

**LAPORAN PENELITIAN  
BANTUAN PENELITIAN DOSEN  
POLITEKNIK ATK YOGYAKARTA  
TAHUN ANGGARAN 2018**



**KARAKTERISASI MATERIAL PRODUK PLASTIK DAUR  
ULANG BERBAHAN DASAR *POLYVINYL CHLORIDE* (PVC)**

**TIM PENELITI**

**Fitrilia Silvianti  
Dwi Jayanti  
Wikan Berliana Dewi**

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PENGOLAHAN KARET DAN PLASTIK  
POLITEKNIK ATK YOGYAKARTA  
PUSAT PENDIDIKAN DAN PELATIHAN INDUSTRI  
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN  
2018**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan inayah-Nya. Sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal tentang “Karakterisasi material produk plastik daur ulang berbahan dasar *Polyvinyl Chloride* (PVC)” yang diajukan kepada UPPM Politeknik ATK Yogyakarta.

Kami menyampaikan terima kasih kepada Direktur Politeknik ATK Yogyakarta atas dukungan dan pengarahannya sehingga penelitian ini dapat terwujud. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Unit Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (UPPM) yang menaungi kegiatan penelitian di Politeknik ATK Yogyakarta serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Terlepas dari semua itu, penulis menyadari sepenuhnya bahwa masih ada kekurangan dalam Laporan ini. Oleh karena itu, penulis menerima saran dan kritik yang diperlukan agar dapat memperbaiki laporan ini menjadi lebih baik. Penulis berharap semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat maupun inspirasi untuk pembaca.

Yogyakarta, November 2018

Tim Penyusun

## ABSTRAK

Daur ulang merupakan proses pengolahan kembali barang-barang yang dianggap sudah tidak mempunyai nilai ekonomis melalui proses fisik atau kimiawi maupun keduanya. Sehingga diperoleh produk yang dapat dimanfaatkan atau diperjualbelikan lagi. Fungsi bahan daur ulang yang diinginkan diantaranya untuk mengurangi biaya produksi dan meningkatkan sifat mekanik dari polimer. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakterisasi material produk plastik daur ulang berbahan matriks *Polyvinyl Chloride* (PVC), dengan tiga variasi bahan daur ulang produk PVC. Pada penelitian ini dilakukan karakterisasi untuk mengetahui gugus aktif dengan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) pada 6 sampel bahan yaitu (a) PVC Murni; (b) selang spiral; (c) selang air; (d) mika; (e) bahan yang diduga bermatriks Polipropilen (PP) dan (f) bahan yang diduga bermatriks Polietilen tereftalat (PET). Hasil karakterisasi menunjukkan bahan dengan kode (b), (c), (d), (e), dan (f) mengandung bahan *Diocetyl Phthalate* (DOP) sebagai *plasticizer*, ditandai dengan adanya ikatan C-O dan C=O yang merupakan ciri khas dari senyawa DOP. Sedangkan hasil karakterisasi dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) menunjukkan morfologi Produk 1 yang menggunakan PVC murni 99,9% memiliki tekstur yang teratur dan rata, yang berbeda jika dibandingkan dengan produk 2, produk 3, dan produk 4 yang menggunakan bahan daur ulang. Morfologi pada produk daur ulang tidak teratur yang dimungkinkan karena kandungan *plasticizer* yang menyebabkan bahan lebih fleksibel (tidak *rigid*).

Kata kunci: Polivinil Klorida (PVC), daur ulang, plastik

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
KATA PENGANTAR .....	ii
ABSTRAK .....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan dan Manfaat Penelitian .....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
BAB III. METODE PENELITIAN.....	10
3.1. Bahan dan Alat Penelitian.....	10
3.2. Uraian cara pendekatan masalah.....	10
3.3. Rancangan Analisis.....	10
3.4. Formulasi penelitian.....	11
3.5. Metode pembuatan produk daur ulang.....	11
3.6. Pengambilan Daur Ulang Plastik .....	13
BAB IV. PEMBAHASAN.....	14
KESIMPULAN .....	23
DAFTAR PUSTAKA .....	24
LAMPIRAN.....	27

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Peningkatan limbah plastik di Indonesia merupakan permasalahan yang serius jika tidak segera diatasi. Sampah tersebut berpotensi mencemari lingkungan, karena sifatnya yang sulit terurai atau terdegradasi. Salah satu solusi yang dapat diterapkan dalam pengolahan limbah tersebut yaitu dengan mendaur ulang plastik menjadi produk yang bermanfaat. Kegiatan utama dalam industri ini berupa proses pembuatan aksesoris sepatu dengan menggunakan bahan daur ulang plastik. Bahan baku daur ulang yang digunakan adalah daur ulang plastik *Polyvinyl Chloride* (PVC).

Menurut Novrizal Tahar selaku Direktur Pengelolaan Sampah Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, dalam kurun waktu 2002-2016, terjadi peningkatan komposisi sampah plastik dari 11 persen menjadi 16 persen (Tashandra, 2018). Kemudian berdasarkan data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan menyebutkan total jumlah sampah Indonesia di 2019 akan mencapai 68 juta ton, dan sampah plastik diperkirakan akan mencapai 9,52 juta ton (Purwaningrum, 2016) dan menurut hasil penelitian Jeena Jambeck dkk. (2015), diketahui bahwa Indonesia berada di peringkat kedua dunia penghasil sampah plastik ke laut yang mencapai sebesar 187,2 juta ton. Berdasarkan data yang disampaikan dari berbagai sumber tersebut, plastik merupakan sampah yang cukup mendominasi di Indonesia, oleh karena itu perlu dilakukan upaya yang cukup untuk menjadi solusi salah satunya dengan melakukan daur ulang produk plastik.

PVC merupakan salah satu produk plastik yang banyak dibutuhkan dan diproduksi di industri (Hassanuddin, 2008). PVC dibandingkan dengan *Polyethylene* (PE) maupun *Polystyrene* (PS) memiliki sifat termal rendah dengan kemudahan proses yang relatif mudah, PVC merupakan polimer dengan stabilitas termal rendah sehingga mudah terdegradasi (Saedi dkk.,

2011). Pencampuran PVC dengan *plasticizer* berakibat pada penurunan sifat kuat tarik dan berat jenis tetapi meningkatkan kemuluran. Sedangkan penambahan bahan pengisi kedalam PVC dapat meningkatkan kuat tarik, akan tetapi menurunkan kemuluran (Unar dkk., 2010).

Proses pembuatan produk daur ulang PVC dimulai dengan pemilihan sampah. Pemilihan sampah dilakukan untuk memisahkan bahan yang sejenis seperti produk plastik jenis PVC, pemilihan sampah juga harus teliti karena dapat berpengaruh pada kualitas produk, apabila tidak teliti dapat mengakibatkan terkontaminasinya bahan lain. Proses berikutnya adalah penggilingan (*crusher*) dari produk plastik menjadi ukuran yang lebih kecil. Setelah proses tersebut, selanjutnya proses pembuatan produk dengan menggunakan mesin *injection molding*. Bahan PVC dimasukkan kedalam *hopper* dan masuk kedalam silinder injeksi yang kemudian didorong melalui *nozle* dan *sprue bushing* kedalam rongga (*cavity*) dari *modal* yang sudah tertutup. Setelah beberapa saat didinginkan, *modal* akan dibuka dan benda jadi akan dikeluarkan dengan *ejector*. Material yang sangat sesuai adalah material termoplastik yang bila dilakukan pemanasan akan melunak dan sebaliknya akan mengeras lagi bila didinginkan.

