

LAPORAN TEKNIS 2017

87/AIR 4/OT 02 02/02/2018

**PROTOTIPE PRODUK POLIMER IRADIASI**

**Meri S., Darmawan D., Gatot T.R., Ambyah S., Tita P., Nunung N.,  
Dewi Sekar P., Sri Susilawati, Ajat S., Santoso P., Mamat Y.**



**PUSAT APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI  
BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL  
2018**

87/AIR 4/OT 02 02/02/2018

**PROTOTIPE PRODUK POLIMER IRADIASI**

**Meri S., Darmawan D., Gatot T.R., Ambyah S., Tita P., Nunung N.,  
Dewi Sekar P., Sri Susilawati, Ajat S., Santoso P., Mamat Y.**

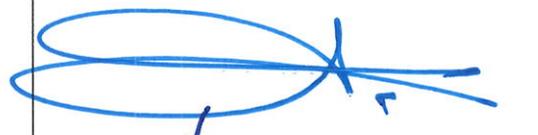
Mengetahui/Menyetujui

Kepala Bidang Proses Radiasi



Dr. Darmawan  
NIP. 19610108 198803 1 002

Kepala Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi



Totti Tjiptosumirat  
NIP. 19630830 198803 1 002 4

# PROTOTYPE PRODUK POLIMER IRADIASI (Terdiri dari 4 Data Riset)

## ABSTRAK

**1. SINTESIS KOPOLIMER SELULOSA-GLISIDIL METAKRILAT-SULFONAT SEBAGAI ADSORBEN ION LOGAM.** Pencangkakan merupakan teknik untuk menggabungkan selulosa yang berperan sebagai matriks dengan polimer sintetik dengan gugus fungsi tertentu. Pada penelitian ini selulosa dicangkok dengan metode teknik iradiasi simultan menggunakan sumber Cobalt 60 dan pra iradiasi menggunakan menggunakan mesin berkas elektron 2 MeV, selanjutnya diberi gugus fungsional sulfonat. Sampel hasil sintesis kopolimer Selulosa- Glisidil Metakrilat (GMA) -Sulfonat dikarakterisasikan dengan FTIR, DSC, SSA dan SEM. Diperoleh hasil persen pencangkakan Selulosa-GMA efisien pada dosis 40 KGy dan konsentrasi monomer GMA sebesar 107.62%. kondisi optimum sintesis Selulosa-GMA-Sulfonat yaitu pada suhu 80°C dengan konsentrasi 1N. pada kondisi optimum larutan ion logam Pb dalam proses adsorpsi yaitu pada pH 7, waktu kontak 150 menit dan konsentrasi 15 ppm sehingga diperoleh kapasitas adsorpsi sebesar 9,7863 mg/g. isotherm adsorpsi yang sesuai untuk adsorben Selulosa-GMA-Sulfonat dipelajari dan diperoleh adalah model isotherm Langmuir dengan nilai regresi 0,974. Kinetika adsorpsi adsorben Selulosa-GMA-Sulfonat diperoleh mengikuti orde reaksi pertama. Berdasarkan hasil yang diperoleh, adsorben kopolimer Selulosa GMA termodifikasi Sulfonat dapat menyerap ion logam Pb dengan baik.

**2. SINTESIS ADSORBENT Pb<sup>2+</sup>BERBASIS MINERAL ALAM ZEOLIT.** Proses adsorpsi menggunakan zeolit sebagai adsorben merupakan salah satu proses yang ekonomis, efektif dan efisien untuk menghilangkan atau mengurangi konsentrasi ion logam berat di dalam sistim perairan. Untuk meningkatkan sifat fisik, kimia dan kapasitas adsorpsi zeolit maka pada penelitian ini dilakukan pembuatan adsorben zeolit termodifikasi (ZLS-AMO). Modifikasi zeolit alam dengan poliakrilonitril dilakukan dengan cara polimerisasi in situ monomer akrilonitril (AN) dengan konsentrasi AN sebesar 30% dalam emulsi air dan mencangkakannya pada zeolit dengan menggunakan teknik radiasi gamma pada dosis 100 kGy dan laju dosis 2kGy/j. Selanjutnya kopolimer difungsionalisasi melalui proses amidoximasi pada suhu 80°C selama 3 jam sehingga dihasilkan adsorben hibrid ZLS-AMO. Selain itu, pengujian kesetimbangan isotherm dan kinetika terhadap ZLS-AMO juga dilakukan. Hasil sintesis menunjukkan bahwa kadar pencangkakan PAN dalam zeolit sebesar 20% dan densitas amidoxime yang dihasilkan rata-rata sebesar 5,04 mmol/g. Uji kapasitas adsorpsi ZLS-AMO terhadap ion Pb<sup>2+</sup> menunjukkan kapasitas adsorpsi dan efisiensi ZLS-AMO lebih tinggi daripada zeolit tanpa modifikasi (ZLS) pada konsentrasi tinggi. Dari persamaan garis yang dihasilkan dapat disimpulkan bahwa proses adsorpsi ion logam Pb<sup>2+</sup> pada zeolit Lampung Selatan mengikuti kesetimbangan Isotherm Langmuir dan Freundlich dan kinetika reaksi mengikuti reaksi pseudo orde kedua dimana difusi adsorbat terjadi melalui bidang batas permukaan adsorben (film diffusion).

**3. PENGARUH OLIGOKHITOSAN DAN BIOFERTILIZER TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN LADA PADA FASE VEGETATIVE.** Kitosan iradiasi (oligokitosan) adalah kitosan dengan berat molekul (Mw) rendah yaitu  $2 \times 10^4$  Dalton yang diperoleh melalui iradiasi kitosan menggunakan sinar gamma. Sebagai zat pemercepat tumbuh tanaman dan mencegah penyakit yang disebabkan oleh jamur, bakteri dan kapang, oligokitosan lebih efektif dibandingkan dengan kitosan (berat molekul tinggi yaitu  $2-6 \times 10^5$ ). Biofertilizer merupakan pupuk alami yang mengandung bakteri antagonis seperti trichoderma yang efektif untuk menekan pertumbuhan bakteri patogen yang ada di dalam tanah sehingga tanaman terhindar dari penyakit. Oligokitosan dapat meningkatkan produktivitas tanaman cabe menjadi 2 kali dibandingkan dengan kontrol. Kombinasi oligokitosan dan biofertilizer dapat memberikan efek sinergistik terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Pada tahun 2016 telah dilakukan aplikasi

kitosan iradiasi produk PAIR BATAN pada fase pembibitan tanaman lada di Kabupaten Bangka Tengah menggunakan sistem pot untuk mendapatkan konsentrasi optimal dan kondisi penggunaan yaitu keadaan tanaman normal dan tanaman terkena penyakit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian kitosan pada fase pembibitan tanaman lada berpengaruh positif terhadap pertumbuhan benih dan daya tahan terhadap penyakit. Bibit lada yang diberi kitosan iradiasi dengan konsentrasi 50 ppm menunjukkan hasil yang terbaik. Dari parameter perlakuan optimum yang dihasilkan pada tahun 2016 maka pada tahun 2017 dilanjutkan dengan uji lapang untuk mengetahui efek kitosan pada pertumbuhan awal fase vegetatif. Hasil Beberapa parameter yang diuji yaitu tinggi sulur panjat, Jumlah cabang produksi, jumlah sulur panjat, lingkaran batang sulur panjat tanaman lada. Diharapkan kombinasi perlakuan kitosan dan biofertilizer menjadi suatu cara budidaya tanaman lada khususnya di daerah Bangka Belitung untuk meningkatkan produktifitas dan mencegah penyakit tanaman khususnya penyakit kuning, busuk pangkal batang dan busuk akar yang disebabkan oleh jamur. **4. TEKNOLOGI PEMBUATAN BAHAN SLOW RELEASE MULTI FUNGSI UNTUK PUPUK UREA BERBASIS POLIMER ALAM CHITOSAN DENGAN TEKNIK RADIASI.** Sifat *bulk density* – durabilitas - penyerapan air pupuk urea yang dilapisi bahan polimer iradiasi. Telah dilakukan pengujian sifat *bulk density* – durabilitas - penyerapan air pupuk urea yang dilapisi bahan polimer yang di iradiasi. Bahan polimer yang digunakan adalah pati, PVA, akrilamida dan kitosan. Pengikatan silang bahan polimer dilakukan dengan iradiasi sinar gamma pada dosis 20 kGy. Pupuk urea yang sudah dilapisi polimer alam dengan perbandingan polimer / urea = 9 :1, dicetak menggunakan alat *pelletizer* dengan kecepatan rendah sehingga menghasilkan pupuk pellet urea yang optimal. Hasil yang diperoleh nilai *bulk density* 0,57 g/ml, durabilitas 0,95 dengan waktu perendaman 10 detik daya serap air sebesar 25,6 %. Waktu perendaman optimal pupuk pellet urea hingga larut sempurna yaitu selama 200 detik.

