

PENYERAPAN ZAT WARNA TEKSTIL MENGUNAKAN POLISAKARIDA-g-ASAM AKRILAT *

Meri Suhartini

Pusat Aplikasi Isotop Radiasi, BATAN
Jl. Lebakbulus Raya No. 49 Jakarta
Email : meri@batan.go.id

Diterima:30-07-2013
Diterima dalam bentuk revisi: 20-08-2013
Disetujui: 04-10-2013

ABSTRAK

PENYERAPAN ZAT WARNA TEKSTIL MENGUNAKAN POLISAKARIDA-g-ASAM AKRILAT. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan polisakarida yang terdapat pada kulit pisang sebagai penyerap zat warna tekstil (*Maxilon Yellow*) sebelum dan sesudah dilakukan proses grafting. Kopolimerisasi *grafting* polisakarida dilakukan dengan menggunakan asam akrilat sebagai monomer dan diiradiasi menggunakan sinar gamma sebagai inisiator. Parameter yang diobservasi adalah kemampuan penyerapan zat warna, waktu perendaman dengan KOH, konsentrasi asam akrilat, dosis iradiasi dan ketahanan terhadap asam. Hasil penelitian menunjukkan penyerapan optimum oleh sampel diperoleh pada ko-polimerisasi polisakarida –asam akrilat (P-AA) dengan perendaman dalam KOH selama 3 jam, konsentrasi asam akrilat sebesar 20% dan dosis iradiasi 30 kGy. Kemampuan polisakarida-g-asam akrilat dalam menyerap zat warna *Maxilon Yellow* setelah dilakukan proses grafting meningkat sebesar 18,48% selain itu ketahanan fisik terhadap asam meningkat secara signifikan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat mengatasi permasalahan limbah zat warna pada industri tekstil.

Kata kunci : Polisakarida, *Grafting*, Asam Akrilat, Iradiasi, *Maxilon Yellow*.

ABSTRACT

TEXTILE DYESTUFF ADSORPTION BY POLYSACCHARIDE -g-ACRYLIC ACID. Aimed of this study to determine the ability of polysaccharide of banana peel as an adsorbent of textile dyes (*Maxilon Yellow*) before and after the grafting process. The grafting copolymerization process was done by using acrylic acid as monomer, then irradiated by gamma rays as initiator. Parameters observed were adsorption ability of dye, soaking time with KOH, acrylic acid concentration, irradiation dose and resistance to acids. The results showed the optimum absorption obtained at the time of KOH immersion for 3 hours, the concentration of acrylic acid by 20% and the irradiation dose of 30 kGy. Adsorption percentage of polysaccharide to *Maxilon Yellow* after grafting increased by 18,48% compared to before grafting. Resistance to the acid test increased significantly. The results of this study are expected to overcome the problems of waste dyes in the textile industry.

Keywords: Banana Peels, Grafting, Acrylic Acid, irradiation, *Maxilon Yellow*

* Dipresentasikan pada Seminar Sains dan Teknologi Nuklir Indonesia, BATAN – Unpad, 4 Juli 2013

1. PENDAHULUAN

Industri tekstil merupakan salah satu industri yang menghasilkan limbah B3. Banyaknya limbah yang dihasilkan dari industri tekstil tidak seimbang dengan penanganan yang dilakukan untuk menanggulangi pencemaran lingkungan yang terjadi (1). Limbah B3 yang dibuang langsung ke lingkungan tanpa dilakukan penyaringan terlebih dahulu dapat menimbulkan bahaya bagi lingkungan, keselamatan manusia dan makhluk hidup lainnya.

Maxilon Yellow adalah salah satu zat warna tekstil yang stabil dan sulit untuk diuraikan oleh proses biologis sehingga penimbunan secara alami akan menimbulkan bahaya bagi lingkungan karena memiliki sifat karsinogenik (2). Zat warna hasil dari limbah tekstil hingga saat ini masih menjadi masalah yang belum terselesaikan sampai tuntas. Berbagai metode pengolahan konvensional yang diterapkan belum memberikan hasil yang diharapkan. Metode koagulasi kimia, flokulasi, biodegradasi hingga elektokoagulasi yang telah digunakan, umumnya berhasil namun menimbulkan efek lain seperti dihasilkannya *sludge* sehingga perlu pengolahan lebih lanjut (3). Oleh karena itu, diperlukan metode baru yang lebih efisien dan efektif dalam menanggulangi limbah zat warna tekstil yaitu dengan menggunakan adsorben. Adsorben yang digunakan adalah dengan menggunakan kulit pisang, hal ini karena kulit pisang mengandung polisakarida. Polisakarida mempunyai potensi yang cukup besar untuk dijadikan sebagai penyerap karena gugus -OH yang terikat dapat

berinteraksi dengan komponen adsorbat. Keberadaan gugus -OH pada polisakarida menyumbang polaritas pada polimer tersebut. Dengan demikian polisakarida akan lebih menyerap senyawa yang bersifat polar dibandingkan yang kurang polar (4).

