

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI POLIMER SUPERABSORBEN BERBASIS
SELULOSA DARI TANAMAN PURUN TIKUS (*Eleocharis dulcis*)
TERCANGKOK AKRIL AMIDA(AAM)**

Aulia Azizah, Azidi Irwan dan Sunardi*

Program Studi S-1 Kimia Fakultas MIPA Unlam, Jl. A. Yani Km 36 Kampus
Unlam Banjarbaru Kalsel

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang sintesis dan karakterisasi polimer superabsorben berbasis selulosa dari tanaman purun tikus (*Eleocharis dulcis*) tercangkok akril amida (AAM). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan selulosa dari tanaman purun tikus (*Eleocharis dulcis*) terhadap karakteristik polimer superabsorben yang dihasilkan serta kemampuan dalam menyerap air dan sifat mengembang (*swelling ratio*) dalam larutan urea 5% dan NaCl 0,15 M. Pembuatan polimer superabsorben dilakukan dengan memvariasi berat selulosa terhadap berat akrilamida (AAM). Berat selulosa yang digunakan adalah 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40% (b/b). Hasil penelitian menunjukkan polimer superabsorben yang dihasilkan dengan penambahan selulosa memiliki karakteristik yang lebih baik dibandingkan poliakrilamida yang disintesis. Polimer superabsorben dengan rasio 15% berat selulosa terhadap berat akrilamida mempunyai nilai kapasitas absorpsi, rasio *swelling* pada larutan urea 5% dan NaCl 0,15 M yang paling besar berturut-turut yakni 18,49 g/g air, 22,77 dan 18,41.

Kata kunci : selulosa, akrilamida, polimer superabsorben

ABSTRACT

This study aims to determine the effect of concentration of cellulose derived from purun tikus plant towards the characteristic of superabsorbent polymer and its ability of water absorption and swelling ratio in 5% urea solution and NaCl 0,15 M. Preparation of superabsorbent polymer was carried out by varying ratio of weight from cellulose to acrylamide. The variation of weight ratio cellulose were 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40% (w/w). The result showed that superabsorbent polymer with a cellulose content has better characteristics compared to synthetic polyacrylamide. Superabsorbent polymer with a 15% content of cellulose has water absorbency of 18.49 g/g, and the maximum swelling ratio in urea and NaCl solution were 22.77 and 18.41.

Keyword: cellulose, acrylamide, superabsorbent polymer

*Correspond: sunardialbanyumasi@gmail.com

PENDAHULUAN

Polimer superabsorben (*Superabsorbent Polymer/SAP*) adalah suatu istilah yang mencakup sejumlah jenis polimer berikatan silang membentuk jaringan 3 dimensi yang mempunyai kemampuan mengabsorpsi air 15 bahkan ratusan kali dari berat keringnya dan mampu mempertahankannya di bawah tekanan yang kuat (Ma *et al.*, 2010). Superabsorben memiliki potensi yang cukup besar untuk dapat diaplikasikan di berbagai bidang seperti pertanian (Andry *et al.*, 2009), produk-produk kesehatan (Kosemund *et al.*, 2008) dan sebagainya. Umumnya superabsorben dibuat dari polimer berbasis poliakrilamida (PAAM) yang mempunyai kelemahan dalam menyerap air dan mengembang (*swelling*) terbatas (El-Rehim, 2005), kemampuan menahan air sangat lemah, tidak ramah lingkungan (Deligkaris *et al.*, 2010), dan harganya mahal. Solusi terbaik adalah proses pencangkakan polimer alam kepada poliakrilamida ini. Baru-baru ini telah banyak dilakukan penelitian dengan memanfaatkan selulosa (Liu *et al.*, 2008; Liang *et al.*, 2008; Ma *et al.*, 2010) karena bahan ini merupakan polimer alam yang dapat diperbarui, mudah didapat, harganya murah, dan ramah lingkungan. Di Indonesia, khususnya di Kalimantan Selatan tanaman purun tikus (*Eleocharis*

dulcis) merupakan sumber bahan alami yang mudah didapatkan yang memiliki potensi sebagai sumber selulosa yang masih sedikit dimanfaatkan. Penggunaan tanaman ini dapat mengurangi biaya produksi dan meningkatkan sifat polimer superabsorben untuk terdegradasi.

