SINTESIS DAN KARAKTERISASI KOPOLIMER IRADIASI CANGKOK ASAM AKRILAT, AKRILAMIDA DAN CAMPURANNYA PADA SERAT RAYON SEBAGAI PENUKAR ION *

Fatmuanis Basuki**, Endang Asijati***, Yanti Sabarinah****

ABSTRAK

SINTESIS DAN KARAKTERISASI KOPOLIMER IRADIASI CANGKOK ASAM AKRILAT, AKRILAMID DAN CAMPURANNYA PADA SERAT RAYON SEBAGAI PENUKARION

Telah dilakukan sintesis dan karakterisasi kopolimer iradiasi cangkok asam akrilat (AA), akrilamid (Am) dan campurannya pada serat rayon sebagai penukar ion. Pencangkokan dilakukan dengan metode iradiasi sebelum polimerisasi dalam atmosfir nitrogen/inert, menggunakan pelarut air-metanol dengan perbandingan 90: 10 (v/v). Penelitian ini bertujuan mendapatkan kondisi optimum proses pencangkokan untuk memperoleh serat yang dapat diaplikasikan sebagai penukar ion. Parameter yang dipelajari adalah pengaruh dosis total, kestabilan radikal, konsentrasi monomer, waktu dan temperatur pencangkokan.

Hasil percobaan menunjukkan bahwa persentase pencangkokan meningkat dengan bertambahnya dosis total, konsentrasi monomer akrilat dan akrilamida, waktu dan temperatur reaksi. Untuk monomer asam akrilat kondisi optimum adalah pada dosis 10 kGy, konsentrasi monomer 40%, waktu reaksi 15 menit dan temperatur reaksi 45°e dengan persentase pencangkokan tertinggi yang diperoleh sebesar 530%. Untuk monomer akrilamida kondisi optimum pada dosis 8 kGy, konsentrasi monomer 30%, waktu reaksi 30 menit dan temperatur reaksi 70°e dengan persentase pencangkokan tertinggi yang diperoleh adalah 470%. Untuk pencangkokan campuran dengan kondisi dosis 8 kGy, konsentrasi monomer campuran 30%, temperatur pencangkokan 45°e dan waktu pencangkokan 60 menit didapatkan persentase pencangkokan sebesar 300 %.

Kata kunci : kopolimerisasi cangkok iradiasi, asam akrilat, akrilamid, penukar ion

* Ringkasan dari thesis program magister Kimia, Dep. Kimia, F. MIPA, Universitas Indonesia

**Pusdiklat BATAN

***Dep.Kimia,F .MIP A, Universitas Indonesia

****P3TIR,BATAN

ABSTRACTS

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF ACRYLIC ACID, ACRYLAMIDE AND THEIR MIXTURES GRAFTED ONTO RAYON FIBER FOR ION EXCHANGER

Synthesis and characterization of grafted acrylic acid (AA) , acrylamide (Am) and their mixture (AmAA) onto rayon fiber as ion exchange have been carried out. The grafting conducted by pre-irradiation technique in a nitrogen/inert atmosphere. Solvent used in the grafting is methanol-water mixture with composition of 10:90 (v/v). The objectives of this research are to find out the optimum conditions for grafting process, and to characterize graft-copolymer that can be used as ion exchanger. Parameters of the process studied in this research are total irradiation dose, radical stability, monomer concentration, reaction time and temperature of the grafting.

The results also showed that grafting percentage increases with the increase of total irradiation dose, acrylic acid and acryalmide concentration, reaction time and the temperature. It can be concluded from the results that the optimum conditions for acrylic acid monomer are as follows: total irradiation dose 10 kGy, monomer concentration 40% (v/v) ,reaction time 15 minutes and reaction temperature 45°C, the maximum grafting percentage obtained was 530 %. The optimum conditions for acrylamide monomer are as follows: total irradiation dose 8 kGy, monomer concentration 30% (v/v) , reaction time 30 minutes and reaction temperature 70°C, the maximum grafting percentage obtained was 470 %. For the mixture of acid and amide the optimum conditions were as follows: total irradiation dose 8 kGy, monomer mixture concentration 30 % (v/v) , reaction time 60 minutes and reaction temperature 45°C, the maximum grafting percentage was 300% .

Key words: Irradiation graft copolymerization, acrylic acid, acrylamide, ion exchanger

PENDAHULUAN

Metode kopolimerisasi cangkok ini telah banyak dikembangkan dalam industri polimer untuk memodifikasi sifat permukaan polimer. Teknik ini juga digunakan dalam pembuatan penukar ion dengan cara mencangkokkan gugus fungsi tertentu misalnya karboksilat (COOH), amin (NH_2), sulfonat (S03H) yang dapat bersifat sebagai penukar ion. Teknik ini memungkinkan mencangkokkan berbagai gugus fungsi pada berbagai polimer baik dalam bentuk butiran, film atau serat.[4,5]

Beberapa penelitian untuk menghasilkan membran atau serat penukar ion telah dilakukan dengan menggunakan rantai utama polipropilen (pp)[8], Polietilen (PE)[9,10] dan selulosa berupa katun dan rayon.[11,12,13] Rayon memiliki keunggulan dibandingkan dengan polipropilen dan polietilen karena memiliki kemampuan mengembang yang lebih besar serta kestabilan termal dan mekanik yang lebih baik. Selain itu serat rayon mudah didapatkan pada pasaran lokal dengan harga relatif murah. Melalui modifikasi rayon yang berbentuk serat diharapkan dapat dihasilkan penukar ion yang baik.[14] Beberapa peneliti telah melakukan pencangkokan asam akrilat dan akrilamid untuk digunakan sebagai penukar ion.[8,9,10,11,15]

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan serat penukar ion dengan cara kopolimerisasi cangkok radiasi asam akrilat (AA), akrilamida (AAm) dan campurannya pada serat rayon sehingga diperoleh kopolimer Rayon-g-AA, Rayon-g-Am dan rayon-g-AmAA. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan kondisi optimum proses pencangkokan . Asam Akrilat dipilih karena merupakan asam karboksilat yang mengandung gugus vinil sehingga dapat dicangkokkan pada serat rayon. Kopolimer cangkok yang dihasilkan bersifat penukar ion asam lemah sehingga selektivitas pertukarannya dapat diatur dengan pengaturan pH. Akrilamid dipilih sebagai monomer karena memiliki gugus fungsi amino(NH_2) yang dapat berfungsi sebagai penukar anion basa lemah dan adanya elektron bebas pada atom N dapat membentuk komplek dengan ion logam. Pencangkokan campuran kedua monomer (AA dan AM) diharapkan akan didapatkan penukar ion dwi-kutub yang sekarang mulai dikembangkan.[16]

Proses pencangkokan dilakukan dengan metode pasca iradiasi dalam atmosfer nitrogen menggunakan sumber radiasi gamma dari isotop Co-60. Dalam penelitian ini dipelajari pengaruh dosis radiasi, konsentrasi monomer, waktu dan temperatur pencangkokan terhadap persentase pencangkokan.

PERCOBAAN

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah serat rayon (Viscose Rayon Staple Fibre) produksi PT Indo-Bharat Rayon, Asam Akrilat (H2C=CHCOOH) dan Akrilamida (H2C=CHCOOH) (p.a. Merck) sebagai monomer, Metanol, n-heksana (p.a. Merck) dan aquadest sebagai pelarut, Gas Nitrogen produksi Aneka Gas, yang dimumikan dengan pirrogalol dan NaOH (p.a. Merck), Silicon high vacuum grease (Merck), Na2C03 dan asam asetat (Merck), dan larutan kation standar Cu^{2+}, $C0^{2+}$, Ni^{2+} dan Cd^{2+} untuk pengujian pertukaran ion.

