



YAYASAN KARTIKA EKA PAKSI

UNJANI

UNIVERSITAS JENDERAL ACHMAD YANI



ISBN 978-602-70361-0-9



9 786027 036109

PROSIDING
SEMINAR NASIONAL
ILMU PENGETAHUAN DAN TEKNOLOGI
JENDERAL ACHMAD YANI

CIMAHI, 29 - 30 APRIL 2014



SNIJA
2014

**MEMBANGUN INOVASI DALAM SAINS,
TEKNOLOGI, KESEHATAN DAN
SOSIOHUMANIORA**

**LEMBAGA PENELITIAN DAN
PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
UNIVERSITAS JENDERAL ACHMAD YANI**



E. BIDANG BIODIVERSITAS, LINGKUNGAN, DAN SUMBER DAYA ALAM

E-02 Pembuatan Gliserol Monooleat dengan Proses Esterifikasi Tanpa Katalis Heri Heriyanto [*] , Dina Kartika Yulis, Mimi Ainurrohim	255
E-05 Sintesa Tawas dari Batuan Kaolin sebagai Alternatif Pengembangan Sumber Daya Alam Hernandi Sujono [*] , Jasmansyah	261
E-07 Fitokimia dari Lemak Biji Tengkawang Valentina Adimurti Kusumaningtyas ¹ , Iis Inayati Rakhmat ² , Dasli Noedin ¹ , Anceu Murniati ¹	264
E-08 Fotodegradasi Zat Warna Tekstil dengan Fotokatalis TiO ₂ , Al ₂ O ₃ dan H ₂ O ₂ Senadi Budiman [*] , Dadan Suryasaputra, Dera Ristianti	267
E-09 Dinamika Perubahan Penggunaan Lahan di Kabupaten Subang Karina Andalusia [*] , Dyah R. Panuju, dan Bambang H. Trisasongo	272
E-10 Optimasi Pola Tanam pada Lahan pertanian dengan Mempertimbangkan Potensi Erosi, <i>Land Rent</i> , dan Kecukupan Beras di Wilayah Subang, Jawa Barat R. Ianatus Sholihah ^{1*} , Dyah R. Panuju ² , dan Enni D. Wahjunie ³	279
E-12 'Kampung Kota' Di RW-12 Blok Babakan Andir Kelurahan Padasuka Kota Bandung - Kondisi Sosial-Ekonomi dan Perbukitannya Udjianto Pawitro, Achsien Hidayat, Nanang Suherman.	286
E-13 Aktivitas polifenol oksidase dalam buah apel Ceri Malang (<i>Malus domestica</i>) yang Berpotensi untuk Deteksi Fenol Anceu Murniati ^{1*} , Buchari ² , Suryo Gandasasmita ² , Zeily Nurachman ³ , Valentina Adimurti ¹ dan Merika ...	293
E-14 Pengaruh Penggunaan Sabun Alami terhadap Ketahanan Warna Batik Warna Alami Dwi Suheryanto	297
E-15 Penggunaan Pengawet Alami Daun Babadotan terhadap Tingkat Keawetan Bambu Petung Dwi Suheryanto	303
E-16 Pembuatan dan Karakterisasi Hidrogel Superabsorben Poli (Kalium Akrilat)-Pati dengan Irradiasi Sinar Gamma (Y) Dhena Ria Barleany ^{1*} , Ahmad Dzikrillah, Heri Heriyanto, Rahmayetty, Teguh Kurniawan, Erizal ²	309
E-19 Proses Penjumlahan Hidrogen dari Gas Campuran (H ₂ , N ₂ , dan CO) Menggunakan Membran Pd75-Ag25 Rusdi ^{1*} , Yogi Wibisono Budhi ² , Irwan Noezar ³	315
E-21 Aktivitas Antimikroba dan Uji Efektivitas Pengawet Ekstrak Etanol Selaput dan Biji Buah Galinggem Dewi Meliati Agustini ^{1*} , Putranti A. ² , Rahmaniar ¹	322
E-23 Isolasi dan Karakterisasi Morfologi Bakteri Nitrifikasi Indigen dari Limbah Cair Industri Pupuk Urea Sri Wardhani ^{1*} , Moh. Rasyid Ridho ² , Arinafril ³ , Susila Arita ⁴ , Ngudiantoro ²	328
E-24 Sintesis Seng Oksida (ZnO) Nano Partikel Sebagai Bahan Aktif Pada Sensor Gas Dengan Metode Sol Gel Slamet Widodo dan Goib Wiranto	333
E-25 Proses Sintesis Indium Tin Oksida Nano Partikel dengan Metode Sol Gel sebagai Lapisan Aktif pada Sensor Gas CO Slamet Widodo dan Goib Wiranto	340
E-26 Senyawa yang bersifat sitotoksik dari daun <i>Kalanchoe tomentosa</i> (Crassulaceae) Lilis Siti Aisyah ^{1*} , Yenny Febriani Yun ¹ , Unang Supratman ² , Tati Herlina ² , Euis Julaha ²	346

