

## KARAKTERISASI PENUKAR ION HASIL KOPOLIMERSASI GRAFTING SERAT RAYON DENGAN ASAM AKRILAT DAN AKRILAMIDA

Fatmuanis Basuki, Endang Asijati, Yanti Sabarinah

### ABSTRAK

Telah dilakukan karakterisasi kopolimer grafting radiasi asam akrilat (AA), akrilamid (Am) dan campurannya pada serat rayon sebagai penukar ion.

Karakterisasi dengan SEM menunjukkan bahwa serat rayon yang tergrafting 300% memiliki diameter serat lebih dari 2 kali diameter semula. Selain itu pada serat yang telah di grafting menunjukkan penurunan kristalinitas disebabkan oleh rusaknya fasa kristalin yang diamati dari difraktogram XRD. Pengamatan terhadap spektrum serapan FT-IR dan DSC menunjukkan bahwa akrilat dan akrilamid tergrafting dengan baik pada serat rayon dan meningkatkan ketahanan tennalnya. Kapasitas pertukaran yang dilakukan dengan ion  $\text{Cu}^{2+}$  pada pH 5, untuk serat rayon-g-As, dengan persen grafting 300% adalah 4,25 meq/g serat dan 2,12 meq/g untuk serat rayon-g-Am dengan persen grafting 101%. Untuk Rayon-g-AmAA (300%) diperoleh kapasitas pertukaran sebesar 3,67 meq/g serat. Keseluruhan serat memiliki kemampuan regenerasi di atas 98%, ini menandakan serat dapat digunakan secara berulang. Urutan selektivitas serat terhadap ion  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  dan  $\text{Co}^{2+}$  adalah rayon-g-Am > rayon-g-AmAA > rayon-g-Am. Bila dilihat dari nilai koefisien distribusi beberapa logam yang diuji, maka serat rayon-g-Am/vA diharapkan paling baik digunakan untuk keperluan pemisahan.

### ABSTRACTS

Synthesis of grafted acrylic acid (AA), acrylamide (Am) and their mixture (AmAA) onto rayon fiber as ion exchange has been carried out. The characterization of the grafted Rayon-g-AA, Rayon-g-Am and Rayon-g-AmAA copolymer are implemented by FTIR, DSC, SEM, XRD, DT A and TGA. The ion exchange properties of graft copolymer studied in this research are its capacity and selectivity to many ion.

The characterization by SEM shows that the diameter of rayon fiber of 300% grafting becomes twice of its original size. It is also known that the grafted fiber has lesser crystallinity due to the damage of crystalin face. Analysis of absorption spectrum of FTIR, as well as DSC data that acrylic acid and acrylamide are grafted onto rayon fiber. Thermal stability of grafted rayon fiber is better than that of ungrafted. The result shows that the ion exchange capacity of Rayon-g-AA is better than Rayon-g-Am/vA, while Rayon-g-AmAA is better than Rayon-g-Am. Rayon-g-As, has a good selectivity for  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$  ion. Based on the metal distribution coefficient value it can be concluded that Rayon-g-As, is the best fiber used for ion exchange and separation propose.

Kata Kunci : Penukar Ion, grafting, Rayon.

## PENDAHULUAN

Teknik pemisahan dan analisis menggunakan penukar ion telah mengalami perkembangan yang sangat pesat dan diaplikasikan dalam berbagai bidang kehidupan seperti pengolahan limbah, pengolahan air, pemurnian dan pemrosesan kembali berbagai macam logam serta pemanfaatannya dalam teknik analisis kromatografi. Penukar ion yang baik harus memiliki kapasitas dan selektivitas yang tinggi, stabil terhadap termal, mekanik dan kimia serta mempunyai laju pertukaran yang tinggi. Untuk memenuhi persyaratan dan menutupi kelemahan pada penukar ion yang sekarang ada, dewasa ini telah dikembangkan pembuatan serat penukar ion melalui metoda kopolimerisasi *p.r(-)ing*.

Metoda kopolimerisasi *grafting* ini telah banyak dikembangkan dalam industri polimer untuk memodifikasi sifat permukaan polimer. Teknik ini juga digunakan dalam pembuatan penukar ion dengan cara *menggrafting* gugus fungsi tertentu seperti, karboksilat (COOH), amino (NH<sub>2</sub>), sulfonat (SO<sub>3</sub><sup>-</sup>) dan lainnya yang dapat bersifat sebagai penukar ion. Teknik ini telah mernungkan *menggrafting* berbagai gugus fungsi pada berbagai polimer baik dalam bentuk butiran, film atau serat.

Secara umum kopolimerisasi *grafting* dapat dilakukan dengan cara katalisis kimia, termal, fotokimia dan radiasi energi tinggi. Kopolimerisasi *grafting* dengan teknik radiasi energi tinggi telah banyak diteliti dan diaplikasikan karena memiliki keunggulan antara lain daya terbus dan laju inisiasi tinggi, pembentukan pusat aktif yang homogen, temperatur reaksi rendah, tidak dibatasi fase dan produk bebas dari inisiator<sup>6,7</sup>.

