

PENCANGKOKAN SECARA RADIASI ASAM AKRILAT PADA SELULOSA DENGAN KEBERADAAN METIL METAKRILAT

RADIATION GRAFTING ACRYLIC ACID ONTO CELLULOSE IN THE PRESENT OF METHYL METHACRYLATE

Meri Suhartini

Pusat Aplikasi Isotop Radiasi, BATAN

Jl. Lebak Bulus No.49, Jakarta

e-mail: meri@batan.go.id

Diterima 21 Januari 2015, diterima dalam bentuk perbaikan 27 Nopember 2015, disetujui 1 Desember 2015

ABSTRAK

PENCANGKOKAN SECARA RADIASI ASAM AKRILAT PADA SELULOSA DENGAN KEBERADAAN METIL METAKRILAT. Dalam studi ini Selulosa pada jerami padi diisolasi secara kimia melalui tahap delipifikasi, demineralisasi, pulping dan delignifikasi. Modifikasi selulosa dilakukan menggunakan metode kopolimerisasi cangkok secara simultan dengan inisiator sinar gamma pada dosis 10 kGy; 20 kGy; 30 kGy; 40 kGy. Sebagai monomer digunakan asam akrilat (AA) dan metil metakrilat (MMA) dengan 2 macam variasi perbandingan konsentrasi. Studi ini bertujuan untuk mendapatkan selulosa yang mempunyai sifat fisik kimia tertentu yang dapat dipergunakan sebagai adsorben ion logam pada limbah cair bersuhu tinggi. Pada artikel ini pembahasan difokuskan lebih pada modifikasi selulosa menggunakan metode pencangkakan simultan secara iradiasi. Derajat pencangkakan dan rasio pengembangan sebelum dan setelah pencangkakan diobservasi. Karakterisasi sampel antara lain suhu degradasi dilakukan menggunakan differential scanning calorimetry (DSC) sementara analisis gugus fungsi dilakukan menggunakan Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR). Hasil studi menunjukkan bahwa dosis iradiasi optimal dicapai pada 30 kGy, dengan derajat pencangkakan sebesar 87,99 %. Keberhasilan kopolimerisasi ditunjukkan dengan munculnya puncak baru dari gugus fungsi C = O pada bilangan gelombang 1705 cm⁻¹, dan C = C pada 1576 cm⁻¹. Suhu degradasi selulosa setelah pencangkakan dicapai pada 550 °C dan rasio pengembangan dalam air sebesar 117,04%. Keberadaan metil metakrilat menurunkan rasio pengembangan kopolimer selulosa-AA dalam air sebesar 335,42% dibandingkan kopolimer selulosa-AA tanpa MMA.

Kata kunci : Kopolimerisasi cangkok, selulosa, Asam Akrilat, Metil metakrilat

ABSTRACT

RADIATION GRAFTING ACRYLIC ACID ONTO CELLULOSE IN THE PRESENT OF METHYL METHACRYLATE. In this study cellulose was isolated from rice straw using chemical methode, through delification, demineralization, pulping and delignification. Modification of cellulose was performed by simultaneously radiation grafting copolymerization methodeusing gamma-ray as initiator at various dose 10, 20, 30 and 40 kGy. Acrylic acid (AA) and methyl methacrylate (MMA) were used as monomer with 2 variations of concentration. Aim of the study is to obtain cellulose which have certain physical chemical properties which can be used to adsorb metal ionsin the high-temperature liquid waste. This paper was focused on discussion ofcellulose modification by radiation grafting copolymerization methode. Grafting yields and swelling ratio were observed. Degradation temperature were analyzed using differential scanning calorimetry (DSC), while functional groups were observed using Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR). Results of the study showed that the optimal irradiation dose achieved at 30 kGy, with the grafting yield of 87.99%. The success of graftingwas indicated by the appearance of a new peak of C = O functional group on wave number 1705 cm⁻¹, C = C on 1576 cm⁻¹. Characterization of grafted cellulose-AA-MMA showeddegradation temperature is 550 °C and the swelling ratio by 117.04%. The present of methyl methacrylate on the sample decrease the swelling ratio in water by 335.42% compared to grafted cellulose-AA copolymer without MMA.

Keywords: Graft copolymerization, cellulose, acrylic acid, methyl methacrylate

PENDAHULUAN

Modifikasi selulosa dilakukan untuk memanfaatkan selulosa menjadi bahan yang memiliki berbagai manfaat dan meningkatkan nilai ekonomisnya. Selulosa memiliki banyak gugus hidroksil yang dapat dimodifikasi, penggunaan selulosa yang dimodifikasi antara lain sebagai material pemisah yang dapat dimanfaatkan dalam berbagai proses, antara lain proses adsorpsi, dialisis, elektrodialisis, osmosis, *reverse osmosis* serta mikrofiltrasi⁽¹⁾.

Kopolimerisasi cangkok menggunakan teknik radiasi merupakan salah satu metode dalam memodifikasi selulosa. Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan kopolimerisasi cangkok secara kimia dengan mereaksikan biopolimer jerami padi dengan menggunakan akrilamida sebagai monomer pencangkok dan N,N'-metilenbisakrilamida (NBA) sebagai agen pengikat silang, menggunakan ammonium persulfat (APS) sebagai inisiator. Proses tersebut menghasilkan produk biopolimer dengan derajat pencangkakan sebesar 66,14% sampai 78,15%⁽²⁾. Modifikasi selulosa dari jerami padi secara kimia dengan menggunakan asam nitrat 1 M, dapat meningkatkan penyerapan terhadap ion logam timbal⁽³⁾. Kopolimerisasi cangkok dengan teknik iradiasi menggunakan sinar gamma memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan cara kimia, fotokimia, enzim maupun induksi plasma⁽⁴⁾. Kopolimer selulosa graft dengan poli (akrilikacid), N-vinil-2-pirolidon atau poliakrilamida yang bersifat hidrofilik, memiliki kapasitas penyerapan air yang tinggi⁽⁵⁾. Untuk itu, mereka dapat digunakan sebagai penyerap cairan tubuh dalam aplikasi medis⁽⁶⁾. Pencangkakan monomer vinil larut dalam air pada serat kapas meningkatkan kemampuan penyerapan kelembaban yang dapat digunakan dalam kain, seperti pakaian dan pakaian olahraga⁽⁷⁾. Selulosa-thiocarbamate-g-PAN memiliki aktivitas antimikroba yang tinggi. Selain itu, kopolimer selulosa graft diperoleh dengan mencangkok vinil monomer dengan kelompok-kelompok fungsional seperti akrilamida⁽⁸⁾, asam akrilik⁽⁹⁾, akrilonitril, dan asam 2-acrylamidomethylpropane sulfonat⁽¹⁰⁾ telah digunakan dalam adsorpsi kontaminan berbahaya seperti ion logam berat atau zat warna pada larutan air⁽¹¹⁾.

