

Pembuatan Plastik Kemasan Terbiodegradasikan Dari Polipropilena Tergrafting Maleat Anhidrida dengan Bahan Pengisi Pati Sagu Kelapa Sawit

Tuty Dwi Sriaty Matondang^{1*}, Basuki Wirjosentono², Darwin Yunus²

¹Laboratorium Kimia Polimer

²Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sumatera Utara

Jln. Dr. T. Mansur 9 Medan Sumatera Utara 20155

Email: tutyashweer@gmail.com

Abstrak

Pati sagu kelapa sawit mempunyai potensi yang besar untuk dijadikan filler pada pembuatan bahan kemasan terbiodegradasikan dari polypropylene tergrafting maleat anhidrida. Pati sagu kelapa sawit dapat diekstraksi dari batang kelapa sawit. Grafting polypropylene dengan maleat anhidrida dilakukan dengan metode refluks dari 1 g maleat anhidrida, 0,1 g BPO, 10 g polypropylene dengan xylene sebagai pelarut. Campuran polypropylene tergrafting maleat anhidrida dan pati sagu kelapa sawit dilakukan dengan metode kempa tekan pada temperatur 170°C selama 20 menit dengan variasi polypropylene tergrafting maleat anhidrida dan pati sagu kelapa sawit adalah (99,5: 0,5), (99:1), (98:2), (97:3), (96:4) (%b/b) dan tapioka komersil sebagai pembanding dengan variasi (99,5:0,5), (99:1), (99:2) (%b/b). Hasil penelitian menunjukkan campuran dengan perbandingan (97:3) adalah yang paling optimum dimana *tensile strength* 16,010 N/m²; elongation et break 8,593% sedangkan pada perbandingan (98:2) harga elongation et break hampir sam dengan harga elongation et break tapioka komersil sebagai pembanding yaitu 3,1875% dan 3,847%. Menurut persyaratan kemasan terbiodegradasikan SNI 7188.7:2011 campuran yang berisi termoplastik, pati alami tidak mengandung prodegradant dan harga elongation et break kurang dari 5% dapat dipakai untuk bahan pembuatan plastik kemasan terbiodegradasikan. Penelitian ini didukung oleh Uji SEM, Uji DTA, Uji FTIR dan Uji kemampuan terurai di alam. Uji SEM, Uji DTA, Uji FTIR dan Uji kemampuan terurai di alam.

Kata kunci : kemasan biodegradable, grafting polypropylene, pati dari batang kelapa sawit

Abstract

Palm sago starch has a big potential to be filler for biodegradable packaging material. Starch of palm sago starch can be extracted of the oil palm trunk. Grafted polypropylene with maleic anhydride by refluks method from 1g maleic anhydride, 0,1 g BPO and 10 g polypropylene with xylene as solvent made PP-g-MA. Mixed between PP-g-MA and PSKS (starch of the oil palm trunk) with cross clamp method at temperatures 1700C for 20 minutes with variation PP-g-MA and PSKS were (99,5:0,5), (99:1), (98:2), (97:3), (96:4), (%w/w). As a comparison Shanghai brand commercial Tapioca with comparative variation (99,5:0,5) (99:1), (99:2) (%w/w). The research yield show that biodegradable packaging PP-g-MA and PSKS (97:3) the most optimum in mechanical characteritic; tensile strength 16,010N/m², elongation et break 8,5937%. At the comparison (98:2) tensile strength 6,9410 N/m², elongation et break 3,1875% same with tapioca commercial. According to biodegradable packaging requirement ISO 7188.7:2011 mixture containing thermoplastic, starch and elongation et break less than 5% can be used a raw material of plastic biodegradable. The research supported by SEM test, DTA test, FTIR test and Biodegradable test.

Keywords : Biodegradable packaging, Grafting Polypropylene, Starch of the oil palm trunk

1. PENDAHULUAN

Saat ini pati (*Starch*) adalah suatu bahan yang sangat populer sebagai bahan pengisi

pada pembuatan bahan plastik kemasan terbiodegradasikan. Terutama pati yang berasal dari singkong (*Manihot utilisina*). Namun pati sagu dari kelapa sawit juga potensial untuk

dijadikan bahan pengisi bahan plastik kemasan terbiodegradasikan. Hal ini karena keberadaan kelapa sawit yang melimpah di Indonesia dan yang digunakan adalah pohon kelapa sawit yang sudah berumur 24 atau 25 tahun yaitu yang sudah waktunya untuk ditebang sehingga tidak mencemari lingkungan.