**Kata Kunci :** Selulosa, GMA, Zeolit, oligokhitosan, biofertilizer, tanaman lada (*piper nigrum*), sulur panjat, cabang produksi, Pupuk urea, *pelletizer*, polimer, radiasi.

## PENDAHULUAN

Pencangkakan merupakan teknik untuk menggabungkan selulosa yang berperan sebagai matriks dengan polimer sintetik dengan gugus fungsi tertentu. Kelebihan teknik kopolimerisasi cangkok ini adalah selulosa dapat difungsionalisasi berdasarkan sifat yang dimiliki oleh monomer yang terikat secara kovalen tanpa mempengaruhi struktur dasar selulosa. Gugus hidroksil pada selulosa dimanfaatkan untuk memodifikasi selulosa dengan memasukan gugus fungsi tertentu pada selulosa melalui teknik *grafting* penempelan/pencangkakan). *Glycidyl Methacrylate* (GMA) merupakan monomer yang diminati untuk teknik pencangkakan selulosa karena adanya gugus vinil yang dapat diinisiasi dengan radikal bebas yang akan dicangkakan dengan selulosa dan berperan sebagai polimer induk dan adanya gugus epoksi dapat berikatan dengan gugus fungsional lainnya. Cincin epoksi akan terbuka dan membentuk gugus fungsi baru untuk pembentukan kelat untuk logam (Chauhan *et al.*, 2005).

Pada penelitian ini selulosa dicangkok dengan metode teknik iradiasi simultan menggunakan sumber Cobalt 60 dan pra iradiasi menggunakan menggunakan mesin berkas elektron 2 MeV, selanjutnya diberi gugus fungsional sulfonat. Gugus fungsi sulfonat yang digunakan adalah gugus fungsi Sulfonat dari Ammonium Sulfat  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  untuk memodifikasi selulosa dengan GMA. Penambahan gugus fungsi sulfonat ini bersifat sebagai penular ion pada proses pencangkakan. Gugus epoksi pada GMA akan berikatan dengan gugus fungsi sulfonat. Monomer sulfonat dapat digunakan untuk pengaplikasian polimer yang anionik.

Peningkatan performa zeolit sebagai adsorben dapat dilakukan dengan meningkatkan sifat fisik dan juga kapasitas adsorpsi ionnya. Salah satu cara yang dilakukan yaitu dengan memodifikasi zeolit dengan bahan polimer. Berbeda dengan zeolit yang memiliki kestabilan terhadap asam yang rendah tapi stabil terhadap termal, polimer resin memiliki kestabilan terhadap asam yang cukup tinggi, tetapi memiliki stabilitas termal yang rendah [Towsend, 1984]. Hal ini dikarenakan resin polimer memiliki struktur ikatan silang (crosslink) tiga dimensi antar molekul polimernya. Salah satu resin yang digunakan sebagai komposit dengan zeolit adalah Poliakrilamida karena memiliki gugus aktif yang dapat menukar ion [Zendehdel, 2011].

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan adsorben hibrida Zeolit-Poliakrilamida, karakterisasi dan uji kapasitas adsorpsinya terhadap ion  $\text{Cr}^{6+}$  dan  $\text{Zn}^{2+}$ .

Indonesia merupakan negara kepulauan yang kaya akan diversifikasi tanaman baik tanaman industri maupun tanaman yang berfungsi sebagai obat dan makanan. Salah satu sumber kekayaan alam Indonesia adalah tanaman lada [1]. Beberapa daerah penghasil utama lada adalah provinsi Lampung, Provinsi Bangka dan Belitung dan Provinsi Kalimantan Barat. Lampung yang terkenal sebagai penghasil lada hitam atau *lampung black pepper* dan Bangka dan Kalimantan Barat yang terkenal sebagai penghasil lada putih atau *muntok white pepper* [2]

Lada (*Piper nigrum* L.) merupakan salah satu komoditas ekspor yang sangat penting bagi Indonesia dan sebagai sumber devisa. Hingga tahun 2000, Indonesia merupakan negara pengekspor lada nomor satu di dunia. Saat ini posisi Indonesia terus menurun hingga berada di urutan ke 3 setelah Vietnam dan Brazil [3,4].

Faktor yang mempengaruhi produksi lada ialah gangguan penyakit, antara lain penyakit busuk pangkal batang yang disebabkan oleh jamur *Phytophthora capsici* dan penyakit kuning yang disebabkan oleh nematoda [3]. Penyakit busuk pangkal batang disebabkan oleh patogen *Phytophthora capsici*, penyakit ini dapat menyebabkan kematian tanaman dalam waktu singkat. Sedangkan penyakit kuning disebabkan oleh keadaan yang kompleks berupa serangan nematoda (*Radopholus similis* dan *Meloidogyne incognita*), jamur parasit (*Fusarium oxysporum*), tingkat kesuburan tanah yang rendah, serta kelembaban atau kadar air tanah rendah [5]. Penyakit ini banyak dijumpai di wilayah Bangka dan Kalimantan dan menyebabkan kehilangan hasil sebesar 80%. Penyakit ini menyerang seluruh bagian tanaman mulai dari pembibitan sd dewasa. Selain itu penularan patogen dapat melalui stek yang digunakan sebagai sumber bahan tanaman. Beberapa cara telah digunakan untuk mengatasi penyakit BPB antara lain adalah dengan memilih lokasi untuk budidaya lada. Adapun lahan yang cocok adalah lahan bukaan baru dengan aerase sangat cepat, dalam hal ini kesuburan dikesampingkan. Tujuan dari pada pemilihan lahan ini adalah untuk menghindari kelembaban yang tinggi dalam tanah sehingga perkembangan jamur *Phytophthora capsici* dapat ditekan. Selain itu agens hayati diketahui dapat mengendalikan penyakit BPB dan penyakit kuning. *Trichoderma harzianum* dapat mengendalikan serangan BPB, sebaiknya diberikan pada awal tanam yang ditambahkan bahan organik atau potongan alang-alang secara berkala. Namun dari survei kepada lokasi tanaman lada di Kabupaten Bangka Tengah menunjukkan bahwa sebagian besar tanaman lada masih diserang penyakit PHB dan penyakit kuning.

Kitosan merupakan bahan alam hasil ekstraksi kulit udang dengan teknologi moderen. Kitosan mempunyai potensi sebagai anti mikroorganisme yang disebabkan oleh bakteri, jamur dan virus. Namun kemampuan daya antimiroba kitosan terbatas akibat berat molekul yang tinggi sekitar 200-400 kDa. Iradiasi gamma dapat memutuskan rantai molekul kitosan sehingga dihasilkan kitosan dengan berat molekul rendah berkisar 7-15 kDa yang disebut dengan oligokitosan.

Pada tahun 2016 telah dilakukan penelitian aplikasi oligokitosan dan biofertilizer yang mengandung mikroba antagonis *Trichoderma harzianum*, penambat N dan pelarut pospat pada pembibitan tanaman lada baik yang di infeksi dengan jamur *Phytophthora capsici* maupun yang tanpa di beri penyakit. Metodologi penelitian yang dilakukan adalah pemberian oligokitosan pada bibit tanaman lada, baik yang sengaja diinfeksi oleh jamur *Phytophthora capsici* maupun tanpa diberi jamur dengan berbagai

konsentrasi yaitu 100, 200, 300 dan 500 ppm setiap minggu. Pada tahun 2017 aplikasi kitosan iradiasi (oligokitosan) pada tanaman fase vegetatif tanaman lada untuk mempelajari perkembangan dan pertumbuhan tanaman dilakukan di Kabupaten Bangka induk.

Di lapangan, penggunaan pupuk di persawahan Indonesia sangat boros, sehingga triliunan rupiah terbuang sia-sia. Petani pun harus menanggung biaya yang cukup besar untuk membeli pupuk yang digunakan untuk menyuburkan tanaman. Kendala yang terjadi pada pupuk dan harus diperhatikan dimana pupuk yang disebarkan pada tanaman tidak semua dapat diserap oleh tanaman, hanya sekitar 20-70% dari pupuk akan mengalami degradasi atau terbawa hanyut oleh air tanah, sehingga pemupukan tidak efisien (Shaviv, 1993). Oleh karena itu perlu dikaji cara lain agar unsur hara yang terdapat pada pupuk dapat dilepaskan secara perlahan dan terus-menerus dalam jangka waktu tertentu, sehingga kehilangan unsur hara akibat pencucian oleh air lebih kecil. Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi pupuk urea yaitu dengan melapisi pupuk urea menggunakan polimer yang dikenal dengan *slow release fertilizer*.

