

Submitted : 24 March

Revised : 29 April

Accepted : 30 April

PENGARUH PENAMBAHAN SELULOSA DARI TANAMAN ECENG GONDOK (*Eichornia crassipes*) DALAM PEMBUATAN BIOPOLIMER SUPERABSORBEN

Heri Heriyanto^{1*}, Ikhsan Firdaus¹, Ana Fadilah Destiani¹

¹Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

*Email: herfais@yahoo.com

Abstrak

Polimer superabsorben (Superabsorbent Polymer/SAP) adalah suatu bahan yang dapat mengabsorpsi dan menyimpan cairan lebih dari berat bahannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh rasio penambahan selulosa terhadap sifat fisik dan daya absorpsi produk biopolimer superabsorben dan mengetahui pengaruh penambahan zat aditif crosslink terhadap kualitas polimer superabsorben berbasis selulosa. Pembuatan polimer superabsorben dilakukan dengan memvariasikan persentase penambahan selulosa 0%; 10%; 20%; 30% dan 40%, variasi penambahan cross linker agent pada polimerisasi yaitu 0 ml, 0,7 ml dan 1,4 ml larutan Formalin. Pengukuran kapasitas absorpsi air, nilai pengujian rasio swelling superabsorben dalam larutan urea dan pengujian rasio swelling superabsorben dalam larutan NaCl digunakan untuk menentukan karakteristik superabsorben yang disintesis. Hasil penelitian menunjukkan polimer superabsorben yang dihasilkan dengan penambahan selulosa memiliki karakteristik yang lebih baik dibandingkan poliakrilamida yang disintesis. Polimer superabsorben dengan rasio 10% berat selulosa terhadap berat superabsorben mempunyai nilai kapasitas absorpsi sebesar 2,8 g air/g superabsorben, rasio swelling pada larutan Urea 5% sebesar 3,78 dan rasio swelling dalam larutan NaCl 0,15 M sebesar 3,8. Pengaruh penambahan Formalin sebanyak 0,7 ml memberikan hasil nilai rata-rata kapasitas absorpsi, rasio swelling pada larutan urea 5% dan rasio swelling dalam larutan NaCl 0,15 M yang lebih besar.

Kata Kunci: Akrilamida, Polimer Superabsorbent, Selulosa

Abstract

Superabsorbent polymers (Superabsorbent Polymer / SAP) is a material that can absorb and store more fluid than heavy material. This study aims was to determine the effect of the addition of cellulose ratio on the physical properties and absorption power of superabsorbent biopolymer products and determine the effect of additives on the quality crosslink cellulose-based superabsorbent polymers. Manufacture of polymers superabsorben was done by varying the percentage of the cellulose addition of 0%; 10%; 20%; 30% and 40%, the addition of cross-linker variations on polymerization agent of 0 ml, 0.7 ml and 1.4 ml Formalin solution. Measurement of water absorption capacity, superabsorbent swelling ratio test value in a solution of urea and testing superabsorbent swelling ratio in NaCl solution was used to determine the characteristics of the synthesized superabsorbent. The results showed that superabsorbent polymers produced with the addition of cellulose had better characteristics than polyacrylamide synthesized. Superabsorbent polymers with ratio of 10 wt% cellulose to the weight of the superabsorbent had value of the absorption capacity of 2.8 g water / g superabsorbent, swelling ratio at 5% Urea solution of 3.78 and the ratio of swelling in 0.15 M NaCl solution of 3.8. The formalin addition of 0.7 ml had the greater average value of absorption capacity, swelling ratio at 5% urea solution and the swelling ratio of 0.15 M NaCl solution.

Keywords: Acrylamide, Superabsorbent Polymer, Cellulose

1. PENDAHULUAN

Polimer superabsorben (Superbsorbent Polymer/SAP) adalah suatu bahan yang dapat mengabsorpsi dan menyimpan cairan lebih dari berat bahannya dan tidak melepas cairan tersebut. Penggunaan polimer superabsorben sangat banyak diantaranya digunakan sebagai bahan pengolahan limbah, media tumbuh tanaman, bahan untuk mengurangi friksi pipa, bahan pelapis anti bocor, pelindung jaringan kabel bawah tanah, bahan pembuatan kemasan barang dan bahan pemadam kebakaran (Swantomo dkk., 2008).

