

KAJIAN PENGARUH JUMLAH AGEN PENGIKAT SILANG TERHADAP KARAKTERISTIK SUPERABSORBEN ASAM AKRILAT TERCANGKOK SELULOSA DARI ALANG-ALANG (*Imperata cylindrica*)

A STUDY OF THE EFFECT OF CROSSLINKING AGENT AMMOUNT ON THE CHARACTERISTICS OF SUPERABSORBENT POLYMER ACRYLIC ACID GRAFT-CELLULOSE FROM ALANG-ALANG (*Imperata cylindrica*)

Sunardi^{1*}, Azidi Irwan¹, Asmianoor Latifah¹, Wiwin Tyas Istikowati², Abdul Haris³

¹Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru

²Jurusan Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru

³Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru

*Korespondensi: sunardialbanyumasi@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang kajian pengaruh penambahan jumlah agen pengikat silang metilenbisakrilamida (MBA) terhadap karakteristik polimer superabsorben berbasis asam akrilat dan selulosa alang-alang (*Imperata cylindrica*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan jumlah agen pengikat silang terhadap karakteristik dari polimer superabsorben yang dihasilkan serta mengetahui sifat mengembangnya (*swelling*) dalam larutan akuades, NaCl 0,15 M dan larutan urea 5%. Proses sintesis dilakukan dengan memvariasi jumlah agen pengikat silang terhadap asam akrilat (AA) sebesar 0,10%; 0,12%; 0,13%; 0,15%, 0,17% dan 0,20%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa polimer superabsorben yang dihasilkan dengan variasi jumlah agen pengikat silang memiliki nilai optimum pada 0,15% dengan nilai swelling ratio pada akuades, larutan NaCl 0,15% dan urea 5% sebesar 670,55 g/g, 27,22 g/g dan 53,33g/g.

Kata Kunci: Alang-alang (*Imperata cylindrica*), selulosa, asam akrilat, metilenbisakrilamida, polimer superabsorben

ABSTRACT

A study of the effect of methylenebisacrilamide (MBA) concentration as a crosslinker agent in polymer superabsorbent based on acrylic acid and cellulose from alang-alang (*Imperata cylindrica*) characteristics have been conducted. The aim of this research was to investigate the effect on the swelling properties of superabsorbent polymer in the aquadest, NaCl 0.15 M, and urea solution 5%. Synthesis process was done by varying in the crosslinker agent amount: 0.10%; 0.12%; 0.13%; 0.15%, 0.17%; and 0.20%. The results showed that the optimum condition of synthesis at the ratio of MBA 0.15%. The swelling ratio value in aquadest, NaCl 0.15 M, and urea 5% solution were 670.55 g/g, 27.22 g/g and 53.33g/g, respectively.

Key Words: *Imperata cylindrica*, cellulose, acrylic acid, methylenebisacrilamide, superabsorbent polymer

PENDAHULUAN

Polimer superabsorben adalah jenis polimer yang mempunyai kemampuan

mengabsorpsi cairan ratusan kali berat keringnya (Ma et al., 2010). Polimer superabsorben telah diaplikasikan dalam

banyak bidang diantaranya dalam pemisahan, penyimpanan air untuk daerah kering (Andry *et al.*, 2009), pembuatan kemasan (Swantomo *et al.*, 2008), dan diapers bayi (Kosemund *et al.*, 2008). Pada umumnya, polimer superabsorben terbuat dari polimer sintetik berbasis poli asam akrilat (PAA) atau poli akril amida (PAAM), akan tetapi penggunaan polimer jenis ini memiliki kelemahan dalam hal keterbatasan menyerap air dan mengembang (El-Rehim 2005) dan kurang ramah lingkungan karena sifatnya yang *non-biodegradable* (Deligkaris *et al.*, 2010).