Penggunaan *slow release* menjadi populer untuk menghemat konsumsi pupuk dan meminimalisasi pencemaran lingkungan (Tomaszewska dan Jarosiewicz, 2003). Penggunaan *slow release* dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis (Shaviv, 2005) yaitu: (1) bahan anorganik kelarutan rendah, seperti logam amonium fosfat, material yang secara kimia maupun biologis terdegradasi, seperti urea formaldehid, material yang dapat terurai dalam tanah secara bertahap; (2) pupuk yang larut dalam air secara terkontrol secara fisik, seperti pupuk terlapis

Pada penelitian ini menggunakan pati sebagai pelapis urea yang merupakan polimer *biodegradable* termurah dan mudah didapat, sedangkan oligokitosan dalam bidang pertanian sudah dikenal sebagai bahan penginduksi pertumbuhan dan anti bakteri serta mampu mengendalikan kecepatan pelepasan unsur *nutrient* pupuk yang mudah hilang, kemudian akrilamida, dan polivinil alkohol (PVA) digunakan sebagai *super-absorbent* yang akan mengatur penyerapan air dalam pupuk yang sudah terlapis. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mempelajari efektivitas penggunaan pupuk urea yang sudah dilapisi pati, oligokitosan, dengan akrilamida dan polivinil alkohol sebagai *absorbentnya*. Proses pencetakan pupuk urea yang sudah dilapisi polimer dilakukan dengan menggunakan alat *Pelletizer*.

## METODE PENELITIAN

### PENELITIAN I.

#### *Alat dan Bahan*

Peralatan yang digunakan dalam penelitian antara lain Mesin Berkas Elektron 2 MeV untuk iradiasi selulosa, sumber Cobalt-60, labu leher tiga, pemanas air dengan *thermocouple* sebagai pengatur suhu pencangkakan, tabung gas nitrogen, selang untuk mengalirkan gas nitrogen, termometer, statip, Spektrometer IR Prestige 21 Shimadzu, DTG-60 AH Shimadzu, EDX Hitachi TM 3000, DSC-60, AAS Shimadzu AA 6800, peralatan gelas (beaker glass, pipet ukur, Labu ukur), pH-meter, Oven dan *shaker*.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian yaitu Selulosa yang diisolasi dari Jerami padi, Glycidyl Methacrylate (GMA), Ammonium Sulfat  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , Metanol teknis,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ , NaOH p.a (E-Merck), HCl 37% (E-Merck), Surfaktan TWEEN 20, Aquades, Kertas saring 0,45 $\mu\text{m}$ .

#### *Metode*

##### Isolasi Selulosa dari Jerami Padi

Batang jerami padi dipotong hingga berukuran 10 cm. kemudian ditambahkan HCl 3% untuk melarutkan mineral yang terkandung di dalamnya dan dicuci dengan akuades hingga pH filtratnya netral, lalu dikeringkan pada suhu 50°C hingga berat konstan. Setelah demineralisasi, serbuk jerami ditambahkan NaOH 1 N dipanaskan pada suhu 70°C

selama 3 jam kemudian dicuci dan diberi larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 5% pH 12 dan dipanaskan dalam penangas air pada suhu 70°C yang dijaga konstan selama 3 jam, disaring dan endapannya dicuci dengan akuades sampai pH netral. selanjutnya selulosa dicetak dan dikeringkan dalam oven pada suhu 50C hingga berat konstan.

#### **Variasi dosis radiasi**

Pada teknik pra iradiasi, Sampel selulosa diradiasi menggunakan berkas elektro dengan variasi dosis radiasi 20, 30 dan 40 kGy menggunakan mesin berkas elektron 2 MeV hingga didapatkan dosis optimum.

Sedangkan pada teknik iradiasi simultan sampel selulosa dan monomer GMA di campur kemudian diiradiasi menggunakan sumber Cobalt-60

#### **Variasi konsentrasi GMA**

Optimasi pencangkokkan monomer GMA pada selulosa dilakukan dengan mencelupkan selulosa yang telah diiradiasi ke dalam larutan GMA dengan pelarut air ditambahkan TWEEN20 5% untuk variasi konsentrasi 1%; 2,5%; 5% pada suhu 60°C selama 6 jam sambil dialirkan gas nitrogen. Kemudian selulosa tercangkok GMA (SG) dicuci dengan aquades panas dan larutan metanol 5% untuk melarutkan homopolimer dan monomer GMA yang tersisa. Kemudian SG dibilas dengan aquades sampai filtrat tidak berwarna. Setelah itu, SG dikeringkan dalam oven dan ditimbang hingga mencapai berat konstan.

Hasil persen pencangkokkan dihitung menggunakan rumus umum sebagai berikut:

$$\%G = \frac{W - W_0}{W_0} \times 100\%$$

	Keterangan :
- %G	= persen grafting
- W	= massa selulosa terikat silang
- W <sub>0</sub>	= massa selulosa awal

#### **Optimasi modifikasi SG dengan Ammonium Sulfat**

SG dicelupkan dalam variasi larutan Ammonium Sulfat. Kemudian SG diaduk menggunakan stirrer dan dipanaskan pada berbagai suhu yang berbeda dan dicuci dengan aquades kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C hingga diperoleh bobot konstan.

#### **Pengaruh Variasi Suhu**

Reaksi SG dengan Ammonium Sulfat dilakukan pada variasi suhu 60°C, 70°C, 80°C, dan 90°C selama 3 jam.

#### **Pengaruh variasi konsentrasi Ammonium Sulfat**

SG direndam dalam larutan Ammonium Sulfat dengan variasi konsentrasi 0,1, 0,5, 1, 1,5 dan 2 N selama 5 jam.

#### **Karakterisasi dengan FTIR**

Keberhasilan sintesis SG dan SG termodifikasi Sulfonat dapat dianalisis menggunakan alat FTIR dengan melihat munculnya puncak serapan pada bilangan gelombang tertentu. SG-S dicampurkan dengan serbuk KBr pada wadah. Meletakkan wadah pada keping sel yang dilalui berkas sinar IR. Sampel di rekam pada kisaran bilangan gelombang 600 cm<sup>-1</sup> sampai 4000 cm<sup>-1</sup> kemudian menganalisis gugus fungsi yang terdapat hasil spektrum FTIR.

#### **Karakterisasi dengan SEM**

Analisis permukaan sampel Selulosa-GMA dan Selulosa-GMA-Sulfonat, maupun yang terkontak dengan ion logam Pb dianalisis menggunakan SEM

#### **Uji ketahanan terhadap Asam**

Sampel selulosa dan SG dengan berbagai persen pencangkokkan direndam dalam larutan HCl 2N selama tiga hari, kemudian dikeringkan dalam oven pada su-

hu 50°C. Kemudian berat akhir ditimbang hingga diperoleh berat konstan. Derajat pengembangan

Sampel selulosa dan SG dengan berbagai persen pencangkakan direndam dalam 20 mL aquades selama 1, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 60, 90 dan 120 menit kemudian mengeluarkan sampel dari larutan, dikeringakan dan ditimbang.

#### **Adsorpsi ion logam Pb**

Percobaan adsorpsi ion logam Pb dilakukan pada berbagai variasi konsentrasi awal ion logam Pb, waktu kontak dan pH yang berbeda. Masing-masing percobaan tersebut dilakukan seperti pada prosedur di bawah ini.

#### **Variasi pH**

60 mg adsorben SG-E direndam dalam larutan ion logam Pb dengan konsentrasi 15 ppm dalam wadah erlenmeyer. Kemudian erlenmeyer diletakkan di atas pengaduk goyang (*shaker*) pada 100 rpm dengan waktu kontak selama 150 menit pada variasi pH yaitu 3, 4, 5, 6 dan 7. Selanjutnya, sampel disaring menggunakan kertas saring dan diambil filtratnya. Setelah itu, filtrat dianalisis menggunakan instrumen SSA untuk mengetahui konsentrasi akhir ion logam Pb dalam larutan.

#### **Variasi waktu kontak**

60 mg adsorben SG-E direndam dalam larutan ion logam Pb dengan konsentrasi 15 ppm dalam wadah erlenmeyer. Kemudian erlenmeyer diletakkan di atas pengaduk goyang (*shaker*) pada 100 rpm dengan waktu kontak yang divariasikan selama 60, 90, 120, 150 dan 180 menit pada suhu ruang. Selanjutnya, sampel disaring menggunakan kertas saring dan diambil filtratnya. Setelah itu, filtrat dianalisis menggunakan instrumen SSA untuk mengetahui konsentrasi akhir ion logam Pb dalam larutan.

