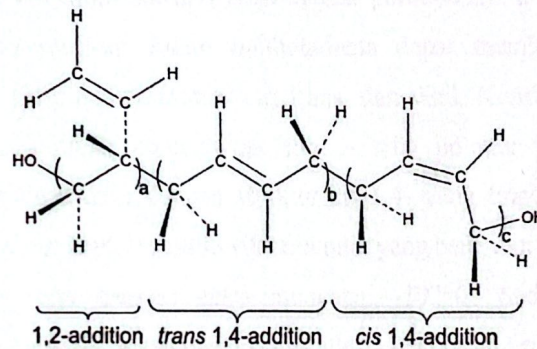
3. Bagi Masyarakat luas

- a. Memperluas wawasan pengetahuan tentang polimer HTPB.
- b. Dapat mengetahui tentang pengaplikasian polimer khususnya polimer HTPB sebagai *fuel binder* propelan untuk bahan bakar roket.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

II.1 HTPB (*Hydroxyl Terminated Polybutadiene*)

HTPB (*Hydroxyl Terminated Polibutadiene*) adalah polibutadiena yang terbentuk dari unit pengulangan monomer butadiena dengan gugus kedua ujungnya adalah gugus hidroksil. HTPB memiliki tiga isomer yaitu 1,2vinil, 1,4-trans dan 1,4-cis. Campuran konfigurasi 1,4-cis, 1,4 trans dan 1,2- vinil dalam HTPB terdistribusi secara acak sepanjang rantai polimer (Dey dkk., 2010). Produk komersial HTPB merupakan campuran dari ketiga isomer tersebut. Rata-rata HTPB untuk fuel *binder* propelan mensyaratkan kadar isomer cis tinggi (di atas 30%), kadar vinil di bawah 25% dan kadar trans bervariasi. Persyaratan *binder* propelan komposit yang baik adalah memiliki kadar vinil paling banyak 20% (Wibowo, 2015).



Gambar II.1 Struktur HTPB isomer Trans, Cis, dan Vinil (Wibowo, 2012)

HTPB memiliki rumus kimia $\text{HO}-(\text{C}_4\text{H}_6)_n\text{-OH}$. Berdasarkan struktur kimianya, HTPB bersifat polar yang larut dalam senyawa organik polar seperti toluen, THF, alkohol, sedikit larut dalam air (Mahanta dkk., 2010). HTPB merupakan salah satu bahan untuk pembuatan *fuel binder* propelan komposit. HTPB terkenal luas digunakan sebagai *binder* dalam propelan padat karena keunggulan-keunggulannya. Banyaknya kandungan hidrokarbon dalam HTPB (98,6%) serta rendahnya viskositas dan *specific gravity* (0,9) menyebabkan HTPB mampu mengadsorpsi padatan hingga 86 – 88% tanpa kehilangan kemudahannya untuk diproses sehingga menghasilkan sistem propelan komposit yang memiliki sifat mekanis yang baik (Mahanta dan Pathak, 2012). Menurut Wibowo (2016), secara umum HTPB memiliki spesifikasi bahan sebagai berikut:

Tabel II.1 Spesifikasi HTPB secara umum (Wibowo, 2016)

Spesifikasi	Keterangan
Nilai hidroksil (OH)	40 – 50 mg KOH/g
Nilai asam	1 mg KOH/g
Viskositas pada suhu 30°C	4000 – 6500 cPs
Viskositas pada suhu 60°C	800 – 1400 cPs
Densitas	0,90 – 0,92 g/ml
Kandungan uap air	0,1 (%mak)
Struktur vinil –1,2	60 – 70 %
Struktur trans –1,4	20 – 25 %
Struktur cis –1,4	0 – 10 %

II.2 Karakteristik HTPB

HTPB adalah senyawa polimer berbasis butadiena atau disebut dengan 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 . Selain tipe struktur polimer yang terbentuk, ukuran molekul merupakan parameter penting yang mempengaruhi karakteristik polimer. Semakin besar ukuran molekul maka polimer semakin padat dan keras, kekentalan meningkat disertai semakin cepat berbentuk padatan. Ukuran molekul ditunjukkan dengan berat molekul rata – rata (gr/mol) (Wibowo, 2016).

II.3 Sifat Fisik HTPB

Sifat fisik penting dari polimer adalah berat jenis, warna, viskositas, dan kadar air. Berat jenis 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. Semakin besar viskositas menunjukkan semakin panjang rantai polimer (Wibowo, 2016).

II.4 Perkembangan HTPB sebagai *Fuel Binder* Propelan

Bahan *fuel binder* merupakan bahan bakar yang diharapkan dapat terbakar sempurna menghasilkan gas CO₂ dan H₂O sehingga menghasilkan energi panas yang tinggi. Bahan bakar terbaik adalah bahan kimia yang terdiri atas karbon dan hidrogen. Biasanya senyawa tersebut berupa polimer. Senyawa harus mampu membentuk padatan komposit dan memiliki sifat tersebut dengan suhu operasional roket (50°C – 100°C) (Wibowo, 2016).

Menurut sejarahnya, mula – mula digunakan aspal sebagai *binder* karena murah dan mudah didapat, namun aspal memiliki banyak unsur selain karbon dan hidrogen. Selain itu aspal mudah retak pada suhu rendah sehingga berpotensi mengakibatkan ledakan karena pembakaran yang tidak terarah. Kemudian dilakukan uji coba berikutnya dengan menggunakan polimer sintesis seperti polietilena dan polivinilklorida. Polietilena memiliki fleksibilitas yang tinggi namun memiliki kelenturan yang rendah, sedangkan polivinilklorida akan menghasilkan gas klorin yang beracun dan nilai energi pembakarannya cukup rendah (Wibowo, 2016).

Upaya terbaik yang telah diperoleh yaitu dengan menggunakan bahan butadiena dalam bentuk CTPB (*Carboxyl Terminated Polybutadiene*) dan HTPB. Kedua bahan tersebut memiliki kelenturan yang tinggi dan mampu menghasilkan energy pembakaran yang besar. Keunggulan HTPB terletak pada viskositasnya yang rendah dan waktu pepadatan yang cukup panjang sehingga propelan yang dihasilkan dapat mengandung kadar oksidator yang tinggi dan homogen (Wibowo, 2016).

II.5 Faktor yang Mempengaruhi Sifat HTPB

Berikut merupakan beberapa faktor yang dapat mempengaruhi sifat HTPB: (Wibowo, 2016).

1. Bilangan OH

Semakin tinggi bilangan OH dari suatu HTPB, maka akan semakin besar nilai kuat tariknya (*tensile strength*). Namun pada saat tertentu, yaitu setelah melewati titik stokiometri pada nilai kuat tarik tidak terjadi kenaikan dan lebih cenderung terjadi penurunan. Hasil analisis dengan rentang yang ada menunjukkan bahwa rentang bilangan OH yang diperbolehkan adalah 70 – 400.

2. Struktur HTPB

Baik kadar isomer cis, isomer trans dan isomer vinil dengan jumlah yang berbeda, maka akan menghasilkan kuat tarik dan kekuatan yang berbeda pula. HTPB untuk *fuel binder* propelan disyaratkan untuk memiliki kadar isomer cis pada rentang 10 – 30%, kadar isomer trans dibawah 70% dan kadar isomer vinil dibawah 60%. Kadar isomer trans dan vinil yang berlebih dapat menghasilkan *fuel binder* propelan sangat keras, mudah retak dan mudah patah.

3. Berat Molekul Rata – rata

Semakin tinggi berat molekul rata – rata HTPB maka akan semakin besar nilai kuat tariknya (*tensile strength*), namun pada berat molekul di atas 10.000 gram/mol cenderung terjadi penurunan. HTPB untuk *fuel binder* propelan disyaratkan untuk memiliki berat molekul rata – rata pada rentang 2.000 – 5.000 gram/mol, pada rentang tersebut propelan yang dihasilkan akan memiliki energi yang optimum.

4. Viskositas

Viskositas suatu polimer menunjukkan panjang rantai polimer, sehingga semakin tinggi nilai viskositas suatu HTPB maka akan semakin besar nilai berat molekul rata – ratanya. Viskositas HTPB yang baik adalah pada 4 – 15 cP. 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. Semakin besar viskositas menunjukkan semakin panjang rantai polimer.

II.6 Parameter Kualitas HTPB Sebagai *Fuel Binder* Propelan

HTPB (*Hydroxyl Terminated Polybutadiene*) merupakan polimer yang paling banyak digunakan untuk *fuel binder* pada propelan padat komposit. Biasanya komposisi yang digunakan sebanyak 10 – 15% massa dari komposisi propelan (Abdillah dkk., 2018). Dalam penggunaannya propelan harus mampu beroperasi di segala kondisi, dalam rentang suhu $-50 - 50^{\circ}\text{C}$ harus terjaga fleksibilitasnya dan tidak retak. HTPB sebagai *fuel binder* propelan memiliki persyaratan supaya dapat menghasilkan *fuel binder* yang baik. HTPB harus dapat membentuk elastomer dengan sifat mekanik yang baik, fleksibilitas yang baik, tahan penyimpanan lama, tidak mudah retak dan memiliki energi yang cukup besar pada saat proses pembakaran (Wibowo, 2016).

Tabel II.2 Standar mutu HTPB dalam *fuel binder* propelan (Wibowo, 2012)

Item	I	II	III	IV
Berat Molekul (Mn) gr/mol	2800 – 3500	2800 – 3500	2000 – 5000	2000 – 5000
Polidispersi, Zn	1.1	1.2	>1.2	>1.2
Persentase berat isomer cis	>30%	>30%	>10%	>0%
Persentase berat isomer trans	>60%	>35%	>25%	>15%

Tabel yang berwarna kuning merupakan HTPB yang digunakan LAPAN dalam pembuatan *fuel binder* propelan. Salah satu yang mempengaruhi sifat *fuel binder* HTPB adalah struktur isomer HTPB (cis, trans, dan vinil). Semakin tinggi kadar isomer cis HTPB maka akan meningkatkan fleksibilitas HTPB, kadar isomer trans yang semakin tinggi akan meningkatkan kuat tarik dan kekerasan HTPB, dan kadar vinil yang semakin tinggi akan menaikkan kekerasan HTPB. Sebagai persyaratan untuk *fuel binder* propelan maka kadar isomer cis HTPB harus berada dalam rentang 10 – 30%, karena kadar cis di bawah 10% akan menghasilkan *fuel binder* yang fleksibilitasnya rendah dan mudah retak. Kadar isomer trans harus lebih dari 25%, karena kadar trans di bawah 25% akan menghasilkan *fuel binder* yang terlalu lembek (kurang keras) (Wibowo, 2016).

II.7 Pelarut

Pelarut adalah suatu zat yang melarutkan zat terlarut baik cairan, padatan ataupun gas. Berdasarkan jenisnya pelarut terbagi menjadi tiga macam, yaitu pelarut air, pelarut organik, dan pelarut anorganik.

II.7.1 Pemilihan Jenis Pelarut

Faktor yang mempengaruhi dalam berhasilnya proses pemisahan adalah mutu dan jenis pelarut yang digunakan. Menurut Rosita, (2011) 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.2 di bawah ini.

Tabel II.3 Konstanta dielektrik berbagai zat pelarut (Kato dkk., 2013)

Konstanta Dielektrik	Nama Zat Pelarut
1,9	Heksana
2,3	Benzena
4,7	Kloroform
7,4	Tetrahidrofuran
8,9	Diklorometana
20,7	Aseton
24,3	Etanol
32,6	Metanol
36,7	Dimetilformamida
64,4	Propilen Karbonat
78,5	Air

Untuk mendapatkan pengekstrak yang baik diperlukan pelarut yang memiliki polaritas yang sama dengan senyawa yang akan diekstrak karena senyawa polar hanya larut dengan baik dalam pelarut yang polar, begitu pula dengan senyawa non polar dapat larut dengan baik pada pelarut non polar. Derajat kepolaran suatu senyawa ditentukan oleh tetapan dielektriknya dimana senyawa yang memiliki konstanta dielektrik yang tinggi akan memiliki polaritas yang lebih tinggi. (Sirwutubun dkk., 2016)

II.7.2 Kriteria Pelarut

Pelarut yang di pilih harus disesuaikan dengan beberapa kriteria berikut (Nasir dkk., 2009):

1. Kelarutan

Pelarut yang dipilih memiliki kepolaran yang sama dengan bahan yang akan di fraksinasi sehingga pelarut dapat melarutkan solut sesempurna mungkin.

2. Selektivitas

Pelarut diharapkan memiliki selektivitas 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. 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).

4. Titik didih

Titik didih pelarut cukup rendah sehingga hanya membutuhkan pemanasan yang tidak terlalu besar. Bila pemanasan yang diperlukan membutuhkan energi yang sangat besar, dapat menimbulkan kerusakan pada bahan yang di ekstrak.

5. Densitas atau kerapatan

Perbedaan dari densitas atau kerapatan yang besar antara pelarut dan solut akan dapat memudahkan pemisahan keduanya.

