

Modifikasi Polietilen sebagai komposit Plastik Polimer *Biodegradable* dengan *Filler* Tepung Kulit Pisang Talas

Rahmad Basuki, Ninis Hadi Haryanti, Suryajaya, Sadang Husain*

Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lambung Mangkurat, Jl. A. Yani km. 36 Banjarbaru, Kal-Sel

Email Korespondensi : sadanghusain@ulm.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.20527/flux.v18i1.8386>

Submitted: 28 April 2020; Accepted: 11 Maret 2021

ABSTRAK– Polimer sintesis polietilen LDPE telah dicangkok dengan polimer alami tepung kulit pisang talas (*Musa paradisiacal* Var *sapientum* L.). Penelitian ini bertujuan untuk membuat komposit plastik dari tepung kulit pisang termoplastik dengan plastik resin LDPE berdasarkan perilaku mekanik dan degradasi. Resin Low Density Polyethylene (LDPE), gliserol, kulit pisang, tanah humus, dan xylene p.a merupakan bahan baku. Pembuatan tepung kulit pisang termoplastik dengan penambahan konsentrasi gliserol 30% kemudian dilakukan penuaan selama dua minggu. Pencampuran tepung termoplastik kulit pisang dengan resin LDPE menggunakan perbandingan 1: 3, 2: 3, dan 3: 3. Xylene (coupling agent) sebanyak 6 kali dari total massa ditambahkan untuk meningkatkan kompatibilitas antara tepung kulit pisang termoplastik dan LDPE. Analisis sifat mekanik komposit menggunakan metode ASTM D638 dan komposit kemampuan biodegradasi dikarakterisasi menggunakan metode soil burial test. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tarik dengan perbandingan 1: 3, 2: 3, dan 3: 3 berturut-turut adalah 28,94 kg / cm², 36,16 kg / cm², 29,94 kg / cm². Persentase berat sisa menunjukkan kemampuan biodegradasi dengan perbandingan 1: 3, 2: 3, 3: 3 adalah 98,46%, 97,67%, 98,24%. Perbandingan tepung kulit pisang termoplastik 2: 3 dan LDPE memiliki nilai kekuatan tarik dan kemampuan degradasi terbaik. Perbandingan tepung kulit pisang termoplastik 2: 3 dan LDPE memiliki nilai kekuatan tarik dan kemampuan degradasi terbaik.

KATA KUNCI: Pisang Talas, Biodegradable, Polimer Matriks Komposit, Agen Kopling, Pencangkokan.

ABSTRACT–Synthetic polymer polyethylene LDPE has been grafted with natural polymers of banana talas (*Musa paradisiacal* Var *sapientum* L.) peels flour. This research intends to make plastic composites of the thermoplastic banana peels flour with LDPE resins plastic based on mechanic and degradation behaviors. Low-Density Polyethylene (LDPE) resins, glycerol, banana peels, humus soil, and xylene p.a are raw materials. Thermoplastic banana peels flour was produced by adding 30% glycerol concentration and then aging for two weeks. The mixing of the thermoplastic banana peels flour with LDPE resins using a ratio of 1:3, 2:3, and 3:3. Xylene (coupling agent) 6 times of the total mass were added to increase compatibility between thermoplastic banana peels flour and LDPE. The mechanical properties of the composite were analyzed using ASTM D638 method and the biodegradation capability composite were characterized using soil burial test method. The results show that tensile strength in the ratio of 1:3, 2:3, and 3:3 respectively were 28.94 kg/cm², 36.16 kg/cm², 29.94 kg/cm². The residual weight percentage shows the biodegradation capability in the ratio of 1:3, 2:3, 3:3 was 98.46%, 97.67%, 98.24%. The ratio of 2:3 thermoplastic banana peels flour and LDPE has the best value of tensile strength and degradation capability. The ratio of 2:3 thermoplastic banana peels flour and LDPE has the best value of tensile strength and degradation capability.

