

MODIFIKASI LIMBAH KULIT PISANG UNTUK ADSORBEN ION LOGAM Mn(II) DAN Cr(VI)

Meri Suhartini

Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi (PATIR) - BATAN

Jl. Lebak Bulus Raya No.49, Pasar Jumat, Jakarta 12070

e-mail: meri@batan.go.id

Diterima: 13 Agustus 2012

Diperbaiki: 14 Januari 2013

Disetujui: 14 Februari 2013

ABSTRAK

MODIFIKASI LIMBAH KULIT PISANG UNTUK ADSORBEN ION LOGAM Mn(II) DAN Cr(VI).

Pada penelitian ini Bubuk Kulit Pisang (BKP) dimodifikasi. Modifikasi dilakukan dengan mengikat silang polisakarida yang terdapat pada kulit pisang menggunakan Epiklorohidrin (Epi) sebagai zat pengikat silang dengan inisiator sinar gamma dari sumber *Cobalt 60*. Modifikasi ini bertujuan memperbaiki sifat fisik dan kimia BKP guna memperpanjang masa pakai dan meningkatkan kemampuan penyerapan ion logam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis radiasi optimum pada bubuk kulit pisang hasil modifikasi (BKP-Epi) dicapai pada dosis 10 kGy dengan konsentrasi Epi 10 %, pada kondisi tersebut, kemampuan BKP-Epi dalam menyerap ion logam Mn(II) meningkat 160 % dibandingkan sebelum dimodifikasi. Akan tetapi kemampuan BKP-Epi dalam menyerap ion logam Cr(VI) menurun sebesar 43,10 %. Terdapat perbaikan terhadap ketahanan asam pada BKP-Epi yang ditunjukkan dengan penurunan kerusakan BKP-Epi sebesar 104,55 %. Analisis *Fourier Transform-Infra Red (FT-IR)* menunjukkan pergeseran bilangan gelombang puncak sebelum dan sesudah iradiasi, menandakan terjadinya reaksi ikatan silang pada polisakarida tersebut.

Kata Kunci: Kulit Pisang, Ikat silang, Epiklorohidrin, Iradiasi, Mn(II), Cr(VI)

ABSTRACT

MODIFICATION OF BANANA PEEL POWDER FOR ABSORBENT OF METAL ION Mn(II) AND Cr(VI).

In this study Banana Peel Powder (BPP) was modified. Modification shave done by cross linking the poly saccharide of banana peel with Epichlorohydrin (Epi) as crosslinker agent and gamma rays as initiator. This modification aims to improve the physical and chemical properties of BPP in order to extend the life time and increase the adsorption capacity of metalions. The results showed that the optimum irradiation dose on a modified banana peel powder (MBPP) was achieved at a dose of 10 kGy with Epi concentration of 10 %. Under these conditions, the MBPP ability to absorb metal ion Mn (II) increased up to 160 % compared to the pre modified. But the MBPP ability to absorb metal ion Cr (VI) decreased by 43.10 %. There were improvements in acid resistant of the MBPP, the acid resistant test indicated by a decrease of 104.55 %. Fourier Transform-Infra Red (FT-IR) analysis seen a shift in wave peak numbers before and after irradiation, indicating the occurrence of crosslinking reaction in the polysaccharide.

Keywords: Banana peels, Crosslinking, Epichlorohydrin, Irradiation, Mn (II), Cr (VI)

PENDAHULUAN

Pisang (*Musa paradisiaca*) merupakan tanaman buah-buahan yang tumbuh dan tersebar di seluruh Indonesia. Indonesia merupakan penghasil pisang terbesar di Asia. Produksinya semakin meningkat dari tahun ke tahun. Tahun 2008 sebesar 6.004.615 ton/tahun dan tahun 2009 menjadi 6.373.533 ton/tahun [1]. Dengan produktivitas yang tinggi maka jumlah limbah kulit pisang bertambah. Jumlah limbah yang melimpah tersebut dapat dimanfaatkan menjadi produk yang bernilai ekonomis tinggi.

Penelitian sebelumnya telah membuktikan bahwa kulit pisang memiliki gugus fungsi yang berperan dalam pengikatan ion logam berat seperti gugus hidroksil, asam karboksilat dan gugus amina[2]. Gugus fungsional dari rantai polisakarida karbohidrat kulit pisang adalah gugus hidroksil (-OH). Ikatan yang terjadi antara ion logam dengan gugus (-OH) pada polisakarida ini dapat terjadi melalui ikatan hidrogen dan gaya *Van der Waals*. Hal ini yang menyebabkan kulit pisang dapat dimanfaatkan sebagai bioadsorben logam berat [3].