6. Viskositas

Pelarut harus mampu berdifusi ke dalam maupun ke luar dari padatan agar bisa mengalami kontak dengan seluruh solut. Oleh karena itu, viskositas dari pelarut diharapkan cukup rendah agar pelarut lebih mudah mengalir dan kontak dengan padatan berlangsung lebih baik.

7. Temperatur

Temperatur yang digunakan harus dapat disesuaikan dengan kelarutan pelarut, stabilitas pelarut, tekanan uap pelarut, dan selektivitas pelarut.

8. Rasio pelarut

Rasio pelarut yang dipakai terhadap padatan harus sesuai dengan kelarutan zat terlarut atau solut pada pelarut. Semakin kecil kelarutan solut terhadap pelarut, semakin besar pula perbandingan pelarut terhadap padatan, begitu juga sebaliknya. Dengan demikian perbandingan solut dan pelarut yang tepat akan mampu memberikan hasil ekstraksi yang diharapkan.

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

II.7.3 Etanol

Etanol disebut juga etil alkohol yang merupakan sejenis cairan yang mudah menguap, mudah terbakar, tak berwarna dan merupakan alkohol yang paling sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Etanol memiliki rumus kimia C_2H_5OH yang memiliki berat molekul sebesar 46,07 g/mol, berat jenis 0,789 g/cm³, viskositas 1,2 cP (20°C) dan titik didih pada suhu 78,4°C (Mc.Cabe dkk., 1993).

Pada penelitian ini digunakan pelarut etanol sebagai pelarut samping untuk mengurangi penggunaan THF karena sifatnya yang semi polar sehingga dapat melarutkan senyawa polar dan non polar serta ketika dicampurkan oleh pelarut THF akan menghambat sedikit penguapan saat proses *premixing* HTPB sebelum dimasukkan ke dalam kolom fraksinasi. Alasan penggunaan etanol dibandingkan senyawa lain seperti propanol dan butanol adalah etanol lebih ekonomis dan memiliki titik didih yang tidak terlalu tinggi sehingga mudah dipisahkan dengan proses penguapan di dalam oven.

II.7.4 THF

Tetrahidrofuran merupakan salah satu jenis pelarut organik dengan rumus kimia C_4H_8O yang berupa cairan berviskositas rendah dan memiliki aroma seperti dietil eter. Pelarut ini memiliki wujud cair (fluida), tidak berwarna serta memiliki derajat keasaman (pH) 7 - 8 (air: 200 g/l, 20 °C). Titik beku tetrahidrofuran sekitar -108,5 °C dan memiliki Titik didih 65 - 66 °C. THF merupakan pelarut yang umum digunakan sebagai pelarut suatu polimer (Pruckmayr, 1996).

II.7.5 Interaksi antara HTPB dan Pelarut

HTPB (*Hydroxyl Terminated Polybutadiene*) adalah polibutadiena yang terbentuk dari unit pengulangan monomer butadiena dengan gugus kedua ujungnya adalah gugus hidroksil. HTPB dapat dilarutkan dalam senyawa organik seperti toluena, THF, heksana, alkohol, diklorometana, dioksan dan kloroform. Menurut Mahanta dan Pattnayak (2015), pelarut yang umum digunakan sebagai pelarut HTPB adalah toluena, THF dan Kloroform. Kelarutan polimer dalam suatu pelarut dipengaruhi oleh berbagai faktor, diantaranya berat molekul, polidispersitas, struktur, komposisi dan bentuk rantai polimer (Mahanta dan Pattnayak, 2015).

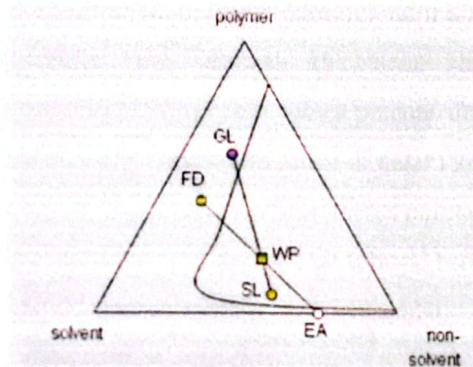
Interaksi antara HTPB dan pelarut akan mempengaruhi viskositas dan solubilitas larutan. Parameter solubilitas ditentukan berdasarkan volume molar pelarut dan selisih antara gel dan sol yang dihasilkan oleh interaksi antara HTPB dan pelarut. Volume molar pelarut menunjukkan volume yang dibutuhkan untuk melarutkan HTPB per molnya, semakin rendah volume molar pelarut maka akan semakin baik solubilitasnya. THF memiliki volume molar sebesar $81,7 \text{ cm}^3/\text{mol}$, lebih baik dibandingkan toluen dengan volume molar sebesar $106,8 \text{ cm}^3/\text{mol}$. Selisih antara gel dan sol pada larutan HTPB menunjukkan tingkat solubilitas antara HTPB dan pelarut yang digunakan, semakin tinggi selisihnya atau semakin rendah sol yang dihasilkan maka akan semakin baik solubilitasnya. Gel adalah fase yang mengandung polimer dengan distribusi molekul yang tinggi dan rantai polimer yang panjang, sedangkan sol adalah fase yang mengandung polimer dengan distribusi molekul yang rendah dan rantai polimer yang pendek. Interaksi antara HTPB dan THF merupakan yang paling rendah kandungan solnya dibandingkan HTPB dengan toluena dan kloroform (Mahanta dan Pattnayak, 2015).

Pada interaksi yang terjadi antara HTPB dan pelarut yang digunakan (THF dan etanol) tidak terjadi reaksi kimia, karena pada interaksi antara HTPB dan pelarut tidak membentuk senyawa baru dan HTPB dapat kembali ke bentuk semula setelah penguapan dalam oven, hal tersebut sesuai dengan kriteria pelarut yang dipertimbangkan pada proses fraksinasi, yaitu tidak reaktif untuk membentuk

senyawa baru. Menurut Muchson dkk. (2016), beberapa indikasi terjadinya reaksi kimia adalah terjadinya perubahan warna dan suhu serta pembentukan gas dan endapan suatu senyawa, sehingga dapat diketahui tidak terjadi reaksi kimia akibat interaksi antara HTPB dan pelarut.

II.8 Diagram Fasa Ternern

Fasa ternern biasanya sering digunakan dalam proses fraksinasi pada suhu atau konsentrasi yang tidak sesuai. Oleh karena itu sistem ternern yang terdiri dari polimer, pelarut, dan non pelarut. Diagram fase ternern disebut juga segitiga fase gibbs. Diagram ini memberikan seluruh rentang komposisi campuran ternern pada suhu konstan, komponen murni terletak di sudut – sudut sementara komponen biner diberikan pada sisi tepi. Campuran ternern diwakili oleh titik – titik yang terletak di dalam segitiga.



Gambar II.2 Diagram Ternern Polimer (Eckelt dan Wolf, 2007)

Gambar II.2 merupakan contoh diagram fasa ternern untuk polimer yang terdiri dari polimer, pelarut dan non pelarut. Dua fase yang terbentuk adalah satu mengandung bahan rantai panjang (fase gel) yang dinyatakan dengan GL dan lainnya berisi bahan rantai pendek dan distribusi massa molekul rendah (fase sol) yang dinyatakan dengan SL. *Feed* (FD) merupakan suatu umpan larutan polimer, *extracting agent* (EA) merupakan bahan pengekstraksi, sedangkan *working point* (WP) merupakan titik dari kondisi kerja (Eckelt dan Wolf, 2007).

II.9 Fraksinasi

Fraksinasi adalah suatu proses pemisahan senyawa berdasarkan tingkat kepolaran. Dalam metode fraksinasi, pengetahuan mengenai sifat senyawa yang terdapat

dalam ekstrak akan sangat mempengaruhi proses fraksinasi. Oleh karena itu, jika digunakan etanol 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 penelitian ini menggunakan metode fraksinasi cair – cair. Fraksinasi cair – cair merupakan teknologi pemisahan yang didasari oleh distribusi satu atau lebih senyawa antara dua pelarut yang tidak atau saling campur satu sama lain (Wang dan Cheng, 2008).

II.9.1 Pemisahan Polimer Berdasarkan Massa

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 semakin 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:

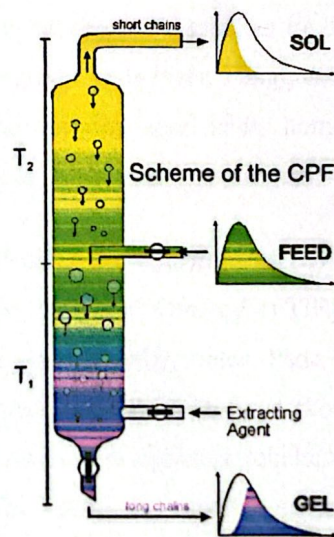
- a. Jenis pelarut yang digunakan dalam proses pemisahan,
- b. Laju alir ketika pengambilan sampel,
- c. Suhu yang digunakan pada proses pemisahan
- d. Panjang kolom kondensor (Wibowo, 2015).

II.9.2 *Continuous Polymer Fractionation (CPF)*

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. Salah satu metode Fraksinasi polimer dengan

perbedaan berat molekul atau panjang rantai yang telah telah dikembangkan adalah CPF (*Continous Polymer Fractionation*) (Enders dan Wolf, 2011).

CPF telah dikembangkan secara khusus untuk dapat menghasilkan fraksi yang besar dalam waktu yang relatif singkat. CPF merupakan jenis fraksinasi yang konvensional, terutama pada tahapan prosedurnya yang memerlukan konsentrasi polimer yang rendah untuk efisiensi yang baik dan pelarut dalam jumlah yang cukup besar. CPF dapat digunakan untuk menurunkan berat molekul rata – rata dari suatu polimer yang memiliki berat molekul rata–rata yang tinggi serta dapat menghilangkan atau mengurangi komposisi kimia dari suatu produk (Enders dan Wolf, 2011).



Gambar II.3 Skema CPF (Enders dan Wolf, 2011)

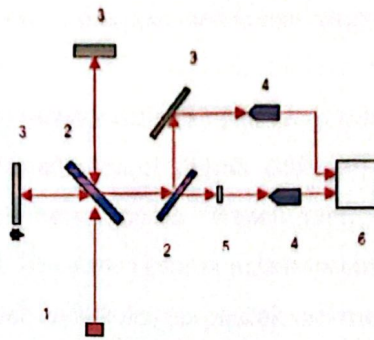
Gambar di atas merupakan skema dari CPF, *feed* merupakan larutan polimer yang diumpangkan ke kolom, dibantu dengan *extracting agent* sebagai bahan pengekstraksi. Polimer yang memiliki berat molekul yang besar serta rantai yang panjang akan turun atau mengarah ke bawah kolom dan keluar dalam fasa gel, sedangkan polimer dengan berat molekul yang lebih rendah serta rantai yang pendek akan mengarah ke atas kolom dan keluar melalui sol (Enders dan Wolf, 2011).

II.9.3 *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). Penelitian yang telah dilakukan oleh (Dicky, 2020) mendapatkan kadar isomer HTPB cis sebesar sebesar 14,9964% dan isomer trans sebesar 27,3131%, hasil pengamatan tersebut lebih kecil dibandingkan dengan metode CPF dalam penelitian ini. Hal tersebut dikarenakan dalam metode CPSF tidak dilakukannya proses *premixing* sebagai tahap awal. Proses CPSF diawali dengan 94 mL larutan HTPB yang langsung dimasukkan ke dalam labu didih kemudian disemprotkan pelarut menggunakan *sprayer*. Penggunaan *premixing* adalah untuk melarutkan HTPB dengan pelarut agar lebih homogen sehingga tidak ada gumpalan-gumpalan kecil di dalam proses pemisahan.