Bahan plastik kemasan terbiodegradasikan telah menjadi kebutuhan hidup yang terus meningkat jumlahnya. Plastik yang digunakan saat ini merupakan polimer sintetik, terbuat dari minyak bumi (*non-renewable*) yang tidak dapat terdegradasi oleh mikroorganisme di lingkungan. Kondisi demikian menyebabkan kemasan plastik sintetik tersebut tidak dapat dipertahankan penggunaannya secara meluas karena akan menambah persoalan lingkungan hidup dimasa mendatang. Berdasarkan fakta dan kajian ilmiah yang ada serta meningkatnya kesadaran masyarakat akan pentingnya kesehatan dan lingkungan lestari, perlu dilakukan penelitian dan pengembangan teknologi bahan kemasan yang bersifat biodegradabel (Latief, 2001).

Plastik yang sering digunakan menjadi kemasan adalah polipropilena. Polipropilena sering digunakan sebagai bahan plastik kemasan karena sifat mekaniknya yang baik, densitas rendah dan harga yang terjangkau. Keuntungan utama penggunaan polipropilena ini adalah ketahanan tekanannya pada suhu rendah (Ezzati, 2008).

Fungsionalisasi yang mungkin dari polipropilena (baik polimer ataktik ataupun isotaktik) oleh monomer-monomer polar merupakan suatu cara yang efektif untuk meningkatkan kepolaran dari polipropilena tersebut. Dan kenyataannya berbagai jenis dari polimer-polimer yang tergrafting telah digunakan secara luas untuk memperbaiki adhesi permukaan antara komponen pada campuran polimer. Modifikasi dari polipropilena isotaktik dan ataktik juga digunakan secara luas untuk meningkatkan penggunaan dari bahan-bahan mekanik dari komposit yang berbahan dasar polipropilena dan juga meningkatkan kekuatan dari komposit tersebut. (Christopher, 1981).

Plastik biodegradabel biasanya dibuat dengan menggabungkan plastik dengan bahan yang bersumber dari alam. Plastik terbiodegradasikan adalah salah satu bahan dalam kondisi tertentu, waktu tertentu mengalami perubahan dalam struktur kimianya, yang mempengaruhi sifat-sifat yang

dimilikinya oleh pengaruh mikroorganisme (bakteri, jamur, algae). (Firdaus *et al.*, 2005).

Film plastik biodegradabel adalah material polimer yang berubah kedalam senyawa yang berat molekul rendah dimana paling sedikit satu tahap pada proses degradasinya melalui metabolisme organisme secara alami. Plastik biodegradabel biasanya dibuat dengan menggabungkan plastik dengan bahan yang bersumber dari alam. Salah satu bahan alam yang dapat digunakan sebagai bahan pembuat plastik biodegradabel adalah pati.

Pati sebagai bahan pengisi dalam pembuatan plastik biodegradabel dapat diperoleh dari tanaman kelapa sawit yang jumlahnya sangat banyak di Indonesia. Menurut data dari Direktorat Jendral Perkebunan, Kementerian Pertanian luas areal perkebunan kelapa sawit Indonesia tahun 2012 adalah 9.271.00Ha. Secara teknis umur produktif tanaman kelapa sawit adalah 25 tahun. Artinya setiap tahun 4% dari areal kelapa sawit harus direplanting. Bila secara konservatif hanya 2% yang terlaksana, maka 185.420 Ha akan dibongkar atau 185.000.420 pohon kelapa sawit akan ditebang setiap tahunnya. Bila satu pohon kelapa sawit minimal menghasilkan 20g pati maka akan diperoleh 3700 ton pati setiap tahunnya diseluruh Indonesia yang dapat berpotensi sebagai filler. Sampai saat ini pemanfaatan batang kelapa sawit untuk keperluan industri masih terbatas (Ginting, 1995).

Dari hasil penelitian pendahuluan (Azemi, 1995) menyatakan pati kelapa sawit memiliki potensi untuk menggantikan pati komersil baik dalam bidang pangan maupun non pangan.

