

EFEK RADIASI SINAR GAMMA TERHADAP PERUBAHAN STRUKTUR MOLEKUL KLOBOT JAGUNG UNTUK APLIKASI BAHAN BAKU BIOKOMPOSIT

M. Kurniati*, S.U.Dewi, M. Dirgantara

Divisi Biofisika, Departemen Fisika FMIPA IPB
Kampus Darmaga IPB 16680

*e-mail: mersi_kurniati@yahoo.com

ABSTRACT

This paper presents a study on the potential use natural waste cornhusk as raw material to produce biocomposites and the effect of gamma irradiation on moisture content and structural change of cornhusk obtained was evaluated in this research. Cornhusk samples were manufactured with a particle size of 60 mesh and the samples subjected to gamma irradiation using a Co-60 source at three different doses: 0, 5, and 10 kGy. The samples was characterized by Differential Scanning Calorimetry (DSC), Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), X-ray Diffraction (XRD) and moisture content test. The results show that after treatment of corn husk by gamma radiation in doses range of 0,5 and 10 kGy decrease moisture content and reducing fiber and carbohydrate content but increasing crystallinity index at 5 kGy . Based on the research of the cornhusk, a residue produced in large amounts in Indonesia, is a promising material for manufacturing biocomposites.

Keywords: corn husk, crystallinity index, gamma irradiation, moisture content

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menggali potensi klobot jagung yang merupakan limbah untuk dijadikan bahan baku biokomposit. Perubahan kadar air, gugus fungsi dan struktur kristalin klobot jagung terhadap pengaruh iradiasi sinar gamma juga telah dipelajari. Klobot jagung berukuran 60 mesh diiradiasi dengan sinar gamma dengan menggunakan sumber kobalt 60 pada variasi dosis : 0, 5 dan 10 kGy. Selanjutnya klobot jagung dikarakterisasifat termal dengan DSC, gugus fungsi dengan FTIR, struktur kristalin dengan XRD dan pengujian kadar air. Hasil analisis menunjukkan bahwa semakin tinggi dosis radiasi makakadar air semakin menurun, Gugus fungsi serat dan karbohidrat juga semakin rendah intensitas penyerapannya dengan peningkatan dosis radiasi. Sebaliknya, indeks kristalinitas klobot jagung tertinggi diperoleh pada dosis 5 kGy dan menurun kembali pada dosis 10 kGy. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, klobot jagung dapat dijadikan sebagai material yang menjanjikan sebagai bahan baku biokomposit.

Kata Kunci: indeks kristalinitas, iradiasi gamma, kadar air, klobot jagung

PENDAHULUAN

Penggunaan produk biokomposit menunjukkan peningkatan cukup tajam sampai saat ini. Meningkatnya industri komposit didukung oleh perkembangan di berbagai sektor industri seperti sektor bangunan, perumahan dan furnitur¹. Biokomposit merupakan suatu produk yang terdiri dari polimer-polimer biodegradabel sebagai matriks dan serat-serat alam sebagai pengisinya (*filler*)². Hasil samping (*by-product*) dari pengolahan hasil pertanian dan agroindustri dapat menjadi salah satu alternatif sebagai bahan baku yang murah dalam industri komposit³.

Jagung merupakan salah satu komoditas pertanian yang dapat dijumpai di seluruh wilayah Indonesia dan masa panennya pun sepanjang tahun. Produksi jagung menurut Badan Pusat Statistik di Indonesia pada tahun 2012 sekitar 19.37 juta ton, produksi yang besar tentu menghasilkan limbah yang besar pula. Dari hasil produksi jagung sekitar 38.38% adalah kulit atau klobot jagung, ini berarti pada tahun 2012 dihasilkan sekitar 7.4 juta ton klobot jagung⁴. Selama ini pemanfaatan klobot jagung masih belum maksimal dimana pemanfaatannya hanya sebatas pakan ternak dan pembungkus makanan. Sebagai pakan ternak sendiri tidak dapat diberikan secara berlebih karena kandungan gizi pada klobot jagung rendah.