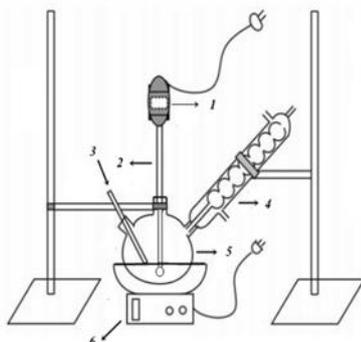
Superabsorben dibuat dari polimer berbasis poliakrilamida (PAAM) yang mempunyai kelemahan dalam menyerap air dan mengembang (swelling) terbatas (El-Rehim, 2005). Kemampuan menahan air sangat lemah, tidak ramah lingkungan (Deligkaris et al., 2010) dan harganya mahal. Solusi yang dipilih adalah proses polimerisasi cangkok antara polimer alam terhadap poliakrilamida. Penelitian ini untuk memodifikasi polimer dengan bahan lain untuk meningkatkan kemampuan absorpsi dan ketahanan sifat fisiknya telah banyak dilakukan.

Eceng gondok memiliki sifat serat yang kuat dan kandungan kimia yakni 60% selulosa, 8% hemiselulosa dan 17% lignin (Ahmed, 2012 dalam Dirga Rizki 2012). Penggunaan tanaman ini dapat mengurangi biaya produksi dan meningkatkan sifat polimer superabsorben untuk terdegradasi. Penelitian ini pada hakikatnya dilakukan proses polimerisasi superabsorben dari akrilamida (AAM) dengan memanfaatkan potensi selulosa dari tanaman eceng gondok. 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 fisiknya yang lebih baik.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Peralatan Penelitian

Reaktor yang digunakan berupa labu leher tiga dengan volume 200 mL, dilengkapi dengan pemanas mantel, pengaduk, termometer, kondenser.



- Keterangan:
1. Motor Pengaduk
 2. Agotator
 3. Termometer
 4. Kondenser
 5. Labu leher tiga
 6. Pemanas

Gambar 1. Rangkaian alat polimerisasi

2.2 Tahap Preparasi Bahan Baku

Eceng gondok dicuci dan dibersihkan hingga kotorannya hilang lalu dikeringkan kemudian dihaluskan sampai menjadi serbuk. Serbuk eceng gondok diayak dengan ukuran 100 mesh.

2.3 Tahap Penghilangan Hemiselulosa

Serbuk eceng gondok dilarutkan dengan 500 ml NaOH 4% dan dipanaskan selama 4 jam, kemudian dicuci, disaring dan dikeringkan sehingga diperoleh serat eceng gondok bebas Hemiselulosa.

2.4 Tahap Delignifikasi dan Bleaching

Serbuk eceng gondok dilarutkan dengan 500 ml H₂O₂ 1,5% dan dipanaskan selama 3 jam, kemudian dicuci, disaring dan dikeringkan sehingga diperoleh serat eceng gondok bebas Hemiselulosa.

2.5 Tahap Sintesis Biopolimer Superabsorben

Selulosa hasil preparasi dimasukkan pada labu leher tiga 500 ml dengan variasi 10%, 20%, 30%, 40% dan aquades 200 ml. Kemudian diaduk dan dipanaskan selama 30 menit, ditambahkan ammonium persulfat diaduk selama 15 menit. Ditambahkan Akrilamida dan formalin dilakukan polimerisasi selama 3 jam. Hasil polimerisasi dicuci, dikeringkan dan diperoleh biopolimer superabsorben.