Berdasarkan uraian diatas, maka peneliti ingin mencoba melakukan penelitian, pembuatan bahan kemasan plastik biodegradabel dengan menggunakan PSKS (pati sagu kelapa sawit) sebagai pengisi (filler). Sedangkan bahan polimer yang dipakai adalah Polipropilen tergrafting anhidrida maleat dengan memvariasikan pemberian PSKS dan tapioka komersil sebagai pembanding.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini bersifat eksperimental laboratorium dalam beberapa tahapan. Tahapan pertama Preparasi, kedua Tahap

Penggraftingan, ketiga Tahap Pembuatan komposit dan keempat Tahap Karakterisasi.

Bahan dan Peralatan

Bahan baku utama (primer) yang diperlukan dalam penelitian ini adalah pati kelapa sawit yang diekstraksi dari batang kelapa sawit yang merupakan limbah pohon sawit yang telah berumur 25 tahun tanam.

Bahan lainnya (sekunder) yang diperlukan dalam proses pembuatan bahan kemasan biodegradabel ini adalah air untuk proses ekstraksi, benzoil peroksida sebagai inisiator, xylene sebagai pelarut dan maleat anhidrid sebagai pengikat pati. Peralatan utama adalah alat refluks, 1 set cawan porselin, *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), *Scanning Electron Microscopy* (SEM), Thermal Analyzer Type DT 30 SHIMADZU – JAPAN.

Persiapan Pati Kelapa Sawit

Batang kelapa sawit yang diekstraksi berasal dari Perkebunan P.T Buana Estate Kabupaten Langkat Sumatera Utara yang sudah berumur 25 tahun. Proses ekstraksi dilakukan dengan cara menebang pohon kelapa sawit 1-2 m dari pucuk batang. Batang kelapa sawit dibelah dan dipisahkan dari kulit kerasnya, empelur yang didapat diserut menjadi bubuk dan ditambahkan air, kemudian diendapkan dan disaring sehingga terdapat pati dan ampas. Kemudian ampas dibuang, sedangkan air pati diendapkan kembali lalu disaring untuk mendapatkan pati. Kemudian pati dipanaskan dalam oven pada suhu 50% sampai kadar airnya 10%. Kemudian diayak dengan ayakan 140 mesh sehingga terdapat pati kelapa sawit yang halus dan kering.

Proses grafting Maleat Anhidrida pada PP

1g Maleat Anhidrida ditambahkan 90 mL xylene, kemudian ditambahkan 10g polipropilena. Direfluks dengan alat refluks selama 20 menit pada temperatur 135⁰C, agar semua bahan bercampur dengan sempurna, sehingga grafting dapat terjadi. Selanjutnya dilarutkan 0,1g benzoil peroksida dengan 10mL xylene dan ditambahkan kedalam campuran yang sudah direfluks terdahulu, direfluks selama 10 menit, dimana benzoil peroksida berfungsi sebagai oksidator. Hasilnya dituang dalam cawan porselen dan diuapkan hingga kering sehingga akan

diperoleh senyawa PP-g-MA yang kering dan halus.

Pembuatan campuran PP-g-MA dan pati

Proses pembuatan campuran PP-g-MA dan pati. sagu kelapa sawit dengan memvariasikannya dilakukan dengan menggunakan alat blender dan kemudian di press dengan alat cetak film (ukuran 15cm x 15cm) tebal 0,1 mm, mesin pengepress panas (Hydraulic Press). Setelah didinginkan diperoleh komposit PP-g-Ma dan PSKS yang akan dikarakterisasi.

Karakterisasi PP-g-MA-Pati Sagu

Proses karakterisasi meliputi karakterisasi sifat mekanis dengan Uji tarik berdasarkan ASTM-1822 type-L dengan beban 100kgf dan laju 50mm/menit dengan ketebalan 0,1 mm. Karakterisasi gugus fungsi dengan FTIR, Morfologi dengan SEM, Sifat thermal dan Uji biodegradable.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Mekanik

Dari data perhitungan kekuatan tarik dan kemuluran komposit PP-g-MA dan PSKS tersebut kondisi optimum ada pada perbandingan (97% : 3%) dimana mempunyai sifat mekanis yang paling optimum dengan harga *tensile strenght* 16,010 N/m² dan *elongation et break* 8,593% (Tabel 1).