Pembuatan dan Karakterisasi Hidrogel Superabsorben Poli (Kalium Akrilat)-Pati dengan Irradiasi Sinar Gamma (γ)

Dhena Ria Barleany^{1*}, Ahmad Dzikrillah, Ermawati, Heri Heriyanto, Rahmayetty, Teguh Kurniawan, Erizal²

¹Jurusan Teknik Kimia Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jln. Jend. Sudirman Km.3 Cilegon, Banten

² Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi, Batan, Jl. Lebak bulus Raya no.49 Jakarta
*E-mail: dbarleany@yahoo.com

Abstract

Poly-(kalium akrilat) is one of hydrogel based materials which have great performance for the application of baby diapers. The mixtures of acrylic acid, kalium hydroxide, and starch were exposed to gamma irradiation to synthesize hydrogels for baby diapers. The aims of this study were to produce poly-(kalium akrilat)-starch hydrogels superabsorbent and apply the product on the absorption of liquid contained urine components (water, NaCl, KCl, CaCl₂, urea). The effect of starch concentrations to the swelling behavior of hydrogels were investigated. 45 mL of 30% (v/v) acrylic acid solution was mixed with 6,1 g kalium hydroxide and 50 mL of different concentration starch solution, and then exposed to gamma irradiation. Poly-(kalium akrilat)-starch hydrogels superabsorbent were formed after exposition of gamma irradiation at 10, 20, and 30 kGy. The swelling study confirmed that hydrogel which was synthesize from Casava starch resulted higher water absorption capacity than that from the Corn starch. The highest water absorption capacity of the hydrogels reached 489g/g, resulted by gamma irradiation at 10 kGy of 1% (w/v) Casava starch concentration in the mixture. The absorption study showed that the hydrogel produced in this research could be considered as a potential baby diaper material.

Keywords: hydrogel superabsorbent, starch, gamma irradiation, diaper

1. Pendahuluan

Dalam waktu beberapa tahun ini, penelitian mengenai hidrogel telah mengalami banyak kemajuan. Penggunaan hidrogel dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang, salah satunya sebagai bahan polimer superabsorben. Keunggulan hidrogel dibandingkan dengan bahan absorben lain seperti kertas, selulosa dan kapas adalah kemampuannya dalam mengabsorpsi air mencapai beberapa kali lipat dibandingkan berat keringnya (superabsorben), tahan terhadap tekanan, dan 90% bahannya ramah lingkungan (Erizal, 2010).

Karena memiliki daya serap tinggi, maka penggunaan hidrogel superabsorben dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang, antara lain dibidang pertanian sebagai soil conditioner untuk kantung air pada daerah kering dan irigasi (Haji-Saeid dkk, 2007), di bidang industri digunakan untuk pengolahan air yang terpolusi logam (Barleany, et al., 2013), pada bidang farmasi dan kesehatan digunakan dalam sistem penghantaran obat (Zhou dkk, 2008), serta sebagai bahan penyerap urin pada sediaan popok bayi (Abd Alla dkk, 2012).

