

Sintesa Bioplastik Dengan Penambahan ZnO Sebagai Penguat Serta Minyak Atsiri Sebagai Anti Mikroba Untuk Kemasan Makanan Ringan

Harunsiyah^{1*}, M. Yunus², Ridwan³, Halim Zaini⁴, Pardi⁵, dan Said Abubakar⁶

^{1,2,3,4} *Jurusan Teknikologi Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA*

¹harunsiyah@pnl.ac.id

⁵ *Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA*

Abstrak— Material kemasan ramah lingkungan terus mendapat perhatian saat ini. Upaya untuk memperbaikinya sifat mekaniknya telah dan terus dikembangkan melalui teknologi nanomaterial atau nanoteknologi. Penelitian ini adalah penelitian yang bersifat eksperimental yang dilakukan di laboratorium yang sering disebut sebagai Experimental Research. Tujuan utama penelitian ini adalah mempelajari sifat mekanik dari sintesa bioplastik berbasis pati ubi kayu yang dikombinasikan dengan penguat ZnO ke material bioplastik dan penambahan minyak atsiri sebagai anti mikroba. Tujuan penggabungan ZnO nanopartikel ke material bioplastik bertujuan untuk meningkatkan sifat mekaniknya. Metode yang digunakan di penelitian ini dengan casting method. Dari hasil uji analisa kuat tarik bioplastik yang terbaik dengan penambahan ZnO 0,8% sebesar 29,08 Mpa. Bioplastik bersifat hidrofilik atau tahan terhadap air dan juga tahan terhadap pertumbuhan jamur dengan adanya penambahan minyak atsiri. Untuk gugus fungsi bioplastik yang dihasilkan sama dengan komponen penyusunnya yakni pati dan adanya gugus C=O karbonil dan C-O ester dan ini yang menjadikan bioplastik bersifat ramah lingkungan.

Kata kunci— Bioplastik, minyak atsiri, mikroba, kuat tarik dan penguat ZnO

Abstract — Environmentally friendly packaging materials has been continued to receive attention today. Efforts to improve its mechanical properties have been and continue to be developed through nanomaterial technology or nanotechnology. This research is an experimental research conducted in a laboratory which is often referred to as Experimental Research. The main objective of this research was to study the mechanical properties of cassava starch-based bioplastic synthesis combined with ZnO reinforcement to bioplastic materials and the addition of essential oil as an antimicrobial. The purpose of incorporating ZnO nanoparticles into bioplastic materials is to improve their mechanical properties. The method used in this research is the casting method. From the test results obtained that the best of the bioplastic tensile strength analysis with the addition of 0.8% ZnO was 29.08 Mpa. Bioplastics are hydrophilic or resistant to water and are also resistant to fungal growth with the addition of essential oils. The functional groups of bioplastics produced are the same as their constituent components, namely starch and the presence of C=O carbonyl and C-O ester groups and this makes bioplastics environmentally friendly.

Keywords— Bioplastic, essential oil, microbes, tensile strength and ZnO reinforcement

I. PENDAHULUAN

Saat ini, intensitas penggunaan plastik sebagai kemasan pangan makin meningkat. Hal ini disebabkan oleh banyaknya keunggulan plastik dibandingkan bahan kemasan yang lain. Keunggulan yang dimiliki diantaranya ringan, kuat, tahan air, praktis dan murah. Plastik digunakan untuk berbagai macam keperluan seperti kemasan makanan, minuman, wadah untuk barang-barang belanja dan sebagainya sehingga plastik sangat diperlukan dalam kehidupan. Hampir setiap produk menggunakan plastik sebagai kemasan atau bahan dasar. Setiap tahun sekitar 120 juta ton plastik diproduksi dunia untuk digunakan di berbagai sektor industri. Kira-kira sebesar itulah sampah plastik yang dihasilkan setiap tahun [1]. Namun demikian permasalahannya plastik masih mempunyai sifat kurang menguntungkan. Plastik tidak mudah hancur karena lingkungan, baik oleh cuaca hujan dan panas matahari maupun mikroba yang hidup dalam tanah.

