

SINTESIS DAN KARAKTERISASI BIOPLASTIK BERBASIS PATI SAGU (*Metroxylon sp*)

Synthesis and characterization of bioplastic based on sago starch (*Metroxylon sp*)

Yuniarti L.I.¹⁾, Gatot S. Hutomo²⁾, Abdul Rahim²⁾

¹⁾ Mahasiswa Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Tadulako, Palu

²⁾ Staf Dosen Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Tadulako, Palu
Email : yuniartiimran@yahoo.com

ABSTRACT

The general aims of this research are the synthesis and characteristic of bioplastic base on sago starch with acetic acid and glycerol modification. The bioplastic characteristic consist of water vapour transmission rate (WVTR), water holding capacity (WHC), oil holding capacity (OHC), tensile strength, elongation, crystallinity, spectra of molecule structure by FT-IR (Fourier Transform Infra Red) and biodegradation. The research used 8 combination of acetic acid and glycerol such as 4,4%, 5%, 5,5%, 6,2%, 4,3%, 4,9%, 5,3% dan 6,1%. The results of this research showed that treatment by added of acetic acid and glycerol was improved the physic and mechanical nature of bioplastic. The result of water vapor transmission rate (WVTR) by treatment (acetic acid + glycerol added) 6,1%, 5% and 4,3% was different significantly. The best treatment the result of WVTR was 6,1% (acetic acid + glycerol added) with value of WVTR 5.28 g/m².jam. The result thickness analysis 0.021 cm, tensile strength 3.72 Mpa, elongation 16.65%, crystallin 14.39%. The FT-IR analisis was showed that the chemistry group function had change of slope at bond of -OH group that it was indication of reaction between biopolimer molecul betwen acetic acid with sago starch. The result of bioplastic sago starch as raw material and treatment by added acetic acid and glycerol would degradation in natural way by EM₄ microbial and used sand media about 24 days.

Key words : Sago starch, sintesys, characterization, bioplastic.

ABSTRAK

Tujuan umum penelitian ini adalah modifikasi sintesis dan karakteristik bioplastik berbasis pati sagu dengan asam asetat dan gliserol. Karakterisasi bioplastik meliputi laju transmisi uap air (WVTR), kemampuan menahan air (WHC), kemampuan menahan minyak (WHC), kekuatan tarik, pemanjangan, kristalinitas, spektra molekul oleh FT-IR dan biodegradasi. Penelitian ini menggunakan 8 kombinasi perlakuan meliputi 4,4%, 5%, 5,5%, 6,2%, 4,3%, 4,9%, 5,3% dan 6,1%. Hasil analisis menunjukkan bahwa perlakuan dengan penambahan asam asetat dan gliserol telah meningkatkan sifat fisik dan mekanik bioplastik. Hasil analisis laju transmisi uap air (WVTR) berbeda nyata pada perlakuan 6,1%, 5% dan 4,3% (penambahan asam asetat + gliserol). Hasil WVTR terbaik pada perlakuan 6,1% (penambahan asam asetat 10 mL + gliserol 3 mL) dengan nilai 5,28 g/m².jam, hasil analisis ketebalan 0,021 cm, kekuatan tarik 3,72 MPa, pemanjangan 16,65%, kristalin 14,39%. Hasil analisis FT-IR menunjukkan bahan kimia pada gugus fungsi terjadi kemiringan gugus -OH yang diduga akibat adanya reaksi antara molekul biopolimer dengan asam asetat dan gliserol. Hasil analisis menunjukkan bioplastik berbasis pati sagu dengan bahan asam asetat dan gliserol dapat terdegradasi secara alami dengan media pasir dan mikroba EM₄ selama 24 hari.

Kata kunci : Pati sagu, sintesis, karakterisasi, bioplastik.

PENDAHULUAN

Sampah plastik merupakan salah satu permasalahan yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Hal ini karena sampah plastik tidak dapat terurai oleh mikro organisme tanah, walaupun telah terkena cahaya matahari maupun hujan. Sampah plastik berdampak negatif serta menimbulkan masalah cukup serius terhadap lingkungan. Proses pengolahan kembali (*recycle*) tidak dapat mengatasi permasalahan sampah plastik yang menumpuk. Salah satu produk yang sedang dalam tahap penelitian yakni penggunaan bahan pati alami yang bersifat biodegradasi.

Menurut Jummi (2007), penggunaan bahan dasar plastik yang dapat didegradasi secara biologis oleh mikroorganisme alami terus dikembangkan dalam rangka mengurangi permasalahan lingkungan yang ditimbulkan oleh sampah-sampah non-organik, terutama sampah plastik. Keuntungan lain dari penggunaan bahan baku alami dalam pembuatan plastik adalah sifatnya yang merupakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui, sehingga keberadaannya dapat terus dilestarikan. Beberapa bahan yang dapat digunakan untuk pembuatan bioplastik adalah pati, selulosa, kitin, kitosan dan lainnya. Salah satu tanaman yang memiliki kadar pati tinggi yaitu tanaman sagu.