Saat ini telah banyak penelitian untuk memodifikasi polimer dengan memanfaatkan bahan alam untuk meningkatkan kemampuan mengembang dari polimer superabsorben terhadap cairan misalnya selulosa (Azizah *et al.*, 2012) dan pati (Irwan *et al.*, 2013). Pada penelitian terdahulu telah dilakukan kajian pemanfaatan selulosa alang-alang (*Imperata cylindrica*) untuk sintesis polimer superabsorben dengan dengan parameter pengaruh penambahan jumlah inisiator amonium persulfat (Sunardi *et al.*, 2013a), derajat netralisasi (Sunardi *et al.*, 2013b) dan perbandingan berat selulosa (Sunardi *et al.*, 2013c). Alang-alang dengan kandungan selulosa sekitar 40% (Sutiya *et al.*, 2011) terbukti mampu memperbaiki karakteristik polimer superabsorben yang dihasilkan dari proses sintesis terutama dari kemampuan mengembang dan menyerap larutan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan jumlah

agen pengikat silang metilenbisakrilamida (MBA) terhadap karakteristik mengembang (*swelling*) dan kemampuan menahan air dari superabsorben berbasis asam akrilat dengan selulosa alang-alang. Agen pengikat silang berfungsi untuk membentuk jaringan tiga dimensi dengan memanfaatkan 2 gugus aktif yang ada sehingga dapat memperbaiki membentuk jaringan tiga dimensis (*network*).

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain batang tanaman alang-alang (*I. cylindrica*) dari daerah Banjarbaru, Kalimantan Selatan, monomer asam akrilat (AA), ammonium persulfat (APS), N,N'-metilenbisakrilamida (MBA), NaOH, etanol 95% , urea dan NaCl (E. Merck).

Preparasi Sampel

Batang tanaman alang-alang dipotong dengan ukuran 2-3 cm, dikeringkan dan dihancurkan serta diayak hingga lolos saringan 60 mesh. Serbuk alang-alang kemudian direndam dalam 5% larutan NaOH, pada temperatur ± 85 °C sambil diaduk selama 4 jam untuk proses penghilangan lignin, kemudian ditambah larutan H₂O₂ konsentrasi 5% dan kemudian dioven selama 20 jam pada suhu ± 85 °C. Suspensi disaring dan dan dicuci hingga netral dengan akuades, dikeringkan serta diayak hingga diperoleh ukuran 170 mesh.

Sintesis Polimer Superabsorben

Sintesis polimer dilakukan dengan menambahkan sejumlah 5% selulosa hasil preparasi (terhadap jumlah akril amida) pada labu leher tiga ukuran 250 mL dan ditambahkan akuades. Suspensi kemudian diaduk dengan *magnetic stirrer* dan dipanaskan pada temperatur 60°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 asam akrilat dan N,N'-metilenbisakrilamida sebagai pengikat silang dalam jumlah yang bervariasi ditambahkan ke dalam suspensi.

Reaksi polimerisasi dilakukan pada temperatur 70°C dengan waktu reaksi selama 3 jam. Produk hasil polimerisasi kemudian dicuci menggunakan akuades dan direndam etanol 95% selama 3 jam. Kemudian dikeringkan pada temperatur 70 °C sampai berat konstan.

Uji Kemampuan Mengembang

Tiga ratus milligram cuplikan polimer superabsorben dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C hingga berat konstan. Kemudian polimer superabsorben hasil sintesis direndam dalam larutan (akuades, larutan urea, dan larutan NaCl) pada temperatur kamar selama 24 jam dan disaring untuk memisahkan polimer dan larutannya. Kemampuan polimer superabsorben mengembang (*swelling*) ditentukan dengan

menimbang berat sampel mengembang (setelah proses adsorpsi) dan dihitung dengan persamaan berikut :

$$Q_{H_2O, \text{ urea, NaCl}} = (m_2 - m_1) / m_1$$

dimana m_1 dan m_2 adalah berat polimer kering dan berat polimer setelah adsorpsi. Nilai $Q_{H_2O, \text{ urea, NaCl}}$ dihitung sebagai gram larutan air, urea, NaCl per gram sampel.