II.10 *Pengujian FTIR (Fourier Transform Infrared)*

Spektrofotometer *Fourier Transform Infrared (FTIR)* adalah spektrofotometer dengan sistem optik yang berupa interferometer. Pada dasarnya spektrofotometer FTIR sama dengan spektrofotometer IR Dispersi (konvensional). Perbedaannya terletak pada pengembangan sistem optiknya sebelum berkas sinar IR melewati sampel. FTIR merupakan salah satu instrumen yang menggunakan prinsip spektroskopi. Spektroskopi tersebut adalah spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi fourier untuk deteksi dan analisis hasil spektrumnya Spektroskopi inframerah berguna untuk identifikasi senyawa organik karena spektrumnya yang sangat kompleks yang terdiri dari banyak puncak-puncak. Spektrum inframerah tersebut dihasilkan dari pen trasmisian cahaya yang melewati sampel, pengukuran intensitas cahaya dengan detektor dan dibandingkan dengan intensitas tanpa sampel sebagai fungsi panjang gelombang. Spektrum inframerah yang diperoleh kemudian diplot sebagai intensitas fungsi energi, panjang gelombang (μm) atau bilangan gelombang (cm^{-1}). (Anam dkk., 2007)



Gambar II.4 Skema alat spektroskopi FTIR. (1) Sumber inframerah. (2) Pembagi berkas (beam splitter). (3) Kaca pemantul. (4) Sensor inframerah. (5) Sampel. (6) Display (Anam dkk., 2007)

Berikut merupakan petunjuk menggunakan spektra FTIR:

1. Tentukan sumbu X dan sumbu Y dari spektrum. Sumbu X dari spektrum IR diberi 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 diberi 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 dimana 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 keempat dari 1.500 ke 400.
4. Tentukan kelompok fungsional diserap di wilayah pertama. Jika spektrum memiliki karakteristik puncak di kisaran 4.000 hingga 2.500, puncak sesuai dengan penyerapan yang disebabkan oleh NH, CH dan obligasi OH tunggal.
5. Tentukan kelompok fungsional yang diserap di wilayah kedua. Jika spektrum memiliki karakteristik puncak di kisaran 2.500 hingga 2.000, puncak sesuai dengan penyerapan yang disebabkan oleh ikatan rangkap tiga.
6. Tentukan kelompok fungsional diserap di wilayah ketiga. Jika spektrum memiliki karakteristik puncak di kisaran 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 ke 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. (Anam, dkk., 2007)

Spektrofotometer FTIR merupakan salah satu alat yang dapat digunakan untuk identifikasi senyawa, khususnya senyawa organik baik secara kuantitatif maupun kualitatif. Analisis kuantitatif dilakukan dengan melihat bentuk spektrumnya yaitu dengan melihat puncak-puncak spesifik yang menunjukkan jenis gugus fungsional yang dimiliki oleh senyawa tersebut, sedangkan analisis kuantitatif dapat dilakukan dengan menggunakan senyawa standar yang dibuat spektrumnya pada berbagai variasi konsentrasi. Pada penelitian ini menggunakan metode analisis kuantitatif, yaitu berdasarkan hukum Lambert – Beer yang dapat menghitung absorptivitas molar (ϵ) pada panjang gelombang tertentu, dimana salah satu komponennya mengabsorpsi dengan kuat sedang komponen lain lemah atau tidak mengabsorpsi. Absorbansi zat yang tidak diketahui jumlahnya ditentukan pada panjang gelombang ini secara simultan (Kristianingrum, 2016). Analisis dapat dilakukan dengan memasukan sampel, kemudian dilakukan *scan* IR pada bilangan gelombang 400 – 4000 cm^{-1} (Wibowo, 2016).

II.11 Perhitungan Rendemen

Rendemen adalah perbandingan jumlah (kuantitas) bahan HTPB yang dihasilkan dari fraksinasi HTPB. Semakin tinggi nilai rendemen yang dihasilkan menandakan nilai HTPB yang dihasilkan semakin banyak (Fahmi, 2016). Jumlah rendemen yang didapat dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\% \text{ Rendemen} = \frac{\text{jumlah HTPB setelah fraksinasi}}{\text{jumlah HTPB sebelum di fraksinasi}} \times 100\% \quad (\text{II.7})$$

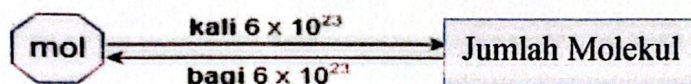
II.12 Perhitungan Jumlah Molekul

Mol didefinisikan sebagai ukuran zat yang mengandung molekul sebanyak 6×10^{23} molekul. Molekul tersebut dapat berupa atom, molekul dan ion.

Tabel II.4 Jumlah molekul beberapa zat (Ham, 2010)

Nama Zat	Rumus	Jenis Partikel	Hubungan dengan mol
karbon	C	atom	1 mol C mengandung 6×10^{23} atom C
besi	Fe	atom	1 mol Fe $\equiv 6 \times 10^{23}$ atom Fe
oksigen	O ₂	molekul	1 mol O ₂ $\equiv 6 \times 10^{23}$ molekul O ₂

Dari contoh tersebut dapat disimpulkan bahwa 1 mol zat apa saja selalu mengandung jumlah molekul yang sama banyak yakni sebesar 6×10^{23} sehingga dapat dinyatakan dalam bentuk skema seperti pada gambar II.4 berikut:



Gambar II.5 Skema hubungan mol dan jumlah molekul (Ham, 2010)

Sehingga jumlah molekul dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Jumlah molekul} = \text{mol} \times 6,02 \times 10^{23} \quad (\text{II.8})$$

II.13 Pemilihan Material Selang

Salah satu alat yang digunakan pada penelitian ini adalah selang, selang digunakan sebagai penghubung antara labu didih dan kolom fraksinasi atau kondensor untuk mengalirkan HTPB beserta pelarut yang terdiri dari THF dan etanol. Selang adalah tabung berlubang fleksibel yang dirancang untuk membawa atau mengalirkan cairan dari satu tempat ke tempat lain. Selang dapat dibuat dengan material polimer jenis nilon, poliuretan, polietilena, polivinilklorida, polibutadiena dan politetrafluoroetilena. Namun yang paling umum digunakan adalah polivinilklorida (PVC) karena sifatnya yang tahan lama, fleksibel dan murah (Admadi dan Amata, 2015).

Pemilihan material selang yang digunakan dipilih berdasarkan larutan atau cairan yang dialirkan melewati selang tersebut. Penggunaan pelarut THF untuk

melarutkan HTPB menyebabkan material selang yang digunakan harus memiliki ketahanan yang baik dan tidak dapat dilarutkan oleh THF yang dikenal sebagai pelarut untuk berbagai jenis polimer. Contoh jenis polimer yang dapat larut oleh THF adalah polibutadiena dan polivinilklorida, sehingga selang yang dibuat dengan material tersebut tidak dapat digunakan. Berdasarkan berbagai pertimbangan yang dilakukan, maka material selang yang dapat digunakan harus tahan lama, tidak reaktif, memiliki fleksibilitas yang baik dan tidak dapat larut dalam THF. Berdasarkan pertimbangan tersebut politetrafluoroetilena merupakan material selang yang cocok digunakan sebagai penghubung untuk mengalirkan larutan HTPB dari labu didih ke kolom fraksinasi.

BAB III METODE

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 pelaksanaan 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 Teknologi Propelan.

III.2 Alat dan Bahan Penelitian

III.2.1 Alat Penelitian

Alat penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut

1. 1 buah labu didih 3 leher
2. 2 buah kolom kondensor
3. 2 buah keran fraksinasi
4. 2 buah statif
5. 1 buah *heater*
6. 1,5 meter selang Teflon (politetrafluoroetilena)
7. 8 buah erlenmeyer
8. 1 buah konektor T kolom kondensor
9. 1 buah mesin sirkulator kolom kondensor
10. 1 buah pompa
11. 1 *magnetic stirrer*
12. 1 buah *Thermometer*
13. 1 unit FTIR merek Prestige21 Shimidzu
14. 1 buah neraca analitik
15. 1 unit oven

III.2.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini telah tersedia di Pusat Teknologi Roket – LAPAN Bahan yang digunakan untuk pemisahan adalah bahan 94 mL HTPB dengan kadar isomer cis 8%, vinil 68% dan trans 24% (kadar isomer yang didapatkan adalah hasil pengujian yang telah dilakukan sebelumnya) serta 376 mL pelarut yang terdiri dari tetrahidrofuran (THF) dan etanol dengan varian tertera dalam tabel III.1, dalam penelitian ini penggunaan pelarut THF dan etanol karena sifatnya yang polar dan dapat larut dalam HTPB yang polar. Pada penelitian ini menggunakan varian THF dan etanol agar mendapatkan HTPB yang sesuai dengan standar *fuel binder* propelan.

Tabel III.1 Varian bahan pelarut yang digunakan

Varian Pelarut	Rasio pelarut (THF : Etanol)	Volume yang digunakan (mL)	Total volume yang digunakan (mL)
P1	80%	376	376
	0%	0	
P2	72%	338,4	376
	8%	37,6	
P3	64%	300,8	376
	16%	75,2	
P4	56%	263,2	376
	24%	112,8	

III.3 Variabel Penelitian

Terdapat dua variabel yang mempengaruhi pemisahan HTPB dengan menggunakan CPF yaitu variabel tetap dan variabel bebas.

III.3.1 Variabel Tetap

Tabel III.2 Variabel Tetap

No	Variabel Tetap	Keterangan
1	Volume HTPB	94 mL
2	Volume larutan	470 mL
3	Volume pelarut	376 mL
3	Volume sampel	20 mL
4	Jumlah pengambilan sampel	8 kali (4 kali pengambilan sampel fraksi atas dan 4 kali pengambilan sampel fraksi bawah)
5	Suhu dalam kolom kondensor	30°C

III.3.2 Variabel Bebas

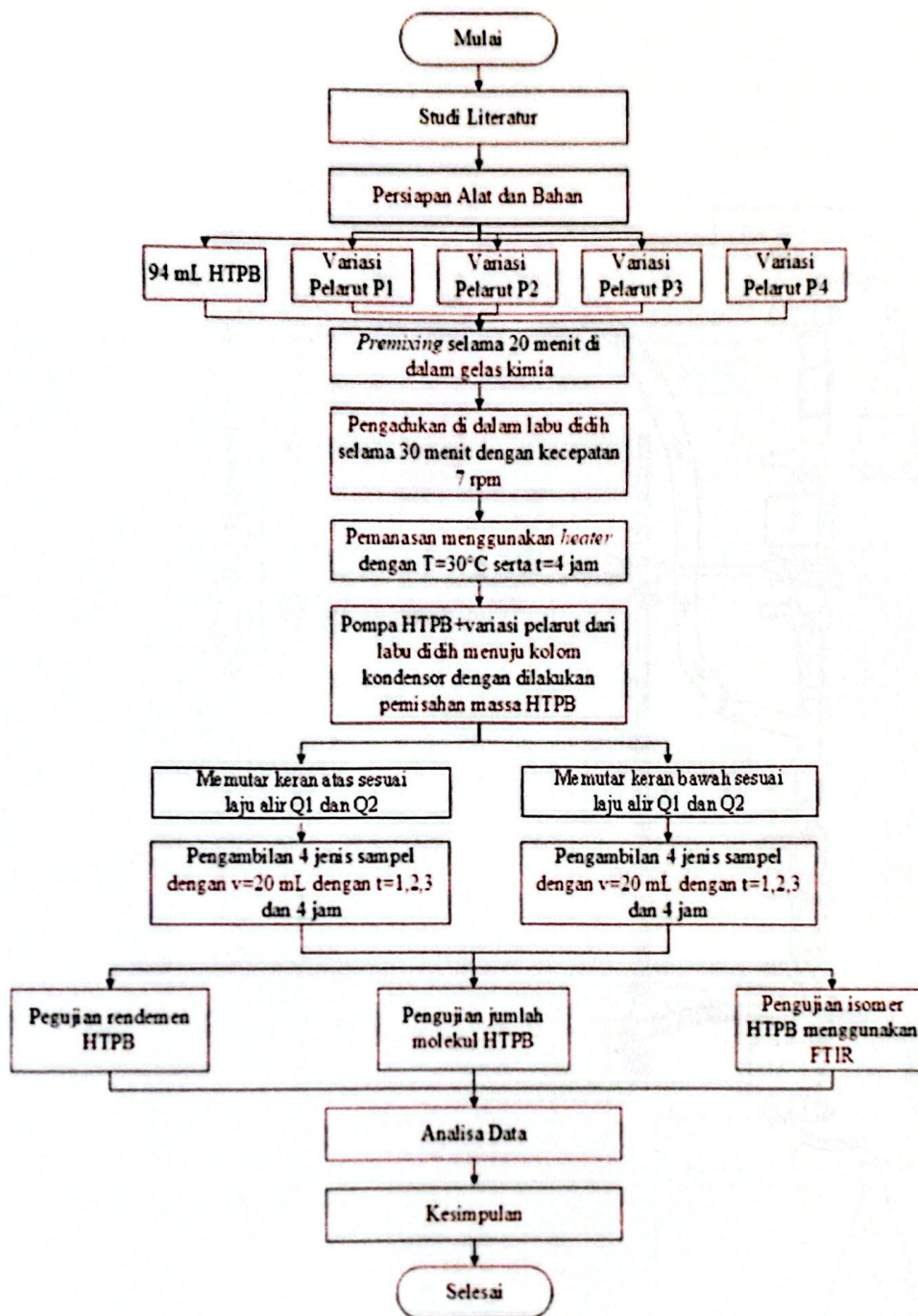
Tabel III.3 Variabel Bebas

No	Variabel Bebas	Keterangan
1	Varian komposisi pelarut	P1, P2, P3 dan P4
2	Waktu pengambilan sampel	t1, t2, t3 dan t4
3	Laju alir produk	<ul style="list-style-type: none">• Varian pertama, Q1 0,1100 mL/s (sebagai keran fraksi atas, F1) : 0,0550 mL/s (sebagai keran fraksi bawah, F2)• Varian kedua, Q2 0,0550 mL/s (sebagai keran fraksi atas, F1) : 0,0550 mL/s (sebagai keran fraksi bawah, F2).