Tabel 1. Hasil perhitungan Kekuatan Tarik Dan Kemuluran PP-g-MA + PSKS

No	Perbandingan (komposisi dan massa)	Yield Strength (N/m ²)	Tensile Strength (N/m ²)	Elongation et break (%)
1	99,5% PP-g-MA dan 0,5% PSKS	7,7499	2,4367	9,25
2	99% PP-g-MA dan 1% PSKS	32,765	10,3035	7,625
3	98% PP-g-MA dan 2% PSKS	22,072	6,9410	3,1875
4	97% PP-g-MA dan 3% PSKS	50,913	16,010	8,59375
5	96% PP-g-MA dan 4% PSKS	13,9302	4,3805	6,25

Dari tabel 1 dapat dilihat bahwa harga *tensile strength* dan *elongation et break* dari PP-g-MA dan PSKS sangat bervariasi sesuai dengan karakteristik bahan yang terlibat dan setiap perbandingan komposisi bahan memiliki karakteristik yang beragam sesuai dengan komposisi bahan penyusunnya. Dan dari data

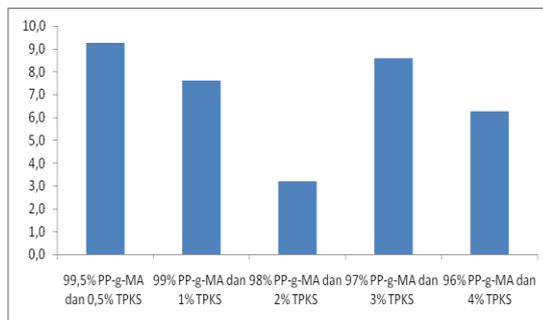
ini juga dapat dilihat bahwa karakteristik mekanik dari pati kelapa sawit ternyata relatif bersaing.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Kekuatan Tarik dan Kelumuran Tepung Tapioka Komersil + PSKS

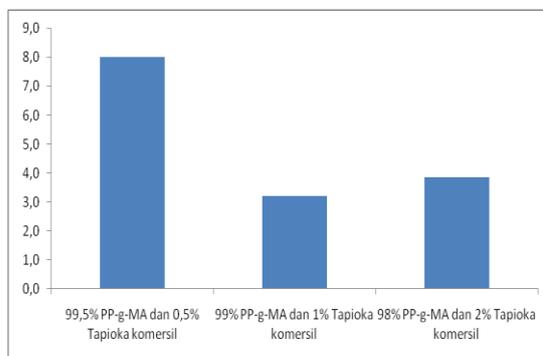
No	Perbandingan (komposisi dan massa)	Yield Strength (N/m ²)	Tensile Strength (N/m ²)	Elongation et break (%)
1	99,5% PP-g-MA dan 0,5% Tapioka komersil	22.157	7,1878	8
2	99% PP-g-MA dan 1% Tapioka komersil	19,914	6,262	3,21
3	98% PP-g-MA dan 2% Tapioka komersil	20,993	7,4346	3,847

Juga dapat dilihat bahwa dari pati sagu kelapa sawit ternyata relatif bersaing /kompototif jika dibandingkan dengan dengan harga karakteristik mekanik dari tapioka komersil (Tabel 2).

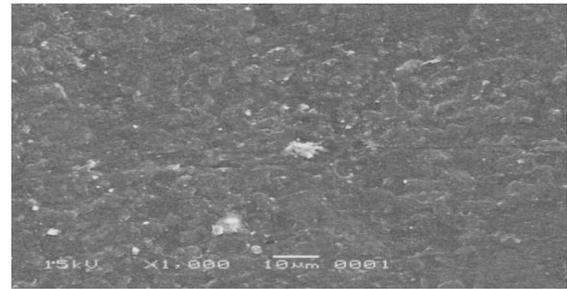
Dari gambar 1 dan 2 dapat dilihat bahwa harga *elongation et break* dari PP-g-MA dan PSKS dengan perbandingan 98% : 2% hampir sama dengan harga *elongation et break* dari tepung tapioka komersil dengan perbandingan 98% : 2% yaitu 3,187% dan 3,2178%. Menurut SNI 7188.7 : 2011 Persyaratan bahan



