

No dsh 223

D 668.423.4

ZUB K

**KARAKTERISTIK GUGUS FUNGSI DAN SIFAT MEKANIS
PADA KOMPON POLIPROPILENA *VIRGIN* DENGAN VARIASI
PENAMBAHAN POLIPROPILENA *RECYCLED***

(Januari = Juni 2020)

TUGAS AKHIR

Oleh
NASRON ZUBADIH
NIM: 1516016



DATA BUKU PERPUSTAKAAN

Tgl Terima	6/14/2022
No Induk Buku	166/166P/SB/AA/22

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER
POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI
2020**

SUMBANGAN ALUMNI

**KARAKTERISTIK GUGUS FUNGSI DAN SIFAT MEKANIS
PADA KOMPON POLIPROPILENA *VIRGIN* DENGAN VARIASI
PENAMBAHAN POLIPROPILENA *RECYCLED*
DI POLITEKNIK STMI JAKARTA
(Januari = Juni 2020)**

TUGAS AKHIR

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

**Oleh
NASRON ZUBADIH
NIM: 1516016**



**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER
POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI
2020**

ABSTRAK

KARAKTERISTIK GUGUS FUNGSI DAN SIFAT MEKANIS PADA KOMPON POLIPROPILENA *VIRGIN* DENGAN VARIASI PENAMBAHAN POLIPROPILENA *RECYCLED*

Oleh

Nasron Zubaidih

NIM: 1516016

(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Polipropilena (PP) merupakan salah satu jenis plastik yang paling banyak digunakan, mulai dari kemasan makanan dan minuman, sampai komponen otomotif menggunakan bahan dasar PP. Selain banyak digunakan, PP juga mudah didaur ulang (*recycling*). Penggunaan produk PP yang banyak menjadikan bahan bekas PP sangat mudah ditemukan di lingkungan sekitar. Pada penelitian ini resin PP *virgin* (vPP) ditambahkan PP *recycled* (rPP) dan selanjutnya keduanya dicampurkan dalam satu wadah kemudian diproses menggunakan mesin *injection molding* menjadi produk berbentuk komponen otomotif. Produk dipersiapkan menggunakan mesin *granulator* untuk mendapatkan sampel uji dengan bentuk granula, kemudian *manual forming* untuk memproses sampel uji menjadi pelat plastik, dan *pneumatic specimen punch* untuk memotong pelat plastik menjadi bentuk *dumbbell/dogbone* yang selanjutnya dilakukan pengujian karakteristik gugus fungsi dengan menggunakan alat FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) dan pengujian karakteristik sifat mekanis menggunakan alat UTM (*Universal Testing Machine*) serta dianalisis. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penambahan PP *recycled* terhadap karakteristik gugus fungsi dan sifat mekanis pada kompon PP. Variasi komposisi PP *recycled* yang digunakan adalah 0%, 25%, dan 50%. Manfaat dari penelitian ini yaitu dapat mengoptimalkan pemanfaatan PP *recycled* serta memberikan informasi berupa karakteristik gugus fungsi dan sifat mekanis pada kompon PP. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada pengujian karakteristik gugus fungsi diketahui pada variasi vPP/rPP 100/0 hanya memiliki karakteristik puncak polipropilena, sedangkan pada variasi vPP/rPP 75/25 dan 50/50 memiliki karakteristik puncak polipropilena dan polietilena (PE). Pada pengujian karakteristik sifat mekanis, penambahan rPP menyebabkan kekuatan tarik dan modulus elastisitas menurun, namun elongasinya mengalami peningkatan.

Kata kunci : PP *virgin*, kompon, PP *recycled*, karakteristik gugus fungsi, karakteristik sifat mekanis

HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING
KARAKTERISTIK GUGUS FUNGSI DAN SIFAT MEKANIS
PADA KOMPON POLIPROPILENA *VIRGIN* DENGAN VARIASI
PENAMBAHAN POLIPROPILENA *RECYCLED*

Nasron Zubaidih
NIM: 1516016
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Politeknik STMI Jakarta

Jakarta, Januari 2020

Dosen Pembimbing I



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

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 TIM PENGUJI SEMINAR TUGAS
AKHIR**

**KARAKTERISTIK GUGUS FUNGSI DAN SIFAT MEKANIS
PADA KOMPON POLIPROPILENA *VIRGIN* DENGAN VARIASI
PENAMBAHAN POLIPROPILENA *RECYCLED***

Nasron Zubaidih
NIM: 1516016
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Politeknik STMI Jakarta

Jakarta, Oktober 2020
Penguji II

Penguji I

a.n



Ir. Roosmariharso, MBA.
NIDK.8873590019



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

Dosen Pembimbing I



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

Dosen Pembimbing II



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

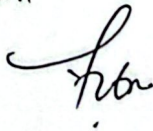
HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG AKHIR
KARAKTERISTIK GUGUS FUNGSI DAN SIFAT MEKANIS
PADA KOMPON POLIPROPILENA *VIRGIN* DENGAN VARIASI
PENAMBAHAN POLIPROPILENA *RECYCLED*

Nasron Zubaidih
NIM: 1516016
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Politeknik STMI Jakarta

Jakarta, Oktober 2020
Penguji II

Penguji I

a-n


Ir. Roosmariharso, MBA.
NIDK.8873590019



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

Penguji III



Syaiful Ahsan, S. T., M. T.
NIP: 198407162014021001

Dosen Pembimbing



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

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

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

Nama : Nasron Zubaidih
NIM : 1516016
Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir yang saya buat dengan judul Karakteristik Gugus Fungsi dan Sifat Mekanis pada Kompon Polipropilena *Virgin* dengan Variasi Penambahan Polipropilena *Recycled*:

- 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 diatas, maka tugas akhir saya ini dibatalkan.

Jakarta, Oktober 2020



Nasron Zubaidih

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Penulisan laporan tugas akhir ini dilakukan sebagai salah satu syarat akademik Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, akan sulit untuk menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Mustofa, S.T., M.T., selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta;
2. Ibu Fitria Ika Aryanti, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta sekaligus Dosen Pembimbing I yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran mengarahkan penulis dalam penyusunan laporan tugas akhir ini;
3. Ibu Ella Melyna, S.T., M.T., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Kimia Polimer sekaligus Dosen Pembimbing II yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan laporan tugas akhir ini;
4. Bapak Ir. Roosmariharso, MBA., selaku Dosen Karakteristik dan Uji Polimer Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta;
5. Orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan bantuan berupa dukungan material dan moral;
6. Teman-teman Teknik Kimia Polimer TK01 2016 khususnya dan Teknik Kimia Polimer angkatan 2016 pada umumnya, selaku kawan-kawan seperjuangan;

Akhir kata, penulis berharap Allah SWT membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga laporan tugas akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Jakarta, Oktober 2020

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	iii
HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR TUGAS AKHIR	iv
HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG AKHIR	v
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR SINGKATAN.....	xiii
Bab I Pendahuluan	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah	2
I.3 Batasan Masalah.....	3
I.4 Tujuan Penelitian.....	3
I.5 Manfaat Penelitian.....	3
Bab II Tinjauan Pustaka	5
II.1 Polipropilena	5
II.2 Plastik <i>Recycling</i>	7
II.3 Kompon.....	8
II.4 <i>Filler</i>	9
II.5 <i>Injection Molding</i>	9
II.6 Pengujian Gugus Fungsi	11
II.7 Pengujian Mekanis	17
Bab III Metode	20
III.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	20
III.2 Alat dan Bahan.....	20
III.2.1 Alat-alat.....	20
III.2.2 Bahan.....	20
III.3 Variabel.....	21
III.3.1 Variabel Tetap	21
III.3.2 Variabel Bebas	21
III.4 Prosedur	21
III.5 Pembuatan Kompon Polipropilena.....	23
III.5.1 <i>Injection Molding Machine</i>	23
III.5.2 <i>Granulator Kawata A300-10SP</i>	24
III.5.3 <i>Manual Forming Machine Comotech QC-601A</i>	24
III.5.4 <i>Pneumatic Specimen Punch Marto QC-603A</i>	26

III.6 Pengujian Gugus Fungsi	26
III.7 Pengujian Mekanis.....	27
Bab IV Hasil dan Pembahasan.....	29
IV.1 Hasil Pengujian FTIR (<i>Fourier Transfer Infra Red</i>).....	29
IV.1.1 Hasil Pengujian Kompon PP <i>Virgin/PP Recycled</i> (vPP/rPP) 100/0	29
IV.1.2 Hasil Pengujian Kompon PP <i>Virgin/PP Recycled</i> (vPP/rPP) 75/25	30
IV.1.3 Hasil Pengujian Kompon PP <i>Virgin/PP Recycled</i> (vPP/rPP) 50/50	31
IV.2 Hasil Pengujian UTM (<i>Universal Testing Machine</i>).....	33
IV.2.1 Kekuatan Tarik.....	33
IV.2.2 Modulus Elastisitas	34
IV.2.3 Elongasi.....	35
Bab V Penutup	38
V.1 Kesimpulan	38
V.2 Saran	38
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN	43

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A Surat Tugas Dosen Pembimbing 1	44
LAMPIRAN B Surat Tugas Dosen Pembimbing 2	45
LAMPIRAN C Lembar Bimbingan Tugas Akhir	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1	Rumus struktur molekul polipropilena.....	5
Gambar II.2	Skema prinsip kerja FTIR.....	12
Gambar II.3	Contoh spektrum transmitansi polipropilena.....	14
Gambar II.4	Spektrum inframerah kompon PP <i>recycled</i> komersial	14
Gambar II.5	Kurva hasil uji tarik	18
Gambar IV.1	Spektrum inframerah kompon PP <i>virgin</i> /PP <i>recycled</i> 100/0.....	29
Gambar IV.2	Spektrum inframerah kompon PP <i>virgin</i> /PP <i>recycled</i> 75/25.....	30
Gambar IV.4	Spektrum inframerah PP kompon <i>virgin</i> /PP <i>recycled</i> 50/50.....	32
Gambar IV.5	Kekuatan tarik kompon vPP/rPP	34
Gambar IV.6	Modulus elastisitas kompon vPP/rPP	35
Gambar IV.7	Elongasi kompon vPP/rPP.....	36

DAFTAR TABEL

Tabel II.1	Ikatan kimia dan absorpsi inframerah	15
Tabel II.2	Absorpsi spektrum beberapa polimer	16
Tabel III.1	Komposisi massa resin PP <i>virgin</i> dan PP recycled untuk mesin <i>injection molding</i>	21
Tabel IV.1	Bilangan gelombang hasil pengujian FTIR sampei	32
Tabel IV.2	Kekuatan tarik kompon vPP/rPP	33
Tabel IV.3	Modulus elastisitas kompon vPP/rPP	35
Tabel IV.4	Elongasi kompon vPP/rPP	36

DAFTAR SINGKATAN

SINGKATAN	Nama	Pemakaian pertama kali pada halaman
ATR	<i>Attenuated Total Reflectance</i>	3
FTIR	<i>Fourier Transfer Infra Red</i>	3
IR	<i>Infra Red</i>	8
PP	Polipropilena	1
PE	Polietilena	5
rPP	Polipropilena <i>recycle</i>	1
vPP	Polipropilena <i>virgin</i>	1

Bab I Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Jumlah konsumsi berbagai sumber daya alam (SDA) meningkat seiring pertumbuhan jumlah penduduk dalam beberapa dekade terakhir. Salah satu SDA yang banyak dikonsumsi adalah plastik. Konsumsi plastik sendiri dalam 4 tahun terakhir meningkat cukup banyak (Rahmawati dan Rizana, 2013). Konsumsi plastik yang meningkat mendorong kemungkinan untuk menyebabkan lautan dunia tercemar oleh sampah plastik. Tahun 2018 Bank Dunia dan sejumlah Lembaga Peneliti di Indonesia menyebutkan bahwa jumlah sampah plastik yang mencemari lautan dunia tidak kurang dari 150 juta ton plastik.

Indonesia menempati urutan kedua terbesar di dunia sebagai negara dengan penghasil sampah plastik ke laut. Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) bahwa pada tahun 2016 penduduk Indonesia menghasilkan sampah sebanyak 9,85 miliar lembar sampah kantong plastik setiap tahun (Media Keuangan, 2019).

Ketersediaan sampah plastik yang banyak membuat perlu dilakukannya usaha untuk menekan jumlahnya, salah satu caranya adalah *recycling*/daur ulang. Daur ulang sampah plastik dilakukan dengan cara mencampurkan sampah plastik yang bersih dan tidak terkontaminasi dengan material plastik *virgin* untuk mendapatkan kualitas yang hampir setara dengan produk aslinya atau bisa disebut sebagai daur ulang primer (Kumar dkk., 2011)

Polipropilena (PP) merupakan jenis polimer termoplastik yang dapat diaplikasikan pada berbagai macam industri, mulai dari industri peralatan rumah tangga, industri pengemasan, industri pakaian, sampai industri otomotif. Proses manufaktur PP bisa dilakukan menggunakan metode yang beragam, antara lain ekstrusi, *blow molding*, *injection molding*, dan *fiber spinning*. Sebuah studi dilakukan oleh Jun dan Juwono

(2010) dengan melakukan pengujian karakteristik gugus fungsi antara PP murni dengan PP daur ulang. PP murni yang diuji adalah jenis PP homopolimer HI35HO, sedangkan PP daur ulang yang diuji adalah daur ulang dari PP murni menggunakan mesin *injection molding* dan PP daur ulang komersial yang biasa digunakan sebagai gantungan pakaian. Hasil uji FTIR menunjukkan bahwa pada PP homopolimer HI35HO dan PP murni yang didaur ulang memiliki lima puncak karakteristik PP, sedangkan pada PP daur ulang komersial memiliki lima puncak karakteristik PP dan satu puncak karakteristik polietilena. Ismariny (2007) melakukan sebuah penelitian mengenai pengaruh penambahan *talc* sebagai filler dan zat aditif berupa elastomer pada polipaduan/kompon PP yang selanjutnya akan dijadikan material komponen otomotif. Penambahan *talc* dan elastomer dapat meningkatkan elongasi namun akan menurunkan kuat tarik dan kekerasan dari material komponen otomotif.