Beberapa penelitian untuk menghasilkan membran atau serat penukar ion telah dilakukan dengan menggunakan rantai uama polipropilen (pp)<sup>8</sup>, Polietilen (PE)<sup>9,10</sup> dan selulosa berupa katun dan rayon<sup>11,12,13</sup>. Rayon memiliki keunggulan dibandingkan dengan 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.<sup>14</sup> Beberapa peneliti telah melakukan *grafting* asam akrilat dan akrilamid untuk dipergunakan sebagai penukar ion.<sup>8,9,10,11,15</sup>

Pada penelitian ini dilakukan karakterisasi sifat-sifat dari adsorben penukar ion dari serat rayon yang memiliki gugus karboksilat (COOH) dan Amino (NH<sub>2</sub>) meliputi evaluasi gugus fungsinya, sifat termal, morfologi permukaan, kristalinitas, kapasitas dan selektivitas pertukaran kationnya.

## PERCOBAAN

### Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. serat rayon (Viscose Rayon Staple Fibre) produksi PT Indo-Bharu Rayon yang telah ter *grafting* dengan asam Akrilat (H<sub>2</sub>C=CHCOOH) dan Akrilamida (H<sub>2</sub>C=CHCONH<sub>2</sub>) dengan beberapa variasi % *Al grafting*.
2. Lantan kation standar Cu<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup> dan Cd<sup>2+</sup> untuk pengujian pertukaran ion.

## PERALATAN

### Peralatan Pengujian

1. AAS, OGAWA SEIKI Co. LTD AA-782
2. Spektrophotometer FTIR 820 I PC Shirnadzu
3. Differential Scanning Colorimeter (DSC) DUPONT INSTRUMENT 9900
4. OT A/TeiA, Setaram
5. Scanning Elektron Mikroskop (SEM, JEOL JSI-T/00-JFC-1100)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Dengan SEM

Pengamatan dengan mikroskop elektron dilakukan untuk mengetahui bentuk morfologi serat sebelum dan setelah dilakukan grafting. Hasil foto SEM menunjukkan bahwa makin tinggi persen grafting diameter serat semakin besar, seperti terlihat pada label I.

Tabel I. Diameter serat rayon asli dan tergrafting asam akrilat, akrilamida dan campurannya

No	Sampel	Diameter (µm)
1.	Serat rayon asli	12,3
2.	Rayon-g-Am 10%	15,7
3.	Rayon-g-Am 30%	25,4
4.	Rayon-g-AA 30%	30,0
5.	Rayon-g-AmAA 31%	26,5

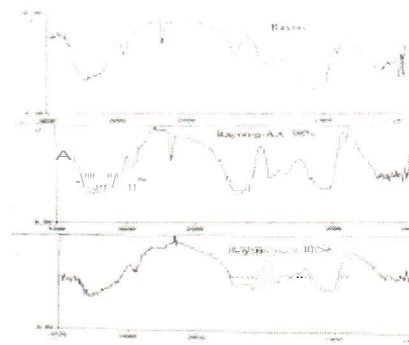
Pada serat rayon asli tampak penukaan rata dan satu serat ternyata tidak merupakan serat tunggal tetapi tersusun dari beberapa serat yang lebih kecil. Hasil foto serat yang dicangkok dengan asam akrilat (Rayon-g-AA) nampak bagian luar yang rata, berbeda dengan serat rayon yang tergrafting akrilamid (Rayon-g-Am) terlihat bagian luar serat yang tidak rata dan terlihat alur-alur

yang menyelimuti serat. Dari fakta ini dan didukung hasil karakterisasi dengan XRD menunjukkan grafting asam akrilat terjadi didaJam serat dan merusak fase kristalin sehingga bagian penukaan tetap rata. Sedangkan pada grafting akrilamid selain bagaian dalam serat juga melapis pada bagian penukaan serat. Pada serat rayon yang digrafiing campuran akrilat dan akrilamida (Rayon-g-AmAA) nampak bagian luar yang rata akan tetapi terdapat alur-alur lapisan tipis pada permukaan serat. Dari pengamatan diatas menunjukkan bahwa grafting bukan hanya berada pada bagian luar serat akan tetapi juga masuk pada bagian dalam serat karena persen grafting sudah sangat tinggi.

Karakterisasi Spektrum Infra Merah

Karakterisasi serapan gelombang inframerah dengan spektrofotometer FT-IR dilakukan terhadap sampel serat rayon asli; serat rayon tergrafting asam akrilat 9S% dan 530%; serat rayon tergrafting akrilamid 10 J% dan 20S%; serat rayon ietgrafting campuran akrilamid-akrilat 314%. Interpretasi terhadap spektra serapan inframerah diharapkan dapat digunakan untuk memastikan terjadinya kopolimerisasi grafting.