Kulit pisang memiliki kandungan seperti air, karbohidrat, lemak, protein, kalsium, besi, vitamin B dan vitamin C (5). Karbohidrat merupakan kandungan terbesar yang dimiliki kulit pisang disamping air, karbohidrat tersebut berupa polisakarida seperti amilosa, amilopektin, selulosa serta polisakarida lainnya. Polisakarida dari kulit pisang ini dapat dijadikan adsorben baik penyerap zat warna maupun untuk penyerap logam (6).

Komposisi dari kandungan kulit pisang dapat dilihat pada Tabel 1. Dari kandungan yang dimiliki oleh kulit pisang, terdapat beberapa gugus fungsional yang berperan dalam pengikatan/penyerapan seperti gugus hidroksi, asam karboksilat, dan gugus amina. Gugus asam karboksilat dalam kulit pisang berperan maksimal dalam proses penyerapan (7).

Tabel 1. Komposisi Kulit Pisan

Kandungan	Konsentrasi
Air	65,90 %
Pati	18,50 %
Selulosa	14,04%
Lemak	2,11 %
Protein	0,32 %
Kalsium	715 mg/100g
Besi	117 mg/100g
Vitamin B	0,12 mg/100g
Vitamin C	17,50 mg/100g

Sumber: Suprapti, 2005

Polisakarida yang terkandung dalam kulit pisang merupakan senyawa karbohidrat

yang sangat mungkin dilakukan modifikasi terhadap senyawa tersebut dengan metode kopolimerisasi *grafting* dengan monomer asam akrilat menggunakan iradiasi sinar gamma dengan Co-60 sebagai sumber radiasi. Proses ini terjadi dengan pembentukan radikal pada polisakarida yang terkena sinar radiasi gamma, radikal ini merupakan tempat melekatnya monomer asam akrilat yang dapat menyebabkan struktur molekulnya berubah sehingga mampu menyerap zat warna dengan tingkat penyerapan yang lebih tinggi (8). Modifikasi ini dapat meningkatkan kemampuan penyerapan zat warna menjadi lebih tinggi.

Penelitian ini dilakukan untuk memodifikasi polisakarida yang terdapat pada kulit pisang dengan cara mengkopolimerisasi *grafting* menggunakan monomer asam akrilat dengan inisiator radiasi sinar gamma Co-60. Dengan tujuan memperbaiki sifat fisik kimia polisakarida lebih tahan terhadap asam, mempunyai daya simpan sebelum penggunaan yang lebih panjang, dapat digunakan berulang kali dan mempunyai kemampuan penyerapan zat warna yang meningkat.

2. BAHAN DAN PERALATAN

2.1 Bahan dan Peralatan

2.1.1 Bahan

Bahan yang digunakan adalah kulit pisang kepok, akuades (H_2O), kalium hidroksida (KOH), asam akrilat (AA), asam asetat, dan zat warna *Maxilon Yellow*.

2.1.2 Alat

Peralatan yang digunakan adalah Spektrofotometer UV-Visible (UV mini-1240

Shimadzu), Spektrofotometer FT-IR (IR-Prestige-21 Shimadzu), *Stirrer* (WiseStir MS-MP8), Neraca *Analytic* (GR-200 AND), Oven (Geer Oven Toyaseiki), blender, desikator, saringan 30 *mesh*, kertas saring, kasa stainless 120 *mesh*, termometer, gelas ukur, labu ukur, gelas piala, pipet ukur, erlenmeyer, corong, batang pengaduk, magnetic bar, spatula, gelas aqua, dan sumber radiasi gamma Irradiator Co-60 (Panorama Serbaguna, IRPASENA).

2.2. Tata Kerja

2.2.1. Preparasi Kulit Pisang

Kulit pisang dicuci bersih dan dipotong kecil-kecil kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 3 hari. Kulit pisang kemudian diblender sampai halus dan disaring menggunakan saringan berukuran 30 *mesh* sehingga diperoleh bubuk kulit pisang (BKP) yang siap digunakan untuk analisis berikutnya.

2.2.2. Aktivasi Kulit Pisang dengan KOH (9)

Aktivasi dilakukan dengan cara perendaman menggunakan KOH. Masing-masing sampel BKP ditimbang sebanyak 80 gram. Kemudian ditambahkan larutan KOH 0,5 N ke dalam sampel tersebut sebanyak 140 mL dan diaduk hingga homogen. Selanjutnya didiamkan dengan variasi waktu perendaman selama 3 dan 24 jam.