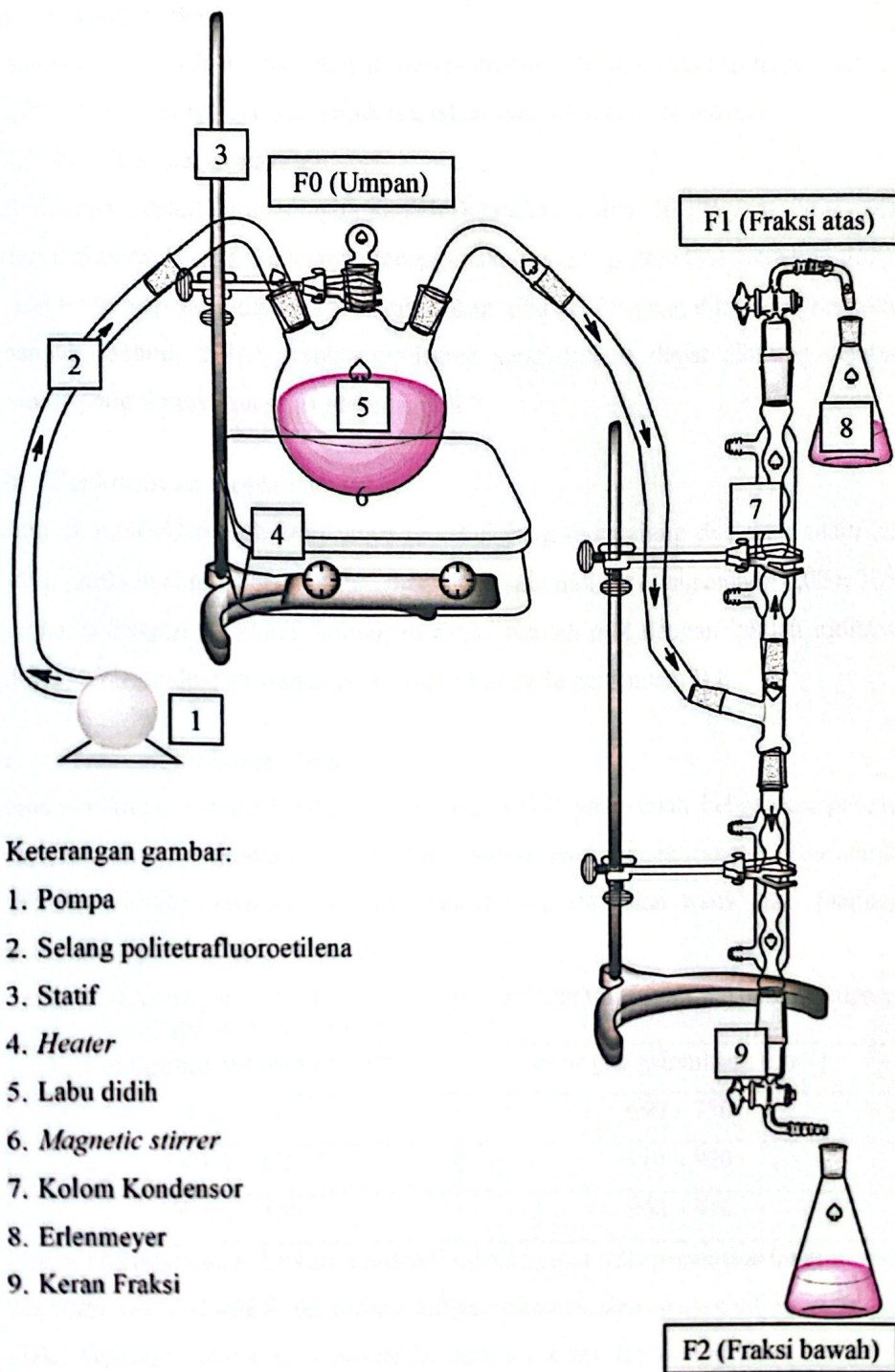
III.4 Prosedur Penelitian

Proses pemisahan HTPB diawali dengan *premixing* 94 mL HTPB yang dilarutkan dalam varian komposisi pelarut yang telah ditentukan sebelumnya selama 20 menit sebelum dimasukkan ke dalam labu didih dan kembali dilakukan proses *mixing* selama 30 menit pada kecepatan 7 rpm dan suhu 30°C dengan menggunakan *magnetic stirrer*. Setelah 30 menit, HTPB dan pelarut dipompakan keluar menuju kolom kondensor, pada kolom kondensor campuran HTPB dan pelarut didiamkan selama t1, t2, t3 dan t4 supaya massa molekul terdistribusi sempurna, lalu didiamkan selama t yang telah ditentukan.

Sampel HTPB diambil menggunakan erlenmeyer sebanyak 20 mL sesuai varian laju alir produk yang kemudian dilakukan perhitungan rendemen dengan menguapkan pelarut yang ada pada sampel hingga mengering dan hanya menyisakan HTPB hasil fraksinasi menggunakan oven pada suhu 80°C. Pengujian gugus fungsi isomer HTPB dilakukan dengan menggunakan FTIR untuk dapat menentukan jumlah intensitas isomer molekul yang kemudian menentukan persentase (%) berat isomer molekul *cis*, *vinil* dan *trans* produk HTPB. Diagram alir ditampilkan pada Gambar III.1 di bawah ini.



Gambar III.1 Diagram Alir Penelitian



Keterangan gambar:

1. Pompa
2. Selang politetrafluoroetilena
3. Statif
4. Heater
5. Labu didih
6. Magnetic stirrer
7. Kolom Kondensor
8. Erlenmeyer
9. Keran Fraksi

Gambar III.2 Proses pemisahan menggunakan *Continuous Polymer Fractionation*

III.5 Analisis Penelitian

Sampel yang telah diambil dari proses pemisahan dengan menggunakan metode CPF kemudian dipersiapkan untuk dianalisis dan dilakukan pengujian.

a. Perhitungan Rendemen

Rendemen adalah perbandingan jumlah (kuantitas) bahan HTPB yang dihasilkan dari fraksinasi HTPB. Rendemen menggunakan satuan persen (%). Semakin tinggi nilai rendemen yang dihasilkan menandakan nilai HTPB yang dihasilkan semakin banyak (Fahmi, 2016). Jumlah rendemen yang didapat dapat dihitung dengan rumus yang ditunjukkan pada persamaan II.7.

b. Perhitungan Jumlah Molekul

Jumlah molekul adalah banyaknya molekul yang terkandung di dalam suatu zat yang jumlahnya sama dengan satu mol, untuk satu mol zat mengandung $6,02 \times 10^{23}$ molekul dengan demikian, hubungan antara jumlah mol dengan jumlah molekul dapat dihitung dengan rumus yang ditunjukkan pada persamaan II.8.

c. Perhitungan Kadar Isomer

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

Tabel III.4 Konfigurasi struktur 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

$$\%W \text{ Cis (isomer Cis)} = \frac{A_i}{A_i + B_i + C_i} \times 100\% \quad (\text{III.1})$$

$$\%W \text{ Vinil (isomer Vinil)} = \frac{B_i}{A_i+B_i+C_i} \times 100\% \quad (\text{III.2})$$

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

Keterangan:

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

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan dibahas mengenai hasil penelitian mulai dari pengaruh laju alir produk pada setiap varian komposisi pelarut terhadap rendemen, jumlah molekul dan kadar isomer HTPB yang akan ditampilkan berupa data – data dalam bentuk tabel dan grafik guna memudahkan analisa pola yang terjadi. Selanjutnya, penelitian ini akan mengetahui laju alir produk pada komposisi pelarut dan waktu pengambilan sampel yang terbaik dalam proses pemisahan. Data asli yang didapat pada setiap percobaan akan disertakan dalam lampiran.

IV.1 Pengaruh Laju Alir Produk pada Setiap Varian Komposisi Pelarut terhadap Nilai Rendemen, Jumlah Molekul dan Kadar Isomer HTPB

IV.1.1 Pengaruh Laju Alir Produk pada Setiap Varian Komposisi Pelarut terhadap Nilai Rendemen HTPB

Pengaruh laju alir Q1 dan Q2 pada setiap varian komposisi pelarut P1, P2, P3 dan P4 dalam t=3 jam terhadap nilai rendemen yang ditunjukkan pada tabel IV.1 di bawah ini.

Tabel IV.1 Pengaruh laju alir produk pada setiap varian komposisi pelarut terhadap nilai rendemen HTPB dalam t=3 jam

Varian Komposisi Pelarut	Keran Fraksi	Laju Alir, pada t= 3 jam	
		Q1, 0,1100 mL/s : 0,0550 mL/s	Q2, 0,0550 mL/s : 0,0550 mL/s
		Nilai Rendemen (%)	Nilai Rendemen (%)
P1	F1	2.0972	2.3372
	F2	2.0455	2.4018
P2	F1	2.2305	2.3667
	F2	2.3107	2.3803
P3	F1	2.2108	2.2051
	F2	2.3364	2.2023
P4	F1	2.1827	2.1571
	F2	2.2460	2.1907

F1 = Fraksi atas Q1 = Varian laju alir 1

F2 = Fraksi bawah Q2 = Varian laju alir 2

Berdasarkan tabel di atas, dapat dilihat bahwa laju alir produk pada setiap varian komposisi pelarut dapat mempengaruhi nilai rendemen HTPB, laju alir Q2 dapat menghasilkan nilai rendemen HTPB yang lebih baik dibandingkan dengan laju alir Q1. Hal tersebut dipengaruhi oleh keseragaman laju alir produk pada fraksi atas dan

fraksi bawah, pada laju alir Q2 mempunyai nilai laju alir fraksi atas dan fraksi bawah yang sama besar yaitu 0,0550 mL/s, sedangkan pada laju alir Q1 mempunyai nilai laju alir yang berbeda antara fraksi atas dan fraksi bawah yaitu sebesar 0,1100 mL/s dan 0,0550 mL/s. Perbedaan ini mengakibatkan nilai rendemen pada laju alir Q1 lebih kecil dari pada laju alir Q2 karena pada fraksi atas laju alir Q1 nilainya lebih besar dari pada fraksi bawah, yang di mana pada fraksi atas menghasilkan massa HTPB yang ringan dan banyak keluar sesuai dengan nilai laju alir yang diaturnya. Hasil rendemen HTPB laju alir Q1 pada varian komposisi pelarut P3 dan P4 sedikit lebih tinggi, namun secara keseluruhan laju alir Q2 menghasilkan nilai rendemen yang lebih besar dari pada Q1. Data rendemen pada tabel diambil dengan langkah perhitungan sebagai berikut:

1. Berat sampel awal : 84,506 gram
2. Berat sampel akhir : 1,7786 gram
3. % Rendemen : $\frac{\text{berat sampel akhir}}{\text{berat sampel awal}} \times 100\%$

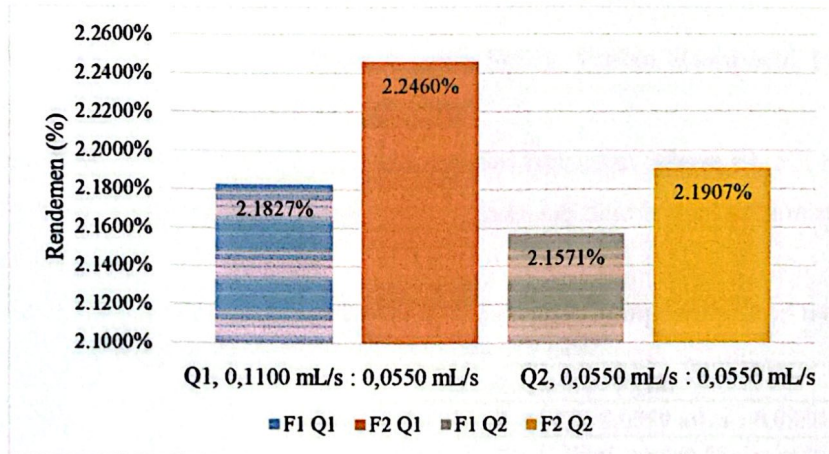
$$: \frac{1,7786 \text{ gram}}{84,506 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$: 2,1047\%$$

Kandungan pelarut THF dan etanol juga dapat mempengaruhi perubahan nilai rendemen dari setiap varian komposisi pelarut. Semakin tinggi kandungan etanol dalam pelarut maka semakin rendah hasil rendemen yang didapat, hal ini dipengaruhi oleh penambahan etanol sebagai pelarut samping sehingga dapat menurunkan kelarutan HTPB yang lebih larut dan homogen dalam pelarut THF. Etanol merupakan pelarut organik semi polar yang digunakan untuk mengurangi penggunaan pelarut THF, karena pelarut THF secara ekonomis harganya relatif mahal. Etanol memiliki konstanta dielektrik yang lebih tinggi dibandingkan THF sehingga dapat meningkatkan derajat kepolaran dari pelarut yang digunakan.

Nilai rendemen akan mempengaruhi lama waktu pengeringan, pada prinsipnya pengeringan menyangkut proses perpindahan panas dan perpindahan massa secara simultan (tabel tertera di lampiran G). Lama waktu pengeringan

berbanding lurus dengan jumlah kandungan HTPB pada setiap rendemen. Hal ini menunjukkan bahwa semakin kecil kandungan HTPB yang dihasilkan maka akan semakin cepat pula waktu yang dibutuhkan dalam proses pengeringan sedangkan semakin banyak kandungan HTPB yang dihasilkan maka akan semakin lama pula waktu yang dalam proses pengeringan.