Komponen terbesar yang terkandung dalam sagu adalah pati. Produktivitas pati sagu kering mencapai 25 ton/ha/tahun, lebih banyak dibanding ubi kayu yang hanya 1,5 ton/ha/tahun, kentang sebesar 2,5 ton/ha/tahun maupun jagung sebesar 5,5 ton/ha/tahun (Haryadi, 1992). Sentra penanaman sagu di Indonesia adalah Papua, Maluku, Riau, Sulawesi Tengah dan Kalimantan. Pemanfaatan sagu di Indonesia hanya 10% dari potensi yang ada untuk pangan. Pati yang terkandung dalam sagu dapat diolah menjadi berbagai jenis pangan bahkan untuk pembuatan bahan baku industri. Salah satu pemanfaatan bahan pati di bidang industri yakni bioplastik.

Bioplastik adalah plastik yang dapat digunakan seperti layaknya plastik konvensional, namun plastik tersebut akan terurai oleh aktivitas mikroorganisme ketika dibuang ke tanah. Hasil akhir dari dekomposisi tersebut

adalah senyawa asalnya, yaitu air dan karbon dioksida. Plastik dalam pengertian ini adalah film atau lapisan tipis yang bersifat kuat namun fleksibel. Pada dasarnya film kemasan mensyaratkan sifat-sifat fleksibel, dapat-dicetak, tidak berbau, mampu menghambat keluar masuknya gas dan uap air (*barrier*), serta transparan (Pranamuda, 2001).

Sifat yang lain dari bioplastik yaitu dapat dihancurkan secara alami atau mikrobiologis, bahan bioplastik sebaiknya mudah diperoleh dengan siklus waktu penyediaan yang singkat (terbarukan). Bahan pertanian yang mempunyai potensi untuk pembuatan film kemasan bioplastik antara lain adalah polisakarida. Produksi pati di dunia dengan mempertimbangkan segi kebutuhan komparatif, polisakarida dari hasil pertanian bernilai lebih murah karena tersedia melimpah. Oleh karena itu, Beberapa penelitian terhadap polisakarida jenis pati sebagai bahan bioplastik telah dilakukan dengan menggunakan gandum (Bhatnagar dan Hanna 1995), biji kapas (Marquie *et al*, 1995), beras dan kacang polong (Mehyar dan Han, 2004), dan beberapa pati tropis (Pranamuda, 2001).

Dari uraian di atas maka salah satu solusi untuk mengurangi dampak kerusakan lingkungan akibat penumpukan sampah plastik yakni pembuatan bahan plastik terbuat dari bahan baku yang dapat terurai secara alami antara lain bioplastik berbasis pati sagu termodifikasi. Selain bahan baku plastik dapat terurai, bahan baku produk tersebut dapat terbaru karena jumlahnya yang melimpah di Indonesia. Produk ini diharapkan dapat mengurangi kerusakan lingkungan akibat penggunaan plastik sintetik.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Agroindustri, Fakultas Pertanian, Universitas Tadulako. Pelaksanaan penelitian pada bulan Maret hingga Agustus 2013. Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini yakni timbangan analitik, loyang, ayakan 40 Mesh, blender, penangas air, batang pengaduk, gelas kimia 50 mL dan 250 mL, gelas ukur 10 mL dan 100 mL, labu ukur 100 mL, labu

semprot, talam plastik, termometer, cawan porselin, oven, gegep, pendingin balik, pH meter, pipet tetes, pipet volume 5 mL dan 10 mL, *Erlenmeyer*, spektrofotometer, rak dan tabung reaksi, desikator, sentrifuse, shaker, toples, cawan petri kecil, silika gel, jangka sorong, gunting, *Mechanical Universal Testing Machine*, *Fourier Transform Infra-Red Spectrometer* (FTIR), X-ray difraktometer PRO Pert-x-ray, alat tulis menulis dan alat dokumentasi.

Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini yakni sagu basah, pati sagu, air bersih, akuades, asam asetat 60% dan 1 N, gliserol, kertas saring, HCl 25%, NaOH 45% dan 1 N, amilosa murni 0,2 g, etanol 95%, iodine 2%, minyak zaitun, NaCl 40%, sampel bioplastik, kalium bromida (KBr) dan mikroba EM₄.