Khademi dkk (2016) melakukan penelitian mengenai pengaruh penambahan PP *recycled* (rPP) pada PP *virgin* (vPP) dengan penambahan serat kaca terhadap sifat mekanis sampel. PP *recycled* yang ditambahkan untuk sampel sebanyak 0%, 25%, 50% dan 100%. Sampel diberikan perlakuan berupa didinginkan dan tidak didinginkan. Hasil didapatkan bahwa semakin banyak kandungan PP *recycled* akan meningkatkan sedikit dari *ultimate tensile strength* dan elongasi sampel. Penambahan serat kaca meningkatkan sifat mekanis yang signifikan pada sampel, serta perlakuan yang diberikan juga meningkatkan *modulus young* pada sampel. Oleh karena itu, daur ulang sampah plastik PP yang ditambahkan pada kompon polipropilena *virgin* menjadi produk akhir dengan kualitas yang hampir setara dengan produk aslinya diharapkan dapat mengurangi keberadaan sampah plastik khususnya di Indonesia.

I.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini adalah:

1. Bagaimana karakteristik gugus fungsi kompon polipropilena dengan variasi penambahan polipropilena *recycled*?

2. Bagaimana pengaruh penambahan polipropilena *recycled* sebagai *filler* terhadap karakteristik sifat mekanis kompon polipropilena?

I.3 Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian ini adalah:

1. Polipropilena *virgin* yang digunakan adalah polipropilena homopolimer Trilene HI10HO yang diperoleh dari PT. Candra Asri Petrochemical, Tbk.
2. Polipropilena *recycled* yang digunakan diperoleh dari PT. Lintang Pronitama Pratama.
3. Proses pembuatan produk menggunakan mesin injection molding dengan bentuk cetakan komponen otomotif.
4. Variasi polipropilena *recycled* yang digunakan untuk membuat kompon polipropilena adalah 0%, 25%, dan 50%.
5. Produk yang akan diuji adalah produk yang memiliki bentuk yang sempurna saat dicetak.
6. Pengujian karakteristik gugus fungsi material menggunakan alat *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dengan metode *Attenuated Total Reflectance* (ATR).
7. Pengujian mekanis yang dilakukan adalah pengujian kuat tarik, elongasi, dan modulus elastisitas menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM).

I.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang sudah dituliskan, maka tujuan penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui pengaruh penambahan polipropilena *recycled* terhadap karakteristik gugus fungsi kompon polipropilena,
2. Mengetahui pengaruh penambahan polipropilena *recycled* terhadap karakteristik sifat mekanis kompon polipropilena.

I.5 Manfaat Penelitian

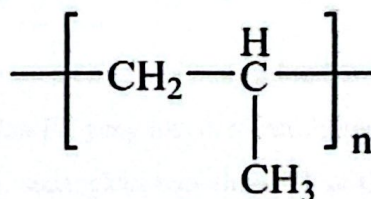
Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Bagi Industri
 - a. Memberikan informasi terkait perubahan karakteristik gugus fungsi dan sifat mekanis kompon PP dengan adanya penambahan PP *recycled*,
 - b. Menjadi usulan bagi para pelaku industri guna melakukan efisiensi terhadap proses pembuatan polipropilena,
 - c. Memberikan informasi terhadap potensi ekonomis PP *recycled* yang dapat mengurangi konsumsi PP *virgin*.
2. Bagi Masyarakat
 - a. Memberikan informasi terhadap potensi pemanfaatan PP *recycled* dalam pembuatan kompon PP,
 - b. Memberikan informasi terhadap karakteristik kompon PP dengan penambahan PP *recycled*.
3. Bagi Pengembangan Ilmu Pengetahuan
 - a. Menjadikan hasil analisis sebagai acuan bagi penelitian selanjutnya.

Bab II Tinjauan Pustaka

II.1 Polipropilena

Menurut seorang ahli bernama C. Natta, polipropilena (PP) ditemukan pada tahun 1954, dimana polipropilena tersebut merupakan polimer yang penting diantara jenis poliolefin (Hs dan Surip, 1991). Polipropilena merupakan produk petrokimia hilir yang memiliki sifat bervariasi tergantung pada kondisi proses, komponen polimer (homopolimer atau kopolimer), berat molekul serta distribusi dari berat molekulnya (Maddah, 2016). Rumus struktur molekul polipropilena yaitu hidrokarbon linier dari polimerisasi monomer propilena (C_nH_{2n}) yang ditunjukkan pada Gambar II.1.



Gambar II.1 Rumus struktur molekul polipropilena
Sumber : Aji, 2008

PP merupakan material termoplastik yang diproduksi dengan proses polimerisasi molekul, dimana monomer PP diubah menjadi molekul polimer yang panjang (Karian, 2003). Monomer PP diperoleh dengan proses *steam cracking* nafta atau minyak bumi pada temperatur 700-900°C. *Steam cracking* nantinya akan menghasilkan etilen dan propilen dengan perbandingan berat 2:1. Tingginya tingkat pertumbuhan dari propilen menyebabkan cara sintesis dehidrogenasi propana menjadi suatu kegiatan komersial (Gilbert, 2017).

Selanjutnya, polimer PP yang memiliki rantai atau molekul yang panjang akan dijadikan sebagai bahan untuk digunakan secara komersial. Polimer PP dibuat dengan bantuan katalis yang akan menghasilkan rantai polimer yang dapat dikristalisasi (Karian, 2003).

PP merupakan termoplastik yang serba guna dan banyak ditemukan dalam pemakaian sehari-hari di rumah dan dalam bidang industri, misalnya pengemas makanan, bahan tekstil, *loudspeaker*, komponen otomotif, penjilid buku, peralatan laboratorium, dan gantungan pakaian (Jun dan Juwono, 2010).

PP memiliki densitas yang rendah jika dibandingkan dengan polietilena (PE), yakni sebesar $0,90 \text{ g/cm}^3$. Struktur dari PP lebih kaku, dengan titik rapuh yang lebih tinggi. PP akan mudah mengalami retak dikarenakan oleh strukturnya yang kaku (Hs dan Surip, 1991). PP merupakan salah satu polimer yang paling tahan kondisi yang digunakan sebagai plastik dan serat (Aji, 2008).

Proses pembuatan PP terbagi menjadi 2 jenis, yakni homopolimer PP dan kopolimer PP. Homopolimer PP adalah PP yang hanya memiliki gugus monomer propilen pada fase padatan semikristalin, sedangkan kopolimer PP adalah PP yang memiliki etilen sebagai monomer kedua selain propilena pada ikatan rantai sebanyak 1-8% (Karian, 2003).

Homopolimer PP merupakan jenis propilena yang paling banyak digunakan dalam industri. Polipropilena homopolimer hanya terdiri dari satu jenis monomer yaitu propilena yang umumnya isotaktik sehingga memberikan struktur kristalin pada polimer. Polipropilena homopolimer memiliki kekakuan yang tinggi pada temperatur kamar dan temperatur leleh yang tinggi, tetapi sifat transparansi dan kekuatan terhadap benturannya rendah. Polipropilena homopolimer umumnya memiliki kekuatan tarik 29-34 MPa, elongasi 3-700% dan temperatur leleh 160-166°C (Maddah, 2016). Jun dan Juwono (2010) melakukan pengujian mekanis homopolimer PP HI35HO murni, PP daur ulang, dan PP daur ulang komersial sebagai gantungan pakaian dengan proses *injection molding* untuk mendapatkan bentuk dan ukuran sampel sesuai ASTM D638. PP HI35HO murni memiliki kekuatan tarik sebesar 32,5 MPa, *modulus young* sebesar 700 MPa, dan elongasi sebesar 30%. Hasil yang diperoleh PP daur ulang dengan PP HI35HO murni tidak berbeda jauh. Namun jika

dibandingkan dengan PP daur ulang komersial terdapat penurunan *modulus young* dan kuat tarik. Hal tersebut dikarenakan adanya campuran PP dengan gugus polietilen di dalam PP daur ulang komersial. Khademi dkk (2016) melakukan pengujian mekanis dengan mencampurkan PP murni dengan PP daur ulang/*recycled* dengan variasi penambahan sebanyak 0%, 25%, dan 50% dari berat total. Hasil pengujian menunjukkan bahwa jumlah PP *recycled* yang ditambahkan pada PP murni tidak menyebabkan perubahan yang signifikan pada kekuatan mekanis yang dimiliki PP murni itu sendiri.

Kopolimer random diproduksi dengan menambahkan komonomer seperti etilena atau 1-butena pada rantai utama polipropilena saat proses polimerisasi. Komonomer bersubstitusi dengan propilena pada saat proses pertumbuhan rantai polimer. Substitusi terjadi secara acak, atau terdistribusi secara merata sepanjang rantai polimer, terkadang kopolimer random juga dapat membentuk kopolimer blok. Hal ini bergantung pada jenis katalis yang digunakan, kondisi proses polimerisasinya, serta kereaktifan komonomer terhadap propilena. Kopolimer random memiliki temperatur leleh dan gravitasi spesifik yang lebih rendah dibandingkan dengan polipropilena homopolimer dikarenakan kristalinitasnya yang lebih rendah serta memiliki temperatur transisi gelas yang lebih rendah daripada homopolimer, hal ini dipengaruhi pada tipe, jumlah, dan distribusi komonomer saat proses polimerisasi. Karena kristalinitasnya yang rendah serta strukturnya yang amorf, kopolimer random memiliki ketahanan beban impak yang tinggi pada temperatur rendah (Maier dan Calafut, 1998).

II.2 Plastik *Recycling*

Bahan plastik yang terus meningkat berasal dari limbah kota dan industri. Banyaknya sampah plastik mendorong industri plastik saat ini untuk melakukan plastik *recycling*. Pengembangan teknologi daur ulang plastik dilakukan dengan tujuan untuk mengurangi jumlah keberadaan limbah plastik yang dapat menciptakan lingkungan yang sehat serta hemat biaya (Kumar dkk., 2011)

Proses daur ulang plastik dapat diklasifikasikan menjadi empat jenis sesuai dengan tujuannya, yakni daur ulang primer, sekunder, tersier, dan quarter. Daur ulang primer adalah daur ulang sampah plastik dicampur dengan material plastik virgin, menjadi produk yang memiliki kualitas yang hampir setara dengan produk aslinya. Daur ulang cara ini dapat dilakukan pada sampah plastik yang bersih, tidak terkontaminasi oleh material lain dan hanya terdiri dari satu jenis plastik. Daur ulang sekunder adalah daur ulang yang menghasilkan produk yang sejenis dengan produk aslinya tetapi dengan kualitas di bawahnya. Daur ulang tersier adalah daur ulang sampah plastik menjadi bahan kimia atau menjadi bahan bakar. Daur ulang quarter adalah proses untuk mendapatkan energi yang terkandung di dalam sampah plastik (Kumar dkk., 2011).

II.3 Kompon

Kompon merupakan produk setengah jadi yang terdiri dari campuran bahan baku dengan bahan pembantu (aditif). Kompon plastik dibuat dengan cara mencampurkan resin plastik dengan aditif berupa *filler*, *plasticizer*, *lubrican*, *stabilizer*, dan lain-lain. Tujuan dari penambahan aditif yaitu untuk memperoleh komponen plastik yang homogen serta memiliki sifat-sifat yang diinginkan (Supratiningsih, 1996).

Pembuatan komponen plastik disebut komponding yang dilakukan dengan menambahkan aditif (pewarna, *flame retardants*, *heat stabilizer*, *light stabilizer*, dan lain sebagainya), *filler* (kalsium karbonat, *talc*, dan lain sebagainya), *reinforcements* (serat kaca, serat grafit, serpihan kaca, dan lain sebagainya) pada bahan baku plastik. Komponding yang dilakukan dengan mesin *injection molding* bertujuan untuk melelehkan material serta mencampurnya dengan atau tanpa aditif. Temperatur *mold* diatur agar berada di bawah temperatur leleh dari plastik. Hal tersebut dilakukan agar lelehan plastik yang memasuki rongga *mold* dapat didinginkan lebih awal, yang diikuti solidifikasi produk di dalam *mold* (Rosato dkk, 2000).

II.4 Filler

Filler atau bahan pengisi merupakan salah satu jenis bahan aditif (Supraptiningsih, 1996) yang berfungsi untuk menambah bobot produk dengan mensubstitusi sebagian bahan sehingga biaya dapat ditekan. Fungsi lain dari bahan pengisi adalah membantu meningkatkan volume dari produk produk (Afrisanti, 2010).

Bahan pengisi dibagi atas dua golongan yaitu golongan bahan pengisi tidak aktif dan golongan bahan pengisi aktif atau bahan pengisi penguat (*reinforcing filler*). Bahan pengisi penguat akan meningkatkan kekerasan, ketahanan sobek, ketahanan kikis dan tegangan putus. Penambahan bahan pengisi tidak aktif hanya akan menambah kekerasan dan kekakuan pada barang, sedangkan kekuatan dan sifat lainnya akan berkurang. Harga bahan pengisi aktif relatif lebih murah dan terutama digunakan untuk menekan harga barang jadi. Penguatan pada bahan pengisi ditentukan oleh ukuran, keadaan permukaan, dan bentuk butir halusnya (Arizal, 2007)

Bahan pengisi penguat pada penambahan optimum akan meningkatkan kekuatan tarik, modulus, ketahanan sobek, ketahanan kikis dan retak lentur. Untuk memperoleh kekuatan yang maksimum maka butir-butir bahan pengisi penguat tersebut harus tersebar baik dan merata dalam kompon (Arizal, 2007)

II.5 Injection Molding

Dari semua proses konversi untuk PP, *injection molding* mencakup jangkauan terluas baik dari proses produksi bahan baku, produk setengah jadi ataupun produk akhir (Gilbert, 2017). *Injection molding* memiliki tiga komponen dasar, yakni *injection unit*, *mold*, dan *clamping system* yang memiliki perannya masing-masing. *Injection unit* disebut juga *plasticator* berperan untuk menyiapkan plastik meleleh secara tepat dan juga membawa lelehan plastik ke dalam *mold*. Komponen *mold* berperan sebagai tempat pembentukan produk. *Clamping system* berperan sebagai pembuka dan penutup *mold* (Rosato dkk, 2000).