2.2.3. Proses *Grafting* Polisakarida dari Kulit Pisang dengan Asam Akrilat dan Irradiator Co-60

Bubuk kulit pisang yang telah diaktivasi dengan KOH kemudian ditambah-

kan dengan asam akrilat dengan variasi konsentrasi 7%; 15% dan 20% berat, masing-masing sampel diaduk homogen. Setelah homogen sampel dimasukkan ke dalam plastik tertutup. Kemudian diiradiasi menggunakan irradiator Co-60 IRPASENA dengan variasi dosis iradiasi 5 kGy, 10 kGy, 30 kGy, dan 35 kGy. Hasil iradiasi kemudian dikeringkan kembali menggunakan oven pada suhu 70 °C selama 2 hari sehingga diperoleh BKP yang siap digunakan untuk analisis berikutnya.

2.2.4. Aplikasi BKP Terhadap Penyerapan Zat Warna *Maxilon Yellow*

Penyerapan zat warna *Maxilon Yellow* dilakukan dengan menggunakan BKP murni dan BKP yang dimodifikasi. BKP ditimbang masing-masing sebanyak 1 gram dimasukkan ke dalam Erlenmeyer dan ditambahkan larutan zat warna *Maxilon Yellow* dengan konsentrasi 100 ppm sebanyak 80 mL kemudian diaduk, disaring dan diambil filtratnya. Fitrat yang diperoleh diukur absorbansinya menggunakan Spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang yang telah diperoleh sebelumnya yaitu 410 nm sehingga dapat diketahui % penyerapan dari konsentrasi yang didapat menggunakan persamaan [1].

$$\% \text{ Penyerapan} = \frac{c_0 - c_1}{c_0} \times 100\% \dots \dots \dots [1]$$

Dimana:

c_0 = Konsentrasi sebelum diserap (ppm)

c_1 = Konsentrasi setelah diserap (ppm)

2.2.4. Uji kerusakan

Bubuk kulit pisang ditimbang

sebanyak 0,5 gram dan dimasukkan ke dalam kasa stainless berukuran 120 mesh yang sebelumnya sudah ditimbang, lalu dibungkus, dan direndam menggunakan asam asetat 1% dengan variasi waktu perendaman selama 5, 10 dan 15 hari. Penentuan persen degradasi dihitung menggunakan persamaan [2].

$$\% \text{ Degradasi} = 100\% - (W_1 - W_0) / W_0 \dots [2]$$

Dimana:

W_0 = Berat Awal (gram)

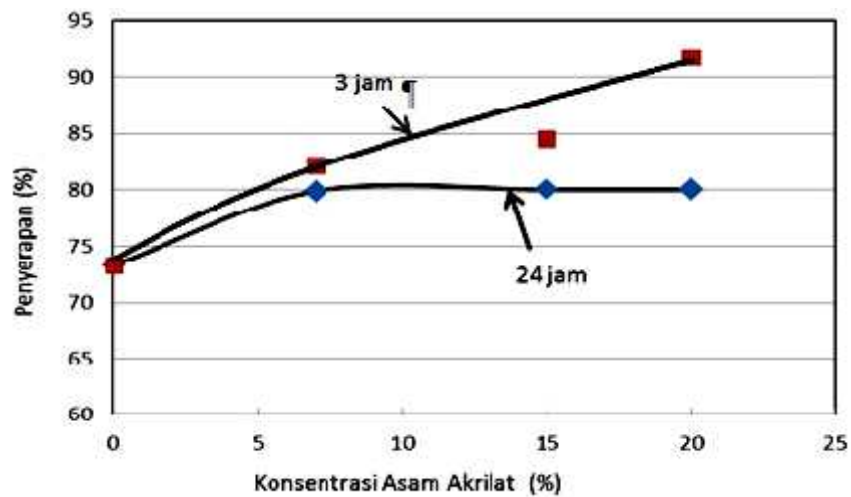
W_1 = Berat Akhir (gram)

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengaruh KOH Terhadap Penyerapan *Maxilon Yellow*

Proses aktivasi polisakarida dilakukan dengan perendaman menggunakan larutan Kalium Hidroksida (KOH) sebagai bahan pengaktif, KOH merupakan senyawa penyerap air dan menyebabkan meningkatnya konsentrasi gugus hidroksil. Hal ini disebabkan basa kuat KOH dalam sistem reaksi berperan meningkatkan polaritas ikatan O-H dari struktur yang terdapat pada polisakarida yang bermuatan parsial negatif dan atom C dari asam akrilat yang bermuatan parsial positif (10).