Pada penelitian ini modifikasi selulosa dilakukan dengan cara kopolimerisasi cangkok menggunakan asam akrilat (AA) dan metil metakrilat (MMA) sebagai agen pencangkok. Sebagai inisiator dipergunakan iradiasi sinar gamma. Monomer dicangkakkan ke rantai selulosa melalui gugus hidroksil pada posisi C2, C3 dan C6. Gugus hidroksil pada C2 dan C3 adalah gugus hidroksil yang terikat pada atom karbon sekunder, sedangkan gugus hidroksil pada C6 terikat pada atom karbon primer, dimana kereaktifan gugus hidroksil primer dan sekunder ini berbeda. Dengan memilih monomer yang tepat, maka kekuatan mekanik dan stabilitas termal material berbasis selulosa yang dimodifikasi dengan teknik pencangkakan dapat ditingkatkan.

Keberhasilan modifikasi pada selulosa dilihat dari bertambahnya bobot selulosa setelah dimodifikasi. Karakterisasi kopolimer yang terbentuk meliputi gugus fungsi menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR). Suhu degradasi menggunakan *differential scanning calorimetry* (DSC), dan derajat pengembangan (*swelling capacity*, %) dalam air.

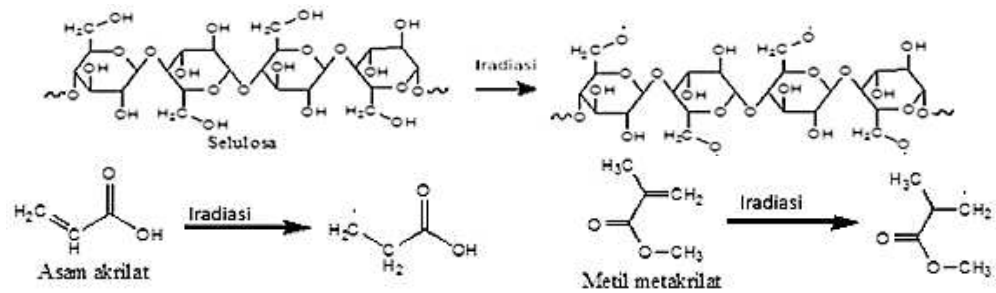
Proses kopolimerisasi dilakukan dengan metode iradiasi simultan menggunakan sumber iradiasi gamma dari isotop Co-60. Mekanisme reaksi yang terjadi secara garis besar ada 3 tahap, yaitu :

1. Inisiasi

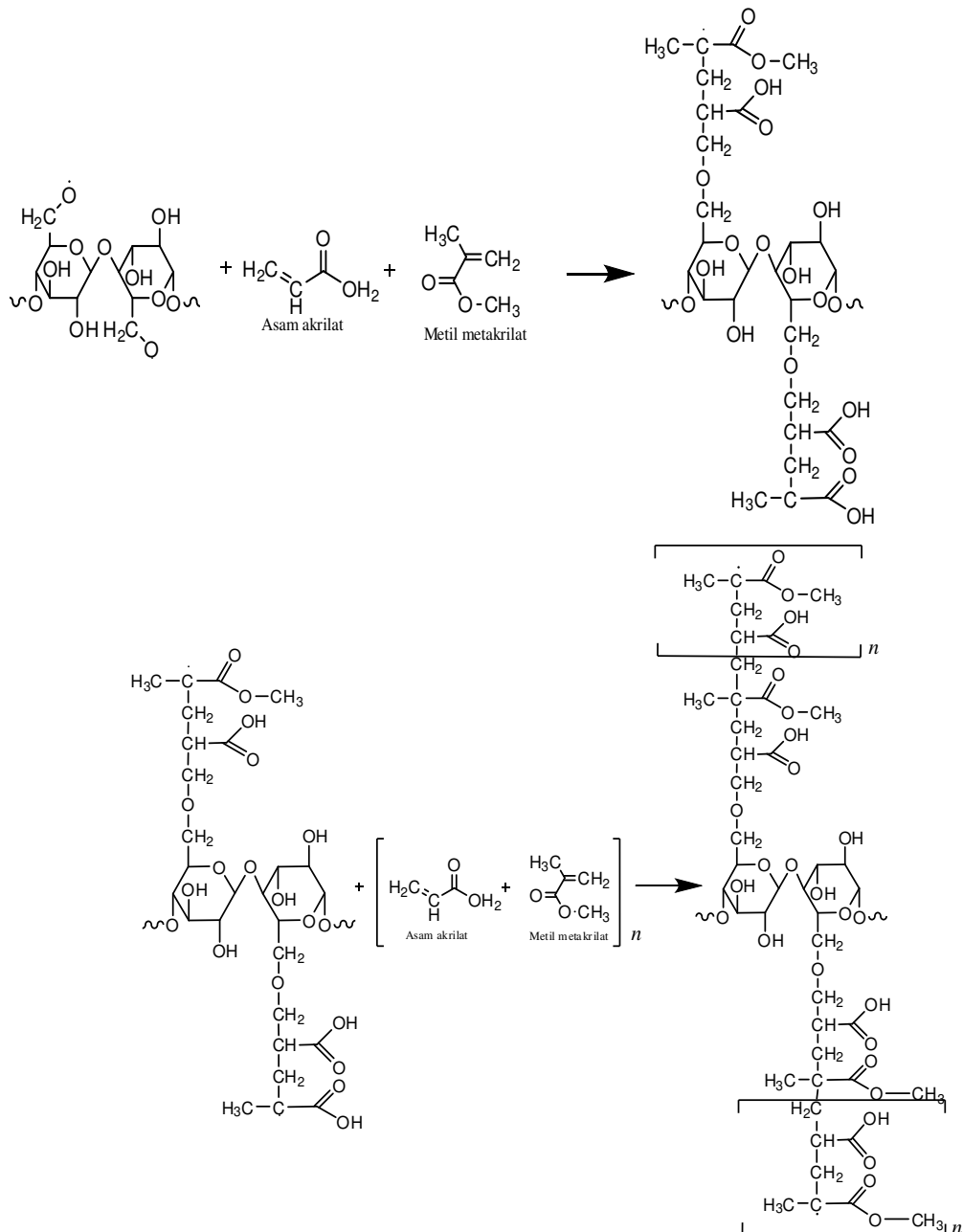
Inisiasi adalah tahap pembentukan radikal bebas. Pada tahap ini selulosa, asam akrilat dan metil metakrilat diiradiasi secara simultan. Terjadi ketidakstabilan ikatan rangkap C=C pada monomer asam akrilat dan metil metakrilat sehingga terbentuk radikal bebas. Pada selulosa terbentuk radikal bebas di gugus hidroksil pada posisi C6. Gugus hidroksil pada C₆ terikat pada atom karbon primer. Selulosa dicangkok (*grafting*) oleh berbagai jenis monomer melalui gugus hidroksil pada posisi C6 (Gambar 1).