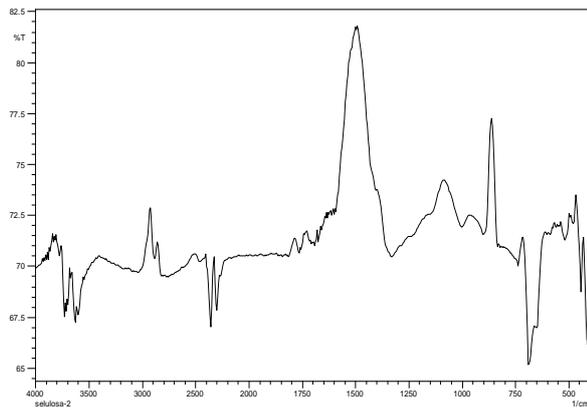
2.6 Tahap Analisa Produk

Produk superabsorben yang terbentuk akan dianalisa secara kualitatif dan kuantitatif. Analisa produk secara kualitatif dengan menggunakan metode spektroskopi Fourier Transform Infra Red (FTIR) untuk mengidentifikasi gugus-gugus fungsional pada produk biopolimer superabsorben. Spektrum FTIR produk kemudian dibandingkan dengan spektrum FTIR untuk superabsorben standar. Analisa produk secara kuantitatif dilakukan untuk menentukan kapasitas absorpsi air, nilai pengujian rasio swelling superabsorbendalam larutan urea 5% dan larutan NaCl 0,15 M. Diamati karakteristik struktur, keelastisan serta warna dari superabsorben.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

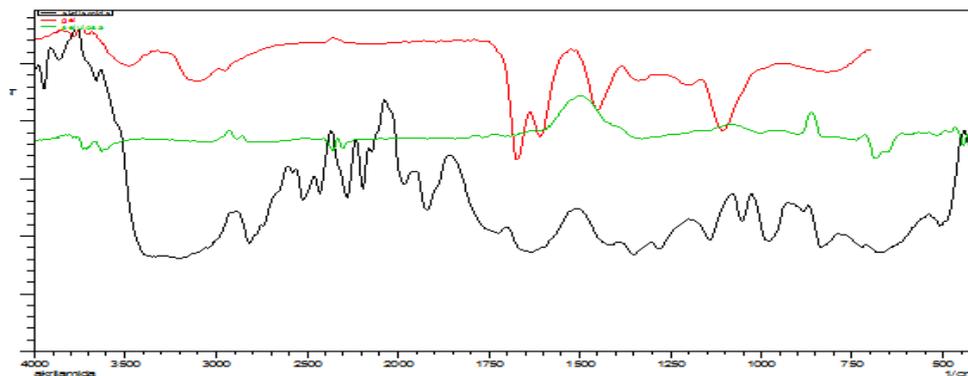
3.1 Analisa Produk Selulosa dari Tanaman Eceng Gondok

Produk selulosa diperoleh dari tanaman eceng gondok setelah melewati beberapa tahapan preparasi yaitu dilakukan penghilangan terhadap Hemiselulosa, Lignin dan Bleaching. Dalam serat tanaman eceng gondok selain kandungan selulosa, terdapat pula kandungan zat yang lainnya, seperti hemiselulosa, lignin, pektin, lilin dan lemak serta zat-zat lainnya. Keberadaan senyawa-senyawa ini bersama-sama dengan selulosa dalam menyebabkan kekakuan pada serat yang dihasilkan. Spektrum pembacaan FTIR terhadap Selulosa ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil pengujian FTIR selulosa

Spektrum dari selulosa hasil preparasi pada Gambar 2 menunjukkan beberapa puncak serapan pada bilangan gelombang 1750 cm^{-1} menunjukkan vibrasi dari hidrogen yang berikatan pada oksigen (H—O—H), dan 1050 cm^{-1} yang menunjukkan vibrasi dari gugus C—O dari ikatan β -1,4-glikosida pada selulosa. Pada puncak panjang gelombang 3404 cm^{-1} dan 2920 cm^{-1} menunjukkan keberadaan gugus —OH dan C-H dimana kedua gugus tersebut merupakan gugus fungsi utama selulosa.