Tujuan dari proses aktivasi ini adalah untuk mengaktifkan gugus-gugus fungsi yang dapat digunakan untuk mengikat zat warna (11), serta melarutkan dan menghilangkan mineral-mineral organik yang kemungkinan terikat pada bubuk kulit pisang seperti besi dan kalsium.



Gambar 1. Grafik Hubungan antara konsentrasi asam akrilat dan persentase penyerapan *Maxilon Yellow* terhadap waktu perendaman dengan KOH

Gambar 1 menunjukkan pengaruh waktu perendaman menggunakan aktivator KOH terhadap kemampuan penyerapan zat warna *Maxilon Yellow*.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa persentase penyerapan *Maxilon Yellow* lebih tinggi pada perendaman KOH selama 3 jam dibandingkan dengan perendaman selama 24 jam. Hal ini sesuai dengan hasil yang diperoleh pada pembuatan karbon aktif dari kulit mahoni dengan perlakuan perendaman dalam larutan KOH, yang menunjukkan bahwa semakin lama waktu perendaman semakin banyak larutan KOH yang terserap oleh karbon, pada kondisi maksimal akan jenuh sehingga menurunkan daya serap (9).

Pada sampel adsorben yang disintesa dengan lebih dulu diaktivasi menggunakan KOH selama 3 jam, menunjukkan penyerapan zat warna *Maxilon Yellow* terus meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi monomer asam akrilat. Pada konsentrasi asam akrilat 7%, 15% dan 20% persentase penyerapan mengalami pe-

ningkatan secara berturut-turut yaitu menjadi sebesar 82,12%, 84,49% dan 91,77%. Hal ini karena semakin besar konsentrasi asam akrilat yang ditambahkan, maka semakin banyak asam akrilat yang tercangkok. Pada aktivasi selama 24 jam, terlihat bahwa persentase penyerapan *Maxilon Yellow* tidak berbeda secara signifikan antara penggunaan 7% dan 20% asam akrilat, dimana diperoleh penyerapan sebesar 79,90% pada konsentrasi asam akrilat 7% dan penyerapan 80,03% pada konsentrasi asam akrilat 20%. Hal ini karena pada aktivasi dengan KOH yang terlalu lama sebagian besar molekul polisakarida sudah terhidrolisis dan mengalami kerusakan. Sehingga sebagian besar asam akrilat yang ditambahkan tidak tercangkok pada polimer tetapi menjadi homopolimer.

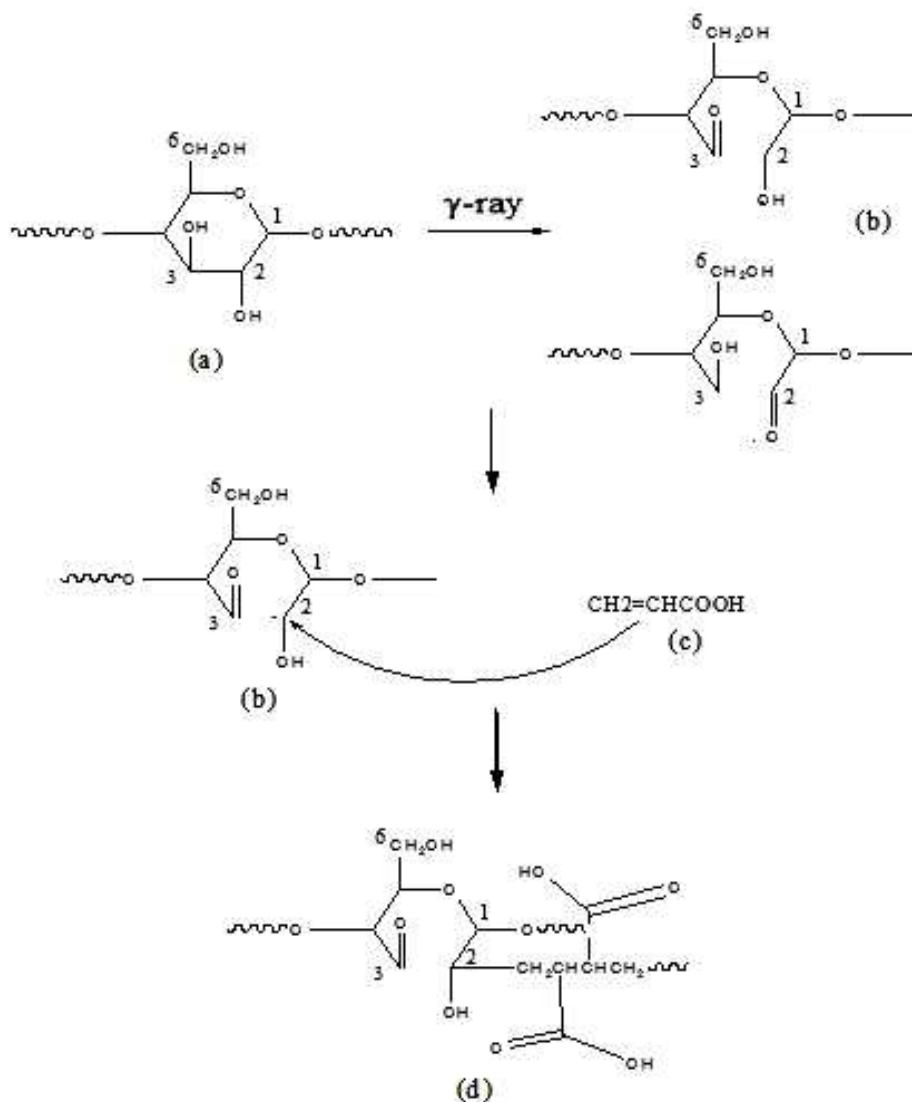
3.2. Pengaruh Kopolimerisasi *Grafting* Asam Akrilat Pada Polisakarida Terhadap Penyerapan *Maxilon Yellow*