KEYWORDS: Talas banana, Biodegradable, Composite Matrix Polymer, Coupling Agent, Grafting.

PENDAHULUAN

Bahan pangan pada umumnya sangat sensitif dan mudah mengalami penurunan kualitas karena faktor lingkungan, seperti

O₂, H₂O, cahaya dan suhu (Arsa, 2016; Setiarto, 2020). Salah satu upaya untuk mencegah atau memperlambat fenomena tersebut adalah dengan memberi pengemas

yang tepat. Plastik merupakan salah satu pengemas primer yang memiliki sifat *barrier* yang sangat baik terhadap O₂, CO₂ dan H₂O. Plastik juga memiliki banyak keunggulan, diantaranya: fleksibel, ekonomis, transparan, kuat, tidak mudah pecah, bentuk laminasi yang dapat dikombinasikan dengan bahan kemasan lain, sebagian ada yang tahan panas dan stabil (Wahyu, 2009). Namun plastik juga mempunyai kelemahan, dimana bahan baku utama pembuat plastik berasal dari minyak bumi (sumber daya energi *non-renewable*), plastik juga berbahaya bagi kesehatan karena migrasi residu monomernya yang bersifat karsinogenik dalam kondisi tertentu, misal pada plastik PVC (*Polyvinyl Chloride*) dan plastik juga tidak dapat dihancurkan dengan cepat dan alami oleh mikroba penghancur di dalam tanah (Siswono, 2008).

Nurdin dari *British Broadcasting Corporate* (BBC) Indonesia (2015) menyatakan bahwa konsumsi plastik masyarakat Indonesia pada tahun 2013 mencapai 26.000 ton per hari atau sama dengan 9,5 juta ton per tahun. Meningkat 10 kali lipat dari data statistik Deputy Pengendalian Pencemaran Kementerian Negara Lingkungan Hidup (KLH) pada tahun 2003, dimana konsumsi plastik Indonesia sendiri pada tahun 2003 hanya 1,35 juta ton per tahun. Setelah menjadi sampah, pemerintah hanya mampu mengelola 20-30%, selebihnya ditimbun ke area pembuangan sampah. Salah satu upaya yang ditempuh untuk menghadapi sampah plastik konvensional adalah pengembangan plastik *biodegradable*. Karena sifatnya yang dapat kembali ke alam, plastik *biodegradable* merupakan bahan plastik yang ramah lingkungan.

Penelitian terkait plastik *biodegradable* telah dikaji oleh beberapa peneliti. Penelitian telah dilakukan oleh Deswita, Sudirman, & Sulungbudi (2010) menggunakan polimer sintetik *Polypropylene* (PP) sebagai matriks dengan *filler* Pati Tapioka; Widyasari (2010) menggunakan polimer sintetik LLDPE, LDPE dan HDPE sebagai sebagai matriks dengan *filler* Onggok Tapioka Termoplastis; Ningsih,

Mulyadi, & Yetri (2012) menggunakan polimer sintetik PP sebagai matriks dengan *filler* Pati Pisang; Irhamni & Zulfalina (2013) menggunakan polimer sintetik PP dan PS sebagai matriks dengan *filler* Pati Biji Durian; Inggaweni & Suyatno (2015) menggunakan polimer sintetik HDPE sebagai matriks dengan *filler* Pati Kulit Singkong.