Poli (asam akrilat) memiliki daya serap terhadap air (swelling) yang sangat tinggi (Al-qudah, 2012). Anionik hidrogel superabsorben berbasis asam akrilat atau sodium akrilat dan akrilamida telah sangat dikenal (Magalhaes dkk, 2012). Modifikasi hidrogel superabsorben akrilamida-asam akrilat (Erizal, 2010) dilakukan dengan metode iradiasi sinar gamma pada dosis 20 kGy hingga 40 kGy, diperoleh fraksi gel tertinggi 100% serta rasio swelling 130 g/g pada dosis 20 kGy dan konsentrasi asam akrilat 0,75 %. Penggunaan material sintesis seperti poli akrilat banyak menyebabkan masalah di bidang lingkungan, sehingga perlu dilakukan modifikasi atau penggabungan dengan material alami. Hidrogel superabsorben poli (akrilamida-ko-asam akrilat) telah digabungkan dengan pati (Erizal, 2012) dan diperoleh nilai fraksi gel tertinggi 93% serta rasio swelling 250 g/g hidrogel dengan komposisi asam akrilamida 5%, asam akrilat 15 % dan pati 1%.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah asam akrilat yang telah dimurnikan dan dipolimerisasi dengan penambahan kalium hidroksida sehingga terbentuk poli (kalium akrilat). Pati yang digunakan adalah pati singkong dan pati jagung, dengan teknik iradiasi sinar gamma untuk proses polimerisasinya. Penggunaan bahan kimia sebagai pengikat silang dapat meninggalkan residu yang bersifat toksik sehingga dapat berbahaya bagi manusia dalam aplikasinya, sehingga teknik iradiasi menggunakan sinar dengan intensitas rendah sering dilakukan para peneliti untuk mengembangkan teknologi yang lebih aman.



Tujuan dari penelitian ini yaitu mendapatkan produk hidrogel superabsorben poli (kalium akrilat)-pati dan menguji kemampuan hidrogel yang diperoleh untuk aplikasi penyerapan terhadap zat-zat yang terkandung dalam urin (air, NaCl, KCl, CaCl₂, urea).

2. Metode

Penelitian ini dilaksanakan melalui dua tahap, yaitu tahap pembuatan hidrogel superabsorbent dan tahap absorpsi. Pada tahap pembuatan hidrogel, diukur sejumlah 30 ml aquades dalam wadah beaker glass 250 ml, kemudian ditambahkan 15 ml asam akrilat dan KOH (kalium hidroksida) 6,1 gr hingga membentuk larutan kalium akrilat, kemudian ditambahkan dengan 1 gr pati yang sudah dilarutkan dengan 50 ml aquades pada suhu 80 oC hingga homogen. Campuran larutan tersebut dikemas dalam wadah plastik 10x15 cm² dengan ketebalan 0,1 cm, kemudian diradiasi dengan sinar gamma pada dosis yang berbeda yaitu 10 kGy, 20 kGy dan 30 kGy. Hasil radiasi yang berupa gel kemudian dikeluarkan dari wadah plastik dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60 oC selama 24 jam. Hidrogel kering yang diperoleh kemudian dipotong kecil-kecil untuk memudahkan proses penghalusan menggunakan blender, sehingga didapat hidrogel kering dengan ukuran ±60 mesh. Hidrogel yang diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam botol kaca rapat untuk disimpan.