Mesin *injection molding* memiliki fungsi penting tertentu, antara lain:

1. *Plasticizing* : melakukan pemanasan dan pelelehan bahan plastik di dalam *plasticator*.
2. *Injection* : menyuntikkan lelehan plastik dari *plasticator* pada tekanan tertentu menuju *mold*, dengan solidifikasi lelehan plastik yang dimulai dari rongga *mold*.
3. *Afterfilling* : mempertahankan bentuk material yang disuntikkan agar tidak meleleh dan terjadi penurunan volume ketika solidifikasi.
4. *Cooling/heating* : *cooling* untuk mendinginkan material termoplastik sampai cukup kaku dan bisa untuk dikeluarkan, sedangkan *heating* untuk memanaskan material termoset sampai cukup kaku dan bisa untuk dikeluarkan.
5. *Mold-part release* : membuka *mold*, mengeluarkan bagian yang sudah kaku, dan menutup *mold* sehingga siap untuk memulai siklus berikutnya (Rosato dkk, 2000).

Fraksi massa molar yang lebih tinggi menjadi faktor penentu dari kecepatan solidifikasi dan kekuatan mekanis dari produk. Faktor lain terkait polimer seperti *filler*, *nucleating agent*, temperatur leleh, kecepatan aliran juga memegang peran masing-masing untuk membentuk sifat akhir dari produk (Gilbert, 2017).

Produk dari *injection molding* memiliki kemungkinan untuk mengalami kecacatan (*defect*). Beberapa *defect* yang biasa ditemukan pada produk *injection molding* antara lain:

1. *Short shot* merupakan kecacatan yang diakibatkan karena pada saat penyuntikkan lelehan tidak sempurna,
2. *Flash* merupakan kecacatan yang diakibatkan karena keberadaan material yang berlebih,
3. *Sink mark* merupakan kecacatan yang menyebabkan produk berbentuk lebih cekung dari cetakannya (*mold*),
4. *Black spot* merupakan kecacatan yang menyebabkan produk memiliki bintik hitam,
5. *Flow mark* merupakan kecacatan yang menyebabkan produk memiliki pola bergaris,

6. *Warpage* merupakan kecacatan yang menyebabkan permukaan produk terdapat sebuah lekukan,
7. *Colour streaks* merupakan kecacatan yang menyebabkan warna produk yang dihasilkan belang,
8. *Bubbles* merupakan kecacatan yang menyebabkan produk yang dihasilkan terdapat gelembung udara (Tresno, 2013)

Kecacatan pada produk *injection molding* biasanya disebabkan karena perlakuan awal pada resin sebelum diproses, pemilihan mesin *injection molding*, dan pengaturan parameter mesin *injection molding*. Parameter yang diatur bisa berupa jenis pendingin (air atau minyak), temperatur barel, temperatur die, kecepatan injeksi, waktu injeksi, dan kecepatan putaran *screw* (Yusoff dkk, 2004)

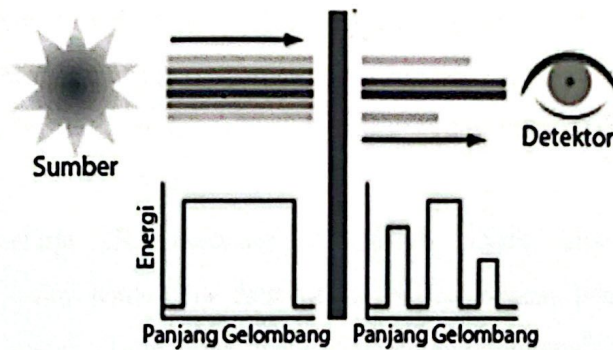
Menurut Gilbert (2017), kondisi standar yang digunakan untuk mengolah PP adalah sebagai berikut:

1. Temperatur leleh, T_m : 200-250°C
2. Tekanan *injection*, p_{inj} : 50-150 MPa
3. Kecepatan *injection*, v_{inj} : 100-400 mm/s
4. Temperatur dinding *mold*, T_w : 30-60°C

II.6 Pengujian Gugus Fungsi

Pengujian gugus fungsi dilakukan menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*). FTIR adalah teknik yang digunakan untuk mendapatkan spektrum inframerah dari absorbansi, emisi, fotokonduktivitas atau *raman scattering* dari sampel padat, cair, dan gas. Prinsip kerja FTIR berupa *Infra Red* (IR) yang melewati celah ke sampel, dimana celah tersebut berfungsi mengontrol jumlah energi yang disampaikan kepada sampel. Kemudian beberapa IR diserap oleh sampel dan yang lainnya ditransmisikan melalui permukaan sampel sehingga sinar IR lolos ke detektor dan sinyal yang terukur kemudian dikirim ke komputer seperti yang ditunjukkan pada gambar II.2 (Noverliana, 2014).

SPEKTROMETER



Gambar II.2 Skema prinsip kerja FTIR

Sumber: Noverliana, 2014

Metode FTIR digunakan dalam dua jenis, yaitu transmisi dan reflektansi. Transmisi digunakan untuk menguji efek dari penyerapan radiasi IR dalam volume sampel. Hal ini memungkinkan untuk menguji sampel dalam bentuk padat, cair dan gas dengan menggunakan prosedur yang tepat. Gas dan cairan akan ditempatkan dalam *cuvettes* khusus dengan jendela. *Cuvettes* khusus ini terbuat dari bahan transparan untuk radiasi IR (misalnya kristal ionik: KBr, NaCl). Spektrum padatan dapat diukur dengan menggunakan spesimen dalam tablet dari KBr, NaCl, atau sampel cairan/suspensi dalam parafin cair. Jika objek yang diuji cukup tipis dan transparan, spektrum yang diukur langsung pada sampel. Teknik transmisi tidak dapat digunakan untuk bahan yang kuat menyerap radiasi IR (Ferraro dan Krishnan, 1990).

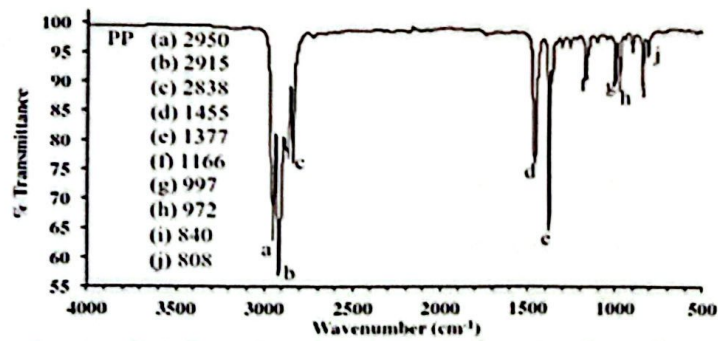
Metode FTIR yang lain reflektansi atau disebut *Attenuated Total Reflectance* (ATR), yang memungkinkan untuk menguji berbagai jenis sampel. ATR-FTIR menggunakan fenomena refleksi radiasi IR dari optik dilewatkan pada tengah prisma tipis. Sampel ditempatkan pada permukaan prisma IR-transparan dengan indeks bias yang selalu lebih tinggi dari sampel. Sinar radiasi diarahkan pada salah satu dinding prisma untuk antarmuka prisma-sampel disudut θ lebih tinggi dari pembatas. Dengan kondisi tersebut, refleksi lengkap terjadi di sisi prisma internal dan sinar yang dipantulkan keluar melalui dinding prisma kedua, di mana intensitas sinar dan spektrum penyerapan dicatat (Fornel, 2000). ATR adalah teknik cepat yang merupakan langkah

awal yang berguna untuk mengkarakterisasi material dengan persiapan sampel minimal. Kelebihan dari ATR adalah persiapan sampel yang minimal, variasi spektrum lebih lebar karena persiapan sampel minimal, dan tanpa menggunakan KBr grinding serta perbedaan ukuran partikel diabaikan (Thompson dkk., 2009).

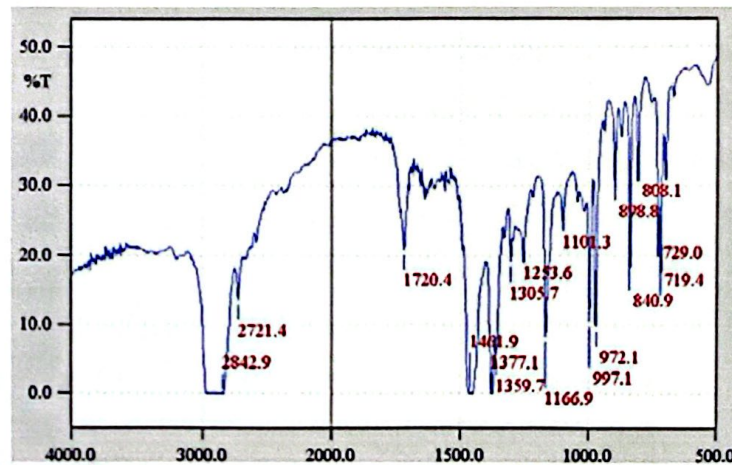
Dalam spektroskopi IR, frekuensi dinyatakan dalam bilangan gelombang (*wavenumbers*) yaitu banyaknya daur persentimeter. Satuan bilangan gelombang ialah sepersentimeter ($1/\text{cm}$ atau cm^{-1}). Satuan yang digunakan untuk panjang gelombang dalam spektroskopi IR adalah mikrometer (μm) atau mikron (μ) dengan $1,0\mu\text{m} = 10^{-6}\text{m} = 10^{-4}\text{cm}$ (Fessenden dan Fessenden, 1986).

Sinyal yang dihasilkan dari detektor akan direkam sebagai spektrum IR yang berbentuk puncak-puncak absorpsi. Spektrum IR/inframerah ini menunjukkan hubungan antara absorpsi dan bilangan gelombang. Sebagai absis adalah panjang gelombang (μm) atau bilangan gelombang (cm^{-1}) dan sebagai ordinat adalah transmitansi (%T) atau absorbansi (A) (Setiabudi dkk., 2012). Contoh dari spektrum transmitansi PP ditunjukkan pada gambar II.3.

Spektrum inframerah merupakan spektrum yang menunjukkan banyak puncak absorpsi pada frekuensi yang karakteristik. Spektroskopi infra merah disebut juga spektroskopi vibrasi. Untuk setiap ikatan kimia yang berbeda seperti C-C, C=C, C=O, dan lain sebagainya mempunyai frekuensi vibrasi yang berbeda sehingga kemungkinan dua senyawa berbeda yang mempunyai spektrum absorpsi yang sama adalah kecil sekali (Setiabudi dkk., 2012).



Gambar II.3 Contoh spektrum transmittansi polipropilena
 Sumber: Jung dkk., 2017



Gambar II.4 Spektrum inframerah kompon PP *recycled* komersial
 Sumber : Jun dan Juwono (2010)

Suatu ikatan dalam sebuah molekul dapat menjalani berbagai macam getaran. Oleh karena itu, suatu ikatan tertentu dapat menyerap energi pada lebih dari satu panjang gelombang (Suarsa, 2016). Ikatan tidak polar tidak mengabsorpsi radiasi inframerah karena tidak ada perubahan momen ikatan apabila atom-atom saling bergetar. Ikatan tidak polar relatif (ikatan C–C dan C–H dalam molekul organik) menyebabkan absorpsi yang lemah, sedangkan ikatan polar (seperti C=O) menunjukkan absorpsi yang kuat (Fessenden dan Fessenden, 1986). Gambar II.4 menunjukkan bahwa pada kompon PP *recycled* komersial selain diketahui memiliki puncak karakteristik dari polimer polipropilena, juga memiliki puncak karakteristik dari polimer polietilena (PE) yang ditunjukkan pada serapan bilangan gelombang 719,4 cm^{-1} . Kandungan PE

pada PP *recycled* komersial mempengaruhi ikatan CH₃ dan CH₂ pada rantai utama PP (Jun dan Juwono, 2010).

Daerah dengan bilangan gelombang antara 1400-4000cm⁻¹ (2,5µm sampai kira-kira 7,1µm), bagian kiri spektrum inframerah, merupakan bagian yang khusus digunakan untuk identifikasi gugus-gugus fungsional. Daerah ini menunjukkan absorpsi yang disebabkan oleh modus uluran. Daerah di kanan bilangan gelombang 1400 cm⁻¹ seringkali sangat rumit karena banyaknya absorpsi modus uluran maupun modus tekukan di daerah ini. Di daerah ini juga umumnya korelasi antara suatu pita dan suatu gugus fungsional spesifik tak dapat ditarik dengan cermat, namun setiap senyawa organik mempunyai absorpsi yang unik di daerah ini. Oleh karena itu, bagian spektrum ini disebut sidik jari. Meskipun bagian kiri suatu spektrum terlihat sama untuk senyawa-senyawa yang mirip, daerah sidik haruslah cocok juga antara dua spektrum, agar dapat disimpulkan kedua spektrum sama (Suarsa, 2016). Tabel II.1 dan II.2 akan memaparkan bilangan gelombang dari berbagai jenis senyawa serta polimer untuk membedakan gugus fungsi pada absorpsi inframerah.