Bahan daur ulang dari produk PVC banyak digunakan untuk mendukung bahan utama pada beberapa produk plastik karena dapat menekan biaya produksi meskipun terkadang masih terdapat produk *reject* yang mungkin disebabkan dari kontaminasi bahan polimer lain (selain PVC). Oleh karena itu, perlu dilakukan karakterisasi terkait dengan kandungan bahan daur ulang PVC yang telah dilakukan di beberapa perusahaan produk plastik daur ulang, yang kemudian dapat dijadikan sebagai referensi pembandingan dengan produk plastik yang menggunakan bahan PVC baru (bukan daur ulang).

## **B. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui karakterisasi material produk plastik daur ulang berbahan matriks *Polyvinyl chloride* (PVC) dengan menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mengetahui karakter morfologi dan susunan gugus fungsinya.
2. Mengetahui dan menganalisis pengaruh komposisi bahan produk daur ulang PVC yang ditambahkan dan pengaturan suhu saat proses pembuatan produk.

## **C. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari *penelitian ini* adalah:

1. Memberikan informasi mengenai karakter material berbahan daur ulang PVC bagi masyarakat luas terutama di kalangan akademis, peneliti serta industri
2. Sebagai bahan kajian alternatif ekonomis dalam rangka mengurangi sampah plastik di lingkungan dan penggunaan bahan baku PVC murni.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Daur ulang merupakan proses pengolahan kembali barang-barang yang dianggap sudah tidak mempunyai nilai ekonomis melalui proses fisik maupun kimiawi atau kedua-duanya sehingga diperoleh produk yang dapat dimanfaatkan atau diperjualbelikan lagi. Daur ulang (*recycle*) sampah plastik dapat dibedakan menjadi empat cara yaitu daur ulang primer, daur ulang sekunder, daur ulang tersier dan daur ulang kuarter. Daur ulang primer adalah daur ulang limbah plastik menjadi produk yang memiliki kualitas yang hampir setara dengan produk aslinya. Daur ulang dengan cara ini dapat dilakukan pada sampah plastik yang bersih, tidak terkontaminasi dengan material lain dan terdiri dari satu jenis plastik saja. Selanjutnya, daur ulang sekunder merupakan daur ulang yang menghasilkan produk sejenis dengan produk aslinya tetapi dengan kualitas dibawahnya. Sedangkan, daur ulang tersier adalah daur ulang sampah plastik menjadi bahan kimia atau menjadi bahan bakar. Kemudian yang terakhir adalah daur ulang kuarter yang merupakan proses untuk mendapatkan energi yang terkandung di dalam sampah plastik menurut Kumar dkk. dalam Surono (2014).

Pengetahuan sifat termal dari berbagai jenis plastik sangat penting dalam proses pembuatan dan daur ulang plastik. Sifat-sifat thermal yang penting adalah titik lebur ( $T_m$ ), temperatur transisi ( $T_g$ ) dan temperatur dekomposisi. Temperatur transisi adalah temperatur saat plastik mengalami perengganan struktur sehingga terjadi perubahan dari kondisi kaku menjadi lebih fleksibel. Pada suhu di atas titik leburnya plastik mengalami pembesaran volum sehingga molekul bergerak lebih bebas yang ditandai dengan peningkatan kelenturannya. Temperatur lebur adalah temperatur dimana plastik mulai melunak dan berubah menjadi cair. Temperatur dekomposisi merupakan batasan dari proses pencairan. Jika suhu dinaikkan di atas temperatur lebur, plastik akan mudah mengalir dan struktur akan mengalami dekomposisi. Dekomposisi terjadi karena energi termal melampaui energi yang mengikat rantai molekul. Secara umum polimer akan mengalami dekomposisi pada suhu di atas 1,5 kali dari temperatur transisinya (Budiyantoro, 2010).



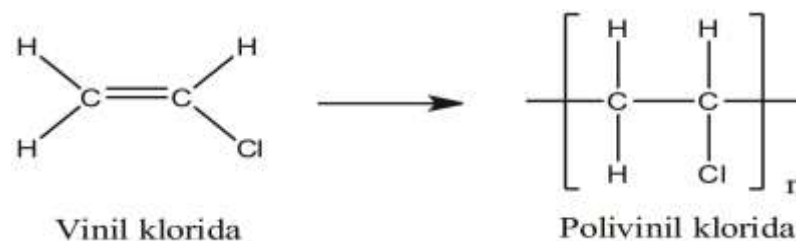
Data sifat termal yang penting pada proses daur ulang plastik bisa dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 2.1.** Data Temperatur Transisi dan Temperatur Lebur Plastik

Jenis Bahan	T <sub>m</sub> (°C)	T <sub>g</sub> (°C)	Temperatur kerja Maks
PP	168	5	80
HDPE	134	-110	82
LDPE	330	-115	260
PA	260	50	100
PET	250	70	100
ABS		110	85
PS		90	70
PMMA		100	85
PC		150	246
PVC		90	71

(Sumber : Budiyanoro, 2010)

*Polyvinyl chloride* (PVC) termasuk dalam jenis plastik yang dapat dicetak ulang jika dipanaskan (*thermoplastic*). Sehingga pembuatan produk berbahan matriks PVC dapat dilakukan dengan berbagai metode, yaitu menggunakan proses *calendering*, *injection molding*, ekstruksi, dan *blow molding*. Polimer PVC termasuk resin *vinyl*, didapatkan dari reaksi polimerisasi adisi radikal bebas. *1,2-dichloroethane* terbentuk dari monomer *Vinyl Chloride* yang bereaksi dengan gas *ethylene* dan *chlorine* (Harper, 1999). Struktur molekul PVC hampir mirip dengan *Poly Ethilene* (PE) yang membedakan adalah atom H dalam PVC yang berikatan dengan atom Cl sedangkan pada *Poly Ethilene* atom H berikatan dengan atom karbon. *Polyvinyl chloride* adalah hasil pengulangan ikatan polimer *Vinyl chloride*, dengan stuktur ikatan kimia seperti gambar 2.1 :

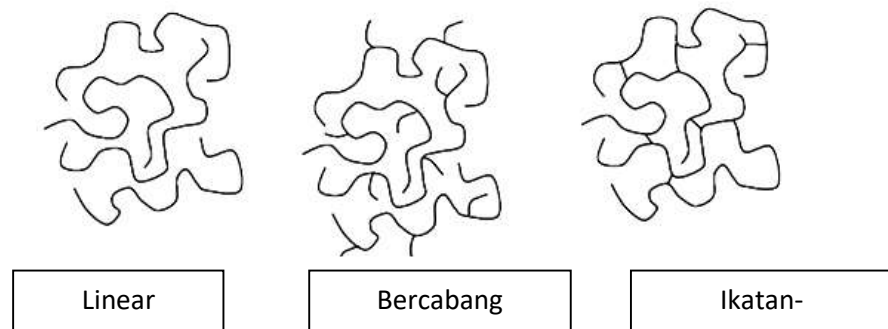


**Gambar 2.1.** Struktur Ikatan Kimia Polivinil Klorida

### Karakteristik *Polyvinyl Chloride* (PVC)

PVC dapat berbentuk padatan (*granule*) maupun serbuk berwarna putih dan memiliki *range* berat molekul antara 100.000 sampai 200.000 gr/mol (Harper, 1999). PVC sangat stabil karena polimer berbentuk padatan yang keras sehingga sangat sulit bereaksi terhadap oksidator. Ciri khas yang menonjol dari jenis plastik lain yaitu kuat dan kaku, tetapi sekarang terdapat PVC yang bersifat lunak dengan struktur kimia sama, hanya ditambahkan bahan *plasticizer*.

