

PEMBUATAN KOMPOSIT AKRILAMIDA-g-BAGAS SEBAGAI ABSORBEN MENGGUNAKAN RADIASI BERKAS ELEKTRON

(FABRICATION OF ACRYLAMIDE-g-BAGASSE COMPOSITE AS AN ABSORBENT USING ELECTRON BEAM RADIATION)

Akhmad Rasyid Syahputra dan Darsono

Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi – BATAN
Jl. Lebak Bulus Raya No. 49, Jakarta Selatan

E-mail : akhmadrasyid@batan.go.id

Received : 28 Maret 2014; revised : 01 April 2014; accepted : 03 April 2014

ABSTRAK

Salah satu limbah padat dari pabrik gula adalah bagas. Sisa penggilingan gula merupakan bagas yang cukup besar sehingga diperlukan proses lebih lanjut agar limbah tersebut tidak merusak lingkungan. Tujuan studi ini adalah membuat absorben dari limbah bagas dan mengamati perubahan sifat fisik dan kimianya. Pembuatan absorben dilakukan dengan menggunakan radiasi mesin berkas elektron. Proses iradiasi dilakukan dengan variasi dosis 15 kGy, 30 kGy, 45 kGy dan 60 kGy. Sifat fisik absorben dapat diamati dengan menggunakan hasil persentase fraksi gel. Sifat kimia absorben diamati dari perbedaan spektrum infra merahnya pada saat sebelum dan sesudah ditambahkan monomer. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa dosis radiasi yang semakin tinggi pada absorben akan meningkatkan sifat fisik (persentase fraksi gel). Analisis menggunakan spektra *Fourier Transform Infra Red (FTIR)* menunjukkan perbedaan puncak-puncak serapan bagas sebelum dan sesudah ditambahkan monomer. Spektrum *Differential Scanning Calorimetry (DSC)* komposit hasil iradiasi menunjukkan bahwa iradiasi menyebabkan perubahan titik lebur.

Kata kunci : Absorben, Bagas, Mesin berkas elektron

ABSTRACT

One of the solid waste from sugar mills is a bagasse. Result of sugar mills is a large enough bagasse waste which needs further processing so that it doesn't harm environment. The purposes of this study are making absorbent from bagasse and observing changes in physical and chemical properties. Manufacture of absorbent performed using electron beam machine. Irradiation dose variation is done with 15 kGy, 30 kGy, 45 kGy and 60 kGy. The physical properties of absorbent can be observed by using the result of gel fraction percentage. Absorbent chemical properties can observed infra red spectrum difference between before and after monomer added. Increasing radiation dose will improve the physical (gel fraction percentage). Analysis using FTIR spectra showed different of absorption peaks before and after monomer adding. Differential Scanning Calorimetry (DSC) spectra of irradiated composite showed that irradiation affected melting point.

Key words : Absorbent, Sugarcane bagasse, Electron beam machine

PENDAHULUAN

Melimpahnya produksi tebu di Indonesia mencapai 34,5 juta ton/tahun dan bisa menghasilkan bagas sebanyak 10,4 juta ton/tahun. Bagas sisa yang tidak terpakai di pabrik gula mencapai 279.322 ton/tahun sehingga dapat dimanfaatkan untuk penelitian di berbagai bidang (Pressa 2003). Data statistik menunjukkan, potensi bagas di Indonesia cukup besar, pada tahun 2002 luas tanaman tebu di Indonesia 395.399,44 ha, tersebar di pulau

Sumatera seluas 99.383,8 ha, pulau Jawa seluas 265.671,82 ha, pulau Kalimantan seluas 13.970,42 ha dan pulau Sulawesi seluas 16.373,4 ha. Setiap hektar tanaman tebu diperkirakan mampu menghasilkan 100 ton bagas. Maka potensi bagas nasional yang dapat tersedia dari total luas tanaman tebu mencapai 39.539.944 ton per tahun (Fauzi 2005). Bagas merupakan limbah padat dari pengolahan industri gula tebu yang volumenya mencapai