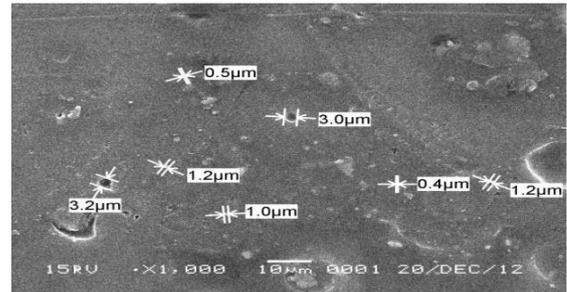
Gambar 1. Grafik *Elongation et break* (%) dari PP-g-MA dan PSKS



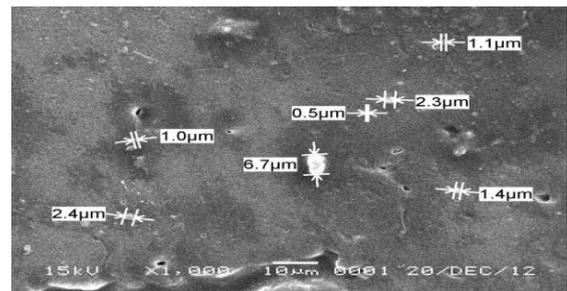
Gambar 2. Grafik *Elongation et break* (%) dari PP-g-MA dan Tapioka Komersil



Gambar 3. Uji SEM dari Polipropilena Murni Pembesaran 1000 kali.



Gambar 4. Hasil Uji SEM PPgMA 97% dan PSKS 3% perbesaran 1000 kali



Gambar 5. Hasil Uji SEM PPgMA 98% dan Tapioka Komersil 2% dengan perbesaran 1000 kali

kemasan biodegradabel, bahan baku yang terdiri dari campuran yang mengandung pati (*starch*) dan termoplastik dan mengandung zat pendegradasi dapat digunakan sebagai bahan kemasan.

Analisa Sifat Morfologi Dengan Uji SEM

Hasil analisa Uji SEM. dapat memberikan informasi tentang bentuk dan perubahan dari suatu bahan yang diuji dimana pada prinsipnya perubahan patahan, lekukan dan perubahan struktur dari bahan cenderung mengalami perubahan energi. Energi yang berubah tersebut dapat dipancarkan, dipantulkan, dan diserap serta diubah menjadi gelombang elektron yang dapat ditangkap dan dibaca hasilnya pada foto SEM.

Uji SEM pada gambar 3 terlihat permukaan polypropylena murni yang rata dan tidak ada pori-pori. Gambar 4 menunjukkan bahwa adanya butiran-butiran kecil di atasnya yang mengindikasikan bahwa butiran tersebut adalah pati yang tidak dapat berinteraksi dengan PP-g-MA. Namun, butiran tersebut berukuran micron yaitu sangat kecil, sehingga dapat dikatakan hasil permukaan rata dan antara PP-g-MA dan pati sagu kelapa sawit dapat berinteraksi dengan baik untuk menghasilkan plastik terbiodegradasikan. Gambar 5 menunjukkan adanya butiran-butiran kecil di atasnya yang mengindikasikan bahwa butiran tersebut adalah pati yang tidak dapat berinteraksi dengan baik. Ukuran dari butiran yang mengindikasikan tapioka yang tidak bereaksi adalah lebih besar dibanding dengan hasil Uji SEM dengan pati sagu kelapa sawit. Hal ini mungkin dipengaruhi oleh sifat tapioka komersil yang kemurniannya telah menurun pada saat produksi dan pengemasan, sehingga pencampuran yang dihasilkan kurang baik (Yunus, 2011).

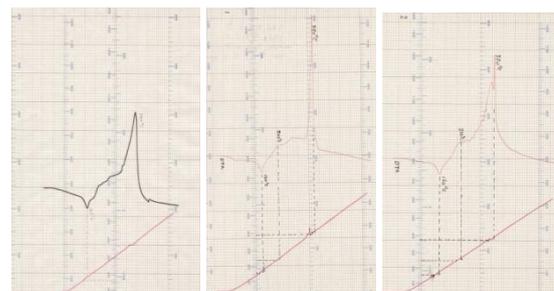
Sifat Thermal

Analisa thermal differensial merupakan salah satu cara untuk menentukan sifat thermal dari suatu sampel dengan mengukur perbedaan temperatur diantara sampel dengan pembanding yang dalam penelitian ini digunakan Al₂O₃. Analisa sifat thermal dapat memberikan informasi-informasi tentang perubahan sifat fisik sampel, misalnya titik leleh dan penguapan, terjadinya proses yang mencakup polimerisasi, degradasi dan dekomposisi (Wirjosentono, 1995).