Ion logam berat yang terikut bersama limbah industri pelapisan logam, pabrik baterai, industri tekstil, industri *alloy* dan beberapa industri lainnya, berbahaya karena adanya sistem bioakumulasi, yaitu peningkatan konsentrasi unsur kimia tersebut dalam tubuh makhluk hidup sesuai piramida rantai makanan. Mangan termasuk logam berat yang dapat menimbulkan keracunan kronis pada manusia. Efek Mangan terjadi terutama di saluran pernapasan dan otak. Gejala keracunan mangan adalah halusinasi, pelupa dan kerusakan saraf. Dapat pula menyebabkan gangguan kerongkongan, gangguan tulang, osteoporosis, penyakit, gangguan kardiovaskuler, hati, reproduksi dan perkembangan mental, hipertensi, hepatitis, kegemukan, masalah kulit, kolesterol dan menyebabkan epilepsi [4].

Dalam penelitian ini pembentukan radikal dilakukan dengan memanfaatkan inisiatorradiasi sinar gamma *Cobalt 60* dengan berbagai variasi dosis radiasi untuk mengetahui dosis radiasi optimum untuk mendapatkan sifat yang diinginkan.

Penelitian sebelumnya telah membuktikan bahwa kulit pisang memiliki gugus fungsional yang berperan dalam pengikatan ion-ion logam berat seperti gugus hidroksil dan asam karboksilat. Gugus fungsional dari rantai polisakarida adalah gugus hidroksil (-OH). Ikatan yang terjadi antara ion logam dengan polisakarida dapat terjadi melalui ikatan hidrogen dan gaya *Van der Waals*. Hal inilah yang menyebabkan kulit pisang dapat dimanfaatkan sebagai bioadsorben logam berat [3].

Kelemahan bubuk kulit pisang sebagai adsorben adalah mudah membusuk oleh bakteri sehingga tidak tahan lama dan daya adsorpsi untuk logam selain kromium rendah, oleh karena itu memerlukan modifikasi agar mempunyai sifat fisik-kimia yang lebih baik. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan propertis yang optimal dari kulit pisang sehingga mempunyai sifat yang lebih tahan lama dan meningkatkan kemampuan penyerapan terhadap ion logam berat, dapat *direcycle* dan mempunyai ketahanan terhadap asam.

TEORI

Krom merupakan elemen berbahaya di permukaan bumi dan dijumpai dalam kondisi oksida antara Kromium (II) hingga Kromium (VI). Efek yang ditimbulkan bila krom terakumulasi dengan jumlah yang besar dalam tubuh adalah dapat menyebabkan berbagai jenis penyakit antara lain: kanker paru-paru, pelubangan jantung, dermatitis, alergi dan iritasi apabila terkena mata. Logam Kromium biasanya digunakan untuk mengeraskan baja, pembuatan baja tahan karat dan membentuk banyak *alloy* yang berguna. Disamping itu digunakan dalam proses pelapisan logam.

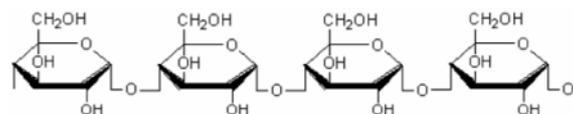
Kromium dan Mangan yang masuk ke dalam lingkungan sebagian besar adalah dari kegiatan perindustrian (pabrik semen, baterai, cat, industri,

pelapisan, pewarnaan dan fotografi) dan dari pembakaran serta mobilisasi bahan-bahan bakar [5]. Berbagai metode seperti penukar ion, penyerapan dengan karbon aktif dan pengendapan secara elektrolisis telah dilakukan untuk menyerap bahan pencemar beracun dari limbah, tetapi cara ini membutuhkan biaya yang sangat tinggi dalam pengoperasiannya [6].

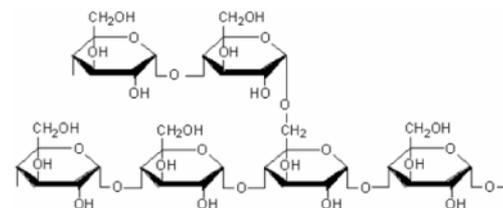
Reaksi *crosslinking* merupakan suatu reaksi ikatan silang pada polisakarida. Ikatan silang yang terbentuk pada senyawa polisakarida dengan pereaksi multifungsional umumnya merupakan ikatan ester yang menjembatani atau menghubungkan dua gugus hidroksil pada molekul polisakarida. Reaksi ikatan silang dapat memperkuat ikatan hidrogen dalam granula polisakarida melalui ikatan silang kimia yang berfungsi sebagai jembatan antar molekul [7].