30-40% dari tebu giling. Saat ini perkebunan tebu rakyat mendominasi luas areal perkebunan tebu di Indonesia. Bagas termasuk biomassa yang mengandung lignoselulosa sangat dimungkinkan untuk dimanfaatkan menjadi sumber energi alternatif seperti bioetanol atau biogas. Bagas memiliki kandungan selulosa 52,7 %, hemiselulosa 20,0 %, dan lignin 24,2 % (Samsuri *et.al* 2005). Bagas adalah bahan sisa berserat dari batang tebu yang telah mengalami ekstraksi dan banyak mengandung parenkim serta tidak tahan disimpan karena mudah terserang jamur (Muharam 1995). Bagas merupakan hasil samping dari proses ekstraksi cairan tebu dan dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar pabrik, bahan industri kertas, papan partikel dan media untuk budidaya jamur untuk pupuk (Slamet 2004). Tujuan penelitian ini adalah memperoleh suatu komposit yang dibuat dari bagas dan polimer akrilamida yang dapat diaplikasikan sebagai penyerap air dan ion logam berat. Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material. Komposit hasil perpaduan bagas dan akrilamida ini diharapkan mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Akrilamida (C_3H_5NO) merupakan senyawa kimia berwarna putih, tidak berbau, berbentuk padat dan mudah larut dalam air. Akrilamida dalam larutan bersifat stabil pada suhu kamar dan tidak berpolimerisasi secara spontan. Penelitian pembuatan komposit bagas dan akrilamida ini mempelajari tentang sifat *swelling* dari polimer tersebut dengan memanfaatkan bagas karena bahan ini mudah didapat, harganya murah dan ramah lingkungan. Bagas sangat potensial menjadi superabsorben karena banyak mengandung gugus hidroksil. Molekul bagas terikat sedemikian rupa sehingga berstruktur heliks yang lebih lentur dan lebih mudah mengembang. Polimer superabsorben berbasis bagas dapat memiliki kemampuan superabsorben dalam menyerap air dengan jumlah besar dan memiliki sifat fisik yang kuat.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bagas diperoleh dari PT. Pabrik Gula Rajawali Paliman Cirebon, natrium hidroksida, asam klorida, akrilamida yang diperoleh dari Merck, dan air suling. Peralatan yang digunakan meliputi saringan bagas, gelas kimia, cawan petri, pipet, penangas air, batang pengaduk, *magnetic stirrer*, *hot plate*, lemari asam, oven, timbangan, *blender*, mesin berkas elektron GJ-2, kantong plastik, *Fourier transform infra red*

(FTIR) dan *Differential Scanning Calorimetry* (DSC).

Metode

a. Pembuatan Komposit Absorben

Akrilamida-g-Bagas (AAmB)

Bagas tebu dicuci dengan air kemudian dibilas dengan air suling dan dikeringkan selama 2 hari. Bagas kering dihaluskan menggunakan blender lalu disaring menggunakan saringan 80 mesh. Hasil saringan dimasukkan ke dalam oven suhu 100 °C selama 12 jam. Bagas 80 mesh ditimbang sebanyak 20 gram. Selanjutnya ditambahkan 400 mL NaOH dengan konsentrasi 15% (1:20) (Andriyanti *et.al* 2012). Campuran diaduk dan dipanaskan pada suhu 100°C selama 4 jam dan volumenya dijaga jangan sampai berkurang. Selanjutnya, padatan disaring menggunakan saringan 325 mesh sambil dicuci sampai filtratnya jernih (pH netral). Hasil saringan dikeringkan pada suhu 100 °C selama 24 jam. Bagas yang sudah dicuci, ditimbang 8 gram dan ditambah HCl 0.1 M 80 ml (1:10), kemudian diaduk dan dipanaskan pada suhu 100 °C selama 1 jam. Campuran dicuci menggunakan air suling hingga pH nya netral lalu dikeringkan di dalam oven. Bagas kering sebanyak 1 gram ditambahkan 5 gram akrilamida dan 10 ml air. Setelah itu, diaduk dan dipanaskan pada suhu 90 °C selama 2 jam. Campuran dikemas dalam plastik untuk diiradiasi dengan dosis 15 kGy, 30 kGy, 45 kGy, dan 60 kGy. Sampel direndam dalam air panas 80 °C selama 2 jam untuk menghilangkan homopolimer, kemudian dikeringkan.

$$\text{Fraksi Gel (\%)} = \frac{W_2}{W_1} \times 100 \% \quad (1)$$

W_2 = Berat sampel setelah perendaman (g)