Salah satu material yang bisa digunakan yaitu tepung kulit pisang talas (*Musa paradisiaca* var *sapientum* L.) termoplastis (TKPTT) sebagai pengisi (*filler*). Pemilihan tepung kulit pisang sebagai *filler* didasarkan pada potensi kulit pisang yang melimpah dan belum dimaksimalkan. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia (2011), Kalimantan Selatan merupakan provinsi penghasil pisang paling banyak di Pulau Kalimantan, yaitu sekitar 77.921 ton. Pisang talas (*Musa paradisiaca* var *sapientum* L.) adalah salah satu jenis pisang khas Kalimantan Selatan yang memiliki prospek cerah ke depan. Pisang talas sangat laku di pasaran menyebabkan harganya cukup mahal (Rodinah, Nisa, & Rohmayanti, 2012) (Gambar 1). Bobot kulit pisang mencapai 40% dari buahnya dan kandungan pati kulit pisang mencapai 12,8% dari 100 gram berat keringnya (Emaga et al., 2007).

Kulit pisang mengandung pati sebesar 12,8%; serat sebesar 50,3%; protein 8,6%; sisanya lemak dan abu sebesar 28,3% per 100 gram bobot kering kulit pisang. Bobot kulit pisang sendiri mencapai 40% dari keseluruhan buahnya. Maka dengan demikian kulit pisang menghasilkan limbah dengan jumlah volume yang besar (Emaga et al. 2007).

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk

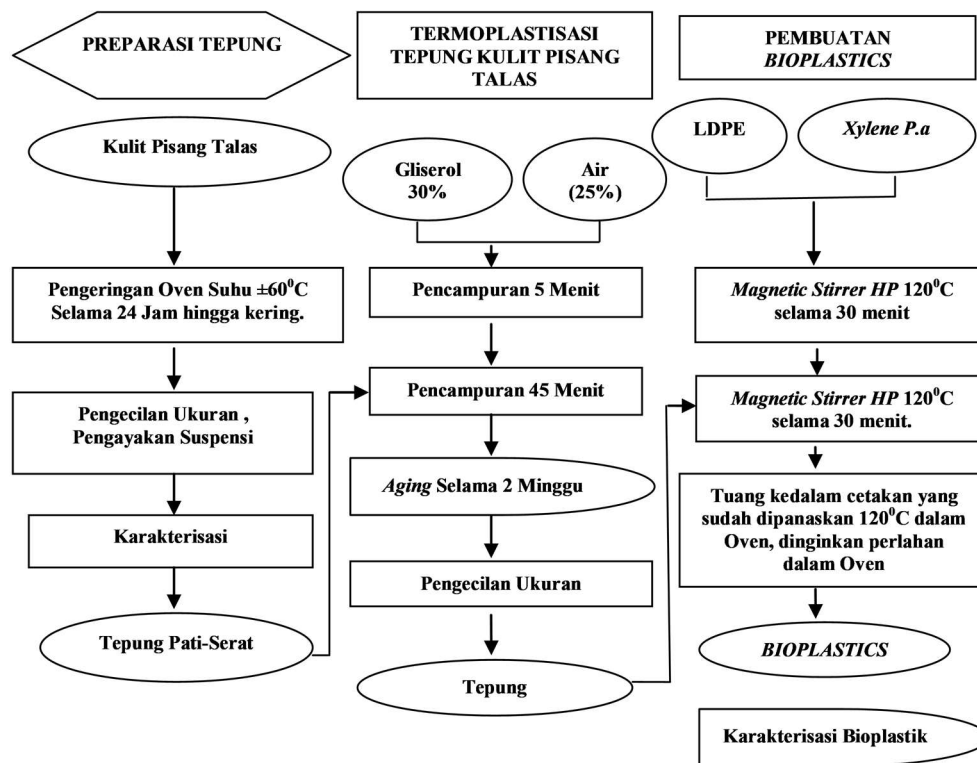


Gambar 1 Pisang Talas

mensintesis plastik biodegradable dengan meng-*grafting* TKPTT ke dalam polimer sintetik LDPE. Uji kandungan TKPTT diperlukan sebagai uji awal. Uji mekanik dan uji *biodegradable* diperlukan untuk melihat kualitas TKPTT tersebut. Untuk mengimbangi pengurangan kekuatan mekanik plastik akibat dari penambahan tepung kulit pisang talas, diperlukan termoplastisasi tepung dengan gliserol sebagai pemlastis. Untuk membuat polipaduan yang kompatibel antara LDPE dengan tepung kulit pisang talas termoplastis maka diperlukan penggandeng (*coupling agent*) berupa *Xylene* (Inggaweni & Suyatno, 2015; Handayani, Karo-Karo, & Sudirman, 2008).