Penelitian ini pada hakikatnya dilakukan untuk mensintesis polimer superabsorben dari akrilamida (AAM) dengan memanfaatkan potensi selulosa dari tanaman purun tikus yang banyak terdapat di Kalimantan Selatan. Pengaruh penambahan selulosa dipelajari untuk mengetahui karakteristik polimer superabsorben yang dihasilkan dan mendapatkan suatu superabsorben baru dengan kemampuan daya serap (absorpsi) terhadap air yang relatif besar dan sifat fisik yang lebih baik.

METODOLOGI

Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat alat gelas merk *Pyrec* dan *Scott Duran*, neraca *Ohaus* model E12140, pengayak ukuran 170 mesh, mortar porselin, oven merk *Thermologic* dan *Memmert*, desikator, kertas saring, kawat kassa ukuran 40 mesh, *hot plate*, *Fourier Transform Infra Red* (FT/IR-4200typeA), difraktometer sinar X (*Philips Analytical PW1710*), pengaduk listrik dan stirer, serta

corong. Rangkaian peralatan sintesis yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari reaktor gelas leher tiga yang dilengkapi dengan kondensor, termometer, dan *water bath*.

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah batang tanaman purun tikus (*Eleocharis dulcis*) yang diperoleh di sepanjang jalan raya Handil Bakti Kec. Handil Bakti Kab. Barito Kuala, akuades, akrilamida (E.Merck *p.a*), ammonium persulfat (APS) dan N,N'-metilenbisakrilamida (MBA).(E.Merck *p.a*), NaOH, etanol 95%, urea, dan NaCl (E.Merck).

Prosedur

a. Preparasi selulosa

Sampel batang purun tikus yang lolos saringan 170 mesh direndam dalam 20 % larutan NaOH pada temperatur 80°C sambil diaduk selama 5 jam dan kemudian suspensi disaring dan dicuci berturut-turut menggunakan larutan etanol 95% dan akuades sampai pH filtrat mencapai 7. Selulosa hasil preparasi dikeringkan pada temperatur 80°C dan siap digunakan untuk proses selanjutnya. Untuk mengetahui karakteristik selulosa yang dihasilkan sampel dianalisis menggunakan FTIR.

b. Sintesis polimer superabsorben selulosa purun tikus-tercangkok poli(akrilamida)

Sejumlah tertentu selulosa hasil preparasi dengan variasi

perbandingan berat sebesar 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 dan 40% dari berat akril amida yang dipergunakan dimasukkan pada labu leher tiga ukuran 250 mL dan ditambahkan akuades. Suspensi kemudian diaduk dengan *magnetic stirrer* dan dipanaskan pada temperatur 95 °C selama 30 menit dengan dialiri gas nitrogen. Sebanyak 80 mg ammonium persulfat sebagai inisiator ditambahkan pada saat temperatur suspensi telah turun pada temperatur 60-65 °C. Setelah diaduk selama 15 menit, sebanyak 8 gram akrilamida dan 8 mg N,N'-metilenbisakrilamida sebagai pengikat silang ditambahkan ke dalam suspensi. Reaksi polimerisasi dilakukan pada temperatur 70° C dengan waktu reaksi sampai dengan 180 menit. Produk hasil polimerisasi kemudian dicuci beberapa kali menggunakan akuades dan etanol dan kemudian dikeringkan pada temperatur 70°C sampai dengan beratnya konstan. Produk polimer yang dihasilkan kemudian digerus. Untuk mengetahui karakteristik sampel yang dihasilkan dianalisis menggunakan FTIR dan difraktometer sinar-X.

c. Kapasitas absorpsi air

Sejumlah tertentu polimer superabsorben direndam ke dalam akuades pada temperatur kamar selama 24 jam. Superabsorben yang telah mengembang kemudian dipisahkan dari akuades. Kemampuan

polimer superabsorben mengadsorpsi air (QH_2O) ditentukan dengan menimbang berat sampel mengembang (setelah proses adsorpsi) dan dihitung dengan persamaan:

$$QH_2O = (m_2 - m_1) / m_1 \quad (1)$$

dimana m_1 dan m_2 adalah berat polimer superabsorben kering dan berat setelah adsorpsi. Nilai QH_2O dihitung sebagai berat (gram) air per berat sampel (gram).