W_1 = Berat sampel awal (g)

b. Penentuan Fraksi Gel Absorben Bagas

Sampel hasil radiasi masing-masing dipotong ukuran 2 x 2 cm sebanyak 3 buah dan dikeringkan pada suhu 70 °C selama 24 jam, lalu ditimbang hingga berat konstan (W_1). Sampel kering dimasukkan ke dalam kasa kemudian direndam dalam wadah yang berisi akuades sambil diaduk pada suhu 70 °C selama 24 jam untuk menghilangkan zat-zat yang tidak larut. Selanjutnya sampel dikeringkan pada suhu 70 °C dan ditimbang hingga berat konstan (W_2).

c. Penentuan Daya serap air

Daya serap air absorben AAmB ditentukan dengan cara merendamnya dalam air suling pada suhu (25 ± 0.1) °C di dalam *waterbath*. Air

yang terserap dihitung dengan menimbang berat total setelah perendaman variasi waktu. Gel yang mengembang ditimbang menggunakan neraca analitis. Daya serap air AAmB dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\% \text{ daya serap air} = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100 \% \quad .(2)$$

W_2 = Berat sampel setelah menyerap air (g)

W_1 = Berat sampel sebelum menyerap air (g)

d. Analisis sampel menggunakan FTIR (Fourier Transform Infra Red)

FTIR digunakan untuk mengkarakterisasi gugus fungsi senyawa kimia tertentu pada absorben bagas yang diiradiasi. Spektra FTIR dihasilkan dari panjang gelombang 4000-400 cm^{-1} . Sampel digiling dan dicampur dengan bubuk KBr kering dan ditempatkan pada *sampling cup*. Spektra FTIR diperoleh pada akrilamida murni untuk dibandingkan dengan AAmB.

Analisis sampel menggunakan DSC (Differential Scanning Calorimeter)

Titik lebur sampel dianalisis menggunakan alat DSC-60, Shimadzu, alat ini digunakan untuk menentukan sifat panas dari senyawa kontrol dan komposit yang telah diiradiasi. Berat komposit yang digunakan untuk pengukuran spektrum DSC adalah 5.0 ± 0.1 mg. Masing-masing sampel dipanaskan mulai suhu 30°C sampai 600°C dan dengan laju alir $10^\circ\text{C}/\text{menit}$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagas

Polimer superabsorben adalah polimer yang dapat menyerap dan mempertahankan cairan dalam jumlah besar yang relatif terhadap massanya (Horie *et.al* 2004). Polimer penyerap air yang mengalami *crosslinking* diklasifikasikan sebagai hidrogel (Kabiri 2003). Bagas tebu termasuk ke dalam tanaman biomassa yang tersusun dari selulosa, hemiselulosa, lignin dan sejumlah kecil garam mineral (Klemm 2005). Secara kimia, selulosa adalah polimer alam hidroglukosa yang terikat pada atom karbon 1 dan 4 ikatan β -glikosidik. Struktur selulosa dibentuk oleh ikatan hidrogen antara gugus-gugus hidroksil (Canetieri *et.al* 2007). Keberadaan selulosa inilah yang menjadikan bagas sebagai salah satu biomassa yang mempunyai kemampuan menyerap ion logam. Proses penyerapannya dapat terjadi secara

kimia maupun fisika. Secara kimia dengan pertukaran ion H dari gugus OH selulosa dengan ion logam berat. Sedangkan secara fisika dengan adanya struktur selulosa yang kaku mengakibatkan adanya adsorpsi Van Der Waals yaitu, gaya antara molekul terserap dengan material penyerap (Kolev 2002).