Pada gambar I.a. terlihat spektrum serapan IR serat rayon asli. Pada gambar



Gambar I. a) Serat Rayon Asli, b) Rayon-g-AA 9S%, c) Rayon-g-Am 10%

Gambar I. Spektrum infra merah dari: a) Serat Rayon Asli b) Rayon-g-AA 9S% c) Rayon-g-Am 10% d) Rayon-g-AmAA 300%

tersebut terdapat pita serapan yang melebar disekitar bilangan gelombang 3400 - 3300  $\text{cm}^{-1}$  yang merupakan serapan vibrasi rentangan gugus O-H. Serapan pada daerah sekitar 1160 - 1070  $\text{cm}^{-1}$  merupakan rentangan ikatan C-O alkohol primer dan sekunder. Selain itu pada bilangan gelombang 1644  $\text{cm}^{-1}$  muncul puncak kecil berasal dari vibrasi rentang gugus karbonil C=O yang menandakan adanya gugus aldehid pada molekul selulosa

Spektrum serapan infra merah untuk rayon *tergrafting* asarn akrilat (Rayon-g-AA) 98% terlihat pada gambar 1.b. menunjukkan pola spektrum yang hampir sama dengan spektrum rayon asli. Pada spektrum Rayon-g-AA terdapat puncak serapan untuk daerah 3500 - 3200  $\text{cm}^{-1}$  yang merupakan serapan OH, puncak serapan disekitar 1020  $\text{cm}^{-1}$  yang merupakan serapan C-O alkohol primer. Pada bilangan gelombang disekitar 1686  $\text{cm}^{-1}$  muncul puncak dengan intensitas yang lebih besar dibandingkan spektrum serat rayon asli yang menunjukkan pita serapan vibrasi rentang gugus karbonil (C=O) asam karboksilat.

Spektrum serapan inframerah untuk serat rayon yang *tergrafting* akrilamid (Rayon-g-Am) 101% terlihat pada gambar 1.c. Pada gambar tersebut terdapat puncak yang tidak terlalu tajam didaerah 3500-3400

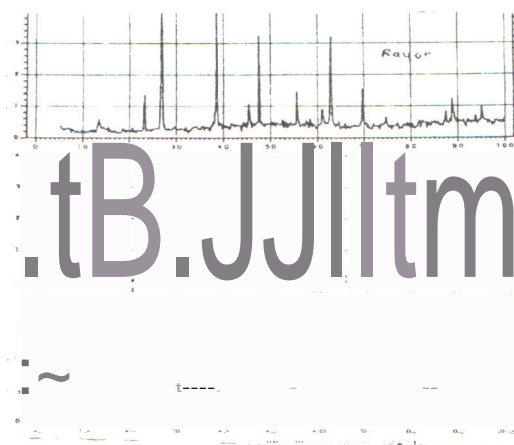
$\text{cm}^{-1}$  yang merupakan serapan rentangan N-H dari akrilamid yang tumpang tindih dengan gugus OH dari rayon. Puncak serapan disekitar 1725  $\text{cm}^{-1}$  dan 1580  $\text{cm}^{-1}$  merupakan pita serapan gugus C=O dari amida dan vibrasi tekuk amina. Pada persen *grafting* yang lebih tinggi yaitu 208% terdapat pelebaran pita serapan dari gugus C=O pada bilangan gelombang sekitar 1740  $\text{cm}^{-1}$  yang mungkin diakibatkan oleh perbedaan vibrasi gugus karbonil pada posisi yang berbeda.

Dari karakterisasi dengan FTIR ini dapat disimpulkan bahwa kedua monomer telah *tergrafting* pada serat rayon dan diperkuat dengan data karakterisasi dengan DSC.

#### Karakterisasi dengan Difraksi Sinar-X

Karakterisasi dengan difraksi sinar-X terhadap serat rayon asli dan *tergrafting* akrilamid 118% dan 306% terlihat pada Gambar 2. Pada serat rayon asli muncul puncak pada sudut  $2\theta$ : 23°, 27°, 38,5°, 45,5°, 47,7°, 56°, 61,5°, 63,5° dan 69,5° dengan intensitas yang cukup tinggi yang menunjukkan tingkat kristalinitas yang tinggi (sekitar 60%).

Pada serat rayon yang *tergrafting* akrilamida 118%, seperti terlihat pada Gambar 2.b., nampak terjadi penurunan



Gambar 2, Difraktogram a) Serat Rayon Asli b) Rayon-g-Am 118% c) Rayon-g-Am 306%

intensitas pada keseluruhan puncak. Hal ini menunjukkan grafting akrilamid juga terjadi pada bagian dalam serat atau bagian kristalin, sehingga terjadi penurunan derajat kristalinitas. Pada Gambar 2.c. terlihat difraktogram serat rayon yang tergrafting akrilamid sekitar 306%, nampak puncak-puncak yang tinggi yang hampir sama dengan serat rayon asli bahkan ada yang lebih tinggi. Puncak-puncak yang tinggi ini diduga berasal dari rasa kristalin rantai poliakrilamida yang tergrafting yang memiliki sitem kristal yang sama yaitu monoklinik dan triklinik. Sebagai akibatnya pada persen grafting tinggi kerusakan fasa kristalin pada serat tidak teramati.