d. Pengujian rasio *swelling* polimer superabsorben dalam larutan urea

Sejumlah tertentu polimer superabsorben ditimbang (W_0) kemudian direndam dalam larutan urea 5% selama 6 jam. Setelah 6 jam polimer superabsorben dikeluarkan dari media perendaman, dan didiamkan di udara terbuka selama 1 jam. Selanjutnya polimer superabsorben ditimbang (W_s). Rasio *swelling* polimer superabsorben hasil pengujian dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Rasio } swelling = W_s / W_0 \quad (2)$$

W_s = berat polimer superabsorben dalam keadaan *swelling* (g)

W_0 = berat polimer superabsorben dalam keadaan kering (g)

e. Pengujian rasio *swelling* polimer superabsorben dalam larutan NaCl

Sejumlah tertentu polimer superabsorben ditimbang (W_0)

kemudian direndam dalam larutan NaCl 0,15 M selama 6 jam. Setelah 6 jam polimer superabsorben dikeluarkan dari media perendaman, dan didiamkan di udara terbuka selama 1 jam. Selanjutnya polimer superabsorben ditimbang (W_s). Rasio *swelling* polimer superabsorben hasil pengujian dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Rasio } swelling = W_s / W_0 \quad (3)$$

W_s = berat polimer superabsorben dalam keadaan *swelling* (g)

W_0 = berat polimer superabsorben dalam keadaan kering (g)

f. Analisis Data

Analisis data dapat dilakukan dengan membaca spektra dari hasil karakterisasi FTIR batang purun tikus sebelum dan sesudah peraparan, monomer akrilamida dan polimer superabsorben yang dihasilkan untuk mengamati perubahan puncak serapan gugus fungsi yang muncul.

Pembacaan difraktogram XRD untuk monomer akrilamida, selulosa, dan polimer superabsorben yang teramati digunakan untuk menentukan kristanilitas atau keteraturan susunan molekul tersebut. Pengukuran kapasitas absorpsi air, nilai pengujian rasio *swelling* polimer superabsorben dalam larutan urea dan pengujian rasio *swelling* polimer superabsorben dalam larutan NaCl digunakan untuk menentukan karakteristik polimer superabsorben yang disintesis.

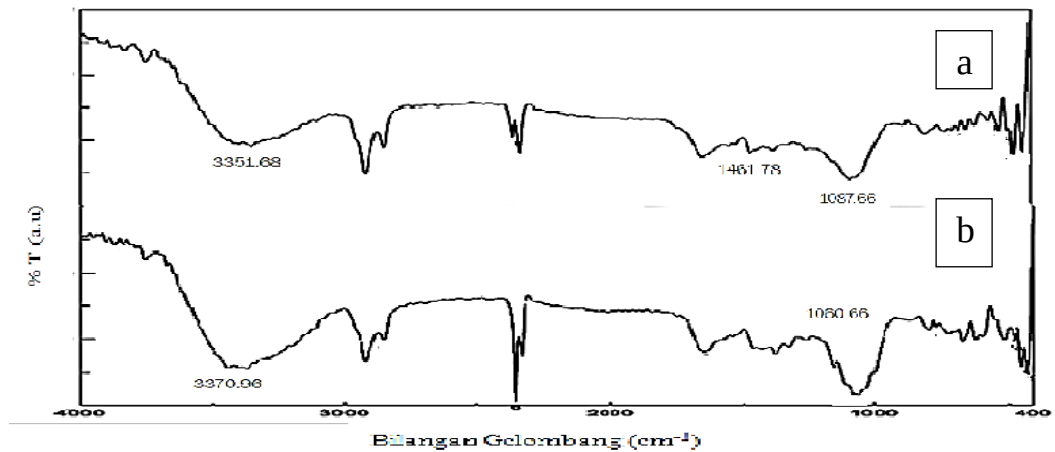
HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Preparasi batang tanaman purun tikus

Preparasi dilakukan dengan merendam batang yang telah kering dan hancur dalam larutan NaOH 20% yang dapat melarutkan lignin dan senyawa lain seperti hemiselulosa, pektin, lemak, lilin, dan protein (Fangel, 1995). Secara fisik selulosa hasil preparasi dibandingkan dengan batang purun tikus sebelum preparasi terlihat berbeda dari segi warna serta penampakan seratnya. Batang sebelum preparasi berwarna hijau, sedangkan selulosa yang dihasilkan berwarna coklat muda. Bentuk serat yang teramati pada batang sebelum preparasi adalah berupa serat kasar yang kaku, sedangkan bentuk serat selulosa hasil preparasi lebih lembut dan lentur. Secara umum, batang tanaman mengandung komponen kimia seperti selulosa, hemiselulosa, lignin, pektin, lilin, dan lemak, serta zat-zat lain (Octavia, 2011). Keberadaan senyawa-senyawa ini bersama-sama dengan selulosa dalam menyebabkan kekakuan pada serat yang dihasilkan. Dengan terlarutnya zat-zat seperti lignin, hemiselulosa, serta zat-zat ekstraktif, maka selulosa memiliki ruang gerak lebih besar, sehingga menyebabkan kelenturan serat.