#### **Variasi Konsentrasi awal ion logam Pb**

60 mg adsorben SG-E direndam dalam larutan ion logam Pb dengan variasi konsentrasi yaitu 1, 3, 5, 7, 10, 15 dan 20 ppm dalam wadah erlenmeyer. Kemudian erlenmeyer diletakkan di atas pengaduk goyang (*shaker*) pada 100 rpm dengan waktu kontak 150 menit pada suhu ruang. Selanjutnya, sampel disaring menggunakan kertas saring dan diambil filtratnya. Setelah itu, filtrat dianalisis menggunakan instrumen SSA untuk mengetahui konsentrasi akhir ion logam Pb dalam larutan.

#### **Analisis dengan SSA**

Konsentrasi akhir ion logam Pb dianalisis menggunakan SSA (Shimadzu AA 6800) dengan lampu katoda berongga pada panjang gelombang 283,3 nm. Kondisi nyala yang digunakan adalah nyala udara-asetilen. Analisis SSA dilakukan di Qlab Fakultas Farmasi Universitas Pancasila, Jakarta. Sebelum menganalisis filtrat, dilakukan kalibrasi menggunakan larutan standar ion logam Pb dengan konsentrasi 5, 10, 15, 20 dan 25 ppm.

## **PENELITIAN II.**

#### **Bahan dan alat**

Bahan-bahan yang digunakan adalah zeolit alam Lampung Selatan, trides, monomer akrilamida ( $C_3H_5NO$ ) (Merck), akuades, asam asetat ( $CH_3COOH$ ), natrium asetat ( $CH_3COONa$ ), kalium dikromat ( $K_2Cr_2O_7$ ) dan seng sulfat heptahidrat ( $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ). Semua bahan kimia yang digunakan berkualitas pro analisis (Pa).

## Metode

### Proses Sintesis Adsorben Hibrida Zeolit - Poliakrilamida

Zeolit yang berasal dari Lampung, ditimbang 500 gram. Kemudian, dicuci dengan air trides menggunakan soklet selama 3x8 jam (setiap 8 jam air diganti). Setelah itu, disaring dan dioven pada suhu 100°C. Setelah kering, zeolit diblender dan disaring dengan saringan 60 mesh. Larutan akrilamida (C<sub>3</sub>H<sub>5</sub>NO) dengan variasi konsentrasi 20, 30 dan 40% dibuat dengan melarutkan akrilamida sebanyak 20, 30, 40 gram dalam akuades 100 mL labu ukur masing-masing. Selanjutnya, zeolit sebanyak 10 gram ditimbang dan dimasukkan ke dalam plastik polietilen, kemudian ditambahkan 10 gram larutan akrilamida dan diseal. Variasi konsentrasi akrilamida 20, 30, 40%. Setelah itu, sampel diiradiasi dengan sinar gamma (Co-60) dengan variasi dosis iradiasi 10, 15, 25, 50 dan 75 kGy. Sebagai kontrol diiradiasi terhadap larutan akrilamida tanpa zeolit. Zeolit-Poliakrilamida dan gel poliakrilamida hasil radiasi dikeringkan dalam oven pada suhu 50°C selama 24 jam, kemudian gel poliakrilamida ditimbang hingga bobot tetap (W<sub>0</sub>). Zeolit-Poliakrilamida dan gel poliakrilamida kering dimasukkan ke dalam kawat kassa dan direndam dalam *waterbath* selama 24 jam pada suhu 80°C. Kemudian, dicuci kembali menggunakan air hangat. Setelah itu, dikeringkan dalam oven pada suhu 50°C dan ditimbang sampai bobot tetap (W<sub>1</sub>).

Perhitungan Fraksi Gel (%) Poliakrilamida, dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut :

$$\text{Fraksi Gel (\%)} = \frac{W_1}{W_0} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

W<sub>0</sub>= bobot kering gel poliakrilamida sebelum pencucian (gram)

W<sub>1</sub>= bobot kering gel poliakrilamida setelah pencucian (gram)

Perhitungan % pencangkokan (*Grafting*, %G) Zeolit-Poliakrilamida, dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut (Seftiani, 2016):

$$\% \text{ Grafting} = \frac{W_1 - W_0}{W_a} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

W<sub>0</sub>= bobot kering zeolit sebelum pencangkokan (gram)

W<sub>1</sub>= bobot kering zeolit setelah pencangkokan (gram)

W<sub>a</sub>= bobot akrilamida (gram)

## Karakterisasi

### Penentuan Gugus Fungsi Zeolit-Poliakrilamida dengan FTIR

Zeolit, zeolit-poliakrilamida dan poliakrilamida dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam pada suhu 40°C. Setelah itu, dicampur dengan kalium bromide (KBr) dan dihaluskan dalam alu dengan rasio massa 1:100 serta diukur dengan FTIR.

### Analisis Termogravimetri (TGA) dan Analisis Termal Diferensial (DTA) (Nuwa, 2015)

Zeolit, zeolit-poliakrilamida dan poliakrilamida ditimbang sebanyak 10 mg, kemudian diletakkan dalam wadah sampel dari aluminium dan dipress. Setelah itu, dimasukkan ke dalam alat TGA dan DTA dengan suhu 600°C selama 1 jam dan diukur. Perbedaan suhu awal dan puncak yang tergambar dari spektrum kemudian dianalisis kemurniannya dengan cara membandingkan hasil pola TGA dan DTA dari zeolit, zeolit-poliakrilamida dan poliakrilamida yang muncul.

### Uji Zeolit-Poliakrilamida sebagai Penyerap Ion Logam Cr dan Zn

Zeolit, zeolit-poliakrilamida dan poliakrilamida yang sudah dikeringkan, masing-masing ditimbang sebanyak 20 mg, zeolit-poliakrilamida dan poliakrilamida *diswell-ing* selama 1 jam, kemudian tiap sampel direndam dalam 20 mL larutan logam Cr dan Zn dengan variasi konsentrasi 20, 30, 40, 50, 100 dan 200 ppm pada pH untuk Cr 7 dan Zn 9 selama waktu perendaman 1 jam sambil dikocok dengan kecepatan 100 rpm. Setelah itu, konsentrasi akhir ion logam Cr dan Zn dalam larutan diukur dengan SSA. Perhitungan

nilai kapasitas penyerapan ( $q_e$ ) dan nilai efisiensi penyerapan ( $\epsilon$ ) dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$q_e \text{ (mg/g)} = \frac{(C_0 - C_t) \times V}{W} \dots\dots\dots(3)$$

$$\epsilon \text{ (%) } = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

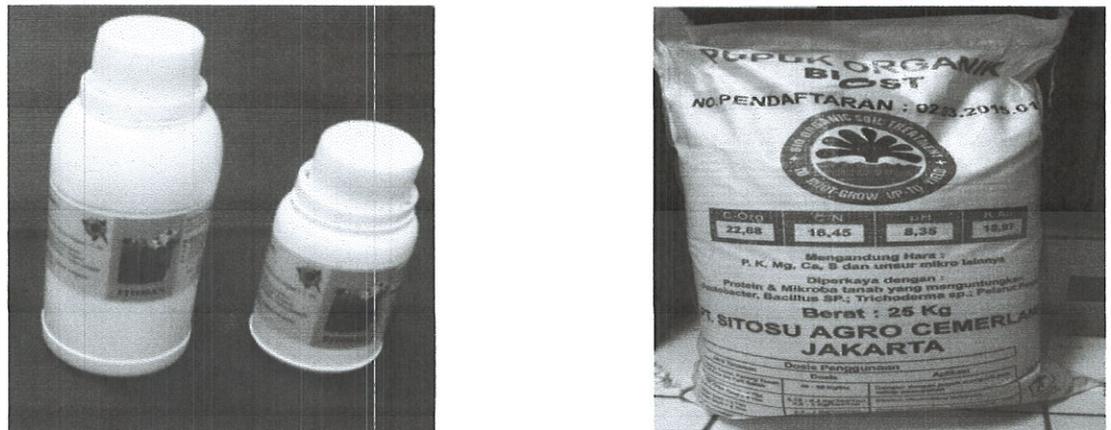
Keterangan:

- $q_e$  = kapasitas penyerapan ion logam (mg/g)
- $\epsilon$  = efisiensi penyerapan (%)
- $C_0$  = konsentrasi awal ion logam (mg/L)
- $C_t$  = konsentrasi akhir ion logam (mg/L)
- $V$  = volume larutan ion logam (L)
- $W$  = berat zeolit-poliakrilamida (g)

### PENELITIAN III.

#### 1. Bahan

Bahan yang digunakan adalah kitosan iradiasi atau oligokitosan (fitosan) produksi PAIR BATAN, pupuk bioorganik Superbios produksi PT. Sitosu Agro Cemerlang Jakarta, stek tanaman lada, pupuk kandang, media tanah, sekam padi, kantong plastik polibag, alkohol, saprodi dan alat2 kerja lainnya seperti gunting, pisau cutter . Bahan oligokitosan dan biofertilizer yang digunakan dalam penelitian ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Oligokitosan (Fitosan) produk PAIR BATAN dan pupuk bioorganik (Bios)

#### 2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan metode *fix sampling* menggunakan rancangan percobaan petak terpisah (*Split-plot*) yang terdiri dari :

- 1) Perlakuan utama : konsentrasi kitosan (empat taraf) yaitu 0, 50, 100 dan 200 ppm
- 2) Anak perlakuan : konsentrasi biofertilizer (tiga taraf) yaitu 0, 1/2 dan 1 kg

Sehingga terdapat total  $4 \times 3 = 12$  unit percobaan. Masing-masing unit percobaan mempunyai ulangan 4 kali, dimana setiap ulangan terdiri dari 5 tanaman sampel, sehingga total tanaman sampel yang diamati adalah  $12 \times 4 \times 5 = 240$  tanaman.