Polisakarida merupakan komposisi utama kulit pisang. Polisakarida yang terdapat pada bubuk kulit pisang sebagian besar terdiri dari amilosa, amilopektin dan selulosa. Amilosa merupakan polisakarida yang terdiri dari polimer rantai lurus yang dibangun oleh ikatan α -(1,4)- glikosidik dan pada setiap rantai terdapat 500 unit D-glukosa hingga 2000 unit D-glukosa. Amilopektin adalah polisakarida terdiri dari polimer berantai cabang dengan ikatan α -(1,4)-glikosidik dan ikatan α -(1,6)-glikosidik di tempat percabangannya. Setiap cabang terdiri atas 25 unit hingga 30 unit

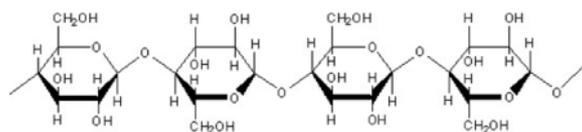
D-glukosa. Amilopektin merupakan molekul paling dominan dalam pati. Dalam granula pati rantai amilopektin mempunyai keteraturan susunan. Selulosa merupakan polisakarida yang terdiri dari α 1,4 poli glukosa, dengan berat molekul sangat besar. Unit ulangan dari polimer selulosa terikat melalui ikatan glikosida yang mengakibatkan struktur selulosa linier. Keteraturan struktur tersebut juga menimbulkan ikatan hidrogen secara intra dan intermolekul.



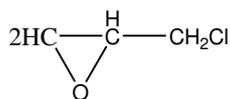
Gambar 1. Struktur Amilosa [8]



Gambar 2. Struktur Amilopektin [8]



Gambar 3. Struktur Selulosa [8]



Gambar 4. Struktur epiklorohidrin [9]

Epiklorohidrin merupakan pereaksi multi fungsional, yaitu suatu komponen yang dapat bereaksi dengan dua/lebih gugus fungsional dari molekul yang berbeda, seperti gugus hidroksil dari dua/lebih unit glukosa [3]. Pada suhu kamar, epiklorohidrin berbentuk cairan tidak berwarna dan berbau seperti kloroform. Epiklorohidrin larut dalam air, benzen, etanol, dietil eter, kloroform dan karbon tetraklorida[9]. Struktur epiklorohidrin seperti terlihat pada Gambar 4. Epiklorohidrin digunakan dalam produksi bahan sintesis seperti epoksi, fenoksi dan resin poliamida, *crosslinking* pati pada makanan, zat warna dan perekat. Epiklorohidrin dapat digunakan sebagai homopolimer atau kopolimer dalam sintesis karet epiklorohidrin [10].

METODE PERCOBAAN

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: kulit pisang kepok, Epiklorohidrin, NaOH, *Aquadest*, Asam Asetat, Kalium Bromida (KBr), $MnSO_4 \cdot 7H_2O$ dan $K_2Cr_2O_7$.

Peralatan

Alat yang digunakan antara lain: Spektrofotometer Serapan Atom (AAS), Spektrofotometer *Fourier Transform-Infra Red (FT-IR)* (IRPrestige-21 Shimadzu) dan sumber radiasi gamma Iradiator *Cobalt 60*.

Cara Kerja

Kulit pisang dicuci, dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C selama tiga hari, di *blender* dan diayak dengan penyaring 30 *mesh*, kemudian dicuci kembali dengan *aquadest* dan dikeringkan pada 105 °C selama 1 jam. Ditimbang 50 gram sampel BKP ditambahkan larutan NaOH 0,5 N direndam selama 3 jam. Selanjutnya sampel diberi epiklorohidrin dengan konsentrasi 7 %; 10 % dan 15 % diaduk, lalu diiradiasi menggunakan sumber iradiasi *Cobalt 60* dengan dosis radiasi 5 kGy; 10 kGy; 30 kGy dan 35 kGy. Hasil iradiasi dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C selama 5 jam. Diperoleh sampel bubuk kulit pisang hasil modifikasi (BKP-Epi).