Gambar 3. Grafik perbandingan pembacaan FTIR selulosa (garis hijau), akrilamida (garis hitam) dan superabsorben (garis merah)

Dari Gambar 3, terlihat bahwa pada panjang gelombang 3.188,33 cm^{-1} terdapat puncak pada Akrilamida dan Superabsorben yang menunjukkan vibrasi untuk gugus amina primer (—NH₂), pada panjang gelombang 1.668,43 cm^{-1} terdapat puncak pada Akrilamida dan Superabsorben yang menunjukkan vibrasi gugus C=O, pada panjang gelombang 1.612,49 cm^{-1} puncak pada Akrilamida dan Superabsorben yang menunjukkan vibrasi gugus C=C, pada panjang gelombang 1.452,40 cm^{-1} terdapat puncak pada Akrilamida dan Selulosa yang menunjukkan vibrasi untuk gugus C—N dan pada panjang gelombang 1.101,35 cm^{-1} terdapat puncak pada Akrilamida dan Selulosa yang menunjukkan vibrasi gugus C-O. Dengan adanya kesamaan puncak gelombang antara Superabsorben dengan Akrilamida maupun Selulosa, menunjukkan bahwa pada produk Superabsorben masih terdapat karakteristik dari

3.2 Pengaruh Penambahan Selulosa terhadap Sifat Fisik Biopolimer Superabsorben

Polimer superabsorben yang dihasilkan memiliki karakteristik sifat fisik dan warna yang berbeda-beda. Polimer superabsorben yang disintesis dengan persentase selulosa 0-10% memiliki karakteristik sifat fisik yang sama dengan poliakrilamida (PAAM) yang disintesis. Terdapat perbedaan warna pada polimer yang dipengaruhi oleh penambahan selulosa pada larutan, yaitu berwarna agak kuning.

Polimer superabsorben dengan rasio penambahan selulosa 30% berbentuk gel dan rapuh. Hal ini terjadi dikarenakan semakin tinggi struktur jaringan polimer superabsorben serta adanya kompetisi antara selulosa dengan monomer dalam campuran suspensi untuk membentuk radikal dan terpolimerisasi (Erizal, 2009). Penambahan selulosa 40% berbentuk gel, sangat rapuh dan mudah berubah bentuk kembali menjadi fase cairan.

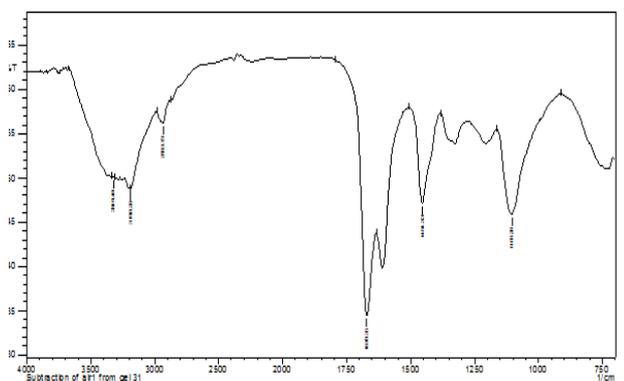
Berikut merupakan grafik pembacaan FTIR terhadap Selulosa, Akrilamida dan produk Superabsorben pada Gambar 3.

masing-masing bahan bakunya, yaitu Akrilami dan Selulosa.