Peralatan

- Sumber Radiasi ialah iradiator sinar Gamma dari sumber Co-60, Iradiator Panorama Serbaguna, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Iradiasi (P3TIR), Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN), Pasar Jumat, Jakarta.
- Peralatan Pencangkokan
  Unit peralatan pencangkokan terdiri dari: Ampul wadah sampel yang diradiasi dibuat khusus untuk tahan vakum.
- Peralatan pembersih gas nitrogen berupa dua tabung gelas untuk larutan pirrogalol dan aquadest. Alat gelas pembagi aliran nitrogen. Tabung gas nitrogen dan pompa vakum.
- Peralatan Laboratorium antara lain penangas air dengan pengatur suhu, oven, neraca analitik alat Soxhlet.
- Peralatan Pengujian terdiri dari AAS, OGAWA SEIKI Co. LTD AA-782: Spektrofotometer FTIR 8201 Shimadzu.; Differential Scanning Colorimeter (DSC), DUPONT INSTRUMENT 9900, DT*ArrGA*, Setaram: Scanning Elektron Microscope (SEM, JEOL JSM-T300-JFC-1100)

PROSEDUR

Pencucian serat

- Serat selulosa yang akan digunakan dibersihkan dengan pengekstrak soxhlet menggunakan pelarut n-heksan selama 8 jam. Selanjutnya serat dikeringkan dalam oven vakum dengan suhu 50°C selama 8 jam.
- Larutan pembersih gas nitrogen dari oksigen dibuat dengan larutan 1 gram pirogalol dalam 150 ml larutan NaOH jenuh dan dimasukkan dalam tabung pertama, sedang tabung kedua diisi aquades.

Pembuatan larutan monomer

- Larutan Monomer Akrilamid.
  Akrilamid padat yang telah ditimbang dengan berat tertentu dilarutkan kedalam aquades dan metanol dengan perbandingan volume (90: 10) sehingga diperoleh konsentrasi yang diinginkan (% *bib).*
- Larutan Monomer Asam Akrilat.
  Monomer asam akrilat dengan konsentrasi tertentu dibuat segar dengan melarutkan asam akrilat pekat dengan volum tertentu ke dalam pelarut aquades dan rnetanol dengan perbandingan volume (90: I0) sehingga diperoleh konsentrasi yang diinginkan (% v/v). Selama digunakan pada proses pencangkokan, larutan ini terus dialiri gas nitrogen untuk menghilangkan gas oksigen terlarut.

Proses Iradiasi Serat Rayon

Sebanyak kurang lebih 500 mg serat rayon yang bersih dan kering dimasukkan dalam ampul dan ditutup rapat. Untuk menghindari kebocoran udara pada setiap sambungan diberi silikon grease. Oksigen yang berada pada perrnukaan serat rayon dihilangkan dengan bantuan pompa vakum selama lebih kurang 2 menit. Selanjutnya kedalam ampul yang berisi sampel dialirkan gas nitrogen yang telah dimumikan selama minimal 30 menit dan kemudian kran ditutup. Sampel diiradiasi dengan sinar-y selama waktu dan pada jarak tertentu sehingga diperoleh berbagai dosis total yang diinginkan. Proses pencangkokan segera dilakukan setelah sampel diiradiasi. Apabila tidak bisa langsung dicangkok sampel

disimpan dalam freezer agar radikal yang terbentuk populasinya tetap terjaga. Laju dosis yang digunakan pada penelitian ini sekitar 10 kGy /jam.

Proses pencangkokan

Ke dalam sampel serat rayon yang telah diiradiasi, selanjutnya ditambahkan 25 ml larutan monomer dengan konsentrasi tertentu yang telah bebas dari oksigen. Sampai seluruh permukaan serat terendam dalam larutan monomer.. Untuk mencegah masuknya udara, monomer dimasukkan ke dalam sampel serat rayon dengan bantuan pompa vakum. Kemudian campuran dipanaskan dalam penangas air yang diatur temperatumya dan dibiarkan bereaksi selama rentang waktu tertentu. Serat yang telah dicangkok dibersihkan dari sisa-sisa monomer dan homopolimemya serta direndam semalam dalam aquades. Serat dicuci dengan 2.00 ml aquades panas sebanyak 5 kali atau sampai bersih, dilanjutkan dengan refluks selama 12 jam dengan aquades dan 12 jam dengan metanol.. Serat dibilas dengan 200 ml aquades hangat, disaring dan dikeringkan dalam oven vakum pada suhu 70°C sekitar 4 jam.

Pengaruh dosis dan penyimpanan pad a jumlah radikal

- Serat Rayon diiradiasi pada dosis 4 ,6,8,10 dan 12 kGy pada kondisi atmosfer nitrogen. Segera setelah diiradiasi jumlah radikal yang terbentuk pada serat diukur menggunakan alat ESR dengan kondisi temperatur ruang dan atmosfir udara.
- Selanjutnya untuk dosis 8 kGy dipelajari pengaruh penyimpanan pada freezer dibandingkan dengan penyimpanan dalam ruangan biasa.

Variasi dosis total dan konsentrasi monomer akrilamida dan akrilat.

Pengaruh dosis total dipelajari pada 4 , 6, 8, dan 10 kGy dengan variasi konsentrasi monomer akrilamida (% bib) dan akrilat (%v/v) adalah: 20 25, 30 dan 40 %. Pelarut yang digunakan campuran air: metanol = 9: 1 (v/v). Pengaruh dosis dan konsentrasi dilakukan selama waktu reaksi 1 jam dan pada temperatur reaksi 45°C..

Variasi dosis total dan waktu reaksi (Monomer akrilamida)

- Pengaruh dosis total dipelajari pada 4, 6, 8, dan 10 kGy dengan waktu reaksi selama 15, 30, 60 dan 90 menit..
- Konsentrasi monomer akrilamida (% bib) adalah 30% dengan pelarut campuran air: metanol, perbandingan 9 : 1 (v/v) pada temperatur reaksi 45°C.

Variasi Dosis total dan temperatur reaksi (Monomer akrilamida)

Pengaruh dosis total dipelajari pada 4, 6, 8, dan 10 kGy pada temperatur reaksi 30, 45, 55 dan 70°C. Konsentrasi monomer akrilamida (% bib) adalah 30% dengan pelarut campuran air: metanol 9: lev/v) selama waktu reaksi selama 60 menit..

Variasi temperafur dan waktu reaksi (Monomer akrilat)

Pengaruh variasi temperatur reaksi dipelajari pada 30, 45, 60 , dan 75°C dengan waktu reaksi adalah 15, 30 , 60 dan 90 menit.. Dosis radiasi dibuat tetap yaitu 8 kGy dan konsentrasi akrilat 30%(v/v).

Monomer campuran akrilat dan akrilamid

Pencangkokan monomer campuran akrilat dan akrilamid dilakukan dengan konsentrasi akrilat 15% dan akrilamid 15% dengan pelarut air:metanol = 9: 1(v/v). Dosis total yang digunakan yaitu 8 kGy, temperatur reaksi 45°C dan waktu reaksi 60 menit..

Penentuan kadar dan laju pencangkokan.

Kadar pencangkokan ditentukan berdasarkan perbandingan berat serat rayon setelah dan sebelum pencangkokan., menurut persamaan :

$$\text{Persentase pencangkokan} = \frac{W_2 - WI}{WI} x100\%$$

$$\text{Laju pencangkokan} = \frac{W_2 - WI}{WI \times BM(monomer) \times waktu}$$

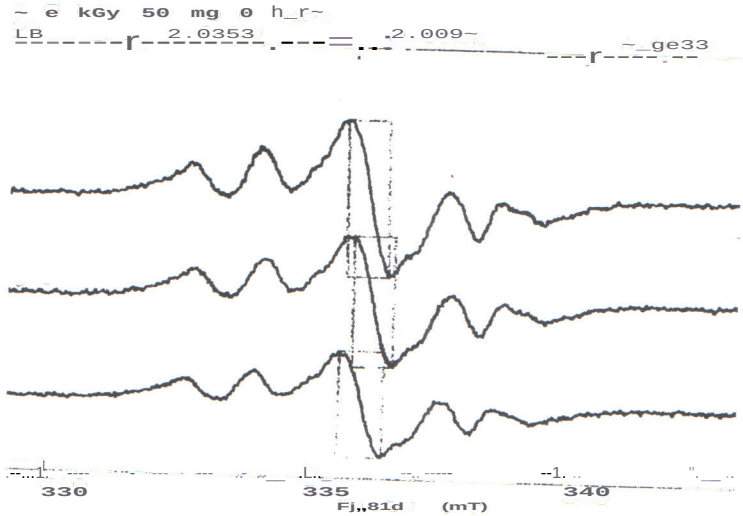
W_2 = berat serat setelah pencangkokan,
WI = berat serat mula-mula,
BM = berat molekul.