Pemanfaatan klobot jagung sebagai bahan baku alternatif biokomposit memiliki kendala karena memiliki sifat higroskopis, mudah berjamur dan dimakan serangga sehingga ketika dibuat menjadi biokomposit akan menghasilkan produk dengan kualitas fisik dan mekanik yang kurang baik. Salah satu solusi untuk menurunkan sifat higroskopis dan menjadikan klobot jagung menjadi lebih awet dan tahan terhadap serangan jamur, bakteri ataupun rayap adalah dengan memberikan perlakuan iradiasi sinar gamma. Secara umum terdapat 3 teknik untuk sterilisasi bahan-bahan lignoselulosa yaitu sterilisasi dengan uap panas (*steam*), gas dan iradiasi⁵. Teknik iradiasi memiliki dampak minimum terhadap penurunan sifat fisik mekanik material, begitu juga dengan teknik sterilisasi gas akan tetapi teknik ini dapat menghasilkan residu berbahaya sedangkan teknik sterilisasi uap panas dapat menurunkan kualitas mekanik suatu material⁶. Teknik radiasi sering dilakukan untuk memunculkan sifat-sifat tertentu yang terdapat dalam bahan. Radiasi dapat digunakan untuk memberi efek fisis, efek kimia, maupun efek biologi. Dampak yang ditimbulkan radiasi dapat berupa ionisasi, eksitasi, atau pemutusan ikatan kimia. Material yang diiradiasi dengan sinar gamma (radiasi pengion, energi tinggi), menyebabkan terjadinya perubahan pada struktur kristal ataupun struktur kimianya. Perubahan ini dihasilkan dari pergeseran atom akibat interaksi antara sinar gamma dengan struktur internal material tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh iradiasi gamma terhadap perubahan sifat fisikokimia dan struktur molekul klobot jagung dengan perlakuan variasi dosis 0, 5 dan 10 kGy. Analisis gugus fungsi, struktur molekul dan kadar air klobot jagung selanjutnya dikarakterisasi menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), *X-Ray*

Diffraction (XRD) dan uji kadar air. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan untuk pengembangan klobot jagung lebih lanjut sebagai bahan baku biokomposit.

EKSPERIMENTAL

Alat dan bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain Radiator Gamma Chamber 4000A, DSC Perkin Elmer Pyris 1, FTIR *spectrometer* Bruker Tensor-37, XRD tipe GBC EMMA, oven, furnace dan saringan 60 mesh. Bahan yang digunakan adalah klobot jagung manis varietas *super sweet*.

Pembuatan serbuk klobot jagung

Klobot jagung yang telah dibersihkan klobot jagung kemudian dikeringkan selama 8 jam pada suhu 60 °C. Setelah klobot jagung kering dan menjadi getas kemudian di digiling menggunakan *disk milling* dan kemudian disaring menggunakan saringan yang lolos 60 mesh. Selanjutnya serbuk klobot jagung dikarakterisasi komponen-komponennya (kadar air, protein kasar, lemak kasar, serat kasar, abu dan karbohidrat) menggunakan metode yang berdasarkan pada SNI-01-2891-1992⁷.

Iradiasi sampel

Dua buah sampel klobot jagung ukuran 60mesh sebanyak 50 gram dibungkus dalam plastik dan diberi perlakuan iradiasi. Iradiasi menggunakan sumber Co-60 dan radiator Gamma Chamber 4000A dilakukan di Laboratorium Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Iradiasi (PATIR BATAN) menggunakan alat Iradiator Karet Alam (IRKA) dengan dosis 5 dan 10 kGy. Terdapat 1 sampel sebagai kontrol (0 kGy).

Karakterisasi Termal

Analisa termal dilakukan untuk mengetahui suhu T_g (*Transition glass*) klobot jagung dengan menggunakan alat *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) pada rentang suhu 30- 400 °C. Suhu transisi (T_g) terjadi ketika material berubah dari keadaan padat menjadi lebih elastis.