3.3 Pengaruh Penambahan Crosslink dalam Pembuatan Biopolimer Superabsorben

Gugus yang teramati dalam Gambar 4 merupakan gugus yang biasa ada di dalam poliakrilamida yang bersifat hidrofilik (suka terhadap air). Gugus-gugus tersebut berasal dari monomer akrilamida, yaitu —NH₂, —CH dan —C=O dan ada yang berasal dari selulosa maupun crosslink-nya. Spektrum akril amida tampak puncak serapan pada bilangan 1101,35 cm^{-1} yang menunjukkan adanya vibrasi dari gugus —NH₂. Puncak serapan pada bilangan gelombang 2814,26 menandakan sebagai vibrasi C-H dari gugus akril amida, dan serapan puncak 1649,21 menandakan sebagai vibrasi C=O dari akril amida. Perbedaan-perbedaan yang jelas tampak pada gambar spektrum FTIR selulosa hasil preparasi, monomer akril amida

dengan polimer superabsorben. Spektrum polimer superabsorben menunjukkan serapan pada bilangan gelombang 3371,57 cm⁻¹ yang menunjukkan adanya vibrasi dari gugus O-H pada selulosa. Pada pengaruh penambahan formalin juga dilakukan penentuan uji kapasitas absorpsi air merupakan salah satu parameter utama dari polimer khususnya untuk pengujian suatu bahan kandidat sebagai absorben.



Gambar 4. Hasil FTIR dari Superabsorbent Polymer (4000-500 cm⁻¹)

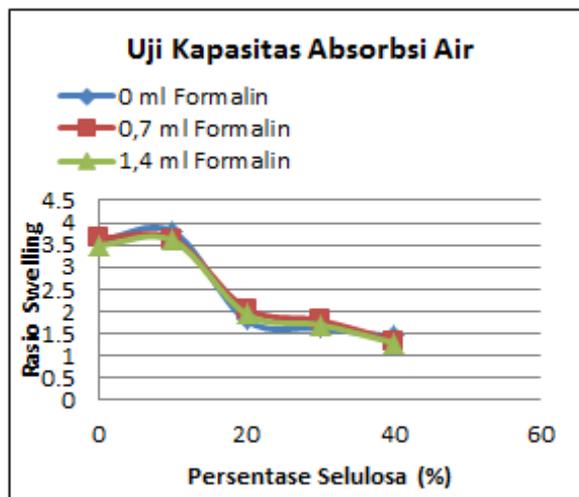
3.4 Pengaruh Formalin pada SAP terhadap Kapasitas Absorpsi Air dan Pengujian Swelling terhadap Urea serta NaCl

Berdasarkan Gambar 5 terlihat bahwa kapasitas serapan air meningkat seiring meningkatnya penambahan selulosa. Pada penambahan selulosa dari 0% hingga 10% terjadi peningkatan daya absorpsi air, disebabkan karena semakin terbukanya ruang bagi air untuk masuk ke dalam struktur superabsorben. Penambahan selulosa 0% memberikan ruang yang terbatas bagi air untuk masuk. Pada saat air sudah masuk ke dalam struktur superabsorben, air sulit untuk keluar kembali. Ini yang menyebabkan besarnya daya absorpsi superabsorben terhadap air pada penambahan selulosa 0%. Pada saat ditambahkan selulosa sebanyak 10%, ruang bagi air untuk masuk lebih mudah. Ketika air sudah masuk, air sulit untuk keluar kembali karena didukung oleh kerapatan struktur yang dimiliki oleh Biopolimer Superabsorben. Inilah yang menjadi keunggulan kopolimer, dimana kekurangan bahan dapat ditutupi oleh keunggulan bahan yang lainnya.

Pada penambahan selulosa di atas 10% hingga 40% mengalami penurunan. Turunnya kemampuan daya serap air oleh polimer superabsorben yang disintesis dengan penambahan selulosa di atas 10% dapat disebabkan oleh kerapatan struktur polimer superabsorben yang semakin menurun. Terlalu banyak penambahan selulosa bukannya akan meningkatkan daya absorpsi superabsorben, justru akan menurunkan daya absorpsi superabsorben. Hal ini disebabkan karena rongga superabsorben yang semakin rapat yang disebabkan pori-pori dari Biopolimer Superabsorben yang tertutupi oleh molekul selulosa, sehingga sehingga sulit bagi air untuk diserap. Dari pengamatan kondisi fisik pun

semakin banyak penambahan selulosa, struktur Biopolimer Superabsorben semakin rapuh dan mudah untuk menjadi fase cairannya kembali.