Pada serat rayon yang tergrafting asam akrilat 115%, ak terjadi penurunan intensitas dan hilangnya beberapa puncak. Hal ini menunjukkan adanya gejala yang sama dengan grafting akrilamid. Grafting asam akrilat juga merusakkan bagian kristalin pada serat. Kerusakan ini didukung oleh meningkatnya rasa amorf.

Karakterisasi sifat termal dengan TGA, DTA dan DSC

Karakterisasi dengan TGA, DTA dan DSC dimaksudkan untuk mengetahui

kestabilan termal dari serat rayon asli dan yang tergrafting asam akrilat dan akrilamida. Pembahasan difokuskan pada degradasi termal yang didasarkan pada hilangnya berat dari sampel yang diamati dari kurva TGA dan aliran panas pada kurva DSe. Kurva DT A tidak memberikan informasi berarti karena tidak ada perubahan entalpi yang mengindikasikan perubahan fase sebelum degradasi serat rayon. Dari keseluruhan termogram TGA, proses hilangnya berat dapat dikelompokkan menjadi 4 tahap seperti terlihat pada Tabel 2.

Pada tahap pertama untuk serat rayon asli terlihat terjadi kehilangan berat sekitar 3% pada temperatur di bawah 120°C. Pada Rayon-g-AA kehilangan 8% dan 6% pada Rayon-g-Am terjadi pada temperatur di bawah 180°C. Pada rentang temperatur sampai dengan 180°C, termogram DSC seperti terlihat pada Gambar 3,4 dan 5 berasal dari serat rayon asli, Rayon-g-AA 98%, Rayon-g-Am 51% dan Rayon-g-Am 306%, terdapat puncak endotennik yang menandai adanya penguapan air yang diserap oleh serat sehingga serat mengalami kehilangan berat. Pada serat yang digrafting air yang diserap lebih banyak karena meningkatnya sifat hidrofilitas.

Tabel 2. Tahap kehilangan berat sampel rayon asli dan tergrafting dari termogram TGA

Fahapan	Rayon asli	Rayon-g-AA	Rayon-g-Am
Tahap 1: Pelepasan air	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suhu dibawah 120°C</li> <li>Berat berkurang ± 3%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suhu dibawah 180°C</li> <li>Berat berkurang ± 8%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suhu dibawah 180°C</li> <li>Berat berkurang ± 6%</li> </ul>
Tahap 2: <ul style="list-style-type: none"> <li>PiroJisis bagian amorf</li> <li>Pelepasan gugus fungsi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suhu di bawah 300°C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suhu di bawah 300°C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suhu di bawah 300°C</li> </ul>
Tahap 3: <ul style="list-style-type: none"> <li>Kehilangan berat terbesar</li> <li>Dekomposisi termal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sampai suhu 350°C</li> <li>Berat berkurang ± 57%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sampai suhu 350°C</li> <li>Berat berkurang ± 45%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suhu di bawah 400°C</li> <li>Berat berkurang ±26%</li> </ul>
Tahap 4: <ul style="list-style-type: none"> <li>Dekomposisi lanjut</li> <li>Pengurangan yang lama</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sampai suhu 500°C</li> <li>Berat berkurang ± 50%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sampai suhu 500°C</li> <li>Berat berkurang ± 48%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sampai suhu 500°C</li> <li>Berat berkurang ±48%</li> </ul>

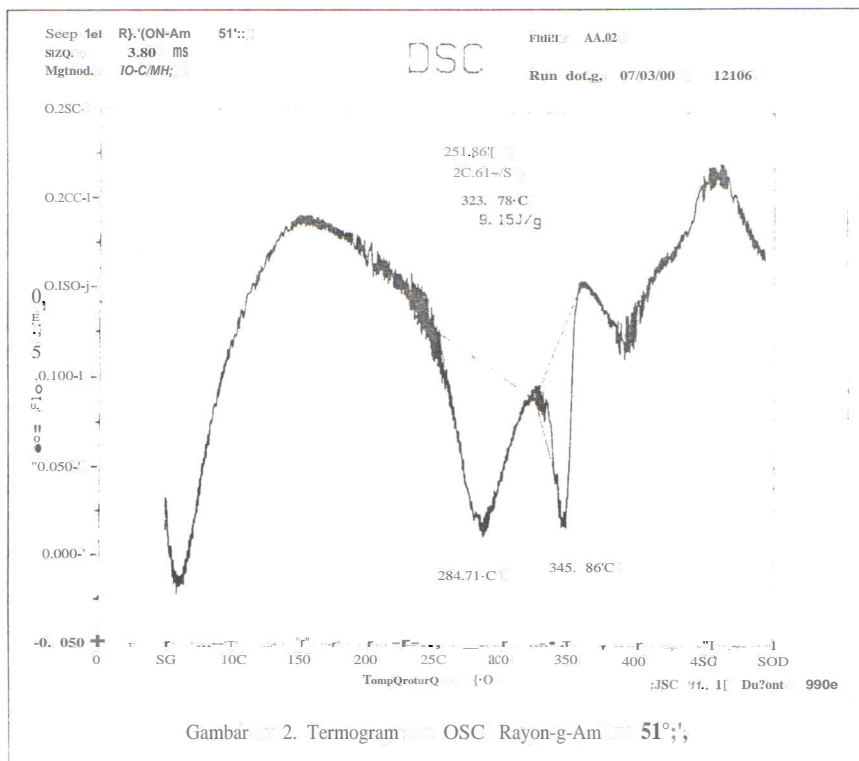
Tahap kedua berlangsung sampai suhu di bawah 300°C. Penurunan berat terjadi secara perlahan yang merupakan langkah awal degradasi termal. Penurunan berat pada tahap ini, diakibatkan oleh pirolisis bagian amorf dan pelepasan gugus fungsi<sup>4</sup>. Dari termogram DSC serat rayon asli (Gambar 5), nampak tidak ada puncak akibat perubahan entalpi. Sebaliknya pada termogram rayon *tergrafting* akrilat muncul puncak baru pada temperatur di sekitar 282°C dan pada 284°C untuk akrilamid, seperti terlihat pada Gambar 3, 4, dan 5.

