

## PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI PLASTIK *BIODEGRADABLE* DARI KOMPOSIT HDPE (*HIGH DENSITY POLYETHYLENE*) DAN PATI UMBI SUWEG (*Amorphophallus campanulatus*)

Regina Martha Clarinsa dan Suyatno Sutoyo\*

Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Surabaya

Jl. Ketintang, Surabaya (60231), Telp. 031-8298761

\*Corresponding author, email: suyatno@unesa.ac.id

**Abstrak.** Plastik yang berasal dari polimer sintetik menjadi permasalahan lingkungan karena tidak dapat terdegradasi lebih cepat di dalam tanah. Penelitian ini ditujukan untuk membuat plastik *biodegradable* komposit HDPE dengan pati umbi suweg (HDPE-PSW) serta menentukan komposisi terbaik dari campuran HDPE dengan pati umbi suweg yang memiliki sifat biodegradabilitas yang memenuhi standart SNI. Pati diperoleh dari umbi suweg menggunakan metode ekstraksi dengan pelarut air. Proses pembuatan plastik *biodegradable* dilakukan dengan metode *grafting* menggunakan pereaksi maleat anhidrida dan bahan pemlastis berupa gliserol. Variasi komposisi massa HDPE dan pati suweg yang digunakan berturut-turut 8:2, 7:3, 6:4, 5:5, dan 4:6 gram. Sifat biodegradabilitas ditentukan dengan metode *Soil Burial Test* sedangkan gugus fungsi ditentukan menggunakan spektrofotometer FTIR. Dari proses ekstraksi diperoleh pati dengan rendemen 5,25%. Pati diperoleh dalam bentuk serbuk berwarna putih, tidak berbau, sedikit larut dalam air dan etanol, serta menunjukkan hasil positif dengan pereaksi larutan iodium. Hasil uji biodegradasi menunjukkan bahwa plastik komposit HDPE-PSW 6:4 dan 5:5 mendekati standar SNI karena setelah didegradasi selama seminggu menunjukkan persentase degradasi mendekati 60%, yakni masing-masing 58,9% dan 60,6%. Kedua komposisi plastik HDPE-PSW tersebut juga memiliki persentase degradasi mendekati plastik *biodegradable* komersial Cassaplast (59,4%). Berdasarkan hasil uji FTIR, plastik *biodegradable* HDPE-PSW memiliki gugus fungsi yang sama dengan plastik HDPE dan pati umbi suweg. Hal ini menunjukkan bahwa proses *grafting* dalam pembuatan plastik *biodegradable* HDPE-PSW telah terjadi.

**Kata kunci :** Plastik *biodegradable*, pati umbi suweg, HDPE

**Abstract.** Plastic which derived from synthetic polymers is an environmental problem because it couldn't easily degradation in the ground. This research is aimed to make the *biodegradable* plastic composite of HDPE with suweg tuber starch (HDPE-PSW) as well as determining the best composition of HDPE-suweg tuber starch mixture which has biodegradability properties according to SNI standards. Suweg tuber made with ekstraction method which uses water solvent. *Biodegradable* plastics have been processed using *grafting* method with maleic anhydride reactant and glycerol plasticizer. The varians mass of HDPE plastic and suweg starch are 8:2, 7:3, 6:4, 5:5, and 4:6 grams. Biodegradability of *biodegradable* plastics depend on *Soil Burial Test* method meanwhile analysis of functional group depend with FTIR spectrophotometer. From the extraction process obtained starch with a yield of 5.25%. Starch was obtained in the form of white powder, odorless, slightly soluble in water and ethanol, and showed positive results with iodine solution reagent. The biodegradation test results showed that the HDPE-PSW plastic composite of 6:4 and 5:5 approached the SNI standard because after being degraded for a week showed the percentage of degradation was approaching 60% ie 58.9% and 60.6%, respectively. The two HDPE-PSW plastic compositions also had a degradation percentage close to Cassaplast's commercial *biodegradable* plastic (59.4%). Based on the results of the FTIR test, HDPE-PSW *biodegradable* plastic had the same functional group as HDPE plastic and suweg tuber starch. This showed that the *grafting* process in the manufacture of *biodegradable* HDPE-PSW plastic had taken place.

**Key words:** *Biodegradable* plastics, suweg tuber starch, HDPE

### PENDAHULUAN

Plastik sudah menjadi kebutuhan penting bagi manusia, terutama penggunaannya sebagai bahan pengemas. Hal ini dapat terjadi karena plastik memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan bahan pengemas lainnya.

Plastik memiliki massa lebih ringan dibandingkan dengan massa gelas atau logam. Plastik juga merupakan bahan yang tidak mudah pecah [1]. Sampai saat ini, jenis plastik yang paling umum digunakan adalah terephthalate, polipropilen,

polistiren, dan polietilen (PE). PE merupakan polimer sintetik yang terbuat dari minyak bumi (*non-renewable*). PE paling banyak dikonsumsi di dunia dan 140 juta ton diproduksi setiap tahun [2]. Polimer sintetik membutuhkan waktu untuk terurai dalam tanah sekitar 500-1000 tahun [3].

Dalam menanggulangi hal tersebut, alternatif yang dilakukan adalah mengembangkan plastik *non-renewable* ke arah plastik alternatif yang lebih ramah lingkungan. Salah satunya adalah plastik *biodegradable*. Komposit plastik *biodegradable* berasal dari material mentah yang banyak mengandung selulosa, pati atau karbohidrat lain [4]. Plastik ini merupakan suatu bahan sintesis yang mudah terurai oleh aktivitas mikroorganisme pengurai dan dapat berubah struktur kimianya.

Dengan adanya kasus pencemaran lingkungan tersebut, maka diharapkan material dasar pada pembuatan plastik mampu terurai di dalam tanah. Salah satunya yaitu dengan mencampurkan bahan dasar plastik PE dengan kandungan pati yang terdapat pada bahan alam. Bahan alam yang berpotensi dipakai adalah pati umbi suweg. Umbi suweg (*Amorphophallus campanulatus*) merupakan salah satu jenis marga *Amorphophallus* dan termasuk dalam suku umbi-umbian (*Araceae*). Tanaman suweg banyak tumbuh liar di hutan dan belum banyak usaha masyarakat untuk mengembangkan atau membudidayakannya dalam jumlah yang besar [5].