Pada dasarnya plastik dapat dibedakan menjadi dua, yaitu *thermoplastic* dan *thermoset*. Perbedaan ini terdapat pada ikatannya.



**Gambar 2.2.** Perbedaan ikatan yang ada pada polimer.

*Thermoplastic* adalah polimer yang tidak memiliki ikatan silang antar molekul. Material *thermoplastic* dapat ditemukan dalam struktur linear atau bercabang. Sebuah material *thermoplastic* yang mengalami proses pemanasan, akan menjadi cairan yang sangat kental yang dapat dibentuk dengan menggunakan peralatan pengolahan plastik. Tidak peduli berapa kali pun proses tersebut diulang, *thermoplastic* akan selalu melunak bila dipanaskan dan mengeras jika didinginkan. Terdapat 22 jenis plastik yang termasuk dalam kategori ini. Sedangkan *thermoset* memiliki sifat yang sebaliknya. *Thermoset* memiliki ikatan silang antar molekul yang kuat dan apabila dipanaskan akan mengalami perubahan kimia sehingga bentuknya tidak dapat kembali. Dalam kondisi mentah umumnya *thermoset* berbentuk tepung atau cair. Karena sifatnya yang mudah didaur ulang, maka

*thermoplastic* akan lebih tepat untuk dikembangkan sebagai produk daur ulang, khususnya PVC pada aksesoris sepatu. Selain itu, material produk PVC tidak menjadi sampah ketika produk daur ulang PVC tersebut dihancurkan atau ingin mengganti material lain, tetapi dapat didaur ulang menjadi produk yang lebih bermanfaat.

**Tabel 2.2. Perbandingan Antar Polimer Thermoplastik**

Material	Heat deflection temperature @1,82 Mpa, °C	Tensile Strength Mpa	Tensile Modulus Gpa	Impact Strength J/m	Density g/cm <sup>3</sup>	Diclectric strength MV/m	Diclectric constant @ 60 Hz
ABS	99	41	2,3	347	1,18	15,7	3,0
CA	68	37,6	1,26	210	1,30	16,7	5,5
PETE		17,1	0,38	173	2,2	17,7	2,1
PCTFE		50,9	1,3	187	2,12	22,2	2,6
PB	102	25,9	0,18		0,91		2,25
PMB	-	23,6	1,10	128	0,83	27,6	
PI	-	42,7	3,7	320	1,43	12,2	4,1
PP	102	35,8	1,6	43	0,90	25,6	2,2
PS	93	45,1	3,1	59	1,05	19,7	2,5
PVC-rigid	68	44,4	2,75	181	1,4	34,0	3,4
PVC-fleksibel		9,6		293	1,4	25,6	5,5
POM	136	69	3,2	133	1,42	19,7	3,7
PMMA	92	72,4	3	21	1,19	19,7	3,7
Poharylate	155	68	2,1	288	1,19	15,2	3,1
LCP	311	110	11	101	1,70	20,1	4,6
Nylon 6	65	81,4	2,76	59	1,13	16,5	3,8
Nylon 6/6	90	82,7	2,83	53	1,15	23,6	4,0
PBT	54	52	2,3	53	1,31	15,7	3,3
PC	129	69	2,3	694	1,20	15	3,2

PEEK	160	93,8	3,5	59	1,32		
PET	210	105	3	53	1,27	28	3,2
PES	203	84,1	2,6	75	1,37	16,1	3,5
PET	224	159	8,96	101	1,56	21,3	3,6
PPS	260	138	11,7	69	1,67	17,7	3,1
PSU	174	73,8	2,5	64	1,24	16,7	3,5

(Sumber : Felixon,2011)

Dapat dilihat dari **Tabel 2.3.** bahwa PVC Rigid dan Fleksibel memiliki nilai *impact strength* yang cukup besar dibanding PET dan PP.

a. Aplikasi PVC kaku atau rigid

Aplikasi pada PVC kaku pada bidang yang membutuhkan kekakuan dan kekerasan tinggi. Berikut produk PVC kaku pada setiap bidang:

- 1) Bidang Bangunan atau Kontruksi : *frame* jendela, *frame* pintu, pipa air, lembaran atap, dan genteng.
- 2) Bidang *Electrical Engineering* : pipa insulin, kap telepon rumah, stop kontak.
- 3) Bidang *Machanical Engineering* : pipa sambungan, pipa bertekanan
- 4) Bidang *Packaging* : *casing* pulpen, botol oli.

b. Aplikasi PVC lunak atau fleksibel

Sifat mekanik PVC jenis ini penambahan plasticizer tergantung pada tipe dan kuantitas yang ditambahkan. Aplikasi PVC lunak meliputi:

- 1) Bidang Bangunan atau Kontruksi : *coating* atau pelapis lantai, perekat jendela dan pintu.
- 2) Bidang *Electrical Engineering* : kabel insulin, soket, kepala kabel.
- 3) Bidang *Machanical Engineering* : pipa air, komponen komputer dan mobil.

- 4) Bidang Medis atau Kesehatan : kantong darah.
- 5) Bidang Lain-lain : selang, mainan anak, masker penyelam, sepatu boot, alas kaki, jas hujan, jok sepeda, kemasan makanan, botol minum, cover dinding (Stichnothe, 2013).

Pembuatan produk daur ulang harus melihat karakteristik material plastik yang digunakan, agar produk yang dihasilkan tidak mengalami *defect*. *Polyvinyl Chloride (PVC)* memiliki kekuatan tekuk yang bervariasi tergantung dari jenis dan komposisi bahan tambahan yang digunakan (Wiryodiningrat, 2008). *Injection Molding* merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk membuat produk daur ulang PVC. Metode ini dipilih karena sangat sesuai untuk material *thermoplastic*, karena dengan pemanasan PVC dapat lunak. Sebaliknya, akan mengeras lagi bila didinginkan. Perubahan-perubahan ini hanya bersifat fisik, bukan perubahan kimia, artinya proses pelunakan dan pengerasan kembali bisa diulang-ulang setiap saat, sehingga memungkinkan mendaur-ulang material termoplastik sesuai dengan kebutuhan (Amri, 2009).

## **BAB III METODE PENELITIAN**

### **3.1 Alat dan Bahan**

#### **3.1.1. Alat**

Penelitian ini menggunakan beberapa jenis peralatan analisis dan peralatan penunjang. Peralatan analisis yang digunakan adalah spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Peralatan penunjang yang digunakan meliputi mesin *injection molding*, mesin *crusher*, silika alat *mixing*, timbangan dan  *mold*.

#### **3.1.2. Bahan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah bahan daur ulang PVC (selang air, selang spiral dan mika) yang berasal dari limbah produk PVC, polivinilklorida (PVC) murni, dan *zat warna*.