METODE PENELITIAN

Bahan-bahan yang digunakan diantaranya serbuk murni polietilen (PE), gliserol, kulit pisang talas, tanah humus, xylene p.a, bahan penguji adanya pati pada serbuk kulit pisang (H_2SO_4 , NaOH, aseton/alkohol, etanol, indikator PP, *luff Schroll*, sodium tiosulfat, asam asetat, larutan iod), *polybag*, plastik dan akuades. Alat dan bahan yang digunakan diantaranya blender, pisau, ember, gelas erlenmeyer, gelas ukur, *hot plate*, *cabinet dryer*, ayakan (60 mesh, 120 mesh dan 230 mesh), timbangan analitis, pipet tetes, spatula, *magnetic stirrer*, *cabinet vacuum*, Uji mekanik berupa *dumb bell* atau ASTM 638 (UTM) dan Uji biodegradasi berupa timbangan analitis.



Gambar 2 Diagram alir proses pembuatan bioplastik



Gambar 3 (a) sampel dadu kulit pisang talas, (b) sampel tepung kulit pisang talas

Tahapan penelitian ditunjukkan pada Gambar 2. Kulit pisang talas dicuci kemudian dipotong-potong menjadi kubus-kubus berukuran 2 cm³ dan dikeringkan dalam *cabinet dryer* pada suhu 60°C selama 24 jam (Gambar 3(a)). Kubus-kubus pisang yang sudah kering kemudian digiling dan diayak dengan ayakan 60 mesh untuk mendapatkan tepung pisang (Gambar 3(b)). 100 g tepung pisang disuspensikan dalam 500 mL larutan natrium metabisulfit (Na₂S₂O₅) pada konsentrasi 100 ppm (100 mg Na₂S₂O₅ : 1000 mL akuades) pada *magnetic stirrer* dengan kecepatan 700 rpm selama 1 jam. Selanjutnya, suspensi dilewatkan pada ayakan 120 mesh untuk memisahkan fraksi padatan yang mengandung serat dan fraksi cairan yang mengandung pati. Fraksi cairan dibiarkan untuk mengendap selama 4 jam. Pati dikeringkan dalam oven pada 60°C selama 2 jam. Pati yang sudah kering digiling kembali dengan blender dan dilewatkan pada ayakan 230 mesh. Setelah itu, pati disimpan dalam wadah yang kedap udara (Nursihan & Anwar, 2012). Serat kulit pisang juga dihaluskan dengan perlakuan seperti pada pati pisang. Pati dan serat yang dihasilkan kemudian disiapkan untuk diuji kandungan proksimatnya).



Gambar 4 Sampel TKPTT

Sebanyak 6 g gliserol dicampur dengan 5 mL akuades dan diaduk selama 5 menit. Pada campuran tersebut, dimasukkan 14 g tepung kulit pisang dan diaduk selama 45 menit hingga homogen dan didapatkan sampel TKPTT. Sampel TKPTT dilakukan proses *aging* (pemeraman) selama 2 minggu agar campuran akuades dan gliserol dapat terserap sempurna

ke dalam tepung sehingga akan memberikan efek positif terhadap pati –serat termoplastis yang dihasilkan (Christianty, 2009; Widyasari, 2010) (Gambar 4).