Spektrum antara batang sebelum dan sesudah preparasi ditunjukkan pada

Gambar 1. Spektrum biomassa sebelum preparasi menampilkan puncak serapan sekitar bilangan gelombang $3351,68\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan gugus fungsi O—H. Puncak serapan pada bilangan gelombang $2919,7\text{-}2854,13\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi dari C—H yang dapat berasal dari gugus metil atau metilen. Pada $1646,91\text{ cm}^{-1}$ yang muncul adalah puncak serapan dari vibrasi gugus karbonil (C=O). Untuk puncak serapan yang muncul pada bilangan gelombang $1461,78\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi C=C pada cincin aromatik yang mendominasi struktur lignin. Dan puncak serapan pada bilangan gelombang $1087,66\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan gugus fungsi C—O dari ikatan β -1,4-glikosida pada selulosa. Spektrum dari selulosa hasil preparasi menunjukkan beberapa puncak-puncak serapan pada bilangan gelombang $3370,96\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan gugus fungsi O—H; $2919,7\text{-}2854,13\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi C—H; $1635,34\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi dari hidrogen yang berikatan pada oksigen (H—O—H), dan $1060,66\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan vibrasi dari gugus C—O dari ikatan β -1,4-glikosida pada selulosa. Berdasarkan data hasil sifat fisik dan spektrum FTIR yang teramati antara batang sebelum dan sesudah preparasi terlihat perbedaan yang menunjukkan selulosa dapat diperoleh dengan metode ini.



Gambar 1. Spektrum FTIR purun tikus (a) sebelum dan (b) sesudah preparasi

b. Sintesis Polimer Superabsorben Selulosa Purun Tikus-Tercangkok Poli(Akrilamida)

Polimer superabsorben yang dihasilkan memiliki karakteristik sifat fisik dan warna yang berbeda-beda seperti tertera pada Tabel 1.

Berdasarkan data hasil perbandingan yang dapat teramati dari polimer superabsorben yang disintesis dengan rasio berat selulosa 5-15% memiliki karakteristik sifat fisik yang sama dengan poliakrilamida (PAAM) yang disintesis. Namun terdapat perbedaan warna pada polimer yang dipengaruhi oleh penambahan selulosa pada larutan. Polimer superabsorben dengan rasio berat selulosa 20% berbentuk gel namun kurang elastis. Polimer superabsorben dengan rasio penambahan selulosa 25-40%

berbentuk gel namun sangat rapuh. Hal ini terjadi dikarenakan semakin tinggi kerapatan struktur jaringan polimer superabsorben serta adanya kompetisi antara selulosa dengan monomer dalam campuran suspensi untuk membentuk radikal dan terpolimerisasi (Erizal, 2009).

Proses pencangkokan selulosa dengan monomer akrilamida dapat teramati dari spektrum FTIR pada Gambar 2. Pada spektrum monomer AAM (B) tampak puncak serapan pada bilangan gelombang (cm^{-1}) 3355,53 dengan dua puncak serapan yang sangat khas menunjukkan vibrasi untuk gugus amina primer ($-\text{NH}_2$), serapan pada 2923,56-2850,27 menunjukkan vibrasi dari C—H yang dapat berasal dari gugus metil atau metilen, 1673,91 menunjukkan vibrasi gugus C=O dan 1621,2 menunjukkan vibrasi gugus C=C, serta serapan