### **3.2 Uraian cara Pendekatan Masalah**

Pendekatan masalah diselesaikan dalam beberapa langkah, yang meliputi

- (1) Pemilihan daur ulang plastik PVC
- (2) Pencacahanan daur ulang plastik PVC
- (3) Pembuatan produk daur ulang PVC dengan mesin *injection molding*.

### **3.3 Rancangan Analisis**

Analisis yang akan dilakukan menggunakan pengujian instrumentasi, yaitu:

#### **3.3.1. Analisis Struktur Kimia dengan FTIR**

Untuk mengetahui struktur kimia dari kulit sintetis dianalisa menggunakan Spektrofotometri *Fourier Transform Infra Red* (FTIR-Frontier, Perkin) pada range 500 – 4000  $\text{cm}^{-1}$  dan resolusi 4  $\text{cm}^{-1}$ . Sampel uji diambil dari bahan daur ulang PVC dan PVC murni.

### 3.3.2. Analisis Morfologi Material

Karakteristik morfologi produk bahan daur ulang PVC di permukaan maupun *cross-section* akan dilakukan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

### 3.4. Formulasi Penelitian

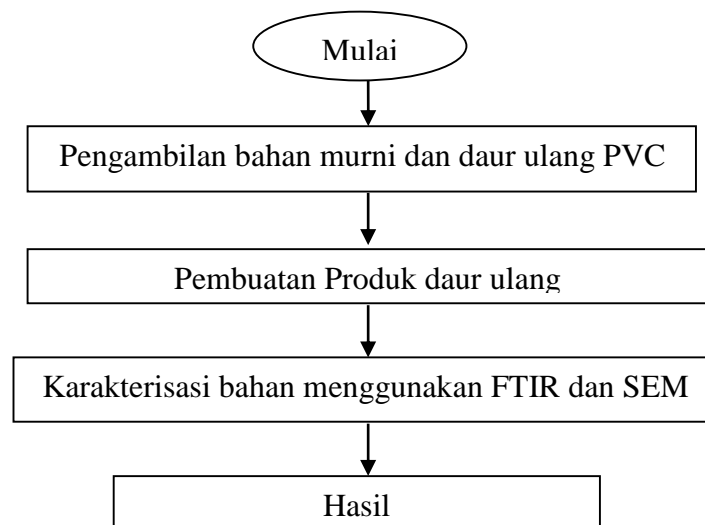
Formulasi yang dikaji disajikan pada Tabel 3.1 sebagai berikut:

**Tabel 3.1. Formulasi produk daur ulang PVC**

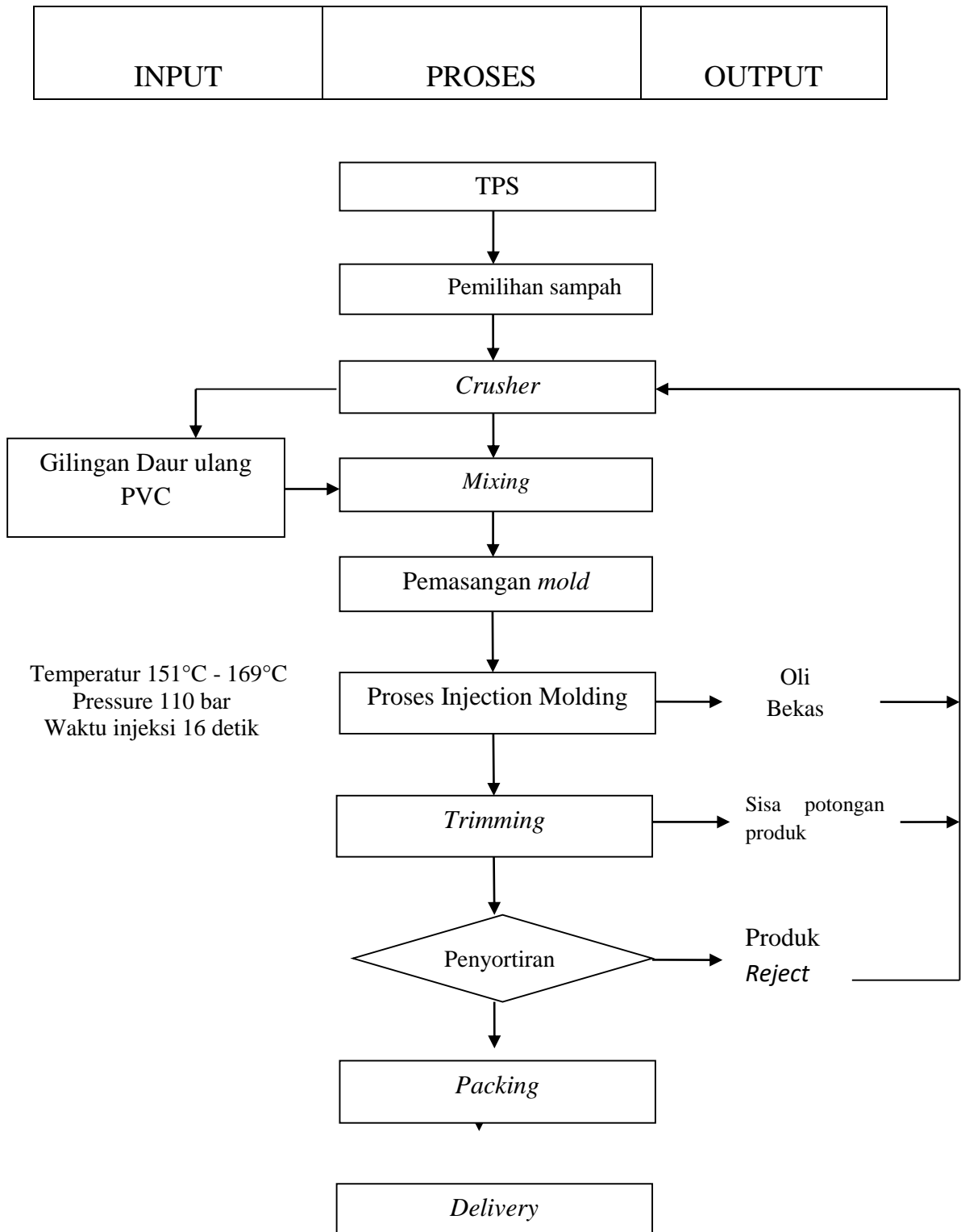
Nama Bahan	Variasi Bahan Daur Ulang (Phr)			
	1	2	3	4
PVC Murni	12,5	0	0	0
Eval	75	100	100	40
Bahan Daur Ulang Selang Air	0	50	50	40
Bahan Daur Ulang Selang Spiral	0	50	50	20
Bahan Daur Ulang Mika	12,5	0	0	0
Pewarna	0,1	15	0	0

### 3.5. Metode Pembuatan Produk Daur Ulang

Peta rencana penelitian di jabarkan pada Gambar 3.1, sedangkan tahapan pembuatan produk meliputi proses pemilihan material sampah, pencacahan hingga proses pembuatan produk daur ulang PVC disajikan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.1. Urutan rencana penelitian



Gambar 3.2. Diagram Alir Proses Pembuatan Produk Daur Ulang PVC (Sumber: CV Nirwana, 2018)