Komponen polisakarida berperan sebagai kerangka utama pada proses ko-

polimerisasi *grafting*, karena rantai polimer polisakarida tersusun dari pengulangan unit glukosa dan tiap unit glukosa mengandung tiga gugus hidroksil (-OH) bebas, yang dapat dilakukan proses *grafting*.

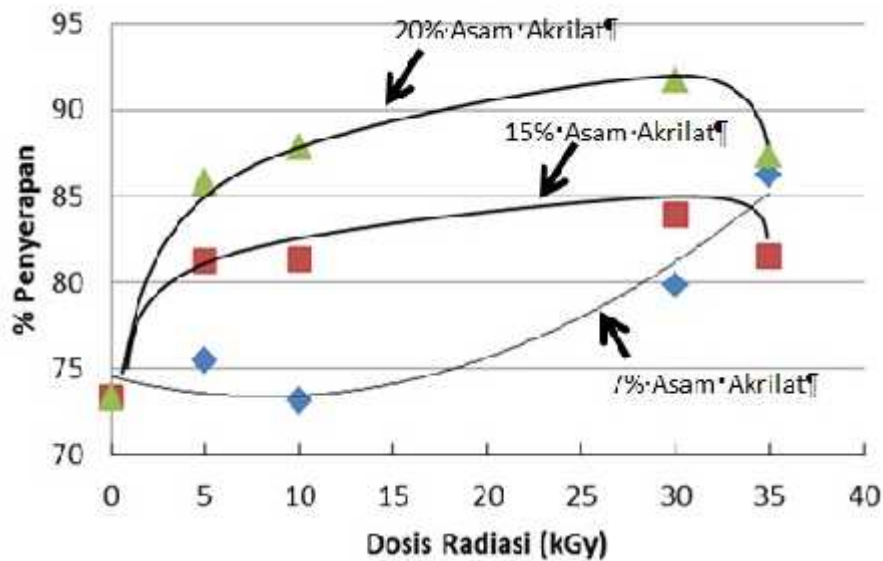
Proses *grafting* (Gambar 2) diawali dengan pemutusan ikatan gugus hidroksil dari polisakarida kulit pisang (a) pada

kedudukan C-2 dan C-3 oleh inisiator iradiasi Co-60 yang menyebabkan ikatan pada C-2 atau C-3 membentuk radikal bebas (b) yang selanjutnya dapat menjadi pusat aktif tempat terjadinya proses *grafting* dengan monomer asam akrilat (c) membentuk polisakarida-*grafting*-asam akrilat (d) (12).



H

Gambar 2. Kopolimerisasi *grafting* polisakarida dengan monomer asam akrilat (4)



Gambar 3. Grafik hubungan antara dosis iradiasi dengan persentase penyerapan *Maxilon Yellow* terhadap konsentrasi asam akrilat

Penyerapan zat warna *Maxilon Yellow* meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi asam akrilat. Hal ini terjadi karena kemampuan *grafting* berkaitan dengan difusibilitas monomer, dimana monomer tersebut akan berdifusi ke dalam matriks polimer induk/polisakarida kulit pisang (13). Gambar 3 merupakan hasil penyerapan BKP terhadap zat warna *Maxilon Yellow*.