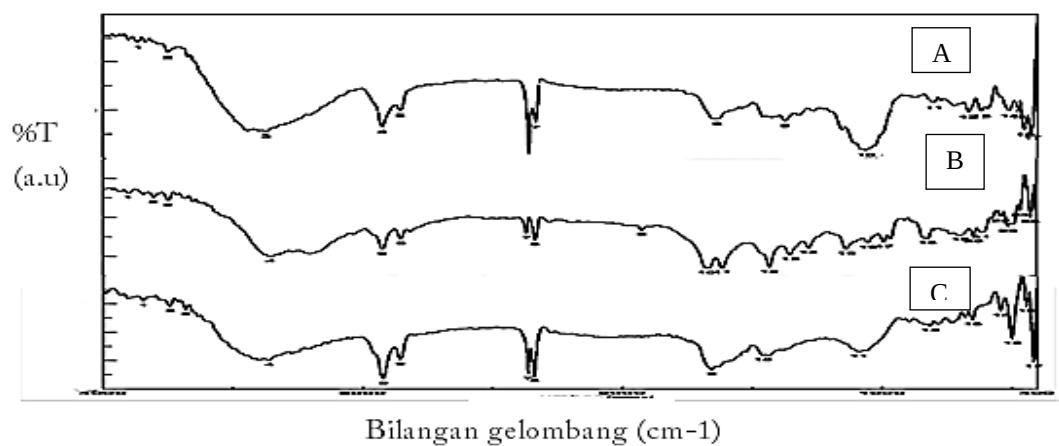
pada 1430,92 menunjukkan vibrasi untuk gugus C—N. Berdasarkan perbandingan data spektrum FTIR tersebut dapat diketahui proses pencangkokkan dan pengikatsilangan yang terjadi untuk membentuk polimer superabsorben terjadi pada karbon rangkap dua monomer AAM. Fenomena yang

serupa juga dilaporkan oleh Erizal (2009).

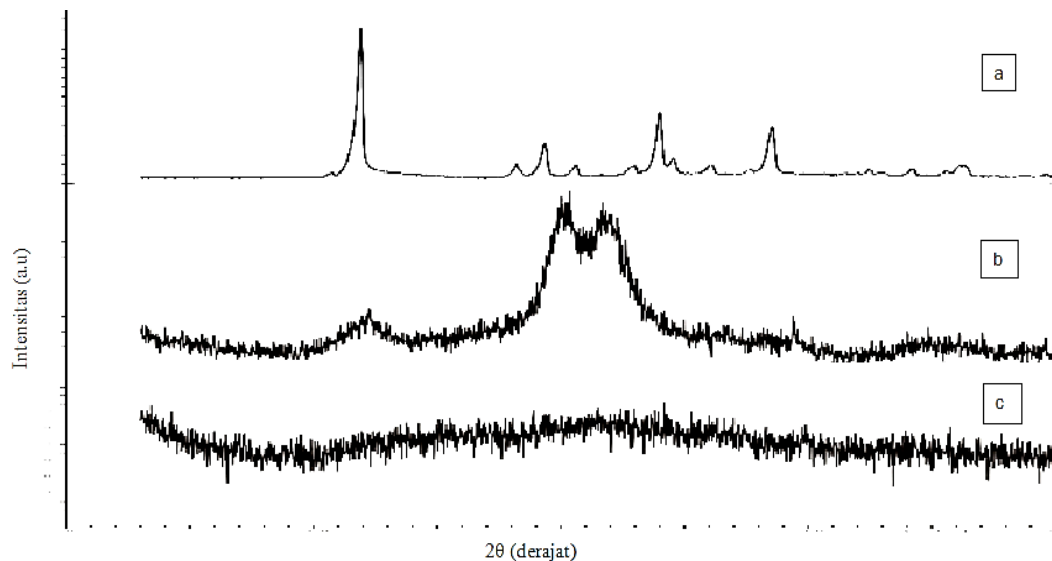
Salah satu dari sifat penting polimer superabsorben lainnya adalah kemampuannya untuk mengembang. Kemampuan ini didukung pula oleh struktur dari polimer tersebut.