HASIL DAN PEMBAHASAN

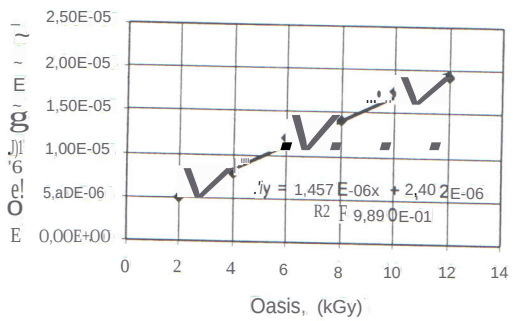
Pengaruh Dosis Radiasi dan Penyimpanan pada Jumlah Radikal

Pengaruh radiasi pada serat rayon atau selulosa menyebabkan terbentuknya radikal bebas pada atom karbon dan degradasi terjadi pada dosis tinggi.[7] Dari pengamatan dengan ESR pada temperatur ruang dan atmosfir udara diperoleh spektrum seperti terlihat pada Gambar 3.1.

Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Takacs, E. dkk.[27] pada radiasi selulosa akan dihasilkan 5 (lima) jenis radikal sebagai akibat eliminasi atom H dari ikatan C-H. Gurdag dkk[37] mengusulkan radikal terbentuk terletak pada atom C6, C2, C3, C, dan C_4 apabila inisiasi dilakukan secara kimia. Spinks and Woods[20] berdasarkan evaluasi produk yang dihasilkan menyatakan letak radikal berada pada atom C"C2, C6, C3 dan C_4 dan tidak terjadi pada atom C5. Berdasar pengukuran radikal dengan ESR Ranby and Rabek 25 menyatakan radikal



Gambar 3.1. Spektra ESR serat rayon yang diiradiasi pada dosis a. 6 kGy b. 8 kGy c. 10 kGy



Gambar 3.2. Pengaruh dosis radiasi padajumlah radikal

Spektra ESR yang ditunjukkan pada Gambar 3.1 merupakan spektra spesi radikal peroksida, terlihat (5) lima puncak yang mewakili jumlah spesi radikal yang terbentuk. terutama pada C_5 dengan bentuk spektrum super posisi, C6, C, dan C_4. Radikal pada C_6 dapat berpindah ke C_5 agar lebih stabil. Hal

yang sarna dinyatakan Farhataziz dan Rodgers. 19

Menurut Dunn[42] jumlah radikal yang dihasilkan pada kondisi radiasi inert/vakum dan udara relatif sarna. Hal ini dimungkinkan bila radikal peroksida terurai melepaskan oksigen. Hasil pengukuran ESR yang dilakukan terhadap sampel yang diiradiasi pada kondisi inert dan udara,, tidak menunjukkan perbedaan jumlah radikal yang signifikan.

Pengaruh dosis radiasi terhadap jumlah radikal terbentuk dapat dilihat pada Garnbar 3.2. Hasil pengarnatan.. menunjukkan jumlah radikal meningkat dengan meningkatnya dosis radiasi.. Jumlah radikal pada dosis 2 sarnpai dengan 10 kGy mengikuti persarnaan liniear y= 1,562E-0,6 + 1,914E-0,6 dengan koefisien korelasi R2 = 0;994. Pada dosis 12 kGy jumlah radikal yang terbentuk sudah tidak linear lagi.. Hal ini disebabkan makin banyak radikal yang dihasilkan, probabilitas radikal berrekombinasi semakin tinggi sehinggajumlah. radikal berkurang.[28,41] Untuk itu pada penelitian ini dipelajari variasi dosis antara 4 sarnpai dengan 10 kGy, karena pada rentang ini pengaruh dosis terhadap jumlah radikal masih linear. Selain itu pada rentang dosis ini kekuatan tarik serat rayon tidak terpengaruh.i[20]

Pada metode pencangkokan pascairadiasi, selang waktu antara radiasi dan grafting akan sangat mempengaruhi hasil pencangkokan. Hal ini berkaitan. dengan kestabilan radikal, maka perlu diteliti kestabilan radikal pada kondisi penyimpanan. Pada penelitian ini dibandingkan kondisi penyimpanan dalam freezer dan temperatur ruang. Hasil pengarnatan menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan seperti terlihat pada tabel 3.1.. Untuk lama penyimpanan 1 (satu) jam sampel yang disimpan dalam freezer radikal berkurang ±1% dan penyimpanan pada suhu ruang berkurang ± 4 %, Penurunan yang tinggi pada penyimpanan temperatur ruang diakibatkan oleh radikal yang lebih aktif bergerak sehingga akan lebih mudah terjadinya rekombinasi.[6,7] Pada penyimpanan 168 jam (7 hari) dalarn freezer jumlah radikal berkurang ± 10% dan kondisi temperatur ruang berkurang ± 40% . Dari hasil ini maka grafting harus dilakukan sesegera mungkin setelah iradiasi atau menyimpan dalam frezeer untuk mempertahankan jumlah radikal..

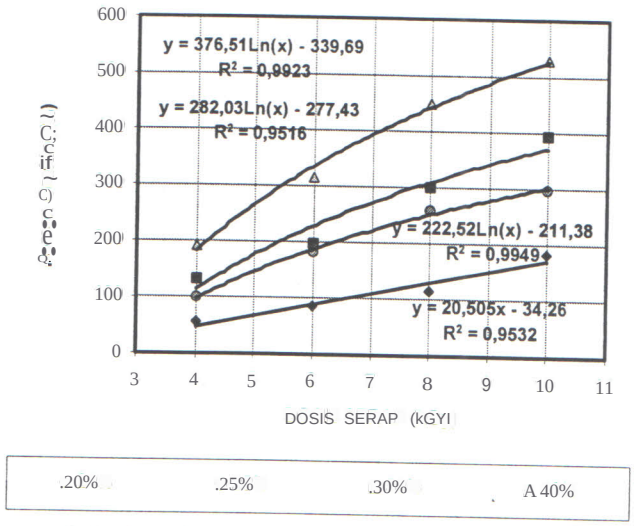
Penentuan Kondisi Grafting
Pengaruh Dosis Total

Pengaruh dosis total pada persentase pencangkokan untuk beberapa vanasi konsentrasi monomer asarn akrilat dan akrilamida dapat dilihat berturut turut pada Garnbar 3.3. dan 3.4, semakin tinggi dosis semakin meningkat persentase pencangkokan monomer pada serat rayon. Persentase pencangkokan tertinggi sebesar 530 % untuk asam akrilat dan 370 % untuk akrilarnida pada dosis sebesar 10 kGy.

Pengaruh dosis pada peningkatan.. persentase pencangkokan kedua jenis monomer mempunyai kemiripan atau harnpir sarna untuk konsentrasi monomer 20, 25 dan 30%. Perbedaan nyata. terlihat pada konsentrasi 40%, pada akrilarnida, pada dosis 4 sampai dengan 10 kGy persentase pencangkokan meningkat dari 210% menjadi 370% (bertambah 160%) sedang pada asam akrilat meningkat dari 191% menjadi 530% (bertambah 339%), dua kali lebih besar dibanding pada akrilamida.