Tabel 3. Hasil Uji DTA Polipropilena murni, PP-g-MA dan bahan kemasan plastik

No	Jenis Sampel	Titik Leleh (°C)	Titik Dekomposisi (°C)
1	Polipropilena Murni	165	350
2	PP-g-MA	160	390
3	PP-g-MA dan PSKS (98:2)	160	370
4	PP-g-MA dan PSKS (97:3)	150	370
5	PP-g-MA dan Tapioka Komersil (98:2)	160	370

Dari data termogram DTA polipropilena memperlihatkan adanya puncak endotermis pada suhu 160⁰C yang diidentifikasi sebagai temperatur leleh, dan adanya puncak



Gambar 6. Kromatogram Hasil Uji DTA

eksotermis pada suhu 350⁰C sebagai temperatur terbakar. Adanya perubahan titik leleh dalam hal ini adalah hasil modifikasi (hasil campuran) diduga karena melamahnya sifat gugus ujung dari polipropilena sehingga dibutuhkan suhu yang lebih rendah untuk melelehkan bahan tersebut. Namun pada temperatur terdekomposisi, menunjukkan kenaikan suhu ini diduga karena semakin kuatnya interaksi bahan campuran sehingga hasil yang didapatkan lebih sukar terbakar. Pada penambahan PSKS 3% terjadi penurunan titik leleh yang dikarenakan semakin banyaknya bahan organik yang ditambahkan namun titik dekomposisi tetap stabil hal ini disebabkan karena pati yang berasal dari alam dapat menstabilkan titik dekomposisi dari PP-g-MA.

Analisis FTIR

Sesudah penanaman dalam tanah menunjukkan adanya penurunan intensitas serapan gugus C=O yang menandakan terjadinya proses biodegradasi. Adanya perubahan bilangan gelombang gugus fungsi O-H stretching dan kenaikan intensitas serapan juga menandakan adanya mikroorganise yang terlibat dalam proses biodegradasi. Tahap pertama pada proses degradasi adalah pemutusan rantai utama membentuk fragmen-fragmen dengan berat molekul rendah (oligomer) yang dapat diassimilasi oleh mikroba. Berdasarkan uraian tersebut, dapat dilihat bahwa degradasi secara penanaman lebih cepat, karena semua faktor yang memicu terjadinya degradasi terdapat dilingkungan luar. Penurunan berat molekul terutama disebabkan oleh pemutusan rantai secara hidrolisis atau oksidatif. Hidrolisis terjadi menggunakan lingkungan air dengan penambahan enzim atau pada kondisi non-enzimatis. Dalam hal ini, autokatalisis, panas atau logam katalis juga menyebabkan



Gambar 7. Hasil sebelum dan sesudah proses penanaman dari PP-g-MA dan PSKS pada perbandingan (97 : 3) dan PP-g-MA dan tapioka komersil (98 : 2) pada tanah bakaran.

hidrolisis. Pemutusan oksidatif terutama karena adanya oksigen, logam katalis, sinar uv dan enzim.

Uji Biodegradabel

Penanaman spesimen bahan kemasan pada berbagai jenis tanah (tanah sampah, tanah kebun, tanah pasir) bertujuan untuk melihat tingkat biodegradasinya di alam, hal ini karena salah satu tempat akhir bahan kemasan adalah kembali ke tanah. Oleh sebab itu sangat perlu dilakukan pengujian sifat degradasi secara *in vivo* (pengomposan).