Pupuk anorganik (NPK) diberikan dengan dosis dan waktu aplikasi sesuai dengan rekomendasi. Media tanaman terdiri dari tanah topsoil, pupuk organik (pupuk kandang) 5 kg, sekam padi 1 kg, kaptan 200 g/lubang tanam sebagai media dan pupuk dasar. Lada di tanam dengan jarak tanam 21,5m x 1,5m dan ukuran lubang tanam 40cm x 40cm x 25cm.

Penanaman bibit dilakukan setelah lubang tanam telah diisi dengan media tanam yang telah disiapkan sesuai dengan tangkar yang telah ditentukan. Sebelum bibit lada ditanam, plastik polibag harus dibuka dan dibuang dan bibit lada ditanam mengarah ke tiang

panjang. Bibit yang baru ditanam, diberi pelindung/naungan agar terhindar dari panas sinar matahari.

Pemberian oligokitosan dan pupuk bio

Oligokitosan diberikan pada saat umur tanaman 30 hari setelah tanam (HST). Oligokitosan diberikan dengan cara disemprotkan secara merata pada seluruh daun dan batang tanaman. Pemberian oligokitosan diulangi setiap 15 hari selanjutnya sampai umur tanaman 12 bulan tahap I. Pupuk biofertilizer diberikan 15 hari setelah media tanam dimasukkan ke dalam lubang tanah dan pemberian kedua diberikan setelah tanaman berumur 6 bulan.

Pengamatan dilakukan setiap 15 hari terhadap parameter sebagai berikut LBSP (lingkar batang sulur panjang), JSP (jumlah sulur panjang), TSP (tinggi sulur panjang), JCP (jumlah cabang produksi), PCP (panjang cabang produksi) dan JR (jumlah ruas cabang produksi). Pengamatan dilakukan secara fix sampel. Pengamatan pertama dilakukan pada awal per-tanaman sebagai data awal, selanjutnya dilakukan pengamatan setiap 15 hari berikutnya hingga tanaman berumur 12 bulan.

Secara tabulasi jumlah perlakuan dapat dilihat pada Tabel 1.

Kombinasi	KETERANGAN
K1B1	Oligo-khitosan 0 ppm, pupuk Superbios 0 kg
K1B2	Oligo-khitosan 0 ppm, pupuk Superbios 0.5 kg
K1B3	Oligo-khitosan 0 ppm, pupuk Superbios 1 kg
K2B1	Oligo-khitosan 50 ppm, pupuk Superbios 0 kg
K2B2	Oligo-khitosan 50 ppm, pupuk Superbios 0.5 kg
K2B3	Oligo-khitosan 50 ppm, pupuk Superbios 1 kg
K3B1	Oligo-khitosan 100 ppm, pupuk Superbios 0 kg
K3B2	Oligo-khitosan 100 ppm, pupuk Superbios 0.5 kg
K3B3	Oligo-khitosan 100 ppm, pupuk Superbios 1 kg
K4B1	Oligo-khitosan 200 ppm, pupuk Superbios 0 kg
K4B2	Oligo-khitosan 200 ppm, pupuk Superbios 0.5 kg
K4B3	Oligo-khitosan 200 ppm, pupuk Superbios 1 kg

**Perhitungan parameter uji dilakukan dengan cara:**

1. LBSP (lingkar batang sulur panjang), diukur keliling batang sulur panjang dengan menggunakan alat pengukur meteran kain
2. JSP (jumlah sulur panjang), diukur dengan menghitung kuantitas sulur panjang yang ada
3. TSP (tinggi sulur panjang), diukur dari tanah sampai dengan bagian ujung sulur panjang
4. JCP (jumlah cabang produksi), dihitung jumlah cabang masing-masing tanaman sampel
5. PCP (panjang cabang produksi) diukur dari percabangan sampai dengan bagian ujung cabang
6. JR (jumlah ruas cabang produksi) dihitung jumlah cabang masing-masing tanaman sampel
7. Mortalitas tanaman: mortalitas adalah jumlah tanaman sampel yang mati. Penghitungan mortalitas tanaman dilakukan setiap 2 minggu sekali.

$$\text{Persentase stek hidup (PSH)} = (X/T) \times 100\%$$

X= jml stek hidup per perlakuan  
T=Jumlah ulangan dalam perlakuan (3)  
Mortalitas tanaman = 100% - PSH

8. Indeks penyakit

Indeks penyakit =  $n/N \times 100\%$

n= jumlah tanaman yang terserang penyakit kuning;

N= jumlah tanaman yang diamati

#### PENELITIAN IV.

##### *Alat dan Bahan*

Bahan yang digunakan adalah pati, polivinil alkohol, akrilamida, kalium dihidrogen fosfat, natrium hidroksida (NaOH), asam sulfat, asam nitrat, ammonium vanadat, ammonium molibdat.

##### *Pembuatan Kopolimer pati-PVA-AAm-oligo-kitosan*

Petama-tama, pati ditambahkan ke dalam larutan akrilamida sedikit demi sedikit sambil diaduk. Kemudian campuran larutan tersebut ditambahkan larutan polivinil alkohol (PVA), akrilamida dan kitosan diaduk dan dipanaskan pada suhu 90°C selama 1 jam.

##### *Iradiasi Kopolimer dengan Sinar Gamma*

Hasil campuran polimer disinari sinar gamma dari  $^{60}\text{Co}$  dalam media udara pada suhu ruang agar terjadi polimerisasi yang diinginkan. Dalam proses iradiasi ini, dilakukan iradiasi terhadap sampel dengan dosis 20 kGy. Hal ini dilakukan untuk memperoleh sifat swelling dan lepas lambat yang terbaik pada modifikasi pupuk urea. Polimerisasi hasil iradiasi sinar gamma, dilanjutkan dengan pengeringan pada suhu 80°C selama 24 jam.

##### *Uji Karakteristik Pupuk Pellet Urea*

Uji karakterisasi yang dilakukan pada pupuk pellet urea yang telah dilapisi polimer alam adalah uji *bulk density*, durabilitas, dan daya serap air.

##### *Bulk Density*

Uji *bulk density* digunakan untuk mengetahui kekompakan bahan sehingga ikatan antara partikel penyusun pupuk urea menjadi lebih rapat. *Bulk density* ( $\rho$ ) dinyatakan dalam satuan massa pupuk urea per volume.

##### *Durabilitas*

Uji durabilitas digunakan untuk mengetahui kualitas fisik pupuk urea yaitu mengetahui persentase jumlah pupuk urea yang masih utuh setelah melalui perlakuan fisik dengan alat mekanik. Uji durabilitas pada penelitian ini menggunakan ayakan dengan *mesh* 16. Langkah pengujian durabilitas adalah sebagai berikut:

1. Timbang pupuk urea sebanyak 20 gram.
2. Lalu memasukkan pupuk urea yang ditimbang tersebut ke alat ayakan dengan *mesh* 16.
3. Goyangkan ayakan selama 30 menit.
4. Setelah pengayakan selama 30 menit, timbang pupuk urea yang masih utuh/tidak pecah.
5. Hitung nilai Durabilitas pada pupuk urea.