Tahap absorpsi dilakukan untuk menguji kemampuan penyerapan hidrogel terhadap air dan beberapa jenis larutan yang terkandung di dalam urin. Hidrogel superabsorben diuji nilai swelling di dalam aquades dan larutan garam (KCl 0,15M; NaCl 0,15M; CaCl₂ 0,15M; dan urea). Proses absorpsi dilakukan pada rentang waktu 15, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300 detik. Analisa fraksi gel dan swelling mengikuti prosedur yang dilakukan pada penelitian Barleany, et al. (2013). Tahap analisa pada gugus fungsi yaitu dengan analisis perbedaan gugus dari bahan baku menjadi produk sintesis dilakukan dengan cara membaca spektrum dari spektrofotometer FT-IR. 0,01 gr hidrogel superabsorben dimasukkan dalam cup spektrofotometer, kemudian membaca spektrum dari spektrofotometer.

Dalam penelitian ini terdapat variabel tetap dan bebas, dimana variabel tetapnya meliputi kecepatan stirer absorpsi 200 rpm, massa HSA dalam absorpsi (0,1 gram), suhu absorpsi yaitu suhu ruang dan volume larutan untuk absorpsi 50 ml. Variabel bebasnya meliputi dosis radiasi 10, 20, 30 kGy, jenis pati (singkong, jagung), massa pati (1, 2, 3 gr) dan waktu absorpsi (15, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300) detik.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain timbangan analitik NJW 300, oven Hereaus Instrumen Vacuterm, iradiator Co60 (iradiator karet), spektrofotometer Fourier Transform Infrared Shimadzu Prestige-21, magnetic stirrer (motor Heildoph), blender, penyaring, stopwatch dan alat-alat gelas (gelas ukur, beaker dan lain-lain).

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah asam akrilat (Merck), pati (singkong, jagung), KOH (Merck), urea 2,5%; KCl 0,15M; NaCl 0,15M; CaCl₂ 0,15M dan aquades.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengaruh Jenis Pati

Jenis pati yang digunakan pada penelitian ini yaitu pati singkong dan jagung. Uji yang dilakukan mencakup fraksi gel dan rasio *swelling*. Fraksi gel dilakukan untuk mengetahui banyaknya persentase gel yang terbentuk dari polimer superabsorben. *Swelling* adalah kondisi hidrogel dalam keadaan mengembang, sedangkan rasio *swelling* menunjukkan banyaknya air atau pelarut lain yang masuk kedalam jaringan hidrogel. Rasio *swelling* menjadi ukuran utama kinerja suatu hidrogel dan dalam hal ini menguji jumlah air yang terserap dalam hidrogel. Hasil pengujian fraksi gel dan *swelling* dari hidrogel poli (kalium akrilat)-pati dengan variasi jenis pati disajikan pada Tabel 1.

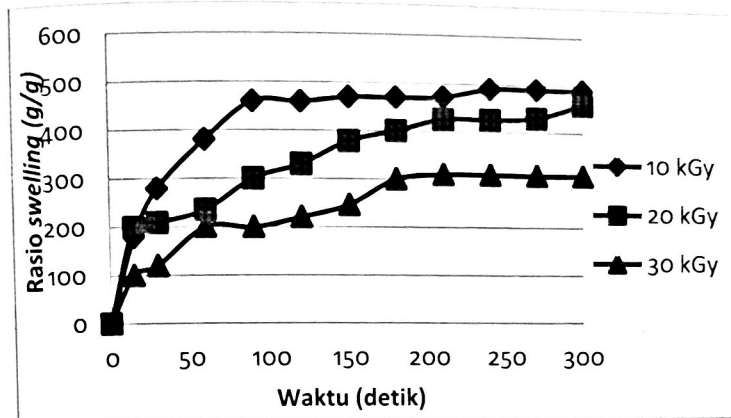
Tabel 1. Hasil Penentuan Fraksi Gel Poli-(Kalium Akrilat)-Pati

Jenis Pati	Singkong	Jagung
Nilai Fraksi Gel	74,012%	69,53%
<i>Swelling</i> (pada 120 detik)	459 g/g	349 g/g

Dari Tabel 1 didapatkan fraksi gel dari produk hidrogel menggunakan penambahan pati singkong sebesar 74,012% lebih baik dibandingkan dengan penambahan pati jagung yang hanya 69,53% . Dari dua jenis pati yang diujikan, pati singkong memiliki nilai yang lebih baik karena jumlah polimer yang diubah menjadi hidrogel lebih banyak dan nilai *swelling* yang diperoleh pada interval 120 detik yaitu sebesar 459 g/g.