Tabel II.1 Ikatan kimia dan absorpsi inframerah

Jenis Ikatan	Golongan	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)
C-H	Alkana	3000-2850
	-CH ₃ -	1450 dan 1375
	-CH ₂ -	1465
	Alkena	3100-3000
	Aromatik	3150-3050
	Alkalin	3300
	Aldehid	2900-2700
C-C	Alkana	Tidak terinterpretatif
C=C	Alkena	1680-1600
	Aromatik	1600 dan 1475
C≡C	Alkuna	2250-2100
C=O	Aldehid	1740-1720
	Keton	1725-1705
	Asam Karboksilat	1725-1700
	Ester	1750-1730
C=O	Amida	1680-1630
	Anhidrida	1810 dan 1760
C-O	Alkohol, Eter, Ester, Asam	1300-1000

Jenis Ikatan	Golongan	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)
	Karboksilat, Anhidrida	
O-H	Alkohol, Fenol	3650-3600
	Asam Karboksilat	3400-2400
N-H	Amina Amida primer	3500-3100
	Amina Amida sekunder	1640-1550
C-N	Amina	1350-1000
C≡N	Nitril	2260-2240
X=C=Y	Alkena, Isosianat, Isotiosianat	2270-1940
N=O	Nitro (R-NO ₂)	1550 dan 1350
S-H	Merkaptan	2550
S=O	Sulfoksida	1050
	Sulfonat, Sulfonyl Klorida, Sulfat, Sulfoamida	1375-1300 dan 1350-1140
C-X	Fluorida	1400-1000
	Klorida	785-540
	Bromida, Iodida	<667

Sumber: Pavia dkk., 2009

Tabel II.2 Absorpsi spektrum beberapa polimer

Jenis Polimer	Kode Resin	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)
Polietilena Tereftalat (PET)	1	1713; 1241; 1094; 720
Polietilena Densitas Tinggi (HDPE)	2	2915; 2845; 1472; 1472; 1462; 730; 717
Polivinil Klorida (PVC)	3	1427; 1331; 1255; 1099; 966; 616
Polietilena Densitas Rendah (LDPE) atau Linear LDPE (LLDPE)	4	2915; 2845; 1467; 1462; 1377; 730; 717
Polipropilena (PP)	5	2950; 2915; 2838; 1455; 1377; 1166; 997; 972; 840; 808
Polistirena (PS)	6	3024; 2847; 160; 1492; 1451; 1027; 694; 537
Akrilonitril Butadien Stirena (ABS)	7	2922; 1602; 1494; 1452; 966; 759; 698
Asetat Selulosa (CA)	7	1743; 1368; 904; 600
Etilen Vinil Asetat (EVA)	7	2917; 2848; 1740; 1469; 1241; 1020; 720
Lateks	7	2960; 2920; 2855; 1667; 1447; 1376
Nitril	7	2917; 2849; 2237; 1605; 1440; 1360; 1197; 967
Nilon	7	3298; 2932; 2858; 1634; 1538; 1464; 1372; 1274; 1199; 687

Jenis Polimer	Kode Resin	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)
Polikarbonat (PC)	7	2966; 1768; 1503; 1409; 1364; 1186; 1158; 1013; 828
Polimetil Metakrilat (PMMA)	7	2992; 2949; 1721; 1433; 1386; 1238; 1189; 1141; 985; 964; 750
Politetrafluoroetilena (PTFE) atau Etilena Propilena Fluorinasi (FEP)	7	1201; 1147; 638; 554; 509
Poliuretan (PU)	7	2865; 1731; 1531; 1451; 1223

Sumber: Jung dkk., 2017

II.7 Pengujian Mekanis

Secara umum karakteristik mekanis plastik terdiri dari kuat tarik (*tensile strength*), persen pemanjangan (*elongation to break*), dan elastisitas (*elastic modulus*). Parameter-parameter tersebut dapat menjelaskan bagaimana karakteristik mekanis dari bahan polimer yang berkaitan dengan struktur kimianya (Akbar dkk., 2013).

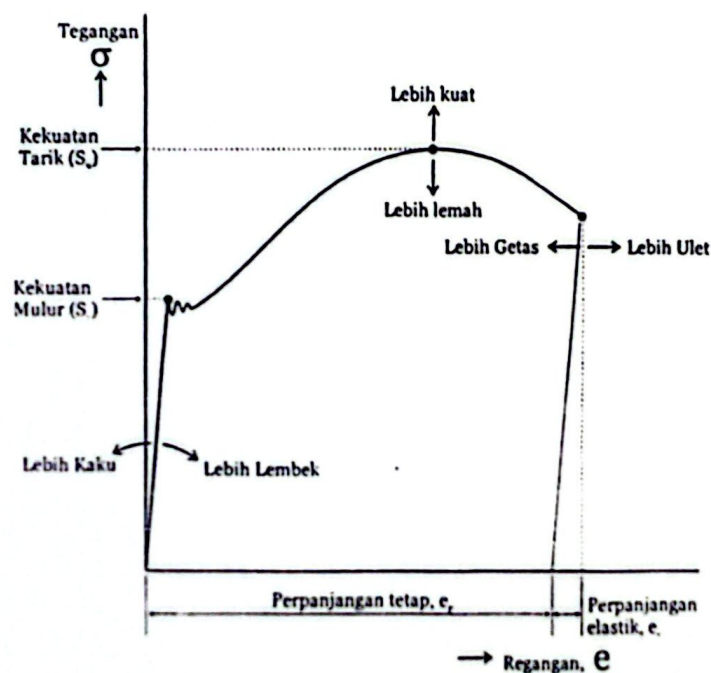
Kuat tarik merupakan ukuran besarnya beban atau gaya yang dapat ditahan sebelum suatu sampel rusak atau putus. Kekuatan tarik diukur dengan menarik polimer pada dimensi yang seragam. Untuk mengetahui kekuatan tarik suatu bahan maka perlu dilakukan pengujian tarik (*tensile strength*). Dengan melakukan uji tarik dapat mengetahui kekuatan tarik saat putus dan perpanjangan saat putus dari bahan. Apabila suatu bahan ditarik sampai putus, maka akan diperoleh kurva. Kurva tersebut menunjukkan hubungan antara gaya tarikan dengan perubahan panjang (Sinaga, 2015).

Kurva uji tarik dapat diperoleh beberapa sifat mekanis material. Beberapa sifat mekanis material yang dimaksud yaitu dari kekuatan tarik, keuletan, dan elastisitas (Budiman, 2016). Contoh kurva hasil uji tarik ditunjukkan pada gambar II.5.

Berdasarkan pengujian kekuatan tarik, didapat modulus elastisitas dan *elongation at break*. Modulus elastisitas adalah ketahanan suatu material terhadap deformasi elastis. Semakin besar modulusnya maka akan semakin kecil regangan elastik yang

dihasilkan akibat pemberian tegangan tersebut. Sifat mekanis suatu bahan juga dapat diamati berdasarkan perpanjangan atau regangannya yang diartikan sebagai pertambahan panjang spesimen akibat gaya yang diberikan (Ginting, 2016).

Besaran regangan dapat digunakan untuk mengamati sifat plastis dari suatu bahan polimer. *Elongation at break* merupakan pertambahan panjang suatu spesimen uji setelah diberikan beban penarikan sampai sesaat sebelum spesimen uji tersebut mengalami perpatahan (Ginting, 2016).



Gambar II.5 Kurva hasil uji tarik
Sumber : Ginting, 2016

Pengujian tarik merupakan pengujian mekanis secara statis yang dilakukan dengan cara menarik sampel yang diberikan pembebanan pada kedua ujungnya, gaya tarik yang diberikan adalah sebesar P (Newton). Pada saat pengujian, bahan uji ditarik sampai putus dengan tujuan mengetahui sifat-sifat mekanis tarik (kekuatan tarik) dari bahan yang diuji. Pertambahan panjang (Δl) yang terjadi akibat gaya tarik yang diberikan pada sampel uji disebut deformasi. Sedangkan regangan merupakan

perbandingan antara pertambahan panjang dengan panjang mula-mula (Ginting, 2016).

Perpanjangan tarik (elongasi) adalah perubahan panjang sampel yang dihasilkan oleh ukuran tertentu panjang spesimen akibat gaya yang diberikan. Elongasi merupakan salah satu jenis deformasi. Deformasi sendiri merupakan perubahan ukuran yang terjadi saat material diberi gaya (Hieronimus, 2010).

III.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Pengambilan data penelitian dilaksanakan di *workshop* polimer, laboratorium Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta dan laboratorium Bea dan Cukai Indonesia, Cempaka Putih, Jakarta Pusat, pada Februari 2020 s.d Juli 2020.

III.2 Alat dan Bahan

III.2.1 Alat-alat

Alat-alat yang digunakan, yaitu:

- a. Alat untuk proses terdiri dari:
 1. *Injection Molding Machine* Toshiba
 2. *Granulator* Kawata A300-10SP
 3. *Manual Forming Machine* Cometech QC-601A
 4. *Pneumatic Specimen Punch* Marto QC-603A
- b. Alat untuk analisis terdiri dari:
 1. *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) Perkin Elmer
 2. *Universal Testing Machine* (UTM) Ibertest
- c. Alat untuk membantu proses terdiri dari:
 1. Neraca digital
 2. Ember ukuran 2 L
 3. Centong
 4. Kuas

III.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan adalah:

1. Resin polipropilena *virgin* (Trilene HI10HO)
2. Resin polipropilena *recycled* sebagai *filler*

III.3 Variabel

III.3.1 Variabel Tetap

Variabel tetap dalam penelitian ini sebagai berikut:

- a. Temperatur operasi : 180°C untuk mesin *manual forming*
200°C untuk mesin *injection molding*
- b. Tekanan operasi : 75 MPa untuk mesin *injection molding*
200 kg_f/cm² untuk mesin *manual forming*
70 kg_f/cm² untuk mesin *pneumatic specimen punch*
- c. Total massa kompon : 2000g untuk mesin *injection molding*
±75g untuk mesin *manual forming*

III.3.2 Variabel Bebas

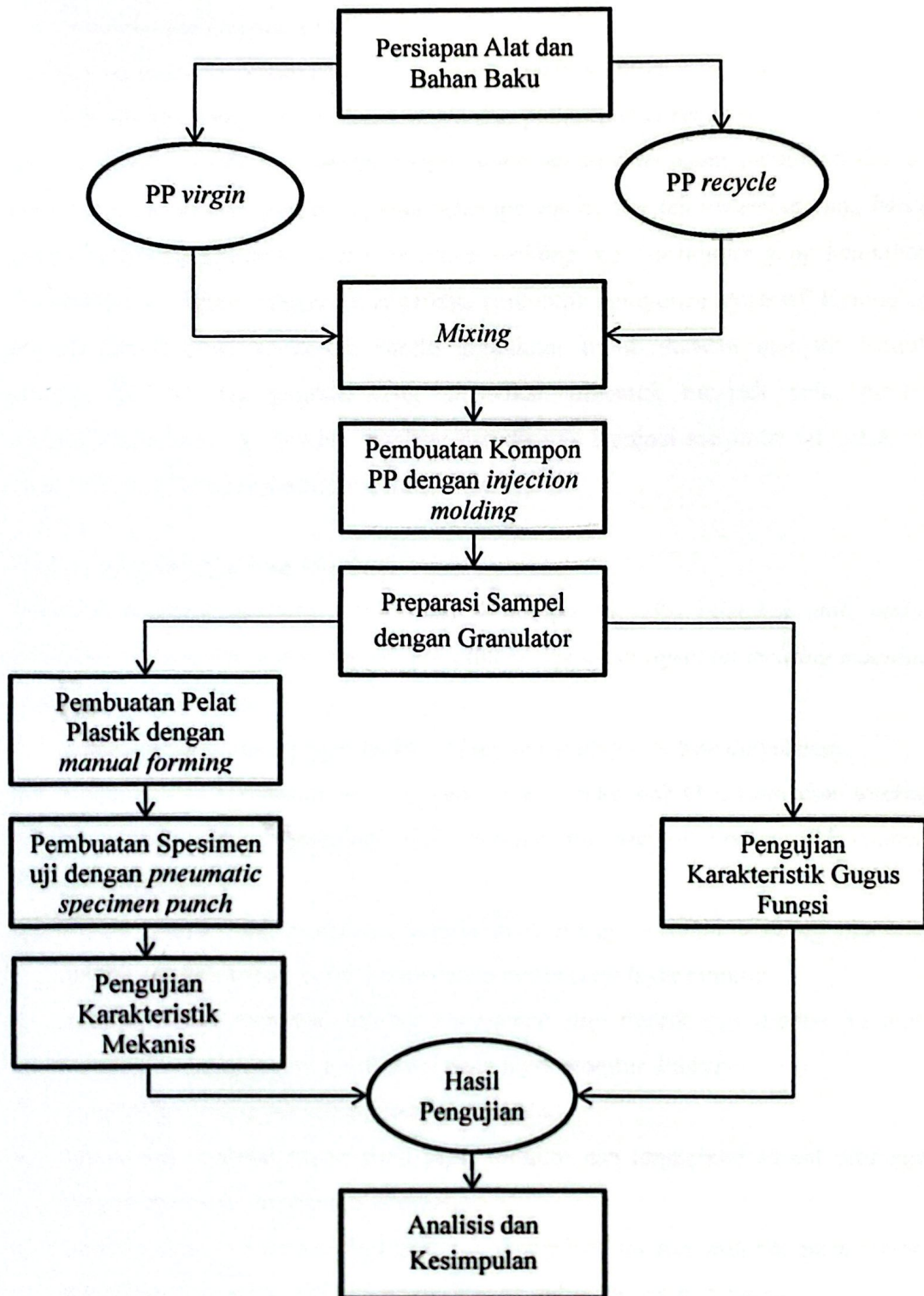
Pada penelitian ini variabel bebas yang ditetapkan adalah jumlah massa (%wt) dari komponen resin polipropilena *virgin* dan resin polipropilena *recycled*. Tabel III.1 menampilkan komposisi massa dari komponen resin polipropilena *virgin* dan *recycled* untuk mesin *injection molding*.