##### *Daya Serap Air (DSA)*

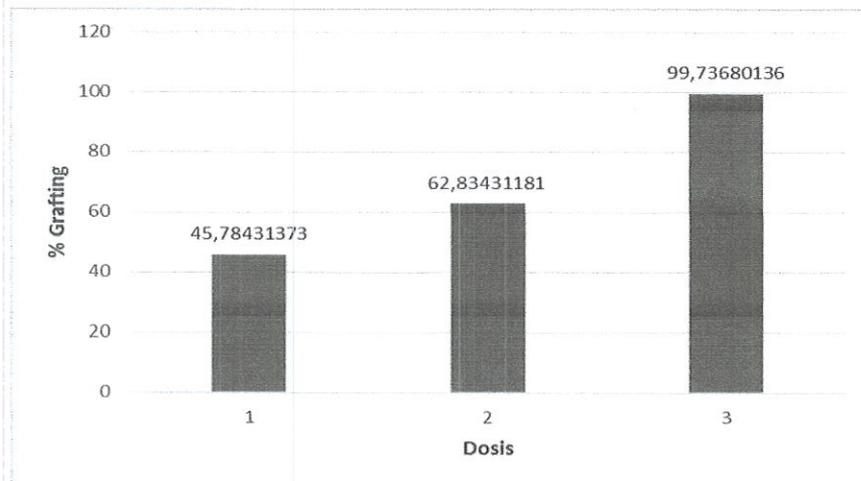
Uji daya serap air merupakan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui daya penyerapan pupuk urea terhadap air saat pupuk urea terendam dalam air. Pengujian ini dilakukan dengan metode gravimetri.

## PENELITIAN I

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### *Pengaruh Dosis Radiasi terhadap Pencangkokkan Selulosa dengan GMA*

Pengaruh dosis radiasi terhadap pencangkokkan selulosa dengan GMA dipelajari pada variasi 20, 30 dan 40 KGy dengan konsentrasi monomer 2,5%, suhu reaksi 60°C dan waktu reaksi selama 6 jam. Pemilihan suhu tersebut bertujuan untuk mencegah pembukaan cincin epoksi pada GMA, sehingga diharapkan hanya gugus vinil pada GMA yang akan bereaksi dengan selulosa (Janrizka, 2016) dan pemilihan waktu tersebut dikarenakan semakin lama waktu pencangkokkan maka semakin optimum GMA yang berikatan dengan selulosa. Hasil yang diperoleh ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1** Pengaruh dosis radiasi terhadap proses pencangkokkan (metode prairadiasi)

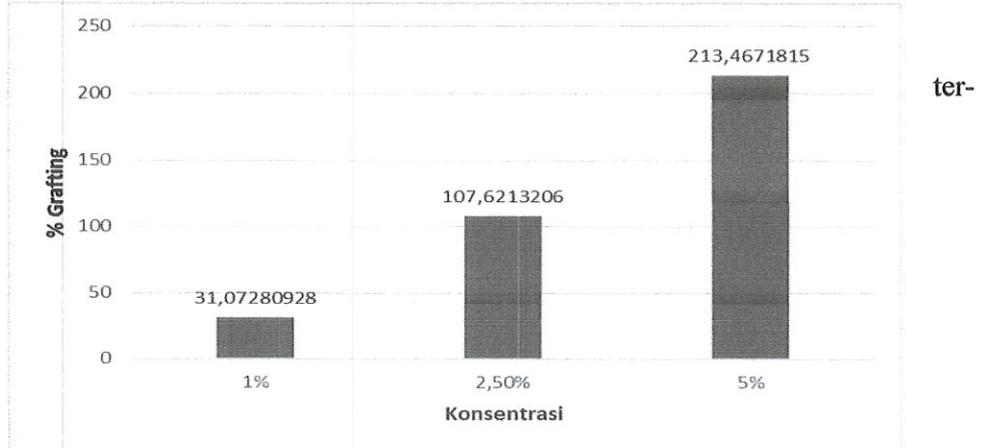
Pada Gambar 1, terlihat semakin meningkat dosis radiasi, persen pencangkokkan juga semakin meningkat. Energi radiasi pengion digunakan sebagai energi awal untuk memulai reaksi polimerisasi. Kenaikan dosis radiasi akan meningkatkan densitas radikal bebas yang dihasilkan sehingga probabilitas reaksi polimerisasi akan semakin tinggi.

Selama iradiasi, pada daerah amorf radikal bebas yang terbentuk akan meluruh dengan cepat, sementara radikal lainnya yang terperangkap dalam daerah kristalin dan semikristalin (antarfasa kristalin dan amorf) akan meluruh lebih lambat. Radikal dengan waktu hidup yang panjang akan menginisiasi degradasi lebih lanjut dan dapat menginisiasi polimerisasi cangkok pra-iradiasi (Wojnarovits *et al.*, 2010).

Selanjutnya dilakukan pengujian variasi konsentrasi GMA menggunakan dosis radiasi 40 KGy.

#### *Pengaruh Variasi Konsentrasi GMA terhadap Proses Pencangkokkan Selulosa*

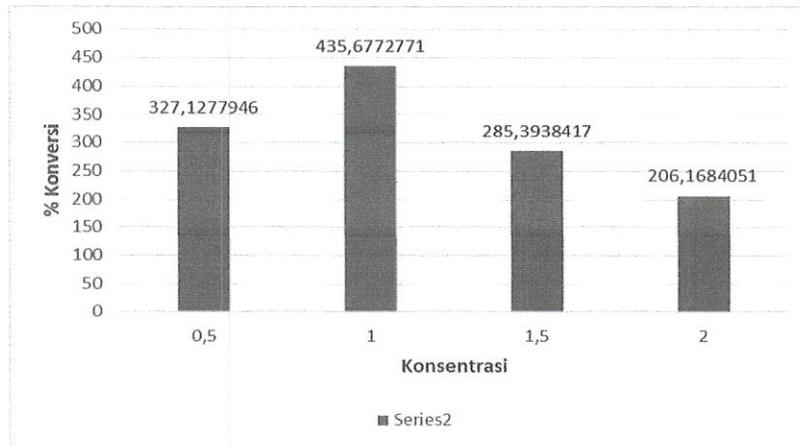
Pada Gambar 3 , terlihat bahwa meningkatnya konsentrasi GMA menyebabkan meningkatnya persen pencangkokkan. Hasil persen pencangkokkan tertinggi diperoleh pada konsentrasi GMA 5% yaitu 213%. Hal tersebut terjadi Karena pada konsentrasi reaktan yang tinggi maka akan semakin banyak monomer GMA yang bereaksi dengan selulosa sehingga jumlah. produk yang dihasilkan akan semakin banyak, hal ini sesuai dengan reaksi kimia pada umumnya. Percobaan selanjutnya digunakan hasil selulosa



**Gambar 3** Pengaruh Variasi Konsentrasi GMA terhadap Proses Pencangkokkan

cangkokkan GMA pada dosis optimum 40 KGy, suhu reaksi 60°C, waktu reaksi 6 jam dan konsentrasi efisien GMA 2,5%. Digunakan konsentrasi GMA 2,5% karena pada konsentrasi tersebut sudah didapatkan hasil persen grafting sebesar >100% sehingga dapat mengefisienkan penggunaan monomer GMA.

***Pengaruh Variasi Konsentrasi Ammonium Sulfat terhadap Persen Konversi mmol GMA***

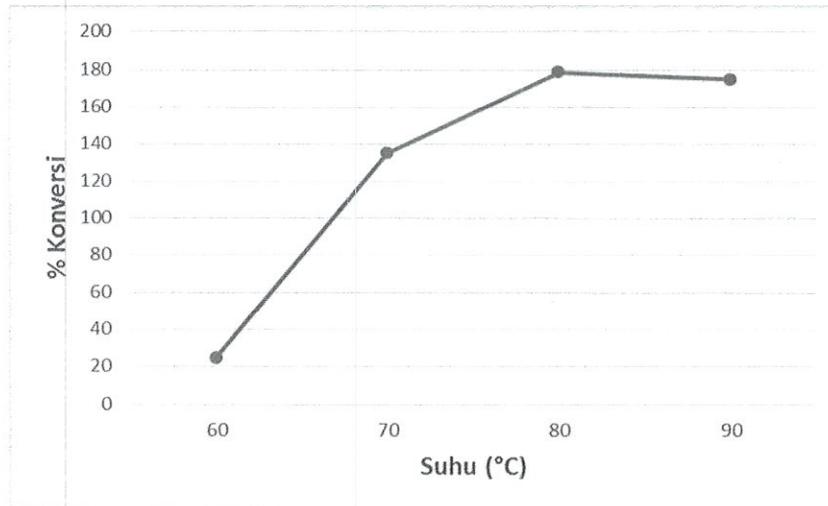


**Gambar 4** Pengaruh Variasi Konsentrasi Sulfonat terhadap Konversi mmol GMA

Pada gambar 5 diperoleh data bahwa konsentrasi Ammonium sulfat pada sintesis modifikasi selulosa tercangkok GMA tertinggi berada di 1 N. hal ini disebabkan pada konsentrasi yang rendah, cincin epoksi yang berikatan dengan gugus sulfonate belum terlalu banyak. Sedangkan pada konsentrasi yang relatif lebih tinggi terjadi proses sulfonasi pada cincin epoksi sehingga gugus fungsi sulfonate yang sudah mulai menempel mengalami difusi sehingga akhirnya mengalami pelepasan reaksi. Sehingga pada percobaan ini di-

peroleh kondisi optimum sintesis modifikasi selulosa terangkai GMA dengan gugus fungsi sulfonate yaitu dengan konsentrasi 1 N dengan hasil persen konversi sebesar 435%