Ketahanan Terhadap Asam

Sampel bubuk kulit pisang murni dan hasil modifikasi masing-masing ditimbang seberat 1 gram, dimasukkan dalam kawat kasa berukuran 200 *mesh*.

Direndam dalam larutan asam asetat 1% dengan variasi perendaman 10 hari dan 20 hari [2].

Aplikasi Bubuk Kulit Pisang

Bubuk Kulit Pisang (BKP) murni dan hasil modifikasi (BKP-Epi) seberat 0,1 gram dimasukkan ke dalam 50 mL larutan $MnSO_4$ dengan konsentrasi ion logam Mn 400 ppm dan larutan $K_2Cr_2O_7$ dengan konsentrasi ion logam Cr 150 ppm. Diaduk dengan waktu 1 jam dan 10 menit. Ion Mn dan Cr yang tersisa dianalisis menggunakan AAS [2].

Karakteristik Gugus Kulit Pisang dengan *Fourier Transform-Infra Red*

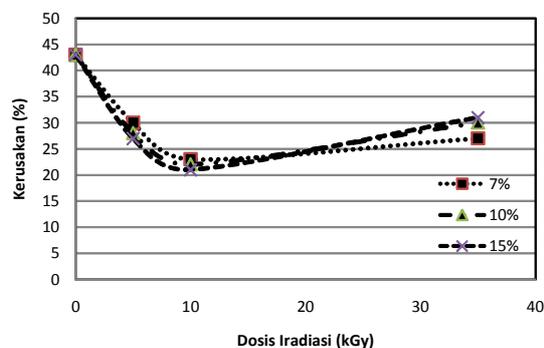
Untuk mengidentifikasi Gugus fungsi pada BKP dan BKP-Epi dilakukan identifikasi dengan spektroskopi infra merah. Masing-masing 1,00 mg sampel BKP dan BKP-Epi dibuat pelet dengan menggunakan KBr kering, selanjutnya dianalisis menggunakan *FT-IR*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Dosis Iradiasi Terhadap Sifat Fisik BKP-Epi

Pembentukan ikatan silang pada polisakarida-Epiklorohidrin (Epi) dapat meningkatkan ketahanan sampel BKP-Epi tersebut terhadap asam, yang ditunjukkan dengan penurunan prosentase kerusakan. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 5. Terlihat bahwa polisakarida pada bubuk kulit pisang yang berikatan silang (BKP-Epi) mengalami perbaikan terhadap ketahanan asam yang ditunjukkan dengan penurunan kerusakan dibandingkan dengan bubuk kulit pisang murni.

Pada konsentrasi 7 %, 10 % dan 15 % Epi yang ditambahkan dosis iradiasi optimum yang dapat menghasilkan sifat fisik terbaik adalah pada dosis iradiasi 10 kGy, dimana pada dosis iradiasi tersebut kerusakan BKP-Epi mencapai prosentase terendah yaitu 22 % dari semula sebelum dimodifikasi yaitu 45 %. Hal tersebut



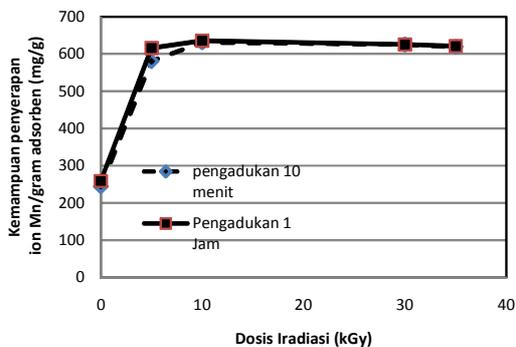
Gambar 5. Hubungan dosis iradiasi dan penambahan konsentrasi epiklorohidrin terhadap ketahanan terhadap asam BKP-Epi pada perendaman selama 20 hari

karena pada dosis iradiasi 10 kGy terjadi ikatan silang antara molekul polisakarida dengan adanya Epi yang bersifat sebagai polifungsional monomer sebagai jembatan. Ikatan silang antar rantai polisakarida meningkatkan daya tahan dari polisakarida sehingga polisakarida tidak mudah mengalami kerusakan. Dengan bertambahnya jumlah ikatan silang mengakibatkan mobilitas molekuler polisakarida-epiklorohidrin berkurang. Selain mengurangi mobilitas, ikatan silang yang terbentuk akan mengikat antara molekul-molekul granula sehingga memperkuat matriks yang terbentuk. Molekul yang berikatan silang juga memperpendek jarak antara molekul polimer, maka akan semakin tinggi tekanan yang diberikan pada polimer tersebut, sehingga kekompakannya bertambah [7]. Hal inilah yang mengakibatkan semakin berkurangnya prosentase kerusakan pada BKP-Epi.