Fraksi Gel AamB

Variasi fraksi gel absorben bagas pada pengaruh iradiasi berkas elektron disajikan pada Tabel 1. Fraksi gel menggambarkan kekuatan ikatan silang/pencangkakan yang terbentuk akibat dari iradiasi berkas elektron terhadap bahan bagas dengan polimer akrilamida. Data Tabel 1 memperlihatkan bahwa, monomer akrilamida memiliki harga fraksi gel yang lebih rendah dibandingkan dengan harga fraksi gel AAmB. Nilai fraksi gel dengan dosis radiasi 15 kGy, 30 kGy dan 45 kGy mengalami peningkatan rata-rata 8 %, hal ini dapat diasumsikan bahwa dengan dosis radiasi tersebut akrilamida dapat tercangkak dengan baik. Pemanasan pada suhu 90°C selama 2 jam juga membantu terjadinya proses *grafting* pada campuran akrilamida dan bagas. Akrilamida bereaksi dengan alkohol polimerik seperti selulosa dan pati dan menghasilkan kopolimer cangkak. Kopolimer cangkak dilakukan dengan cara mencangkakan polimer lain, dalam hal ini bagas sebagai polimer alam, dengan akrilamida (Farid 2011). Campuran polimer ini menggabungkan sifat yang berguna dari akrilamida yang mempunyai sifat hidrofilik, untuk membantu peran bagas (selulosa) yang sifatnya hidrofobik. Sifat unggul dari bagas pun dapat meningkatkan sifat fisik akrilamida sehingga memiliki harga fraksi gel yang tinggi. Soebianto dkk. (2005), menyatakan bahwa proses pencangkakan akan berlangsung baik pada dosis radiasi 30 kGy dan 50 kGy, tetapi pada dosis 50 kGy akan terlihat lebih baik hasilnya. Pada dosis serap tinggi, di atas 50 kGy kemungkinan kerusakan struktur mikro polimer akan semakin tinggi (degradasi polimer). Hal ini dapat dilihat pada Tabel 1, walaupun harga fraksi gel dosis 60 kGy meningkat dibandingkan dengan akrilamida murni, tetapi pada dosis 60 kGy polimer mengalami degradasi karena harga fraksi gelnya menurun dibandingkan dengan harga fraksi gel pada suhu 45 kGy. Degradasi polimer dapat terjadi pada dosis tinggi (20-1000 kGy) (Czikovsky 2003).

Tabel 1. Fraksi Gel Akrilamida dan AAmB

Dosis	Fraksi (%)
15	92.60
30	95.01
45	97.31
60	94.07
akrilamida	85.01

Polimer mengalami degradasi diperkirakan karena proses pencangkakan sudah tidak mencapai bagian dalam substrat. Pada akrilamida homopolimerisasi akan terjadi lebih cepat karena akrilamida mengalami proses propagasi yang cepat, sehingga monomer tidak mampu lagi berdifusi ke dalam substrat. Hal ini diduga proses pencangkakan hanya terjadi pada bagian permukaan, sehingga menurunkan harga fraksi gel polimer (Stuart 2004).

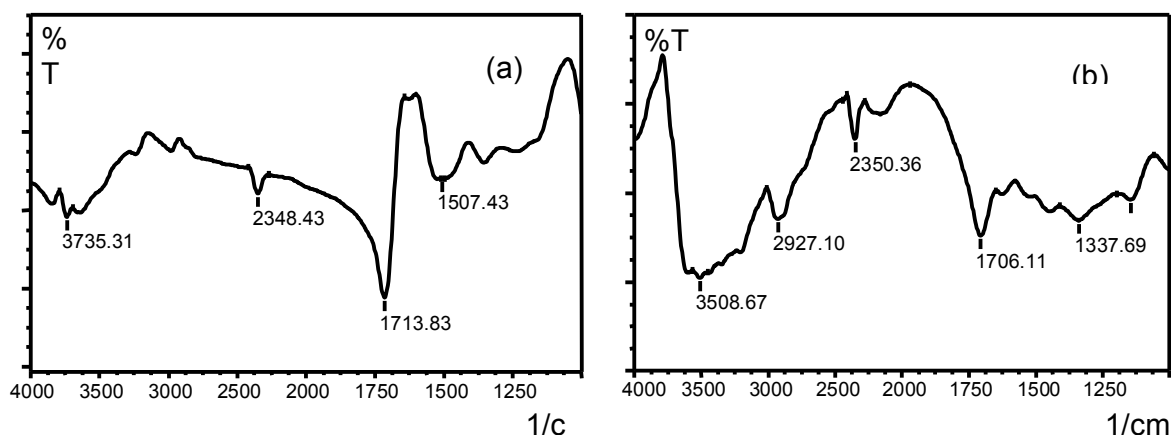
Karakterisasi FTIR

Pengukuran spektrum FTIR ditujukan untuk mempelajari perubahan struktur kimia akibat pengaruh dosis iradiasi pada absorben AAmB. Pada Tabel 2 disajikan data puncak serapan akrilamida dan AAmB. Hasil spektrum AAmB hampir serupa dengan apa yang dilaporkan M.