Karakterisasi Gugus Fungsi

Pengamatan spektrum serapan inframerah pada FTIR. Sampel 2 mg dibentuk pelet dengan penambahan KBr 200 mg dengan ketebalan 1 mm. Rentang bilangan gelombang pada 4000-500 cm⁻¹ dengan 32scan dan resolusi 4 cm⁻¹. Pengujian ini dilakukan untuk memperoleh gugus fungsi yang terdapat dalam klobot jagung dan juga klobot jagung yang telah diradiasi.

Karakterisasi Struktur Kristal

Pada penelitian ini dilakukan karakterisasi XRD untuk melihat struktur molekul pada sampel kontrol dan juga sampel yang sudah

diradiasi. Karakterisasi XRD pada 35 kV dan arus 28 mA dilakukan pada rentang sudut $2\theta = 10^\circ - 60^\circ$.

Pengujian Kadar Air

Sampel yang diuji antara lain sampel kontrol (serbuk klobot jagung yang tidak diradiasi) dan dua sampel klobot jagung yang sudah diiradiasi sinar gamma diuji kandungan airnya. Sebanyak 1-2 g serbuk klobot jagung ditimbang pada sebuah wadah timbang yang sudah diketahui bobotnya. Kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu 105°C selama 3 jam. Setelah itu didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Pekerjaan tersebut diulangi sehingga mendapat bobot yang konstan.

$$\text{Kadar Air (\%)} = (A - B)/C \times 100\%$$

Keterangan :

A = wadah + sampel sebelum dikeringkan (g)

B = wadah + sampel setelah dikeringkan (g)

C = bobot sampel (g)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Klobot Jagung

Kulit buah jagung/klobot jagung adalah kulit luar buah jagung yang biasanya dibuang. Klobot jagung mempunyai permukaan yang kasar dan berwarna hijau muda sampai hijau tua. Semakin kedalam warna klobot semakin muda dan akhirnya berwarna putih. Jumlah rata-rata klobot dalam satu tongkol adalah 12-15 lembar. Klobot jagung yang digunakan pada penelitian ini mulai dari lapisan ke-5 sampai lapisan ke-13 (lapisan tengah). Analisis komponen kimia klobot jagung manis varietas *super sweet* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Karakteristik klobot jagung manis varietas *super sweet* untuk lapisan tengah (60 mesh)

Parameter	% (bb)
Kadar air	7.75
Kadar abu	2.52
Kadar protein kasar	2.83
Kadar serat kasar	38.41
Kadar lemak	2.67
Kadar karbohidrat (<i>by different</i>)	45.82

Berdasarkan Tabel 1, klobot jagung manis lapisan tengah didominasi oleh komponen serat dan karbohidrat. Adanya kedua komponen ini menjadi pertimbangan utama apabila suatu material dijadikan sebagai bahan baku biokomposit. Komponen protein yang terdapat dalam klobot sangat kecil (2.83 %bb) sehingga peranan protein tidak dominan walaupun protein juga berperan penting dalam pembuatan biokomposit. Selain itu klobot jagung kurang menguntungkan jika dimanfaatkan sebagai pakan ternak karena nilai gizi yang rendah

(kandungan protein rendah) dan kandungan serat dominan yang menjadi kendala dalam proses pencernaan.