Pada dosis iradiasi 35 kGy kerusakan yang terjadi bertambah. Hal ini karena pada dosis iradiasi yang tinggi, kecepatan pembentukan situs aktif lebih cepat terjadi pada monomer epiklorohidrin dibandingkan pada permukaan polisakarida, akibatnya terminasi menjadi lebih mudah terjadi antar radikal epiklorohidrin membentuk homopolimer, dibandingkan dengan ikatan pada situs aktif yang terdapat pada polisakarida, sehingga hanya sebagian kecil epiklorohidrin yang berikatan pada polimer induk polisakarida [10].

Kemampuan Adsorben BKP-Epi dalam Penyerapan Ion Logam Berat Mn^{2+}

Pada Gambar 6 dapat dilihat hubungan dosis radiasi pengikatan silang polisakarida (pada bubuk kulit pisang) dengan epiklorohidrin terhadap kemampuan sampel yang diikat silang tersebut sebagai adsorben dalam menyerap ion logam berat Mn^{2+} . Pada Gambar 6 tersebut terlihat bahwa dosis radiasi yang ditambahkan sebagai inisiator pada pengikatan silang polisakarida-epiklorohidrin berpengaruh terhadap peningkatan kemampuan adsorben hasil modifikasi tersebut dalam menyerap ion logam Mn^{2+} .



Gambar 6. Hubungan dosis radiasi pengikatan silang polisakarida-epiklorohidrin dengan kemampuannya dalam menyerap ion logam berat Mn^{2+}

Maksimum kemampuan bubuk kulit pisang (sebelum dimodifikasi) dalam menyerap ion logam Mn^{2+} dengan waktu kontak 10 menit adalah 244,2 mg per gram bubuk kulit pisang murni (BKP). Maksimum kemampuan penyerapan tersebut bertambah, setelah polisakarida pada bubuk kulit pisang diikat silang dengan epiklorohidrin dengan inisiator sinar gamma.

Besaran dosis iradiasi yang ditambahkan sebagai inisiator, terlihat berperan secara signifikan untuk meningkatkan kemampuan adsorben dalam menyerap ion logam Mn^{2+} . Pada pengikatan silang BKP- epiklorohidrin (BKP-Epi) dengan dosis iradiasi 10 kGy, adsorben yang dihasilkan mampu menyerap ion logam Mn^{2+} maksimum sebesar 635,2 mg per gram adsorben (BKP-Epi). Pada dosis iradiasi yang lebih tinggi sebesar 35 kGy, kemampuan penyerapan BKP-Epi terhadap ion logam Mn^{2+} mengalami penurunan menjadi 528,8 mg per gram adsorben BKP-Epi. Untuk waktu kontak antara sorben dan adsorben selama satu jam, kemampuan adsorben BKP-Epi pada semua dosis iradiasi dalam menyerap ion logam Mn^{2+} tidak berbeda secara signifikan, hal ini disebabkan adsorben sudah mencapai titik jenuh karena konsentrasi sorben yang dipergunakan cukup tinggi yaitu larutan dengan konsentrasi ion logam Mn^{2+} sebesar 400 ppm.

Peningkatan kemampuan BKP-Epi dalam penyerapan ion logam Mn^{2+} disebabkan karena gugus-gugus hidroksil yang terdapat pada gugus BKP-Epi telah teraktifkan sehingga mampu membentuk kompleks kelat yang stabil dengan ion logam berat Mn^{2+} . Selain itu kenaikan penyerapan terjadi karena jumlah molekul yang terikat pada polisakarida semakin banyak sehingga mempermudah matriks BKP-Epi untuk mentransfer proton H^+ dari gugus -OH ke dalam larutan, sehingga ion logam Mn^{2+} dapat menggantikan kedudukan proton H^+ dengan pembentukan kompleks kelat antara ligan-ligan -OH dengan atom pusat ion logam Mn^{2+} .