Puncak endotermis ini diakibatkan oleh reaksi dehidrasi karboksilat dan deaminasi dari gugus gugus amina yang berdampingan. Munculnya puncak ini juga menandai berlangsungnya proses *grafting* akrilat dan akrilamid pada serat rayon, sebab puncak ini tidak muncul pada termogram serat rayon asli.

Pada tahap ketiga, pada suhu di atas 300°C terjadi perubahan berat sampel secara mencolok, akibat terjadinya pengurangan panjang rantai yang disebabkan oleh

pemutusan ikatan, dehidrasi, pembentukan karboksil dan karbonil, emisi CO dan CO<sub>2</sub> serta pembentukan karbon. Pada saat yang sama terjadi dekomposisi molekul selulosa dan unit anhidroglukosa. Pada serat rayon asli tahap ini terjadi pada temperatur sekitar 260-350°C, disertai kehilangan berat hampir 57% sedangkan untuk serat rayon *tergrafting* akrilat sampai suhu 350°C beratnya berkurang 45% dan *tergrafting* akrilamid sampai suhu 400°C beratnya berkurang 25% dari berat awalnya. Untuk rentang temperatur di atas pada termogram DSC terlihat puncak endotermis di sekitar suhu 344°C, baik pada termogram serat rayon asli maupun *tergrafting*. Pada persentase *grafting* tinggi, puncak semakin kecil karena proporsi serat rayon semakin kecil seperti terlihat pada Gambar 8. Puncak endotermis ini menandai terjadinya dekomposisi termal dari serat selulosa, dengan menbenruk dan melepaskan produk pirolisis<sup>3</sup>.

Pada tahap keempat, terjadi oksidasi serat rayon membentuk arang. Pada percobaan ini temperatur dilakukan hanya



Gambar 2. Termogram DSC Rayon-g-Am 51%;

Tabel 3. Hubungan persen grafting terhadap kapasitas pertukaran ion  $Cu^{2+}$  yang diukur pada pH 5 untuk serat Rayon-g-Am

No.	Persen Grafting	Kapasitas Penukaran $Cu^{2+}$ (mek/g serat)	Regenerasi (%)
1.	101	2,12	98,3
2.	208	1,72	104
3.	307	1,29	93,9
4.	414	0,91	tidak dilakukan
5.	438	0,5	tidak dilakukan

sampai 500°C. Untuk serat rayon asli pada akhir proses mengalami pengurangan berat sebesar 80% dan terdapat sisa pembakaran 20% berat. Pada rayon-g-AA terdapat sisa pembakaran sebesar 53% dan Rayon-g-Am terdapat sisa pembakaran sebesar 48%.

Dari keseluruhan tahap ini terlihat, bahwa rayon yang tergrafting asam akrilat dan akrilamid memiliki sisa pembakaran masih tinggi. Ini menunjukkan bahwa serat rayon *ietgrafting* memiliki kestabilan termal yang lebih baik. Kesimpulan ini didukung oleh hasil termogram DSC (Gambar 6, 7, 8), dimana muncul puncak baru yang tidak terlihat pada serat rayon asli. Puncak endotermis dari termogram serat *tergrafting* akrilat dan akrilamid yang muncul pada temperatur 370°C, menandakan adanya degradasi poliakrilat dan poliakrilamid. Dengan demikian, serat rayon *tergrafting* akrilat dan akrilamid memiliki kestabilan termal yang lebih baik.