TabeI3.1. Pengaruh temperatur penyimpanan terhadap jurnlah radikaI

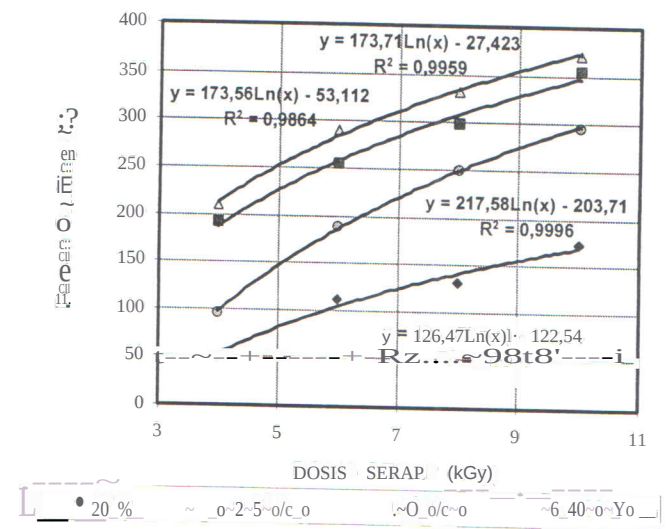
( )	0	1	23	168
Kondisi Freezer	100	99	97	90
Kondisi temperatur ruang	100	96	80	64



Gambar 3.3. Pengaruh dosis pada persentase pencangkokan asam akriIat, (45°C, 1 jam).

Peningkatan persentase pencangkokan yang diperoleh tidak linear menunjukkan selain jumlah radikal yang terbentuk ada faktor lain yang mempengaruhi yaitu letak radikal, difusi monomer dan pembentukan gel.

Pada dosis tinggi probabiIitas rekombinasi radikal yang cukup besar, sehingga jumlah radikal yang digunakan untuk menginisiasi kopolimerisasi lebih sedikit dan kemungkinan homopolimerisasi meningkat karena adanya transfer radikal pada molekul monomer.[6] Pada dosis tinggi terbentuknya radikal pada bagian dalam serat, bagian amorf dan kristalin juga semakin besar. Setelah radikal pada bagian permukaan melakukan reaksi kopolimerisasi maka difusi monomer ke bagian dalam serat akan terganggu sehingga radikal tidak optimal bereaksi.



Gambar 3.4. Pengaruh dosis pada persentase pencangkokan akrilamida (45° C, Ijam).

Selama percobaan diamati adanya pembentukan gel yaitu meningkatnya viskositas yang diakibatkan terbentuknya homopolimer. Pada akrilamid kecenderungan pembentukan gel lebih besar dibandingkan pada asam akrilat.. Dengan akrilamida pada dosis 10 kGy sudah terjadi pembentukan gel yang tinggi sehingga digunakan dosis yang lebih rendah yaitu 8 kGy. Selain itu untuk konsentrasi monomer di atas 30% pembentukan gel terjadi pada rentang dosis yang digunakan maka persentase pencangkokan tidak mengalami peningkatan.. Pada pencangkokan asam akrilat, dosis 10 kGy masih layak digunakan karena belum terjadi pembentukan gel dengan viskositas tinggi meskipun konsentrasi monomer yang digunakan 40%.

Menurut Hassanpour[11] pada dosis rendah insiasi terutama untuk kopolimerisasi cangkok dan pembentukan homopolimer lebih sedikit terbentuk Pada dosis rendah rekombinasi radikal lebih sedikit terjadi begitu juga terminasi radikal dengan radikal polimer yang tumbuh sehingga dihasilkan kopolimer cangkok dengan rantai yang panjang.

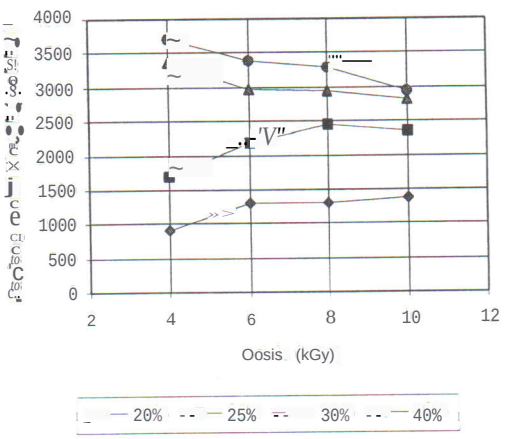
Untuk mendukung pemyataan diatas dilakukan penghitungan panjang rantai kinetik (v) yang dapat dirumuskan sebagai berikut [21]

$$v = \frac{\text{Jumlah unit monomer yang dikonsumsi}}{\text{Jumlah pusat aktif yang dihasilkan}}$$

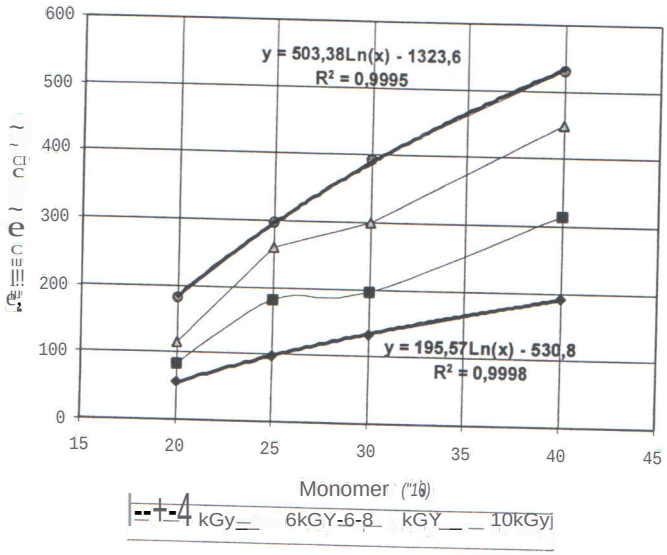
Jumlah unit monomer yang dikonsumsi dapat dihitung dari jumlah mol monomer yang tercangkok dan jumlah pusat aktif yang diperoleh dari pengukuran ESR untuk dosis tertentu. Hubungan panjang rantai poliakrilamid tercangkok dan dosis dapat dilihat pada Gambar 3.5.

Pada Gambar 3.5. terlihat bahwa untuk dosis yang moon besar (sampai 10 kGy) dengan konsentrasi monomer 30 dan 40 % panjang rantai kinetik semakin pendek , hal ni terjadi karena adanya transfer radikal dari rantai kopolimer pada monomer sehingga cenderung terbentuk homopolimer. Untuk monomer asam akrilat,, hal yang sama baru mulai terlihat pada dosis 10 kGy dan konsentrasi monomer 40%.

Hubungan kecepatan pencangkokan dan dosis pada reaksi polimerisai radiasi seperti sebanding den[f1 akar. dosis (dosis ~ang kat setengah = D'). Dari data yang diperoleh dibuat plot antara laju pencangkokan dan dosis total pada beberapa variasi konsentrasi monomer akrilat maupun akrilamid. Hasil yang diperoleh menunjukkkan bahwa



Gambar 3.5. Hubungan panjang rantai poliakrilamida dengan dosis radiasi



Gambar 3.6. Pengaruh konsentrasi asam akrilat (% v/v) pada persentase pencangkokan (temperatur 45°C, waktu 1 jam.)

sebagian besar memberikan nilai lebih besar dari DI,2 kecuali monomer akrilamid pada konsentrasi 30% dan 40% sebanding D0,66. Diperolehnya harga yang lebih besar menandakan adanya faktor lain yang menentukan kecepatan reaksi yang sangat berperan yaitu difusi monomer. Dari plot tersebut juga dapat diperkirakan mekanisme reaksi pada dosis rendah (4-6 kGy) berbeda dengan pada dosis tinggi (8-10 kGy) begitu juga halnya dengan konsentrasi monomer rendah (20 dan 25%) berbeda dari dengan konsentrasi tinggi (> 30%).