Adanya gugus -OH menyebabkan terjadinya sifat polar pada adsorben BKP-Epi. Dengan demikian polisakarida lebih kuat menyerap zat yang bersifat polar dibandingkan zat yang kurang polar. Mekanisme adsorpsi yang terjadi antara gugus -OH yang terikat pada permukaan dengan ion logam berat yang bermuatan positif merupakan mekanisme pertukaran ion. Interaksi antara gugus-OH dengan ion logam dimungkinkan melalui mekanisme pembentukan kompleks koordinasi, karena atom oksigen pada gugus -OH mempunyai pasangan elektron bebas. Ion-ion Mn^{2+} akan berinteraksi kuat dengan anion yang bersifat basa kuat seperti -OH. Ikatan antara ion Mn^{2+} dengan -OH pada polisakarida melalui pembentukan ikatan koordinasi, dimana pasangan elektron bebas dari O pada OH akan berikatan dengan ion logam Mn^{2+} membentuk ikatan kompleks melalui ikatan kovalen. Pada dosis iradiasi yang lebih tinggi yaitu 35 kGy kemampuan adsorben BKP-Epi dalam menyerap ion logam Mn^{2+} menjadi

menurun, hal ini disebabkan karena pada dosis iradiasi 35 kGy terjadi juga pemutusan rantai polisakarida pada kulit pisang [11].

Kemampuan Adsorben BKP-Epi dalam Penyerapan Ion Logam Berat Cr(VI)

Pada Gambar 7 dapat dilihat bahwa pada waktu kontak sorben dan adsorben selama 10 menit, kemampuan satu gram BKP murni dalam menyerap ion logam berat Cr(VI) mencapai 130 mg. Dengan bertambahnya dosis iradiasi kemampuan penyerapan mengalami penurunan. Pada dosis iradiasi 5 kGy menjadi 25,6 mg ion logam berat Cr(VI) terserap dalam 1 gram BKP-Epi dan meningkat pada dosis iradiasi 10 kGy dan 35 kGy menjadi 39,3 mg dan 36,5 mg. Akan tetapi pada waktu kontak 1 jam. Kemampuan 1 gram BKP dalam menyerap ion logam berat Cr(VI) mencapai 141,2 mg. Pada sampel adsorben BKP-Epi dengan dosis iradiasi 5 kGy penyerapan menjadi 33,4 mg ion logam berat Cr(VI)/g adsorben BKP-Epi sedangkan BKP-Epi pada dosis iradiasi 10 kGy, dapat menyerap 79,2 mg ion logam berat Cr(VI)/g BKP-Epi. Pada waktu kontak sorben dan adsorben selama 10 menit dan 1 jam terdapat kecenderungan yang sama.

Dosis iradiasi 5 kGy terjadi penurunan kemampuan penyerapan ion logam berat Cr(VI), kemudian terjadi peningkatan penyerapan pada BKP-Epi dengan dosis iradiasi 10 kGy yang kemudian menurun kembali pada dosis yang lebih tinggi.

Hal ini dikarenakan Cr(VI) yang terserap pada permukaan kulit pisang direduksi menjadi Cr(III) oleh gugus amina yang bersifat sebagai reduktor. Gugus amina terdapat pada glikoprotein, glucolipids dan asam nukleat yang terdapat pada permukaan kulit pisang. Setelah Cr(VI) terjadi reduksi menjadi Cr(III) adsorpsi berlanjut [12]. Setelah diiradiasi terjadi degradasi pada glikoprotein, *glucolipids* dan asam nukleat sehingga kemampuan mereduksi Cr(VI) menjadi Cr(III) berkurang sehingga adsorpsi ion logam Cr secara keseluruhan menjadi berkurang.

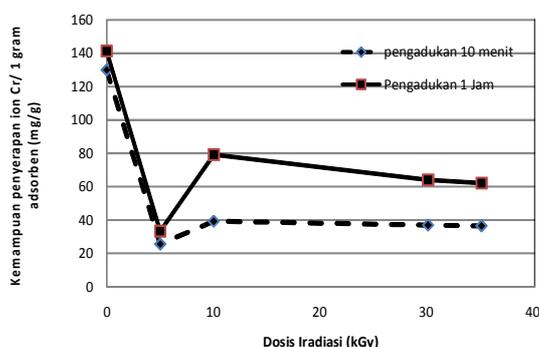
Iradiasi mengakibatkan gugus NH₂ dalam protein mengalami kerusakan, iradiasi juga menyebabkan terjadinya pemutusan rantai protein. Perubahan protein