2. Propagasi

Tahap ini adalah perpanjangan rantai polimer. Radikal monomer akan menyerang unit monomer lainnya sehingga pada tahap ini berat molekul polimer menjadi besar. Asam akrilat dan metil metakrilat akan bereaksi dengan radikal pada selulosa. Radikal selulosa yang tersisa akan diserang oleh monomer asam akrilat dan metil metakrilat begitu seterusnya sampai pada tahap terminasi (Gambar 2).



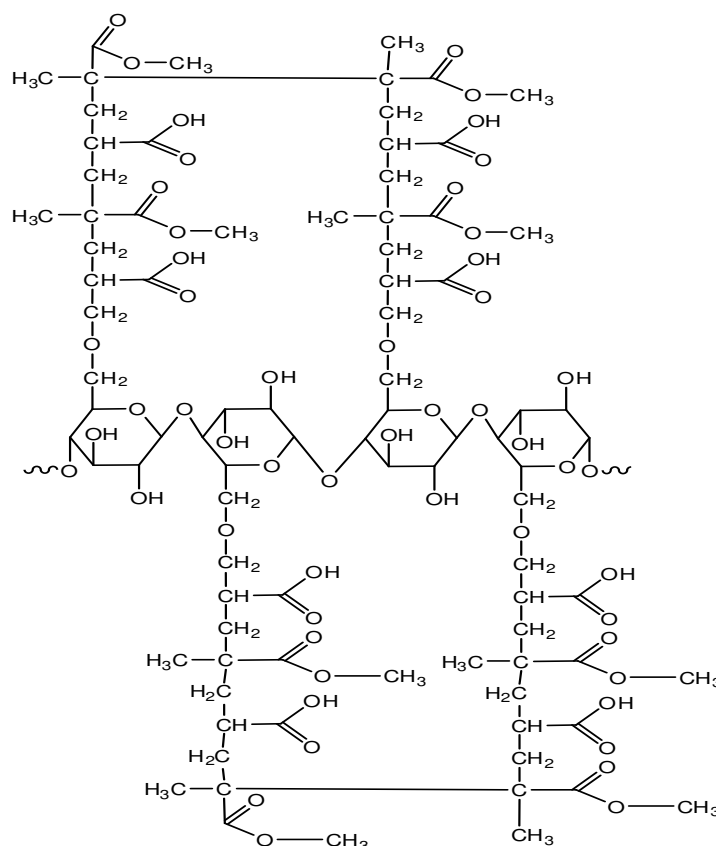
Gambar 1. Mekanisme reaksi tahap inisiasi.



Gambar 2. Mekanisme reaksi tahap propagasi.

3. Terminasi

Tahap ini adalah proses penghentian rantai polimer dengan cara penggabungan dua rantai polimer yang masih mengandung radikal, dikatakan terminasi karena sudah tidak ada lagi reaksi. Hasil akhir dari proses kopolimerisasi atau struktur kopolimer selulosa-AA-MMA (Gambar 3).



Gambar 3. Hasil tahap terminasi reaksi.

METODOLOGI

Bahan

Jerami padi, diperoleh dari Lahan Pertanian di Cigombong-Bogor, asam akrilat (Merck), metil metakrilat (Merck), toluena (Merck), metanol (Mallinckrodt), asam klorida (Merck), hidrogen peroksida (Merck), natrium hidroksida (Merck), asam sulfat (Merck), natrium karbonat (Merck), tembaga (II) sulfat, fenoltalein, metil merah, kalium bromida, alumina, akuades.

Metode

Isolasi selulosa dari jerami padi

Batang jerami padi kering direndam dalam pelarut campuran toluena-metanol (2 : 1) selama 48 jam disaring, ditambahkan asam klorida 3%, dipanaskan selama 1 jam pada suhu 70 °C, kemudian disaring kembali dan dicuci dengan akuades hingga netral. Selanjutnya ditambahkan natrium hidroksida 20%, dipanaskan selama 3 jam pada suhu 80 °C, disaring dan dicuci dengan akuades. Selulosa yang diperoleh kemudian diberi hidrogen peroksida 1,5% pH 12 dan dipanaskan selama 3 jam pada suhu 80 °C, kemudian disaring dan dicuci dengan akuades hingga netral. Pengeringan dilakukan dalam oven pada suhu 70 °C.