Secara teoritis persentase *grafting* akan meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi monomer sampai diperoleh hasil *grafting* yang cenderung konstan (14). Pengaruh konsentrasi monomer terhadap hasil *grafting* dapat dijelaskan dengan fenomena difusi. Meningkatnya konsentrasi monomer akan meningkatkan jumlah monomer yang berdifusi ke dalam matriks polimer, sehingga kemungkinan tumbukan antara molekul monomer dengan radikal pada matriks polimer akan meningkat pula.

Tumbukan inilah yang menyebabkan tahap propagasi akan berlangsung lebih banyak selama kondisinya tetap konstan, sehingga meningkatkan *grafting* pada polisakarida. Akan tetapi, reaksi kopolimerisasi memiliki konsentrasi monomer yang optimum.

Setelah konsentrasi optimum tercapai, hasil *grafting* akan konstan atau bahkan *grafting* akan menurun seiring dengan meningkatnya konsentrasi monomer. Hal tersebut karena peningkatan konsentrasi monomer akan menyebabkan terjadinya reaksi antar monomer itu sendiri, membentuk homopolimer, sehingga pencangkakan akan berkurang. (14)

Pada konsentrasi monomer asam akrilat 7%, terlihat bahwa persentase penyerapan meningkat, dimana pada dosis iradiasi 5 kGy penyerapan *Maxilon Yellow* menjadi 75,43% dan meningkat terus bersama meningkatnya dosis iradiasi. Peningkatan persentase penyerapan

tersebut dimungkinkan karena ketika dosis iradiasi meningkat maka jumlah radikal bebas yang dihasilkan juga meningkat, sehingga interaksi antara monomer dengan radikal pada polimer meningkat yang pada akhirnya hasil pencangkakan menjadi meningkat (15).

Pada konsentrasi asam akrilat 15%, terlihat secara keseluruhan mengalami peningkatan persentase penyerapan seiring dengan bertambahnya dosis radiasi yaitu pada dosis radiasi 5, 10, dan 30 kGy diperoleh persentase penyerapan secara berturut-turut yaitu sebesar 81,23%, 81,29% dan 83,90%. Namun pada dosis 35 kGy terjadi penurunan persentase penyerapan yaitu sebesar 81,47%. Hal tersebut terjadi karena peningkatan kopolimerisasi *grafting* akan mencapai batas tertentu, pada dosis yang lebih tinggi yang disebabkan oleh re-kombinasi antara radikal-radikal bebasnya, serta dosis radiasi yang tinggi akan menyebabkan peningkatan degradasi pada polisakarida. Dengan demikian, dosis yang terlalu tinggi akan menurunkan efisiensi inisiasi radikal pada reaksi *grafting* (16). Hal inilah yang menyebabkan persentase penyerapan zat warna *Maxilon Yellow* menjadi menurun.

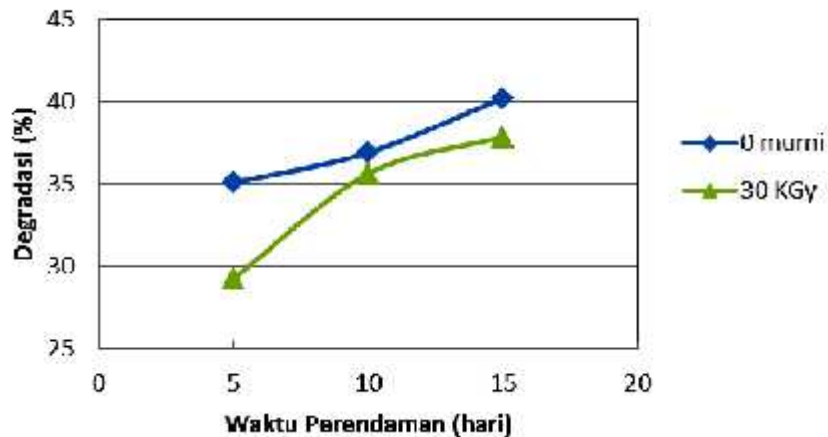
Pada konsentrasi asam akrilat 20%, terlihat model yang serupa dengan model penyerapan *Maxilon Yellow* pada konsentrasi asam akrilat 15%. Dengan bertambahnya konsentrasi asam akrilat maka persentase penyerapan mengalami peningkatan. Terlihat pada konsentrasi asam akrilat 20% terjadi peningkatan persentase yang cukup signifikan jika di-

bandingkan dengan konsentrasi asam akrilat sebelumnya. Seiring dengan meningkatnya dosis radiasi yaitu pada dosis radiasi 5, 10 dan 30 kGy diperoleh persentase penyerapan secara berturut-turut yaitu sebesar 86,75%; 87,82% dan 91,77%, serta mengalami penurunan kembali pada dosis iradiasi 35 kGy yaitu dengan persentase penyerapan sebesar 87,43%. Penurunan disebabkan karena pada dosis 35 kGy telah terjadi degradasi pada ikatan selulosa, sehingga pencangkakan gugus fungsi pada selulosa berkurang, yang pada akhirnya menurunkan kemampuan penyerapan zat warna. Jika dibandingkan dengan BKP murni sebelum *grafting* yang hanya diperoleh persentase penyerapan sebesar 73,29%. dapat dikatakan bahwa kopolimerisasi *grafting* polisakarida kulit pisang telah berhasil dilakukan.