*Polyethylene* merupakan polimer yang tergolong dalam jenis *polyolefins* yang dibuat dengan polimerisasi *etilena* ( $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ ). PE umumnya dikategorikan dalam tiga golongan, yaitu *low density polyethylene* (LDPE), *medium density polyethylene* (MDPE), dan *high density polyethylene* (HDPE) [4]. Untuk plastik HDPE, merupakan jenis plastik PE yang memiliki molekul lebih padat daripada MDPE dan LDPE. HDPE massanya lebih berat, lebih kuat, dan lebih keras daripada LDPE. Kerapatan massanya tinggi berkisar  $0,93 - 0,97 \text{ g/cm}^3$ . Meskipun kerapatan massa HDPE hanya sedikit lebih tinggi dari MDPE dan LDPE, namun HDPE memiliki sedikit percabangan, memberikan kekuatan tarik antar molekul yang jauh lebih kuat daripada LDPE. HDPE dapat menahan suhu lebih tinggi ( $120 \text{ }^\circ\text{C} / 248 \text{ F}$  untuk jangka pendek dalam suhu  $110 \text{ }^\circ\text{C} / 230 \text{ F}$  terus menerus). Karena kelebihanannya

tersebut, jenis plastik HDPE banyak diproduksi sebagai tas belanja sekali pakai [4].

Pati merupakan homopolimer glukosa dengan ikatan  $\alpha$ -glikosidik. Pati dibagi menjadi dua fraksi yang dapat dipisahkan menggunakan air panas. Fraksi yang terlarut disebut amilosa sedangkan fraksi yang tidak larut disebut amilopektin [6]. Pati dapat diperoleh dari ekstrak tanaman penghasil karbohidrat di antaranya ubi singkong, gadung, ubi kayu, ubi jalar, ubi porang, ubi suweg, ubi gembolo, jagung, dan sebagainya. Dalam penelitian ini menggunakan pati umbi suweg karena umbi suweg merupakan umbi-umbian yang kaya akan kandungan pati serta melestarikan umbi suweg menjadi tanaman yang bernilai guna.

Di negara Indonesia jenis talas-talasan yang banyak ditemukan adalah umbi suweg yang berbeda dengan negara Jepang. Jenis suweg yang sudah diolah besar-besaran oleh negara Jepang adalah *Amorphallus conjac* dengan kandungan pati yang cukup tinggi [5]. Suweg memiliki kadar karbohidrat yang lebih tinggi (83,18%) daripada umbi porang (10,24%) yang termasuk dalam satu spesies *Amorphophallus sp* [6]. Umbi suweg juga memiliki kadar karbohidrat lebih tinggi daripada ubi gembolo (80,14%) yang termasuk sebagai tanaman liar dan yang telah dilakukan di penelitian Yolanda [4], mengenai plastik *biodegradable*. Berdasarkan penelitian Raden [8], pati dari umbi suweg yang berasal dari wilayah Sumedang, Jawa Barat dengan umur panen 12-18 bulan, mengandung kadar pati sebesar 76,61%. Kandungan amilosa pada pati suweg sebesar 37,02% dan kadar amilopektin sebesar 39,58%. Dengan adanya kandungan pati yang cukup tinggi, sangat tepat untuk dijadikan sebagai komponen dalam pembuatan plastik *biodegradable*.

Perbedaan pati umbi suweg yang hidrofilik dan HDPE yang hidrofobik akan menyebabkan masalah dalam pencampurannya karena keduanya merupakan bahan yang tidak bisa bercampur sempurna (*immiscible*). Oleh karena itu perlu ditambahkan *compatibilizer* dalam plastik. *Compatibilizer* yang digunakan adalah maleat anhidrida ( $\text{C}_4\text{H}_2\text{O}_3$ ). Maleat anhidrida diproduksi secara tradisional dari oksidasi benzena atau senyawa aromatik lainnya. Karena banyaknya produksi, maleat anhidrida mudah untuk didapatkan [9]. Umbi suweg

merupakan bahan yang kaya akan pati sehingga diperlukan adanya penambahan *plasticizer* untuk mengurangi kekuatan daya tarik antar polimer dan meningkatkan fleksibilitas polimer. Penggunaan pemlastis seperti gliserol lebih unggul karena tidak ada gliserol yang menguap saat proses berlangsung sehingga menjaga produk dari penguapan dibandingkan dengan etilen glikol (EG), trietilena glikol (TEG), dietilena glikol (DEG). Titik dididid gliserol 290 °C lebih tinggi jika dibandingkan dengan EG, DEG, dan TEG. Selain itu gliserol dapat meningkatkan ketahanan mekanis dan tidak luruh dengan air dalam *thermoplastic starch* [9].

Untuk menentukan kualitas plastik *biodegradable*, dilakukan uji karakteristik plastik. Karakteristik yang diteliti pada penelitian ini meliputi uji biodegradabilitas dengan metode *soil burial test* dan analisis gugus fungsi menggunakan instrumen spektrofotometer FT-IR dengan perbandingan massa plastik HDPE dan massa pati umbi suweg 8:2, 7:3, 6:4, 5:5, dan 4:6 gram, hal ini mengacu pada penelitian Harnike dan Sutoyo [4].

Berdasarkan uraian tersebut, maka dalam penelitian ini akan dilakukan pembuatan dan karakterisasi plastik *biodegradable* dari campuran HDPE dan pati umbi suweg dengan menggunakan bahan tambahan yang meningkatkan kemampuan degradabilitas dari plastik *biodegradable* tersebut.

## METODE PENELITIAN

### Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pati umbi suweg, plastik jenis *High Density Polyethylene* (HDPE), xilena, benzoil peroksida, maleat anhidrida, gliserol, alkohol 70%, aquades, dan tanah kompos.

### Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah magnetik stirer, seperangkat alat refluks leher tiga, neraca analitik (Advanturer Ohaus), oven (Heraeus), termometer, spektrofotometer FT-IR (Shimadzu 8400S), ayakan 100 mesh, cetakan 20x20 cm<sup>2</sup>, gelas kimia, gelas ukur, pipet tetes, dan gelas ukur.