Tabel III.1 Komposisi massa resin PP *virgin* dan PP *recycled* untuk mesin *injection molding*

Variasi	Komponen (%wt)				Total Massa Kompon
	Resin PP <i>virgin</i>		Resin PP <i>recycled</i>		
1 (PP <i>virgin/recycle</i> 100/0)	100%	2000g	0%	0g	2000g
2 (PP <i>virgin/recycle</i> 75/25)	75%	1500g	25%	500g	2000g
3 (PP <i>virgin/recycled</i> 50/50)	50%	1000g	50%	1000g	2000g
Total		4500g		1500g	6000g

III.4 Prosedur

Prosedur penelitian ini dijelaskan pada gambar III.1.



Gambar III.1 Skema pembuatan dan pengujian kompon PP

III.5 Pembuatan Kompon Polipropilena

Pembuatan kompon polipropilena dilakukan dengan menggunakan *injection molding machine*. Bahan baku polipropilena *virgin* dan polipropilena *recycled* dimasukkan ke dalam sebuah ember 2 L sesuai variasi yang sudah ditentukan kemudian diaduk menggunakan sebuah centong selama beberapa waktu. Setelah itu ember yang berisi bahan baku dituangkan ke mesin *injection molding* melalui *hopper* yang kemudian disuntikkan ke dalam cetakan *mold* produk berbentuk komponen otomotif. Kemudian produk dimasukkan ke dalam mesin granulator untuk dicacah menjadi bentuk granula. Setelah itu granula yang dihasilkan dibentuk menjadi pelat plastik menggunakan *manual forming machine* dan dicetak menjadi spesimen uji untuk uji tarik menggunakan *pneumatic specimen punch*.

III.5.1 Injection Molding Machine

Injection molding machine terdiri dari 4 komponen yaitu *injection unit*, *mold*, *clamping system*, dan *water chiller*. Prosedur penggunaan *injection molding machine* adalah sebagai berikut:

1. Semua panel untuk menghidupkan *injection molding machine* dinyalakan.
2. *Water chiller* dinyalakan dengan memutar kenop ke arah ON. Kemudian tombol *emergency* ditekan menjadi ON. Setelah itu tombol *operational control* dinyalakan.
3. Kenop hitam yang posisinya berada di samping *injection molding machine* diputar ke arah kanan untuk menyalakan mesin serta layar monitor.
4. Setelah mesin menyala, tombol *emergency stop* ditarik dan diputar ke arah kanan. Kemudian kotak konfirmasi pada layar monitor ditekan.
5. Tombol *servo* ditekan sampai lampu menyala.
6. Temperatur operasi diatur pada layar monitor dan temperatur aktual ditunggu hingga mencapai temperatur operasi.
7. Tombol *loop* kiri *screw* ditekan untuk mengeluarkan sisa material pada *screw*, kemudian tombol panah kiri *screw* ditekan untuk memajukan *barrel*.
8. Tekanan *injection* dalam *mold* diatur pada layar monitor.

9. Tombol panah kiri *nozzle* ditekan untuk memajukan *nozzle* ke cetakan. Kemudian tombol pilihan operasi kontinyu ditekan.
10. Tombol *cycle* ditekan untuk memulai proses pembuatan produk.
11. Proses pembuatan produk selesai dan material yang dimasukkan sudah habis ditandai dengan mesin yang berhenti.
12. Material berikutnya dimasukkan ke dalam *hopper* dan diatur temperatur serta tekanan operasi.
13. Setelah mendapatkan ketiga jenis produk yang berbeda, tombol *stop* ditekan dan tombol *emergency stop* ditekan untuk mematikan mesin.

III.5.2 Granulator Kawata A300-10SP

Granulator adalah mesin yang digunakan untuk menghancurkan berbagai jenis produk menjadi bentuk granula. Prosedur penggunaan *Granulator Kawata A300-10SP* adalah sebagai berikut:

1. Granulator disambungkan dengan sumber listrik.
2. Sisa-sisa material yang tertinggal di dalam mesin dibersihkan.
3. Tombol *emergency stop* diputar ke arah kanan.
4. Tombol *ON* ditekan untuk menyalakan mesin granulator.
5. Produk yang akan dicacah dimasukkan melalui lubang dibagian atas mesin. Tunggu sampai proses selesai.
6. Tombol *ON* ditekan kembali untuk mematikan mesin dan tombol *emergency stop* ditekan.
7. Pintu kecil di bagian bawah mesin granulator dibuka untuk mengambil granula di dalam kotak penampungan.
8. Bagian dalam mesin granulator dibersihkan menggunakan kuas.

III.5.3 Manual Forming Machine Comotech QC-601A

Manual forming machine adalah mesin yang digunakan untuk mencetak granula menjadi pelat plastik. Prosedur penggunaan *Manual Forming Machine Comotech QC-601A* adalah sebagai berikut:

1. Granula yang akan digunakan ditampung dalam gelas kimia dan ditimbang dengan neraca digital.
2. Kabel disambungkan ke sumber listrik. Tombol *power* utama ditekan, serta tombol pemanas atas dan tombol pemanas bawah ditekan.
3. Temperatur pemanas atas dan pemanas bawah diatur pada panel pengaturan temperatur, kemudian tombol *heat on* ditekan untuk mulai memanaskan mesin.
4. Granula yang sudah ditimbang dituang ke tengah pelat cetakan. Pelat cetakan ditutup dengan pelat yang lain.
5. Ketika temperatur aktual sudah mencapai temperatur setting, pelat cetakan dimasukkan melalui dinding atas dan dinding bawah mesin.
6. Waktu proses pemanasan diatur pada panel pengaturan waktu.
7. Tuas pompa tekanan ditarik untuk menaikkan tekanan secara perlahan hingga pelat cetakan rapat.
8. Tombol timer ditekan untuk menyalakan waktu proses.
9. Tekanan dinaikkan secara perlahan pada setiap waktu tertentu sampai pelat cetakan rapat.
10. Sebelum timer habis, tekanan diatur pada angka tertentu untuk alasan konsistensi.
11. Proses pencetakan sudah selesai ditandai oleh timer yang berbunyi.
12. Tombol pemanas atas dan tombol pemanas bawah dimatikan, lalu keran air pendingin dibuka untuk proses pendinginan.
13. Jika temperatur aktual telah mencapai sekitar 70°C, tekanan diturunkan dengan memutar *pressure relief valve* ke kiri.
14. Pelat plastik dikeluarkan dari pelat cetakan dan dibersihkan dari sisa-sisa pelat plastik.
15. Langkah 3-14 diulangi untuk mendapatkan pelat plastik berikutnya.
16. Dimensi serta massa pelat plastik diukur dan ditimbang.
17. Mesin dimatikan dan dirapikan.

III.5.4 *Pneumatic Specimen Punch* Marto QC-603A

Pneumatic specimen punch merupakan mesin yang digunakan untuk mencetak pelat plastik menjadi spesimen uji yang akan digunakan untuk uji tarik menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM). Prosedur penggunaan *Pneumatic Specimen Punch* Marto QC-603A adalah sebagai berikut:

1. Kabel power kompresor disambungkan, lalu tekanan dikeluarkan dengan memutar keran sampai terkanan 2 bar. Setelah itu kompresor akan terisi otomatis sampai tekanan 5 bar.
2. *Air input valve* pada mesin *pneumatic specimen punch* diangkat dan diputar sampai tekanan 5 bar, lalu ditekan kembali untuk mempertahankan tekanan.
3. Pisau pemotong ditempatkan di atas pelat plastik.
4. Tombol di sisi kanan dan kiri mesin yang berwarna merah ditekan bersamaan hingga *upper platten* menjepit pisau dan pelat plastik. Pedal (*foot switch*) segera diinjak dengan kaki untuk menaikkan tekanan hingga spesimen uji berhasil dicetak.
5. Injakkan kaki dilepas dan kedua tombol kanan dan kiri dilepas untuk menaikkan *upper platten*.
6. Spesimen uji dilepaskan dari pisau pemotong secara perlahan agar tidak merusak spesimen uji..
7. Langkah 3-6 diulang hingga diperoleh 5 spesimen uji.
8. Dimensi serta massa pelat plastik diukur dan ditimbang.
9. Mesin dirapikan.

III.6 Pengujian Gugus Fungsi

Pengujian gugus fungsi dilakukan untuk mengetahui komposisi organik serta anorganik dari kompon polipropilena yang dilakukan menggunakan *Fourier Transfrom Infra Red* (FTIR) Perkin Elmer yang terdapat pada Laboratorium Bea dan Cukai Indonesia. Prosedur penggunaannya adalah sebagai berikut:

1. Sampel dihancurkan sampai halus.
2. Serbuk KBr ditambahkan dengan serbuk sampel dan dicampurkan hingga rata.

3. Campuran ditempatkan dalam cetakan.
4. Cetakan ditekan menggunakan alat tekanan mekanik dengan beban 7-8 ton.
5. Tekanan dipertahankan selama beberapa menit.
6. Sampel diambil dari cetakan, lalu ditempatkan pada *sample pan*.
7. *Sample pan* dimasukkan ke dalam mesin FTIR untuk mulai diuji dan dianalisis.

III.7 Pengujian Mekanis

Pengujian mekanis dari sampel yang dihasilkan dilakukan dengan menggunakan mesin *Universal Testing Machine (UTM) Ibertest* yang terdapat pada laboratorium polimer Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta. Pengujian mekanis dilaksanakan menggunakan standar ASTM D638-02a dan spesimen uji tipe IV, adapun prosedurnya sebagai berikut:

1. Spesimen uji dipastikan terlebih dahulu memiliki dimensi sesuai standar dan telah melalui *conditioning*.
2. Neraca digital dihidupkan dengan menyambungkan kabel ke sumber listrik.
3. Dimensi spesimen uji diukur menggunakan penggaris dan jangka sorong serta massanya ditimbang masing-masing menggunakan neraca digital.
4. Kabel power mesin UTM disambungkan, kompresor dinyalakan, kemudian kenop diputar untuk mengatur tekanan pada nilai 5 bar.
5. Tombol *power on* pada mesin UTM ditekan, lalu tombol *emergency stop* diputar ke arah kanan.
6. Komputer dihidupkan dengan menekan tombol *power*. Kemudian *software WinTest32* dibuka. Dimensi spesimen dimasukkan pada *window* yang sesuai.
7. Jarak antar grip (sebelum proses penarikan spesimen uji) diukur menggunakan jangka sorong.
8. *Grip* penjepit atas dan bawah pada mesin UTM dibuka.
9. Spesimen diletakkan di bagian penjepit. Posisi spesimen diperiksa kembali agar berada ditengah-tengah dan lurus. Kemudian bagian atas dan bawah dari spesimen dijepit.

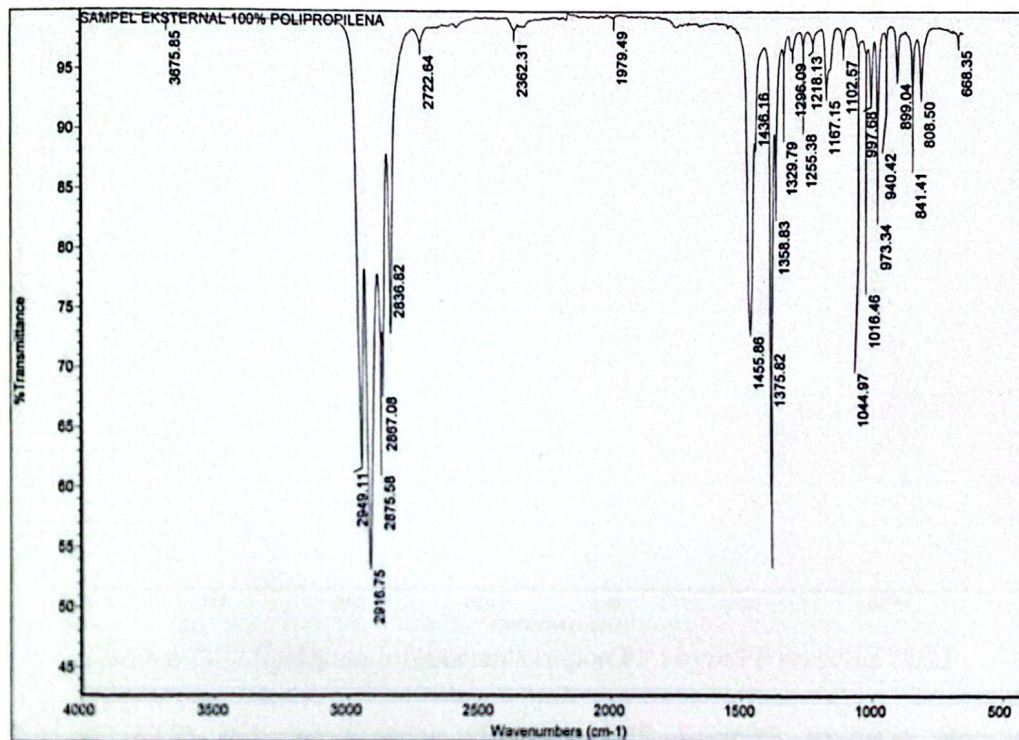
10. Ikon dengan gambar spesimen di menu bar diklik untuk memulai penarikan spesimen.
11. Setelah penarikan selesai, *grip* penjepit atas dan bawah dilepaskan untuk mengeluarkan spesimen. Jarak antar *grip* serta dimensi spesimen diukur setelah dilakukan penarikan. Nilai-nilai yang sudah diperoleh dimasukkan pada *window pop-up* yang muncul.
12. Ikon dengan gambar laci diklik untuk menyimpan data-data sifat mekanis. Menu *Graph* diklik, lalu *Print* untuk menyimpan grafik dalam bentuk PDF.
13. Data-data sifat mekanis meliputi kekuatan tarik, elongasi, dan modulus elastisitas dicatat.
14. Langkah-langkah yang sama dilakukan untuk spesimen berikutnya yang belum diuji pada mesin UTM.
15. Jika semua spesimen telah diuji, komputer dimatikan dengan cara *shutdown* pada layar monitor dan tombol *off* pada mesin UTM ditekan.