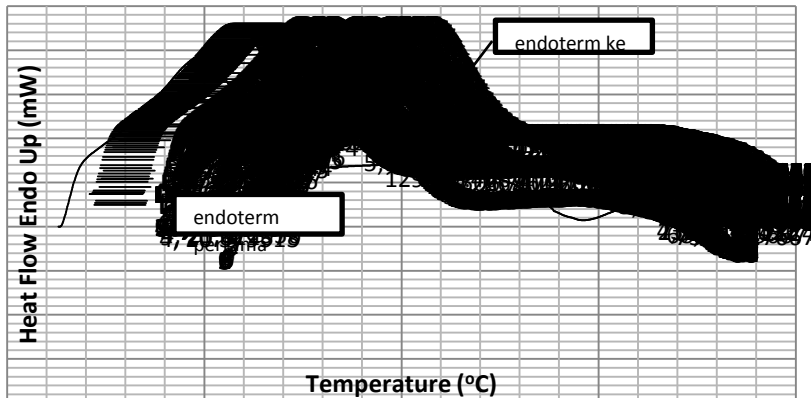
Pengujian Kadar Air

Kadar air adalah persentase kandungan air suatu bahan yang dapat dinyatakan berdasarkan berat basah (*wetbasis*) atau berdasarkan berat kering (*dry basis*). Dalam proses produksi biokomposit, kadar air bahan baku dapat berperan sebagai *plastisizer* yang akan mempermudah interaksi antara satu polimer dengan polimer lainnya⁸. Selain itu kadar air juga mempengaruhi ketahanan suatu material terhadap serangan jamur, rayap dan sebagainya. Aktivitas air dapat menyebabkan timbulnya proses pembusukan dan ketengikan sebagai dampak dari proses mikrobiologis, kimiawi, enzimatis atau kombinasi ketiganya. Berlangsungnya ketiga proses tersebut memerlukan air dimana hanya air bebas yang dapat membantu berlangsungnya proses tersebut⁹. Kadar air suatu bahan sangat dipengaruhi oleh kondisi udara disekitarnya. Klobot jagung merupakan bahan berlignoselulosa sehingga bersifat higroskopis yang akan mengabsorbir atau mendesorbir uap air dari atau ke udara sekelilingnya.

Perlakuan iradiasi terhadap serbuk klobotjagung mengakibatkan terjadinya proses penguapan air terutama air bebas ke udara sekelilingnya. Hal ini ditunjukkan dengan munculnya uap air yang menyelubungi pembungkus plastik serbuk klobot jagung setelah proses iradiasi sehingga kadar air yang terdapat di dalam serbuk klobot jagung semakin berkurang. Peningkatan dosis radiasi akan menurunkan kadar air, seperti ditunjukkan pada Tabel 2. Berdasarkan pengamatan pada klobot jagung yang mendapatkan perlakuan iradiasi gamma selama 3 bulantidak ditemukan jamur ataupun rayap dan tidak menimbulkan bau tengik.

Tabel 2 Uji kadar air serbuk klobot jagung

	Kadar air (%)
Kontrol (0 kGy)	7.75
Iradiasi 5 kGy	5.63
Iradiasi 10 kGy	5.56



Gambar 1 Kurva DSC klobot jagung

Analisis Termal

T_g klobot jagung seperti tersaji pada Gambar 1. Nilai T_g terletak pada endoterm kedua, didapat nilai T_g 196.21 °C. Nilai T_g klobot jagung yang diperoleh cukup tinggi dan ketika hendak diaplikasikan sebagai bahan baku biokomposit memerlukan modifikasi struktural terlebih dahulu seperti penambahan bahan aditif (*plastisizer, coupling agent* dan lainnya) sehingga suhu transisi ini dapat diturunkan dan pada akhirnya akan memudahkan proses pencampuran dengan bahan/polimer lain yang umumnya memiliki suhu T_g lebih rendah. Tingginya suhu T_g klobot jagung berkaitan dengan kandungan serat dengan ikatan kompleks yang tinggi pada klobot jagung.