## PROSEDUR PENELITIAN

### Ekstraksi Pati Umbi Suweg

Sebanyak 2 kg umbi suweg dibersihkan dengan air bersih. Kemudian umbi suweg dipotong kecil-kecil (2x2x2 cm<sup>2</sup>), ditambah air suling 2 liter lalu umbi suweg diblender sampai menjadi bubur kasar. Bubur kasar yang didapat, ditambahkan kembali air suling sebanyak 1 liter untuk mengekstraksi patinya, sambil diaduk, lalu disaring menggunakan kain. Dari hasil saringan tersebut akan diperoleh filtrat dan residu. Residu tersebut ditambah air suling 1 liter untuk meningkatkan rendemen pati. Lalu disaring kembali sampai air perasan bening. Filtrat selanjutnya diendapkan selama 7 jam. Filtrat dibuang dan residu patinya diambil. Residu dikeringkan dalam oven selama 24 jam pada suhu 60 °C. Serbuk pati yang telah kering, dihaluskan sampai berukuran 100 mesh menggunakan mortal dan alu [4].

### Pembuatan Plastik *Biodegradable* Komposit HDPE-Pati Suweg (HDPE-PSW)

Ditimbang HDPE sebanyak massa yang dibutuhkan (8, 7, 6, 5, dan 4 gram) masing-masing dimasukkan ke dalam labu dasar bulat, ditambahkan pelarut xilena sebanyak 100 mL. Setelah dihubungkan dengan pendingin refluks, campuran dipanaskan suhu 110 °C dalam waktu 1 jam sampai polietilena larut sempurna. Lalu ditambahkan benzoil peroksida (BPO). Setelah ±1 menit, ditambahkan 1 gram maleat anhidrat (MA) lalu dimasukkan pati umbi suweg sebanyak massa yang dibutuhkan (2, 3, 4, 5, dan 6 gram) dan ditambahkan gliserol 1 ml. Setelah campuran homogen, campuran dituangkan ke dalam cetakan dengan ukuran 20 x 20 cm<sup>2</sup>. Kemudian diuapkan dalam ruang asam selama 1 hari. Jika sudah menguap, dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam pada suhu 60 °C [4].

### Uji Biodegradasi dalam Tanah

Uji biodegradasi dalam tanah menggunakan metode *Soil Burial Test*. Film plastik HDPE-PSW masing-masing dipotong berukuran 2x1,8 cm. Kemudian ditimbang menggunakan neraca analitis. Plastik yang telah ditimbang, ditanam dalam tanah kompos dengan kedalaman 10 cm. Dibiarkan selama 21 hari dan diamati setiap 7 hari. Spesimen uji diambil lalu dibersihkan, dibilas dengan aquades sampai

bersih. Kemudian direndam dengan alkohol 70% selama 5 menit. Selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C selama 2 jam (sampai kering). Spesimen tersebut ditimbang kembali menggunakan neraca analitis. Perlakuan ini dilakukan setiap 7 hari [4]. Perhitungan persen kehilangan berat menggunakan rumus sebagai berikut [10]:

$$\text{Persen kehilangan berat} = \frac{W_0 - W_1}{W_0} \times 100\%$$

Keterangan :

$W_0$  = berat plastik sebelum uji biodegradasi (g)

$W_1$  = berat plastik sesudah uji biodegradasi (g)

### Analisis Gugus Fungsi

Analisis gugus fungsi menggunakan spektrofotometri FT-IR. Sampel yang dianalisis adalah plastik HDPE, pati umbi suweg, dan plastik HDPE-PSW hasil sintesis HDPE dengan pati umbi suweg. Dalam pengujian ini, sampel yang dianalisis berupa serbuk dan lembaran. Film plastik dalam bentuk lembaran hasil uji biodegradasi dijepit pada tempat sampel dan diletakkan pada tempat yang dialiri radiasi sinar inframerah. Sementara itu sampel dalam bentuk serbuk, sampel digerus bersama dengan serbuk KBr, selanjutnya ditekan sehingga berubah bentuk menjadi pellet. Pellet dijepit pada tempat sampel dan diletakkan pada tempat yang dialiri radiasi sinar inframerah. Spektrum inframerah direkan dalam bentuk hubungan antara intensitas dengan bilangan gelombang antara 4000 – 500  $\text{cm}^{-1}$  [11].

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Ekstraksi Pati Umbi Suweg

Pati yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari umbi suweg. Dalam proses ekstraksi pati umbi suweg digunakan pelarut air. Air dapat memisahkan granula-granula pati dari sel-sel umbi karena pati mengandung gugus hidroksil yang bersifat polar atau larut dalam air [12]. Sebanyak 2 kg umbi suweg dipotong kecil-kecil, kemudian ditambah air suling sebanyak 2 liter dan diblender sampai menjadi bubur. Bubur tersebut ditambahkan air suling 1 liter kemudian disaring menggunakan kain sehingga didapatkan filtrat dan residu. Filtrat yang lolos saringan tersebut adalah

air yang mengikat granula-granula pati, sedangkan residu yang tertinggal di kain merupakan serat umbi dan partikel besar umbi. Residu ditambahkan air suling 1 liter untuk menangkap granula-granula pati yang masih tertinggal. Gabungan filtrat yang diperoleh, diendapkan selama 7 jam hingga terpisah air dan endapan patinya.