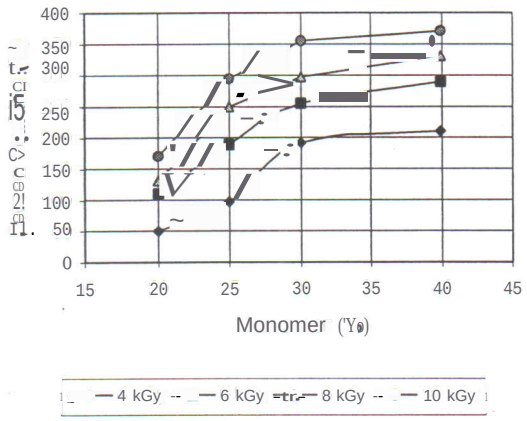
Pengaruh dosis total pada persentase pencangkokan untuk beberapa variasi konsentrasi monomer, baik monomer asam akrilat maupun akrilamid, sebagian besar mengikuti persamaan logaritmik, semakin besar dosis semakin tinggi persentase pencangkokan sampai tercapai batas pencangkokan optimum. Hal ini sesuai dengan beberapa studi yang menyatakan bahwa kopolimerisasi cangkok radiasi mengikuti persamaan logaritmik.[7] Pada percobaan ini dipergunakan dosis sampai dengan 10 kGy karena pada dosis lebih tinggi sifat-sifat fisik serat rayon akan turun.[7]

Pengaruh Konsentrasi Monomer

Pengaruh konsentrasi monomer asam akrilat dan akrilamida pada pelarut air metanol 9:1 pada persentase pencangkokan pada beberapa variasi dosis, temperatur reaksi 45°C dan waktu reaksi 1 jam dapat dilihat pada gambar 3.6 dan 3.7.

Dari gambar 3.6. terlihat persentase pencangkokan asam akrilat meningkat dengan bertambahnya konsentrasi monomer dengan mengikuti persamaan logaritmik. persentase pencangkokan berbanding lurus dengan konsentrasi monomer. Hal ini dapat terjadi bila konsentrasi monomer dalam matrik polimer konstan. dan kecepatan propagasi dapat diimbangi dengan kecepatan difusi monomer ke dalam matrik serat. Meningkatnya konsentrasi monomer menyebabkan meningkatnya difusi monomer ke dalam matrik maka probabilitas tumbukan antara molekul monomer dan polimer radikal semakin banyak sehingga persentase pencangkokan meningkat.

Pembentukan homopolimer meningkatkan viskositas dan menyebabkan terhambatnya difusi monomer. Adanya kompetisi antara



Gambar 3.7. Pengaruh konsentrasi akrilamid *(%blb)* pada persentase pencangkokan (temperatur 45°C, waktu 1jam).

kecepatan propagasi dan ketersediaan monomer menyebabkan persentase pencangkokan akan memiliki nilai optimum. Setelah melewati nilai optimum kecenderungan pembentukan homopolimer terjadi akibat trasfer radikal ke monomer. [6,7] Pada konsentrasi monomer asam akrilat 40%(v/v) persentase penn masih meningkat mencapai 530%, uu menunjukkan pembentukan kopolimer masih dominan dibandungkan dengan pembentukan homopolimer meskipun yang tergcangkoka adalah homopolimer.

Pada gambar 3.7. terlihat persentase pencangkokan akrilamid meningkat dengan bertambahnya konsentrasi monomer dan mencapai harga optimum pada konsentrasi monomer 30 %. Kenaikan konsentrasi monomer dari 30 ke 40% tidak menaikkan persentase pencangkokan secara signifikan. Fenomena ini terlihat untuk semua variasi dosis yang ditunjukkan oleh bentuk kurva yang sarna. Hal uu disebabkan pada konsentrasi di atas 30% terjadi pembentukan homopolimer dengan viskositas tinggi yang lebih dominan dan menghambat pembentukan kopolimer.'" [5,28,36]

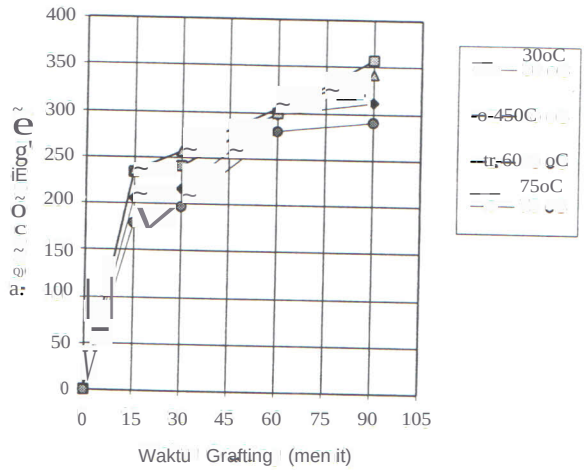
Dari dua jenis monomer yang digunakan yaitu asam akrilat dan akrilamida sampai konsentrasi 30% kurve masih menunjukkan adanya kesamaan dalam peningkatan persentase pencangkokan. Untuk dosis total 8 kGy dan konsentrasi monomer. 30% persentase pencangkokan akrilamid sebesar 298% dan akrilat 299,8% dan pada dosis total 10 kGy persentase pencangkokan akrilamid sebesar 332% dan akrilat 392%.

Perbedaan yang mencolok terjadi pada konsentrasi monomer antara 30 s.d. 40%. Konsentrasi optimum monomer akrilamid ialah 30% *(bib)*, penambahan konsentrasi lebih lanjut tidak meningkatkan persentase pencangkokan secara signifikan (rerata bertambah 25%), dan lebih dominan membentuk homopolimer. Pada asam akrilat peningkatan konsentrasi dari 30 ke 40% (v/v) masih menaikkan persentase pencangkokan rerata sebesar 116%. Perbedaan uu disebabkan oleh reaktivitas akrilat lebih besar daripada akrilamid dan kecenderungan pembentukan homopolomer akrilamid yang lebih besar daripada pada akrilat.

Pengaruh waktu pencangkokan.

Percobaan pengaruh waktu pencangkokan monomer asam akrilat pada serat rayon yang dipelajari untuk beberapa variasi temperatur, dosis radiasi 8 kGy dan konsentrasi monomer 30%. Hasil dapat dilihat pada Gambar 3.8.

Pada Gambar 3.8 terlihat kenaikan persentase pencangkokan sangat besar terjadi pada 15

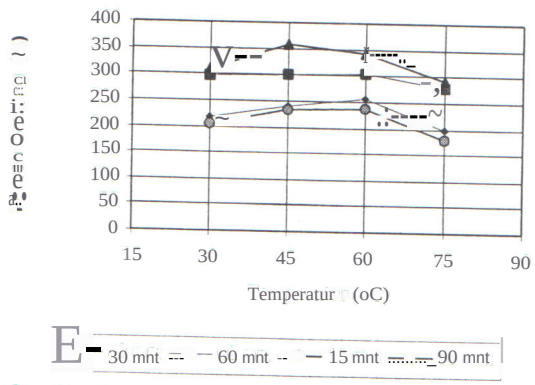


Gambar 3.8. Pengaruh waktu pada persentase pencangkokan akrilat (dosis 8 kGy, konsentrasi monomer 30% (v/v).

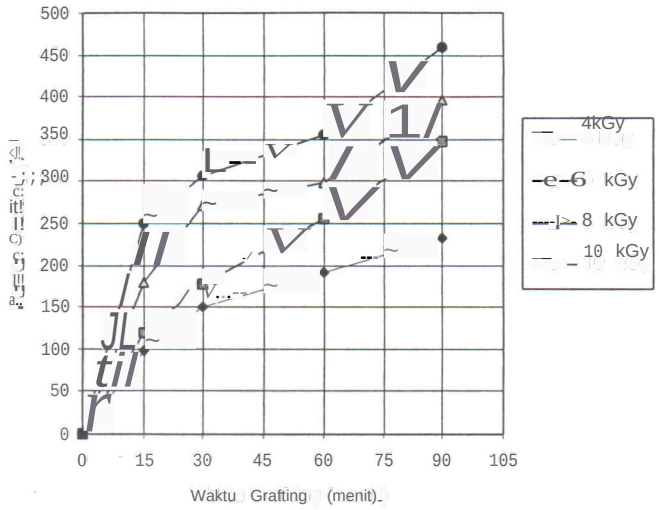
menit pertama, pada dosis 8 kGy dan pada temperatur 45° mencapai 234% (persentase pencangkokan rerata sebesar 213%) . Hal ini disebabkan pada awal reaksi jumlah radikal dan jumlah monomer masih banyak tersedia sehingga terjadi reaksi yang cepat membentuk kopolimer dan sedikit homopolimer.