Tabel 1. Perbandingan sifat fisik dari polimer superabsorben yang disintesis

selulosa : AAM (%b/b)	Sifat fisik yang teramati	Warna
0%	Gel ; elastis	Bening
5%	Gel ; elastis	Bening kehijauan
10%	Gel ; elastis	Kehijauan
15%	Gel ; elastis	Hijau kecoklatan
20%	Gel ; kurang elastis	Hijau kecoklatan
25%	Gel ; Rapuh	Hijau tua kecoklatan
30%	Gel ; Rapuh	Hijau tua kecoklatan
35%	Gel ; Rapuh	Hijau tua kecolatan
40%	Gel sangat rapuh	Hijau tua kecoklatan



Gambar 2. Spektrum FTIR (A) selulosa hasil preparasi, (B) monomer AAM, dan (C) polimer superabsorben hasil sintesis



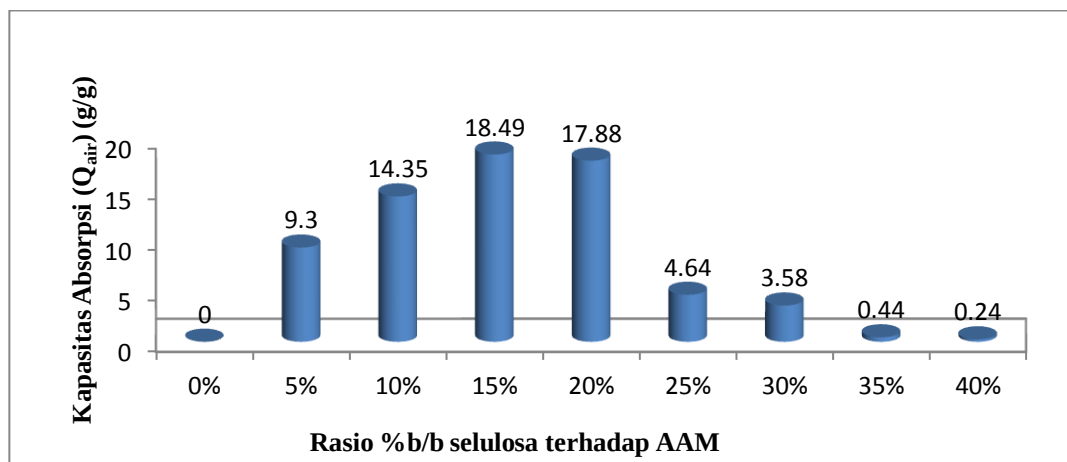
Gambar 3. Difraktogram (a) monomer AAM, (b) selulosa, dan (c) polimer superabsorben hasil sintesis

Struktur amorf yang tampak jelas terlihat dari difraktogram polimer superabsorben yang dihasilkan (c). Struktur ini dapat diakibatkan oleh susunan acak yang terdapat pada polimer. Susunan acak berupa jaringan 3 dimensi yang berasal dari pencangkokkan monomer terhadap selulosa dapat mempengaruhi sifat dari polimer terutama dalam kemampuan mengembang dan elastisitas dari polimer superabsorben menjadi lebih baik dibandingkan dengan monomer AAM dan selulosa.

c. Analisis Kapasitas Absorpsi Air

Penentuan uji kapasitas absorpsi air merupakan salah satu parameter

utama dari polimer khususnya untuk pengujian suatu bahan kandidat sebagai absorben. Polimer superabsorben yang disintesis pada penelitian ini diuji kapasitas absorpsi air berdasarkan pengaruh perbedaan rasio persen berat selulosa yang ditambahkan terhadap berat AAM yang digunakan. Berdasarkan data hasil yang didapatkan seperti tampak pada Gambar 4, polimer superabsorben dengan rasio 15% berat selulosa terhadap berat AAM mempunyai nilai kapasitas absorpsi air paling besar yakni 18,49 g/g terhadap berat kering polimer superabsorben dibandingkan polimer superabsorben sintesis yang lain.