Farid yang menggunakan sampel akrilamida tergrafting. Serapan 1500 cm^{-1} adalah regang C-N pada struktur akrilamida (Stuart 2004). Gambar 1 menunjukkan absorbansi ikatan regang OH berkurang cukup besar akibat dari proses penambahan NaOH. Pita serapan sekitar 1400 cm^{-1} cenderung berkurang dengan adanya penambahan NaOH (Sang 2005). Panjang gelombang 1700 cm^{-1} merupakan serapan khas untuk gugus karbonil pada akrilamida dan AAmB. Gambar 1 memperlihatkan timbul serapan baru pada panjang gelombang 2927.1 cm^{-1} yang merupakan karakter dari C-H aldehyd dari selulosa (bagas). Daerah panjang gelombang C=O 1713.83 cm^{-1} dan N-H amida primer 3735.31 cm^{-1} melemah diakibatkan karena adanya pengaruh regang C=O dan O-H aldehyd bebas alkohol dari struktur bagas. Perubahan-perubahan di atas memperkuat dugaan, bahwa terjadi pencangkakan (*grafting*) antara akrilamida dan bagas. Serapan baru yang timbul dan tidak terlalu berubahnya spektrum di daerah *finger print* dari masing-masing senyawa menunjukkan pencangkakan terjadi pada permukaan serat dan tidak merusak struktur dasar akrilamida maupun selulosa (Soebianto dkk. 2005).

Tabel 2. Puncak Serapan FTIR Akrilamida dan AAmB

Bilangan Gelombang Akrilamida (cm^{-1})	Bilangan Gelombang AAmB (cm^{-1})	Deskripsi
1348.3	1348	CH bending, selulosa
1507.83	1528.65	HCH dan OCH bending
1457.28	1400	C-N stretching, CH ₂ selulosa
1713.83	1706.11	C=O stretching
2348.43	2530.36	C-H stretching
2900	2927.1	C-H aldehyd stretching
3735.31	3508.67	N-H amida primer



Gambar 1. Spektrum FTIR kontrol (a) dan komposit AAmB hasil radiasi (b)

Pengaruh dosis iradiasi terhadap daya serap air absorben AAmB

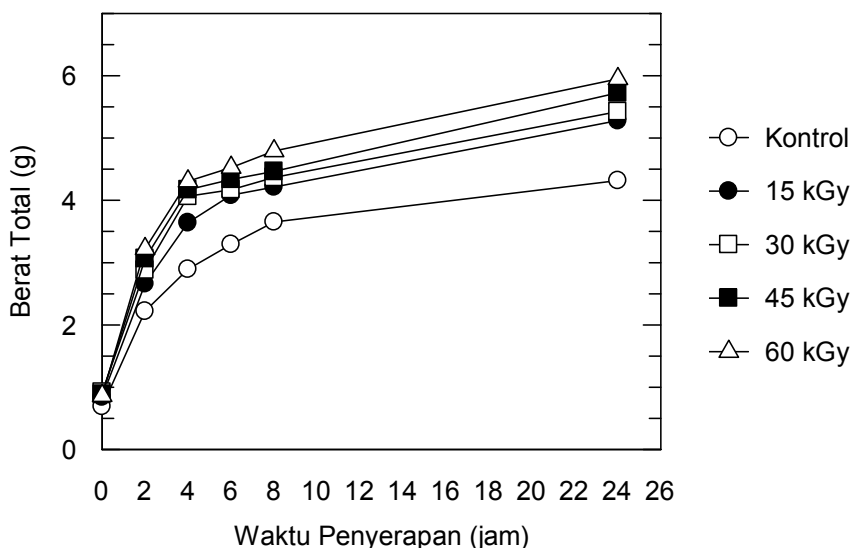
Kesetimbangan derajat serap air pada hidrogel atau komposit diketahui bergantung pada ikatan silang dan masa jenis polimer maupun konsentrasi polimer itu sendiri setelah menjadi gel atau komposit (Okay 2000). Kemampuan menyerap air absorben bergantung pada struktur dan komposisinya. Pengaruh waktu perendaman terhadap daya serap air absorben komposisi 1/20 (b/v) yang diiradiasi dari dosis 15 kGy hingga 60 kGy disajikan pada Gambar 2. Secara umum, terlihat bahwa dengan meningkatnya dosis radiasi dari 15 kGy sampai 60 kGy, kemampuan komposit dalam menyerap air meningkat. Peningkatan signifikan terlihat pada waktu penyerapan selama 2 jam, sebesar 20% air terserap lebih banyak dibandingkan dengan 4-24 jam, hal ini mengindikasikan bahwa komposit absorben AAmB dapat menyerap air dengan waktu singkat.