Pada selang waktu antara 15 sampai 60 menit, pada dosis 8 kGy dan tempratur 45°C persentase pencangkokan hanya berubah dari 234 menjadi 299 % bertambah hanya 65% (rerata bertambah 80%). Penambahan waktu reaksi sebanyak 4x hanya menambah sekitar 1/3 dari persen *grafting* awal). Hal ini terjadi karena kecepatan propagasi lebih besar dibandingkan dengan kecepatan difusi monomer dan adanya kompetisi antara pembentukan kopolimer dan homopolimer .. Pada selang waktu 60 sampai 90 menit terlihat terjadi peningkatan persentase pencangkokan tapi tidak signifikan karena pembentukan homopolimer menjadi lebih dominan.

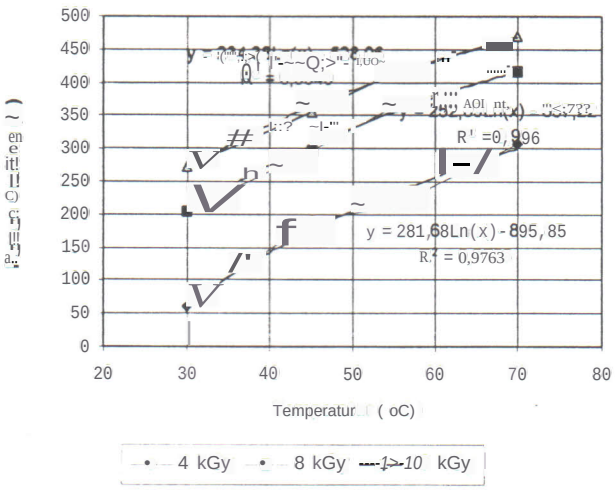
Pengaruh waktu pencangkokan monomer akrilamid pada serat rayon dipelajari pada beberapa variasi dosis dengan konsentrasi monomer 30% (dalam kondisi optimal) dan temperatur reaksi 45°C. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 4.9. Pada gambar tersebut kenaikan persentase pencangkokan yang cukup besar terjadi pada 30 menit pertama, pada dosis 8 kGy mencapai 271%



Gambar 3.9. Pengaruh temperatur pada persentase pencangkokan akrilat.. (dosis 8 kGy, konsentrasi *30%(blb»*)



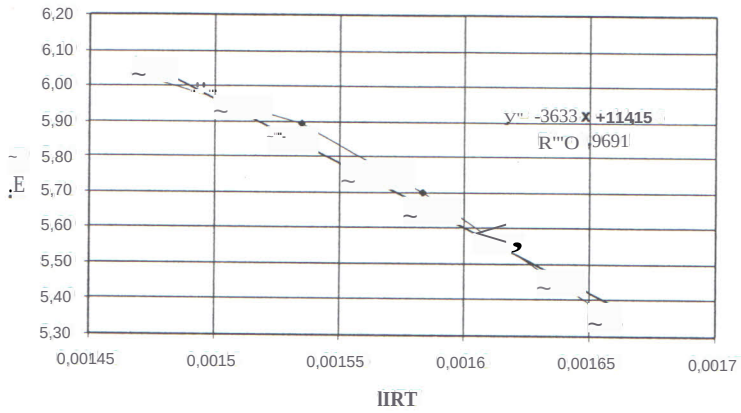
Gambar 4.9. Pengaruh waktu pada persentase pencangkokan akrilamid (konsentrasi 30% (bib), temperatur 45°C).



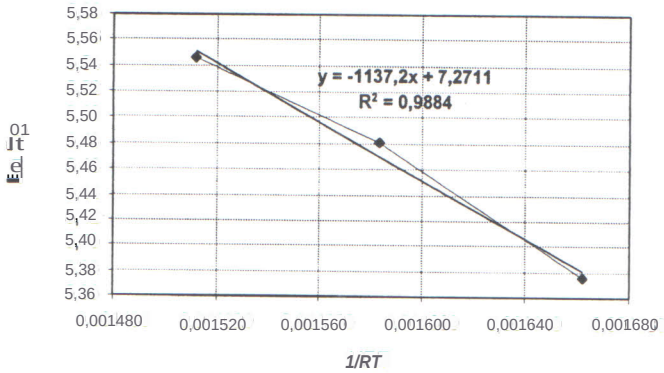
Gambar 3.10. Pengaruh temperatur pada persentase pencangkokan akrilamid (konsentrasi 30% *(bib)*, waktu ljarn).

(rerata sebesar 225%). Tingginya persentase pencangkokan yang dicapai pada awal reaksi karena jumlah radikal dan jumlah monomer masih banyak sehingga reaksi berlangsung sangat cepat membentuk kopolimer dan sedikit homopolimer. .

Pada selang waktu 30 sampai 60 menit terjadi peningkatan pencangkokan tapi tidak terlalu besar, pada dosis 8 kGy persentase pencangkokan hanya berubah dari 271 % menjadi 298 % (untuk semua variasi dosis rerata bertambah sekitar 48%). Penambahan yang kecil ini terjadi karena kecepatan



Gambar 3.11. Kecepatan pencangkokan akrilamid sebagai fungsi *lIRT* (dosis 8 kGy, konsentrasi monomer 30% (bib»)



Gambar 3.12. Kecepatan pencangkokan akrilat sebagai fungsi IIRT (dosis 8 kGy dan konsentrasi monomer 30% (bib»)

propagasi lebih besar dibandingkan dengan kecepatan difusi monomer, sehingga monomer tidak cukup tersedia untuk bereaksi. Selain itu pada selang waktu ini terjadi kompetisi antara pemebentukan kopolimer dan homopolimer.

Pada selang waktu waktu 60 sampai 90 menit terjadi peningkatan persentase pencangkokan yang lebih besar lagi dibanding pada 30 menit kedua, pada dosis 8 kGy persentase pencangkokan meningkat dari 298 menjadi 396,9 % (pada semua variasi dosis rerata bertambah 8S%). Peningkatan ini disebabkan karena yang tercangkok adalah homopolimer.

Secara umum persentase pencangkokan meningkat sejalan dengan bertambahnya waktu reaksi. Hal ini antara lain berhubungan dengan penggembungan serat rayon, difusi monomer ke dalam serat, waktu kontak dan pembentukan gel pada sistem polimer.

Pengaruh temperatur pencangkokan

Pengaruh temperatur dipelajari pada temperatur 30 -7SoC untuk variasi waktu IS - 90 menit dengan dosis total 8 kGy dan konsentrasi monomer 30%. Hasil percobaan dapat dilihat pada Gambar 3.9. Gambar tersebut memperlihatkan kenaikan temperatur dari 30 ke 4SoC pada semua variasi waktu, menyebabkan persentase pencangkokan

akrilat meningkat tidak terlalu besar, secara rerata sebesar 25%. Pada kenaikan temperatur dari 45 - 60°e persentase pencangkokan cenderung tetap bahkan pada waktu grafting 90 menit turun 16%. Sedang untuk kenaikan temperatur dari 60 - 75°e persentase pencangkokan turun rerata sekitar **48** %. Temperatur optimum untuk grafting asam akrilat adalah 45°e karena pada temperatur yang lebih tinggi asam akrilat cenderung membentuk homopolimer yang disebabkan oleh transfer radikal bebas dari polimer ke monomer seperti yang dilaporkan oleh Gurdag dkk.[37]

Pengaruh temperatur **pencangkokan** monomer akrilamid pada serat rayon dipelajari pada temperatur 30 - *tire.* variasi dosis 4 - 8 kGy, konsentrasi monomer 30% dan waktu reaksi 60 menit.. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 3.10.