3.2 Pengaruh Dosis Radiasi dan Waktu Perendaman

Pada penelitian ini sintesis hidrogel dilakukan dengan irradiasi gamma dengan dosis 10, 20, 30 kGy. Produk gel yang diperoleh kemudian diuji rasio *swelling*nya selama 300 detik setiap selang waktu 30 detik. Hasil uji *swelling* pada variasi dosis radiasi ditunjukkan pada Gambar 1.

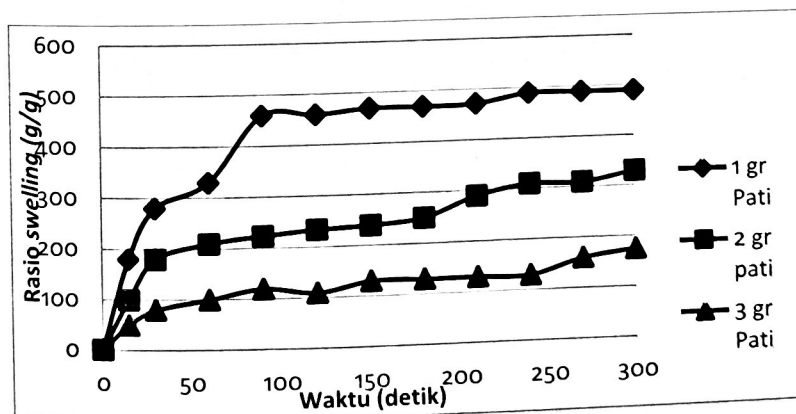


Gambar 1. Hubungan antara Waktu terhadap Rasio *Swelling* dalam Media Air

Dari Gambar 1 terlihat bahwa semakin lama waktu perendaman dari 15 detik sampai 300 detik maka rasio *swelling* polimer superabsorben akan semakin meningkat. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu perendaman maka semakin banyak air yang diserap dan masuk dalam pori-pori polimer superabsorben. Kemampuan absorpsi terhadap air akan menjadi konstan atau mencapai keadaan kesetimbangan apabila jaringan polimer superabsorben telah terisi penuh oleh molekul air. Gambar 5 juga menunjukkan bahwa semakin besar dosis radiasi dari 10 - 30 kGy maka semakin kecil rasio *swelling*nya. Hal ini disebabkan oleh semakin rapatnya ikatan silang yang terbentuk maka semakin kecil pori-pori dalam polimer superabsorben sehingga air yang berpenetrasi ke dalam jaringan polimer superabsorben juga semakin sedikit. Polimer superabsorben dengan dosis iradiasi 10 kGy mempunyai rasio *swelling* tertinggi sebesar 489 g/g.

3.3 Pengaruh Konsentrasi Pati Singkong

Hasil pengujian rata-rata fraksi gel hidrogel poli (kalium akrilat)-pati yang disintesis menggunakan radiasi gamma ditunjukkan pada Gambar 2.