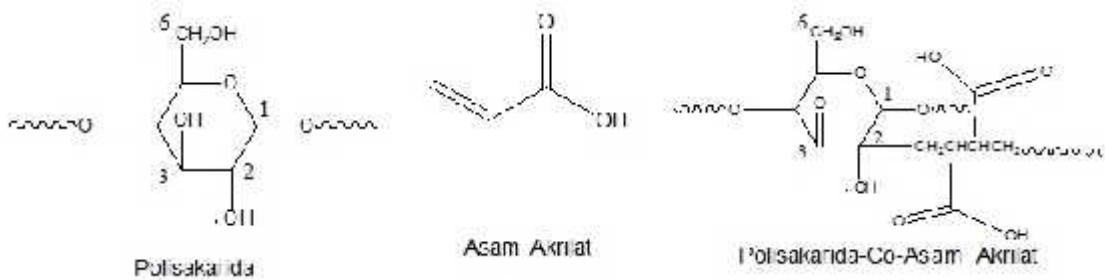
Persentase penyerapan tertinggi adalah sebesar 91,77% yaitu pada konsentrasi asam akrilat sebesar 20% dan dosis iradiasi sebesar 30 kGy. Ini menunjukkan bahwa pada konsentrasi dan dosis iradiasi tersebut merupakan konsentrasi dan dosis iradiasi optimum karena memiliki persentase penyerapan *Maxilon Yellow* yang paling tinggi.

3.3. Kerusakan Adsorben Kulit Pisang

Pengujian kerusakan ditentukan berdasarkan nilai persentase degradasi yang diperoleh setelah perendaman. Pada Gambar 4. Dapat dilihat bahwa BKP sesudah *grafting* memiliki persen degradasi lebih rendah dibandingkan BKP sebelum *grafting*.



Gambar 4. Grafik hubungan antara waktu perendaman dan % degradasi terhadap BKP murni sebelum *grafting* dan BKP sesudah *grafting*



Gambar 5. Struktur molekul penyusun pada proses *grafting* polisakarida –g-asam akrilat

Perendaman BKP murni selama 5, 10 dan 15 hari menyebabkan degradasi berturut-turut yaitu sebesar 35,07%; 36,90%; dan 40,21%. Seperti halnya dengan BKP murni, BKP sesudah proses *grafting* juga mengalami peningkatan persen degradasi seiring dengan bertambahnya waktu perendaman. Namun, pada BKP sesudah *grafting* diperoleh persen degradasi lebih rendah dari BKP murni sebelum *grafting*. Perendaman 5 hari menghasilkan persen degradasi sebesar 29,25%, persentase tersebut jauh dibawah nilai BKP murni yaitu 35,07%. Begitu pun dengan waktu perendaman 10 dan 15 hari,

diperoleh persen degradasi secara berturut-turut yaitu sebesar 35,62% dan 37,87%. Dari hasil tersebut diperoleh selisih persen degradasi pada perendaman 5 hari sebesar 5,82%, pada 10 hari sebesar 1,28% dan selisih persen degradasi pada 15 hari yaitu sebesar 2,34%. Hal tersebut terjadi karena adanya penempelan gugus fungsi pada polisakarida kulit pisang sehingga menyebabkan terjadinya banyak cabang pada polisakarida BKP sesudah *grafting* (gambar 5). Hal inilah yang menyebabkan BKP sesudah *grafting* lebih sulit

didegradasi dibandingkan BKP murni sebelum *grafting*.

4 KESIMPULAN

Diperoleh hasil penyerapan lebih baik pada polisakarida yang diaktivasi dengan KOH selama 3 jam. Persentase penyerapan terhadap zat warna *Maxilon Yellow* setelah *grafting* meningkat sebesar 18,48 % dibandingkan sebelum *grafting*. Penyerapan optimum diperoleh pada konsentrasi asam akrilat 20% dan dosis iradiasi 30 kGy. Ketahanan terhadap asam mengalami peningkatan setelah dilakukan *grafting*, sehingga adsorben dapat di gunakan berulang kali. Adsorben zat warna ini diharapkan dapat mengatasi masalah limbah zat warna pada industri tekstil, karena adsorben polisakarida-g-asam akrilat ini murah, berdaya serap tinggi dan tidak mudah membusuk.