Gambar IV.1 Pengaruh laju alir produk pada varian komposisi pelarut P4 terhadap nilai rendemen HTPB dalam $t=3$ jam

Pada percobaan ini laju alir Q1 dengan varian komposisi pelarut P4 pada waktu pengambilan sampel $t=3$ jam mempunyai hasil yang lebih baik dalam fraksinasi polimer HTPB, karena menghasilkan rendemen yang lebih tinggi yaitu 2,2460% pada F2. Hal tersebut dikarenakan pada $t=3$ jam volume HTPB masih terdapat di dalam kolom kondensor namun jumlah volumenya 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 (F2) sedangkan massa yang rendah bergerak ke atas menuju fraksi atas (F1). Hasil pemisahan HTPB yang akan digunakan sebagai *fuel binder* propelan adalah fraksi bawah (F2) karena menghasilkan massa HTPB yang lebih berat dibandingkan fraksi atas (F1).

Hasil dari rendemen yang diharapkan pada penelitian ini minimal 2,100% (Wibowo, 2016). Karena semakin tinggi nilai rendemen HTPB menandakan bahwa nilai massa yang dihasilkan semakin banyak atau dengan kata lain semakin tinggi

nilai rendemen HTPB maka semakin tinggi pula nilai ekonomis HTPB tersebut. Varian komposisi pelarut P1, P2 dan P3 juga menunjukkan nilai F2 lebih tinggi dari pada F1 namun dilihat kembali dari kadar isomer yang memenuhi persyaratan HTPB sebagai *fuel binder* propelan serta jumlah etanol yang dapat menggantikan pelarut THF dalam proses fraksinasi polimer HTPB.

IV.1.2 Pengaruh Laju Alir Produk pada Setiap Varian Komposisi Pelarut terhadap Jumlah Molekul HTPB

Pengaruh laju alir Q1 dan Q2 pada setiap varian komposisi pelarut P1, P2, P3 dan P4 dalam $t=3$ jam terhadap nilai jumlah molekul yang ditunjukkan pada tabel IV.2 di bawah.

Tabel IV.2 Pengaruh laju alir produk pada setiap varian komposisi pelarut terhadap nilai jumlah molekul HTPB dalam $t=3$ jam

Varian Komposisi Pelarut	Keran Fraksi	Laju Alir, pada $t=3$ jam	
		Q1, 0,1100 mL/s : 0,0550 mL/s	Q2, 0,0550 mL/s : 0,0550 mL/s
		Nilai Jumlah Molekul (E+20)	Nilai Jumlah Molekul (E+20)
P1	F1	5.33	5.95
	F2	5.20	6.11
P2	F1	5.67	6.02
	F2	5.88	6.05
P3	F1	5.62	5.61
	F2	5.94	5.60
P4	F1	5.55	5.49
	F2	5.71	5.57

F1 = Fraksi atas

Q1 = Varian laju alir 1

F2 = Fraksi bawah

Q2 = Varian laju alir 2

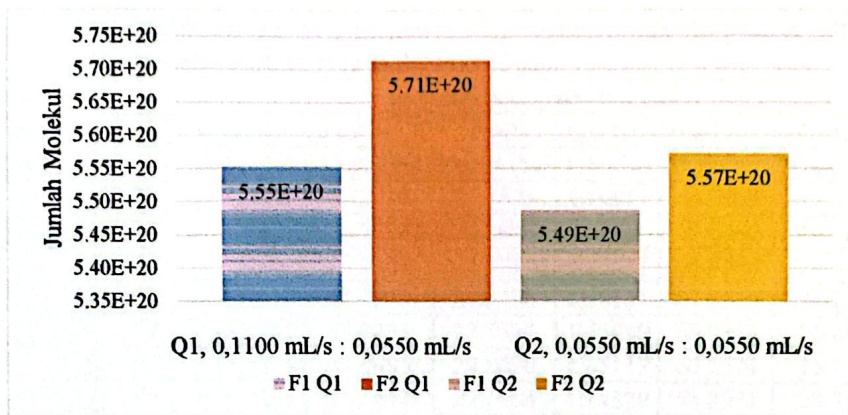
Berdasarkan tabel di atas, dapat diketahui bahwa laju alir produk pada setiap varian komposisi pelarut dapat mempengaruhi jumlah molekul HTPB, laju alir Q2 dengan fraksi atas 0,0550 mL/s dan fraksi bawah 0,0550 mL/s dapat menghasilkan jumlah molekul yang lebih baik dibandingkan dengan laju alir Q1, hal tersebut dipengaruhi oleh keseragaman laju alir produk pada fraksi atas dan fraksi bawah, pada laju alir Q2 mempunyai nilai laju alir fraksi atas dan fraksi bawah yang sama besar yaitu 0,0550 mL/s, sedangkan pada laju alir Q1 mempunyai nilai laju alir yang berbeda antara fraksi atas dan fraksi bawah yaitu sebesar 0,1100 mL/s dan 0,0550 mL/s. Perbedaan ini mengakibatkan jumlah molekul pada laju alir Q1 lebih kecil dari pada laju alir Q2 karena pada fraksi atas laju alir Q1 nilainya lebih besar dari pada fraksi

bawah, yang di mana pada fraksi atas menghasilkan massa HTPB yang ringan dan banyak keluar sesuai dengan nilai laju alir yang diaturnya. Data nilai jumlah molekul pada tabel diambil dengan langkah perhitungan sebagai berikut :

1. Massa HTPB : 1,7786 gram
2. Mn HTPB : 2000 g/mol
3. Mol HTPB : $\frac{\text{Massa HTPB}}{\text{Mn HTPB}}$
 $\frac{1,7786 \text{ gram}}{2000 \text{ g/mol}}$
 : 0,0009 mol
4. Jumlah Molekul HTPB : $\text{Mol} \times 6,023 \times 10^{23}$
 $: 0,0009 \times 6,023 \times 10^{23}$
 $: 5,354 \times 10^{20}$

Hasil jumlah molekul HTPB laju alir Q1 pada varian komposisi pelarut P3 dan P4 sedikit lebih tinggi, namun secara keseluruhan laju alir Q2 menghasilkan jumlah molekul HTPB yang lebih besar dari pada Q1. Kandungan pelarut THF dan etanol juga dapat mempengaruhi perubahan jumlah molekul dari setiap varian komposisi pelarut. Semakin tinggi kandungan etanol dalam pelarut akan semakin rendah jumlah molekul yang didapat, hal ini dipengaruhi oleh penambahan etanol sebagai pelarut samping sehingga dapat menurunkan kelarutan HTPB yang lebih larut dan homogen dalam pelarut THF. Etanol merupakan pelarut organik semi polar yang digunakan untuk mengurangi penggunaan pelarut THF, karena pelarut THF secara ekonomis harganya relatif mahal. Etanol memiliki konstanta dielektrik yang lebih tinggi dibandingkan THF sehingga dapat meningkatkan derajat kepolaran dari pelarut yang digunakan.

Jumlah molekul HTPB akan mempengaruhi viskositas dari HTPB. Besarnya viskositas dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti temperatur, gaya tarik antar molekul dan ukuran serta jumlah molekul terlarut. Semakin tinggi nilai viskositas HTPB, maka akan meningkatkan berat molekul rata-rata HTPB, sehingga akan meningkatkan kuat tarik dan fleksibilitas dari *fuel binder* propelan (Wibowo, 2016).



Gambar IV.2 Pengaruh laju alir produk pada varian komposisi pelarut P4 terhadap nilai jumlah molekul HTPB dalam $t=3$ jam

Dalam percobaan ini laju alir Q1 dengan varian komposisi pelarut P4 pada waktu pengambilan sampel $t=3$ jam mempunyai hasil yang lebih baik dalam fraksinasi polimer HTPB karena menghasilkan jumlah molekul yang lebih tinggi, yaitu $5,55E+20$ pada F1 dan $5,71E+20$ pada F2, hal tersebut sesuai dengan teori fraksinasi polimer yaitu, massa yang berat akan berada di F2 sedangkan massa yang ringan akan berada di F1. Hasil pemisahan HTPB yang akan digunakan sebagai *fuel binder* propelan adalah fraksi bawah (F2) karena menghasilkan massa HTPB yang lebih berat dibandingkan fraksi atas (F1).

Hasil dari jumlah molekul yang diharapkan pada penelitian ini minimal $5,45E+20$ (Wibowo, 2016). Pada varian komposisi pelarut P1, P2 dan P3 juga menunjukkan nilai F2 yang lebih tinggi dari pada F1 namun dilihat kembali dari jumlah etanol yang dapat menggantikan pelarut THF dalam proses fraksinasi polimer HTPB serta kadar isomer yang telah memenuhi persyaratan sebagai *fuel binder* propelan.

IV.1.3 Pengaruh Laju Alir Produk pada Setiap Varian Komposisi Pelarut terhadap Kadar Isomer HTPB

Pengaruh laju alir Q1 dan Q2 pada setiap varian komposisi pelarut P1, P2, P3 dan P4 dalam $t=3$ jam terhadap nilai kadar isomer cis, vinil dan trans yang ditunjukkan pada tabel IV.3 di bawah ini,

Tabel IV.3 Pengaruh laju alir produk pada setiap varian komposisi pelarut terhadap nilai kadar isomer HTPB dalam $t=3$ jam

Varian Komposisi Pelarut	Keran Fraksi	Laju Alir, pada $t=3$ jam					
		Q1, 0,1100 mL/s : 0,0550 mL/s			Q2, 0,0550 mL/s : 0,0550 mL/s		
		Cis (%)	Vinil (%)	Trans (%)	Cis (%)	Vinil (%)	Trans (%)
P1	F1	7.2522	67.2957	25.4521	10.0811	64.6489	25.2700
	F2	7.743	66.7723	25.4847	8.5308	65.4880	25.9811
P2	F1	8.5424	70.7362	20.7214	10.3047	64.8558	24.8395
	F2	10.6530	68.2932	21.0538	11.0151	63.7516	25.2333
P3	F1	13.5232	58.9233	27.5535	12.5649	60.9354	26.4997
	F2	13.1375	57.9995	28.8630	13.5117	60.2574	26.2310
P4	F1	16.7218	56.1697	27.1084	16.4329	54.8571	28.7100
	F2	16.3909	55.7854	27.8237	15.318	55.9707	28.7113

F1 = Fraksi atas

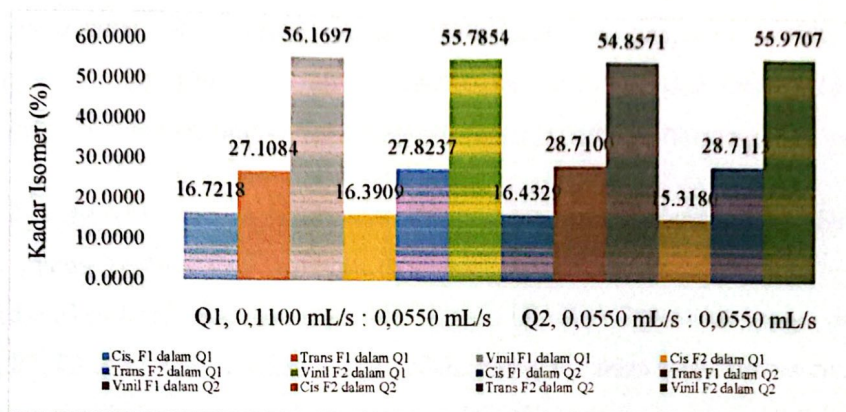
Q1 = Varian laju alir 1

F2 = Fraksi bawah

Q2 = Varian laju alir 2

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. Berdasarkan tabel di atas, dapat dilihat bahwa laju alir pada setiap varian komposisi pelarut dapat mempengaruhi kadar isomer HTPB, laju alir Q1 dengan fraksi atas 0,1100 mL/s dan fraksi bawah 0,0550 mL/s dapat menghasilkan kadar isomer HTPB yang lebih baik dibandingkan dengan laju alir Q2. Hasil kadar isomer HTPB laju alir Q2 pada varian komposisi pelarut P1 dan P2 lebih baik dari Q1, namun berdasarkan hasil kadar isomer cis, trans dan vinil maka laju alir Q1 menghasilkan kadar isomer HTPB yang lebih baik serta jumlah sampel yang lebih banyak dalam memenuhi standar HTPB sebagai *fuel binder* propelan dari pada laju alir Q2. Kandungan pelarut THF dan etanol juga dapat mempengaruhi perubahan kadar isomer dari setiap varian komposisi pelarut. Semakin tinggi kandungan etanol dalam pelarut, maka semakin tinggi persentase isomer cis dan transnya serta semakin rendah persentase isomer vinil yang didapat.