(a)

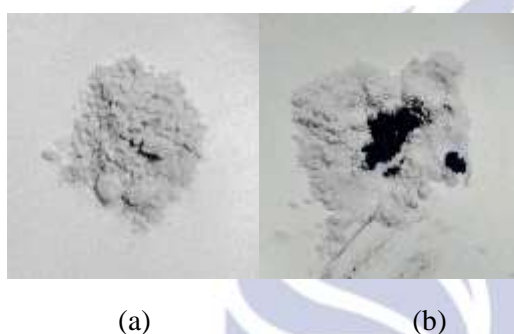
(b)

Gambar 1. Umbi Suweg (a) Sebelum dikupas dan dipotong dadu dan (b) Sesudah dikupas dan dipotong dadu. (Sumber: Dokumen pribadi)

Setelah diendapkan, air dibuang, kemudian endapan pati dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C selama 24 jam. Serbuk pati yang telah kering, diayak dengan ayakan 100 mesh agar ukuran partikel pati yang diperoleh lebih kecil sehingga akan lebih mudah disintesis dengan plastik komersial. Pati yang dihasilkan dari 2 kg umbi suweg sebanyak 105 gram, sehingga rendemen hasil ekstraksinya adalah 5,25%. Dalam penelitian yang pernah dilakukan oleh Agung, dkk., rendemen pati umbi suweg yang didapatkan sebesar 10% [1]. Nilai rendemen yang didapatkan dalam penelitian ini lebih rendah daripada penelitian lain. Hal ini dapat terjadi karena perbedaan umur dan lokasi penanaman umbi suweg yang digunakan. Semakin tua umur umbi, maka hasil rendemen yang didapatkan semakin besar. Pati umbi suweg yang diperoleh dalam penelitian ini memiliki karakteristik berbentuk serbuk halus yang berwarna putih, tidak berbau, dan sedikit larut dalam aquades dan etanol dengan suhu ruang.

Untuk mengetahui adanya kandungan amilum di dalam tepung pati suweg, maka dilakukan pengujian kualitatif menggunakan uji iodium. Hasil uji iodium pada pati umbi suweg

dapat dilihat dalam Gambar 2. Pati yang berikatan dengan molekul iodium akan menghasilkan warna biru kehitaman. Hal tersebut disebabkan karena pati mengandung unit-unit glukosa yang membentuk rantai heliks sehingga terjadi ikatan dengan konfigurasi pada unit glukosa. Pati yang menghasilkan warna biru setelah direaksikan dengan iodin, merupakan polimer glukosa yang lebih besar dari dua puluh unit monomer glukosa, misalnya molekul amilosa. Bila polimer glukosa lebih dari dua puluh unit monomer glukosa seperti amilopektin, maka hasilnya warna merah. Polimer yang lebih kecil dari lima unit monomer glukosa, tidak akan menghasilkan warna pada uji iodium [6].

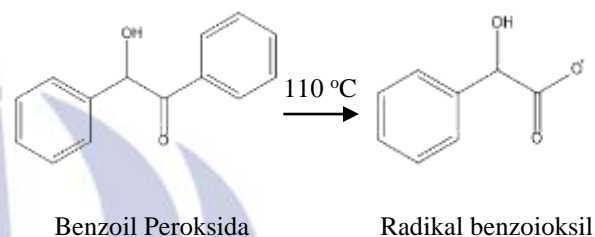


Gambar 2. Uji Iodium pada Pati Sebelum dan Sesudah ditetesi Larutan I<sub>2</sub>. (a) Pati suweg sebelum ditetesi I<sub>2</sub> berwarna putih, (b) Pati suweg sesudah ditetesi I<sub>2</sub> berwarna biru kehitaman.

### Hasil Pembuatan Plastik *Biodegradable* HDPE-PSW

Pembuatan plastik *biodegradable* dilakukan dengan menggunakan metode *grafting*. Metode *grafting* merupakan pencampuran bahan yang tidak dapat bercampur/homogen satu sama lain [4]. Oleh karena itu, perlu disisipkan gugus fungsi baru agar bahan dapat bercampur homogen. Plastik HDPE merupakan polimer sintesis yang menjadi bahan mayor (matriks), sedangkan umbi suweg merupakan polimer alam yang menjadi bahan minor. Pertama-tama plastik HDPE ditimbang sebanyak massa yang dibutuhkan (8, 7, 6, 5, dan 4 gram). Masing-masing dimasukkan ke dalam labu dasar bulat kemudian ditambahkan pelarut xilena. Dalam proses pelarutan, dilakukan dengan metode refluks karena pelarut xilena mudah menguap di udara terbuka [13]. Setelah dihubungkan dengan

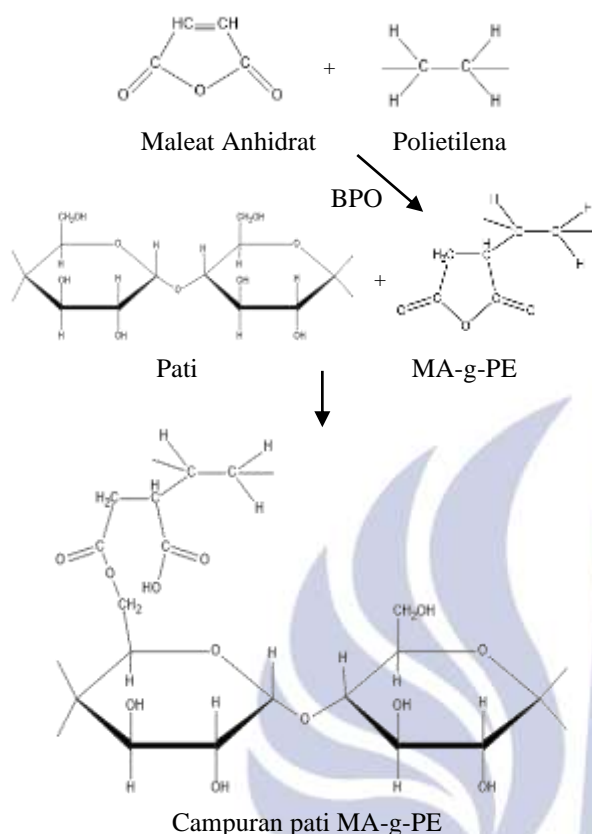
pendingin refluks, campuran dipanaskan pada suhu 110 °C selama 1 jam sampai semua polietilena larut. Suhu dipertahankan sampai seluruh proses selesai. Kemudian ditambahkan BPO, yang akan membentuk radikal bebas. Pembentukan radikal bebas disajikan pada Gambar 3. Radikal tersebut akan mengadisi ikatan rangkap dua karbon dari monomer penyusun molekul. Peristiwa ini disebut sebagai tahap inisiasi.



Gambar 3. Proses Inisiasi terbentuknya radikal benzoiloksil.