Plastik yang *notabene*-nya adalah salah satu senyawa polimer umumnya dibuat dari minyak bumi menjadi polimer seperti *polypropylene* (PP), *polycarbonate* (PC), dan *polyvinylchloride* (PVC). Penggunaan minyak bumi sebagai bahan baku pembuat plastik meninggalkan suatu permasalahan [2], [3] dan [4], antara lain:

- Minyak bumi merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui yang terbatas ketersediaannya di alam. Mengingat minyak bumi sebagian besar porsinya

digunakan sebagai bahan bakar baik untuk kebutuhan industri maupun perorangan, sudah barang tentu minyak bumi akan cepat habis.

- Konsumsi masyarakat akan plastik yang sangat besar mengakibatkan sampah plastik yang dihasilkan pun juga berjumlah besar. Karena berasal dari sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui, plastik tidak bisa didegradasi oleh alam. Hal ini tentu saja dapat menambah timbunan sampah yang ada dan lebih lanjut akan mencemari lingkungan.
- Beberapa orang melakukan pengolahan sampah plastik dengan cara membakarnya, padahal pembakaran plastik dapat memproduksi CO₂ yang meningkatkan efek pemanasan global. Selain itu uap yang dihasilkan dari pembakaran plastik pun bersifat karsinogenik yang sangat berbahaya bagi kesehatan.

Sampah plastik rata-rata memiliki porsi sekitar 10 persen dari total volume sampah. Dari jumlah itu, sangat sedikit yang dapat didaur ulang. Padahal, sampah plastik berbahan polimer sintetik tidak mudah diurai organisme dekomposer. Butuh 300-500 tahun agar bisa terdekomposisi atau terurai sempurna. Membakar plastik pun bukan pilihan baik. Plastik yang tidak sempurna terbakar, di bawah 800 derajat Celsius, akan membentuk dioksin. Senyawa inilah yang berbahaya [5].

Mengingat pemakaian material plastik selama ini terutama untuk bahan pengemas, dan juga karena masa pakainya sangat singkat. Maka pengembangan material plastic

ramah lingkungan (biodegradable) ini sangat penting, begitu juga mengingat ketersediaan cadangan minyak bumi kita yang terus berkurang serta semakin tingginya tuntutan produk yang aman dan ramah lingkungan sehingga timbul pemikiran penggunaan bahan alternative untuk membuat material polimer yang ramah lingkungan (biodegradabel). Biopolimer merupakan suatu senyawa polimer yang bahan bakunya berasal dari tumbuhan. Biopolimer yang dimaksud disini berupa pati-patian yang bersumber dari tanaman sebagai bahan dasar pembuatan plastic biodegradable ini.

Di Indonesia penelitian dan pengembangan teknologi kemasan plastik biodegradable masih sangat terbatas [6], [7], [8] dan [9]. Hal ini terjadi karena selain kemampuan sumber daya manusia dalam penguasaan ilmu dan teknologi bahan, juga dukungan dana penelitian yang terbatas. Dipahami bahwa penelitian dalam bidang ilmu dasar memerlukan waktu lama dan dana yang besar. Sebenarnya prospek pengembangan biopolimer untuk kemasan plastik ramah lingkungan di Indonesia sangat potensial. Alasan ini didukung oleh adanya sumber daya alam, khususnya hasil pertanian yang melimpah dan dapat diperoleh sepanjang tahun. Berbagai hasil pertanian yang potensial untuk dikembangkan menjadi biopolimer adalah jagung, sagu, kacang kedele, kentang, tepung tapioka, ubi kayu dan lain sebagainya.

Beberapa penelitian tentang sintesis plastik biodegradable telah dilakukan menggunakan bahan dasar pati [10], [11], [12] dan [13], namun plastik biodegradable yang dihasilkan memiliki kelemahan diantaranya memiliki sifat fisik yang rendah (kekuatan tarik dan elastisitas). Pati sendiri memiliki batasan bervariasi terkait dengan kelarutan dalam air. Lapisan tipis dari pati dapat dengan mudah rusak. Dari sisi ini perlunya penambahan zat lain sebagai penguat plastik tersebut. Jadi untuk meningkatkan karakteristik, biasanya pati dicampur biopolimer juga yang bersifat hidrofobik atau bahan tahan air. Dipilihnya asam polilaktat dikarenakan asam polilaktat bisa dimanfaatkan sebagai bahan baku plastik yang ramah lingkungan dan bersifat polar dan akan mudah berikatan dengan pati yang bersifat polar juga. Sehingga diperlukan adanya bahan tambahan untuk meningkatkan sifat fisik plastik tersebut. Untuk mengatasi sifat kaku dari plastik biodegradable, digunakan gliserol sebagai plasticizer agar plastik yang dihasilkan lebih elastis sedangkan untuk meningkatkan kekuatan tarik digunakan ZnO.

Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis komposit pati-patian dari pati ubi kayu dan penambahan ZnO sebagai penguat dan pati-patian sebagai bahan utama pembentuk plastik ramah lingkungan. Dalam penelitian ini, bioplastik ramah lingkungan diartikan sebagai plastik yang dapat didaur ulang dan dihancurkan secara alami, aman, mudah didaur ulang. Pati ubi kayu merupakan biopolimer karbohidrat yang dapat terdegradasi secara mudah di alam dan bersifat dapat diperbarui.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pemanfaatan pati ubi kayu sebagai alternatif bahan baku pembuatan plastik ramah lingkungan serta dapat memberikan nilai tambah pada pati yang bersumber dari pertanian.

II. METODOLOGI PENELITIAN

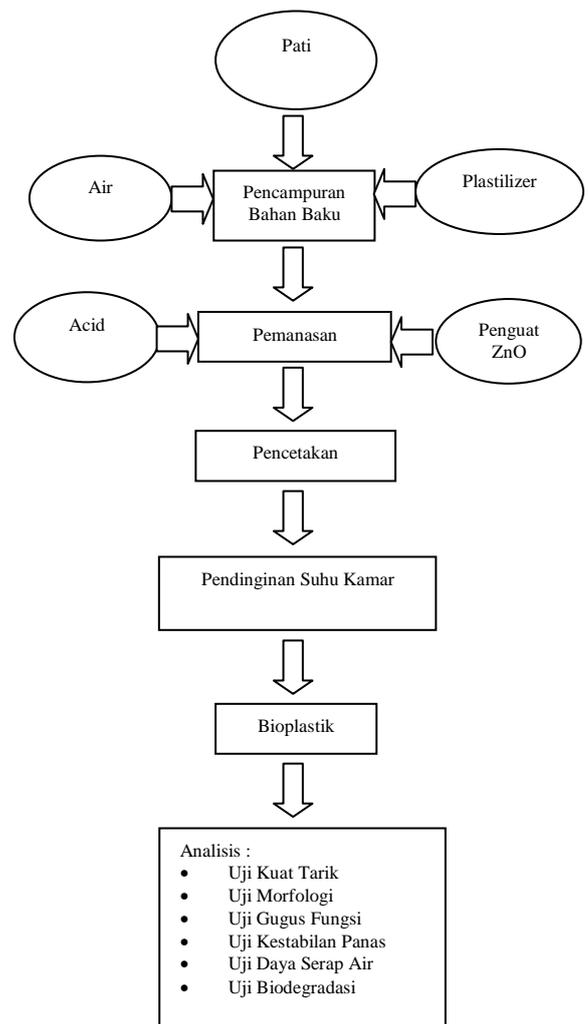
a) Bahan

Penelitian ini adalah penelitian yang bersifat eksperimental yang dilakukan di laboratorium yang sering disebut sebagai

Experimental Research. Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah pati ubi kayu yang sudah tua. Pati ubi kayu didapatkan dengan cara mengekstrak sederhana dari ubi kayu yang diperoleh pada pasar tradisional. Ubi kayu dikupas, dicuci dan diparut. Hasil parutannya ditambah air kemudian diperas dan disaring, serta didiamkan selama 12 jam untuk mengendapkan patinya. Endapan pati diambil dan dikeringkan dengan oven pada suhu 60 °C selama 24 jam kemudian disimpan pada kondisi temperatur ruang. Bahan utama yang kedua ZnO dan Clay diperoleh dari Sigma-Aldrich. Bahan pendukung lainnya yang diperlukan dalam proses produksi bioplastik ini minyak atsiri dan gliserol 85% (pa) sebagai bahan pemlastik (Merck Millipore)