Menurut hasil pengamatan, komposit dapat menyerap air pada saat pertama direndam (± 5 menit, asumsi 0 jam) dengan daya serap sekitar 8%. Komposit dengan dosis radiasi 60 kGy sebenarnya mempunyai daya serap air paling tinggi pada waktu 24 jam, yaitu sebesar 572 %, akan tetapi data hasil fraksi gel pada dosis tersebut menurun sehingga diasumsikan terjadi biodegradasi. Jumlah gugus hidrofilik komposit absorben AAmB lebih banyak dari pada akrilamida (kontrol) sehingga daya serap air absorben AAmB lebih tinggi dari kopolimer akrilamida. Gugus fungsional pada bagas (selulosa) adalah gugus hidroksil. Gugus ini

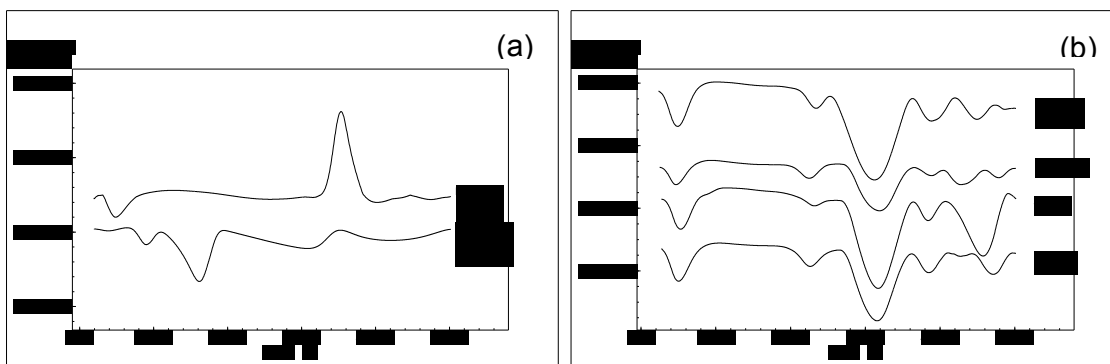
dapat berinteraksi satu sama lain dengan gugus -O-, -N-, dan -S membentuk ikatan hidrogen dan dapat berinteraksi dengan air, gugus -OH pada akrilamida juga yang menyebabkan permukaan selulosa bersifat hidrofilik. Penggunaan bagas pada polimer akrilamida dapat berfungsi sebagai pengisi untuk memperkuat ikatan silang atau pencangkakan yang dibantu dengan iradiasi berkas elektron. Sifat menyerap air pada hidrogel dan komposit yang terikat silang dengan senyawa pengikat silang yang berbeda berubah sesuai dengan struktur senyawa pengikat silangnya, ketika senyawa tersebut masuk ke dalam sistem hidrogel dan komposit, diketahui bahwa terdapat beberapa perbedaan pada daya serap airnya, karena molekul senyawa yang hidrofobik terletak diantara rantai-rantai monomer (Karadag & Saraydin 2002).

Karakterisasi DSC

Kurva DSC dari komposit AAmB memperlihatkan sebuah puncak endotermik seperti yang ada pada Gambar 3. Puncak endotermik adalah puncak khas dari senyawa-senyawa termoreversibel (Park *et al.* 2008) dan diasumsikan sebagai titik lebur (T_m) (Sobral *et al.* 2003). Kurva AAmB menunjukkan 2 puncak endotermik yang berhubungan dengan entalpi dari dehidrasi dan dekomposisi selulosa (Pereira *et al.* 2011). Termogram pada seluruh komposit hasil radiasi pada rentang suhu 30-100°C sebuah puncak endotermik muncul akibat dari proses evaporasi air (Shaikh *et al.* 2009).