Pelarutan dilakukan pada suhu 110 °C karena waktu paruh dari benzoil peroksida adalah sebesar 18 menit lebih lama dibandingkan inisiator AIBN (azobisisobutironitril) yaitu 7 menit. Semakin pendek waktu paruh, maka inisiator akan lebih cepat menghasilkan radikal bebas sehingga radikal-radikal tersebut akan cepat mengalami reaksi terminasi dan proses grafting tidak akan terjadi [4]. Setelah ±1 menit ditambahkan 1 gram kompatibilizer MA. Kompatibilizer tersebut ditambahkan untuk mencampurkan 2 ikatan polimer atau lebih yang tidak kompatibel menjadi ikatan intermolekuler yang stabil. Prinsip kerja kompatibilizer adalah sebagai *interface agent* yang mempengaruhi adhesi interfacial dan tegangan interfacial [13]. Tahap selanjutnya yaitu pati umbi suweg dimasukkan masing-masing sebanyak massa yang dibutuhkan (2, 3, 4, 5, dan 6 gram). Pada tahap ini, akan terjadi pengikatan senyawa MA-g-PE dengan pati yang disajikan pada Gambar 4. Tahap ini masuk dalam tahap propagasi. Proses propagasi akan berlangsung hingga molekul monomer telah habis bereaksi. Polimer radikal selalu diikuti dengan proses lain yang melibatkan interaksi radikal dengan molekul di sekitar pelarut, aditif, bahkan monomer. Interaksi ini

dikenal dengan proses alih rantai membentuk radikal baru yang stabil.



Gambar 4. Mekanisme Pengikatan Senyawa MA-g-PE dengan Pati [3].

Interaksi ini disebut terminasi [13]. Setelah pati dimasukkan, kemudian ditambahkan satu milliliter gliserol. Gliserol berfungsi sebagai pemlastis [14]. Penggunaan pemlastis seperti gliserol lebih unggul karena tidak ada gliserol yang menguap saat proses berlangsung sehingga menjaga produk dari penguapan dibandingkan dengan EG, TEG, DEG. Titik didid gliserol 290 °C lebih tinggi jika dibandingkan dengan EG, DEG, dan TEG. Selain itu gliserol dapat meningkatkan ketahanan mekanis dan tidak luruh dengan air dalam *thermoplastic starch* [9]. Menurut Yolanda, gliserol ditambahkan pada material berbasis pati yang bersifat kaku sehingga dapat menurunkan kerapuhan dan meningkatkan kekuatan intramolekuler yang tinggi [4]. Gliserol bersifat hidrofilik sehingga dapat berinteraksi dengan pati dalam matriks plastik *biodegradable*. Gugus -OH yang dapat tersubstitusi ke dalam struktur molekul pati mampu membentuk interaksi ikatan hidrogen [14]. Kemampuan

dalam berinteraksi tersebut mampu mencegah rantai polimer berinteraksi kuat atau mengkristal sehingga menjadikan matriks film tidak kaku [1]. Jika campuran telah homogen, campuran tersebut dituangkan kedalam cetakan/loyang berukuran 20x20 cm<sup>2</sup> kemudian dimasukkan dalam ruang asam selama satu hari untuk menguapkan pelarutnya lalu dioven pada suhu 60 °C selama 24 jam. Setelah kering, plastik *biodegradable* siap untuk dilakukan pengujian sampel. Plastik *biodegradable* yang dihasilkan memiliki warna putih dan tidak berbau. Plastik *biodegradable* dengan masing-masing komposisi HDPE dan pati yang berbeda disajikan dalam Gambar 5.



Gambar 5. Produk Plastik *Biodegradable* HDPE-PSW.

### Hasil Uji Biodegradabilitas

Uji biodegradabilitas pada penelitian dilakukan dengan metode *Soil Burial Test*. Metode *Soil Burial Test* merupakan suatu metode untuk menentukan kehilangan berat sampel yang telah dikubur pada beberapa waktu [4]. Dalam menentukan kehilangan berat plastik setelah uji, maka disajikan data berupa % penurunan berat dari berat awal plastik. Uji biodegradasi plastik dilakukan dengan mengubur sampel pada tanah kompos yang mengandung banyak mikroorganisme pengurai. Mikroorganisme dalam tanah mampu menguraikan material organik. Sampel yang diuji tingkat biodegradabilitasnya adalah plastik *biodegradable* yang dibuat dari plastik HDPE dan hasil isolat pati umbi suweg

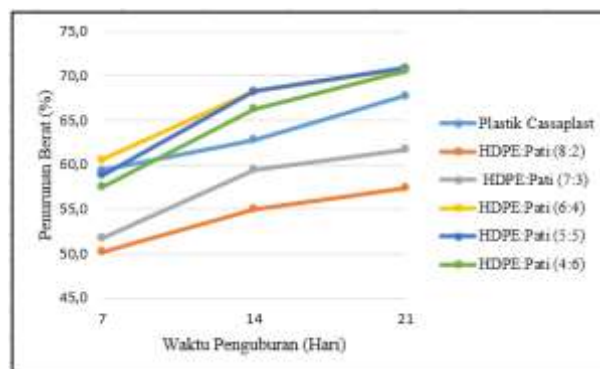
serta dibandingkan dengan plastik *biodegradable* komersial *Cassaplast* yang terbuat dari campuran plastik dan pati singkong. Plastik *biodegradable* hasil sintesis yang digunakan memiliki perbandingan HDPE dan pati suweg berturut-turut 8:2, 7:3, 6:4, 5:5, dan 4:6. Uji Biodegradabilitas dilakukan secara triplo. Hasil uji biodegradabilitas plastik disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Rata-Rata Penurunan Berat Plastik *Biodegradable* HDPE-PSW dan *Cassaplast* pada Uji Biodegradabilitas.