Metode penelitian ini menggunakan 8 kombinasi perlakuan dengan penambahan asam asetat dan gliserol yang dilarutkan dengan akuades hingga mencapai 150 mL. Adapun 8 kombinasi perlakuan tersebut meliputi; A = 7 mL Asam asetat + 2 mL gliserol (4,4%), B = 8 mL Asam asetat + 2 mL gliserol (5%), C = 9 mL Asam asetat + 2 mL gliserol (4,3%), D = 10 mL Asam asetat + 2 mL gliserol (6,2%), E = 7 mL Asam asetat + 3 mL gliserol (4,3%), F = 8 mL Asam asetat + 3 mL gliserol (4,9%), G = 9 mL Asam asetat + 3 mL gliserol (5,6%) dan H = 10 mL Asam asetat + 3 mL gliserol (6,1%). Kombinasi perlakuan tersebut diulang sebanyak 3 kali sehingga terdapat 24 satuan percobaan. Sampel bioplastik kemudian dianalisis *water vapor transmission rate* (WVTR) dan memilih tiga perlakuan dengan nilai WVTR terendah, menengah dan tertinggi. Sampel bioplastik yang telah terpilih kemudian dianalisis karakteristik ketebalan, kekuatan tarik (*tensile strength*), pemanjangan (*elongation*), kristalin, spektra molekul dengan FT-IR dan biodegradasi.

Pembersihan Pati Sagu. Pembersihan pati sagu dimulai dengan penimbangan 2 Kg sagu segar (sagu basah). Setelah penimbangan dilakukan tepung sagu basah dibersihkan menggunakan air bersih. Tepung sagu basah disaring dengan ayakan dan kemudian didiamkan selama 3 jam hingga terjadi pengendapan pati sagu. Setelah 3 jam pati sagu yang telah

mengendap dipisahkan dari air. Kegiatan tersebut diulang sebanyak 3 kali atau hingga pati sagu bersih. Tujuannya agar pati sagu dapat terpisah dengan kotoran lainnya. Untuk satu kali pencucian pati sagu digunakan 1 liter air bersih. Pati sagu yang telah bersih lalu dijemur di bawah sinar matahari hingga kering. Setelah kering pati sagu diblender kering dan diayak kembali menggunakan ayakan 60 mesh. Pati sagu yang telah diayak lalu ditimbang kembali dan dimasukkan ke dalam wadah.

Pembuatan Bioplastik. Pembuatan bioplastik berbasis pati sagu dengan cara menimbang pati sagu murni sebanyak 10 g. Kemudian pati sagu tersebut ditambahkan akuades sebanyak 150 mL, pati sagu dipanaskan di atas penangas air dengan suhu 100⁰C sambil diaduk-aduk. Lalu asam asetat ditambahkan sesuai perlakuan yakni 7 mL, 8 mL, 9 mL dan 10 mL serta tambahkan gliserol sesuai perlakuan yakni 2 mL dan 3 mL.

Setelah sampel mulai membentuk gel, diaduk-aduk selama 10 menit. Sampel dituang ke dalam talam plastik dan dikeringkan selama 2 hari pada suhu ruangan. Sampel yang telah kering kemudian dianalisis karakteristik fisik, mekanik dan kimia. Analisis pati alami meliputi kadar air, kadar pati, kadar amilosa, kadar amilopektin, kemampuan menahan air atau *water holding capacity* (WHC), kemampuan menahan minyak atau *oil holding capacity* (OHC) sedangkan untuk analisis karakterisasi bioplastik yaitu laju transmisi uap air atau *water transmission rate* (WVTR), ketebalan, kekuatan tarik (*tensile strength*), pemanjangan (*elongation*), kristalin, spektra molekul dengan FT-IR dan biodegradasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Kimia dan Sifat Fungsional Pati. Komposisi kimia dan sifat fungsional pati sagu hasil penelitian berbeda dengan komposisi kimia pati aren hasil penelitian Rahim *et al* (2010). Perbedaan komposisi kimia dan sifat fungsional tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti varietas sagu, umur panen sagu, syarat tumbuh tanaman (iklim,

kelembaban, tanah ketinggian habitat tanaman sagu dan pH).

Tabel 1. Komposisi Kimia dan Sifat Fungsional Pati

| Parameter | Pati Sagu (Hasil Penelitian) | Pati Aren |
|-----------------------|------------------------------|-----------|
| Kadar air (%) | 11,58 | 7,75 |
| Kadar pati (%) | 82,94 | 90,49 |
| Kadar amilosa (%) | 28,11 | 31* |
| Kadar amilopektin (%) | 71,89 | 69* |
| WHC (g/g) | 2,15 | 0,77 |
| OHC (g/g) | 2,41 | 0,49 |

Sumber : Alam, 2006; * Rahim dkk., 2010

Kandungan patinya bergantung pada jenis sagu, umur dan habitat pertumbuhannya. Pada umur panen sagu sekitar 11 tahun ke atas, empulur sagu mengandung pati sekitar 15-20% (Juari, 2006).

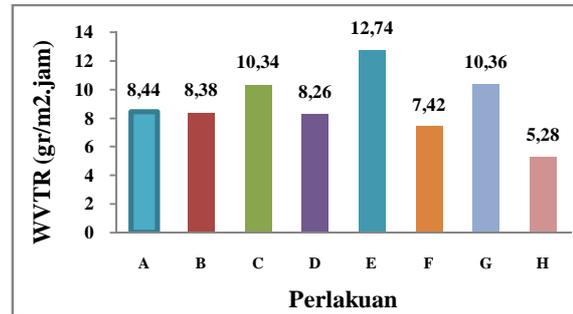
Sifat fungsional pati sagu meliputi kemampuan menahan air atau *water holding capacity* (WHC) dan kemampuan menahan minyak atau *oil holding capacity* (OHC) berbeda dengan sifat fungsional pati aren. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh besarnya granula pati. Semakin besar granula pati maka akan semakin besar pula kemampuan menahan air dan minyak.