Pada gambar terlihat meningkatnya temperatur menyebabkan persentase pencangkokan akrilamid pada serat rayon mengalami kenaikan yang cukup signifikan dan mengikuti persamaan logaritmik. Untuk kenaikan temperatur dari 30°e menjadi 70°e pada dosis 4 kGy, meningkat dari 60% menjadi 307,9%, bertambah sekitar 248%. Pada dosis 8 dan 10 kGy persentase pencangkokan mengalami kenaikan yang hampir sarna berturut-turut sebesar 208 % dan 197%. Kenaikan terbesar terjadi pada dosis rendah 4 kGy karena pada dosis tinggi dan temperatur tinggi probabilitas rekombinasi radikal akan semakin besar.. Selain itu tranfer radikal dari polimer ke monomer akan meningkat dan cenderung membentuk homopolimer.

Secara urnurn kenaikan temperatur akan menyebabkan meningkatnya mobilitas monomer menuju pusat aktif, memperbesar energi aktivasi dan meningkatkan derajat penggembungan yang mengakibatkan pencangkokan meningkat.[11,43,44] Energi aktivasi reaksi pencangkokan baik akrilamid maupun akrilat dapat dipel~ari berdasarkan persamaan sebagai berikut:?[,36]

$$Rg = A\ e^{-Ea/RT}$$

Rg kecepatan pencangkokan (%/jam), Ea energi aktivasi, R konstanta gas, 1,986 kal/mol, dan A konstanta..

Untuk menghitung energi aktivasi dibuat kurva hubungan antara logaritma kecepatan pencangkokan (Rg) dan I/RT. Kemiringan kurva merupakan energi aktivasi (Ea) dalam satuan kkal/mol.. Gambar 3.11 dan 3.12 menunjukkan gambar Rg sebagai fungsi dari I/RT untuk monomer akrilamida dan akrilat.. Ea monomer akrilamid adalah 3,63 kkal/mol dan monomer akrilat adalah 1,14 kkal/mol.. Harga Ea menunjukkan monomer akrilat lebih reaktif daripada akrilamid. Reaktivitas ini bisa lebih diifahami dari struktur akrilat dan akrilamida.

Tabel 3.1. Hasil "Scale up" pencangkokan akrilat, akrilamid dan campurannya. (dosis 8kGy, waktu 60 menit, temperatur 45°e dan konsentrasi 30%).

No. Samp.	Sampel	Berat awal (mg)	Berat akhir (mg)	% cangkok
I.	Rayon-g-AmAA	2500	10354	314,1
2.	Rayon-g-AmAA	2500	9674	286,9
3.	Rayon-g-AA	2000	7533	276,6
4.	Rayon-g-AA	2000	7678	283,9
5.	Rayon-g-Am	2500	9051	262,0
6.	Rayon-g-Am	2500	9191	267,6

Pencangkokan campuran monomer asam akrilat dan akrilamid

Pencangkokan dilakukan pada dosis total 8 kGy, karena pada dosis ini persentase pencangkokan yang diperoleh sudah cukup tinggi sedang pada dosis 10 kGy homopolimer yang terbentuk relatif lebih banyak. Konsentrasi yang digunakan adalah konsentrasi optimum untuk monomer akrilamida yaitu 30%, 15% monomer akrilamid dan 15% akrilat. Waktu reaksi 1 jam dan temperatur 45°C merupakan kondisi optimum untuk asam akrilat. Pada percobaan ini juga dilakukan "scale up" dengan berat sampel rayon awal sampai dengan 2500 mg. Hasil percobaan dapat dilihat pada TabeI3.1. Sebelum "scale up", persentase pencangkokan monomer akrilat adalah 299,9 % dan akrilamid 298%. Hasil rerata persentase pencangkokan pada proses "scale up" untuk akrilat, akrilamid dan campuran adalah 280,2%; 264,8% dan 300,5 %. Terdapat perbedaan persentase pencangkokan antara "scale up" dan sebelumnya, untuk akrilat berbeda 6,5% dan akrilamid 11%, dikibatkan sifat statistik dari radiasi dan kesalahan dalarn pencangkokan.

Pada pencangkokan campuran akrilat dan akrilamid diperoleh persentase pencangkokan sekitar 300% diharapkan 150% berasal dari asam akrilat dan 150% dari akrilamid.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan dalam penelitian ini, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hubungan dosis total dengan jurnlah radikal yang dihasilkan sampai dengan dosis 10 kGy mengikuti persamaan linier y= 1,562 E-0,6 + 1,914 E-0,6 dengan koefisien korelasi sebesar 0,994.
2. Penyimpanan sampel yang telah diradiasi di dalam freezer marnpu mempertahankan jumlah radikal sebesar 90% selama 1 minggu atau jumlah radikal berkurang 10%.
3. Kondisi optimum untuk *grafting* asm akrilat adalah dosis 10 kGy, konsentrasi monomer 40% (v/v), waktu *grafting 15* menit dan temperatur *grafting* 450C dengan persen *grafting* tertinggi sebesar 530%.
4. Kondisi optimum untuk *grafting* akrilamid adalah dosis 8 Gy, konsentrasi monomer *30% (bib),* waktu *grafting* 30 menit dan temperatur *grafting* 70°C dengan persen *grafting* tertinggi sebesar 470%.
5. *Grafting* campuran asam akrilat dan akrilamid yang dilakukan pada kondisi dosis 8 kGy, konsentrasi monomer campuran 30%, waktu *grafting* 1 jam dan temperatur *grafting* 45°C diperoleh persen *grafting* rata-rata sebesar 300%.

SARAN

1. Perlu dipelajari lebih lanjut mengenai kinetika kopolimerisasi *grafting* agar diketahui mekanismenya dengan baik
2. Serat rayon yang *digrafting* amida mempunyai gugus fungsi NH2 yang dapat berfungsi sebagai penukar anion, maka perlu dilakukan percobaan untuk melihat kapasitas dan selektivitas anionnya.
3. Serat rayon *tergrafting* campuran yang memilki gugus fungsi COOH dan NH2 yang dapat berfungsi sebagai penukar ion dwi kutub maka perlu dipelajari lebih lanjut.