#### Pengujian Kapasitas Penukaran Ion

Pengujian Kapasitas penukaran Ion dilakukan pada serat rayon *ietgrafting* asam akrilat, akrilamid dan campurannya. Hasil pengujian kapasitas penukaran ion untuk rayon-g-AA dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Dari Tabel 3 terlihat bahwa kapasitas pertukaran ion  $Cu^{2+}$  untuk serat rayon-g-AA meningkat dengan meningkatnya kadar pencangkakan. Pada persen grafting yang rendah (Rayon-g-AA 98%) kapasitas pertukaran ionnya sebesar 3,56 mek/g serat, sedang pada persen grafting tinggi (Rayon-g-AA 530%) sebesar 4,93 mek/g serat. Peningkatan persen grafting akrilat dari 305%, menjadi 530% hanya sedikit menaikkan kapasitas pertukaran ion sebesar 0,68 mek/g serat (naik dari 4,25 menjadi 4,93 mek/gr). Kenaikan ini tidak signifikan, maka dengan persen grafting sekitar 300%

Tabel 4. Hubungan persen grafting terhadap kapasitas pertukaran ion  $Cu^{2+}$  yang diukur pada pH 5, serat Rayon-g-AA

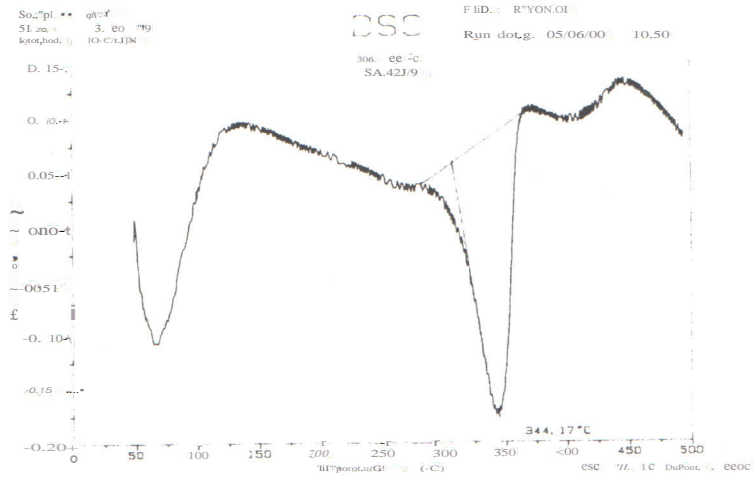
No.	Persen Grafting	Kapasitas Penukaran $Cu^{2+}$ (mek/g serat)	Regenerasi (%)
1.	98,6	3,56	103,9
2.	197,2	3,76	99,6
3.	305,8	4,25	101,1
4.	410	4,57	104,3
5.	530	4,93	100,5

sudah didapatkan kapasitas pertukaran ion yang cukup tinggi atau optimum. Selain itu pada persen *grafting* yang lebih rendah dari 530% serat tidak kaku dan rapuh.

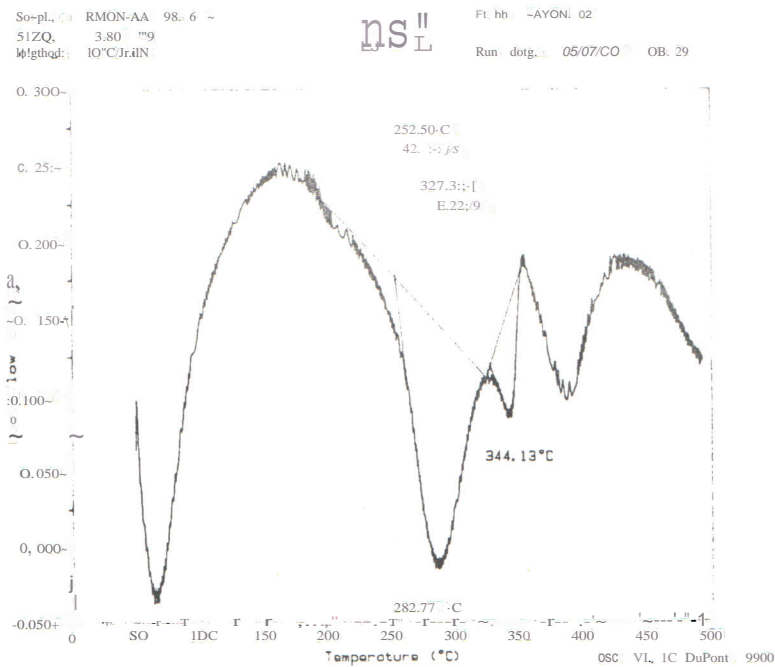
Dari data persen regenerasi dengan rerata sebesar 100% menandakan serat dapat dipergunakan kembali secara berulang. Pada

hasil persen (%) regenerasi, terdapat harga yang lebih besar dari 100 % menandakan adanya kesalahan pada pengukuran.

Hasil pengujian kapasitas pertukaran ion untuk serat rayon-g-Am dapat dilihat pada Tabel 4. Dari Tabel tersebut, serat rayon-g-Am dengan persen *grafting* 101 %



Gambar 3. Termogram DSC serat rayon



Gambar 4 Termogram DSC Rayon-g-AA 98%



mempunyai kapasitas pertukaran tertinggi sebesar 2,12 meq/g serat. Semakin besar persen grafting, kapasitas pertukaran ion cenderung turun. Hal ini terjadi karena pada persen grafting yang lebih tinggi serat kelihatan lebih rapat dan menggumpal sehingga  $\text{Cu}^{2+}$  susah berdifusi. Selain itu pada persen grafting yang tinggi derajat pengikatan silang menjadi lebih tinggi sehingga kernermpuan pengembangan serat berkurang, maka kapasitas pertukaran ion menjadi menurun.