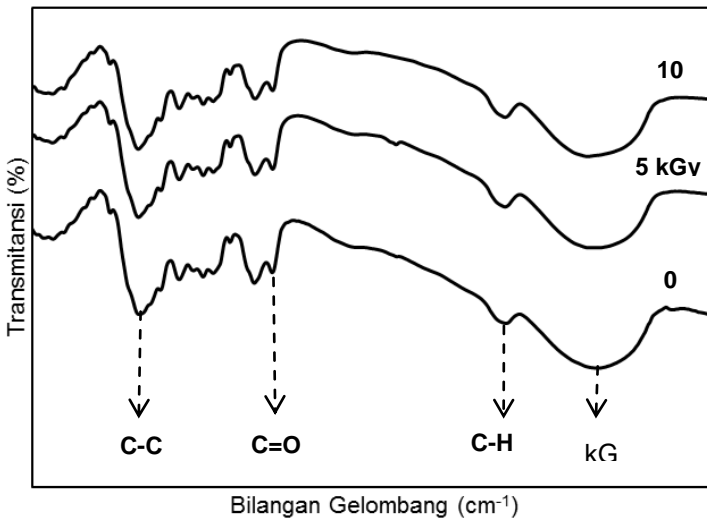
Analisis Gugus Fungsi

Secara umum spektrum transmitansi FTIR pada ketiga sampel memiliki pola yang serupa akan tetapi semakin tinggi dosis iradiasi, intensitas spektrum transmitansi semakin tinggi pula yang berarti telah terjadi perubahan secara kualitatif dari gugus fungsi di dalam klobot jagung. Pola spektrum pada Gambar 2 tidak menunjukkan munculnya gugus fungsi yang baru ataupun hilangnya gugus fungsi utama klobot jagung. Dosis iradiasi 5 dan 10 kGy belum secara signifikan merubah struktur molekul klobot jagung. Penurunan jumlah lignin, protein dan karbohidrat (selulosa dan hemiselulosa) ditunjukkan dengan semakin tingginya intensitas transmitansi pada spektrum FTIR. Pemberian iradiasi sinar gamma mengakibatkan putusannya ikatan kimia kompleks dari lignin, protein dan karbohidrat menjadi ikatan yang lebih sederhana atau umum disebut sebagai proses dekomposisi/degradasi serat dan denaturasi protein.

Spektrum FTIR serbuk klobot jagung untuk 0, 5 dan 10 kGy menunjukkan terdapat pita transmitansi yang luas pada daerah 3387-3402 cm⁻¹ yang merupakan daerah vibrasi regangan dari gugus O-H (grup hidroksil) dalam molekul selulosa dan vibrasi tekuk gugus O-H dari

penyerapan air¹⁰. Spektrum ini menunjukkan bahwa pada seluruh sampel mengandung air terikat yang dicirikan dengan munculnya gugus O-H. Klobot jagung tanpa perlakuan iradiasi memiliki gugus O-H dengan intensitas transmitansi rendah yang menunjukkan bahwa sampel tersebut mengandung air terikat paling tinggi dibandingkan sampel lainnya.

Adanya lignin ditandai dengan ikatan C-C pada bilangan gelombang 1257 dan 1065 cm^{-1} . Karbohidrat dapat diidentifikasi dengan adanya ikatan C-H pada 2993 cm^{-1} dan ikatan O-H, ini berdasarkan penelitian Ibrahim (2006)¹⁰. Protein (grup amida) teridentifikasi dengan adanya ikatan C=O pada daerah vibrasi 1728 cm^{-1} . Spektrum yang sama untuk protein juga dilaporkan oleh Norashikin *et al*(2009)¹² yaitu pada rentang bilangan gelombang 1740-1660 cm^{-1} . Berdasarkan pola FTIR, serat dan karbohidrat memiliki nilai transmitansi terendah, ini menunjukkan bahwa kandungan tersebut dominan didalam klobot jagung dan hasil ini juga bersesuaian dengan Tabel 1.