### **3.5.1. Pengambilan daur ulang plastik PVC**

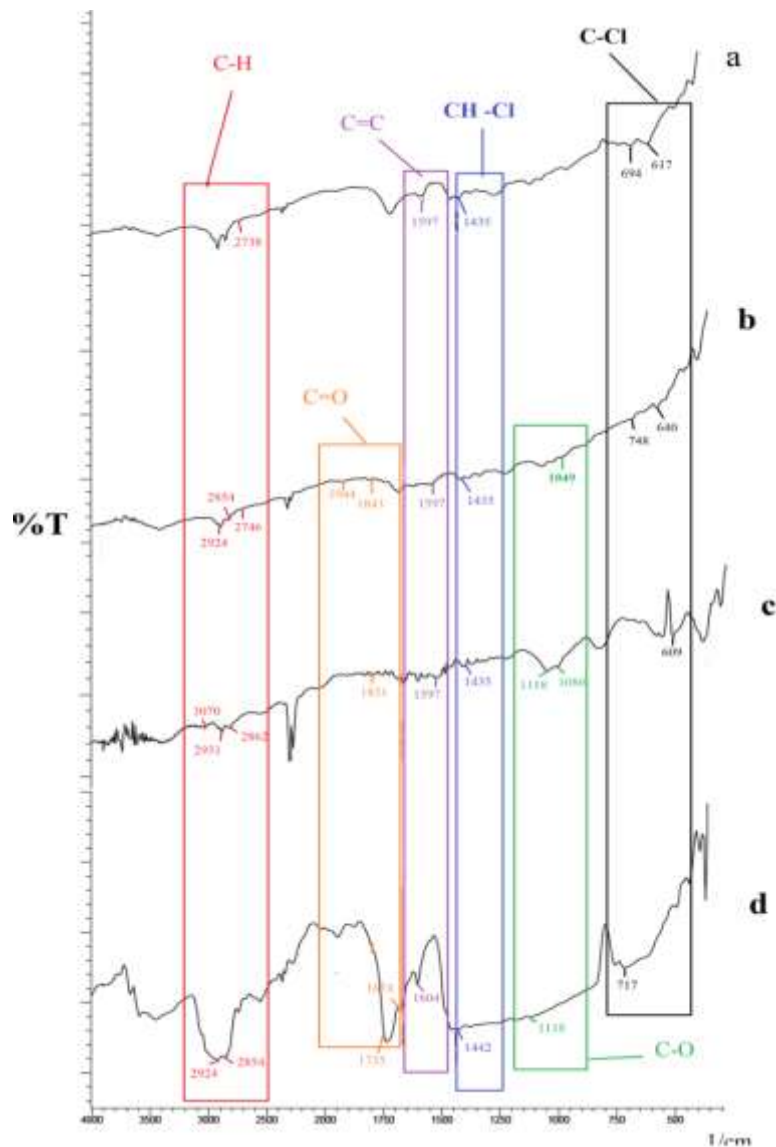
Sampel daur ulang diambil dari PT Sin Chang Cahaya Abadi, Sidoarjo dan CV Nirwana, Jombang Jawa Timur. Survey tempat *Crusher* dan Pemilihan Sampah :

- 1) *Cruser* : Sumobito, Jombang, Jawa Timur
- 2) Pemilihan sampah : Sumobito, Jombang, Jawa Timur

## BAB IV PEMBAHASAN

### 4.1. Analisa *Fourier Transform Infrared Spektrometer* (FTIR)

Analisa gugus fungsi PVC menggunakan spektroskopi FTIR. Spektrum FTIR dari masing-masing sampel disajikan pada gambar 4.1.



Gambar 4.1. Spektrum (a) PVC Murni (b) Selang Air (c) Selang Spiral dan (d) Mika

Dari spektra **(a)** yaitu PVC murni menunjukkan nilai serapan  $617\text{ cm}^{-1}$ ,  $694\text{ cm}^{-1}$  yang merupakan regangan getaran dari gugus C-Cl (Singh dkk., 2016; Suresh dkk., 2016). Serapan Cl juga terjadi pada bilangan gelombang  $1435\text{ cm}^{-1}$  sebagai vibrasi ulur simetri CH-Cl (Bordilau dkk., 2009; Deshmukh dkk., 2013). Vibrasi ulur ikatan C=C terdeteksi pada bilangan gelombang  $1597\text{ cm}^{-1}$ , senyawa ini muncul karena proses liberasi HCl dari PVC selama proses lelehan saat pencampuran (Pospíšil dkk., 1999; Suresh dkk., 2017). Pita serapan daerah bilangan gelombang  $2738\text{ cm}^{-1}$  sebagai vibrasi ulur asimetri  $\text{CH}_2$  dari ikatan C-H.

Kurva **(b)** merupakan sampel selang spiral, ikatan C-Cl muncul pada daerah bilangan gelombang  $640\text{ cm}^{-1}$ ,  $748\text{ cm}^{-1}$  (Singh dkk., 2016; Suresh dkk., 2016). Adanya campuran pada PVC dengan DOP dapat menyebabkan munculnya pita serapan pada bilangan gelombang  $1049\text{ cm}^{-1}$  sebagai vibrasi ulur dari ikatan C-O. Bilangan gelombang  $1597\text{ cm}^{-1}$  menyatakan terserapnya ikatan C=C (Pospíšil dkk., 1999; Suresh dkk., 2017). Kemudian vibrasi ulur C=O muncul pada bilangan gelombang  $1843\text{ cm}^{-1}$  dan  $1944\text{ cm}^{-1}$ . Sedangkan untuk vibrasi ulur asimetri  $\text{CH}_2$  dari ikatan C-H dengan pita serapan  $2746\text{ cm}^{-1}$ ,  $2854\text{ cm}^{-1}$ , dan  $2924\text{ cm}^{-1}$  (Bordilau dkk., 2009).