Perbandingan TKPTT dan LDPE terdiri dari tiga komposisi, yakni sampel I 1:3 (2,5 g TKPTT :7,5 g LDPE); sampel II 2:3 (4 g TKPTT:6 g LDPE) dan sampel III 3:3 (5 g TKPTT:5 g LDPE). Penambahan *coupling agent xylene* dengan perbandingan 1:6 dari massa total sampel (10 gram:60 mL). 7,5 g LDPE ditambahkan 60 mL *xylene* pada suhu 120°C dan diaduk selama 30 menit dengan menggunakan spatula. Selanjutnya, 2,5 g TKPTT dimasukkan ke dalam larutan dan diaduk kembali menggunakan *magnetic stirrer hot plate* selama 30 menit dengan suhu 120°C sehingga didapatkan sampel homogen tidak menggumpal. Polimer plastik *biodegradable* dituang diatas cetakan kaca yang telah dipanaskan pada *cabinet dryer* bersuhu 120°C sehingga dihasilkan berupa lembaran plastik. Proses selanjutnya adalah penurunan suhu secara berkala dari 120°C menjadi 100°C, 90°C hingga 80°C pada *cabinet dryer*. Pada suhu 80°C *cabinet dryer* dimatikan, spesimen plastik selanjutnya didinginkan perlahan dan dikondisikan dalam cabinet dryer dengan suhu 27oC dengan kelembaban relatif 45-50% selama 24 jam untuk selanjutnya diuji kuat tarik (Christianty, 2009; Widyasari, 2010; Inggaweni & Suyatno, 2015). Perlakuan yang sama diberikan pada spesimen perbandingan 2:3 dan 3:3.

Lembaran sampel yang telah disiapkan dengan masing-masing komposisi 1:3; 2:3; 3:3 selanjutnya dikarakterisasi sifat mekaniknya dengan uji mekanik berdasarkan standar ASTM D 638 untuk mendapatkan nilai kekuatan tarik. Nilai kuat tarik dihitung berdasarkan Persamaan 1.

$$\sigma = \frac{F_{\text{maks}}}{A_0} \quad (1)$$

dengan σ sebagai kuat tarik (kgf/cm²), F_{maks} sebagai beban maksimum (kgf), dan A_0 sebagai luas penampang awal (cm²) (Callister & Rethwisch, 2010)

Untuk uji biodegradasi sampel dikuburkan ke dalam tanah humus yang

telah disiapkan ke dalam wadah *polybag* (metode *soil burial test*). Tanah yang digunakan adalah tanah humus yang bersumber tanah dan kotoran sapi. Masing-masing sampel dipotong berukuran 4x4 cm, dikubur dalam tanah dengan kedalaman 10 cm. Fraksi massa bioplastik ditimbang setiap dua hari sekali selama enam hari. Sebelum dikubur ke dalam tanah, bioplastik terlebih dahulu ditimbang. Kemudian tiap dua hari sekali sampel dikeluarkan dari dalam tanah untuk ditimbang dalam keadaan kering (Marbun 2012, Angaji & Hagheeghatpadjooh., 2004; Irhamni & Zulfalina, 2013).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Tepung Kulit Pisang

Tabel 3 Kandungan proksimat pada Kulit Pisang Talas

Parameter	Hasil (%)	Metode
Air	5	AOAC 1999
Abu	29,03	Gravimetri
Serat	40,14	SNI 1992
Lemak	6,33	Gravimetri
Karbohidrat	12,60	Luff-Schoorl
Protein	6,65	Kjedahl

Karakterisasi proksimat tepung kulit pisang meliputi analisis mutu. Analisis mutu mengacu pada besar kandungan air, abu, serat, lemak, protein dan karbohidrat pada kulit pisang talas khas Kalimantan ini. Hasil

analisis karakteristik proksimat kulit pisang talas tersaji pada Tabel 3. Sampel Polimer termoplastis *biodegradable* dapat dilihat pada Gambar 5.