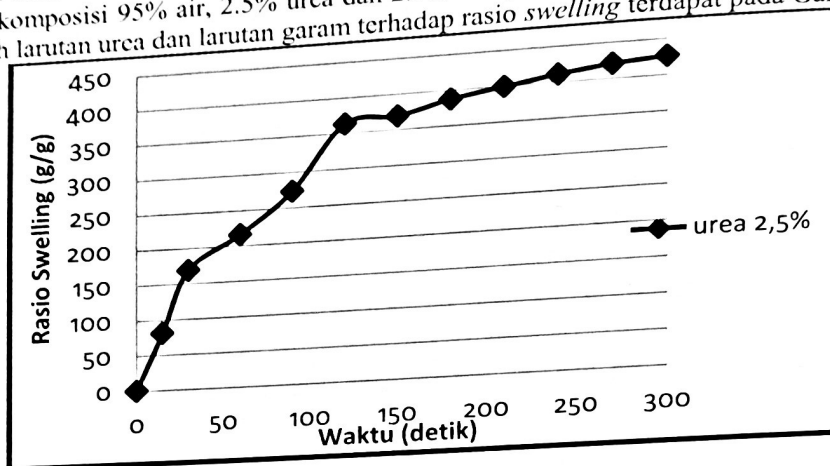


Gambar 2. Pengaruh Penambahan Pati terhadap Rasio *Swelling*

Dari Gambar 2 terlihat bahwa peningkatan penambahan dosis pati akan menurunkan nilai rasio *swelling*. Hal ini dikarenakan jika kandungan pati berlebih dalam polimer poli (kalium akrilat)-pati maka akan menimbulkan banyak celah antara ikatan polimer. Dampak negatif dari adanya pati berlebih yaitu daya serap terhadap air akan berkurang karena daya serap pati lebih kecil dibandingkan dengan daya serap kalium akrilat. Kalium akrilat merupakan absorber primer dalam polimer ini. Sedangkan pati berfungsi sebagai absorber sekunder karena fungsi utama pati pada polimer ini yaitu hanya menciptakan celah sebagai *trap* untuk air dan menangkap sedikit air.

3.4 Uji Penyerapan Terhadap Kandungan Urin

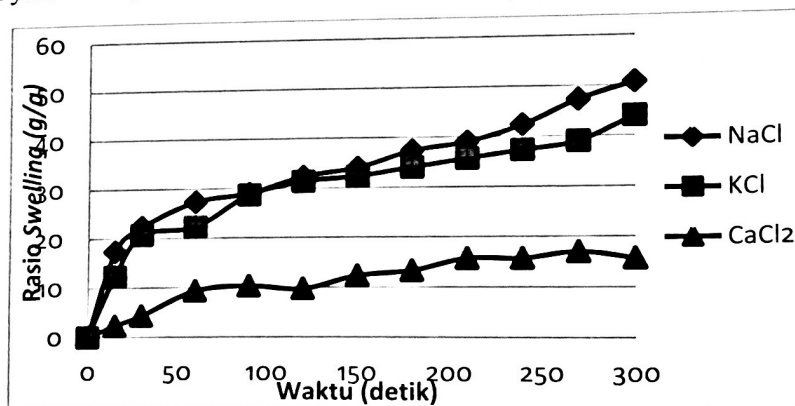
Uji ini dilakukan untuk aplikasi hidrogel superabsorben sebagai bahan penyerap cairan urin dalam sediaan popok. Uji rasio *swelling* hidrogel superabsorben terhadap urea sebagai larutan simulasi pengganti urin dilakukan dengan komposisi 95% air, 2.5% urea dan 2.5% campuran mineral, garam, hormon dan enzim. Hasil pengujian pengaruh larutan urea dan larutan garam terhadap rasio *swelling* terdapat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hubungan waktu terhadap rasio swelling dalam larutan urea

Dari Gambar 3 terlihat bahwa semakin lama waktu perendaman dari 15 detik sampai 300 detik maka rasio *swelling* akan semakin meningkat. Hal ini terjadi karena jika dilihat dari struktur molekul dan bobot molekulnya, urea memiliki struktur molekul dan bobot molekul yang lebih besar dari air sehingga rasio *swelling* pada larutan urea lebih kecil dibanding dengan air.

Uji pengaruh garam dilakukan untuk melihat perbedaan rasio *swelling* akibat dari adanya jenis garam yang berbeda, hal ini juga dilakukan untuk uji aplikasi sebagai bahan penyerap dalam popok karena di dalam urin juga mengandung berbagai jenis garam. Fungsi waktu terhadap rasio *swelling* hidrogel superabsorben dalam berbagai jenis garam yaitu NaCl, KCl dan CaCl₂ terdapat pada Tabel 4.