Bab IV Hasil dan Pembahasan

IV.1 Hasil Pengujian FTIR (*Fourier Transfer Infra Red*)

Pengujian FTIR yang dilakukan adalah dengan analisis kualitatif. Analisis kualitatif FTIR dilakukan dengan tujuan mengetahui keberadaan senyawa organik berdasarkan gugus fungsi dan sidik jari yang terbentuk dari absorpsi sinar inframerah pada sampel PP *virgin*/PP *recycled* (vPP/rPP).

IV.1.1 Hasil Pengujian Kompon PP *Virgin*/PP *Recycled* (vPP/rPP) 100/0

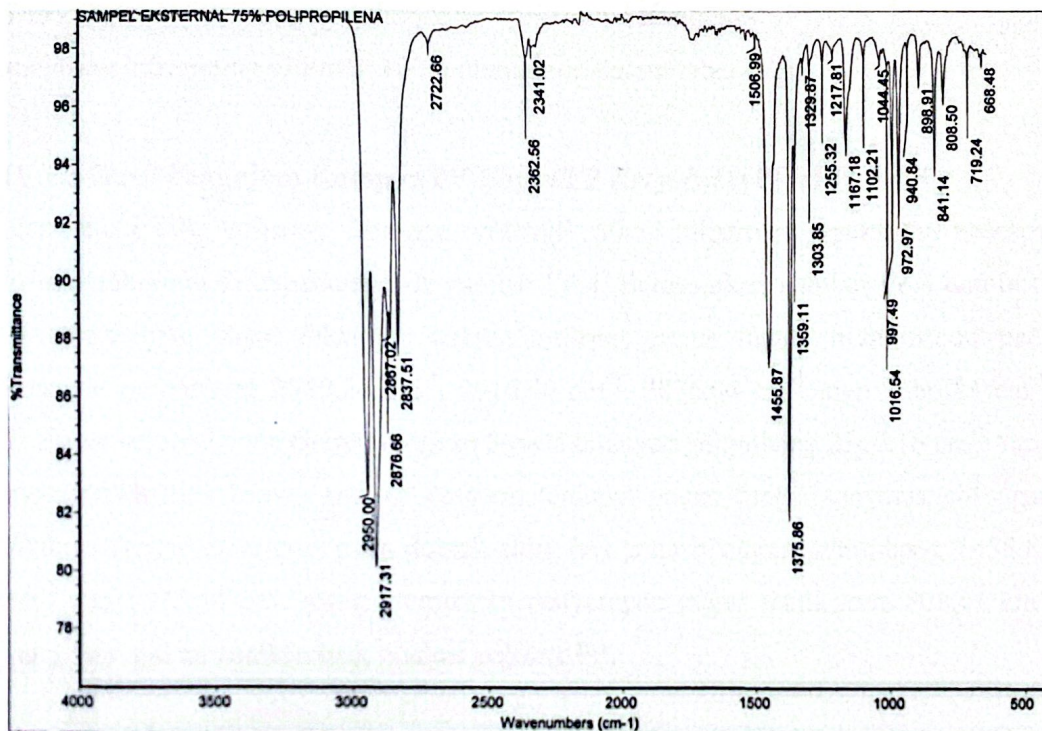


Gambar IV.1 Spektrum inframerah kompon PP *virgin*/PP *recycled* 100/0

Dari uji FTIR terhadap kompon vPP/rPP 100/0 diperoleh spektrum absorpsi inframerah yang ditunjukkan pada gambar IV.1. Berdasarkan gambar IV.1 dan hasil interpretasinya, dapat diketahui bahwa terdapat gugus fungsi hidrokarbon (C-H) yang ditandai adanya serapan pada bilangan gelombang 2949,11 cm⁻¹, 2916,75 cm⁻¹, 2875,58 cm⁻¹, dan 2867,08 cm⁻¹ (Pavia dkk., 2009). Terdapat serapan pada daerah

rangkap 3 ($C\equiv C$) pada bilangan gelombang $2362,31\text{ cm}^{-1}$ yang mengindikasikan bahwa pada sampel kompon terdapat gugus fungsi senyawa golongan alkuna. Terdapat serapan pada daerah sidik jari pada bilangan gelombang $1455,86\text{ cm}^{-1}$ dan $1375,82\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan penyerapan gugus metil ($-CH_3$) (Pavia dkk., 2009) serta $808,50\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan karakteristik puncak polimer PP (Jung dkk., 2017).

IV.1.2 Hasil Pengujian Kompon PP *Virgin/PP Recycled (vPP/rPP) 75/25*



Gambar IV.2 Spektrum inframerah kompon PP *virgin/PP recycled 75/25*

Dari uji FTIR terhadap kompon vPP/rPP 75/25 diperoleh spektrum absorpsi inframerah yang ditunjukkan pada gambar IV.2. Berdasarkan gambar IV.2 dan hasil interpretasinya, dapat diketahui bahwa terdapat gugus fungsi hidrokarbon pada bilangan gelombang $2950,00\text{ cm}^{-1}$, $2918,31\text{ cm}^{-1}$, $2876,66\text{ cm}^{-1}$, dan $2867,02\text{ cm}^{-1}$. Terdapat serapan pada daerah rangkap tiga pada bilangan gelombang $2362,56\text{ cm}^{-1}$ yang mengindikasikan bahwa pada sampel kompon terdapat gugus fungsi senyawa golongan alkuna. Terdapat serapan pada daerah sidik jari pada bilangan gelombang $1455,86\text{ cm}^{-1}$ dan $1375,82\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan penyerapan gugus metil (Pavia dkk.,

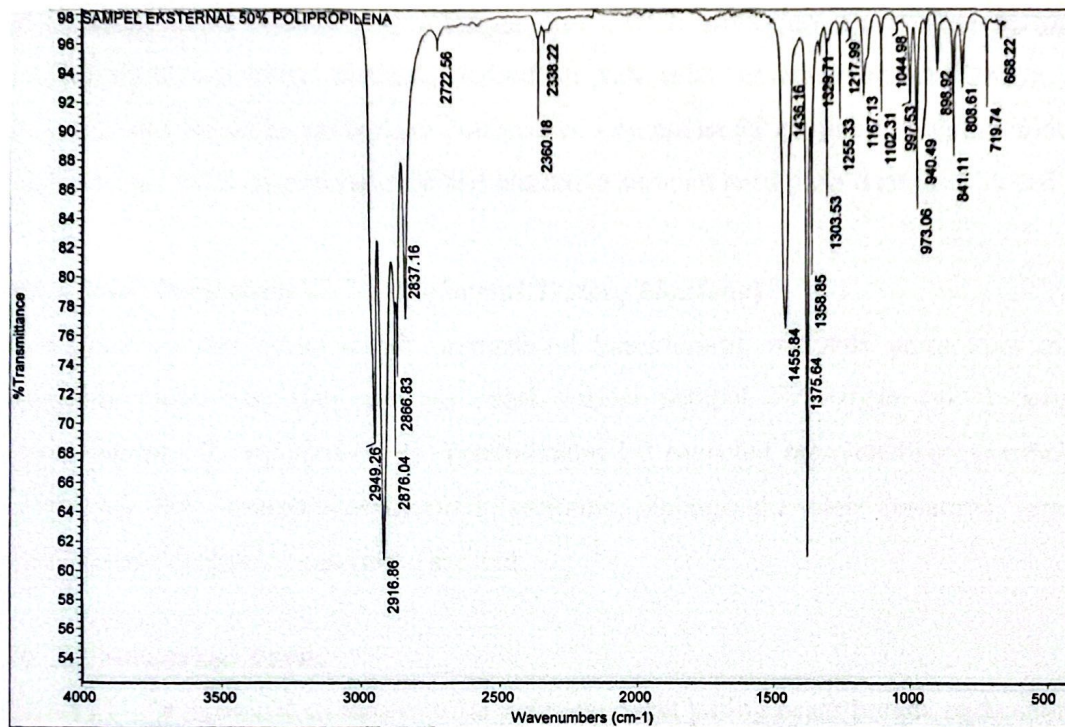
2009) serta $808,50\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan karakteristik puncak polimer PP (Jung dkk., 2017).

Berdasarkan perbandingan spektrum inframerah vPP/rPP 100/0 dengan spektrum inframerah vPP/rPP 75/25 terdapat perbedaan dimana bilangan gelombang $719,24\text{ cm}^{-1}$ terbentuk pada spektrum vPP/rPP 75/25 yang dapat diperkirakan bahwa sampel tersebut memiliki karakteristik puncak polimer polietilena (PE) (Jung dkk., 2017). Tabel kemiripan bilangan gelombang spektrum inframerah vPP/rPP 75/25 dengan spektrum inframerah vPP/rPP 100/0 dirangkum dalam tabel IV.1.

IV.1.3 Hasil Pengujian Kompon PP *Virgin/PP Recycled* (vPP/rPP) 50/50

Dari uji FTIR terhadap kompon vPP/rPP 50/50 diperoleh spektrum absorpsi inframerah yang ditunjukkan pada gambar IV.4. Berdasarkan gambar IV.4 dan hasil interpretasinya, dapat diketahui bahwa terdapat gugus fungsi hidrokarbon pada bilangan gelombang $2949,26\text{ cm}^{-1}$, $2916,86\text{ cm}^{-1}$, $2876,04\text{ cm}^{-1}$, dan $2866,83\text{ cm}^{-1}$. Terdapat serapan pada daerah rangkap 3 pada bilangan gelombang $2360,16\text{ cm}^{-1}$ yang mengindikasikan bahwa sampel kompon terdapat gugus fungsi senyawa golongan alkuna. Terdapat serapan pada daerah sidik jari pada bilangan gelombang $1455,84\text{ cm}^{-1}$ dan $1375,64\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan penyerapan gugus metil serta $808,61\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan karakteristik puncak polimer PP.

Berdasarkan perbandingan spektrum inframerah kompon vPP/rPP 100/0 dengan spektrum inframerah kompon vPP/rPP 50/50 terdapat perbedaan dimana bilangan gelombang $719,74\text{ cm}^{-1}$ terbentuk pada spektrum vPP/rPP 50/50 yang dapat diperkirakan bahwa sampel tersebut memiliki gugus fungsi polietilen (PE). Tabel kemiripan bilangan gelombang spektrum inframerah kompon vPP/rPP 50/50 dengan spektrum inframerah kompon vPP/rPP 100/0 dirangkum dalam tabel IV.1.



Gambar IV.4 Spektrum inframerah PP kompon *virgin*/PP *recycled* 50/50

Tabel IV.1 Bilangan gelombang hasil pengujian FTIR sampel

Sampel Kompon	Bilangan gelombang (cm ⁻¹)					Kemiripan
	1	2	3	4	5	
vPP/rPP 100/0	2949,11	1455,86	1375,82	973,34	-	PP
vPP/rPP 75/25	2950,00	1455,87	1375,86	972,97	719,24	PP dan PE
vPP/rPP 50/50	2949,26	1455,84	1375,64	973,06	719,74	PP dan PE
PP <i>recycled</i> *	-	1461,9	1377,1	972,1	719,5	PP dan PE

*Sumber : Jun dan Juwono 2010

Hasil pengujian FTIR variasi kompon vPP/rPP menunjukkan bahwa spektrum inframerah yang terbentuk antara variasi kompon vPP/rPP yang satu dengan yang lainnya tidak memiliki perbedaan yang signifikan, yaitu pada kompon vPP/rPP 75/25 dan kompon vPP/rPP 50/50 terdapat PE sedangkan pada kompon vPP/rPP 100/0 tidak ada. Seluruh spektrum inframerah yang dihasilkan menunjukkan serapan

gelombang pada daerah gugus fungsi dan daerah sidik jari merupakan senyawa polipropilena dan hanya terdapat perbedaan pada nilai persentase transmisinya, hal tersebut menunjukkan perbedaan konsentrasi komposisi PP *recycled* yang terkandung pada sampel akan mempengaruhi terbentuknya serapan baru pada daerah sidik jari.

IV.2 Hasil Pengujian UTM (*Universal Testing Machine*)

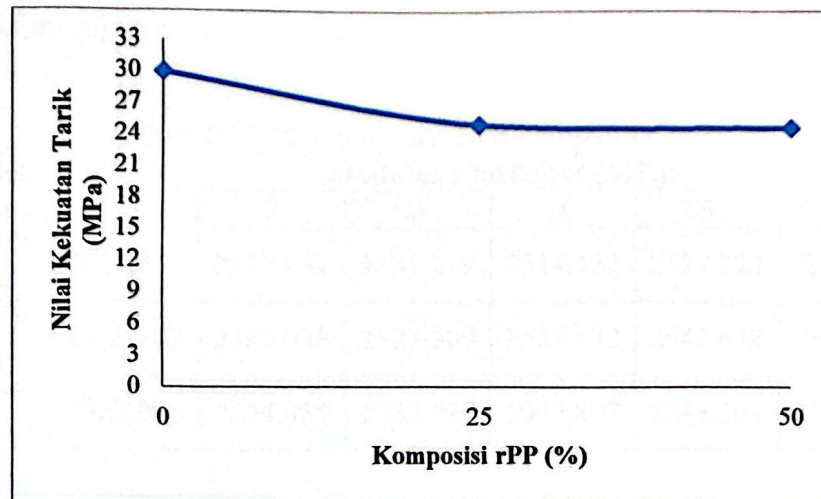
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik mekanis yaitu kuat tarik, modulus elastisitas, dan elongasi dari variasi sampel PP *virgin* (vPP) dengan penambahan PP *recycled* (rPP). Penambahan PP *recycled* menyebabkan perubahan sifat dari PP, karena karakteristik mekanis dipengaruhi oleh besarnya jumlah komponen-komponen penyusun sampel.