b) Alat

- Pengujian kuat tarik (*Tensile Strangth, TS*) dan persen perpanjangan patah (*Elongation at Break, E%*) lembaran film plastik yang didapat dengan menggunakan alat *Computer Type Universal Testing Machine, MTS Type E43*. Semua pengujian yang dilakukan menggunakan acuan metode standard, ASTM-D638, [14], [15], [16].
- Pengujian morphology digunakan Scanning Elektron Microscopy JEOL, JSM-6510-LA Japan. Lembaran film plastik sebelum diuji perlu dicouting dengan lapisan tipis emas. Alat couting yang digunakan adalah JOEL, JFC-1600.
- Untuk menguji dan analisa derajat aktivasi pati dalah *Fourier Transform Infra-Red (FTIR)*-Shimadzu..



Gambar 1. Blok diagram penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Kuat Tarik

Sifat mekanis bioplastik dilihat dengan melakukan uji tarik. *Tensile strength* atau kuat tarik adalah kekuatan putus suatu bahan yang dihitung dari pembagian gaya maksimum yang mampu ditanggung bahan terhadap luas penampang mula-mula. Tujuan melakukan uji tarik adalah untuk mengetahui kekuatan tarik *biodegradable plastic atau bioplastik*.

Besarnya tegangan maksimum yang mampu ditahan oleh foam hingga titik putusnya dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$F_{maks} = m.a \tag{1}$$

Keterangan:

- F_{maks} = Tegangan maksimum (N)
- m = Tegangan maksimum (Kg)
- a = Percepatan gravitasi (m/s^2)

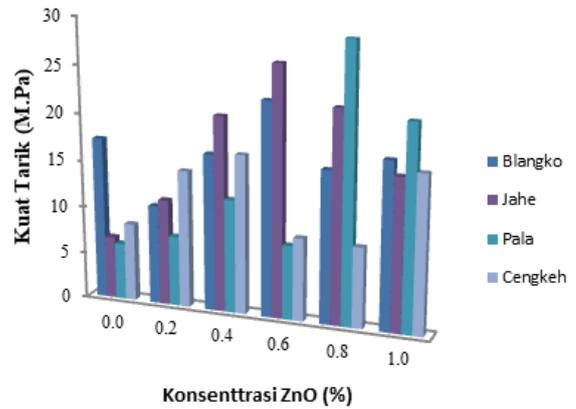
Besarnya nilai kuat tarik dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$\sigma = F_{maks} / A \tag{2}$$

Keterangan:

- σ = Kuat Tarik (MPa)
- F_{maks} = Tegangan maksimum (N)
- A = Luas penampang film yang dikenai tagangan (mm^2)

Kuat tarik [16] adalah salah satu uji untuk mengetahui tegangan maksimum suatu bahan. Sifat mekanik bioplastik seperti kuat tarik dipengaruhi oleh komponen komponen penyusunnya hasil sintesis bioplastik dengan variasi penguat ZnO bisa dilihat gambar 2 dan tabel 1.



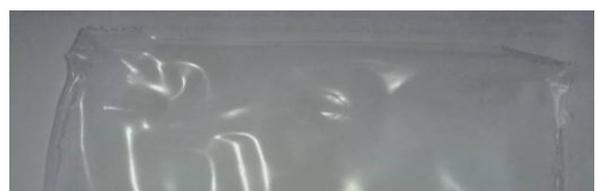
Gambar 2. Grafik kuat tarik untuk penguat ZnO pada berbagai jenis minyak

TABEL I
KUAT TARIK PADA BERBAGAI KONSENTRASI PENGUAT

Jenis Minyak	Kuat Tarik (M.Pa)					
	Penguat ZnO (%)					
	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
Cengkeh	8,3	14,59	16,81	8,77	8,52	16,61
Jahe	6,67	11,30	20,63	26,34	22,34	16,07
Pala	6,04	7,46	12,04	7,78	29,08	21,57