Pencangkakan

Pada pencangkakan dibuat dua macam kopolimer. Kopolimer A dilakukan dengan mencampur selulosa sebanyak 5 gram dengan 5% metil metakrilat kemudian ditambahkan 95% asam akrilat. Kopolimer B dilakukan

dengan mencampur selulosa sebanyak 5 gram dengan 1% metil metakrilat kemudian ditambahkan 20% asam akrilat. Kedua formula tersebut kemudian diiradiasi dengan sinar gamma pada dosis 10, 20, 30 dan 40 kGy dengan laju dosis 5 kGy/jam. Kopolimer yang dihasilkan dicuci dengan akuades pada suhu 70 °C untuk menghilangkan homopolimer yang terbentuk, maupun monomer yang tersisa, kemudian dikeringkan didalam oven pada suhu 80 °C hingga bobot tetap.

Derajat pencangkakan dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Derajat pencangkakan} = (W_1 - W_0)/W_0 \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

W_0 = bobot kering selulosa sebelum pencangkakan (gram).

W_1 = bobot kering selulosa setelah pencangkakan (gram).

Karakterisasi Kopolimer

Analisis gugus fungsi dengan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR)

Spektrum infra merah selulosa, selulosa cangkok dan selulosa cangkok terikat silang direkam melalui spektrometer IR Prestige 21 Shimadzu pada bilangan gelombang 4000 - 400 cm^{-1} dengan *scanning* 20 kali per contoh.

Analisis suhu degradasi dengan *differential scanning calorimetry* (DSC)

Penentuan DSC dilakukan menggunakan DSC-60 Shimadzu. Pengukuran dilakukan pada kisaran suhu 30 - 600 °C dengan laju kenaikan suhu 10 °C/menit. Termogram sesudah pencangkakan dibandingkan dengan termogram selulosa awal.

Penentuan derajat pengembangan (*swelling capacity*, %S) dalam air

Sejumlah lebih kurang 0,05 gram kopolimer dimasukkan ke dalam wadah gelas plastik, ditambahkan 50 mL akuades, kemudian didiamkan selama 24 jam. Selanjutnya kopolimer disaring dengan saringan *stainless steel* 120 mesh, ditiriskan selama 30 menit dan ditimbang. Derajat pengembangan (*swelling capacity*, %S) dalam air dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Derajat pengembangan (\%S)} = (W_2 - W_1)/W_1 \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

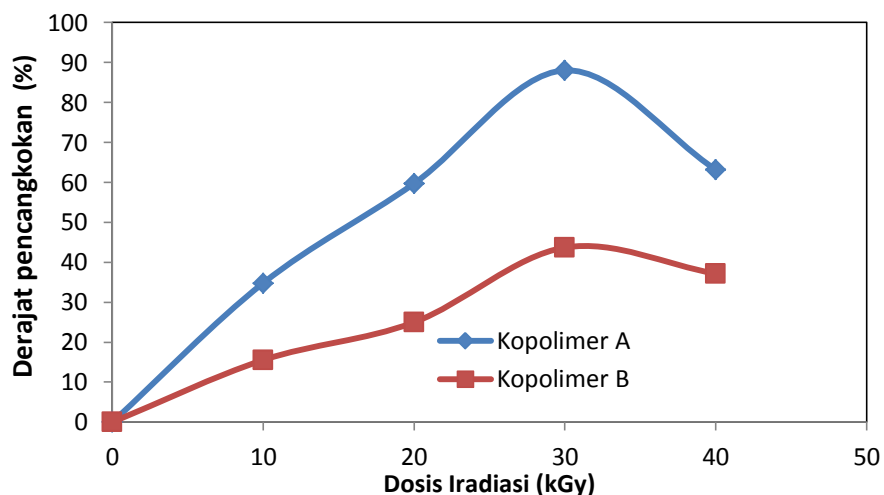
W_1 = bobot selulosa tercangkok sebelum perendaman dalam air.

W_2 = bobot selulosa tercangkok setelah perendaman dalam air selama 24 jam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

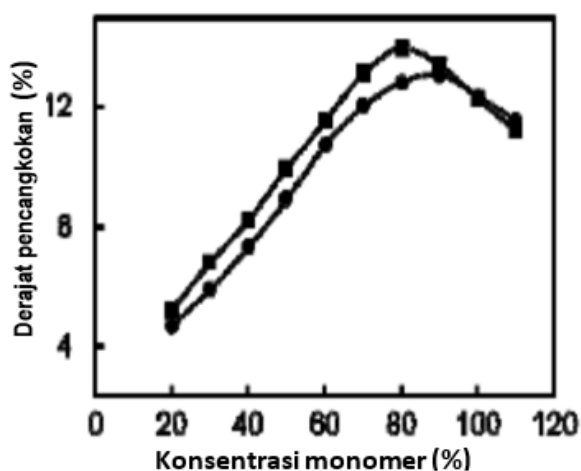
Pada penelitian ini selulosa pada jerami padi diisolasi untuk menghilangkan lignin yang akan menghambat proses pencangkakan karena lignin bersifat *scavenger* ⁽¹²⁾. Isolasi dilakukan secara kimia melalui tahap delipifikasi, demineralisasi, pulping dan delignifikasi. Isolasi selulosa dari jerami yang telah dilakukan menghasilkan randemen 26,33% , dengan kadar selulosa 89,71% dan sisa lignin 0,99. Semakin tinggi kadar selulosa yang terkandung dalam *pulp*, maka semakin baik kualitas *pulp*. Kadar selulosa dan sisa lignin tersebut menunjukkan kualitas *pulp* yang baik dan memenuhi persyaratan untuk dibuat kopolimer yaitu kadar selulosa lebih dari 40% dan kadar lignin kurang dari 10% ⁽¹³⁾.

Keberhasilan kopolimerisasi cangkok ditentukan oleh seberapa banyak monomer asam akrilat dan metil metakrilat yang tercangkok pada selulosa seiring dengan bertambahnya dosis iradiasi. Keberhasilan tersebut dinyatakan sebagai derajat pencangkakan (*% grafting*). Grafik hubungan derajat pencangkakan dengan dosis iradiasi pada kopolimer selulosa-AA-MMA pada dua konsentrasi monomer yang berbeda disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik hubungan antara dosis iradiasi dengan derajat pencangkakan pada kopolimer selulosa-AA-MMA.