IV.2.1 Kekuatan Tarik

Tabel IV.2 menunjukkan bahwa nilai kekuatan tarik paling besar berada pada sampel kompon vPP/rPP 100/0 atau kompon PP *virgin* dengan penambahan PP *recycled* sebanyak 0% yaitu sebesar 29,876 MPa. Sampel kompon vPP/rPP 75/25 mengalami penurunan nilai kekuatan tarik yaitu sebesar 24,756 MPa dan nilai kekuatan tarik paling rendah terdapat pada sampel kompon vPP/rPP 50/50 yaitu sebesar 24,478 MPa. Besarnya nilai kekuatan tarik dipengaruhi oleh banyaknya penambahan PP *recycled*, semakin banyak komposisi PP *recycled* yang ditambahkan maka nilai kekuatan tariknya semakin menurun.

Tabel IV.2 Kekuatan tarik kompon vPP/rPP

Sampel Kompon	Kekuatan Tarik (MPa)					
	1	2	3	4	5	Rata-Rata
vPP/rPP 100/0	29,373	30,265	29,855	30,286	29,600	29,876
vPP/rPP 75/25	25,216	24,482	24,913	24,632	24,535	24,756
vPP/rPP 50/50	23,307	23,869	23,437	27,149	24,630	24,478



Gambar IV.5 Kekuatan tarik kompon vPP/rPP

Berdasarkan tabel IV.2 dan gambar IV.5 dapat diinterpretasikan bahwa nilai kekuatan tarik PP *recycled* berada di bawah nilai kekuatan tarik PP *virgin*. Hasil tersebut selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Ismariny (2007) yakni dengan penambahan *talc* sebagai *filler* dan elastomer pada kompon PP akan mempengaruhi kekuatan mekanisnya dan menyebabkan nilai kekuatan tarik dari kompon semakin menurun. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Khademi dkk (2016) menunjukkan bahwa penambahan PP *recycled* sebagai *filler* sedikit meningkatkan kekuatan tarik dari kompon PP *virgin*.

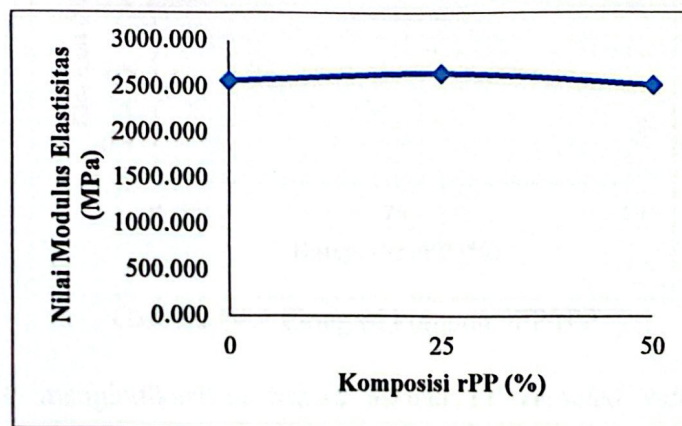
IV.2.2 Modulus Elastisitas

Tabel IV.3 menunjukkan bahwa nilai modulus elastisitas paling besar berada pada sampel kompon vPP/rPP 75/25 yaitu sebesar 2655,043 MPa. Sampel kompon vPP/rPP 100/0 memiliki nilai modulus elastisitas yaitu sebesar 2560,078 MPa dan nilai kekuatan tarik paling rendah terdapat pada sampel kompon vPP/rPP 50/50 yaitu sebesar 2515,277 MPa. Gambar IV.6 mengindikasikan bahwa jumlah PP *recycled* yang ditambahkan mempengaruhi nilai modulus elastisitas dari PP *virgin*, yakni pada penambahan PP *recycled* sebanyak 25% dari berat total memperoleh nilai modulus elastisitas yang tinggi dan ketika ditambahkan lagi menjadi 50% dari berat total akan

menyebabkan nilainya menurun dan lebih rendah dibanding modulus elastisitas PP *virgin*.

Tabel IV.3 Modulus elastisitas kompon vPP/rPP

Sampel Kompon	Modulus Elastisitas (MPa)					Rata-Rata
	1	2	3	4	5	
vPP/rPP 100/0	2615,239	2612,481	2531,215	2514,132	2527,323	2560,078
vPP/rPP 75/25	2832,287	2685,038	2627,309	2587,932	2542,648	2655,043
vPP/rPP 50/50	2523,006	2724,489	2537,718	2047,807	2743,367	2515,277



Gambar IV.6 Modulus elastisitas kompon vPP/rPP

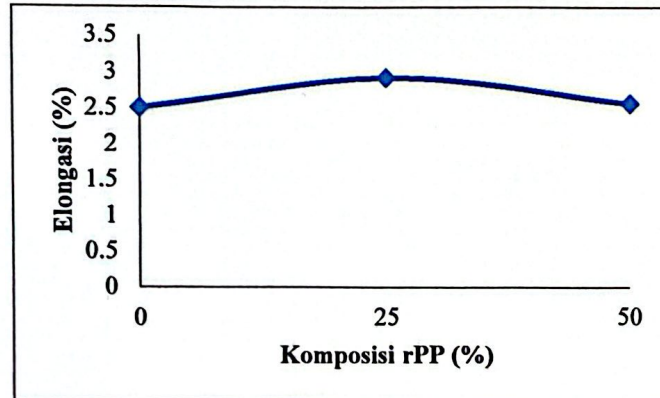
Berdasarkan hasil interpretasi tabel IV.3 dan gambar IV.8 bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara PP *virgin* sebelum ditambahkan PP *recycled* dengan yang sudah ditambahkan PP *recycled*. Hasil tersebut selaras dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Khademi dkk (2016) yakni penambahan PP *recycled* tidak menyebabkan perubahan yang signifikan pada modulus elastisitas dari kompon PP.

IV.2.3 Elongasi

Tabel IV.4 menunjukkan bahwa nilai elongasi paling besar berada pada sampel kompon vPP/rPP 75/25 yaitu sebesar 2,921%. Sampel kompon vPP/rPP 50/50 memiliki nilai modulus elastisitas yaitu sebesar 2,558% dan nilai elongasi paling rendah terdapat pada sampel kompon vPP/rPP 100/0 yaitu sebesar 2,498%.

Tabel IV.4 Elongasi kompon vPP/rPP

Sampel Kompon	Elongasi (%)					Rata-Rata
	1	2	3	4	5	
vPP/rPP 100/0	2,3109	2,0627	2,8154	3,3143	1,9848	2,498
vPP/rPP 75/25	3,3076	3,3867	0,8564	3,2010	3,8550	2,921
vPP/rPP 50/50	3,5035	2,3292	1,7974	1,8577	3,3025	2,558



Gambar IV.7 Elongasi kompon vPP/rPP

Gambar IV.10 mengindikasikan bahwa jumlah PP *recycled* yang ditambahkan mempengaruhi nilai elongasi dari PP *virgin*, yakni pada penambahan PP *recycled* sebanyak 25% dari berat total memperoleh nilai elongasi yang paling tinggi dan ketika ditambahkan lagi menjadi 50% dari berat total akan menyebabkan nilainya menurun namun masih lebih baik dari nilai elongasi PP *virgin*.

Berdasarkan hasil interpretasi tabel IV.4 dan gambar IV.10 bahwa penambahan PP *recycled* tidak menyebabkan perubahan yang signifikan pada elongasi dari kompon PP sebelum ditambahkan PP *recycled* dengan yang sudah ditambahkan PP *recycled*. Hasil tersebut selaras dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Khademi dkk (2016) yang menunjukkan bahwa penambahan PP *recycled* pada PP *virgin* tidak menyebabkan perubahan berarti pada elongasi dari kompon. Sedangkan hasil penelitian Ismariny (2007) menunjukkan bahwa elongasi dari kompon PP mengalami

peningkatan yang signifikan dikarenakan adanya penambahan elastomer sebagai aditif.

Bab V Penutup

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan analisis data hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Karakteristik gugus fungsi yang dapat diketahui dari sampel kompon vPP/rPP 100/0 hanya terdapat polipropilena yang mana bilangan gelombangnya tidak berbeda jauh dengan sampel kompon vPP/rPP 75/25 dan kompon vPP/rPP 50/50. Namun pada sampel kompon vPP/rPP 75/25 dan kompon vPP/rPP 50/50 terdapat karakteristik puncak polimer polipropilena dan polietilena. Karakteristik puncak polietilena dibawa oleh bahan PP *recycled* yang kemungkinan besar adalah kopolimer PP-PE.
2. Penambahan PP *recycled* pada PP *virgin*:
 - a. Menurunkan kekuatan tarik dari sampel kompon yang nilai kekuatan tarik tertinggi dimiliki oleh sampel vPP/rPP 100/0 sebesar 29,876 MPa.
 - b. Tidak menyebabkan modulus elastisitas dari sampel kompon mengalami perubahan yang signifikan yang nilai modulus elastisitas tertinggi dimiliki oleh sampel vPP/rPP 75/25 sebesar 2560,078 MPa.
 - c. Tidak menyebabkan elongasi dari sampel kompon mengalami perubahan yang signifikan yang nilai elongasi tertinggi dimiliki oleh sampel vPP/rPP 75/25 sebesar 2,921%.

V.2 Saran

Berdasarkan penelitian dan analisis data hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Diperlukan peralatan untuk menghomogenisasikan material agar hasil pembuatan sampel yang didapatkan baik dan hasil pengujian yang diperoleh akurat.
2. Diperlukan granul yang tidak memiliki rongga udara serta metode untuk memvakum udara ketika pelet ditebar di pelat agar menghasilkan pelat plastik yang sempurna tanpa terdapat gelembung udara.

3. Diperlukan karakterisasi awal berupa pengujian DSC, FTIR, dan sifat mekanis dari bahan PP *recycled* sebelum digunakan pada penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrisanti, D. W. (2010): *Kualitas kimia dan organoleptik nugget daging kelinci dengan penambahan tepung tempe*, Skripsi Program Sarjana, Universitas Sebelas Maret, Hal. 14.
- Aji, Z. R. (2008): *Studi pengaruh kondisi pengujian tarik pada film plastik BOPP (Biaxial Oriented Polypropylene)*, Skripsi Progran Sarjana, Universitas Indonesia, Hal. 5.
- Akbar, F., Anita, Z., dan Harahap, H. (2013): Pengaruh waktu simpan film plastik biodegradasi dari pati kulit singkong terhadap sifat mekanikalnya, *Jurnal Teknik Kimia USU*, Medan.
- Arizal, R. (2007): *Bahan kimia kompon karet*, Departemen Perdagangan, Jakarta.
- Arlofa, N. dan Herutomo, H. (2017): Perbandingan analisis gugus ataktik pada polimer polipropilena dengan metode gravimetri dan Fourier Transform Infra Red (FTIR), *Jurnal Senasset Universitas Serang Raya*, Banten.
- Budiman, H. (2016): Analisis pengujian tarik (tensile test) pada baja ST37 dengan alat bantu ukur load cell, *Jurnal J-Ensitac Vol. 3 No.1*, Majalengka.
- Ferraro, J. dan Krishnan, K. (1990): *Practical fourier transform infrared spectroscopy: industrial and laboratory chemical analysis*. Academic Press, San Diego.
- Fessenden, R. J. dan Fessenden, J S. Alih Bahasa: Aloysius Hadyana Pudjaatmaka. (1986): *kimia organik jilid 1 edisi ketiga*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Fornel, F. de (2000): *Evanescence waves-from newtonian optics to atomic optics*, Springer-Verlag, Berlin.
- Gilbert, M. (2017): *Brydson's plastics materials eighth edition*, Elsevier, United States, Hal. 280 – 302.
- Ginting, E. M. (2016): Sifat mekanis nano komposit termoplastik hdpe dengan beberapa bahan pengisi, *Universitas Negeri Medan*, Medan.
- Gunawan, R., Daud, S., dan Yenie, E. (2017): Pengaruh suhu dan variasi rasio plastik jenis polypropylene dan plastik polystyrene terhadap yield dengan proses pirolisis, *Jurnal Online Mahasiswa*, Riau.
- Hieronimus. (2010): *Makalah material teknik tentang polimer*, Universitas Gunadarma, Jakarta.
- Hs, S. dan Surip, H. (1991): Pengaruh waktu pencetakan kompon polipropilene untuk acuan sepatu, *Jurnal Kementerian RI*, Vol. 6 No. 10-11.
- Ismariny. (2007): Analisa pengaruh penambahan filler anorganik dan zat tambahan pada polipaduan polipropilena untuk material otomotif, *Akta Kimindo* Vol. 2 No. 2.
- Jun, B. J. H. dan Juwono, A. L. (2010): Studi perbandingan sifat mekanis polypropylene murni dan daur ulang, *Makara : Seri SAINS*, Vol. 14 No. 1.
- Jung, M. R., Horgen, F. D., Orski, S. V., Rodriguez, V. C., Beers, K. L., Balazs, G. H., Jones, T. T., Work, T. M., Brignac, K. C., Royer, S. J., Hyrenback, K. D., Jensen, B. A., Lynch, J. M. (2017): Validation of ATR FT-IR to identify polymers of plastic marine debris, including those ingested by marine organisms, *Elsevier Marine Pollution Bulletin*, United States.