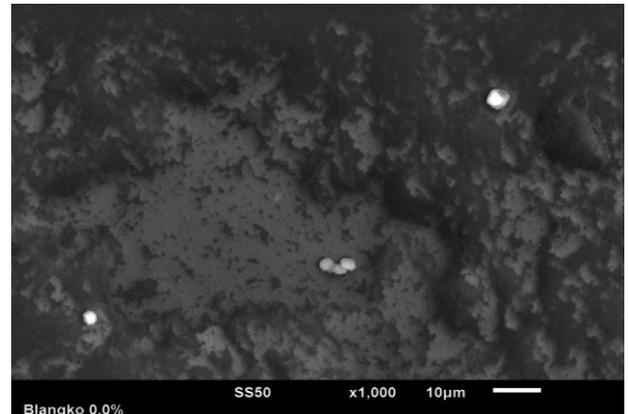
Dari Tabel 1. dan Gambar 2. dapat diketahui pengaruh konsentrasi penguat yang ditambahkan dalam pembuatan plastik biodegradable, terlihat bahwa dengan adanya konsentrasi penguat yang bertambah, kuat tarik bioplastik dan persentase elongansi menjadi semakin berkurang atau cenderung menurun. Hal ini terjadi karena penguat yang ditambahkan dalam komposisi penyusun bioplastik kurang menyisip kedalam struktur pati karena sudah jenuh (kebanyakan) dan kemudian juga ikatan hidrogen dalam pati berkurang dengan adanya plastilizer gliserol. Plasticizer gliserol yang dipakai juga memiliki kemampuan mengurangi ikatan hidrogen internal pada ikatan intermolekuler.

Penambahan plasticizer menurunkan kekuatan intermolekuler, meningkatkan fleksibilitas bioplastik dan sifat barrier film bioplastik kemasan. Hasil terbaik kuat tarik sebesar 29.08 Mpa terdapat pada sampel plastik dengan penambahan penguat sebanyak 0,8 ml dan plastilizer gliserol 5.0 ml dari larutan pati yang dibuat.



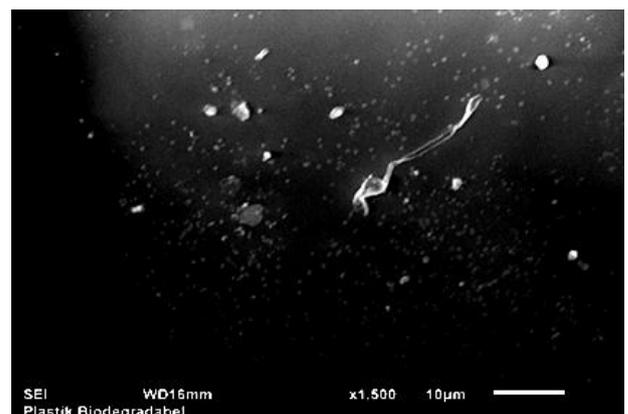
terhadap morfologi film bioplastik kemasan yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 2. Secara visual salah satu hasil scanning elektron microscopy film bioplastik kemasan yang dihasilkan dari komposisi optimum bahan baku pati ubi kayu dengan penguat 0,8 yang ditambahkan terlihat bahwa morfologi film kemasan yang dihasilkan tersebut tampak tidak porous dan tampak jauh lebih halus dengan distribusi bahan yang lebih merata, tidak terdapat retak maupun gelembung udara.

Gambar 3a. Bioplastik tanpa penguat



Gambar 3b. Bioplastik dengan penguat ZnO

Gambar 4a. Hasil Scanning Elektron Microscopy blangko



Uji Morfologi Bioplastik

Morfologi, higroskopisitas dan karakteristik mekanik bioplastik kemasan yang dihasilkan berkaitan erat dengan komposisi bahan penyusun seperti pati ubi kayu, penguat, dan plastilizer gliserol yang ditambahkan dalam mensintesa film bioplastik kemasan yang dihasilkan. Pengaruh konsentrasi penguat ZnO yang ditambahkan

Gambar 4b. Hasil Scanning Elektron Microscopy + ZnO

Memang kalau diperhatikan lagi morfologi film kemasan yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 4a dan 4b, ada sejumlah pati yang menggumpal ini dikarenakan terjadi pati tersebut tidak habis larut disebabkan oleh pengaruh kondisi temperatur pengadukan pada saat film plastik dibuat pada saat.