Pengujian Retensi Air

Tiga ratus milligram cuplikan sampel polimer superabsorben pada kondisi optimum sintesis dan polimer tanpa selulosa sebagai pembanding dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C hingga berat konstan dan ditimbang sebanyak 0,05 gram. Polimer superabsorben kering direndam dalam 100 ml air selama 24 jam. Setelah itu disaring dan ditimbang beratnya, kemudian dimasukkan ke dalam oven pada suhu 70 °C. Penimbangan dilakukan secara periodik setiap satu jam selama 6 jam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian *Swelling Ratio* dalam larutan Akuades

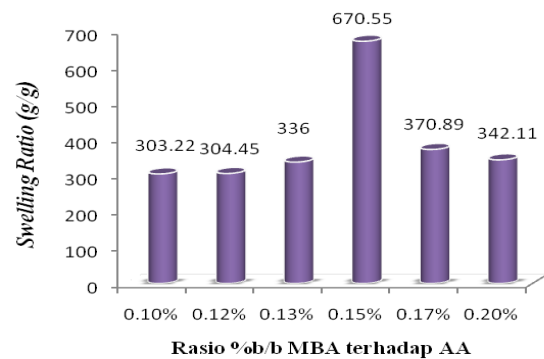
Polimer superabsorben hasil sintesis pada penelitian diuji kapasitas absorpsi berdasarkan pengaruh perbedaan rasio persen berat AA yang digunakan terhadap berat MBA yang ditambahkan. Berdasarkan data hasil yang didapatkan seperti yang terlihat pada Gambar 1, polimer superabsorben dengan rasio 0,15% berat MBA terhadap berat AA mempunyai nilai kapasitas absorpsi air paling besar yaitu

670,55 g/g terhadap berat kering polimer superabsorben dibandingkan polimer superabsorben hasil sintesis yang lain.

Berdasarkan Gambar 1 terlihat bahwa *swelling ratio* pada air meningkat seiring meningkatnya jumlah *metilenbisakrilamida*. Namun penambahan *metilenbisakrilamida* di atas 0,15 % hingga 0,20% *swelling ratio* mengalami penurunan. Hal ini dimungkinkan karena polimer yang terbentuk memiliki struktur jaringan yang lebih rapat sehingga pori-pori yang terbentuk lebih kecil sehingga kemampuannya untuk menampung air tidak terlalu besar. Dari penelitian Yu dan Tan (2006) dilaporkan bahwa ketika jumlah agen pengikat silang sedikit, *swelling ratio* dari polimer rendah. Hal ini dikarenakan rendahnya kerapatan agen pengikat silang sehingga tidak mampu untuk mempertahankan air yang diserap. Ketika jumlah MBA meningkat secara perlahan, kemampuan penyerapan air oleh polimer juga meningkat.

Pada rasio 0,15%, *swelling ratio* mencapai nilai maksimum. Namun terjadi penurunan yang jauh ketika jumlah MBA meningkat. Dengan demikian terbukti bahwa kenaikan konsentrasi agen pengikat silang akan memberikan kenaikan *swelling ratio*, tetapi jika konsentrasinya yang terus meningkat maka akan memberikan kecenderungan penurunan kembali *swelling ratio*. Fenomena ini terjadi akibat dari bertambahnya titik-titik ikatan silang selama polimerisasi yang menyebabkan pembentukan jaringan juga bertambah dan

hal ini yang membuat ruangan untuk tempat air yang masuk menjadi berkurang yang mana sesuai dengan Teori Jaringan Flory (Anah *et al.*, 2010). Polimer superabsorben sintesis selain memiliki struktur jaringan tiga dimensi antara asam akrilat dengan selulosa, gugus-gugus hidrofilik yang dimiliki monomer dan selulosa juga ikut berperan dalam proses penyerapan air. Semakin banyak gugus hidrofilik yang ada pada polimer dan kerapatan ruang yang tidak terlalu tinggi maka semakin banyak air yang mampu diserap oleh polimer.