Komposisi Plastik <i>Biodegradable</i>		Hari	Rata-rata penurunan berat (%)
HDPE (g)	PSW (g)		
8	2	0	-
		7	50,2
		14	55,0
		21	57,4
7	3	0	-
		7	51,8
		14	59,4
		21	61,8
6	4	0	-
		7	60,6
		14	68,3
		21	70,8
5	5	0	-
		7	58,9
		14	68,3
		21	70,9
4	6	0	-
		7	57,5
		14	66,3
		21	70,6
Plastik <i>biodegradable</i> <i>Cassaplast</i>		0	-
		7	59,4
		14	62,8
		21	67,8

Berdasarkan Tabel 1, plastik *biodegradable* HDPE-PSW hasil sintesis dapat terdegradasi oleh mikroorganisme yang terkandung dalam tanah kompos. Persentase penurunan berat selama 1 minggu plastik komposit HDPE-PSW (8:2, 7:3, 6:4, 5:5, 4:6) berturut-turut adalah 50,2%; 51,8%; 60,6%; 58,9%; dan 57,5%. Sementara itu persentase penurunan berat selama 1 minggu plastik *biodegradable* *Cassaplast* sebesar 59,4%. Persentase penurunan berat dari plastik *biodegradable* HDPE-PSW 5:5 (58,9%) dan 6:4 (60,6%) hampir mendekati persentase degradasi

plastik *biodegradable* komersial *Cassaplast* (59,4%).



Gambar 6. Nilai Rata-Rata Penurunan Berat Plastik *Biodegradable* HDPE-PSW pada Uji Biodegradabilitas.

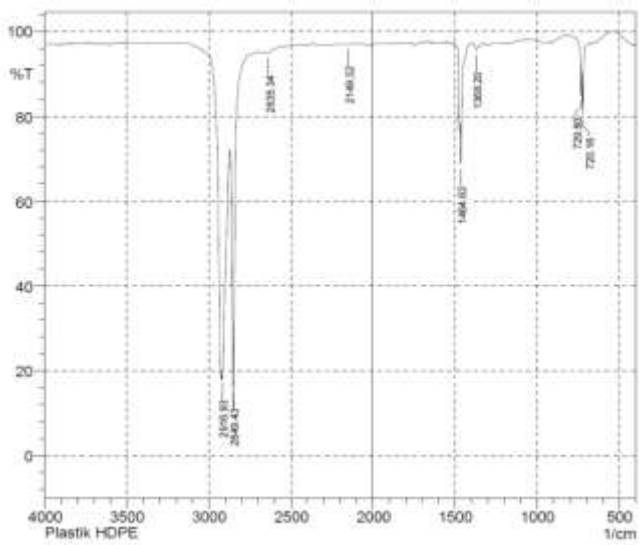
Berdasarkan SNI, plastik *Biodegradable* akan terdegradasi > 60% selama 1 minggu [15]. Oleh karena itu persentase degradasi plastik *biodegradable* komposit HDPE-Pati Suweg dengan perbandingan 6:4, 5:5, dan plastik *biodegradable* *Cassaplast* mendekati standar SNI, karena masing-masing memiliki persentase degradasi sebesar 60,6%; 58,9%; dan 59,4%. Sifat *biodegradable* yang ditemukan dalam penelitian ini lebih baik dibandingkan dengan plastik komposit HDPE-pati gembolo karena plastik dengan komposisi terbaik hanya terdegradasi sebesar 53,61% setelah dikubur dalam tanah selama satu minggu. Dengan demikian masih di bawah standar nilai SNI [4].

Rata-rata penurunan berat plastik komposit HDPE-PSW setelah dikubur dalam tanah kompos selama tiga minggu (21 hari) ditunjukkan dalam Gambar 6. Semakin lama plastik komposit HDPE-PSW tersebut dikubur dalam tanah maka semakin banyak molekul pati yang diuraikan oleh mikroorganisme sehingga persentase kehilangan beratnya semakin tinggi. Hasil yang serupa juga ditunjukkan oleh plastik komersial *Cassaplast* serta komposit LDPE dengan pati ubi singkong [11].

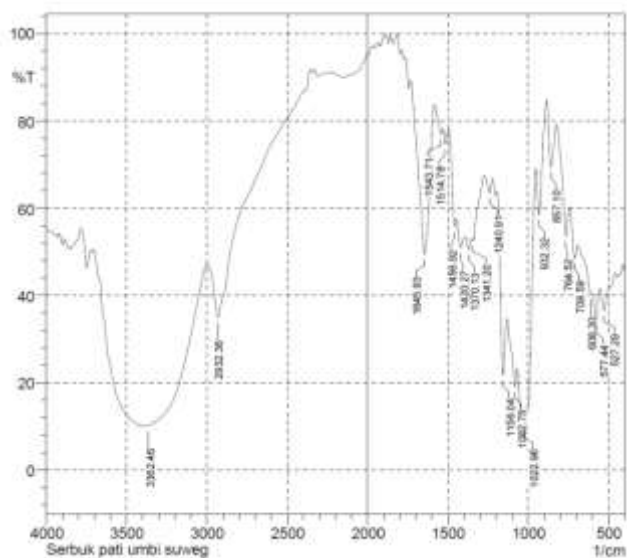
#### Hasil Analisis Gugus Fungsi dengan FTIR

Sampel plastik *biodegradable* HDPE-PSW yang memenuhi standart biodegradabilitas SNI yakni komposisi 6:4, baik sebelum uji biodegradabilitas maupun sesudah uji biodegradabilitas dianalisis gugus fungsinya menggunakan spektroskopi FTIR. Hal ini

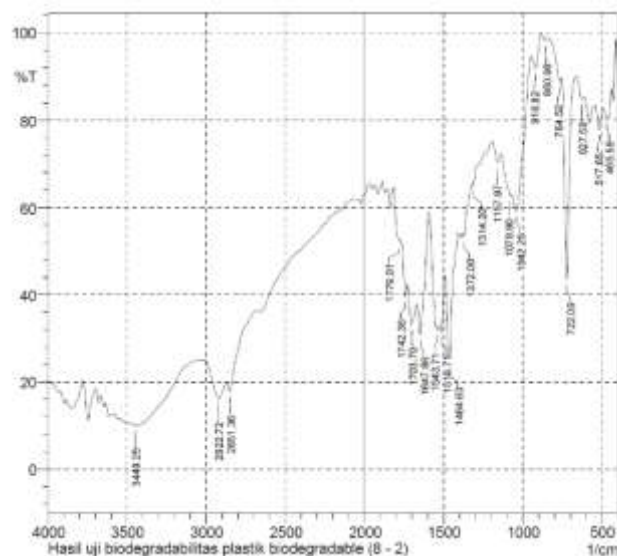
dilakukan untuk mengetahui perbedaan gugus fungsi yang terkandung dalam sampel plastik biodegradabel sebelum dan sesudah uji biodegradabilitas. Sampel akan menghasilkan intensitas transmisi dan panjang gelombang dalam besaran bilangan gelombang pada spektrum infra merah. Pembacaan gugus fungsi dilakukan di daerah bilangan gelombang 4000-500  $\text{cm}^{-1}$ . Spektra FTIR plastik HDPE, pati umbi suweg, dan plastik *biodegradable* HDPE-PSW disajikan dalam Gambar 7.