Uji Gugus Fungsi

Analisa *Fourier Transform Infrared* (FT-IR) digunakan untuk mengetahui gugus fungsi yang terbentuk dari sampel yang dihasilkan dan juga memprediksi reaksi polimerisasi yang terjadi. Analisa ini didasarkan pada analisis dari panjang gelombang puncak-puncak karakteristik dari suatu sampel. Panjang gelombang puncak-puncak tersebut menunjukkan adanya gugus fungsi tertentu yang ada pada sampel, karena masing-masing gugus fungsi memiliki puncak karakteristik yang spesifik untuk gugus fungsi tersebut.

Menurut data spektra pada Gambar 5. Spektra dari film bioplastik dengan plasticizer gliserol dan penambahan ZnO menghasilkan spektra yang hampir mirip dengan komponen penyusunnya yakni pati. Plastik bersifat hidrofil karena gugus fungsi plastik sama dengan komponen penyusunnya yakni pati. Maka yang terjadi adalah proses blending secara fisika dan adanya gugus C=O karbonil dan C-O ester menjadikan plastik bersifat ramah lingkungan (biodegradable).

Intensitas gugus OH karboksil pada bahan utama yakni pati lebih besar dibanding dengan plastik *biodegradable* OH karboksil dari molekul pati berkurang intensitasnya. Hal ini diakibatkan oleh plastilizer gliserol yang menyisip ke dalam rantai polimer bioplastik. Akibatnya intensitas OH karboksil antar molekul yang terjadi semakin sedikit dibanding dengan bahan utamanya pati. Bioplastik dengan penambahan penguat ZnO dan plastilizer gliserol memiliki intensitas OH karboksil yang lebih besar jika dibandingkan dengan bioplastik yang tanpa penambahan penguat ZnO. Hal ini disebabkan karena adanya gugus OH karboksil yang hanya ada pada gliserol saja.

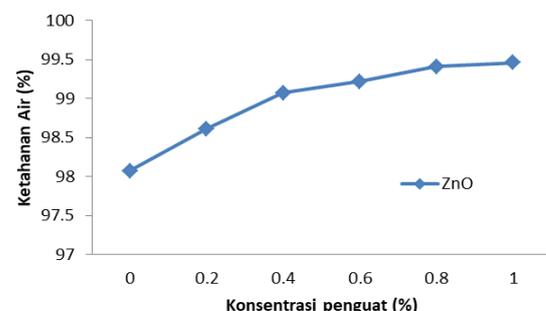
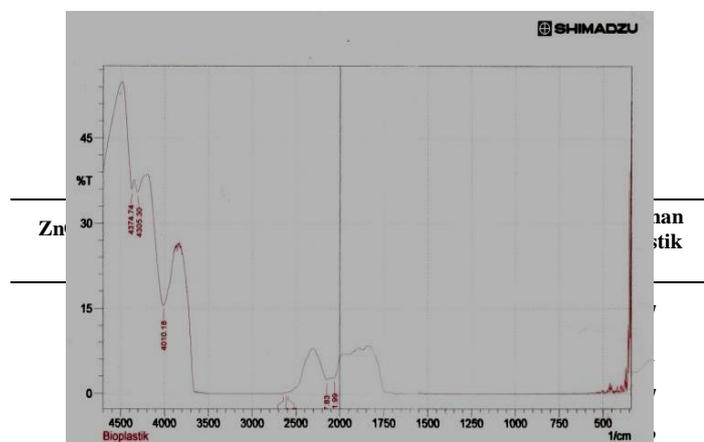
Uji Ketahanan Air (%Swelling)

Uji ketahanan air adalah uji yang dilakukan untuk mengetahui seberapa besar daya serap air terhadap bioplastik yang dihasilkan dengan melakukan uji persen swelling. Uji Swelling pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya penyerapan pada suatu bioplastik terhadap air. Pada film bioplastik setelah analisa, kadar air yang terserap pada bahan sangat sedikit atau daya serap air terhadap bioplastik rendah. Adapun pengaruh penambahan penguat ZnO sebagai penguat terhadap ketahanan air pada film bioplastik yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 2.