Gambar 1. Grafik Hubungan variasi persen berat MBA terhadap berat AA dengan *swelling ratio* pada akuades

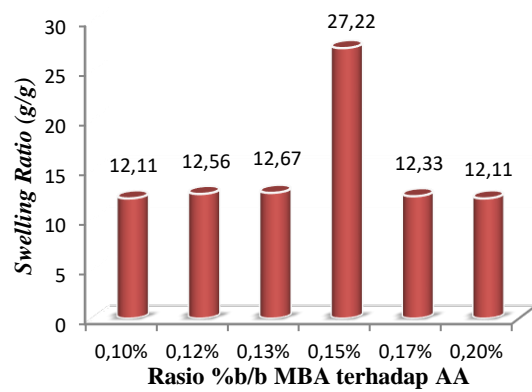
Larutan NaCl 0,15M

Pengukuran *swelling ratio* juga dilakukan pada larutan garam NaCl 0.15 M. Larutan garam NaCl merupakan salah satu jenis larutan garam yang umumnya dipakai untuk pengujian *swelling*. Konsentrasi ion-ion garam dapat mempengaruhi daya serap dari polimer yang akan digunakan sebagai absorben. Nilai *swelling ratio* polimer superabsorben yang diukur pada larutan garam mengalami penurunan dibandingkan dengan yang diukur pada akuades.

Hubungan rasio persen berat penambahan metilenbiskrilamida terhadap *swelling ratio* polimer superabsorben hasil sintesis disajikan pada Gambar 2.

Berdasarkan data hasil penelitian, polimer superabsorben dengan penambahan metilenbisakrilamida sebesar 0,15% mencapai *swelling ratio* paling besar yaitu 27,22g/g. Dari grafik tersebut tampak peningkatan *swelling ratio* dari 0,10%-0,15% seiring meningkatnya rasio metilenbisakrilamida yang ditambahkan. Namun dengan penambahan metilenbiskrilamida yang lebih banyak di atas 0,15% , *swelling ratio* pun menurun. Jika dibandingkan dengan *swelling ratio* dalam larutan NaCl terhadap *swelling ratio* dalam larutan akuades terlihat bahwa *swelling ratio* superabsorben dalam NaCl relatif sangat jauh lebih kecil. Hal ini dapat dijelaskan berdasarkan dari timbulnya tekanan osmotik akibat perbedaan konsentrasi ion-ion dalam media dan dalam kerangka jaringannya. Ion-ion yang terikat pada jaringan tersebut bersifat *immobile* yang dapat terpisah dari larutan luar karena adanya membran *semipermeable*. Jika superabsorben direndam di dalam akuades, maka tekanan osmosis pada superabsorben akan mencapai maksimum dan mengalami *swelling*. Namun apabila direndam di dalam larutan NaCl, maka tekanan osmosis akan sangat rendah. Hal ini disebabkan karena adanya ion Na^+ dan Cl^- (Erizal 2009) yang bertindak sebagai ion kontaminator yang posisinya berada sepanjang rantai polimer

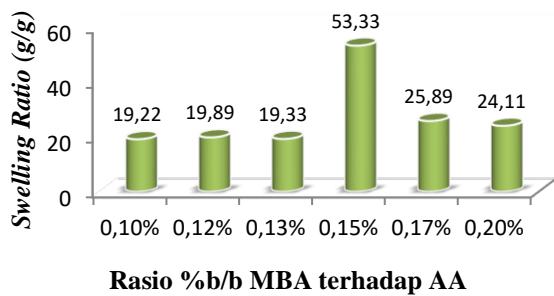
pada gugus karboksilat. Ion-ion tersebut menetralkan sebagian gugus hidrofilik dan membatasi gugus yang berpotensi untuk membentuk ikatan hidrogen antara polimer dan molekul-molekul air. Selain itu, akan ada pengurangan gaya tolak antara rantai-rantai yang mengalami ikatan silang pada polimer tersebut. Hal tersebut yang memungkinkan berkurangnya penyerapan air (Singhal *et al.*, 2009).



Gambar 2. Grafik hubungan variasi persen berat MBA terhadap berat AA dengan *swelling ratio* pada larutan NaCl 0,15M

Larutan Urea 5%

Aplikasi superabsorben yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari adalah sebagai bahan pada *personal care* yang salah satunya adalah sebagai absorben pada popok bayi. Kandungan urin sebagian besar didominasi oleh senyawa urea dan konsentrasinya bervariasi pada setiap individu yang diuji. Hal inilah yang mendasari pengujian *swelling ratio* superabsorben pada larutan urin. Pengujian dilakukan dengan *artificial urin* atau dengan larutan urea pada konsentrasi 5%. Hasil pengujian ini dapat diamati pada Gambar 3.