Berdasarkan hasil percobaan ini laju alir pada varian komposisi pelarut P4 untuk $t=3$ jam mempengaruhi hasil dari kadar isomer HTPB. Laju alir Q1 dengan varian komposisi pelarut P4 mempunyai hasil yang lebih baik dari laju alir Q2 karena selain memenuhi standar HTPB sebagai *fuel binder* propelan



Gambar IV.3 Pengaruh laju alir produk pada varian komposisi pelarut P4 terhadap kadar isomer HTPB dalam $t=3$ jam

Persentase berat isomer cis dan trans telah di atas 10% dan 25% serta persentase isomer vinil di bawah 60%. Kenaikan persentase isomer cis disebabkan oleh varian pelarut THF dan etanol yang digunakan pada proses pemisahan, dengan penambahan pelarut etanol maka dapat mempengaruhi struktur isomer HTPB karena perbedaan konstanta dielektrik kedua pelarut dapat menyebabkan penurunan persentase isomer vinil dan menaikkan persentasenya, tingginya kenaikan isomer cis berkaitan dengan sifat struktur kimianya sebagai senyawa yang relatif tidak stabil yang memiliki keelektronegatifan yang sama. Semakin tinggi persentase kadar isomer cis HTPB, maka semakin tinggi kuat tarik dan fleksibilitasnya sebagai *fuel binder* propelan (Wibowo, 2016).

Tabel IV.4 Hasil persentase berat isomer *feed* (HTPB) dan fraksi bawah (gel) pada laju alir Q1 untuk varian komposisi pelarut P4 dalam $t=3$ jam

	Persentase berat isomer Cis(%)	Persentase berat isomer Vinil(%)	Persentase berat isomer Trans(%)
<i>feed</i> (HTPB)	8,0000	68,0000	24,0000
fraksi bawah (gel)	16,4214	55,4651	28,1135

Berdasarkan Tabel IV.4 di atas dapat diketahui pada hasil persentase berat isomer HTPB sebelum dan sesudah terdapat kenaikan persentase isomer cis dan trans serta penurunan dari persentase isomer vinil. Hasil tersebut telah memenuhi persyaratan HTPB sebagai *fuel binder* propelan. Pengambilan data dari fraksi bawah (gel) didasarkan pada hasil yang diinginkan pada penelitian ini yaitu HTPB yang

memiliki berat massa dengan rantai polimer yang lebih panjang serta viskositas yang lebih tinggi yang akan mempengaruhi kesesuaian HTPB sebagai *fuel binder* propelan sehingga memiliki fleksibilitas dan energi pembakaran yang lebih tinggi.

IV.2 Laju Alir Produk, Komposisi Pelarut dan Waktu Pengambilan Sampel yang Terbaik dalam Proses Pemisahan Menggunakan CPF

Berdasarkan hasil pengujian pengaruh laju alir Q1 dan Q2 pada komposisi pelarut P1, P2, P3 dan P4 serta waktu pengambilan sampel terhadap kadar isomer cis, vinil dan trans HTPB maka, untuk menentukan laju alir produk, komposisi pelarut dan waktu pengambilan sampel yang terbaik dapat dilihat dari kadar isomer cis dan trans yang lebih tinggi dan kadar isomer vinil yang lebih rendah. Merujuk pada data lampiran D.3, laju alir produk dan komposisi pelarut terbaik yang didapat adalah pada laju alir Q1 dengan fraksi atas 0,1100 mL/s dan fraksi bawah 0,0550 mL/s serta untuk varian komposisi pelarut P4 dengan komposisi 56% THF + 24% etanol dengan waktu pengambilan sampel 3 jam, karena pada varian ini menghasilkan jumlah molekul sebesar $5,63 \times 10^{20}$ serta kadar isomer yang sesuai dengan syarat HTPB sebagai *fuel binder* propelan yaitu isomer cis sebesar 16,5563%, isomer vinil sebesar 55,9776% dan isomer trans sebesar 27,4661% serta hasil pemisahan HTPB yang akan digunakan sebagai *fuel binder* propelan adalah fraksi bawah (F2) karena menghasilkan massa HTPB yang lebih berat dibandingkan fraksi atas (F1). Kenaikan persentase isomer cis dan penurunan persentase isomer vinil disebabkan oleh varian pelarut THF dan etanol yang digunakan pada proses pemisahan, dengan penambahan pelarut etanol maka dapat mempengaruhi struktur isomer HTPB karena perbedaan konstanta dielektrik kedua pelarut dapat menyebabkan penurunan persentase isomer vinil dan menaikkan persentasenya, tingginya kenaikan isomer cis berkaitan dengan sifat struktur kimianya sebagai senyawa yang relatif tidak stabil yang memiliki keelektronegatifan yang sama, berbeda dengan trans yang secara geometri memiliki kestabilan ruang yang lebih baik (Wibowo, 2016).

BAB V PENUTUP

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Laju alir produk untuk setiap varian komposisi pelarut memiliki pengaruh terhadap nilai rendemen dan jumlah molekul HTPB. Pada laju alir Q2 dengan fraksi atas 0,0550 mL/s dan fraksi bawah 0,0550 mL/s menghasilkan nilai rendemen dan jumlah molekul HTPB yang lebih baik dibandingkan laju alir Q1 dengan fraksi atas 0,1100 mL/s dan fraksi bawah 0,0550 mL/s.
2. Laju alir produk untuk setiap varian komposisi pelarut memiliki pengaruh terhadap kadar isomer HTPB. Pada laju alir Q1 dengan fraksi atas 0,1100 mL/s dan fraksi bawah 0,0550 mL/s menghasilkan kadar isomer HTPB yang lebih baik dibandingkan laju alir Q2 dengan fraksi atas 0,0550 mL/s dan fraksi bawah 0,0550 mL/s, hal ini dilihat berdasarkan hasil kadar isomer cis, trans dan vinil yang telah memenuhi standar HTPB sebagai *fuel binder* propelan.
3. Laju alir produk pada komposisi pelarut dan waktu pengambilan sampel yang terbaik dalam proses pemisahan adalah pada laju alir Q1 dengan fraksi atas 0,1100 mL/s dan fraksi bawah 0,0550 mL/s untuk varian komposisi pelarut P4 dengan komposisi 56% THF + 24% etanol dan waktu pengambilan sampel 3 jam, karena pada varian ini menghasilkan rendemen sebesar 2,2143%, jumlah molekul sebesar $5,63 \times 10^{20}$ dan isomer cis sebesar 16,5563%, isomer vinil sebesar 55,9776% dan isomer trans sebesar 27,4661%, sehingga memenuhi persyaratan HTPB sebagai *fuel binder* propelan.

V.2 Saran

1. Menggunakan varian laju alir produk yang berbeda untuk mengetahui varian yang menghasilkan HTPB yang lebih tinggi tingkat kesesuaiannya sebagai *fuel binder* propelan.
2. Pemilihan material selang yang menghubungkan antara labu didih dan kolom kondensor untuk mengalirkan larutan HTPB perlu diperhatikan karena

- menggunakan THF yang dapat melarutkan polimer, maka selang harus menggunakan bahan yang tidak dapat larut oleh THF.
3. Untuk memastikan bahwa selang yang menyambungkan antara labu didih dengan kolom kondensor tidak larut, maka harus diuji terlebih dahulu dengan direndam dalam THF murni minimal selama 5 jam.
 4. Pemilihan ukuran diameter selang antara labu didih dengan kolom kondensor perlu diperhatikan karena dapat mempengaruhi laju alir umpan dari larutan HTPB, diameter selang yang terlalu besar dapat membuat aliran menjadi tidak lancar bahkan dapat terhenti sedangkan selang yang terlalu kecil dapat membuat laju aliran larutan HTPB terlalu lambat.
 5. Karena sifat pelarut THF dan etanol yang sangat *volatile* atau mudah menguap, maka harus menggunakan masker sebagai APD dengan baik serta mengatur suhu ruangan dibawah suhu kamar untuk meminimalisir volatilitas dari pelarut THF dan etanol.

DAFTAR PUSTAKA

- Anam, Chairul dan Sirojudin.(2007): Analisis Gugus Fungsi pada Sampel Uji, Bensin dan Spirtus Menggunakan Metode Spektroskopi FT- IR. *Berkala Fisika*, 79 – 85
- Abdillah, L. H., Wibowo, H. B., dan Hartaya, K. (2018): Penggunaan *Binder* HTPB Berenergi Tinggi untuk Meningkatkan Energetik Propelan Komposit. *Jurnal Teknologi Dirgantara*, 36.
- Atkins, P. W. (2006): Kimia Fisika Jilid II Edisi IV, Erlangga, Jakarta.
- Dey, A., Shafeeuulla K., A., Javaid., A., Kanti., S. A., dan Santana., C. (2010): Effect of Microstructure on HTPB Based Solid Propellant Slurry. *E-Journal of Chemistry*, 171-179.
- Eckelt, J., dan Wolf, B. A. (2007): Continuous Spin Fractionation: A large scale method to improve the performance of polymers. *Macromolecular Materials and Engineering* , 289.
- Enders, S., dan Wolf, B. A. (2011): Polymer Thermodynamics Liquid Polymer-Containing Mixtures, Springer, Berlin.
- Fahmi, M. S. (2016): Kualitas Kertas Seni dari Pelepah Tanaman Salak melalui Biokraft Jamur Phanaerochaete Crysosporium dan Pleurotus Ostreatus dengan Varian Konsentrasi NaOH. *Berita Selulosa*, 44 - 56.
- Ham, M. (2010): Konsep Dasar Kimia untuk PGSD, UPI Press, Bandung.
- Hartaya, K. (2015): Rekomendasi Penggunaan Hydroxyl Terminated Polybutadiene Mandiri Sebagai *Binder* Propelan Berdasar Hasil Pengujian Berat Molekul HTPB. *Jurnal Teknologi Dirgantara*, 42.
- Kato, C., Nishihara S., Tsunashima R., Tatewaki Y., Okada.S., Ren X., Inoue K., Long D., dan Cronin L. (2013): Quick and Selective Synthesis of $\text{Li6}[\alpha\text{-P}_2\text{W}_{18}\text{O}_{62}]\cdot 28\text{H}_2\text{O}$ Soluble in Various Organic Solvents. *The Royal Society of Chemistry*, 42.
- Mahanta, A. K., dan Pathak, D. D. (2012): HTPB Polyurethane a Versatile Fuel Binder for Composite Solid Propellant. *Intech Open*, 229.
- Mahanta, A. K., dan Pattnayak, P. K. (2015): Green Analytical Methods for Determination of Intrinsic Viscosity of Hydroxyl Terminated Polybutadiene. *Journal Mater Environ Science*, 2377-2385.
- Muchson, M., Pratiwi Y. N., Sulistina O., dan Sigit D. (2016): Persepsi Mahasiswa Baru Jurusan Kimia FMIPA UM Angkatan 2016 Tentang Fenomena Perubahan Materi. *Jurnal Pembelajaran Kimia*, 80-81.
- Nasir S., Fitriani, dan Kamila H. (2009): Ekstraksi Dedak Padi menjadi Minyak Mentah Dedak Padi dengan Pelarut N-Hexane dan Ethanol. *Jurnal Teknik Kimia*, No. 2, 16, 4.
- Pruckmayr, G. (1996): Polyethers, Tetrahidrofuran and Oxetane Polymers, John Willey and Son., New York.
- Rosita, G. (2011): Pengaruh Jumlah Katalisator Waktu Reaksi dan Waktu Alir Gas Butadien terhadap Pembentukan Hidroxyl Terminated Polybutadiene (HTPB). *Majalah Sains dan Teknologi Dirgantara*, 71-76.

- Rosita, G. (2016): Retikulasi Hidroxyl Terminated Polybutadiene (HTPB) dengan Toluene Diisocyanate (TDI) Membentuk Poliuretan Sebagai Fuel Binder Propelan. *Jurnal Teknologi Dirgantara*, 53.
- Sikder, B. K., dan Jana, T. (2018): Effect of Solvent and Functionality on the Physical Properties of Hydroxyl-Terminated Polybutadiene (HTPB)-Based Polyurethane. *ACS Omega*, 3005-3007.
- Sirwutubun, M., Maya, M. L., dan Dekie, R. (2016): Pengaruh Konsentrasi Etanol Terhadap Karakteristik Ekstrak Pewarna Alami Buah Merah dan Aplikasinya pada Produk Pangan. *Teknologi Pangan*, 2.
- Susanto, A., dan Abdillah, L. H. (2014): Propelan dan Teknologi Pembuatannya. *Berita Dirgantara*, 50-57.
- Sutton, G. P., dan Biblarz, O. (2001): Rocket Propulsion Elements, John Wiley and Son, New York.
- Wang, X., dan Cheng, Y. (2008): Identifying Active Compounds from Chinese Medical Plants via Causal Variabel Selection, Pharmaceutical Informatic Institute China, Shanghai.
- Wibowo, H. B. (2012): Struktur Polimer Polibutadien dan Teknik Pengendalian Produksi. *Chemistry Progress*, 5.
- Wibowo, H. B. (2015a): Reduksi Struktur Vynil untuk Peningkatan Kualitas HTPB (Hydroxy Terminated Polybutadiene) Dengan Penggeseran Kesetimbangan Penataulangan Isomer. Indonesia Book Project, 273-290.
- Wibowo, H. B. (2015b): Pemisahan Polimer HTPB (Hydroxy Terminated Polybutadiene) melalui Kolom Resin Berpori untuk Merubah Distribusi Molekul HTPB. *Jurnal Teknologi Dirgantara*, 13, 25-37.
- Wibowo, H. B. (2016): Polimer HTPB Pengembangan Binder Propelan Komposit di Indonesia. Indonesia Book Project, Jakarta.