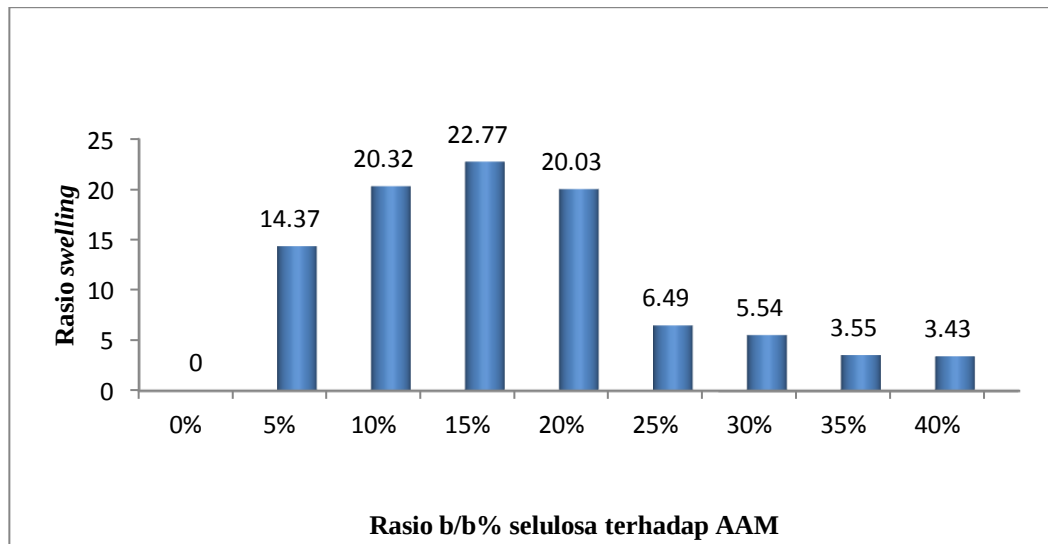


Gambar 4. Grafik hubungan variasi persen berat selulosa terhadap berat akrilamida dengan kapasitas absorpsi air (Q_{air})

Berdasarkan grafik di atas terlihat bahwa kapasitas serapan air meningkat seiring meningkatnya penambahan selulosa. Namun penambahan selulosa di atas 15 % hingga 40% mengalami penurunan. Turunnya kemampuan daya serap air oleh polimer superabsorben yang disintesis dengan penambahan selulosa di atas 15% dapat disebabkan oleh kerapatan struktur polimer superabsorben yang semakin meningkat. Fenomena demikian pun seperti yang dilaporkan oleh Liang *et al.* (2008).

d. Pengujian rasio *swelling* polimer superabsorben dalam larutan urea

Sifat kimia yang paling penting untuk diuji dari absorben dalam skala komersial sebagai bahan pada *personal care* adalah nilai rasio *swelling* dalam urin. Karena kandungan urin sebagian besar didominasi oleh senyawa urea, maka pengujian *swelling* dari polimer superabsorben terhadap urin dapat dilakukan dengan larutan urea pada konsentrasi 5% (b/b). Hubungan rasio berat penambahan selulosa terhadap rasio *swelling* polimer superabsorben hasil sintesis disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Rasio *swelling* polimer superabsorben selulosa-g-AAM dalam larutan urea sebagai fungsi rasio berat selulosa terhadap akrilamida

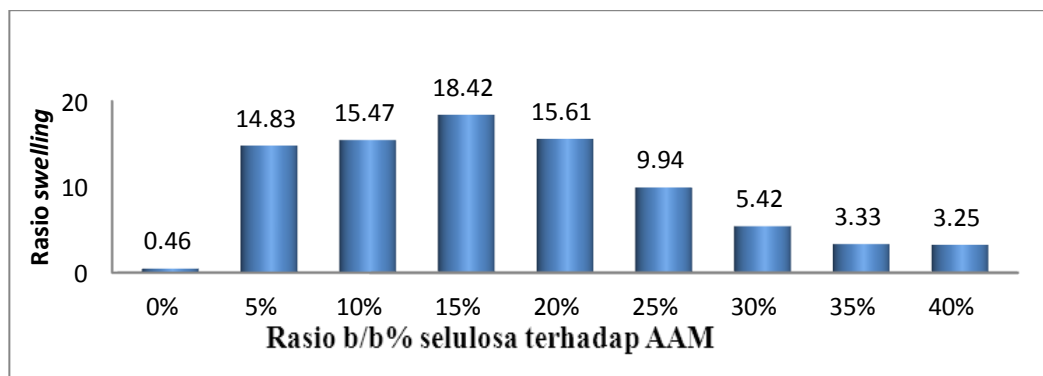
Berdasarkan data hasil penelitian polimer superabsorben dengan penambahan selulosa sebesar 15% mencapai rasio *swelling* paling besar yakni 22,77. Dari grafik tersebut nampak peningkatan rasio *swelling* dari 0-15% seiring meningkatnya rasio selulosa yang ditambahkan. Namun dengan penambahan selulosa yang lebih banyak di atas 15-40%, rasio *swelling* polimer pun menurun.

e. Pengujian rasio *swelling* polimer superabsorben dalam larutan NaCl

Selain adanya kandungan urea dalam cairan urin, konsentrasi ion-ion garam juga mempengaruhi daya serap dari polimer superabsorben yang akan dipergunakan sebagai

absorben. Larutan garam NaCl 0,15 M merupakan salah satu jenis larutan garam yang umumnya dipakai untuk pengujian kemampuan mengembang (*swelling*) polimer superabsorben. Hubungan rasio penambahan selulosa terhadap rasio *swelling* polimer superabsorben hasil sintesis dalam larutan NaCl disajikan pada Gambar 6.