Dari rerata persen regenerasi yang mencapai 98,7 % menunjukkan bahwa serat dapat digunakan secara berulang. Pada data persen regenerasi ada nilai yang lebih besar dari 100 % menunjukkan ada kesalahan pengukuran, namun demikian masih bisa diterima.

Pengujian pertukaran kapasitas pertukaran serat rayon yang digrafting campuran (Rayon-g-AmAA) hanya dilakukan untuk persen grafting 314%. Kapasitas pertukaran Rayon-g-AmAA (314%) terhadap ion  $\text{Cu}^{2+}$  pada pH 5 adalah sebesar 3,67 meq/g serat. Dari besarnya harga kapasitas pertukaran yang lebih besar dari serat Rayon-g-Am menunjukkan adanya kontribusi dan gugus karboksilat yang tergrafting.

#### Pengujian Selektivitas Penukaran Ion

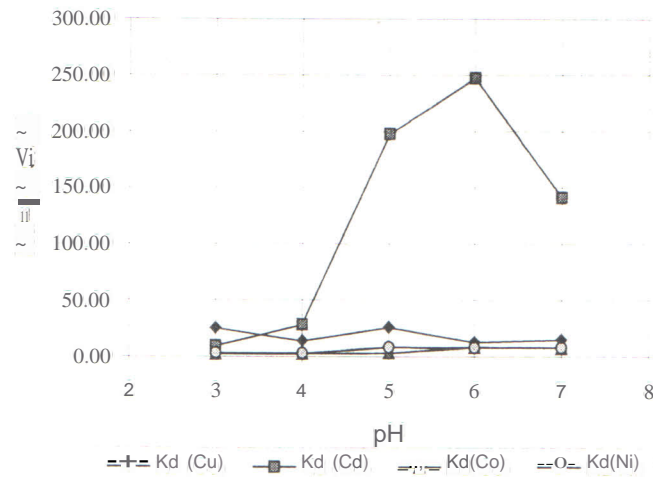
Selektivitas pertukaran ion dilakukan pada serat rayon tergrafting asam akrilat, akrilamid dan campuran. Hasil pengujian selektivitas serat rayon tergrafting akrilat dapat dilihat pada Gambar 4.22 dan data ditampilkan pada Lampiran 18. Pada gambar 4.22 terlihat bahwa serat rayon-g-AA memiliki selektivitas yang baik untuk ion  $\text{Cd}^{2+}$  ditunjukkan dengan harga konstanta distribusi (Kd) yang besar. Konstanta distribusi diperoleh dari perbandingan konsentrasi ion dalam serat dan larutan. Kd pada pH rendah lebih kecil daripada pH tinggi. Pada pH rendah, ion  $\text{Cu}^{2+}$  diserap lebih kuat dibandingkan ketiga ion lainnya.

Namun pada pH tinggi  $\text{Cd}^{2+}$  diserap lebih kuat dibandingkan ketiga ion lainnya. Keselektivitas serat

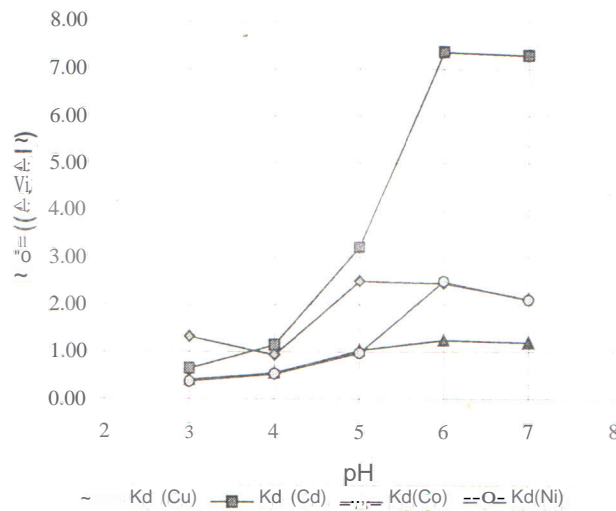
Rayon-g-AA pada pH 5 diurutkan berdasarkan harga Kd adalah  $\text{Cd}^{2+}$  (197) >  $\text{Cu}^{2+}$  (25) >  $\text{Ni}^{2+}$  (8,38) >  $\text{Co}^{2+}$  (3,19). Harga Kd antara  $\text{Co}^{2+}$  dan  $\text{Ni}^{2+}$  masih cukup dekat. Walaupun demikian  $\text{Ni}^{2+}$  masih mungkin dipisahkan dari  $\text{Co}^{2+}$  karena nilai faktor pemisahan ( $\alpha$ ) > 2.