Penanaman spesimen dilakukan selama 60 hari dengan pengamatan setiap 20 hari sekali. Setelah dilakukan penanaman memperlihatkan laju pengurangan massa yang cukup besar pada tanah bakaran yaitu sebesar 48,7053%. Hal ini mungkin disebabkan karena jumlah nutrisi dalam tanah bakaran lebih banyak dibandingkan tanah lainnya sehingga jumlah dan jenis mikroba juga lebih banyak. Mikroba yang membantu proses degradasi dalam tanah adalah *pseudomous* dan *bacillus* yang memutus rantai polimer menjadi monomer-monomernya. Oleh karena itu, terjadi kinerja yang sinergis antara kegiatan beberapa mikroba (Wirjosentono, 1995).

4. SIMPULAN

1. Pati sagu kelapa sawit yang digunakan sebagai pengisi disediakan dengan ekstraksi hasil serutan batang kelapa sawit dari pucuk batang kelapa sawit sepanjang 1-2 m dimana dari satu batang kelapa sawit 1 meter dari pucuk akan menghasilkan 20 g

pati sagu kelapa sawit dan ukuran pati yang digunakan adalah 140 mesh.

2. Kondisi optimum dari plastik kemasan terbiodegrasikan polipropilena tergrafting anhidrid maleat dengan pengisi pati sagu kelapa sawit (PSKS) adalah pada perbandingan (97:3) dimana sifat mekanis yang paling maksimum dengan harga Tensil Strength 16,010 N/m² dan elongation et break 8,593%. Plastik kemasan yang dihasilkan dengan perbandingan (98:2) memenuhi SNI 7188.7:2011 dimana memiliki bahan pengisi dari bahan alam yang tidak mengandung logam berat, mempunyai harga elongation et break kurang dari 5% yaitu 3% dan dapat ditumbuhi mikroba begitu juga dengan tapioka sebagai pembanding serta didukung oleh uji SEM.
3. Interaksi kimia antara polipropilena dengan PSKS dengan adanya anhidrida maleat adalah dengan terbentuknya reaksi Esterifikasi yang dapat dibuktikan dengan Uji FTIR.
4. Sifat Thermal sangat baik dan sesuai dengan SNI

DAFTAR PUSTAKA

- Azemi, M.H. 1999. Physco-Chemical Properties of Oil Palm Trunk Starch. Utilation of Palm Tree and Other Palms. Page 211-219
- Christopher, H. 1981. Polymer Materials. Mac Millo Publihsers. LTD : London
- Ezzati, P. 2008. Rheological Behaviour of PP/EPDM Blend : The Effect of Compatibilization. Polymer Journal : Iranian
- Firdaus F., Mulyaningsih, S. dan Anshory, H. 2008. Sintetis Film Kemasan Ramah Lingkungan Dari Komposit Pati, Khitosan dan Asam Polilaktat dengan Pemlastik Gliserol : Studi Morfologi dan Karakteristik Mekanik. LOGIKA, Agustus 2008, Vol. 5 Nomor 1, hal. 13-18 ISSN 1410-2315
- Firdaus F, Mulyaningsih S., Darmawan E. (2005). Peningkatan Karakteristik Mekanik dan Ketahanan Air Film Plastik Biodegradabel dari Pati Singkong dengan Perlakuan Penthanol-1 dalam Proses Polimerisasi. Jurnal Sain dan Teknologi EKSAKTA ISSN 1411-1047, Vol.07, No.02, Edisi Agustus 2005, Hal.34-40

- Flieger, 2003. Pembuatan Plastik Biodegradabel Berbahan Dasar Pati. *International Journal of Molecular*.
- Ginting, S . 1995. Sifat-sifat Pasta Pati Batang Kelapa Sawit dalam Bentuk Derivat Asetat Dan Derivat berikatan Silang Fosfat pada Berbagai pH (tesis). Program Pascasarjana Universitas Gajah Mada : Yogyakarta
- Latief, R. (2001). Teknologi Kemasan Plastik Biodegradabel. Makalah Falsafah Sains (PPs) Program Pascasarjana/S3 IPB, Bandung, http://www.hayati-ipb.com/users/Rudyct/indiv2001/rindam_latief.html
- Wirjosentono B. 1995. Analisis dan Karakterisasi Polimer. USU – Press: Medan.
- Yunus, D. N. 2011. Fungsionalisasi Polipropilena Terdegradasi Menggunakan Benzoil Peroksida, Anhidrida Maleat dan Divinil benzene Sebagai Bahan Perikat Papan Partikel Kayu Kelapa Sawit. Disertasi. Medan-USU.