Polimer superabsorben dengan penambahan selulosa sebesar 15% mencapai rasio paling besar yakni 18,41. Fenomena meningkatnya rasio *swelling* seiring penambahan selulosa juga tampak pada grafik. Semakin besar nilai penambahan selulosa hingga 15%, rasio *swelling* dari polimer pun meningkat.



Gambar 6. Rasio *swelling* polimer superabsorben selulosa-g-AAM dalam larutan NaCl sebagai fungsi rasio berat selulosa terhadap akrilamida

Dengan penambahan selulosa yang lebih banyak di atas 15%, rasio *swelling* polimer pun menurun. Hal ini dapat dijelaskan oleh adanya pengaruh tekanan osmosis dan kerapatan dalam struktur jaringan polimer.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka dapat ditarik kesimpulan bahwa penambahan selulosa dari tanaman purun tikus (*Eleocharis dulcis*) mampu memperbaiki karakteristik dari

polimer superabsorben yang dihasilkan. Kemampuan dalam menyerap air dan sifat *swelling* dari polimer superabsorben hasil cangkokkan lebih baik dibandingkan polimer superabsorben dari monomer AAM. Polimer superabsorben dengan rasio 15% berat selulosa terhadap berat akrilamida mempunyai nilai kapasitas absorpsi sebesar 18,49 g/g air, rasio *swelling* pada larutan urea 5% sebesar 22,77 dan rasio *swelling* dalam larutan NaCl yakni 18,41.

DAFTAR PUSTAKA

- Andry,H., T. Yamamoto , T. Irie , S. Moritani , M. Inoue , &H. Fujiyama. 2009. Water retention, hydraulic conductivity of hydrophilic polymers in sandy soils affected by temperature and water quality.*Journal of Hydrology*373 177–183.Elsevier B.V.
- Deligkaris, K., T. S. Tadele, W. Olthuis, &A. V. D. Berg.2010. Review: Hydrogel-based devices for biomedical applications.*Sensors and ActuatorsB* 147 : 765–774.Elsevier B.V.
- El-Rehim, H.A.A. 2005.Swelling of radiation crosslinked acrylamide-based microgels and their potential applications.*Radiation Physics and Chemistry* 74 (2005) 111–117. Elsevier Ltd.
- Erizal. 2009. Synthesis and Characterization of Crosslinked Polyacrylamide (PAAM)-Carrageenan Hyrogels Superabsorbent Prepared By Gamma Radiation. *Indonesian Journal of Chemistry*:10 (1):12-19. Jakarta
- Fangel, D., & W.Gerd. 1995. *Kayu, Kimia, Ultrastruktur, Reaksi-reaksi*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Kosemund, K., H. Schlatter, J.L. Ochsenhirt, E. L. Krause ,D.S. Marsman, & G.N. Erasala. 2008. Safety evaluation of superabsorbent baby diapers. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*53 : 81–89. Elsevier Inc. USA
- Liang, R., H. Yuan, G. Xi, & Q. Zhou. 2008. Synthesis of Wheat Straw-g-poly(acrylic acid) superabsorbent composites and release of urea from it. *Carbohydrate Polymer* 77 : 181-187
- Liu, Z.,Y.Miao, Z. Wang, & G. Yin. 2008. Synthesis and Characterization of a Novel Superabsorbent based on Chemically Modified Pulverized Wheat Straw and Acrylic Acid. *Carbohydrate Polymers*77 : 131-135
- Ma, Zuohao, Q. Li, Q. Yue, B. Gao, X. Xu, & Q. Zhong. 2010. Synthesis and characterization of a novel super-absorbent based on wheat straw. *Bioresource Technology*102 : 2853-2858
- Octavia, S, T.H. Soerawidjaja, R. Purwadi, &I.D.G. A. Putrawan.2011.Review:Pengolahan Awal Lignoselulosa Menggunakan Amoniak Untuk Meningkatkan Perolehan Gula Fermentasi. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan”* Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia. ISSN 1693 – 4393