Kadar air yang sangat tinggi akan mengurangi aglomerasi granula pati selama proses pencampuran plastik yang dapat menurunkan sifat mekanik plastik yang dihasilkan (Christianty, 2009; Widyasari, 2010). Serat merupakan polimer linier dengan struktur yang teratur, panjang dan tidak bercabang sehingga memiliki gaya dispersi yang maksimum. Kandungan serat sebesar 40,14% dan tertinggi diantara komponen lainnya. Hal ini akan berpengaruh terhadap sifat mekaniknya, Corradini *et al.*, 2007 menyatakan untuk mengatasi kelemahan pati termoplastis akan sifatnya yang rapuh adalah dengan cara menambahkan serat dan material organik lainnya. Abu merupakan bahan anorganik yang keberadaannya dipengaruhi oleh jenis pisang, tempat pisang tumbuh dan pengaruh lingkungan tanah serta air yang digunakan saat proses ekstraksi. Hasil penelitian Christianty, 2009; Widyasari, 2010 menyatakan bahwa adanya penghilangan protein pada pati beras menyebabkan dispersi pati lebih meningkat. Adanya protein dalam pati beras meningkatkan interaksi antar granula pati, sehingga menghalangi penyebaran pati yang dicampurkan kedalam matriks LDPE. Adanya lemak dalam pati akan menghambat granula pati untuk mengikat air. Lemak akan membentuk lapisan yang bersifat hidrofobik di sekeliling granula.



Gambar 5 Sampel polimer termoplastis *biodegradable*, dengan perbandingan Sampel TKPTT:LDPE sebesar (a) 1:3, (b) 2:3, dan (c) 3:3

Sifat Mekanik

Pengujian sifat mekanik kuat tarik dari hasil penelitian ini disajikan pada Tabel 4. Jika dibandingkan dengan kontrol LDPE yang digunakan dalam penelitian ini, telah terjadi penurunan kuat tarik. LDPE murni memiliki nilai kuat tarik 144 kgf/cm², sedangkan kuat tarik plastik campuran dengan komposisi TKPTT: LDPE sebesar 2:3 (Sampel II) yakni sebesar 36,16 kgf/cm²; perbandingan TKPTT:LDPE 1:3 (Sampel I) 28,94 kgf/cm²; perbandingan TKPTT:LDPE 3:3 (Sampel III) 29,94 kgf/cm². Dengan demikian, telah terjadi penurunan nilai kuat tarik yang cukup drastis dari plastik campuran yang dihasilkan dalam penelitian ini. Hal tersebut diduga belum maksimalnya ikatan *interfacial* antara LDPE dan tepung kulit pisang talas. Polimer sintetis dan tepung kulit pisang berbeda dalam tingkat kepolaran dan hidrofilitas yang menyebabkan reaksi antara gugus hidroksil tepung kulit pisang dan ikatan hidrogen atau kovalen polimer sintetis masih belum terbentuk sempurna (Christianty, 2009; Widyasari, 2010). Dalam hal ini, peran bahan pemlastis dan *coupling agent* yang ditambahkan masih belum optimal.

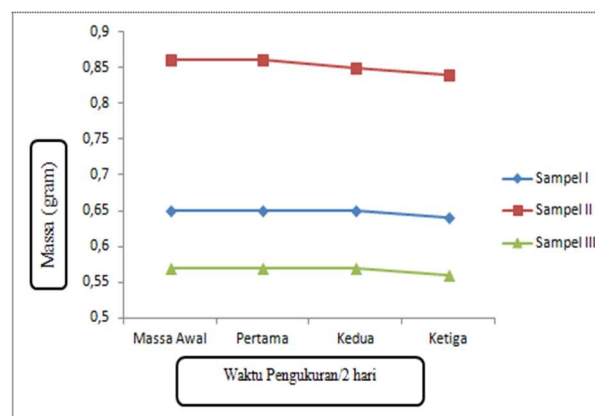
Tabel 4 Hasil uji nilai kuat tarik yang diperoleh dengan standar ASTM D638.