Gambar 2. Hubungan waktu daya serap air dan berat AAmB variasi dosis radiasi



Gambar 3. Kurva DSC kontrol (a) dan komposit AAmB variasi dosis iradiasi (b)

Pada yang mengandung selulosa (LeVan 1998). Kurva DSC komposit AAmB menunjukkan beberapa puncak endotermik, pertama pada suhu 90°C yang timbul akibat proses penguapan molekul-molekul air (Pereira *et al.* 2009). Puncak yang kedua pada suhu 300°C merupakan puncak baru yang lebih lebar yang dapat diasumsikan telah terjadinya proses pencangkakan atau ikatan silang antara bagas dan akrilamida sehingga dapat meningkatkan titik lebur akrilamida apabila menggunakan bagas sebagai bahan pengisi. Pada kurva kontrol dapat dilihat bahwa akrilamida mempunyai titik lebur pada suhu 180°C sedangkan bagas mempunyai titik lebur pada suhu 350°C. Suhu 200-400°C menunjukkan terjadi proses dekomposisi hemiselulosa sedangkan pada suhu di atas 400°C terjadi proses dekomposisi atau dapat dianalisis terjadinya dekomposisi lignin dan pembentukan abu (Lacerda *et al.* 2009). Puncak yang muncul pada suhu 350°C merupakan puncak tipikal senyawa selulosa (Reh *et al.* 1986). Kurva DSC pada kontrol menunjukkan puncak eksotermik pada suhu 350°C dimana terjadi proses oksidasi selulosa menjadi levoglukosan, air, karbon monoksida dan karbon dioksida.

KESIMPULAN

Komposit AAmB dapat dibentuk melalui proses radiasi berkas elektron dan dilihat melalui analisis fraksi gel, DSC, dan FTIR. Nilai fraksi gel komposit AAmB dengan dosis radiasi 15, 30, 45, dan 60 kGy naik rata-rata sebesar 8%. Iradiasi berkas elektron secara umum meningkatkan daya serap air komposit AAmB pada dosis radiasi 15, 30, 45, dan 60 kGy.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Drs. Erizal yang telah memberikan masukan pada penelitian ini dan seluruh operator fasilitas iradiasi mesin berkas elektron yang telah membantu proses iradiasi sampel komposit AAmB.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriyanti, W., Suyanti, dan Ngasifudin. 2012. Pembuatan dan Karakterisasi Polimer Superabsorben Dari Bagas. *Dalam : Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Teknologi Akselerator dan Aplikasinya*. Vol. 13. Januari 2012 : 1-7. Yogyakarta.
- Canetieri, E., G.J.M. Rocha, J.R. De Carvalho, Silva, J.B.A. 2007. Optimization of acid hydrolysis from the hemicellulosic fraction of Eucalyptus grandis residue using response surface methodology. *Bioresource Technology*, p. 422-8.
- Czikovsky, T. 2003. Degradation Effects in Polymers. *Proceedings of Advances in Radiation Chemistry of Polymers*. Notre Dame. Indiana. USA. 91-102.
- Farid, M. 2011. *Pengukuran Derajat Grafting Akrilamida Pada Matriks Polisakarida Dengan Spektrometri Inframerah*. Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Fauzi, A. 2005. Pemanfaatan Bagas Untuk Bahan Baku Pulp dan Kertas Masih Hadapi Kendala. Siaran Pers Nomor : S. 563/II/PIK-1/2005. Pusat Penerangan Kementerian Kehutanan. Jakarta.
- Horie, K., M. Báron, R. B. Fox, J. He, M. Hess, J. Kahovec, T. Kitayama, P. Kubisa,