Pada gambar 4 terlihat bahwa sampai dosis 30 kGy, semakin besar dosis iradiasi menyebabkan semakin bertambah derajat pencangkakan. Pada dosis diatas 30 kGy derajat pencangkakan menurun bersama bertambahnya dosis radiasi. Peningkatan derajat pencangkakan yang terjadi sampai dosis 30 kGy disebabkan semakin banyaknya jumlah radikal bebas yang terbentuk, dapat menginisiasi kopolimerisasi pencangkakan. Sementara pada dosis yang lebih tinggi dari 30 kGy, jumlah radikal bebas yang semakin banyak menyebabkan meningkatnya reaksi homopolimerisasi yang disebabkan adanya transfer radikal ke molekul monomer. Selain itu pada dosis yang tinggi dapat terjadi degradasi kerangka selulosa akibat reaksi pemutusan rantai, karena selulosa termasuk ke dalam tipe polimer yang *degradable* terhadap radiasi ^(14,15).



Gambar 5. Grafik hubungan antara derajat pencangkakan pada Jute fiber yang dicangkok dengan Metil akrilat (MA) (●); dan Metil Metakrilat (MMA) (■); menggunakan inisiator fero sulfat. Dengan kondisi proses : $K_2S_2O_8$, 1.0%; $FeSO_4$, 1.0%; suhu 50 °C; waktu 60 menit, rasio fiber-liquor 1 : 50 ⁽¹⁶⁾.

Derajat pencangkakan yang terbentuk pada kopolimer A pada dosis 30 kGy adalah 87,99 %, sedangkan pada kopolimer B adalah 43,67%. Derajat pencangkakan pada kopolimer A menghasilkan derajat pencangkakan yang lebih besar dibandingkan dengan kopolimer B. Hal ini disebabkan karena konsentrasi monomer-pada formula A mengandung asam akrilat dan metil metakrilat yang lebih tinggi dibandingkan pada formula B. Dengan semakin tinggi konsentrasi monomer yang digunakan maka gugus fungsi dari monomer yang terikat pada rantai

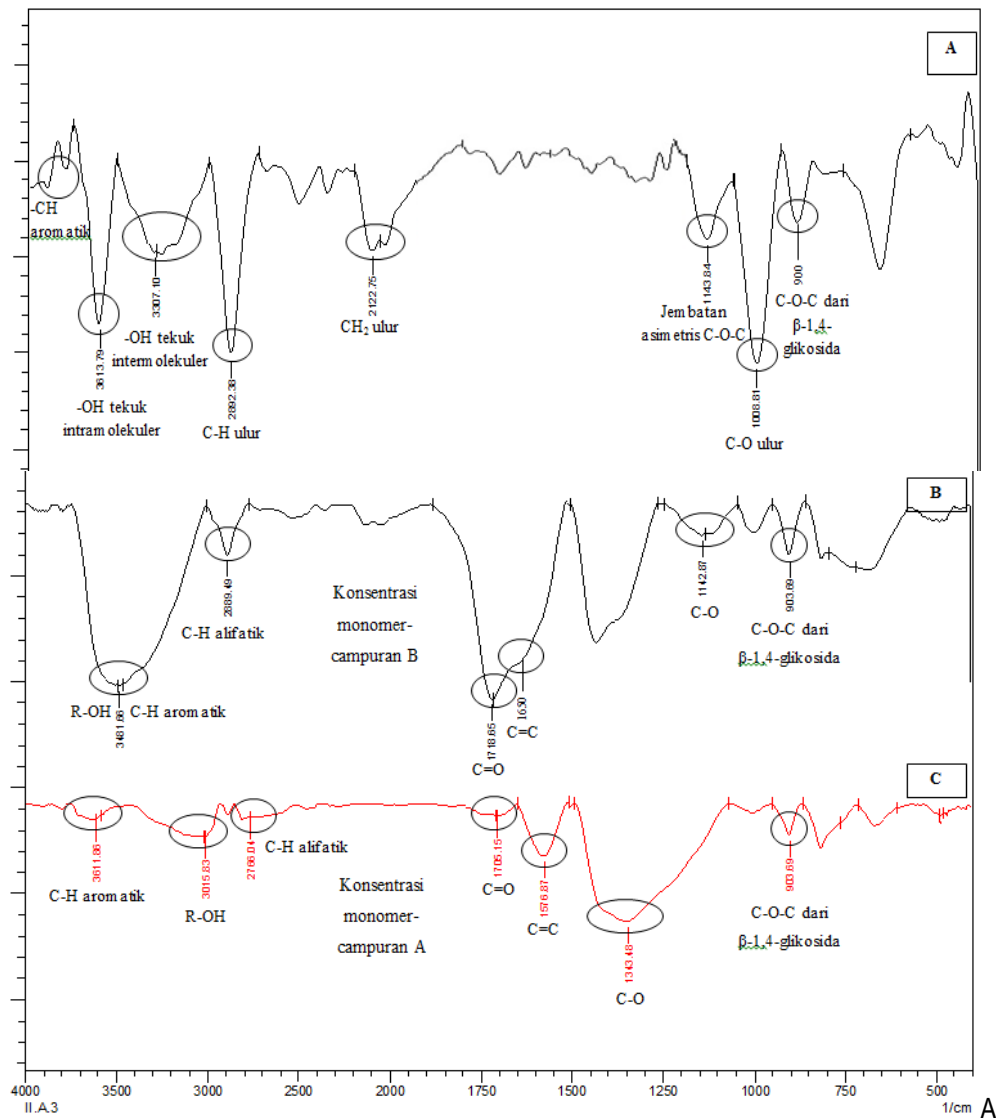
selulosa akan semakin banyak pada dosis iradiasi yang sama. Sedangkan pada Gambar 5, dapat dilihat Grafik hubungan antara derajat pencangkakan pada Jute fiber yang dipencangkakan dengan Metil akrilat dan Metil Metakrilat menggunakan inisiator fero sulfat. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa derajat pencangkakan mencapai maksimum pada konsentrasi monomer yang digunakan 80%, pada kondisi tersebut pencangkakan dengan monomer MMA mencapai derajat pencangkakan 14%, sedangkan pencangkakan dengan monomer MA mencapai derajat pencangkakan 13%. Dari penelitian secara kimia (konvensional) dan secara radiasi tersebut dapat disimpulkan bahwa pencangkakan dengan teknik radiasi menghasilkan derajat pencangkakan yang relatif lebih baik bila dibandingkan dengan pencangkakan menggunakan metode konvensional.