TABEL II
PERSENTASE DAYA SERAP AIR BAGAI KONSENTRASI PENGUAT

0.8	0.1844	0.2948	0.59	99.41
1.0	0.2239	0.3466	0.54	99.46

Gambar 5. Grafik Hasil Uji Analisa Fourier Transform Infrared bioplastik dengan penguat ZnO



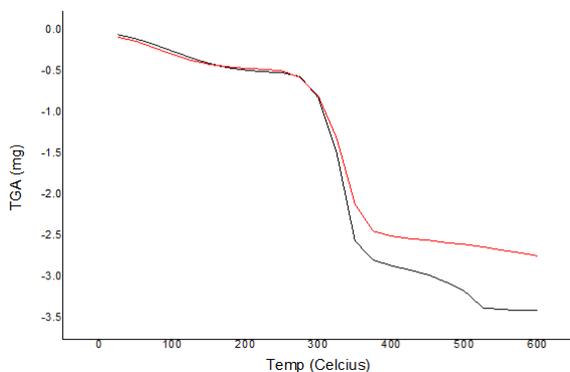
Gambar 6. Grafik dayaketahanan serap air pada berbagai jenis konsentrasi penguat ZnO

Berdasarkan gambar 6 terlihat bahwa kadar penyerapan air meningkat dengan penambahn konsentrasi ZnO pada yang ditambahkan. Hal ini terlihat bahwa semakin banyak penguat

yang ditambahkan semakin tinggi ketahanan air plastik tersebut. Pada uji ketahanan air ini membuktikan bahwa kemampuan menyerap air berkaitan dengan kemampuan degradasi [17] dan [18]. Artinya, semakin sedikit kandungan air pada suatu material maka sedikit lebih lama film bioplastik terdegradasi. Air merupakan media sebagian besar bakteri dan mikroba terutama yang ada didalam tanah. Sehingga kandungan air mengakibatkan plastik menjadi lebih mudah terdegradasi. Adapun faktor penyebab ketahanan film bioplastik terhadap air menjadi tinggi tersebut karena dengan penambahan jenis penguat yang digunakan.

Uji Termogravimetri Analisis (TGA)

Pada uji Termogravimetri Analisis (TGA) pada gambar 7 dilakukan untuk mengetahui ketahanan thermal dari bioplastik ketika diapanaskan dari suhu 40°C sampai dengan suhu mencapai 600°C. Termogravimetri Analisis (TGA) terjadi perubahan berat sampel selama proses analisa dilakukan. Hal ini dikarenakan sampel akan terbakar pada saat mencapai suhu tertentu. Proses kehilangan berat massa pada sampel terjadi karena proses dekomposisi yaitu proses pemutusan ikatan kimia.



Gambar 7. Grafik hasil uji termogravimetri (TGA) bioplastik dengan penguat ZnO

Gambar 3 grafik analisa termogravimetri analisis (TGA) pada bioplastik foam berbahan pati dengan penguat ZnO.

Pada gambar 3 grafik hasil analisa termogravimetri analisis (TGA) pada bioplastik pada suhu 387,86 °C terdekomposisi 9.130 mg dan masih bersisa 1.13 mg. Perubahan thermogram TGA terjadi karena perubahan panas pada bioplastik tetapi juga oleh terjadinya reaksi perubahan struktur dan perubahan fasa bioplastik tersebut. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi berat sisa yang terdekomposisi maka semakin bagus pula ketahanan thermal bioplastik tersebut.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh yaitu bahwa bioplastik berbasis pati ubi kayu dengan penguat ZnO dan penambahan minyak atsiri mempunyai potensi untuk dikembangkan dan memberikan pengaruh signifikan terhadap kekuatan bioplastik yang diperoleh. Bioplastik berbahan dasar pati ubi kayu dengan menggunakan plastilizer gliserol dan penambahan penguat ZnO memiliki sifat-sifat mekanis seperti putih transparan, bersih, homogen, mudah dilenturkan dan mudah ditangani. Kuat tarik maksimum bioplastik ramah lingkungan ini berbahan pati ubi kayu yang terbaik dengan plasticizer gliserol 2,0 ml dan penambahan penguat ZnO 0,8% sebesar 29,08 MPa. Bioplastik bersifat hidrofili atau tidak tahan terhadap air dan gugus fungsi film bioplastik yang dihasilkan sama dengan komponen penyusunnya yakni pati. Pada sintesa bioplastik yang terjadi adalah proses blending secara fisika dan adanya gugus C=O karbonil dan C-O ester menjadikan plastik bersifat ramah lingkungan (biodegradable).