Kode Sampel	Perbandingan Komposisi (TKPTT: LDPE)	Nilai Kuat Tarik (Kg/cm ²)
I	1:3	28,94
II	2:3	36,16
III	3:3	29,94

Sifat Biodegradabilitas

Pengujian sifat degradasi pengurangan massa hasil penelitian ini disajikan pada Gambar 6. Penurunan massa tertinggi dimiliki oleh plastik campuran dengan komposisi TKPTT:LDPE 2:3 (Sampel II) pada pengukuran ketiga yakni sebesar 0,02 g dengan % berat residualnya adalah 97,67%. Pada TKPTT:LDPE 1:3 (Sampel I) penurunan

massanya, yakni 0,01 g dengan % berat residualnya adalah 98,46%. Komposisi TKPTT:LDPE 3:3 (Sampel III) penurunan massanya, yakni 0,01 g dengan persentase berat residualnya adalah 98,24%.



Gambar 6 Kurva hasil uji sifat degradasi pengurangan massa

Pengurangan bobot massa dapat terjadi karena selulosa mempunyai gugus hidroksil OH yang menginisiasi reaksi hidrolisis setelah mengabsorpsi air dari tanah. Polimer dari selulosa dan pati yang juga mempunyai gugus hidroksil OH akan terdekomposisi menjadi potongan-potongan kecil hingga menghilang dalam tanah. Polimer akan terdegradasi karena proses kerusakan atau penurunan mutu karena putusnya ikatan rantai pada polimer (Christianty, 2009; Widyasari, 2010). Proses dekomposisi tidak membutuhkan waktu yang cukup lama karena selain matriks tepung kulit pisang (pati-selulosa), terdapat gliserol sebagai *plasticizer* yang menyumbangkan gugus OH karena sifatnya yang hidrofilik dengan pati. Bioplastik dengan komposisi TKPTT:LDPE 2:3 tingkat penguraian yang tinggi karena laju difusi air ke dalam polimer lebih besar dengan lebih meratanya ikatan *interfacial* antara LDPE dan tepung kulit pisang talas.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data hasil penelitian yang telah dilakukan, maka didapat bahwa serat pada kulit pisang talas memiliki kandungan paling besar di antara kandungan lainnya (sebesar 40,14%). Terdapat pengaruh pencampuran TKPTT:LDPE yang

menyebabkan turunnya nilai kuat tarik dari sifat mula LDPE dan meningkatnya nilai degradasi mencapai 0,02 g dengan persentase berat residual maksimal 97,67%. Hasil uji menunjukkan bahwa filler tepung kulit pisang talas mampu membuat plastik LDPE menjadi plastik *biodegradable*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih pada PT.Indofood Suses Makmur, Tbk yang membantu dalam pendanaan penelitian ini sehingga penelitian bisa terlaksana.