Karakteristik Bioplastik Pati Sagu

Water vapor transmission rate (WVTR). Berdasarkan hasil laju transmisi uap air atau *water vapor transmission rate* (WVTR) (Gambar 1) menghasilkan nilai yang bervariasi mulai dari E (4,3%) sebesar 12,74 g/m².jam hingga yang terendah pada perlakuan H (6,1%) yakni 5,28 g/m².jam. Perlakuan terbaik hasil WVTR yakni perlakuan H (6,1%), hal ini disebabkan oleh laju uap air yang menembus permukaan bioplastik sangat rendah. Nilai WVTR yang rendah dipengaruhi oleh penambahan asam asetat dan gliserol .

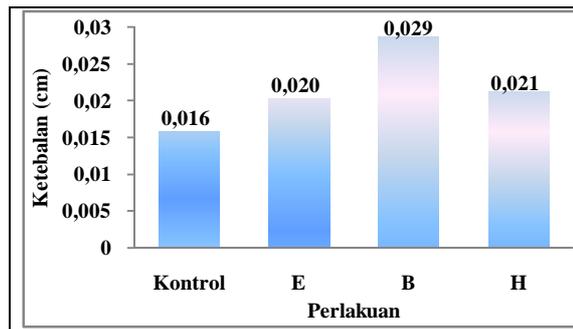
Menurut Gontard *et al.* (1993), penambahan gliserol akan menyebabkan kerapatan molekul berkurang sehingga terbentuk ruang bebas pada matriks film yang memudahkan difusi air dan gas. Dari hasil WVTR memilih tiga perlakuan yakni terendah H (6,1%), menengah B (5%) dan

tertinggi E (4,3%) serta dilanjutkan dengan analisis ketebalan, *tensile strength*, *elongation*, gugus fungsi, kristalin dan biodegradasi.



Gambar 1. WVTR Bioplastik pada Berbagai Perlakuan

Ketebalan. Berdasarkan Gambar 2 ketebalan bioplastik memiliki nilai ketebalan yang bervariasi yakni konsentrasi B (5%) sebesar 0,029 cm, konsentrasi H (6,1%) yaitu 0,020 cm, konsentrasi E (4,3%) yaitu 0,021 cm dan terendah kontrol 0,016 cm.

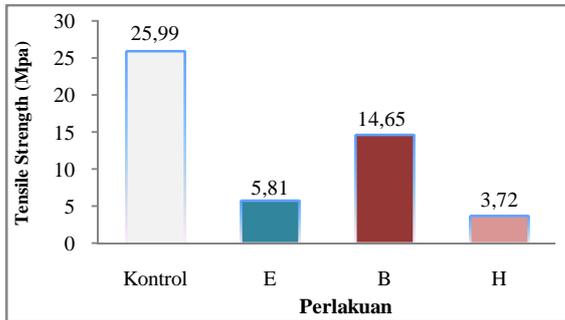


Gambar 2. Ketebalan Bioplastik pada Berbagai Perlakuan

Ketebalan bioplastik dipengaruhi oleh banyaknya padatan terlarut dan luas permukaan wadah. Nilai ketebalan yang berbeda disebabkan oleh banyaknya padatan terlarut yang merupakan komponen penyusun. Menurut Park *et al.* (1996), ketebalan bioplastik dipengaruhi oleh luas cetakan, volume larutan, dan banyaknya total padatan terlarut.

Tensile strength. Berdasarkan Gambar 3 menunjukkan nilai *Tensile strength* (kekuatan tarik) yang bervariasi. Nilai TS terbaik pada konsentrasi B (5%) sebesar 14,65 MPa. Nilai TS tersebut dipengaruhi oleh penambahan gliserol sebagai bahan pemplastis pada bioplastik pati sagu. Nilai TS bioplastik tanpa penambahan gliserol maupun asam

asetat lebih tinggi yakni 25,99 MPa dibandingkan nilai TS dengan penambahan gliserol dan asam asetat.