Gambar 2 Spektrum FTIR klobot jagung pada berbagai variasi dosis iradiasi gamma

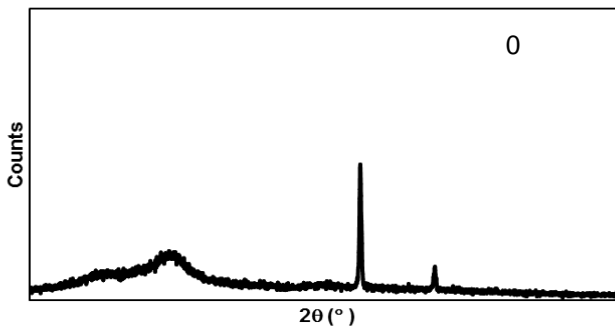
Analisis Struktur Molekul

Pola difraksi sinar-X dari variasi dosis iradiasi klobot jagung secara umum menunjukkan pola yang sama dengan adanya satu puncak tajam pada daerah $2\theta = 37.8^\circ$ dan satu puncak kecil pada $2\theta = 44^\circ$ yang menunjukkan struktur kristalin dari karbohidrat sedangkan satu puncak lebar pada $2\theta = 21.6^\circ$ menunjukkan puncak difraksi untuk selulosa (Gambar 3). Intensitas puncak difraksi pada berbagai dosis

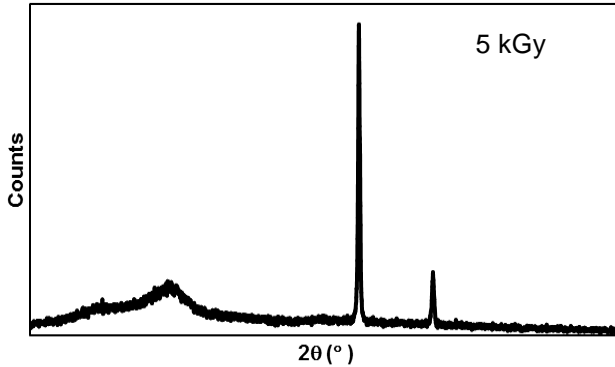
iradiasi menunjukkan derajat kristalinitasnya. Klobot jagung dengan derajat kristalinitas tertinggi sampai terendah berturut-turut adalah pada dosis 5, 10 dan 0 kGy dengan nilai indeks kristalinitas 69, 58 dan 50 %. Pemberian dosis iradiasi 5 kGy dapat meningkatkan indeks kristalinitas secara signifikan yang menunjukkan semakin teraturnya struktur molekul klobot jagung. Sebaliknya, pemberian dosis yang lebih tinggi sebesar 10 kGy ternyata menurunkan kembali indeks kristalinitas klobot jagung.

Semakin rendah indeks kristalinitas menunjukkan rendahnya keteraturan susunan molekul kristalin. Perlakuan iradiasi mengakibatkan sebagian struktur kristalin selulosa berubah menjadi amorf sedangkan struktur kristalin karbohidrat meningkat (Gambar 3a dan 3b).

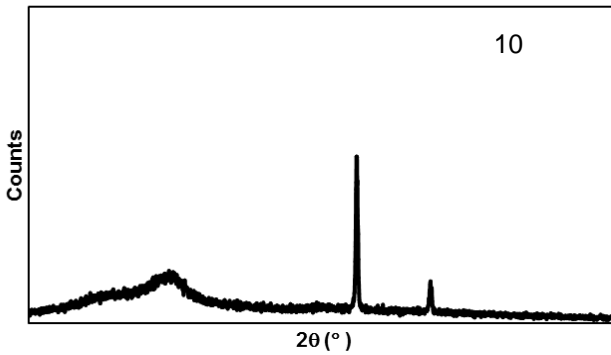
Menurut Taggart (2004)¹³, karbohidrat terutama komponen amilosa memiliki kemampuan membentuk kristal karena struktur rantai polimernya yang sederhana. Strukturnya yang sederhana ini dapat membentuk interaksi molekular yang kuat. Setelah perlakuan panas akibat iradiasi gamma, molekul-molekul amilosa yang terkandung pada karbohidrat akan berikatan kembali satu sama lain menjadi semacam jaring-jaring membentuk mikrokristal. Peningkatan dosis iradiasi yang lebih tinggi pada 10 kGy berarti klobot jagung mendapat perlakuan suhu yang lebih tinggi lagi dan hal ini menurunkan kemampuan sebagian molekul amilosa karbohidrat untuk saling berikatan kembali membentuk struktur kristalin yang ditunjukkan dengan rendahnya puncak difraksi seperti ditunjukkan pada Gambar 3c.