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 : *11/1* /BPSDMV/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.	Bagus Ramadhan	1516060	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,



Ridzky 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



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/ 690 /BPSDMI/STMI/PP/IV/2020 Jakarta, 02 Mei 2020
Lampiran : 1 (satu)
Hal : Penugasan Proses Bimbingan Tugas Akhir
Tahun Akademik 2019/2020

Yth. Bapak Ir. Roosmarharso, MBA
Di Jakarta

Berdasarkan Keputusan Direktur Politeknik STMI Jakarta Nomor 01/BPSDMI/STMI/KEP/IV/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 : Bagus Ramadhan
No. Induk : 1516060

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

" FEMISAHAN POLIMER HTPB (HIDROXY TERMINATED POLYBUTADIENE) MELALUI CPF (CONTINUOUS POLYMER FRACTINATION) UNTUK MERUBAH KONFIGURASI MOLEKUL HTPB. "

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

Direktur,



Mustofa

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



LAMPIRAN D Surat Tugas Asisten Dosen Pembimbing



BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA INDUSTRI

POLITEKNIK STMI JAKARTA

Jl. Letjen Suprpto No. 26 Cempaka Putih, Jakarta 10510
Telp: (021) 42886064 Fax: (021) 42882036

Nomor : ~~BUSG~~ 8/BPSDMI/STMI/PPM/2020 Jakarta, 02 Mei 2020
Lampiran : 1 (satu)
Perihal : Asistensi Bimbingan Tugas Akhir Tahun Akademik 2019/2020

Yth. Ibu Eli Metya, ST, MT
Di Jakarta

Berdasarkan Surat Keputusan Direktur Politeknik STMI Jakarta No: 01/BPSDMI/STMI/KEP/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 Ibu untuk dapat memberikan bimbingan dalam penulisan / penyusunan Tugas Akhir kepada mahasiswa yang namanya tersebut di bawah ini:

Nama : Bagus Ramadhan
No. Induk : 1516060

Adapun judul Tugas Akhir mahasiswa tersebut adalah:

* PEMISAHAN POLIMER HTPB (HIDROXY TERMINATED POLYBUTADIENE) MELALUI CPF (CONTINUOUS POLYMER FRACTIONATION) UNTUK MERUBAH KONFIGURASI MOLEKUL HTPB. *

Demikian surat ini kami sampaikan. Atas perhatian dan bantuan Ibu kami ucapkan terima kasih.

Direktor,

Mardiana

Tembusan:
1. Pudir 1
2. Ka Prodi TKP
3. Dosen Pembimbing
4. Mahasiswa yang bersangkutan.



LAMPIRAN E Lembar Bimbingan Tugas Akhir

No	Tanggal	Pertemuan Ke-	Bimbingan
1.	2019-11-19	I	Membahas tentang Tempat Penelitian Tugas Akhir (Didapatkan Tempat Penelitian di Pusat Teknologi Roket - LAPAN)
2.	2019-12-03	II	Membahas judul penelitian Tugas Akhir, judul penelitian yaitu PEMISAHAN POLIMER HTPB (HIDROXY TERMINATED POLYBUTADIENE) MELALUI CPF (CONTINUOUS POLYMER FRACTIONATION) UNTUK MERUBAH DISTRIBUSI BERAT MOLEKUL HTPB
3.	2019-12-11	III	Pengajuan Proposal Penelitian Tugas Akhir dan Revisi pada BAB I (Latar belakang penelitian dan merumuskan masalah penelitian)
4.	2019-12-23	IV	Proposal Penelitian Tugas Akhir disetujui dan sudah di tanda tangani oleh Pembimbing (Ir. Roosmariharso, MBA.) dan bimbingan mengenai apa saja yang harus di siapkan ketika sudah memulai penelitian di Pusat Teknologi Roket – LAPAN
5.	2020-01-20	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 (HIDROXY TERMINATED POLYBUTADIENE) MELALUI CPF (CONTINUOUS POLYMER

			FRACTIONATION) UNTUK MERUBAH KONFIGURASI MOLEKUL HTPB
6.	2020-02-13	VI	Membahas tentang varian penelitian yang di gunakan (dalam penelitian ini digunakan varian pelarut 80% THF+ 0% etanol, 72% THF + 8% etanol, 64% THF + 16% etanol dan 56% THF + 24% etanol) serta membahas varian laju alir sampel fraksinasi yaitu ada 2 (1. 0,1100 mL/s pada keran atas F1 serta 0,0550 mL/s pada keran bawah F2) dan (2. 0,0550 mL/s pada keran atas F1 serta 0,0550 mL/s pada keran bawah F2)
7.	2020-04-28	VII	Bimbingan perdana dalam membahas Laporan Tugas Akhir dengan menggunakan <i>power point</i> dan menampilkan hasil kegiatan di Pusat Teknologi Roket - LAPAN
8.	2020-06-15	VIII	Bimbingan mengenai revisi Laporan Tugas Akhir secara keseluruhan
9.	2020-07-09	IX	Bimbingan membahas Laporan Tugas Akhir dengan menggunakan <i>power point</i> dan membahas bagian yang direvisi dalam Laporan Tugas Akhir
10.	2020-07-20	X	Bimbingan membahas perbaikan Laporan Tugas Akhir
11.	2020-07-27	XI	Bimbingan untuk latihan persiapan sebelum seminar serta perbaikan <i>power point</i> yang ditampilkan

LAMPIRAN F Data Perhitungan Lengkap

F.1 Menentukan rendemen HTPB

1. Berat sampel awal : 84,506 gram
2. Berat sampel akhir : 1,7786 gram
3. % Rendemen : $\frac{\text{berat sampel akhir}}{\text{berat sampel awal}} \times 100\%$
 $\frac{1,7786 \text{ gram}}{84,506 \text{ gram}} \times 100\%$
 : 2,1047%

Data lengkap rendemen HTPB pada setiap sampel

Rasio Pelarut THF:Etanol	Laju alir (mL/s)	Jenis Keran	t, Sampel (jam)	Berat Bahan Hasil (gr)	Berat Bahan Sebelum (gr)	Rendemen (%)
80 : 0	0,1100	F1	1	1,7786	84,5060	2,1047
			2	1,7600	84,5060	2,0827
			3	1,7723	84,5060	2,0972
			4	1,7167	84,5060	2,0315
	0,0550	F2	1	1,7468	84,5060	2,0671
			2	1,7226	84,5060	2,0384
			3	1,7286	84,5060	2,0455
			4	1,7466	84,5060	2,0668
	0,0550	F1	1	1,9663	84,5060	2,3268
			2	2,0551	84,5060	2,4319
			3	1,9751	84,5060	2,3372
			4	2,0040	84,5060	2,3714
	0,0550	F2	1	1,9341	84,5060	2,2887
			2	2,0194	84,5060	2,3897
			3	2,0297	84,5060	2,4018
			4	2,0384	84,5060	2,4121
72 : 8	0,1100	F1	1	1,8626	84,5060	2,2041
			2	1,8271	84,5060	2,1621
			3	1,8849	84,5060	2,2305
			4	1,8717	84,5060	2,2149
	0,0550	F2	1	1,9410	84,5060	2,2969
			2	1,9006	84,5060	2,2491
			3	1,9527	84,5060	2,3107

			4	1,9317	84,5060	2,2859
	0,0550	F1	1	1,9604	84,5060	2,3198
			2	2,0520	84,5060	2,4282
			3	2,0000	84,5060	2,3667
			4	2,0767	84,5060	2,4575
	0,0550	F2	1	2,0369	84,5060	2,4104
			2	2,1823	84,5060	2,5824
			3	2,0115	84,5060	2,3803
			4	2,1254	84,5060	2,5151
64 : 16	0,1100	F1	1	1,8692	84,5060	2,2119
			2	1,8627	84,5060	2,2042
			3	1,8683	84,5060	2,2108
			4	1,9973	84,5060	2,3635
	0,0550	F2	1	1,9263	84,5060	2,2795
			2	1,9402	84,5060	2,2959
			3	1,9744	84,5060	2,3364
			4	2,0249	84,5060	2,3962
	0,0550	F1	1	1,9080	84,5060	2,2578
			2	1,8702	84,5060	2,2131
			3	1,8634	84,5060	2,2051
			4	1,9038	84,5060	2,2529
	0,0550	F2	1	1,9095	84,5060	2,2596
			2	1,9117	84,5060	2,2622
			3	1,8611	84,5060	2,2023
			4	1,8628	84,5060	2,2043
56 : 24	0,1100	F1	1	1,8618	84,5060	2,2032
			2	1,8562	84,5060	2,1965
			3	1,8445	84,5060	2,1827
			4	1,8877	84,5060	2,2338
	0,0550	F2	1	1,8138	84,5060	2,1464
			2	1,9072	84,5060	2,2569
			3	1,8980	84,5060	2,2460
			4	2,0417	84,5060	2,4160
	0,0550	F1	1	1,8334	84,5060	2,1696
			2	1,8029	84,5060	2,1335
			3	1,8229	84,5060	2,1571
			4	1,8353	84,5060	2,1718
	0,0550	F2	1	1,8769	84,5060	2,2210
			2	1,8811	84,5060	2,2260

			3	1,8513	84,5060	2,1907
			4	1,9055	84,5060	2,2549

F.2 Menentukan Jumlah Molekul HTPB

5. Massa HTPB : 1,7786 gram

6. Mn HTPB : 2000 g/mol

7. Mol HTPB : $\frac{\text{Massa HTPB}}{\text{Mn HTPB}}$
 $\frac{1,7786 \text{ gram}}{2000 \text{ g/mol}}$

: 0,0009 mol

8. Jumlah Molekul HTPB : $\text{Mol} \times 6,023 \times 10^{23}$

: $0,0009 \times 6,023 \times 10^{23}$

: $5,354 \times 10^{20}$

Data lengkap jumlah molekul HTPB pada setiap sampel

Rasio Pelarut THF:Etanol	Laju alir produk (mL/s)	Jenis Keran	t, Sampel (jam)	Massa HTPB	Mol	Jumlah Molekul
80 : 0	0,1100	F1	1	1,7786	0,00089	5,35359E+20
			2	1,7600	0,00088	5,2976E+20
			3	1,7723	0,00089	5,33462E+20
			4	1,7167	0,00086	5,16727E+20
	0,0550	F2	1	1,7468	0,00087	5,25787E+20
			2	1,7226	0,00086	5,18503E+20
			3	1,7286	0,00086	5,20309E+20
			4	1,7466	0,00087	5,25727E+20
	0,0550	F1	1	1,9663	0,00098	5,91856E+20
			2	2,0551	0,00103	6,18585E+20
			3	1,9751	0,00099	5,94505E+20
			4	2,0040	0,001	6,03204E+20
	0,0550	F2	1	1,9341	0,00097	5,82164E+20
			2	2,0194	0,00101	6,07839E+20
			3	2,0297	0,00101	6,1094E+20
			4	2,0384	0,00102	6,13558E+20
72 : 8	0,1100	F1	1	1,8626	0,00093	5,60643E+20
			2	1,8271	0,00091	5,49957E+20
			3	1,8849	0,00094	5,67355E+20

			4	1,8717	0,00094	5,63382E+20
	0,0550	F2	1	1,9410	0,00097	5,84241E+20
			2	1,9006	0,00095	5,72081E+20
			3	1,9527	0,00098	5,87763E+20
			4	1,9317	0,00097	5,81442E+20
	0,0550	F1	1	1,9604	0,00098	5,9008E+20
			2	2,0520	0,00103	6,17652E+20
			3	2,0000	0,001	6,02E+20
			4	2,0767	0,00104	6,25087E+20
	0,0550	F2	1	2,0369	0,00102	6,13107E+20
			2	2,1823	0,00109	6,56872E+20
			3	2,0115	0,00101	6,05462E+20
			4	2,1254	0,00106	6,39745E+20
64 : 16	0,1100	F1	1	1,8692	0,00093	5,62629E+20
			2	1,8627	0,00093	5,60673E+20
			3	1,8683	0,00093	5,62358E+20
			4	1,9973	0,001	6,01187E+20
	0,0550	F2	1	1,9263	0,00096	5,79816E+20
			2	1,9402	0,00097	5,84E+20
			3	1,9744	0,00099	5,94294E+20
			4	2,0249	0,00101	6,09495E+20
	0,0550	F1	1	1,9080	0,00095	5,74308E+20
			2	1,8702	0,00094	5,6293E+20
			3	1,8634	0,00093	5,60883E+20
			4	1,9038	0,00095	5,73044E+20
	0,0550	F2	1	1,9095	0,00095	5,7476E+20
			2	1,9117	0,00096	5,75422E+20
			3	1,8611	0,00093	5,60191E+20
			4	1,8628	0,00093	5,60703E+20
56 : 24	0,1100	F1	1	1,8618	0,00093	5,60402E+20
			2	1,8562	0,00093	5,58716E+20
			3	1,8445	0,00092	5,55195E+20
			4	1,8877	0,00094	5,68198E+20
	0,0550	F2	1	1,8138	0,00091	5,45954E+20
			2	1,9072	0,00095	5,74067E+20
			3	1,8980	0,00095	5,71298E+20
			4	2,0417	0,00102	6,14552E+20
	0,0550	F1	1	1,8334	0,00092	5,51853E+20
			2	1,8029	0,0009	5,42673E+20