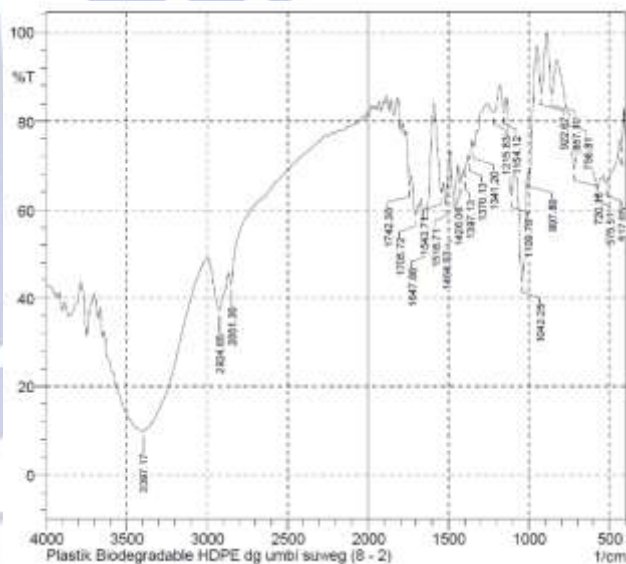
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 7. Spektra FTIR (a) Plastik HDPE, (b) Pati Umbi Suweg, (c) Plastik *Biodegradable* HDPE-PSW 6:4 Sebelum Uji Biodegradabilitas, (d) Plastik *Biodegradable* HDPE-PSW 6:4 Sesudah Uji Biodegradabilitas.

Berdasarkan spektra FTIR pada Gambar 7, dilakukan analisis gugus fungsional pada sampel plastik HDPE, pati, dan plastik *biodegradable* HDPE-PSW dan hasilnya disajikan dalam Tabel 2. Secara teoritis plastik HDPE tersusun oleh polietilena yang merupakan hasil polimerisasi monomer-monomer etilena yang memiliki gugus fungsi C-H alkil [16].



Berdasarkan Gambar 7 dan Tabel 2, gugus fungsi spesifik dari plastik HDPE muncul pada bilangan gelombang 2849,43  $\text{cm}^{-1}$  dan 1464,63  $\text{cm}^{-1}$  yang masing-masing dihasilkan dari vibrasi regang dan vibrasi lentur C-H alkil [9]. Ini membuktikan bahwa hasil analisis gugus fungsi HDPE pada spektroskopi FTIR mendukung adanya struktur HDPE yaitu keberadaan C-H alkil yang membangun struktur polimer plastik tersebut.

Berdasarkan stuktur molekulnya, pati merupakan homopolimer glukosa dengan ikatan  $\alpha$ -glikosidik dimana tersusun oleh gugus fungsi O-H, C-H alkil, dan C-O eter, dan C=O [16]. Berdasarkan Gambar 7 dan Tabel 2 di atas, gugus fungsi spesifik dari pati umbi suweg muncul pada puncak penyerapan 1156,04  $\text{cm}^{-1}$ , 1420,27  $\text{cm}^{-1}$ , 1543,71  $\text{cm}^{-1}$ , 1645,93  $\text{cm}^{-1}$ , 2932,36  $\text{cm}^{-1}$ , dan 3362,46  $\text{cm}^{-1}$ . Bilangan gelombang tersebut masing-masing menunjukkan puncak regang C-O, lentur C-H alkil, regang C=C, regang C=O, regang C-H alkil, dan regang O-H [9]. Dengan demikian hasil analisis gugus fungsi pati umbi suweg pada spektrofotometer FTIR mendukung adanya gugus fungsional spesifik yang menyusun molekul pati, yaitu O-H, C-H alkil, C-O eter, C=C, dan C=O.

Hasil analisis spektrum inframerah pada plastik *biodegradable* dari komposit HDPE dan pati umbi suweg sebelum uji biodegradasi yang disajikan pada Tabel 2 menunjukkan gugus fungsi spesifik muncul pada bilangan gelombang 1109,76  $\text{cm}^{-1}$ , 1397,13  $\text{cm}^{-1}$ , 1543,71  $\text{cm}^{-1}$ , 1705,72  $\text{cm}^{-1}$ , 2851,36  $\text{cm}^{-1}$ , dan 3397,17  $\text{cm}^{-1}$ . Masing-masing bilangan gelombang tersebut menunjukkan puncak regang C-O, lentur C-H alkil, regang C=C, regang C=O, regang C-H alkil, dan regang O-H. Menurut Harnike dan Sutoyo, gugus O-H yang terkandung dalam plastik *biodegradable*, selain berasal dari gugus fungsi pati, juga berasal dari gugus fungsi O-H pada gliserol dan gugus fungsi C=O tersebut berasal dari struktur maleat anhidrida [4]. Hal ini membuktikan bahwa proses *grafting* telah terjadi. Adapun bukti bahwa proses *grafting* terjadi, yaitu gugus fungsi yang terdapat pada plastik HDPE (C-H alkil) dan pati (C-H, C-O, C=O, C=C, dan O-H), keduanya muncul pula pada gugus fungsi plastik *biodegradable* HDPE-PSW.

Analisis gugus fungsi yang dilakukan terhadap plastik *biodegradable* HDPE-PSW sesudah uji biodegradabilitas, menunjukkan bahwa gugus fungsi yang terlihat

Tabel 2. Analisis Gugus Fungsi dalam Spektra FTIR Plastik HDPE, Pati Suweg, Plastik *Biodegradable* HDPE-PSW sebelum dan sesudah uji biodegradabilitas.