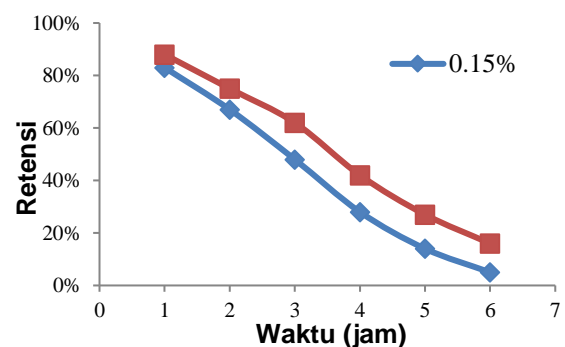
Gambar 3. Grafik Hubungan variasi persen berat MBA terhadap berat AA dengan *swelling ratio* pada larutan urea 5%

Berdasarkan data hasil pengujian tersebut didapatkan nilai *swelling ratio* yang paling besar pada jumlah penambahan metilenbisakrilamida sebesar 0,15% yaitu sebesar 53,33 g/g. Fenomena meningkatnya *swelling ratio* seiring penambahan metilenbisakrilamida juga tampak pada grafik. Semakin besar konsentrasi metilenbisakrilamida yang ditambahkan, maka *swelling ratio* dari superabsorben pun meningkat. Namun mengalami penurunan ketika terjadi peningkatan jumlah agen pengikat silangnya. Hal ini terjadi karena adanya peningkatan kerapatan struktur dari polimer superabsorben tersebut yang disebabkan jumlah agen pengikat silang yang meningkat sehingga struktur polimer menjadi lebih kaku. Akibatnya berpengaruh terhadap kemampuannya untuk *swelling*. Jika dibandingkan nilai *swelling ratio* superabsorben dalam urea terhadap akuades, terlihat bahwa nilai *swelling ratio* dalam urea relatif lebih kecil. Fenomena ini juga dilaporkan oleh Erizal (2009) yang mana hal tersebut disebabkan karena terganggunya struktur jaringan dari

superabsorben sehingga terjadi penurunan nilai *swelling ratio*.

Pengujian Kemampuan Retensi Air

Pada penelitian ini dilakukan pengujian kemampuan polimer superabsorben dalam menahan larutan dalam waktu tertentu melalui uji retensi air. Polimer superabsorben yang diuji adalah yang memiliki rasio penambahan MBA sebesar 0,15% yang merupakan superabsorben yang memiliki nilai maksimum pada pengujian *swelling ratio* terhadap akuades, larutan NaCl 0,15%, dan larutan urea 5%. Pengujian tersebut diukur selama 6 jam dengan pengukuran setiap jamnya dan dibandingkan dengan retensi terhadap superabsorben yang disintesis dari asam akrilat tanpa pencangkakan dengan selulosa. Hubungan antara waktu dengan berat air yang berada pada polimer superabsorben dapat dilihat pada Gambar 4



Gambar 4. Grafik hubungan waktu dengan persen air yang tertahan pada polimer superabsorben.

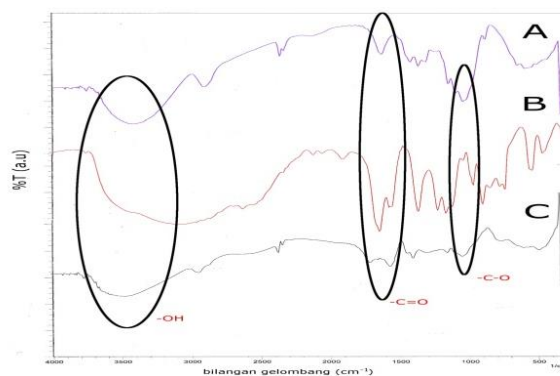
Berdasarkan data hasil pengujian yang terlihat pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa kemampuan poli asam akrilat dalam menahan air lebih besar dibandingkan

dengan polimer superabsorben tercangkok. Dari grafik terlihat bahwa air yang lepas pada asam akrilat sebesar 84% sedangkan pada superabsorben tercangkok sebesar 95%. Fenomena ini juga dilaporkan pada penelitian Li *et al.* (2009) bahwa pada poli asam akrilat jumlah air yang lepas hanya 60,4%, sedangkan pada superabsorben tercangkok sebesar 96,2% dalam waktu 5,5 jam.