pada BKP yang disebabkan oleh iradiasi sinar-γ terjadi pada struktur dan ikatan proteinnya. Perubahan struktur dapat diakibatkan oleh denaturasi dan degradasi protein. Akibatnya kemampuan menyerap ion logam Cr berkurang dengan semakin bertambahnya dosis iradiasi. Hal inilah yang mengakibatkan menurunnya prosentase penyerapan ion logam Cr pada BKP-Epi. Pada dosis iradiasi 10 kGy terjadi peningkatan kemampuan penyerapan ion logam Cr(VI) karena pada dosis iradiasi 10 kGy terjadi ikatan silang antara molekul polisakarida dengan keberadaan epiklorohidrin yang bersifat polifungsional monomer sebagai jembatan dan pada keadaan ini gugus NH₂ dalam protein belum banyak yang terdegradasi oleh radiasi. Pada dosis iradiasi 35 kGy, terjadi penurunan kemampuan penyerapan ion logam Cr(VI), pada keadaan ini gugus NH₂ dalam protein dan polisakarida yang terdapat pada bubuk kulit pisang telah terdegradasi sehingga kemampuan adsorpsi sampel menjadi menurun.

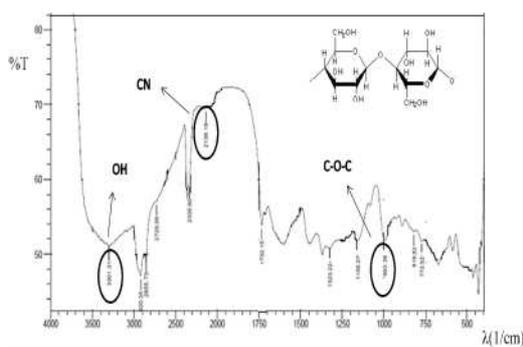
Identifikasi Gugus Fungsi

Analisis *Fourier Transform-Infra Red (FT-IR)* digunakan untuk mengetahui ciri struktural senyawa kimia pada bubuk kulit pisang dan mendeteksi penambahan dan perubahan gugus fungsi akibat modifikasi ikatan silang. Hasil analisis gugus fungsi bubuk kulit pisang murni sebelum diberi perlakuan iradiasi dapat dilihat pada Gambar 8. Gambar 8 memperlihatkan spektrum bubuk kulit pisang murni sebelum dimodifikasi. Gugus fungsi yang selalu terdapat pada bubuk kulit pisang adalah gugus -OH, C-O-C dan C-N. Gugus fungsi C-N muncul diperkirakan berasal dari protein kulit pisang.

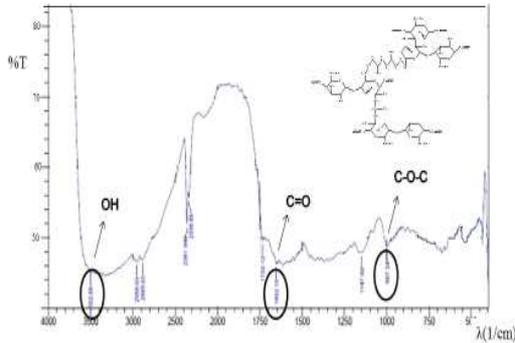
Serapan pada bubuk kulit pisang terlihat dengan adanya serapan yang lebar pada bilangan gelombang 3301,31 cm⁻¹, pita serapan ini merupakan serapan dari gugus -OH. Pita serapan vibrasi ulur -CH alifatik muncul pada bilangan gelombang 2920,36 cm⁻¹ dan 2855,73 cm⁻¹. Pita serapan gugus C-O-C yang merupakan ikatan glikosidik pada polisakarida muncul pada bilangan gelombang 993,82 cm⁻¹ dan tekukan O-H muncul pada bilangan gelombang 772,52 cm⁻¹. Pada spektrum *FT-IR* menunjukkan vibrasi ulur pada gugus fungsi C-N pada



Gambar 7. Hubungan dosis radiasi dengan kemampuan adsorben dalam menyerap ion logam berat Cr(VI)



Gambar 8. Spektrum *FT-IR* kulit pisang murni sebelum iradiasi



Gambar 9. Spektrum *FT-IR* kulit pisang setelah iradiasi (BKP-Epi) pada dosis 10 kGy konsentrasi Epi 10%.

bilangan gelombang $2335,90\text{ cm}^{-1}$ dan $2138,18\text{ cm}^{-1}$ yang diperkirakan berasal dari protein kulit pisang. Pita serapan vibrasi -C=O muncul pada bilangan gelombang $1723,16\text{ cm}^{-1}$.

Pengujian spektrum *FT-IR* pada BKP-Epi dilakukan pada sampel dengan dosis iradiasi 10 kGy dan penambahan Epi 10 %. Hal yang sama dilakukan pada sampel BKPM.