### *Pengaruh Variasi Suhu Terhadap Persen Konversi mmol GMA*



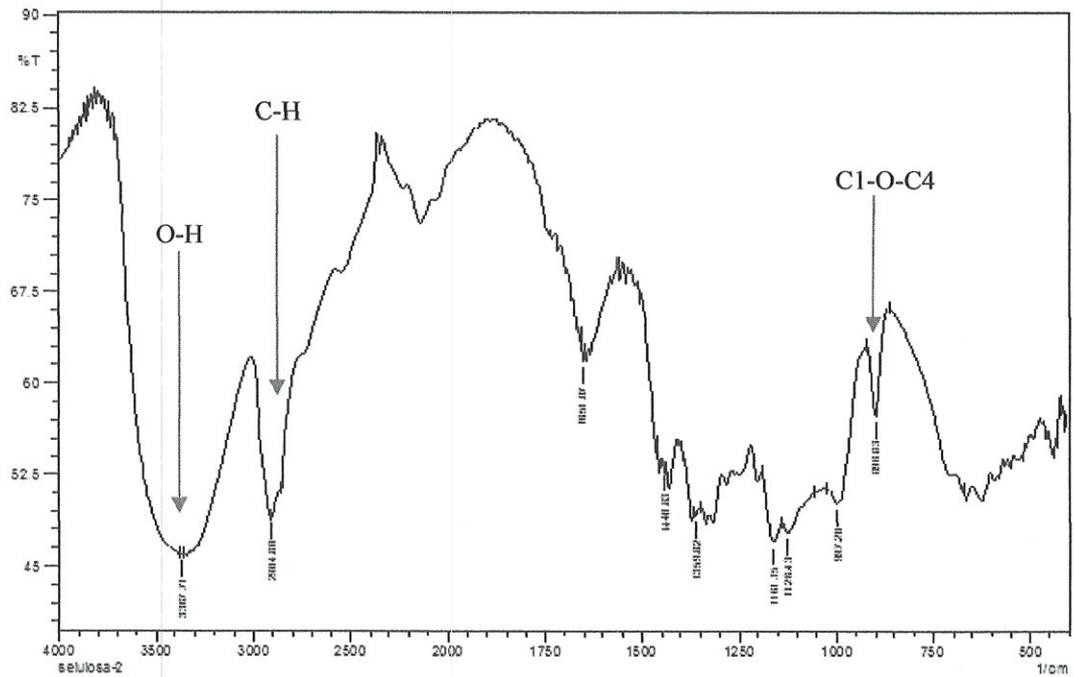
Gambar

### **5. Pengaruh Variasi Suhu Terhadap Konversi mmol GMA**

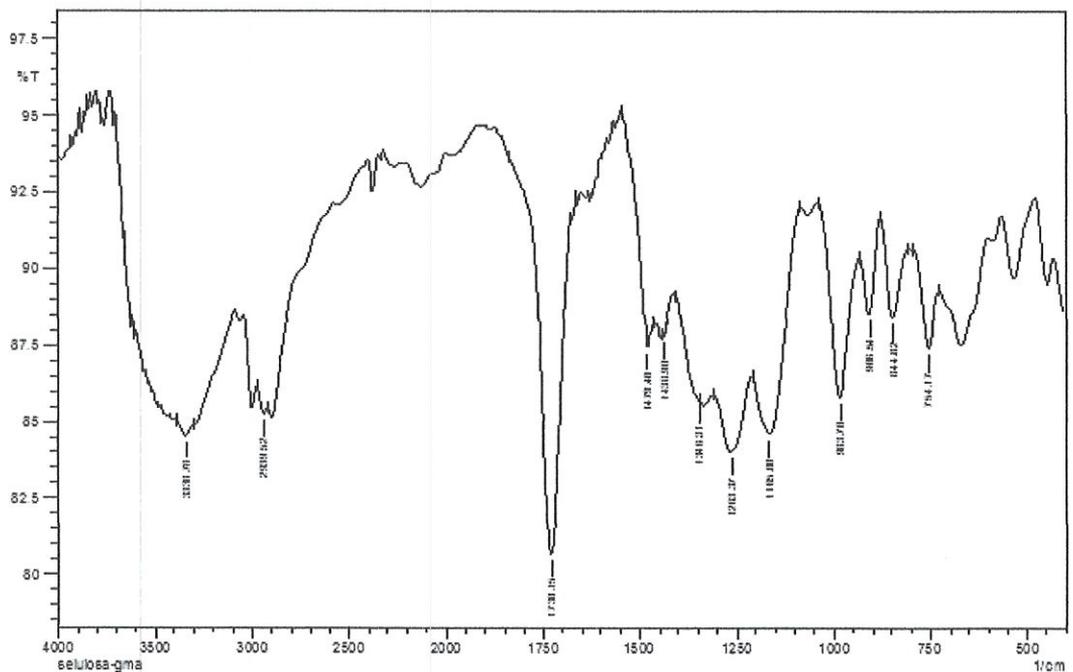
Pada gambar 6, diperoleh informasi bahwa semakin naik suhu nilai persen konversi semakin meningkat. Hal ini menandakan bahwa jumlah Sulfonat yang bereaksi dengan cincin epoksi pada GMA meningkat sejalan dengan meningkatnya suhu reaksi. Terlihat bahwa pada suhu 80°C dihasilkan persen konversi tertinggi sebesar 178,44%. Suhu yang lebih tinggi menyebabkan tumbukan antarmolekul akan semakin cepat sehingga menghasilkan energi yang lebih besar dan peluang cincin epoksi bereaksi dengan sulfonate akan semakin banyak. Pada suhu 90°C nilai persen konversi mengalami penurunan yang tidak signifikan dikarenakan sudah mulai terbentuk homopolimer.

### ***Karakterisasi Menggunakan FTIR***

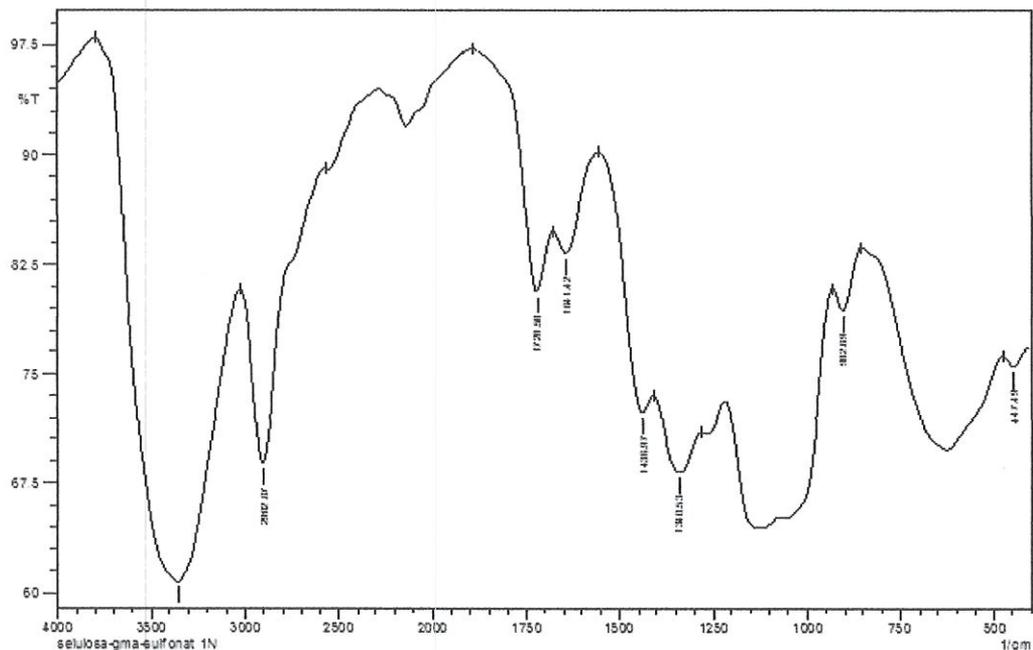
Hasil karakterisasi menggunakan FTIR dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 2** Spekturm FTIR Selulosa Murni