Karakterisasi FTIR

Proses pencangkakan selulosa pada monomer asam akrilat dapat teramati dari spektrum FTIR pada Gambar 5. Spektrum selulosa hasil preparasi (A) dibandingkan dengan spektrum dari monomer AA (B) dan polimer superabsorben yang disintesis (C). Polimer superabsorben yang dibandingkan adalah polimer dengan rasio persen berat MBA 0,15% dimana polimer ini memiliki nilai kapasitas absorpsi air dan *swelling ratio* paling besar pada penelitian ini.

Spektrum monomer AA (B) menunjukkan adanya puncak serapan pada bilangan gelombang (cm^{-1}) 3109,25 yang menunjukkan vibrasi untuk gugus O-H pada asam karboksilat, serapan pada 2931,80-2893,22 menunjukkan vibrasi dari C-H yang dapat berasal dari metil atau metilen, pada 1705,07 menunjukkan vibrasi gugus C=O dan pada 1635,64 menunjukkan vibrasi gugus C=C, serta serapan 1242,16 menunjukkan vibrasi untuk gugus C-O.



Gambar 5. Spektra FTIR (A) selulosa hasil preparasi, (B) monomer AA (B) dan (C) polimer superabsorben hasil sintesis (MBA 0,15%, alang-alang 5%)

Berdasarkan Gambar 5 terdapat perbedaan-perbedaan jelas yang tampak pada spektrum selulosa hasil preparasi, monomer AA dengan polimer superabsorben hasil sintesis. Spektrum polimer superabsorben hasil sintesis menunjukkan serapan pada panjang gelombang $\approx 3417,86 \text{ cm}^{-1}$ dengan bentuk serapan yang muncul lebar dan sedang yang menunjukkan adanya *overlapping* dari gugus O-H pada selulosa dan gugus N-H dari metilenbisakrilamida. Karakteristik lain dari selulosa yang muncul pada spektrum yaitu vibrasi gugus C-O pada panjang gelombang $1056,99 \text{ cm}^{-1}$. Selain itu, terdapat juga spektrum tampak yang merupakan ciri khas dari asam akrilat yaitu munculnya serapan pada panjang gelombang $1705,07 \text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan vibrasi dari gugus C=O. Serapan untuk panjang gelombang juga terjadi pada $1566,20 \text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan vibrasi dari gugus C=O amida.

Mengacu pada perbandingan data spektrum FTIR tersebut dapat diketahui proses pencangkakan dan pengikatsilangan

untuk membentuk polimer superabsorben terjadi pada karbon rangkap dua monomer AA.

KESIMPULAN

Kenaikan konsentrasi agen pengikat silang metilenbisakrilamida (MBA) akan memberikan kenaikan *swelling ratio*, tetapi jika konsentrasinya terus ditingkatkan maka akan memberikan kecenderungan penurunan kembali kemampuan *swelling ratio*. Polimer superabsorben yang dihasilkan dengan variasi jumlah agen pengikat silang memiliki nilai optimum pada 0,15%.

SANWACANA

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kementerian Riset dan Teknologi Republik Indonesia yang telah membiayai penelitian ini melalui Hibah Insentif Sinas Ristek tahun 2014.