5 UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Sdr. Cahyono, staf Balai Iradiasi, PATIR-BATAN atas bantuannya meng-iradiasi sampel bubuk kulit pisang. Terima kasih khusus kepada Sdr. Rikamaya, S.Si. dari Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta, atas bantuannya sehingga penelitian ini dapat berjalan seperti yang diharapkan.

6 DAFTAR PUSTAKA

1. Rahmawati, F., Ptanoto, N., Ita A., Ryunani. Adsospsi Zat Warna Tekstil Remazol Yellow FG Pada Limbah Batik Oleh Eceng Gondok Dengan Aktivator NaOH. Surakarta : Jurnal Kimia FMIPA

- Universitas Sebelas Maret 2010.
2. Yuliasari, N., Poedji Loekitowati dan Zulaiha. Pemanfaatan Jerami Sebagai Penyerap Zat Warna Procion Sisa Pencelupan Industri Kain Jumputan Palembang. Palembang : Jurnal Kimia FMIPA, Universitas Sriwijaya 2008.
 3. Yuliasari, N., Miksusanti, Dian. 2010. Studi Penyerapan Procion pada Limbah Kain Tajung Menggunakan Serbuk Batang Eceng Gondok. Sumatera Selatan : Jurnal Kimia FMIPA, Universitas Sriwijaya.
 4. Kurniadi, Tedi. Kopolimerisasi Grafting Monomer Asam Akrilat pada Onggok Singkong dan Karakterisasinya. Tesis. Bogor : IPB 2010.
 5. Suprpti, Lies. 2005. Aneka Olahan Pisang. Yogyakarta: Kanisius.
 6. Annadurai, G., R.S. Juang., D.J. Lee. Use of cellulose-based wastes for adsorption of dyes from aqueous solutions. Journal of Hazardous Materials 2002; B92: 263–274.
 7. Castro, R.S.D., Laercio, C., Guilherme, F., M. Padilha, Margarida J.S, Luiz F.Z, Marco A.U. Martines, Gustavo R.C. Banana Peel Applied to the Solid Phase Extraction of Copper and Lead from River Water: Preconcentration of Metal Ions with a Fruit Waste. American Chemical Society 2011.
 8. Sulasminingsih, S. 1997. Kopolimerisasi Cangkok Monomer Akrilamida Pada Kain Rayon Dengan Inisiator Ceric Amonium Nitrat. Tesis. Jakarta : Universitas Indonesia.
 9. Salamah, Siti. Pembuatan Karbon Aktif Dari Kulit Buah Mahoni Dengan

- Perlakuan Perendaman Dalam Larutan KOH. Tesis Yogyakarta : Universitas Ahmad dahlan 2008.
10. Fessenden, R. J, Fessenden, J. S, Kimia Organik II, Terjemahan A. Hadyana Pudjaatmaka, Edisi kedua. Jakarta : Penerbit Erlangga 1986.
11. Munusamy, T., Yi-Ling Lai., Ling-Chu Lin., Jiun-Fwu Lee. Cellulose-Based Native And Surface Modified Fruit Peels For The Adsorption Of Heavy Metal Ion From Aqueous Solution : Langmuir adsorption isotherms. Taiwan : Journal of Chemistry and Engineering Data 2010.
12. Kiatkamjornwong, S., Chomsaksul, W., & Sonsuk, M. Radiation Modification Of Water Absorption Of Cassava Starch By Acrylic Acid/Acrylamide. Radiation Physics and Chemistry 2000; 59:413–427.
13. Christina M. P.,. Yohan dan Kundari N. A. Studi Pendahuluan Preparasi Membran Untuk Sel Bahan Bakar Membran Elektrolit Polimer. Yogyakarta : Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir-BATAN. 2008.
14. L. Wojna´rovits, Cs.M.F´oldva´ry, E.Taka´cs. Radiation-induced grafting of cellulose for adsorption of hazardous water pollutants: A review Radiation Physics and Chemistry 2010; 79: 848–862.
15. Yohan. Rifaid M. Nur. Lilik Hendrajat dan E.S. Siradj. Sintesis Kopolimerisasi Tercangkok Asam Akrilat Pada Film LLDPE. Depok : Jurnal UI. 2006.
16. Hegazy, E. A., El-Rehim, H. A. A., Khalifa, N. A., Atwa, S. M dan Shawky, H. A. Anionic/Cationic Membranes Obtained by a Radiation Grafting Method for Use in Waste Water Treatment. Polym. Int. 2001; 43: 321–332.