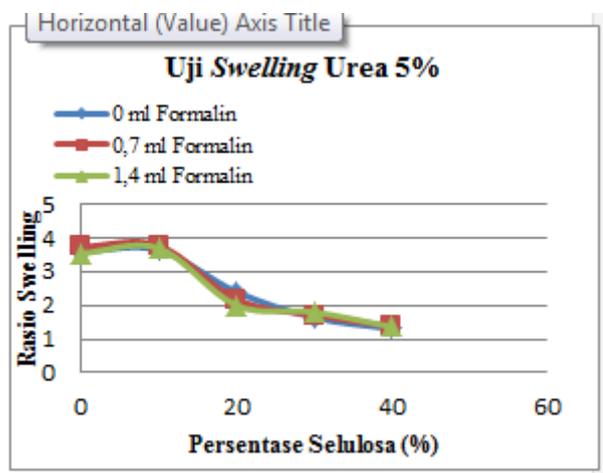
Dari variasi penambahan Formalin, tidak menunjukkan secara signifikan nilai kapasitas absorpsi air yang paling besar. Secara garis besar, penambahan Formalin 0,7 ml menunjukkan nilai kemampuan absorpsi air yang rata-rata lebih besar dibandingkan pada variasi penambahan jumlah Formalin 0 ml dan 1,4 ml.



Gambar 5. Grafik hasil uji kapasitas absorpsi superabsorben terhadap air.

3.5 Pengujian Rasio Swelling Polimer Superabsorbent dalam Larutan Urea dan NaCl

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. Pengujian swelling dari polimer superabsorben terhadap urin dapat dilakukan dengan larutan urea pada konsentrasi 5% (Kompasiana, 2013). Berdasarkan data hasil yang didapatkan seperti tampak pada Gambar 6.



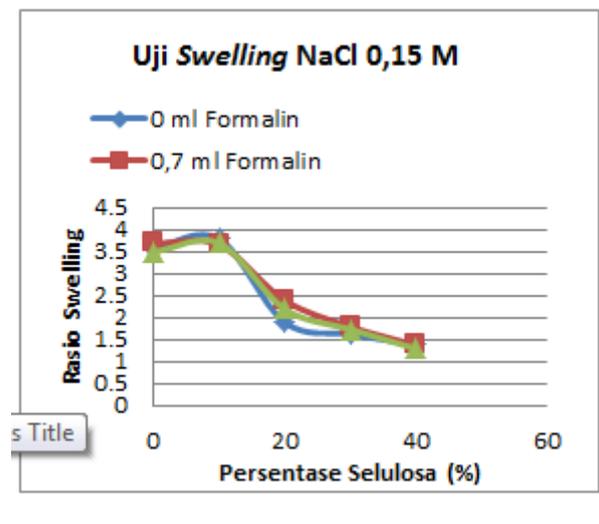
Gambar 6. Grafik hasil uji Swelling Superabsorben terhadap larutan Urea 5%

Gambar 6 menunjukkan bahwa polimer superabsorben dengan jumlah penambahan 10% massa selulosa mempunyai nilai swelling terhadap larutan Urea 5% yang paling besar. Dari variasi penambahan Formalin, tidak menunjukkan secara signifikan nilai swelling terhadap larutan urea yang paling besar, namun secara garis besar pada penambahan Formalin 0,7 ml menunjukkan nilai kemampuan swelling terhadap larutan Urea 5% yang rata-rata lebih besar dibandingkan pada variasi penambahan jumlah Formalin 0 ml dan 1,4 ml. Jika diuraikan, maka pada grafik menunjukkan nilai kapasitas absorpsi air yang paling besar dimiliki oleh superabsorben pada penambahan selulosa sebanyak 0% dengan daya swelling terhadap larutan Urea 5% sebesar 3,7, penambahan selulosa sebanyak 20% dengan daya swelling terhadap larutan Urea 5% sebesar 2,40 dan penambahan selulosa sebanyak 30% dengan daya swelling terhadap larutan Urea 5% sebesar 1,80. Jadi, ada tiga dari lima pengujian yang menghasilkan hasil paling besar untuk Formalin 0,7 ml.