Analisis Gugus Fungsi Dengan FTIR

Pengujian gugus fungsi pada kopolimer bertujuan untuk mengidentifikasi adanya perubahan gugus fungsi setelah proses kopolimerisasi cangkak. Analisis gugus fungsi pada penelitian ini dilakukan pada kopolimer selulosa-AA-MMA dengan derajat pencangkakan tertinggi, dari kopolimer A dan dari kopolimer B. Pada Gambar 6 dan Tabel 1 dapat dilihat terbentuknya kopolimer cangkak ditandai dengan munculnya puncak (*peak*) baru yang tidak terdapat pada spektra selulosa hasil isolasi jerami padi. Monomer asam akrilat merupakan senyawa asam karboksilat, dimana pada golongan senyawa asam karboksilat akan muncul puncak dari gugus fungsi C = O pada rentang bilangan gelombang 1820 - 1660 cm^{-1} . Monomer metil metakrilat merupakan senyawa ester, dimana pada golongan senyawa ester akan muncul puncak dari gugus fungsi C - O pada rentang bilangan gelombang 1300 - 1000 cm^{-1} . Spektra FTIR kopolimer selulosa-AA-MMA menunjukkan telah terjadinya pencangkakan asam akrilat dan metil metakrilat karena muncul puncak baru dari gugus fungsi C = O pada bilangan gelombang 1705 cm^{-1} pada kopolimer A dan 1718 cm^{-1} pada kopolimer B. Pada asam akrilat hal ini didukung dengan adanya gugus OH (asam akrilat merupakan asam karboksilat) pada bilangan gelombang 3015 cm^{-1} pada kopolimer A dan 3481 cm^{-1} pada B, sedangkan pada metil metakrilat hal ini didukung dengan adanya gugus C - O (metil metakrilat merupakan ester) pada bilangan gelombang 1343 cm^{-1} pada kopolimer A dan 1142 cm^{-1} pada kopolimer B. Terbentuknya kopolimer cangkak juga ditunjukkan dengan adanya puncak dari gugus fungsi C = C yang berasal dari asam akrilat maupun metil metakrilat pada bilangan gelombang 1576 cm^{-1} pada kopolimer A dan 1431 cm^{-1} pada B. Pada gugus fungsi CH alifatik pada bilangan gelombang 2766 cm^{-1} pada kopolimer A dan 2889 cm^{-1} pada B selain berasal dari monomer-monomer asam akrilat dan metil metakrilat yang digunakan dalam reaksi pencangkakan juga dapat berasal dari selulosa sedangkan gugus fungsi CH aromatik pada bilangan gelombang 3611 cm^{-1} pada kopolimer A dan 3481 cm^{-1} pada kopolimer B hanya berasal dari kerangka utama pencangkakan yaitu selulosa.

Tabel 1. Gugus fungsi dan bilangan gelombang selulosa dan kopolimer selulosa-AA-MMA pada spektrum FTIR.

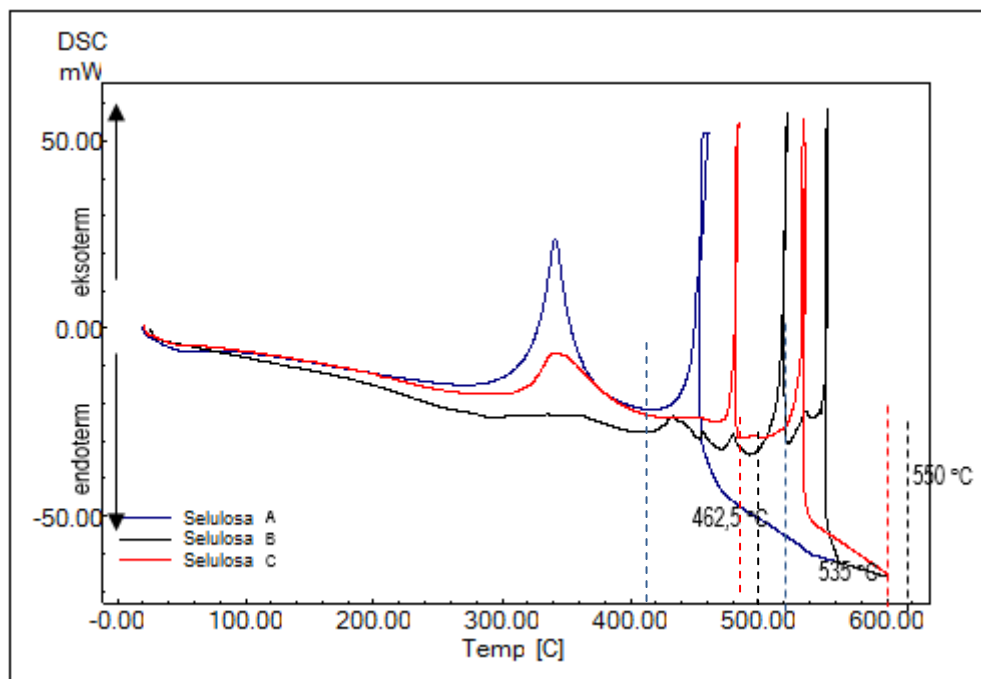
Gugus fungsi	Bilangan gelombang kopolimer selulosa-AA-MMA (cm^{-1})		Bilangan gelombang selulosa (cm^{-1})
	Kopolimer A	Kopolimer B	
-OH	3015	3481	3307
C - O	1343	1142	1008
CH alifatik	2766	2889	2892
CH aromatik	3611	3481	3613
C = C	1576	1431	-
C = O	1705	1718	-



Gambar 6. A Spektrum FTIR isolat jerami padi, B. Spektrum FTIR kopolimer B, C. Spektrum FTIR kopolimer A.