Pada Gambar 4.23 terlihat pengaruh pH terhadap Kd dari keempat ion logam pada serat Rayon-g-Am dan data terdapat pada Lampiran 19. Pada pH rendah harga Kd berdekatan sehingga keempat ion akan susah dipisahkan. Pada rentang pH 5 - 7 harga Kd mulai sedikit berjauhan. Pada pH 5 urutan harga Kd yaitu  $\text{Cd}^{2+}$  (3,21) >  $\text{Cu}^{2+}$  (2,51) >  $\text{Co}^{2+}$  (1,04) ~  $\text{Ni}^{2+}$  (0,9R). Pada pH ini  $\text{Cd}^{2+}$  dan  $\text{Cu}^{2+}$  sukar dipisahkan, begitu juga antara  $\text{Co}^{2+}$  dan  $\text{Ni}^{2+}$ . Pada pH 6 dan pH 7 urutan harga kd adalah  $\text{Cd}^{2+}$  >  $\text{Cu}^{2+}$  >  $\text{Ni}^{2+}$  >  $\text{Co}^{2+}$ . Pada pH ini  $\text{Cu}^{2+}$  dan  $\text{Ni}^{2+}$  susah dipisahkan. Secara umum Selektivitasnya Rayon-g-Am lebih rendah dibandingkan Rayon-g-AA.

Pada ketiga serat rayon tergrafting akrilat, akrilamid dan campurannya nampak selektif terhadap  $\text{Cd}^{2+}$  karena memiliki harga kd tertinggi dan  $\text{Co}^{2+}$  cenderung yang terendah. Urutan selektivitas ketiga rayon tergrafting adalah Rayon-g-AA > Rayon-g-AmAA > Rayon-g-Am. Pada serat Rayon-g-AA harga Kd untuk ion  $\text{Cd}^{2+}$  berbeda sangat besar dengan ketiga ion lainnya (10 kali lebih besar), hal ini akan menyulitkan apabila digunakan dalam pemisahan karena membutuhkan waktu yang lama. Pada Rayon-g-AmAA harga Kd tidak terlalu beda mencolok akan tetapi faktor pemisahan  $\alpha$  sudah memenuhi persyaratan untuk keperluan pemisahan ( $\alpha > 2$ ). Berdasarkan uraian di atas maka serat Rayon-g-AmAA lebih baik apabila dipergunakan untuk keperluan pemisahan dibandingkan dengan Rayon-g-AA.



Gambar 5. Pengaruh pH pada koefisien distribusi dari serat Rayon-g-AA



Gambar 6. Pengaruh pH pada koefisien distribusi dari serat Rayon-g-Am

**KESIMPULAN**

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

1. Karakterisasi dengan spektrum infra merah dan DSC menunjukkan bahwa gugus karboksilat dan amid telah teramfiring pada serat rayon.
2. Kesiabilan serat rayon teramfiling

akrilat, akrilamid lebih baik dibandingkan serat rayon asli

3. Kapasitas pertukaran maksimum Rayon-g-AA terhadap ion  $Cu^{2+}$  pada pH 5 sebesar 4,93 meq/gr serat, Rayon-g-Am sebesar 2,12 meq/gr serat dan Rayon-g-AmAA sebesar 3,67 meq/gr serat.
4. Selektivitas Rayon-g-AA > Rayon-g-AmAA > Rayon-g-Am.

**DAFTAR 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.Chern.I Engin.Jap., 20, (5), 1987
3. Marinsky, J.A., *Ion Exchange*, 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-Arnaoury 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 Polyethylene Film in Presence of Polyfunctional Monomer*, J. App. Polym. Scie., 63, 1635-1641,1997
10. Nho Y.c., Jin J., *Graft Polymerization of Acrylic Acid and Methacrylic Acid on/0 Radiation-Peroxidized Polyethylene Film in Presence of Metallic Salt and Sulfuric Acid*, J. App. Polym. Scie., 63,1101- 1106, 1997
11. Hebeish.A.A., Waly, F.A., El-Mohd), Aly S.A. *Synthesis and Characterization of Cellulose Ion Exchangers. I. Polymerization of Glycidyl Methacrylate, Dimethylaminoethyl Methacrylate, and Acrylic Acid with Cotton Cellulose Using Thiocarbonat-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 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, L., *Thermal Stability of Crystalline Fibers*, J. Apr. Polym. SCIC, 2X, 3123-3135, 1983
15. Mehta, I.K., Kumar, S., Chauhan, G.S., Misra, B.N., *Crafting of Isotactic Polypropylene. III. Gamma Rays Induced Graft Copolymerization of Water Soluble Vinyl Monomers*, J. App. Polym. Scie., 41, 1171-180, 1990.
16. Arthur, Jr. J.e., *Reaction induced by High-energy gamma irradiation on cotton-cellulose*, Rad. Phys. and Chem., 55., 663-666, 1999
17. Takacs, E., Wojnarovits, L., Borsa,J., Foldvary, C., Hargittai,P.,Zold, O., *Effect of gamma irradiation on cotton-cellulose*, Rad. Phys. and Chem., 55., 663-666, 1999
18. Bhasar, AS, Khan, M.A. and Idris A.K.M., *Modification of Cotton, Rayon and Silk fibers by radiation induced graft co-polymerization*, Rad., Phys.Chem., 45., 753-759, 1995