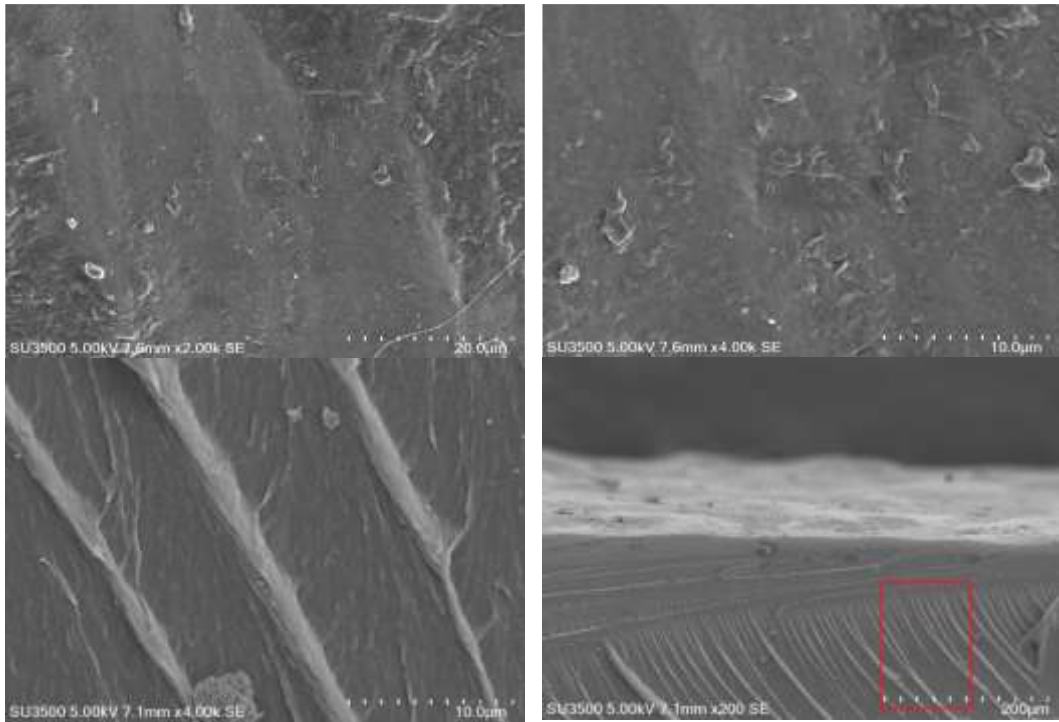
Kurva dari sampel selang air tertera pada huruf **(c)** menunjukkan adanya ikatan C-Cl pada bilangan gelombang  $609\text{ cm}^{-1}$  (Singh dkk., 2016; Suresh dkk., 2016). Serapan ikatan C-O terjadi pada bilangan gelombang  $1080\text{ cm}^{-1}$  dan  $1118\text{ cm}^{-1}$ . Vibrasi ulur ikatan C=C terdeteksi pada bilangan gelombang  $1597\text{ cm}^{-1}$  (Pospíšil dkk., 1999; Suresh dkk., 2017). Pita serapan pada bilangan gelombang  $1851\text{ cm}^{-1}$  sebagai vibrasi ulur C=O (Suresh dkk., 2016). Vibrasi ulur asimetris  $\text{CH}_2$  dari ikatan C-H terdapat didaerah serapan  $2862\text{ cm}^{-1}$ ,  $2931\text{ cm}^{-1}$ , serta  $3070\text{ cm}^{-1}$ .

Sampel mika dengan kode **(d)**, pada kurva menunjukkan serapan  $717\text{ cm}^{-1}$  yang merupakan nilai serapan gugus C-Cl (Singh dkk., 2016; Suresh dkk., 2016). Bilangan gelombang  $1442\text{ cm}^{-1}$  merupakan serapan Cl sebagai vibrasi ulur simetri CH-Cl (Bordilau dkk., 2009; Deshmukh dkk., 2013). Sedangkan bilangan gelombang  $1118\text{ cm}^{-1}$  merupakan vibrasi ulur dari ikatan C-O. Vibrasi ulur ikatan C=C tampak dari bilangan gelombang  $1604\text{ cm}^{-1}$  (Pospíšil dkk., 1999; Suresh dkk., 2017). Pita serapan daerah bilangan gelombang  $1674\text{ cm}^{-1}$  dan  $1735\text{ cm}^{-1}$  sebagai

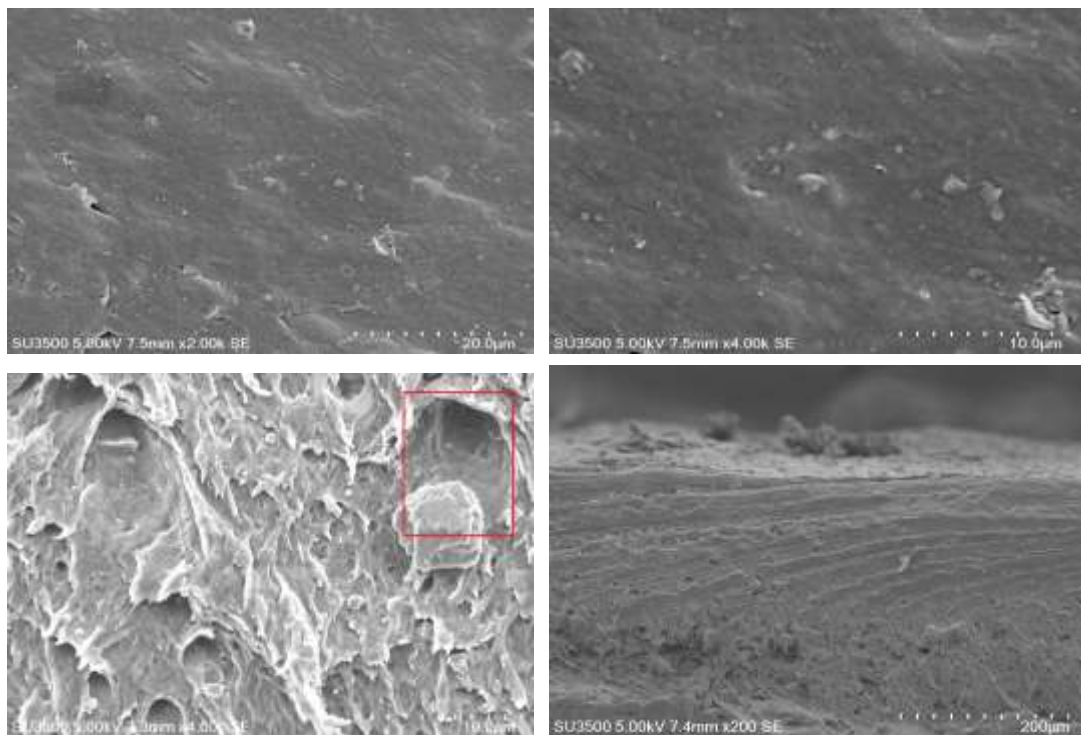
vibrasi ulur C=O (Suresh dkk., 2016). Kemudian vibrasi ulur asimetri CH<sub>2</sub> dari ikatan C-H dengan pita serapan bilangan gelombang 2854 cm<sup>-1</sup> dan 2924 cm<sup>-1</sup>.