Gambar 3. Tensile Strength Bioplastik pada Berbagai Perlakuan

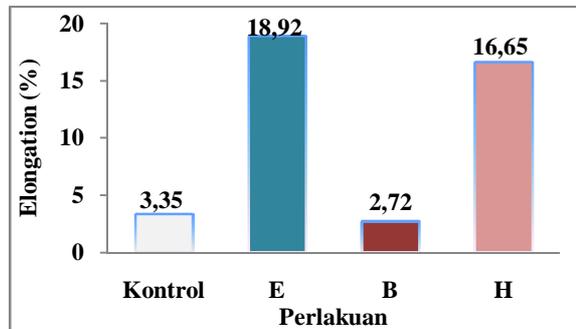
Pada penelitian sebelumnya oleh Veronica (2007), pemberian gliserol konsentrasi 20% sebesar 6,55 MPa memiliki nilai TS yang lebih kecil dibandingkan dengan pemberian gliserol konsentrasi 10% yakni 69,79 MPa. Peningkatan jumlah gliserol akan menghasilkan bioplastik dengan TS yang lebih rendah. Hal ini disebabkan penambahan gliserol mengakibatkan pengurangan kekuatan gaya antar molekul sehingga mobilitas antar rantai molekul meningkat (Gennadios *et al.*, 1990). Menurut ASTM D 638 M-III bahwa TS dipengaruhi oleh bahan plastisitas yang ditambahkan dalam proses pembuatan film.

Elongation. Nilai *elongation* bioplastik terendah pada perlakuan kontrol dan tertinggi perlakuan E (4,3%). Hal ini disebabkan oleh pengaruh penambahan gliserol sebagai bahan plastisitas. Molekul pati sagu telah berikatan dengan molekul-molekul gliserol dan membentuk ikatan hidrogen (terlihat pada hasil analisis gugus fungsi).

Nilai *elongation* tersebut sama dengan hasil penelitian Eva (2007), Penambahan bahan plastisitas Tween20 sebesar 5% mampu

meningkatkan *elongation* menjadi 1,22% pada bioplastik poli-hidroksialkanoat (PHA). Hal ini kemungkinan disebabkan oleh panjangnya rantai polimer (bobot molekul) yang berbeda. Sifat suatu bahan polimer dipengaruhi panjang rantai polimer (bobot molekul), susunan rantai di dalam polimer, serta derajat kristalin (Cowd, 1991).

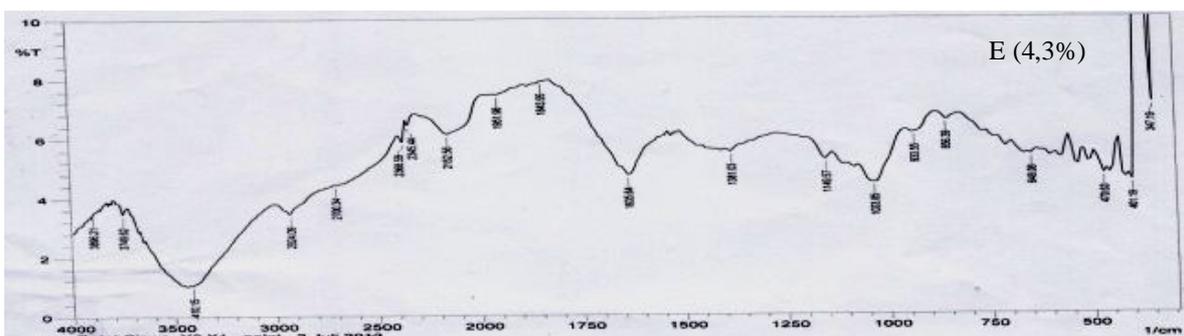
Peningkatan *elongation* disebabkan oleh terbentuknya ikatan hidrogen antara molekul PHA dan molekul Tween 20. Ikatan hidrogen lebih panjang dari ikatan kovalen tetapi ikatannya lebih lemah (Companion, 1991). Semakin banyak ikatan hidrogen yang terbentuk menyebabkan rantai semakin panjang. Oleh karena itu terjadi peningkatan *elongation* rantai setelah penambahan bahan plastisitas Tween20.