REFERENSI

- [1] Firdaus F. dan C. Anwar, "Potensi Limbah Padat-cair Industri Tepung Tapioka sebagai Bahan Baku Film Plastik Biodegradable". *Jurnal Logika*. 1 (2): 38-44. 2004.
- [2] L. Janssen, L. Moscicki, Thermoplastic Starch, Willey-VCH Verlag GmbH & Co. 2009.
- [3] Q.X. Zhang, Z.Z. Yu, X.L. Xie, Kimiyoshi naito and yutaka kagawa, "Preparation and crystalline morphology of biodegradable starch/clay nanocomposites", *Polymer* 48, pp 7193-7200. 22007
- [4] Xu, X.Y., Kim, K.M., Hana, M.A. and Nag, D, "Chitosan starch composite film: preparation and characterization". *Ind. Crops. And Prods.*, vol 21, pp 185-192. 2005.
- [5] Vedder, T. 2008. Edible Film. <http://japemethe.port5.com> (diakses 26 Agustus 2009).
- [6] Khairunnisa, S. "Pengolahan Limbah Styrofoam menjadi Produk Fashion". *E-Proceeding of Art and Design*, 2006, vol 3(2), p 253-268.
- [7] Daulay. "Variasi Ukuran Partikel dan Komposisi Perakat Phenol Formaldehida Styrofoam Terhadap Kualitas Papan Partikel dari Limbah Batang Kelapa Sawit". Skripsi, Sumatera: Fakultas Pertanian, Sumatera Utara, 2014.
- [8] Hendrawati, N., Dewi, E. N., Santosa, S., Kimia, J. T., Malang, P. N., & No, J. S. "Karakterisasi Biodegradable Foam dari Pati Sagu Termodifikasi dengan Kitosan Sebagai Aditif". Vol 3 (9), pp 47-52, 2009.
- [9] Purnawan, C., Hilmiyana, D., Wantini., & Fatmawati, E. "Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu Untuk Pembuatan Kertas Dekorasi Dengan Metode Organosolv". *Jurnal EKOSAINS*, vol 4 (2), pp 1-6. 2012.
- [10] Chatakanonda, P., Chinachoti, P., Sriroth, K., Piyachomkwan, K., Chotineeranat, S., Tang, H.-R., Hills, B., "The influence of time and conditions of harvest on the functional behavior of cassava starch – a proton NMR relaxation study". *Carbohydrate Polymers* vol 53, pp 233-240, 2003.
- [11] Carrasco F, Pagèsb P, Gámez-Pérez J, Santana OO, MasPOCH ML. "Processing of poly(lactic acid): Characterization of chemical structure, thermal stability and mechanical properties". *Polymer Degradation and Stability*, vol 95, pp 116-25, 2010.
- [12] Fang, Q., and Hanna, M., "Preparation and characterization of biodegradable copolyester-starch based foams". *Bioresource Technology*, vol 78 (2), pp 155-122, 2015.

- [13] Algado, P.R., Schimdt, V.C., Sara, E., "Biodegradable Foam Based On Cassava Starch, Sun Flower Proteins and Cellulose Fibers by a Baking Process". *Journal of Food Engineering*, vol 85, pp 435-443, 2008.
- [14] Annual book of ASTM Philadelphia: American Society for Testing and Materials, D882-02; 1991.
- [15] Inggaweni, L. "Karakterisasi sifat mekanik plastik biodegradable dari komposit high density polyethylene (HDPE) dan pati kulit singkong", Seminar Nasional Kimia. 2015, Surabaya, Indonesia: Universitas Negeri Surabaya.
- [16] Sulchan M dan Endang NW. "Keamanan Pangan Kemasan Plastik dan Styrofoam". *Majalah Kedokteran Indonesia*. 2007, vol 57, pp. 54-59.
- [17] Derived, B. F., Friendly, E., & Packaging, F. "Biodegradable Foam dari Bonggol Pisang dan Ubi Nagarat sebagai Kemasan Makanan yang Ramah Lingkungan", pp 33-42, 2018.