- Karian, H. G. (2003): Handbook of polypropylene and polypropylene composites second edition, *Rhetech, Inc*, U.S.A.
- Khademi, F., Ma, Y., Ayranci, C., Choi, K., dan Duke, K. (2016): Effects of recycling on the mechanical behavior of polypropylene at room temperature through statistical analysis method, *Wiley Online Library*, Canada.
- Kumar S., Panda, A. K., dan Singh, R. K. (2011): A review on tertiary recycling of high-density polyethylene to fuel, *Elsevier*.
- Maddah, H. A. (2016): Polypropylene as a promising plastic: a review, *American Journal of Polymer Science 2016*, United States.
- Maier, C. dan Calafut, T. (1998): Polypropylene, the definitive user's guide and databook, *Plastics Design Library*, Norwich.
- Yusoff, S. M. M., Rohani, J. M., Harun, W., Hamid, W., Ramly, E. (2004): A plastic injection molding process characterisation using experimental design technique: a case study, *Jurnal Teknologi*, Vol 41(A).
- Mujiarto, I. (2015): Sifat dan karakteristik material plastik dan bahan aditif, *Jurnal Traksi*, Vol. 3 No. 2.
- Noverliana, N. (2014): *Sintesis keramik silika dari bahan bambu dengan teknik sol-gel dan karakterisasi pada suhu kalsinasi 500°C-700°C*, Skripsi Program Sarjana, Universitas Lampung.
- Pavia, D. L., Gary, M. L., George, S. K., dan James, R. V. (2009): Introduction to Spectroscopy, (4th ed.), *Cengage Learning*, Washington.
- Rahmawati, A. dan Rizana, R. (2013): Pengaruh penggunaan limbah plastik polipropilena sebagai pengganti agregat pada campuran laston terhadap karakteristik marshall (105m), *Jurnal Semesta Teknik*, Vol. 18 No. 2.
- Rochani, S. (1984): Penelitian pengaruh plasticizer dop terhadap sifat fisis slab kompon PVC untuk acuan sepatu, *Jurnal Kementerian RI*. Vol. 1 No. 2.
- Rosato, D. V., Rosato, D. V., dan Rosato, M. G. (2000): Injection molding handbook third edition, *Springer Science & Business Media*, New York, Hal. 2.
- Sinaga, P. B. (2015): *Pembuatan dan karakterisasi polimer matriks komposit berbasis lateks pekat-silika sekam padi*, Skripsi Program Sarjana, Universitas Sumatera Utara.
- Setiabudi, A., Hardian, R., Muzakir, A. (2012): Karakterisasi material: prinsip dan aplikasinya dalam penelitian kimia, *Universitas Pendidikan Indonesia*, Bandung.
- Suarsa, I W. (2016): Analisis gugus fungsi pada bensin dengan spektrofotometri infra merah, *Universitas Udayana*, Bali.
- Supraptiningsih. (1997): Pemanfaatan minarex sebagai secondary plasticizer untuk pembuatan kompon sepatu boot PVC. *Jurnal Kementerian Perindustrian RI*. Vol. XII No. 23.
- Thompson, T. J. U., Gauthier, M., Islam, M. (2009): The application of a new method of fourier transform infrared spectroscopy to the analysis of burned bone. *Elsevier*.

Daftar Pustaka dari Surat Kabar:

Bumi dalam kantong plastik. (September 2019). *Media Keuangan*, hal. 5.

Daftar Pustaka dari Internet:

Tresno, S. (2013): Injection moulding (material injection unit parameter, qc dan deffect), diperoleh melalui situs internet: https://www.academia.edu/16854421/Injection_MOULDING_MATERIAL_I_NJECTION_UNIT_PARAMETER_QC_DAN_DEFFECT . Diunduh pada tanggal 27 September 2020.

LAMPIRAN

LAMPIRAN A Surat Tugas Dosen Pembimbing 1



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 : 198/BPSDM/STMI/PP/IV/2020
Lampiran : 1 (satu)
Hal : Penugasan Proses Bimbingan Tugas Akhir
Tahun Akademik 2019/2020

Jakarta, 12 Februari 2020

Yth. Ibu Fitria Ika Aryanti, S.T., M. Eng
Di Jakarta

Berdasarkan Keputusan Direktur Politeknik STMI Jakarta Nomor 01/BPSDM/STMI/PP/KEP/I/2020 tanggal 02 Januari 2020 tentang pengangkatan Dosen Pembimbing dan Assisten 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 : Nasron Zubaidih
No. Induk : 1516016

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

* Karakteristik Gugus Fungsi dan Mekanik pada Kompon Polipropilena Virgin dengan Variasi Penambahan Polipropilena Recycle. *

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



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



LAMPIRAN B Surat Tugas Dosen Pembimbing 2



BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA INDUSTRI

POLITEKNIK STMI JAKARTA

Jl. Letjen Suprapto No. 26 Cempaka Putih, Jakarta 10510

Telp: (021) 42886064 Fax: (021) 42888206

Nomor : 109/BPSDM/STMI/II/2020
Lampiran : 1 (satu)
Perihal : Asistensi Bimbingan Tugas Akhir
Tahun Akademik 2019/2020

Jakarta, 12 Februari 2020

Yth. Ibu Ella Melyna, ST, MT
Di Jakarta


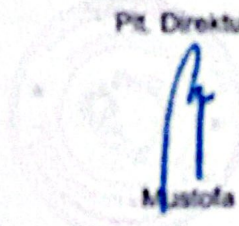
Berdasarkan Surat Keputusan Direktur Politeknik STMI Jakarta No: 01/BPSDM/STMI/PP/KEP/I/2020 tanggal 02 Januari 2020 tentang pengangkatan Dosen Pembimbing dan Asisten Dosen Pembimbing Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta, Tahun Akademik 2019/2020, maka dengan ini kami mengharap bantuan Ibu untuk dapat memberikan bimbingan dalam penulisan / penyusunan Tugas Akhir kepada mahasiswa yang namanya tersebut di bawah ini:

Nama : Nasron Zubaidih
No. Induk : 1516016

Adapun judul Tugas Akhir mahasiswa tersebut adalah:

* Karakteristik Gugus Fungsi dan Mekanik pada Kompon Polipropilena Virgin dengan Variasi Penambahan Polipropilena Recycle. *

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

Pt. Direktur 

Mustofa

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



LAMPIRAN B Surat Tugas Dosen Pembimbing 2



BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA INDUSTRI **POLITEKNIK STMI JAKARTA**

Jl. Leljen Suprpto No. 26 Cempaka Putih, Jakarta 10510
Telp: (021) 42886064 Fax: (021) 42888206

Nomor : 138/BPSDMVSTMI/2020
Lampiran : 1 (satu)
Perihal : Asistensi Bimbingan Tugas Akhir
Tahun Akademik 2019/2020

Jakarta, 12 Februari 2020

Yth. Ibu Ella Melyna, ST, MT
Di Jakarta

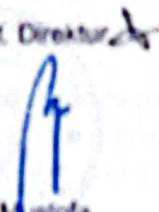
Berdasarkan Surat Keputusan Direktur Politeknik STMI Jakarta No: 01/BPSDMVSTMI/PP/KEP/2020 tanggal 02 Januari 2020 tentang pengangkatan Dosen Pembimbing dan Asisten Dosen Pembimbing Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta, Tahun Akademik 2019/2020, maka dengan ini kami mengharap bantuan Ibu untuk dapat memberikan bimbingan dalam penulisan / penyusunan Tugas Akhir kepada mahasiswa yang namanya tersebut di bawah ini:

Nama : Nasron Zubaidh
No. Induk : 1516016

Adapun judul Tugas Akhir mahasiswa tersebut adalah:

* Karakteristik Gugus Fungsi dan Mekanik pada Kompon Polipropilena Virgin dengan Variasi Penambahan Polipropilena Recycle. *

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

Pt. Direktur 
Mustofa

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



LAMPIRAN C Lembar Bimbingan Tugas Akhir

No.	Tanggal	Pertemuan Ke-	Bimbingan
1.	20-01-2020	I	Diskusi membahas rencana penelitian (dengan Bu Fitria Ika Aryanti, S.T., M.Eng.)
2.	21-01-2020	II	Diskusi mengenai studi literatur yang sudah didapatkan dan membahas proposal penelitian serta rencana pemilihan bahan baku berupa PP <i>recycle</i> (dengan Bu Ella Melyna, S.T., M.T.)
3.	27-01-2020	III	Membahas hasil rangkuman studi literatur tentang polipropilena, plastik <i>recycle</i> , <i>injection molding</i> , dan kompon plastik serta membahas progres proposal (dengan Bu Fitria Ika Aryanti, S.T., M.Eng.)
4.	28-01-2020	IV	<ul style="list-style-type: none"> - Format penulisan pada halaman pengesahan, daftar gambar, daftar isi, dan daftar tabel belum sesuai pedoman. - Pada bab 1, format penulisan belum sesuai pedoman dan penggunaan kata kurang tepat. - Pada bab 2, penggunaan ejaan yang salah dan format penulisan pada sub judul dan isi tidak sesuai pedoman. - Pada bab 3, format penulisan tidak sesuai pedoman, penggunaan kalimat dan ejaan kurang sesuai, pada prosedur kerja perlu dibuat poin per poin serta dibuat <i>flow chart</i>. - Penulisan daftar pustaka tidak sesuai pedoman. (dengan Bu Ella Melyna, S.T., M.T.)
5.	29-01-2020	V	<ul style="list-style-type: none"> - Pada bagian abstrak, penggunaan kata yang kurang sesuai. - Pada bab 1, masih terdapat pemborosan kalimat dan penggunaan kata-kata yang salah. - Pada bab 2, format penulisan kurang sesuai dan penggunaan kata-kata yang salah. - Pada bab 3, format penulisan kurang sesuai dan penggunaan kalimat yang salah. - Penulisan daftar pustaka tidak sesuai pedoman. (dengan Bu Ella Melyna, S.T., M.T.)
6.	27-04-2020	VI	<ul style="list-style-type: none"> - Pembuatan presentasi penelitian, penulisan tempat dan periode penelitian pada bagian pembuka kurang sesuai. - Pada bagian pembahasan tidak perlu dituliskan

No.	Tanggal	Pertemuan Ke-	Bimbingan
			'bab', seharusnya langsung saja nama babnya. Misal 'Pendahuluan', tidak perlu seperti 'Bab 1 Pendahuluan'. - Penulisan latar belakang dan daftar pustaka kurang sesuai. (dengan Bu Fitria Ika Aryanti, S.T., M.Eng.)
7.	04-05-2020	VII	- Latihan presentasi penelitian. - Penggunaan kata pada presentasi masih ada yang kurang sesuai. - Penulisan nama bab kurang tepat. - Prosedur yang digambarkan masih kurang tepat. (dengan Bu Fitria Ika Aryanti, S.T., M.Eng.)
8.	27-05-2020	VIII	- Pada bab 1 laporan penelitian, isi dari latar belakang masih kurang tepat dan tidak sesuai pedoman. - Pada bab 3, judul nama bab salah dan penulisan alat dan bahan yang kurang lengkap. (dengan Bu Fitria Ika Aryanti, S.T., M.Eng.)
9.	10-06-2020	IX	- Pada bagian abstrak, penggunaan kata yang kurang tepat. - Pada bab 1, bagian latar belakang tidak memenuhi pedoman, bagian manfaat penelitian dituliskan menjadi 3 bagian. - Pada bab 2, teori tentang kekuatan mekanis dan karakteristik gugus fungsi dari polipropilena masih kurang. (dengan Bu Ella Melyna, S.T., M.T.)
10.	07-08-2020	X	- Pada bab 1, bagian latar belakang terdapat kalimat yang tidak sesuai serta paragraf yang tidak saling berhubungan. - Pada bab 2, teori yang terlalu panjang sehingga perlu diringkas. - Pada bab 3, ukuran tabel tidak sesuai dengan ukuran kertas, format penulisan yang tidak sesuai pedoman serta penghapusan bagian jadwal pelaksanaan. (dengan Bu Ella Melyna, S.T., M.T.)
11.	10-09-2020	XI	- Pada bab 1, bagian latar belakang penulisannya masih kurang tepat. - Pada bab 3, masih terdapat kesalahan penulisan

No.	Tanggal	Pertemuan Ke-	Bimbingan
			<p>kata-kata dan format penulisan prosedur yang kurang tepat.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pada bab 4, masih terdapat penulisan yang seharusnya dicantumkan sumber referensinya. - Pada bab 5, terdapat kesalahan dalam penggunaan kata. (dengan Bu Ella Melyna, S.T., M.T.)
12.	11-09-2020	XII	<ul style="list-style-type: none"> - Pada bab 1, bagian manfaat penelitian penomoran yang digunakan kurang sesuai. - Pada bab 2, terdapat kesalahan format penulisan penomoran. - Pada bab 3, format penulisan yang digunakan tidak sesuai pedoman. - Pada bab 4, masih ada kekurangan dalam penulisan sumber referensi. (dengan Bu Ella Melyna, S.T., M.T.)
13.	14-09-2020	XIII	<ul style="list-style-type: none"> - Latihan presentasi penelitian. - Penulisan ukuran <i>font</i> pada presentasi kurang sesuai. - Penulisan alat-alat yang kurang lengkap. - Penulisan kesimpulan yang terlalu panjang sehingga perlu diringkas. - Penambahan dan perubahan pada bagian saran. - Daftar singkatan pada laporan penelitian belum dituliskan. (dengan Bu Fitria Ika Aryanti, S.T., M.Eng. dan Bu Ella Melyna, S.T., M.T.)