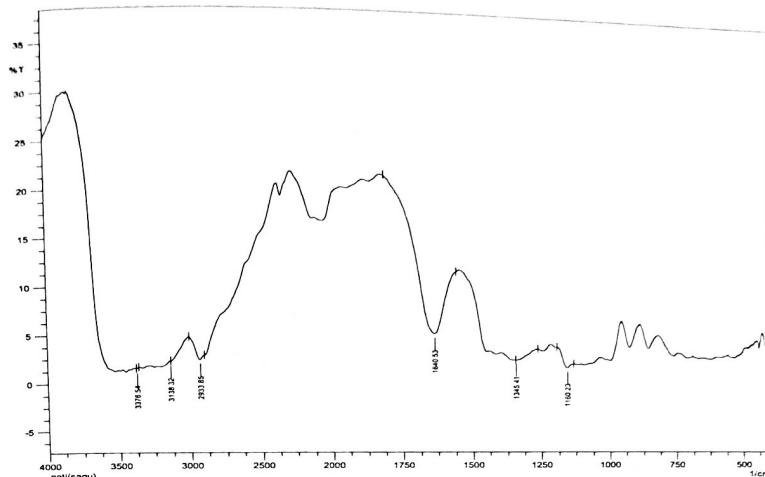


Gambar 4. Hubungan Waktu terhadap Rasio Swelling dalam Larutan Garam 0,15M.

Dari Gambar 4 terlihat bahwa adanya perbedaan nilai rasio *swelling* antara garam NaCl, KCl, CaCl₂. Semakin besar jari-jari atom ($\text{Na}^+ > \text{K}^+$) dan juga kenaikan valensi ion Ca^{2+} maka rasio *swelling* semakin menurun. Hal ini terjadi karena partikel garam akan menghalangi air untuk masuk ke dalam jaringan hidrogel superabsorben. Semakin besar jari-jari partikel garam maka jumlah air yang berpenetrasi ke dalam jaringan hidrogel superabsorben semakin sedikit. Adanya kenaikan valensi ion juga menyebabkan proses ionisasi dalam hidrogel superabsorben semakin ditekan sehingga tekanan osmotik akan menurun dan rasio *swelling* pun menurun.

3.5 Uji Gugus Fungsi Menggunakan Spektrofotometer FTIR

Uji gugus fungsi dengan Spektrofotometer FTIR dilakukan untuk melihat kemungkinan terjadinya pembentukan ikatan silang selama proses iradiasi atau untuk menentukan kemungkinan mekanisme reaksi pembentukan ikatan silang antara asam akrilat dan pati. Hasil spektrum IR dapat tunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Spektrum FTIR Hidrogel Superabsorben

Tabel 2. Frekuensi Absorpsi Daerah Inframerah dari Berbagai Gugus Fungsi

Grup	Gugus fungsi	Bilangan gelombang (cm ⁻¹)
Alkana	-CH ulur	3000-2842
	-CH ₂ tekuk	1450
	-CH ₃ tekuk	1375-1300
Alkena	Oleofinik	3100- 3000
Alkuna	Asetilenik -CH ulur	3333-3267
Aromatis	Aromatic -CH ulur	3100-3000
	-C=C- ulur	1600-1585
Alcohol	-OH ulur	3650- 3584
	-OH tekuk	1420- 1330
	-C-O ulur	1260- 1000
Eter	C-O	1300- 1000
Amin	-NH ulur primer	3500-3200
	-NH ulur sekunder	3340-3310
Aldehida	-C=O ulur	1740-1720
Keton	-C=O ulur	1870- 1540
Asam karboksilat	-C=O ulur	1760- 1700
	-C=O ulur	1694
Amida	-NH ulur	3400
	-NH tekuk	1655- 1620