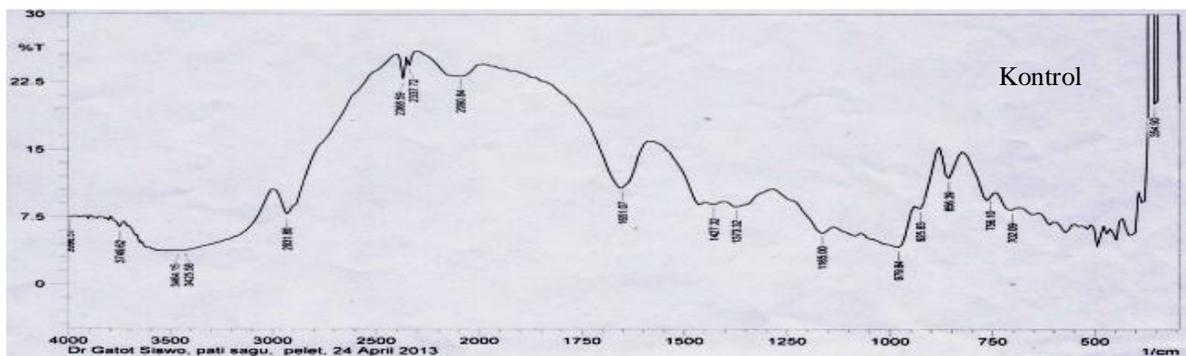
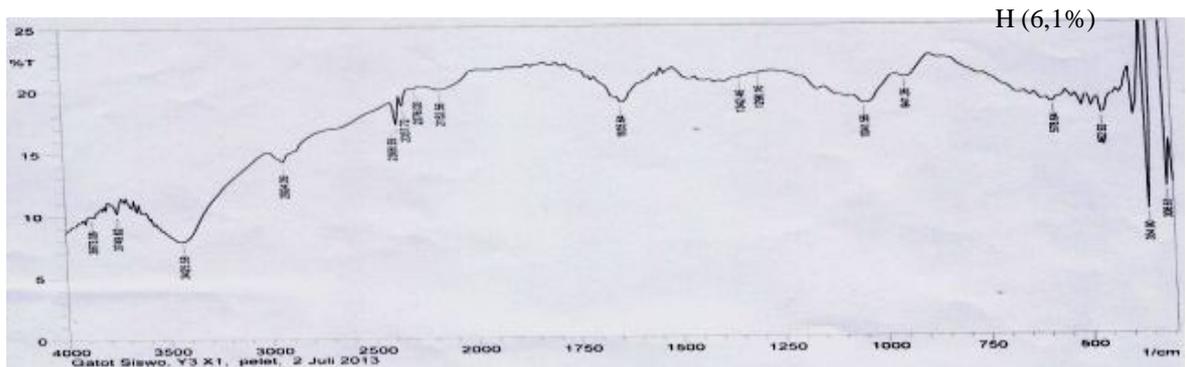
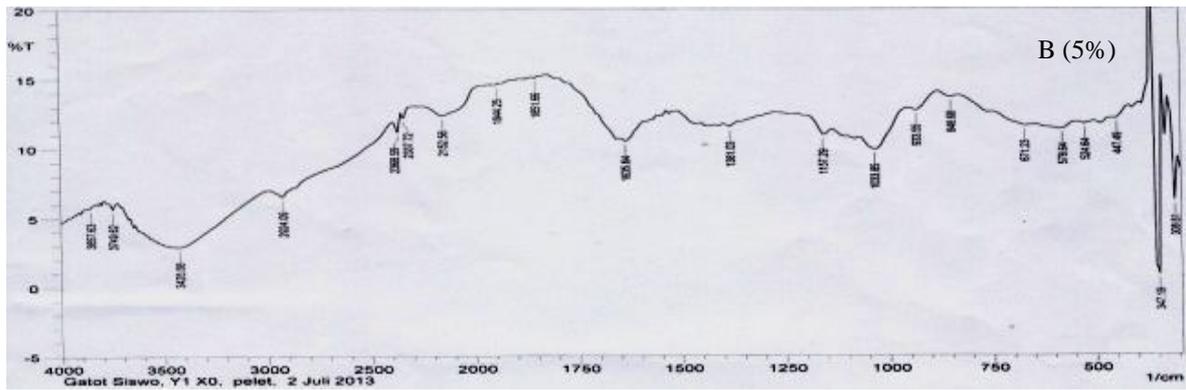


Gambar 4. Elongation Bioplastik pada Berbagai Perlakuan

Peningkatan nilai *elongation* ini sesuai dengan pernyataan Figuly (2004) yang mengatakan bahwa bahan plastisitas yang ditambahkan dapat meningkatkan *elongation* suatu bahan polimer.

Gugus fungsi. Berdasarkan Gambar 5 terlihat perubahan ikatan -OH yang semakin berkurang.





Gambar 5. Gugus Fungsi Bioplastik pada Berbagai Perlakuan

Pada panjang gelombang 2924-2931 cm^{-1} merupakan ikatan gugus -CH stretching CH_2 dan CH_3 . Ikatan gugus -C=O atau gugus karbonil yakni pada panjang gelombang 1635-1651 cm^{-1} .

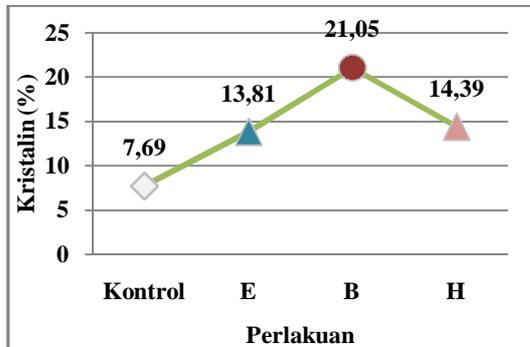
Gugus fungsi bioplastik memiliki nilai spektra sebesar 3426,58 cm^{-1} (perlakuan H dan B) dan 3410,15 cm^{-1} . Spektra tersebut menunjukkan terjadi penurunan kadungan ikatan gugus -OH stretching pada bioplastik. Hasil spektra tersebut didukung oleh nilai spektra kontrol sebesar 3464,15 cm^{-1} . Disebabkan oleh tidak adanya penambahan asam asetat dan gliserol pada komposisi bioplastik.