#### **4.2. Analisa *Scanning Electron Microscope* (SEM)**

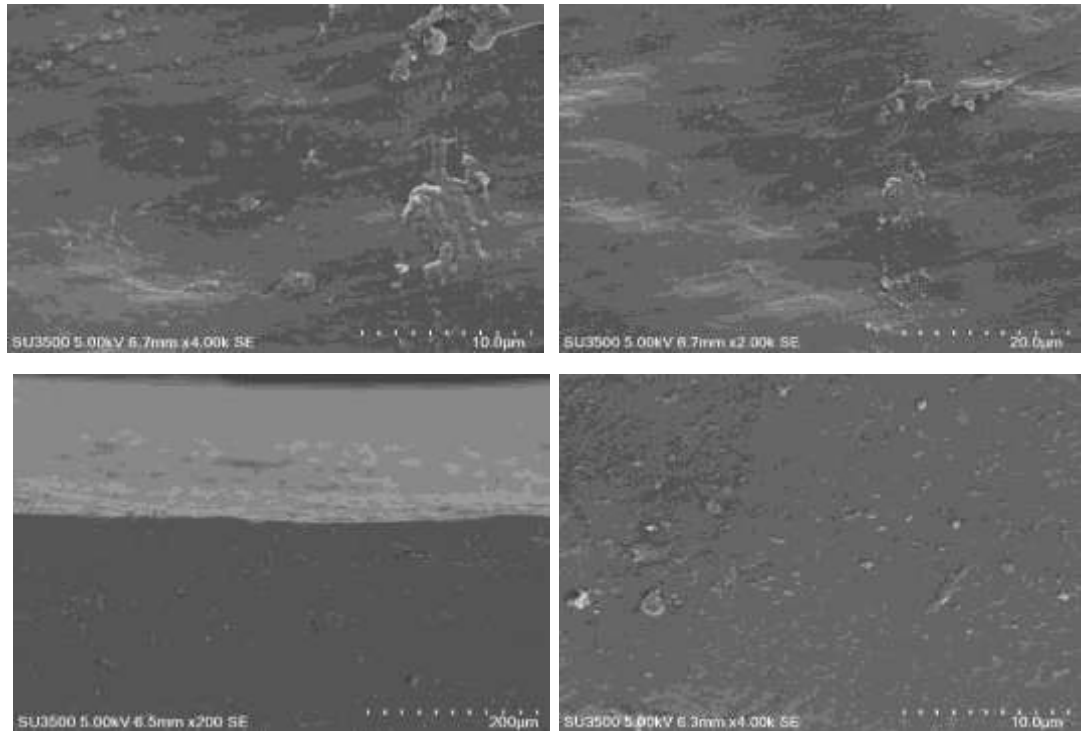
Pada pengujian *Scanning Electron Microscopy* (SEM) digunakan untuk menunjukkan morfologi permukaan dan *cross section* sampel. Pada pengujian SEM menggunakan 400x dan 200x perbesaran dengan voltase 5 kV. Gambar 4.1 menunjukkan morfologi berlapis yang beraturan, hal ini menggambarkan material yang keras sesuai dengan sifat kaku dan kuat yang dimiliki sampel produk 1 yang berbahan PVC murni 99,9%. Sedangkan, Gambar 4.2 menghasilkan morfologi berbentuk abstrak dikarenakan peleburan dari PVC daur ulang yang ditambahkan mengandung bahan pelunak. Berdasarkan mekanisme bahan pelunak saat proses pemanasan molekul berdifusi sehingga menciptakan ruang bebas bagi molekul untuk bergerak, proses ini yang menjadikan sampel produk 2 menggunakan bahan PVC murni dan ditambahkan PVC daur ulang bersifat lunak, dan fleksibel (Timar, dkk., 2004). Gambar 4.3 adalah morfologi dari produk 3 yang dengan menggunakan campuran mika menghasilkan tekstur halus, tajam dan padat. Permukaan yang halus tersebut mengindikasikan bahwa produk PVC *dengan* menggunakan campuran mika tercampur/*blending*. Menurut (Waryat, 2013) bahwa struktur permukaan yang halus mengindikasikan bahan campuran pada produk tersebar secara merata atau *blending*. Sedangkan, produk 4 dengan campuran selang spiral memiliki morfologi bergranula, berongga, kurang padat ditunjukkan pada Gambar 4.4. Menurut (Waryat, 2013) bahwa struktur permukaan yang kurang halus mengindikasikan bahan kurang homogen. Permukaan bergranula diduga adanya *plasticizer* berupa selang spiral yang ditambahkan pada komposisi terlalu banyak (Umam, 2009). Pada gambar 4.2; 4.3 dan 4.4 yang menggunakan bahan daur ulang PVC mengandung bahan *Diocetyl Phthalate* (DOP) ditunjukkan pada hasil pengujian FTIR adanya ikatan C-O dan C=O sebagai senyawa yang khas dari DOP yang ditunjukkan dengan tekstur yang dihasilkan terlihat tidak teratur dan liat.



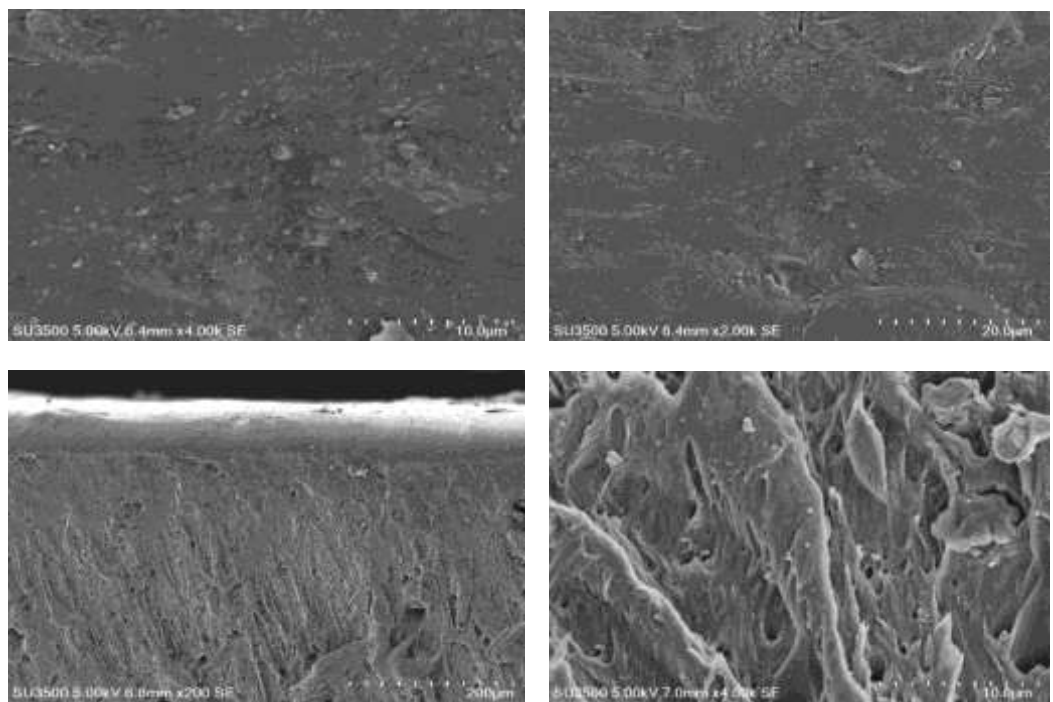
Gambar 4.1. Morfologi Permukaan Dan *Cross Section* Produk PVC murni 99,9%



Gambar 4.2. Morfologi Permukaan Dan *Cross Section* Produk PVC Murni Dan PVC Daur Ulang



Gambar 4.3. Morfologi Permukaan Dan *Cross Section* Produk PVC dengan tambahan Mika



Gambar 4.4. Morfologi Permukaan Dan *Cross Section* Produk PVC Dengan Tambahan Selang Spiral