- E. Maréchal, W. Mormann, R. F. T. Stepto, D. Tabak, J. Vohlidal, E. S. Wilks, And W. J. Work. 2004. Definitions of terms relating to reactions of polymers and to functional polymeric materials (IUPAC Recommendations). *Pure and Applied Chemistry* 76 (4): 889–906.
- Kabiri, K. 2003. Synthesis of fast-daya serap air superabsorbent hydrogels: effect of crosslinker type and concentration on porosity and absorption rate. *European Polymer Journal* 39 (7): 1341–1348.
- Karadag, E. and D. Saraydin. 2002. Swelling of Superabsorbent Acrylamide/Sodium Acrylate Hydrogels Prepared Using Multifunctional Crosslinkers. *Turk J Chem.* 863-875.
- Klemm, D., B. Heublein, H.P Fink, A. Bonh, 2005. Cellulose: fascinating biopolymer and sustainable raw material. *Angewandte Chemie International Edition*, v. 44, n.22, p. 3358-3393.
- Koley, F.L., K.D. Danov, P.A. Kralchevsky, G. Broze, A. Mehreteab. 2002. *Comparison of the Van Der Waals and Frumkin Adsorption Isotherms for Sodium Dodecyl Sulfate at Various Salt Concentrations*. *Langmuir*. 18, 9106-9109.
- Lacerda, L. G., R. A. Rafael, and M. D. Ivo. 2009. *Braz. Arch. Boil. Technol.* Vol. 52.
- LeVan, S. L. 1998. *Thermal Degradation*. In: Schniewind, A. P. *Concise Encyclopedia of Wood and Wood-Based Materials*. Elmsford, NY: Pergamon Press. 271 – 273
- Muharam. 1995. *Pengaruh Ukuran Partikel dan Kerapatan Lembaran Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Papan Partikel Bagas*. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Okay, O. and S.B. Sarisik,. 2000. Swelling Behavior of Poly (Acrylamide-Co-Sodium Acrylate) Hydrogels in Aqueous Salt Solutions : Theory versus Experiments. *European Polymer Journal* 36 (2000). 393-399. Elsevier.
- Park, J.W., W.S., Whiteside, and S.Y. Cho, 2008. Mechanical and water vapor barrier properties of extruded and heat-pressed gelatin films. *LWT-Food Sci. Technol.* 41;4, 692-700.
- Pereira, P.H.F., and M.L.C.P Da Silva. 2009. Estudo da Adsorcao de Surfactante Cationico na Matriz Inorganica Fosfato de Niobio Hidratado. *Quim. Nova* 32(1). 7-11.
- Pereira, P.H.F., J.C.V. Herman, O. H. C. Maria, and L.C.P. Maria. 2011. Novel Cellulose Hybrid Material from Sugarcane Bagasse. *BioResources* 6(1). 867-878.
- Pressa, P.S.S., S. Mahmudsyah, T. Yuwono. 2003. Studi Pemanfaatan Biomassa Bagas Sebagai Bahan Bakar Pembangkit Listrik Tenaga Uap Di Asembagus Kabupaten Situbondo. Jawa Timur.
- Reh, U., K. Gunda, , and L. Ingolf. 1986. Use of Differential Scanning Calorimetry for Structural Analysis of Fungally Degraded Wood. *Appl. Environ. Microbiol.* 1101-1106.
- Samsuri, M., B. Prasetya, E. Hermiati, T. Idiyanti, K. Okano, Syafwina, Y. Honda, and T. Watanabe. 2005. Pretreatments for Ethanol Production from Bagasse by Simultaneous Saccharification and Fermentation. p. 288– 294. In W. Dwianto (Ed.). *Towards Ecology and Economy Harmonization of Tropical Forest Resources. Proceedings of the 6th International Wood Science Symposium*, Bali, 29–31 August 2005.
- Sang Youn Oh, Dong Il Yoo, Younsook Shin, Gon Seo. 2005. FTIR Analysis of Cellulose Treated with Sodium Hydroxide and Carbon Dioxide. *Carbohydrate Research* 340 (3) : 417-428. Elsevier Ltd.
- Shaikh, H. M., Pandere, K. V., Nair, Gresshma, and Varma, A. J. 2009. Utilization of sugarcane bagasse cellulose for producing cellulose acetates: Novel use of residual hemicellulose as plasticizer. *Carbohydrate Polymer* 76(1). 23-29.
- Slamet. 2004. Tebu. Warung Informasi Teknologi. Kementerian Riset Dan Teknologi. Indonesia.
- Sobral, P. J. A., A.M.Q.B Habitante, and E. S. Monterrey-Quintero. 2003. Effect Of The Conditioning Time on Gelatin Phase Transitions. *Brazil Journal Food Technol.* 6. 2. 327-331.
- Soebianto, Y., S. Ambyah, P.S. Ratna, A. Chatib. 2005. Karakteristik Pencangkakan Asam Akrilat dan

Akrilamida Pada Serbuk Selulosa dengan Inisiasi Sinar Gamma. *Symposium Nasional Polimer V*. Bandung, Indonesia. 177-184.

Stuart, B. 2004. *Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications*. Philadelphia. Saunders College Publishing