Kristalinitas. Berdasarkan Gambar 6 menunjukkan presentase kristalin bioplastik

bervariasi mulai dari 21,05% hingga 7,69%. Nilai kristalin tertinggi pada sampel B (5%). Bervariasinya nilai kristalinitas bioplastik disebabkan oleh bervariasinya penambahan jumlah asam asetat dan gliserol yang mempengaruhi nilai daerah kristalin sehingga berubah menjadi daerah amorf. Tingginya nilai kristalinitas menunjukkan bahwa asam asetat dan gliserol berikatan baik pada pati sagu bioplastik.

Berdasarkan hasil penelitian Eva (2007) bahwa terjadi penurunan kristalinitas bioplastik tanpa bahan plastisitas dibandingkan sesudah ditambahkan bahan plastisitas. Penurunan derajat kristalinitas menunjukkan penurunan daerah kristalin pada polimer bioplastik.

Penurunan daerah kristalin menunjukkan penyusunan struktur rantai yang semakin tidak teratur. Susunan rantai yang semakin tidak teratur (amorf) menyebabkan sifat polimer semakin elastis.



Gambar 6. Kristalin Bioplastik pada Berbagai Perlakuan

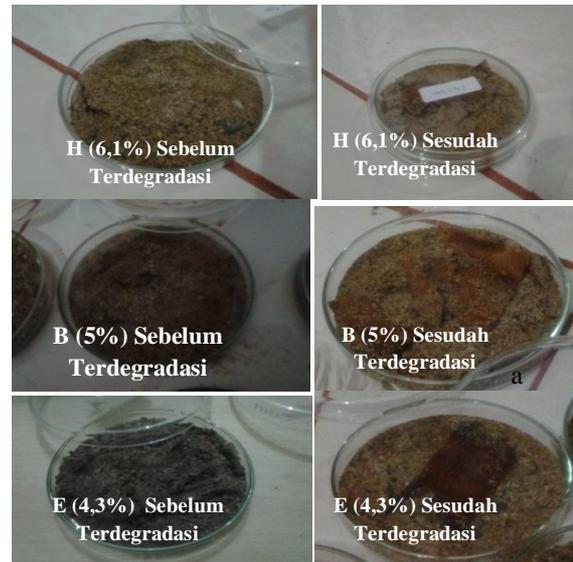
Sama halnya dengan hasil penelitian Gatot (2012), nilai kristalin pada selulosa *pod husk kakao* Klon Kakao Malaysia (KKM) lebih tinggi dibandingkan dengan selulosa komersial. Pada proses tersebut dipengaruhi oleh adanya teknologi selulosa ditingkat industri telah dilengkapi dengan peralatan yang lebih modern dan canggih serta modifikasi selulosa selanjutnya menjadi turunan selulosa. Dimana penggunaan NaOH dalam isolasi untuk isolasi selulosa akan menyebabkan perubahan kristalinitas selulosa menjadi amorf.

Biodegradasi. Biodegradasi merupakan salah satu parameter pengamatan yang dapat menunjukkan bahwa bioplastik ramah lingkungan ataupun tidak. Hal ini dapat dilihat dari Gambar 7. Pada Gambar tersebut terlihat bioplastik sebelum dan sesudah terjadi biodegradasi.

Dari hasil pengamatan bioplastik H (6,1%) dan B (5%) dapat terdegradasi dengan baik dalam waktu 24 hari, hal ini terlihat pada permukaan media pasir tumbuh mikroba EM_4 yang berwarna putih dan bioplastik sudah mulai terkoyak (Gambar 7). Sedangkan pada perlakuan E (4,3%) terlihat bioplastik telah terkoyak namun hanya sebagian kecil yang terkoyak serta tidak terlihat aktivitas mikroba EM_4 yang tumbuh di dalam media pasir yang menutupi bioplastik.

Hal ini dipengaruhi oleh aktivitas mikroba EM_4 yang bekerja dengan memustus

rantai polimer menjadi molekul sederhana, serta dipengaruhi juga oleh larutan penyusun bioplastik yang mengandung ikatan senyawa alami yang mudah terurai seperti asam asetat dan gliserol sehingga bioplastik dapat mudah diurai oleh mikroba EM_4 secara alamiah. Sehingga bioplastik berbasis pati sagu dapat dijadikan sebagai bahan baku plastik (kemasan).



Gambar 7. Biodegradasi Bioplastik pada Berbagai Perlakuan

Hasil penelitian Gede dan Tyas (2012), pada bioplastik dari pati singkong-khitosan biodegradasi terjadi selama 10 hari dengan ciri bioplastik telah terkoyak. Hal tersebut menandakan bahwa bioplastik dari pati singkong-khitosan ramah lingkungan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Sintesis bioplastik berbasis pati sagu terbaik diperoleh dari kombinasi 10 mL asam asetat dan 3 mL gliserol dengan menghasilkan nilai WVTR sebesar $5,46 \text{ gr/m}^2 \cdot \text{jam}$.