DAFTAR PUSTAKA

- Anah, L., N.A. Astrini, A. Nurhikmat, A. Haryono 2010. Studi Awal Sintesa Carboxymethyl Cellulose-graft-Poly(acrylic acid)/ Montmorilonit Superabsorben Polimer Hidrogel Komposit melalui Proses Kopolimerisasi Cangkok. *Berita Biomassa* 45(1): 1-8.
- Andry, H., T. Yamamoto, T. Irie, S. Moritani, M. Inoue, H. Fujiyama. 2009. Water retention, hydraulic conductivity of hydrophilic polymers in sandy soil as affected by temperature and water quality. *Journal of Hydrology* 373: 177–183.
- Azizah, A., A. Irwan, Sunardi. 2012. Sintesis dan Karakterisasi Polimer Superabsorben Berbasis Selulosa dari Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) tercangkok Akirilamida (AAM) *Jurnal Sains dan Terapan Kimia*. **6** (1): 59-70.
- Deligkaris, K., T.S. Tadele, W. Olthuis, A.V.D. Berg. 2010. Review: Hydrogel-based devices for biomedical applications. *Sensors and Actuators*. **147**: 765–774.
- El-Rehim, H.A.A. 2005. Swelling of radiation crosslinked acrylamide-based microgels and their potential applications. *Radiation Physics and Chemistry*. **74**: 111–117.
- Erizal. 2009. Synthesis and Characterization of Crosslinked Polyacrylamide (PAAM)-Carrageenan Hydrogels Superabsorbent Prepared By Gamma Radiation. *Indonesian Journal of Chemistry*. **10** (1): 12-19.
- Irwan, A. Sunardi. A. Syabatini. 2013. Polimer Superabsorben Berbasis Akirilamida (AAM) tercangkok Pati Bonggol Pisang (*Musa paradisiaca*). Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung 10-12 Mei 2013. p45-53.
- 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.
- Li, A., J. Zhang & A. Wang. 2009. Synthesis, characterization and water absorbency properties of poly(acrylic acid)/sodium humate superabsorbent composite. *Polymers for Advanced Technologies*. **16**: 675–680.
- Ma, Z., Q. Li, Q. Yue, B. Gao, X. Xu, Q. Zhong. 2010. Synthesis and characterization of a novel superabsorbent based on wheat straw. *Bioresource Technology*. **102**: 2853-2858.

- Singhal, R., R. S. Tomar, A. K. Nagpal. 2009. Effect of Cross-Linker and Initiator Concentration On The Swelling Behaviour and Network Parameters of Superabsorbent Hydrogels Based On Acrylamide and Acrylic Acid. *International Journal of Plastic and Technology*. **13**(1):22–37.
- Sunardi. A. Irwan, Nurjannah. W.T. Istikowati. 2013. Pengaruh Penambahan Jumlah Inisiator Amonium Persulfat (APS) terhadap Karakteristik Polimer Superabsorben Asam Akilat dan Selulosa Batang Alang-alang (*Imperata cylindrica*). Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA, 18 May 2013. Yogyakarta, Indonesia. pK-127-132.
- Sunardi. A. Irwan, W.T. Istikowati, Aminonatalina. 2013. Pengaruh Derajat Netralisasi Asam akrilat pada Sintesis Polimer Superabsorben dari Selulosa Tumbuhan Alang-alang (*Imperata cylindrica*). *Sains dan Terapan Kimia*. **7**(2): 102-115.
- Sunardi. A. Irwan, W.T. Istikowati. 2013. Sintesis Polimer Superabsorben Berbasis Selulosa dari Alang-alang (*Imperata cylindrica*) grafted Acrylic Acid. Prosiding Seminar Nasional Ilmiah INSINAS 2013, 7-8 November 2013, Jakarta, Indonesia: 379-386.
- Sutiya, B., W.T. Istikowati, A. Rahmadi, Sunardi. 2011. Kandungan Kimia dan Sifat Serat Alang-alang (*Imperata cylindrica*) sebagai Gambaran Bahan Baku Pulp dan Kertas. *Bioscientiae*. **9**(1): 8-19.
- Swantomo, D., Kartini, M.R. Saptaji. 2008. Pembuatan Komposit Polimer Superabsorben dengan Mesin Berkas Elektron. Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir-BATAN. *Jurnal Forum Nuklir*. **2**(2): 1-14.
- Yu, C., H. Tan. 2006. Crosslinked Carboxymethylchitosan-g-Poly(Acrylic Acid) Copolymer as A Novel Superabsorbent Polymer. *Carbohydrate Research*. **341**: 887–89.