DAFTAR PUSTAKA

- Angaji, M. T., & Hagheeghatpadjooh, H. R. (2004). Preparation Of Biodegradable Low Density Polyethylene By Starch-Urea Composition For Agricultural Applications. *Iranioan Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, 23(1), 7-11.
- Arsa, M. (2016). Proses Pencoklatan (Browning Process) pada Bahan Pangan. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Udayana Denpasar.
- Callister, W. D. & Rethwisch, D. G. (2010). *An Introduction Of Materials Science and Engineering, 8th Edition*. New York: John Wiley and Sons.
- Christianty, M. U. (2009). Produksi Biodegradable Plastic Melalui Pencampuran Pati Sagu Termoplastik Dengan Compatibilizer LLDPE. *Thesis*, Institut Pertanian Bogor.
- Corradini, E, Carvalho, A. J. F., Curvelo, A. A. de S., & Agnelli, J. A. M., & Mattoso, L. H. C. (2007). Preparation dan Characterization of Thermoplastic Starch/Zein Blends. *Material Researchs*, 10(3), 227-231.
- Deswita, D., Karo Karo, A., Tj. Sulungbudi, G., & Sudirman, S. (2018). Sintesis dan Karakterisasi Polimer Komposit Polipropilen Menggunakan Filler Tepung Tapioka untuk Bahan Kemasan. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 12(1), 24-29. doi:<http://dx.doi.org/10.17146/jsmi.2010.12.1.4556>.
- Emaga, T. H., Andrianaivo, R. H., Wathélet, B., Tchango, J. T., Paquot, M. (2007). Effects Of The Stage Of Maturation And Varieties On The Chemical Composition Of Banana And Plantain Peels. *Journal Food Chemistry*, 103(2), 590-600.
- Handayani, A., Karo, A., Deswita, D., & Sudirman, S. (2018). Perubahan Struktur Mikro Komposit Polipropilen-CaCo₃ Akibat Penambahan Coupling Agent 3-Aminopropil Trietoksisilan. Jakarta. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 9(2), 180 - 183. doi:<http://dx.doi.org/10.17146/jsmi.2008.9.2.4772>.
- Inggaweni, L. & Suyatno, S. (2015). *Karakterisasi Sifat Mekanik Plastik Biodegradable Dari Komposit HDPE Dan Pati Kulit Singkong*. Prosiding Seminar Nasional Kimia. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Surabaya. ISBN: 978-602-0951-05-8.
- Irhamni, I & Zulfalina, Z. (2013). *Modifikasi Komposit Matriks Polimer Biodegradable Dengan Bahan Pengisi Pati Biji Durian (Durio Zibethinus) Sebagai Bahan Kemasan*. Banda Aceh: Fisika Universitas Syiah Kuala.
- Marbun, E. S. (2012). *Sintesis Bioplastik Dari Pati Ubi Jalar Menggunakan Penguat Logam ZnO Dan Penguat Alami Selulosa*. Jakarta: Fakultas Teknik Jurusan Kimia Universitas Indonesia.
- Ningsih, E. S., Mulyadi, S., & Yetri, Y. (2012). Modifikasi Polipropilena Sebagai Polimer Komposit Biodegradabel Dengan Bahan Pengisi Pati Pisang Dan Sorbitol Sebagai Platisizer. *Jurnal Fisika Unand*, 1(1), 53-59.
- Nursihan, D. P & Anwar, S. (2012). *Pembuatan Pati Pisang dan Analisis Kandungan Glukosa, Asam Askorbat, serta Sifat Fungsionalnya sebagai Makanan Fungsional*. Semarang: Teknik Kimia,

Fakultas Teknik Universitas
Diponegoro.

- Rodinah, R., Nisa, C & Rohmayanti, E. (2012). Inisiasi Pisang Talas (Musa Paradisiacal Var Sapientum L.) Dengan Pemberian Sitokinin Secara In Vitro. *Jurnal Agroscientiae*, 19(2), 1-10.
- Sailaja, R. R. N & Chanda, M. (2001). Use Of Maleic Anhydride-Grafted Polyethylene As Compatibilizer For HDPE-Tapioca Starch Blends: Effects On Mechanical Properties. *J Appl Polym Sci*, 80(6), 863-872.
- Setiarto, R. H. B. (2020). *Teknologi Pengemasan Pangan Anti Mikroba Ramah Lingkungan*. Indonesia: Guepedia.
- Siswono, S. (2008). *Jaringan Informasi Pangan Dan Gizi, Volume XIV*. Jakarta: Ditjen Bina Gizi Masyarakat.
- Wahyu, M. K. (2009). *Pemanfaatan Pati Singkong sebagai Bahan Baku Edibel film*. Bandung: Jurusan Teknologi Industri Pangan, Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjajaran.
- Widyasari, R. (2010). *Kajian Penambahan Onggok Termoplastis Terhadap Karakterisasi Plastik Komposit Polietilen*. Bogor: Sekolah Pascasarjana IPB.