Pada penambahan selulosa dari 0% hingga 10% terjadi peningkatan nilai swelling, disebabkan karena semakin terbukanya ruang bagi larutan urea untuk masuk ke dalam struktur superabsorben. Penambahan selulosa 0% memberikan ruang yang terbatas bagi larutan urea untuk masuk, namun ketika larutan urea sudah masuk ke dalam struktur superabsorben, larutan urea sulit untuk keluar kembali. Ini yang menyebabkan besarnya nilai swelling superabsorben terhadap larutan urea pada penambahan selulosa 0%. Pada saat ditambahkan selulosa sebanyak 10%, ruang bagi larutan urea untuk masuk lebih mudah. Ketika larutan urea sudah masuk, sulit untuk keluar kembali karena didukung oleh kerapatan struktur yang dimiliki oleh Biopolimer Superabsorben. Inilah yang menjadi keunggulan kopolimer, dimana kekurangan bahan dapat ditutupi oleh keunggulan bahan yang lainnya.

Pada penambahan selulosa di atas 10% hingga 40% mengalami penurunan. Turunnya kemampuan nilai swelling terhadap larutan urea oleh polimer superabsorben yang disintesis dengan penambahan selulosa di atas 10% dapat disebabkan oleh kerapatan struktur polimer superabsorben yang semakin rapat. Terlalu banyak penambahan selulosa bukannya akan meningkatkan daya swelling superabsorben, justru akan menurunkan daya swelling superabsorben. Hal ini disebabkan karena rongga superabsorben yang semakin rapat yang disebabkan pori-pori dari Biopolimer Superabsorben yang tertutupi oleh molekul selulosa, sehingga sehingga sulit bagi larutan urea untuk diserap. Dari pengamatan kondisi fisik pun semakin banyak penambahan selulosa, struktur Biopolimer Superabsorben semakin rapuh dan mudah untuk menjadi fase cairannya kembali. 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 (Irawan, 2011).



Gambar 7. Grafik hasil uji swelling superabsorben larutan NaCl 0,15 M

Berdasarkan data hasil yang didapatkan seperti tampak pada Gambar 7, polimer superabsorben dengan jumlah penambahan 10% massa selulosa mempunyai nilai swelling terhadap larutan NaCl 0,15 M yang paling besar. Dari variasi penambahan Formalin, tidak menunjukkan secara signifikan nilai swelling terhadap larutan NaCl yang paling besar namun secara garis besar, pada penambahan Formalin 0,7 ml menunjukkan nilai kemampuan swelling terhadap larutan NaCl 0,15 M yang rata-rata lebih besar dibandingkan pada variasi penambahan jumlah Formalin 0 ml dan 1,4 ml. Nilai swelling terhadap larutan NaCl 0,15 M meningkat seiring meningkatnya penambahan selulosa. Pada penambahan selulosa dari 0% hingga 10% terjadi peningkatan nilai swelling, disebabkan karena semakin terbukanya ruang bagi larutan NaCl untuk masuk ke dalam struktur superabsorben. Penambahan selulosa 0% memberikan ruang yang terbatas bagi larutan NaCl untuk masuk, pada saat larutan NaCl sudah masuk ke dalam struktur superabsorben, larutan urea sulit untuk keluar kembali. Ini yang menyebabkan besarnya nilai swelling superabsorben terhadap larutan NaCl pada penambahan selulosa 0%. Pada saat ditambahkan selulosa sebanyak 10%, ruang bagi larutan NaCl untuk masuk lebih mudah. Ketika larutan NaCl sudah masuk, sulit untuk keluar kembali karena didukung oleh kerapatan struktur yang dimiliki oleh Biopolimer Superabsorben. Inilah yang menjadi keunggulan kopolimer, dimana kekurangan bahan dapat ditutupi oleh keunggulan bahan yang lainnya. Pada penambahan selulosa di atas 10% hingga 40% mengalami penurunan. Turunnya kemampuan nilai swelling terhadap larutan NaCl oleh polimer superabsorben yang disintesis dengan penambahan selulosa di atas 10% dapat disebabkan oleh kerapatan struktur polimer superabsorben yang semakin menurun. Terlalu banyak penambahan selulosa