Jenis Vibrasi	Secara teori	Bilangan Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )			
		Plastik HDPE	Pati Suweg	Plastik <i>Biodegradable</i> HDPE-PSW	
				Sebelum Uji Biodegradabilitas	Sebelum Uji Biodegradabilitas
Regang C-O (alkohol,eter)	1300-1000	-	1156,04	1109,76	1078,9
Lentur C-H alkil	1475-1300	1464,63	1420,27	1397,13	1372,06
Regang C=C	1675-1500	-	1543,71	1543,71	1543,71
Regang C=O (aldehida, keton, dan ester)	1820-1540	-	1645,93	1705,72	1742,36
Regang C-H alkil	3000-2750	2849,43	2932,36	2851,36	2851,36
Regang O-H	3750-3300	-	3362,46	3397,17	3449,25

pada Tabel 2 sama dengan gugus fungsi sebelum uji biodegradabilitas, yaitu C-O eter, regang C-H alkil, lentur C-H alkil, regang C=C, regang C=O karbonil, dan regang O-H yang masing-masing

muncul pada puncak bilangan gelombang 1078,9  $\text{cm}^{-1}$ , 1372,06  $\text{cm}^{-1}$ , 1543,71  $\text{cm}^{-1}$ , 1742,36  $\text{cm}^{-1}$ , 2851,36  $\text{cm}^{-1}$ , dan 3449,25  $\text{cm}^{-1}$ . Namun demikian intensitas gugus hidroksil setelah proses degradasi

lebih tinggi dibandingkan dengan sebelum terdegradasi. Putusnya ikatan glikosidik pada bagian molekul pati oleh aktivitas mikroorganisme selama proses degradasi diprediksi menyebabkan meningkatnya jumlah gugus hidroksil sehingga intensitasnya semakin besar [6].

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa plastik komposit HDPE-PSW 6:4 dan 5:5 mendekati standar SNI karena dalam waktu seminggu dapat terdegradasi masing-masing sebesar 58,9% dan 60,6%. Spektrum FTIR plastik *biodegradable* komposit HDPE-PSW memiliki gugus fungsi gabungan antara plastik HDPE dan pati umbi suweg. Hal ini membuktikan bahwa proses *grafting* telah terjadi dalam pembuatan plastik *biodegradable* dari campuran HDPE dan pati umbi suweg.

### Daftar Pustaka

- [1] Saputra, A, Lutfi, M., Masruroh. E. 2015. Studi Pembuatan dan Karakteristik Sifat Mekanik Plastik *Biodegradable* Berbahan Dasar Ubi Suweg. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*. 3.1.1-6.
- [2] Kang, B.R., Kim S.B., Song H.A., Tae K.L. 2019. Accelerating the Biodegradation of High-Density Polyethylene (HDPE) Using *Bjerkandera adusta* TBB-03 and Lignocellulose Substrates. *Microorganisms*. 7.9.1.
- [3] Waryat. 2013. *Rekayasa Proses Produksi Bioplastik Berbahan Baku Pati Termoplastik dan Polietilen*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- [4] Harnike, Y dan Suyatno, S. 2018. *Sintesis Plastik Biodegradable dari Komposit HDPE (High Density Polyethylene) dan Pati Gembolo (Dioscorea bulbifera L.)*. Skripsi. Jurusan Kimia Universitas Negeri Surabaya.
- [5] Khatarina, S. 2018. *Kajian Substitusi Tepung Umbi Suweg (Amorphophallus campanulatus) pada Pembuatan Crackers terhadap Sifat Kimia dan Organoleptik*. Skripsi. Universitas Lampung.
- [6] Winarno, F.G. 2008. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: PT. Gramedia.
- [7] Hasbullah, U.H.A. dan Umiyati, R. 2017. Perbedaan Sifat Fisik, Kimia, dan Sensoris Tepung Umbi Suweg (*Amorphophallus campanulatus* BI) pada Fase Dorman dan Vegetatif. *Journal of Agro Science*. 5.2.70-78.
- [8] Andriansyah, Raden C.E. 2014. *Karakterisasi Sifat Fisikokimia dan Sifat Fungsional Pati Suweg (Amorphophallus campanulatus Var. Hortensis) dengan Metode Heat Moisture Treatment*. Tesis Institut Pertanian Bogor.
- [9] Stevens, M.P. 2007. *Polymer Chemistry*. Iis Sopiya. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- [10] Haryati, S., Rini, A.S., Safitri, Y. 2017. Pemanfaatan Biji Durian sebagai Bahan Baku Plastik *Biodegradable* dengan Plasticizer Gliserol dan Bahan Pengisi CaCO<sub>3</sub>. *Jurnal Teknik Kimia*. 23.1.1-8.
- [11] Susilawati, Mustafa, I, Maulina, D. 2011. Biodegradable Plastic from a Mixture of Low Density Polyethylene (LDPE) and Cassava Starch with the Addition of Acrylic Acid. *Jurnal Natural*. 11.2.69-73.
- [12] Setiani, W, T. Sudiarti, Rahmidar, L. 2013. Preparasi dan Karakterisasi *Edible Film* dari *Poliblend* Pati Sukun-Kitosan. *Valensi*. 3.2.100-109.
- [13] Nam, B., Kim, D.H, Son, Y. 2010. Evaluation of PP-g-GMA and PP-g-HEMA as a Compatibilizer for Polypropylene/clay Nanocomposites. *NSTI-Nanotech*. 1.842-845.
- [14] Kalambur, S and Rizvi, S. S. H. 2006. An Overview of Starch-Based Plastic Blend from Reactive Extrusion. *Journal of Plastic Film and Sheeting*. 22.1.39-58.
- [15] Badan Standarisasi Nasional. 2016. *Kriteria, Ambang Batas dan Metode Uji/Verifikasi Bioplastik*. www.bsn.go.id. Diakses pada tanggal 1 Desember 2019.
- [16] Widayari, R. 2010. *Kajian Penambahan Onggok Termoplastik terhadap Karakteristik Plastik Komposit Polietilen*.

Bogor: Pasca Sarjana Institut Pertanian  
Bogor