## **BAB IV KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pada pengujian FTIR spektrum (a, b,c, d) yaitu sampel PVC murni, selang spiral, selang air, dan mika mengandung bahan PVC karena mempunyai gugus fungsi C-Cl. Daur ulang PVC (kurva b, c, dan d) mengandung bahan pelunak *Diocetyl Pthalate* (DOP) karena mempunyai ikatan C-O dan ikatan C=O sebagai ciri khas dari *Diocetyl Pthalate* (DOP).
2. Morfologi produk 1 dengan PVC murni 99,9% memiliki struktur berlapis sehingga sifat kaku, padat dan kuat, morfologi Produk 2 memiliki tekstur tidak beraturan dan bersifat fleksibel karena terdapat bahan pelunak, sedangkan morfologi produk 3 PVC dengan campuran mika bersifat halus, tajam, padat dan morfologi produk ke 4 terlihat bergranula, berongga, kurang padat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amri, A. 2009. Pengaruh pedingan dalam proses *injection molding* Pembuatan Acetabular Cup pada sambungan Hip. Skripsi : Universitas Muhamadiyah Surakarta.
- Budiyantoro, C., 2010. Thermoplastik dalam Industri. Teknika Media. Surakarta.
- Bodirlau, R., Teaca, C. A., Spiridon, I., 2009, *Preparation And Characterization Of Composites Comprising Modified Hardwood And Wood Polymers/Poly (Vinyl Chloride)*, *BioResources*, 4, 1285-1304.
- Chen, J., Liu, Z., Jiang, J., Nie, X., Zhou, Y., Murray, R.E., 2015, *A novel biobased plasticizer of epoxidized cardanol glycidyl ether: synthesis and application in soft poly(vinyl chloride) films*, Paper : RSC Advance.
- Das, S. dan Pande, S., 2007, *Pyrolysis and Catalytic Cracking of Municipal Plastic Waste for Recovery of Gasoline Range Hydrocarbons*, Thesis, Chemical Engineering Department National Institute of Technology Rourkela.
- Deshmukh, K., Khatakes, M., Joshing, G. M., 2013, *Surface Properties Of Graphene Oxide Reinforced Polyvinyl Chloride Nanocomposite*, *J Polym Res.*
- Harper, C. A., 1999, *Modern Plastic Handbook*. McGraw Hill. New York.
- Hasanudin, M.I., 2008, *Kajian Dampak Penggunaan Plastik PVC Terhadap Lingkungan Dan Alternatif Di Indonesia*, Tesis Program Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia, Depok.
- Jambeck, J.R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T.R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., Law, K.L., 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347, 6223
- Kandy, F. 2011. *Penelitian Terhadap Pengembangan Penggunaan Material Plastik (Polikarbonat) Pada Selubung Bangunan*. Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya: Prosiding Seminar Nasional AVoER ke-3. ISBN : 979-587-395-4
- Kristyawan, I.P.A., 2016. *Potensi Minyak Hasil Pirolisis Sampah Plastik di Gedung Geotech*. Jakarta : Pusat Teknologi Lingkungan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. 9(1)
- Kumar S., Panda, A.K., dan Singh, R.K., 2011, *A Review on Tertiary Recycling of High-Density Polyethylene to Fuel*, *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 55 893–910
- Mujiarto, M. 2005. *Sifat Dan Karakteristik Material Plastik Dan Bahan Aditif*. Semarang : AMNI Semarang. 3(2).
- Nakamura, S., Shima, H., 2001. *Flexible hoses*. United Stade Patent. USOO6305428B1.
- Poetramerdeka, 2017, *Prospek dan perkembangan industri plastik indonesia*. Online accessed 13 Agustus 2018. URL: <http://www.poetramerdeka.com/2017/04/prospek-dan-perkembangan-industri.html>








- Pospíšil, J., Horák, Z., Kruliš, Z., Nešpůrek, S., & Kuroda, S. I., 1999. Degradation And Aging Of Polymer Blends I. Thermomechanical And Thermal Degradation. *Polym. Degrad. Stab.* 65(3), 405-414.
- Pratiwi, I.H, Wignjosuebrotto,S., Dewi, D.S ., 2006. *Sistem Pengelolaan Sampah Plastik Terintegrasi Dengan Pendekatan Ergonomi Total Guna Meningkatkan Peran Serta Masyarakat*. Surabaya : Institute Teknologi Surabaya.
- Purwaningrum, P., 2016. Upaya mengurangi timbulan sampah plastik di lingkungan. *Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology.* 8, 2: 141-147
- Rochmadi dan Permono, A., 2015, *Mengenal Polimer Dan Polimerisasi*, Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Saeedi, M., Ghasemi, I., Karrabi, M., 2011. Thermal degradation of poli (vinyl chloride): Effect of nanoclay and low dencity polyethylene content. *Iranian Polymer Journal* 20 : 423-432.
- Sahwan, F.L., Martono, D.H., Wahyono, S., Wisoyo dharmo, L.A., 2005. Sistem Pengolahan Limbah Plastik di Indonesia. *Jurnal Teknik Lingkungan* Halaman 311-318.
- Stichnothe, H., dan Azapagic, A., 2013. Life cycle assesement of recycling PVC window frames. *Resources, Conservation and Recycling* 71 : 40-47.
- Sudiarno, Adithya. 2006. *Integrasi Ergonomi Total dan Ekologi pada Pemodelan Sistem Manajemen Sampah di Kota Surabaya Menuju Kota Ecopolish*. Laporan Tesis.
- Suresh, S. S., Mohanty S. Nayak S. K., 2016, *Composition Analysis And Characterization Of Waste Polyvinyl Chloride (PVC) Recovered From Data Cables*, Waste Management, India.
- Suresh, S. S., Mohanty, S., Nayak, S. K., 2017, *Preparation and characterization of recycled blends using Poly (vinyl chloride) and Poly(methyl methacrylate) recovered from waste electrical and electronic equipments*, *Journal of Cleaner Production*, India.
- Sui, D.P., Chen, H.X., Liu, L., Liu, M.X., Huang, C.C., Fan, H.T., 2016, *Ion-imprinted silica adsorbent modified diffusive gradients in thin films technique: Tool for speciation analysis of free lead species*, Elsevier, *Talanta* 148 (285–291).
- Surono, U.B. 2013. Berbagai Metode Konversi Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak. *Jurnal Teknik* : 3(1).
- Tashandra, N., 2018. Jumlah Sampah Plastik Terus Meningkat. *Kompas.com*.
- Timar, M.C., Maher, K., Irle, M., Mihay, M.D., 2004, “*Thermal forming of chemically modified wood to make high-performance composites*, *Holzforschung*, Vol: 58 ; Hal : 519-528. New York.
- Unar, I. N, Soomro, S. A., Aziz, S., 2010. Effect of variouse additives on the physical properties of polyvinylchloride resin. *Pakistan journal of analitical and Environmental Chemistry.* 11 (2) : 22-50.

- Umam, K., 2009, *Pengaruh Penambahan Plasticizer Dioctyl Phtalate (DOP) terhadap mampu Alir dan Sifat Mekanik Resin Polivinil Klorida (PVC)*, Fakultas Teknik. Depok.
- Wiryodiningrat, S. 2008. *Pengetahuan Bahan untuk Pembuatan Sepatu/Alas Kaki*. Citra Media. Yogyakarta.
- Waryat., Romli, M., Suryani, A., Yuliasih, I., Johan, S., 2013, *Karakteristik Morfologi, Termal, Fisik-Mekanik, Dan Barrier Plastik Biodegradabel Berbahan Baku Komposit Pati Termoplastik, LLDPE/HDPE* , IPB, Bogor.
- Yunus, 2010, *Inventarisasi dan Karakterisasi Morfologis Tanaman Durian (*Durio zibethinus Murr*) di Kabupaten Tanah Datar*, Jurnal Plasma Nutfah 2:1-6, *kepuustakaan*, Teknik Mesin, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Surabaya.

## LAMPIRAN

### Dokumentasi Pelaksanaan Penelitian

No.	Nama Bahan	Gambar
	<b>Selang Spiral</b>	
	<b>Aval</b>	
	<b>Mika</b>	
	<b>Selang air</b>	

	<b>Pewarna</b>	
	<b>Produk 1</b>	
	<b>Produk 2</b>	
	<b>Produk 3</b>	

	<b>Produk 4</b>		
--	-----------------	--	--