Karakteristik bioplastik berbasis pati sagu dari analisis WVTR terkecil (10 mL asam asetat dan 3 mL gliserol) meliputi, ketebalan 0,021 cm, *tensile strength* 3,72 MPa, *elongation* 16,65%, kristalin 14,39%, gugus fungsi terjadi pengurangan pada gugus -OH yang telah berikatan dengan asam asetat dan gliserol, dan tingkat uji biodegradasi selama 24 hari.

Saran

Perlu penelitian lanjutan untuk modifikasi bioplastik berbasis pati sagu secara

cross linking agar menghasilkan karakteristik fisik, mekanik dan kimia bioplastik yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Alam. 2006. Potensi Batang Aren sebagai Sumer Pati untuk Instant Starch Noodle. Fakultas Pertanian UNTAD. (hasil penelitian belum dipublikasikan).
- Bhatnagar S, Hanna MA, 1995. Physical, mechanical, and thermal properties of starch-based plastics foam. Trans. of the ASAE 38:567-571.
- Companion, A.L. 1991. Ikatan Kimia. Edisi Kedua. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Cowd, M. A. 1991. Kimia Polimer. Terjemahan H. Firman. Penerbit ITB, Bandung.
- Eva R, L., 2007. Karakterisasi Bioplastik Poli-Hidroksialkanoat (PHA) dengan Penambahan Polioksietilen-(20)-Sorbitan Monolaurat Sebagai Pemplastis. Skripsi. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Figuly. 2004. Processing of polyhydroxyalkanoates using a nucleant and a plasticizer. U.S. Patent 6,774,158
- Flach M. 1983. The Sago Palm *Metroxylon sago* Rottb. Rome: Food Agriculture Organization of United Nation.
- Gatot S, Hutomo. 2012. Sintesis dan Karakterisasi Turunan Selulosa dari *Pod Husk Kakao (Theobroma cacao L.)*. Disertasi. Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Gede S.M.H dan Tyas P. 2012. Pengaruh Khitosan dan Plasticizer Gliserol pada Karakteristik Plastik Biodegradable dari Pati Limbah Kulit Singkong. Jurnal Pengolahan Limbah Industri. Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS.
- Gennadios, A., A.H. Brandenburg, C. L. Weller, dan R. F. Testin. 1990. Edible Films and Coating from Wheat and Corn Proteins. J. Food Tech 44 (10) : 63.
- Gontard, N, Guilbert S., Cuq J.L. 1993. Water and Gliserol as Plasticizers Affect Mechanical and Water Vapor Barrier Properties of an Edible Wheat Film. J. Of Food Sci. 58 : 206-211.
- Haryadi. 1992. Laporan Penelitian Mie Kering dari Berbagai Pati, TP-UGM, Yogyakarta.
- Juari. 2006. Pembuatan dan Karakterisasi Bioplastik dari Poly-3-Hidroksialkanoat (PHA) yang Dihasilkan *Ralstonia Eutropha* pada Hidrolisat Pati Sagu dengan Penambahan Dimetil Ftalat (DMF). Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Jummi. 2007. Pembuatan Bioplastik Poli- β -Hidroksialkanoat (PHA) yang Dihasilkan oleh *Ralstonia eutropha* pada Substrat Hidrolisat Pati Sagu dengan Pemplastis Isopropil Palmitat. Skripsi. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Marquie C, C. Aymard, 31 Cuq, dan S. Guilbert. 1995. Biodegradable packaging made from cottonseed flour: Formation and improvement by chemical treatments with gossypol, formaldehyde, and glutaraldehyde. J Agrk Food Chem 43: 2762-2767.
- Mehyar GF dan Han JH. 2004. Physical and mechanical properties of high amylose rice and pea starch films as affected by relative humidity and plasticizer. J Food Sci69:E449-E454.
- Park, H.J. , C.L. Weller, P.J. Vergano, dan R.F. Testin. 1996. Factor Affecting Barrier and Mechanical Properties of Protein Edible D egradable Film. New Orleans, LA.

- Pranamuda H. 2001. Pengembangan bahan plastik biodegradabel berbahan baku pati tropis. Seminar on-air "Bioteknologi untuk Indonesia abad 21". 1-14 Februari 2001. Sinergi Forum PPI Tokyo Institute of Technology.
- Rahim A., Alam N., Haryadi dan Santoso U., 2010. Pengaruh Konsentrasi Pati Aren dan Minyak Sawit terhadap Sifat Fisik dan Mekanik *Edibel Film*. Jurnal Agroland 17 (1) : 38-46.
- Veronica G. 2007. Formulasi dan Aplikasi *Edible Coating* Berbasis Pati Sagu dengan Penambahan Vitamin C pada Paprika (*Capsicum annuum* varietas *athena*). Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.