Gambar 9 menunjukkan spektrum BKP-Epi. Spektrum *FT-IR* tersebut menunjukkan bahwa terdapat perubahan serapan yang lebih lebar pada ulur O-H pada bilangan gelombang $3301,31\text{ cm}^{-1}$ menjadi $3502,88\text{ cm}^{-1}$. Serapan unsur C-H alifatik mengalami pergeseran bilangan gelombang dari $2920,35\text{ cm}^{-1}$ dan $2855,73\text{ cm}^{-1}$ menjadi $2958,93\text{ cm}^{-1}$ dan $2885,94\text{ cm}^{-1}$ setelah iradiasi. Serapan vibrasi ulur C-O-C mengalami pergeseran bilangan gelombang dari $993,38\text{ cm}^{-1}$ menjadi $997,24\text{ cm}^{-1}$. Selain itu terdapat adanya pergeseran serapan vibrasi ulur gugus fungsi C=O setelah iradiasi polisakarida dari $1728,29\text{ cm}^{-1}$ menjadi $1733,12\text{ cm}^{-1}$. Gugus fungsi C=O diperoleh dari aldehyd unit glukosa yang mengalami pemutusan ikatan pada kedudukan C2 dan C3 polisakarida kulit pisang. Vibrasi ulur C-N mengalami pengurangan puncak serapan bilangan gelombang yaitu dari bilangan gelombang $2335,39\text{ cm}^{-1}$ dan $2138,18\text{ cm}^{-1}$ menjadi $2361,94\text{ cm}^{-1}$. Hal ini diperkirakan karena gugus fungsi C-N merupakan protein sehingga terjadi iradiasi mengalami denaturasi dan degradasi yang menyebabkan gugus fungsi berkurang.

KESIMPULAN

Dari hasil percobaan yang telah dilakukan maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengikatan silang secara radiasi adsorben logam berat polisakarida (bubuk kulit pisang) dengan epiklorohidrin (Epi) sebagai *crosslinker agent*, memperbaiki ketahanan adsorben tersebut terhadap asam.
2. Dosis radiasi optimum pengikatan silang dicapai pada dosis 10 kGy dengan konsentrasi Epi 10 %.
3. Kemampuan BKP-Epi dibandingkan BKP meningkat 160 % dalam menyerap ion logam Mn(II), akan tetapi menurun sebesar 43,10 % dalam menyerap ion logam Cr(VI).
4. Pada analisis *Fourier Transform-Infra Red (FT-IR)* terlihat adanya pergeseran bilangan gelombang puncak gugus -OH dan C-O-C sebelum dan sesudah iradiasi, menandakan terjadinya reaksi ikatan silang pada pati tersebut.

DAFTAR ACUAN

- [1]. Direktorat Pengolahan dan Pemasaran Hasil Holtikultura, *Road Map Pisang Pasca Panen, Pengolahan dan Pemasaran Hasil*, Kementerian Pertanian, (2011)
- [2]. CASTRO, G., L. CAETANO, G. FERREIRA, P. PADILHA, J. MARGARIDA, F. ZARA and M. ANTONIO, *Journal of American Chemical Society*, **50** (2011) 3446-3451
- [3]. JANELLE C. and W. ZHENG, *Review Article Manganese Toxicity Upon Overexposure*, Indiana USA, John Wiley & Sons, Ltd., (2004)
- [4]. PALAR, *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, Cetakan Pertama, Rineka Cipta, Jakarta (1994)
- [5]. RAMA, D.P and R. NAIDU, *Journal of Analyst*, **115** (1990) 1469 - 1471
- [6]. WURZBURG, *Modified Starches Properties and Uses*, Boca Raton Florida, CRC Press Inc., (1989)
- [7]. COTTON and WILKINSON, *Kimia Organik Dasar*, Alih Bahasa SUHARTO, SAHATI, UI-Press, Jakarta (1989)
- [8]. HAWAB, *Pengantar Biokimia*, Bayumedia. Malang Jawa Timur, (2004)
- [9]. IARC, Epichlorohydrin, *In Re-evaluation of Some Organic Chemicals, Hydrazine and Hydrogen Peroxide*, (1999)
- [10]. ERIZAL, *Journal of Chemistry*, BATAN, (2010)
- [11]. JAMIL R. MEMONA, SAIMA Q, MEMONB, MUHAMMADI. BHANGERA, ADEL EL-TURKI C, KEITH R. HALLAM C. and GEOFFREY C. ALLEN C., *Colloids and Surfaces B, Biointerfaces*, (2009)