bukannya akan meningkatkan daya swelling superabsorben, justru akan menurunkan daya swelling superabsorben. Hal ini disebabkan karena rongga superabsorben yang semakin rapat yang disebabkan pori-pori dari Biopolimer Superabsorben yang tertutupi oleh molekul selulosa, sehingga sehingga sulit bagi larutan NaCl untuk diserap. Dari pengamatan kondisi fisik pun semakin banyak penambahan selulosa, struktur Biopolimer Superabsorben semakin rapuh dan mudah untuk menjadi fase cairannya kembali.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka dapat ditarik kesimpulan bahwa:

- a) Selulosa dapat memperbaiki karakteristik dari polimer superabsorben yang dihasilkan, namun penambahan selulosa yang terlalu berlebih dapat menurunkan kualitas superabsorben.
- b) Penambahan zat pengikat silang formalin tidak memberikan hasil yang signifikan terhadap kualitas superabsorben yang dihasilkan.
- c) Produk Superabsorben yang dihasilkan belum termasuk dalam kategori Superabsorben, tetapi masuk dalam kategori Absorben, karena daya swelling (pembungannya) masih dibawah standar Superabsorben (nilai swelling Superabsorben berkisar antara 10-1.000 kali berat Superabsorben).

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu baik moril maupun fasilitas laboratorium dalam menyelesaikan penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Anah, L., Proses Pembuatan Material Komposit Hidrogel dengan Pupuk Organik secara Sistem Pelepasan Terkendali (Controlled Release), Halaman 9, Pusat Penelitian Kimia - LIPI.
- Azizah, A.; Irwan A.; Sunardi, Sintesis dan Karakterisasi Polimer Superabsorben Berbasis Selulosa dari Tanaman Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) Tercngkok Akiril Amida (AAM, FMIPA UNLAM: Banjarbaru, 2012.
- Erizal; Sunarni A., Sintesis Hidrogel Superabsorbent Poli(Akrilamida-Ko-Asam Akrilat) dengan Teknik Iradiasidan Karakterisasinya, Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi (PATIR)- BATAN: Jakarta, 2009.
- Kalia, S.; Saba M.W., Polysaccharide Based Graft Copolymers, Springer-Verlag, Berlin, 2013.
- Nikmatin, S., Karakterisasi selulosa kulit rotan sebagai material pengganti fiber glass pada komposit. IPB Scientific Repository, Bogor, 2012.
- Nurkomarasari, R., Pengaruh Crosslinker N-N-Metilenbisakrilamida (MBA) Terhadap Kinerja Kopolimer Superabsorbent Selulosa Bakterial Nata De Soya-Asam Akrilat Yang Disintesis

- Menggunakan Radiasi Microwave. Universitas Pendidikan Indonesia: Bandung, 2012.
- Putera, Rizki Dirga Harya, Ekstraksi Serat Selulosa dari Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) dengan Variasi Pelarut. Univeristas Indonesia: Depok, 2012.
- Ramahani, P., Sulfonasi Onggok Sebagai Superabsorben. FMIPA IPB, Bogor, 2009.
- Salim, A.; Suwardi, Sintesis Hidrogel Superbsorben Berbasis Akrilamida dan Asam Akrilat pada Kondisi Atmosfer FMIPA UNY: Yogyakarta, 2009.
- Swantomo, D., Pembuatan Komposit Polimer Superabsorben Dengan Mesin Berkas Elektron. Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir-BATAN: Yogyakarta, 2008.