Analisis Ketahanan Panas

Analisis menggunakan DSC dilakukan untuk studi kuantitatif transisi termal dari polimer, bertujuan untuk mengetahui suhu degradasi kopolimer. Analisis suhu degradasi dilakukan pada kopolimer selulosa-AA-MMA dengan derajat pencangkakan tertinggi. Termogram DSC dari selulosa hasil isolasi jerami padi dan kopolimer selulosa-AA-MMA disajikan pada Gambar 7. Pada termogram tampak pergeseran puncak yang sangat nyata antara selulosa hasil isolasi jerami padi dan kopolimer selulosa-AA-MMA. Pada termogram selulosa terdapat dua titik puncak eksoterm, yaitu pada suhu 350 °C dan 462,5 °C. Puncak eksoterm yang diamati adalah pada kisaran suhu 400 - 600 °C karena menggambarkan suhu degradasi. Suhu degradasi dari selulosa hasil isolasi jerami padi sekitar 462,5 °C, sedangkan pada kopolimer A dan B berturut-turut adalah 550 °C dan 535 °C sehingga dapat disimpulkan bahwa kopolimer selulosa-AA-MMA memiliki suhu degradasi yang lebih tinggi dibandingkan selulosa hasil isolasi karena dibutuhkan panas yang lebih tinggi untuk mendegradasi kopolimer tersebut. Semakin meningkatnya hasil pencangkakan maka meningkat pula ketahanan panasnya yang ditandai dengan peningkatan suhu degradasi pada kopolimer tersebut.



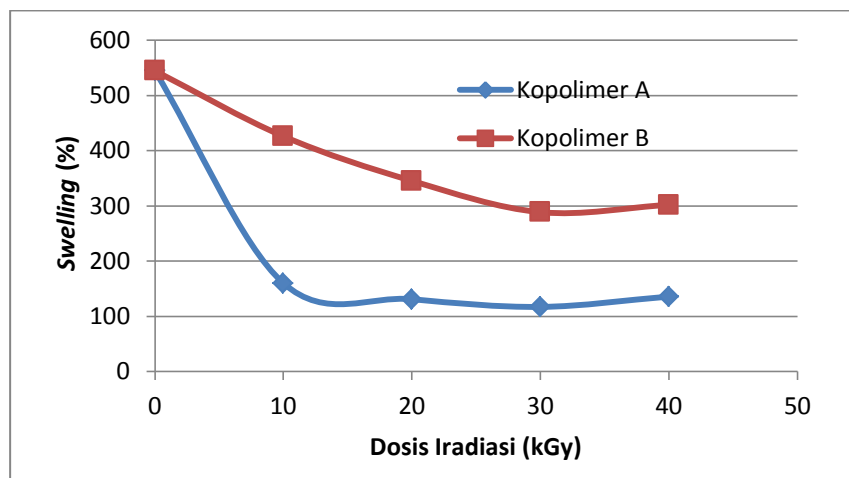
Gambar 7. A. Termogram DSC isolat jerami padi, B. Termogram DSC kopolimer A, C. Termogram DSC kopolimer B.

Penentuan Derajat Pengembangan (*Swelling Capacity*) Dalam Air

Sifat hidrofilik selulosa adalah karena adanya gugus-gugus OH yang terorientasi ke arah luar heliks, dapat mengikat molekul air dan menyebabkan pengembangan (*swelling*) bila direndam dalam air. Pencangkakan MMA mengurangi pengembangan selulosa di dalam air karena sebagian gugus OH tersubstitusi oleh rantai monomer MMA. Pengujian penyerapan air pada kopolimer selulosa-AA-MMA dilakukan dengan perendaman selama 24 jam dalam air. Hal ini dilakukan untuk mengetahui ada atau tidaknya peningkatan pengembangan selulosa sebelum dan sesudah modifikasi. Pada pengujian derajat pengembangan terhadap selulosa hasil isolasi dari jerami padi diperoleh derajat pengembangan sebesar 544,49% dan bila dibandingkan dengan hasil yang diperoleh pada kopolimer selulosa-AA-MMA terjadi penurunan nilai yang signifikan.

Derajat pengembangan kopolimer A pada dosis 10, 20, 30 dan 40 kGy secara berturut-turut adalah 159,94%, 130,96%, 117,04% dan 135,70%, sedangkan pada kopolimer B secara berturut-turut adalah 425,87%, 345,28%, 164,10% dan 301,88%. Pada Gambar 8 dapat dilihat bahwa derajat pengembangan terendah berada pada kopolimer dengan dosis iradiasi sebesar 30 kGy. Terjadi penurunan kapasitas pengembangan baik pada kopolimer A maupun B hal ini menunjukkan adanya pengurangan gugus hidroksil pada rantai selulosa. Dengan adanya pencangkakan, sebagian besar gugus hidroksil tersubstitusi oleh monomer-monomer pencangkak, selain itu dengan adanya substitusi metil metakrilat dapat meningkatkan kerapatan ikatan antar molekul pada kopolimer yang terbentuk, sehingga menyebabkan absorpsi air menurun. Semakin besar dosis iradiasi semakin rendah pula derajat pengembangannya dalam air, tetapi pada dosis iradiasi sebesar 40 kGy menunjukkan peningkatan kapasitas *swelling* dibandingkan pencangkakan pada dosis 30 kGy, kopolimer pada dosis iradiasi 40 kGy mempunyai kerapatan ikatan antar molekul yang lebih besar, hal ini didukung dengan data derajat pencangkakan pada dosis 40 kGy yang lebih rendah dari derajat pencangkakan kopolimer pada dosis 30 kGy. Berdasarkan gambar juga dapat dilihat bahwa kopolimer B memiliki derajat pengembangan yang lebih besar dibandingkan kopolimer A, hal ini karena metil metakrilat yang tercangkok pada selulosa maupun yang terhomopolimerisasi bersifat keras yang dapat menghambat terjadinya pengembangan kopolimer selulosa – AA bila direndam dalam air. Asam akrilat yang tercangkok pada selulosa tanpa penambahan metil metakrilat mempunyai derajat pengembangan 393,79%⁽¹⁷⁾ dimana hal ini akan mengganggu secara teknis bila kopolimer tersebut akan

dipergunakan sebagai adsorben ion logam berat atau zat warna pada limbah cair. Penambahan metil metakrilat menurunkan rasio pengembangan kopolimer dalam air sebesar 335,43%.