Diprediksikan bahwa (kalium akrilat)-pati setelah di radiasi akan kehilangan ikatan rantai C=C karena adanya efek energi yang memutus ikatan dan adanya gangguan dari radikal bebas H* sehingga ikatan rangkap berubah menjadi ikatan tunggal C-C. Untuk memastikan reaksi tersebut perlu diidentifikasi menggunakan FTIR. Hasil identifikasi pengukuran spektrum FTIR hidrogel poli (kalium akrilat)-pati yang di lanjutkan dengan iradiasi dapat dilihat pada Gambar 5. Terlihat bahwa pada polimer asam akrilat terdapat gugus C-H dan C=O. Untuk gugus C-H sedangkan gugus C=C tidak teridentifikasi sehingga sesuai dengan prediksi mekanisme reaksi poli (kalium akrilat)-pati. Untuk gugus C-H teridentifikasi pada daerah bilangan gelombang 3375.54 cm⁻¹ dan untuk gugus C=O terdapat pada daerah bilangan gelombang 1640.53 cm⁻¹.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa hidrogel superabsorben poli (kalium akrilat)-pati dapat disintesis dengan teknik iradiasi gamma. Pati yang berasal dari singkong memiliki nilai faksi gel dan rasio *swelling* yang lebih baik dari pada pati jagung. Nilai rasio *swelling* tertinggi terhadap air pada penelitian ini diperoleh saat penggunaan pati singkong sebanyak 1 gram dan dosis radiasi 10 kGy, yaitu sebesar 489 g/g. Uji penyerapan terhadap kandungan urin selama 5 menit menghasilkan nilai rasio *swelling* 426 g/g untuk urea, 50,7 g/g untuk NaCl, 44 g/g untuk KCl, dan 15,7 g/g untuk CaCl₂.



Daftar Pustaka

- Al-qudah, Y.H.F., Swelling and Drug Release Properties of Starch Based Copolymer Hydrogel Prepared by Ionizing Radiation, Arab Journal of Nuclear Science and Application, 2012, 45 (2), 179-185
- Barleany, D.R., Sofiyati, Unayah, Erizal, Aplikasi Hidrogel Superabsorben Kopoli (Asam Akrilat-Hidroksi Etil Akrilat)-Kitosan Hasil Irradiasi Gamma untuk Adsorpsi Ion Logam Cu^{2+} dalam Larutan, Jurnal Pengolahan Limbah, 2013, vol. 16, no. 3, BATAN, Jakarta
- Erizal, Sintesis Hidrogel Superabsorben Poli (Akrilamida Ko kalium Akrilat) dengan Teknik Radiasi dan Karakteristiknya, Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi, 2010, Vol. 6, No. 2, BATAN, Jakarta
- Erizal, Synthesis of Poly (Acrylamide-co-Acrylic Acid)-Starch Based Superabsorbent Hydrogels by Gamma Radiation: Study it's swelling Behavior, Indo J. Chem., 2012, 12 ((2), 113-118
- Haji-Saeid, M., Sampa, M.H., Ramamoorthy, N., Guven, O., Chemielewesky, A.G., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, 2007, 265, 51-57
- Magalhaes, A.S.G., Neto, M.P.A., Bezerra, M.N., Ricardo, N.M.P.S., Feitosa, J.P.A., Application of FTIR in The Determination of Acrylate Content in Poly (Sodium Acrylate-co-Acrylamide) Superabsorbent Hydrogels, Quim. Nova, 2012, Vol. 35, No. 7, 1464-1467
- Zhou, H.N., Chen, X.G., Kjong, M., Liu, C.S., Cha, D.S., Kennedy, J.F., Effect of Molecular Weight and Degree of Chitosan Deacetylation on The Preparation and Characteristics of Chitosan Thermosensitive Hydrogel as a Delivery System, Carbohydrate Polymer, 2008, 73, 265-273