			3	1,8229	0,00091	5,48693E+20
			4	1,8353	0,00092	5,52425E+20
	0,0550	F2	1	1,8769	0,00094	5,64947E+20
			2	1,8811	0,00094	5,66211E+20
			3	1,8513	0,00093	5,57241E+20
			4	1,9055	0,00095	5,73556E+20

F.3 Menentukan kadar isomer HTPB

Intensitas cis : 0,1312

Intensitas vinil : 1,0555

Intensitas trans : 0,4312

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

$$\begin{aligned} \%W \text{ Cis (isomer Cis)} &= \frac{0,1312}{0,1312 + 1,0555 + 0,4312} \times 100\% \\ &= 8,1093\% \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \%W \text{ Vinil (isomer Vinil)} &= \frac{1,0555}{0,1312 + 1,0555 + 0,4312} \times 100\% \\ &= 65,2389\% \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \%W \text{ Trans (isomer Trans)} &= \frac{0,4312}{0,1312 + 1,0555 + 0,4312} \times 100\% \\ &= 26,6518\% \end{aligned}$$

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

Laju alir produk (mL/s)	Jenis Keran	t, Sampel (jam)	Persentase berat isomer Cis (%)	Persentase berat isomer Vinil (%)	Persentase berat isomer Trans (%)
0,1100	F1	1	8,1093	65,2389	26,6518
		2	7,6365	66,7662	25,5973
		3	7,2522	67,2957	25,4521
		4	7,8744	66,6888	25,4368
0,0550	F2	1	6,8822	67,4403	25,6775
		2	8,0395	66,1462	25,8143

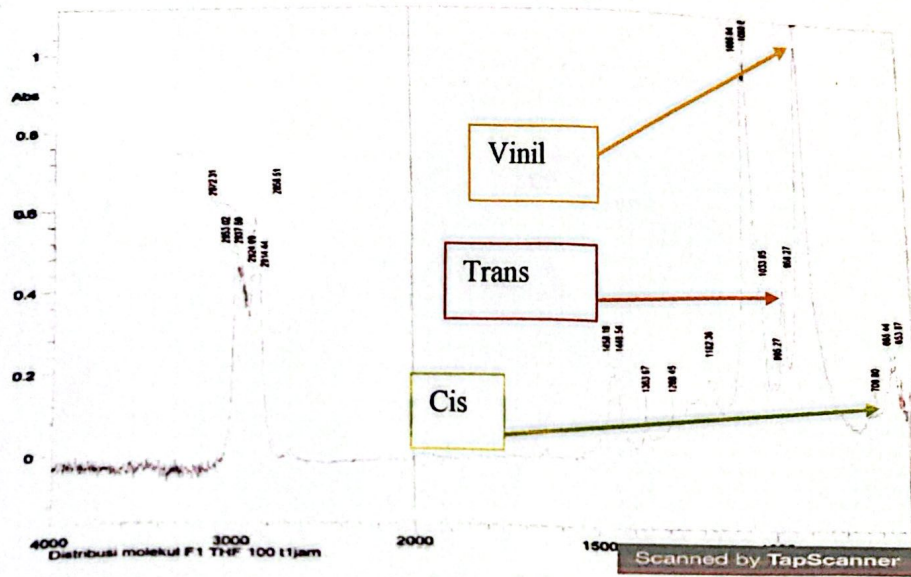
		3	7,7430	66,7723	25,4847
		4	8,5620	65,9077	25,5303
0,0550	F1	1	8,3275	65,8132	25,8593
		2	9,8983	63,5548	26,5470
		3	10,0811	64,6489	25,2700
		4	8,2190	66,1894	25,5916
0,0550	F2	1	8,7180	64,4845	26,7976
		2	10,8539	63,5168	25,6293
		3	8,5308	65,4880	25,9811
		4	8,6674	65,2576	26,0751
0,1100	F1	1	9,7268	68,1319	22,1412
		2	8,8268	69,8543	21,3189
		3	8,5424	70,7362	20,7214
		4	9,5752	68,9398	21,4850
0,0550	F2	1	9,4087	69,5652	21,0261
		2	8,8660	69,5417	21,5922
		3	10,6530	68,2932	21,0538
		4	9,4129	69,2042	21,3829
0,0550	F1	1	11,9313	62,4944	25,5743
		2	9,9750	64,9753	25,0497
		3	10,3047	64,8558	24,8395
		4	10,2709	63,9575	25,7716
0,0550	F2	1	11,5168	62,9484	25,5348
		2	10,0839	64,6016	25,3145
		3	11,0151	63,7516	25,2333
		4	10,4339	64,3459	25,2202
0,1100	F1	1	12,6584	59,6116	27,7300
		2	12,8636	60,1315	27,0048
		3	13,5232	58,9233	27,5535
		4	11,5007	60,8976	27,6017
0,0550	F2	1	13,8784	58,4556	27,6659
		2	12,2890	60,4129	27,2981
		3	13,1375	57,9995	28,8630
		4	12,6379	60,0039	27,3582
0,0550	F1	1	12,3836	60,7898	26,8266
		2	12,7625	61,6305	25,6070
		3	12,5649	60,9354	26,4997
		4	13,0786	59,3895	27,5318
0,0550	F2	1	14,0735	57,9504	27,9761

		2	14,3737	59,6092	26,0171
		3	13,5117	60,2574	26,2310
		4	13,2843	59,6610	27,0548
0,1100	F1	1	15,5842	56,8858	27,5300
		2	16,4598	56,2704	27,2698
		3	16,7218	56,1697	27,1084
		4	15,6595	56,9765	27,3640
0,0550	F2	1	16,4371	53,2779	30,2850
		2	15,9974	56,0170	27,9856
		3	16,3909	55,7854	27,8237
		4	16,4214	55,4651	28,1135
0,0550	F1	1	15,5325	56,5909	27,8766
		2	15,1309	57,5721	27,2970
		3	16,4329	54,8571	28,7100
		4	15,2883	57,1197	27,5920
0,0550	F2	1	15,5801	56,9711	27,4488
		2	15,4920	57,1676	27,3404
		3	15,3180	55,9707	28,7113
		4	14,5011	57,5784	27,9205

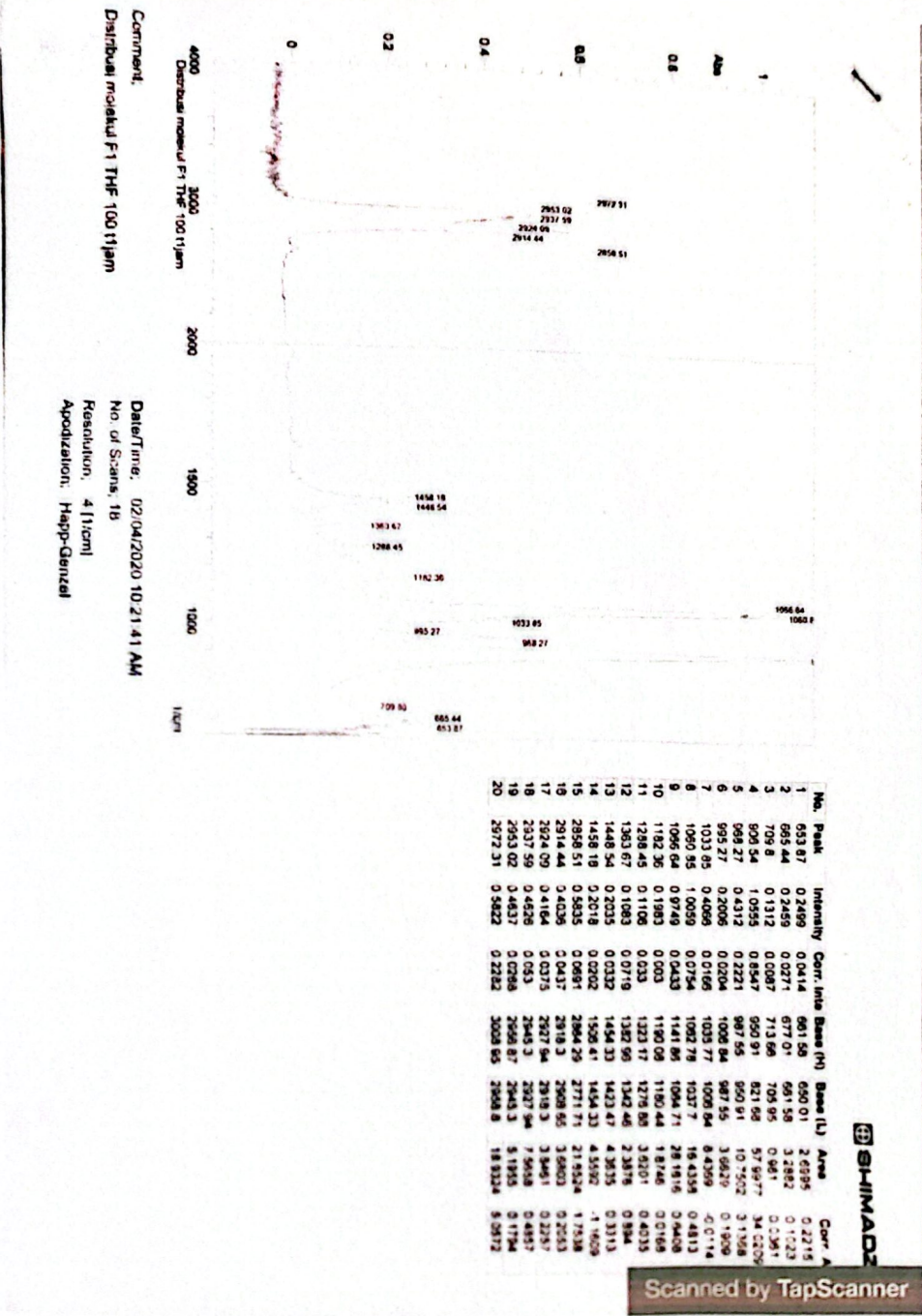
LAMPIRAN G Waktu Pengeringan HTPB di dalam Oven

Varian Pelarut	Laju Alir	Keran	Lama pengeringan (menit), T 80°C			
			R1	R2	R3	R4
P1	Q1	F1	160	140	150	100
		F2	130	110	120	130
	Q2	F1	200	240	210	220
		F2	190	200	220	230
P2	Q1	F1	200	180	220	210
		F2	230	220	240	260
	Q2	F1	230	270	250	260
		F2	250	280	240	260
P3	Q1	F1	180	170	160	230
		F2	190	210	230	250
	Q2	F1	180	150	140	180
		F2	180	190	150	150
P4	Q1	F1	160	150	150	190
		F2	140	220	210	230
	Q2	F1	130	120	130	140
		F2	170	180	150	210

LAMPIRAN H Spektogram Hasil HTPB



LAMPIRAN I Grafik Data Hasil FTIR



Comment:
 Distribusi molekul F1 THF 100 (1)jam

Date/Time: 02/04/2020 10:21:41 AM
 No. of Scans: 18
 Resolution: 4 (1/cm)
 Apodization: Happ-Genzel

No.	Peak	Intensity	Corr. Ints	Base (%)	Base (I)	Area	Corr. A
1	653.87	0.2499	0.0414	661.58	650.01	2.0395	0.2215
2	665.44	0.2459	0.0271	677.07	661.58	3.2882	0.1223
3	709.8	0.1312	0.0087	713.66	705.95	0.9671	0.2391
4	806.54	1.0595	0.8947	950.91	821.98	57.9977	34.0209
5	998.27	0.4312	0.2221	987.55	950.91	10.7502	3.1928
6	995.27	0.2006	0.0204	1008.84	987.55	3.6620	0.1908
7	1033.85	0.4069	0.0166	1035.77	1008.84	8.4369	0.1714
8	1090.95	1.0059	0.0754	1092.78	1037.7	16.4358	0.4813
9	1096.64	0.9749	0.0433	1141.86	1094.71	28.1916	0.4408
10	1192.36	0.1983	0.003	1190.09	1180.44	1.8746	0.2168
11	1288.49	0.1106	0.003	1323.17	1278.88	3.5201	0.4035
12	1363.67	0.1083	0.0719	1387.99	1342.46	2.3878	0.984
13	1448.54	0.2035	0.0332	1464.33	1444.33	4.5592	0.3113
14	1458.18	0.2018	0.0202	1508.41	1444.33	21.9524	1.7608
15	2880.51	0.5835	0.0681	2884.29	2771.71	3.6603	0.2053
16	2914.44	0.4036	0.0437	2918.3	2908.95	3.9451	0.2257
17	2924.09	0.4164	0.0375	2927.94	2927.94	3.9658	0.4857
18	2937.59	0.4629	0.053	2945.3	2945.3	5.1935	0.1794
19	2953.02	0.4637	0.0298	2958.87	2945.3	5.1935	0.1794
20	2972.31	0.5822	0.2282	3008.95	2968.8	18.9324	5.0872