Gambar 8. Grafik hubungan antara dosis iradiasi dengan *swelling capacity* pada kopolimer cangkok selulosa-AA-MMA.

KESIMPULAN

Isolasi selulosa dari jerami yang telah dilakukan menghasilkan randemen 26,33%, dengan kadar selulosa 89,71% dan sisa lignin 0,99%. Pencangkokan asam akrilat pada selulosa hasil isolasi dengan keberadaan metilmetakrilat menunjukkan hasil derajat pencangkokan 87,99% untuk formula A dan 43,67% untuk formula B. Hasil tersebut diperoleh pada dosis 30Gy. Kopolimer dengan derajat pencangkokan 87,99% mempunyai derajat pengembangan yang lebih kecil dan suhu degradasi yang lebih tinggi dibandingkan kopolimer dengan derajat pencangkokan 43,67% yang mempunyai derajat pengembangan lebih tinggi dan suhu degradasi lebih rendah. Keberhasilan kopolimerisasi cangkok ditunjukkan dengan munculnya puncak baru dari gugus fungsi C = O pada bilangan gelombang 1705 cm^{-1} , C = C pada 1576 cm^{-1} .

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Sdr. Cahyono (PATIR-BATAN) atas bantuannya mengiradiasi sampel selulosa-AA-MMA dan Drs. Erizal PU atas bantuan analisis FTIR. Terimakasih khusus kepada Sdr. Ayu Miranti. (Universitas Pancasila) atas bantuannya sehingga penelitian ini dapat berjalan seperti yang diharapkan.

DAFTAR PUSTAKA

1. A. BHATTACHARYA, B. MISRA, *Grafting: a versatile means to modify polymer. Progress in Polymer Science* 29 (2004) 767-814.
2. H. PURWANINGSIH, *Rekayasa biopolimer jerami padi dengan teknik kopolimerisasi cangkok dan taut silang. Valensi* 2(4) (2012) 489-500.
3. I. SAFRIANTI, W. NELLY, A.Z. TITIN, *Adsorpsi timbal (II) oleh selulosa jerami padi teraktivasi asam nitrat: pengaruh pH dan waktu kontak. JKK.* 1(1) (2010) 1-7.
4. L. WOJNAROVITS, C.S. FOLDVARY, E. TAKACS, *Radiation-induced grafting of cellulose for absorption of hazardous water pollutant. Radiation Physics and Chemistry.* 79 (2010) 848-862.

5. I.W. NOORDERGRAAF, H.J. HEERESB, L.P.B.M. JANSSEN. *Graft copolymerization of acrylic acid to cassava starch—Evaluation of the influences of process parameters by an experimental design method*, *Carbohydrate Polymers* 90 (2012) 1522–1529.
6. T. TOLEDANO-THOMPSON, M.I. LORI'A-BASTARRACHEA, M.J. AGUILAR-VEGA, *Characterization of henequen cellulose microfibrils treated with an epoxide and grafted with poly(acrylic acid)*. *J. Carb. Polym.* 62 (2005) 67–73.
7. M.D. IBRAHIM, H. MONDAL, Y. URAKI, M. UBUKATA, K. ITOYAMA, *Graft polymerization of vinyl monomers onto cotton fibres pretreated with amines*. *Cellulose J.* 15 (2008) 581–592.
8. N. BICAK, D.C. SHERRINGTON, B.F. SENKAL, *Graft copolymer of acrylamide onto cellulose as mercury selective sorbent*. *React. Funct. Polym.* 41 (1999) 69–76.
9. C. AVUSS., GU'RDAG'G., M. YASAR, K. GU'CLU', M.A. GU'RKAYNAK, *The competitive heavy metal removal by hydroxyethyl cellulose-g-poly(acrylic acid) copolymer and its sodium salt: The effect of copper content on the adsorption capacity*. *Polym. Bull.* 57 (2006) 445–456.
10. O.H. WEN, S.I. KURODA, H. KUBOTA, *Temperature-responsive character of acrylic acid and N-isopropylacrylamide binary monomers-grafted celluloses*. *Eur. Polym. J.*, 37 (2001) 807–813.
11. D.W. O'CONNELL, C. BIRKINSHAW, T.F. O'DWYER, *A modified cellulose adsorbent for the removal of nickel(II) from aqueous solutions*. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 81(2006) 1820–1828.
12. V.S. IVANOV, *Radiation chemistry of polymers*. Utrecht The Netherland: VCB BV, (1992) 7, 127-8, 131, 149, 484.
13. W. ANDRIYANTI, SUYANTI, NGASIFUDIN, "Pembuatan dan karakterisasi polimer superabsorben dari ampas tebu". *Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Teknologi Akselerator dan Aplikasinya*, Yogyakarta 13 (2012) 3.
14. A. CHARLESBY, *Atomic Radiation and Polymers*, Pergamon Press, London (1960).
15. DEEPAK PATHANIA AND REENA SHARMA, *Synthesis And Characterization Of Graft Copolymers Of Methacrylic Acid Onto Gelatinized Potato Starch Using Chromic Acid Initiator In Presence Of Air*, *Adv. Mat. Lett.* 3(2), (2012) 136-142.
16. M.D. IBRAHIM, H. MONDAL, *Grafting of methyl acrylate and methyl methacrylate onto jute fiber: physico-chemical characteristics of the grafted jute*. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics.* 8 (2013) 3.
17. RAHMAWATI, *Kopolimerisasi cangkok Asam akrilat pada selulosa jerami padi dengan teknik pra-iradiasi: karakterisasi dan aplikasinya sebagai penukar ion*, Thesis, Departemen Kimia, FMIPA-UI, Depok (2013).