DAFfAR PUSTAKA

1. Dofner, K., *Ion Exchanger*, Walter de Gruyter, Berlin- New York, 1991
2. Goto, M., Goto,S., *Removal and Recovery of Heavy Metals By Ion Exchange Fiber*, J.Chem.l Engin.Jap, 20, (5), 1987
3. Marinsky, J.A., *Ion Excange*, Marcel Dekker, Inc., New York, 1966
4. Bill Meyer, F.W. *Textbook of Polymer Science*, 3'd ed., John Wiley & Sons, New York, 1984
5. Miller, J.M., *Separation Methods in Chemical Analysis*, John Wiley & Sons, New York, 1975
6. Ivanov, V.S., *Radiation Chemistry of Polymers*, VCP BV, Utrecht The Netherland, 1992
7. Chapiro, A., *Radiation Chemistry of Polymeric Systems*, John Wiley & Sons, New York, 1962
8. Dessouki A.M., Taher N.N., El-Arnaouty M.B., *Gamma Ray Induced Graft Copolymerization of N- Vinylpyrrolidone, Acrylamide and Their Mixture Onto Polypropylene Films*, Polym. International, 45,67-76, 1998
9. Kubota H., Koyama M., *Photografting of Methacrylic Acid on Low-Density Polyethelene Film in Presence of Polyfunctional Monomer*, J. App. Polym. Scie., 63,1635-1641,1997
10. Nho Y.C., Jin J., *Graf Polymerization of Acrylic Acid and Methacrylic Acid onto Radiation-Peroxidized Polyethyen Film in Presence of Metallic Salt and Sulfuric Acid*, J. App. Polym. Scie., 63,1101- 1106, 1997
11. Hebeish,A.A. , Waly, F.A., Mohdy, A.A., Aly S.A, *Synthesis and Characterization of Cellulose Ion Exchangers. I. Polymerization ofGlycidyl Methacrylate, Dimethylaminoethyl Methacrylate, and Acrylic Acid eith Cotton Cellulose Using Thiocarbonat-H202 Redox System*, J. App. Polym. Scie., 66, 1029-1037,1997
12. Waly A., Abdel-Mohdy F.A., Aly A.S., Hebeish A., *Synthesis and Characterization of Cellulose Ion Exchanger. II. Pilot Scale and Utilization in Dye-Heavy Metal Removal*, J. App. Polym. Scie., 68, 2151-2157,1998
13. Khalil M.I., Wally A., Kantouch A., and Abo-Shosa M.H., *Preparation of Ion-Exchange Celluloses. I. Anion Exchange Celluloses*, J. App. Polym. Scie., 38, 313-322, 1989
14. Sundardi, F., Kadariah, Marlianti, I., *Thermal Stability of Grafted Fibers*, J. App. Polym. Scie., 28, 3123-3135, 1983
15. Mehta, I.K., Kumar, S., Chauhan, G.S., Misra, B.N., *Grafting onto Isotactic Polypropylene. III Gamma Rays Induced Graft Copolymerization of Water Soluble Vinyl Monomers*, J. App. Pol)1TI.Scie., 41, 1171-180, 1990.
16. Tan, Y., Zhang,L., Li, Z., *Synthesis and Characterization of New Amphoteric Graft Copolymer of Sodium Carboxymethyl Cellulose with Acrylamide and Dimethylaminoethyl Methylacrylate*. J. App. Po1ym. Scie., 69, 879-885, 1998
17. Clegg, D.W., Coli) er, A.A., *Irradiation Ejects on Polymers*, Elsevier Applied Science, London and New York, 1991
18. O'Donnel, J.H., Davis. f.S., *Princples of Radiation Chemistry*, Edward Arnold Ltd., London, 1970
19. Farhataziz, Rodgers.M.A.J., *Radiation Chemistry: Principles and Application*, VCH Publishers, Unitet State of America, 1987
20. Spinks, J.EW.T., Wood, R.1. *An Introduction to Radiation Chemistry*, 2nd Ed., John Wiley & Sons, New York, 1976
21. Atkins, P.W., *Kimia Fisika* , edisi ke empat, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1997
22. Stevens, M.P., *Polymer Chemistry: An Introduction*, 2nd ed., Oxford University Press, New York,1990
23. Cowd, M.A. , Terjemahan Firman H., *Kimia Polimer*, Penerbit ITB, Bandung, 1991
24. Bandrup, J., lmmergut, E.H. *Polymer Handbook*, 3'd ed. John Wiley and Sons, 1989

25. Ranby, B., Rabek, J.F. *ESR Spectroscopy in Polymers Research,* Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1977

26. Arthur, Jr. J.c., *Reaction Induced by High-energy in: Takacsra et.a!. Effect 0/ y-irradiation on catton-cellulose,* Rad. Phys. and Chern., 55., 663-666, 1999

27. Takacs, E., Wojnarovits, L., Borsa, J., Foldvary, C., Hargittai, p., ZoId, 0., *Effect 0/ y_ irradiation on catton-cellulose,* Rad. Phys. and Chern., 55., 663-666, 1999

28. Bhasar, A.S., Khan, M.A. and Idris A.K.M., *Modification of Cotton, Rayon and Silkjibers by radiation induced graft co-polymerization,* Rad., Phys.Chern., 45., 753-759, 1995

29. Marga Utama, *Penempelan Campuran Monomer Akrilonitril-Stiren Pada Rayon Iradiasi,* Majalah Triwulanan Badan Tenaga Arom NasionaI, Vol. 18(2), p. 1-6, 1985

30. Okieirnen, E.F., Ebhoaye,J.E., *Grafting Acrylonitrile and Acrylic Acid Monomers on Cellulosic Materials,* J. App. Polym. Scie., 31., 1275-1280, 1986

31. Rezai, E., Warner, R.R., *Polymer-Grafted Cellulose Fibers. 1 Enhanced Water Absorbency and Tensile Strength,* J. App. Polym. Scie., 65.,1463-1469, 1997

32. Warner, R.R., Rezai, E., *Polymer-Grafted Cellulose Fibers., 11 Polymer Localization and Induced Alteration in Fiber Morphology.,* J. App. Polym. Scie., 65., 1471-11485, 1997

33. Warner, R.R., Rezai, E., *Polymer-Grafted Cellulose Fibers., 111 Interaction o/Grafted and Ungrafted Fibers in Handsheets.,* 1. App. Polym. Scie., 65., 1487-1492, 1997

34. Sivakurnar, M., Mohansundaram, A.K., Mohan,D., Balu, K., RangaRajan, R., *Modification 0/ Cellulose Acetate: Its Characterization and Application as an Ultrajiltration Membrane,* J. App. Polym, Scie., 67., 1939-1946, 1998

35. Escarnrnila,C.G., Trujillo, R.G., Franco, H.P.1., Mendizabal,E., Puig, J.E., *Preparation and Characterization 0/ Henequen Cellulose Grafted with Methyl Methacrylate and its Application in Composites,.* J. App. Polym, Scie., 66., 339-346, 1997.

36. Gao, J.P., Tian, R.C., Jiu-Gao Yu, Duan, M.L., *Graft Co[polymers 0/ Methyl Methacrylate onto Canna Starch Using Manganic Pyrophosphate as an Initiator,* J. App. Polym. Scie.,. 53,1091-1102,1994

37. Gurdag, G., Yasar, M., Gurkaynak,M.A., *Graft Copolymerization 0/ Acrylic Acid on Cellulose: Reaction Kinetics o/Copolymerization,* 1. App. Polym. Scie., 66, 929-934, 1997

38. Hakern, N.A., Abdelnour , K.N., Moharram,M.A., *Irradiation on cotton Cellulose land II in Presence of Organie Solvents.,* J. App. Polym. Scie., 31, 2035-2041, 1986.

39. Bhattacharyya, S.N., Maldas, D., *Radiation induced Graft copolymerization 0/ Mixtures 0/ Styrene and acrylamide onto Cellulose Acetate. IV. Studies on Some Physical properties and structural Characterization by Means of scanniny Electron Microscopy,* J. App. Polyrn. Scie.,29, 1559-1568, 1984

40. Gupta,B.S. Mcdowall 0.1., Stannett, V.T., *Amorphological Examination of Ceric Ion and Preiradiated Acrilic ACid-Grafted rayon Fibers,* 1. App. Polyrn. Scie.,. 59, 1221-1236, 1994

41. Hassanpour,S., *Radiation Grafting of Styrene and Acrylonitrile to Cellulose and polyethylene,* Rad. Phys. and Chern., 55, 41-45, 1999

42. Dunn,T.S., Epperson, B.1., Sug, H.W., Stannett, and William, J.L., *Radikal Stucture and its Role in the Oxidative degradation 0/ y-irradiated polypropylene,* Rad. Phys. Chern.. 14. 625-634, 1979

43. Yang.P. and Koko, Y.S., *Thermal Analysis 0/ Different Cellulosic Fabrics,* J. App. Polym. Scie.,. 60,1137-1146,1996

44. Isminingsih,G., *Mekanisme Reaksi Kopolimerisasi Cangkok Iradiasi Polipropilena dengan Monomer Hidrojil,* Proseding Sirnposium Nasional Polirner II, ISSN 1410-8720, Bogor, 1991

45. Goodman, *Developments in Block Copolymers-2,* Elsevier Applied Science, London and New York, 1995