(a)



(b)



(c)

Gambar 3 Pola difraksi sinar-X klobot jagung ukuran partikel 60 mesh pada dosis radiasi (a) 0kGy, (b) 5 kGy dan(c) 10 kGy

SIMPULAN

Klobot jagung memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku biokomposit karena mengandung serat (38%) dan karbohidrat (46%) yang tinggi. Peningkatan dosis iradiasi sinar gamma mengakibatkan penurunan kadar air dan intensitas gugus fungsi klobot jagung. Dosis radiasi 5 kGy merupakan dosis efektif yang dapat menghasilkan klobot jagung dengan kadar air yang memadai, struktur kristalin terbaik dan bersifat lebih awet sehingga memberikan prospek untuk dikembangkan lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

1. Nemli G, Ozturk I. Influence of some factors on the formaldehyde content of particleboard. *J Build Environ*2006; 41: 770-774.
2. Aveorous L, Boquillon N. Biocomposites based on plasticized starch: thermal and mechanical behaviours. *Carbohydrate Polymers*2004;56 : 111–122.
3. Chaudhary AK, Gope PC, Singh VK. Effect of Almond Shell Particles on Tensile Property of Particleboard. *J Mater Environ Sci* 2013; 4 (1):109-112.
4. Adnan A. *Karakteristik Fisika Kimia dan Mekanis Kelobot Jagung sebagai Bahan Kemasan*. [Skripsi]. Departemen Teknologi Industri Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor; 2006.
5. Simon Curling Jerrold E. Winandy. Comparison of the effects of gamma irradiation and steam sterilization on southern pine sapwood. *Forest Products Journal* 2008; 58 (1/2).
6. Winandy and JJ Morrell. Relationship between incipient decay, strength and chemical composition of Douglas fir heartwood. *Wood and Fiber Sci*1993; 25(3):278-288.
7. [SNI] Standar Nasional Indonesia. SNI Cara Uji Makanan Dan Minuman 01-2891-1992. Jakarta (ID): Pusat Standarisasi Industri Departemen Perindustrian.1992
8. Li X, Li Y, Zhong Z. Mechanical and water soaking properties of medium density fiberboard with wood fiber and soybean protein adhesive. *Biores Technol*2009;100: 3556-3562.
9. Curling S, C Clausen, and J Winandy. Relationships between mechanical properties, weight loss, and chemical composition of wood during incipient brown-rot decay. *Forest Prod J*2002; 52(7/8):34-39.
10. Baskaran M, Hashim R, Said N, Raffi SM, Balakrishnan K, Sudesh K, Sulaiman O, Arai T, Kosugi A, Mori Y, Sugimoto T, Sato M. Properties of binderless particleboard from oil palm trunk with addition of polyhydroxyalkanoates. *Composites*2012;43: 1109-1116
11. Ibrahim M, Alaam M, El-Haes H, Jalboul AF, Leon A. Analysis of the structure and vibrational spectra of glucose and fructose. *Eletica*2006; 31 (3): 15-21.
12. MZ Norashikin and MZ Ibrahim. The Potential of Natural Waste (Corn Husk)for Production of Environmental FriendlyBiodegradable Film for Seedling. *World Academy of Science, Engineering and Technology*2009; 58: 176-180.
13. TaggartP. Starch as an ingredients : manufacture and applications. Didalam: Ann Charlotte Eliasson (ed). *Starch in Food: Structure, Function, and Application*. Boca Raton, Florida: CRC Press; 2004.