**Gambar 3** Spekturm FTIR Selulosa-GMA

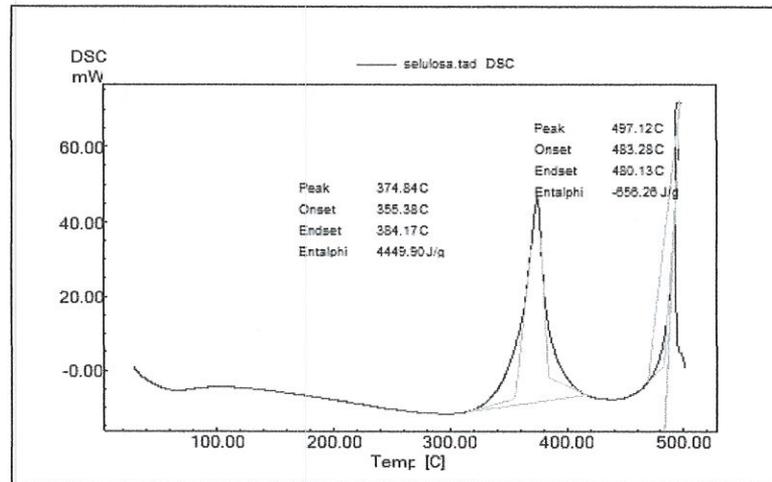


**Gambar 4** Spektrum FTIR Selulosa-GMA-Sulfonat

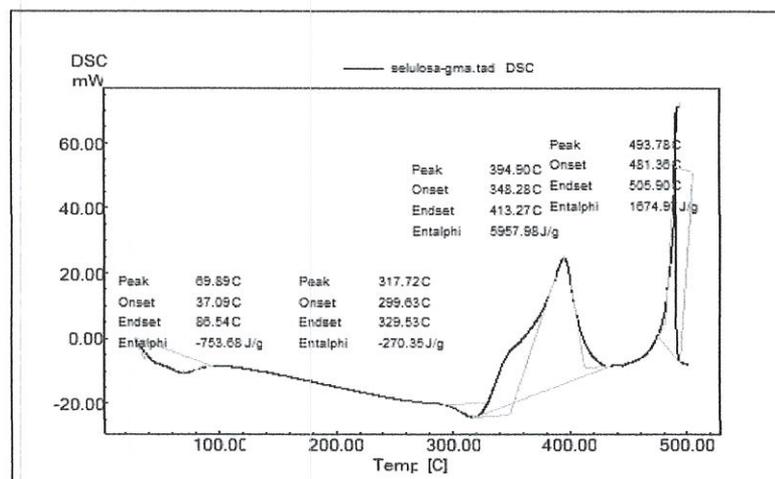
Pada bilangan gelombang  $3367\text{ cm}^{-1}$  dan terlihat adanya pengurangan gugus O-H dari selulosa murni terhadap selulosa yang tercangkokkan GMA yang menandakan adanya interaksi GMA terhadap radikal bebas yang terbentuk pada gugus O-H selulosa. Kemudian terlihat munculnya puncak serapan kedua spectrum pada bilangan gelombang  $898\text{ cm}^{-1}$  dan  $906\text{ cm}^{-1}$  yang merupakan karakteristik ikatan B-1,4-glikosida (C1-O-C4) pada selulosa. Pada proses pencangkokkan GMA dapat terlihat munculnya puncak serapan pada bilangan  $1730\text{ cm}^{-1}$  yang merupakan puncak serapan gugus fungsi C=O ester dari GMA dan puncak serapan pada bilangan  $754\text{ cm}^{-1}$  dan  $844\text{ cm}^{-1}$  yang merupakan karakter dari gugus fungsi eter epoksi.

Sedangkan keberhasilan penambahan Sulfonat terlihat dari gugus fungsi eter epoksi yang menghilang karena adanya puncak serapan gugus C-S pada bilangan  $447\text{ cm}^{-1}$  dan gugus S=O pada bilangan  $1340\text{ cm}^{-1}$  yang membuka cincin epoksi pada GMA.

## Analisis Perubahan Kalor

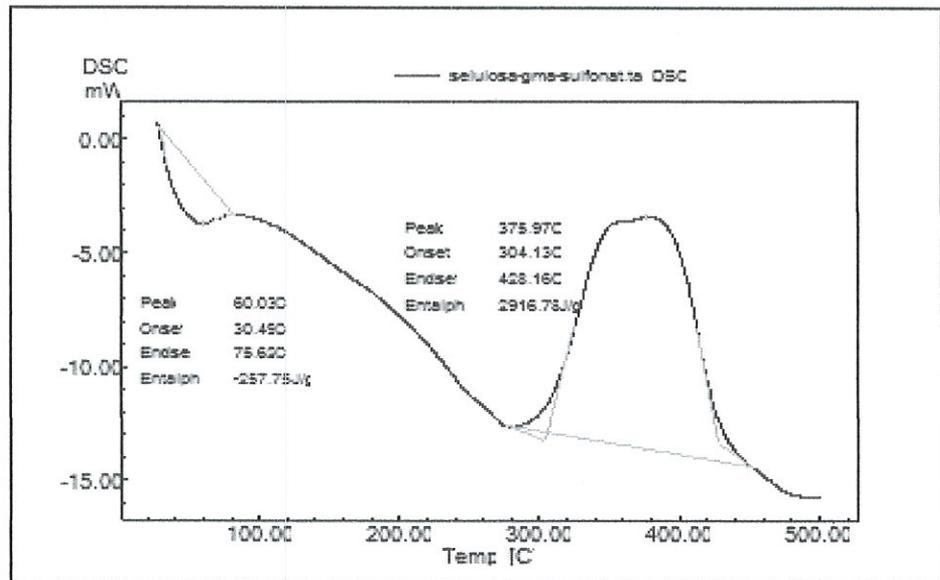


**Gambar 5** Hasil Analisis DSC Selulosa Murni



**Gambar 6.** Hasil Analisa DSC Selulosa-g-GMA

Keberhasilan modifikasi kopolimer cangkok selulosa-GMA dengan sulfonate dapat dilihat dari perubahan kalornya. Perubahan karakteristik ini dapat dilihat antara lain dengan perubahan kalor yang menyertai puncak eksotermalnya. Terlihat perbedaan kalor antara selulosa murni pada Gambar , selulosa tercangkok GMA pada gambar dan modifikasi selulosa-GMA dengan sulfonate pada gambar



**Gambar 7** Hasil Analisa DSC Selulosa-g-GMA-Sulfonat

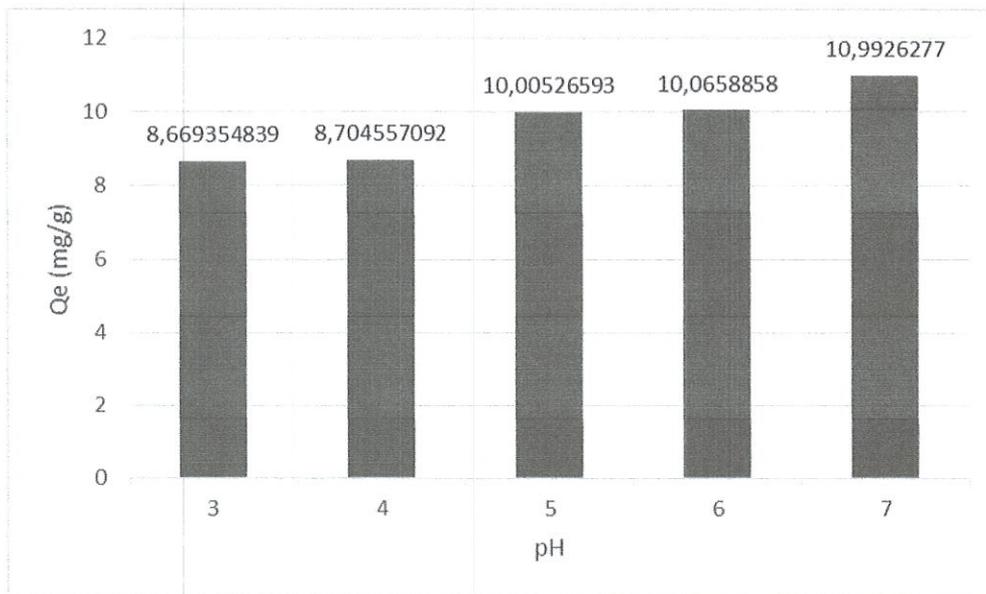
Pada gambar terlihat perbedaan puncak suhu eksotermal selulosa murni yang terdapat pada 374,84°C sedangkan pada puncak suhu eksotermal selulosa tercampurkan GMA terdapat pada 394,90°C. Hal ini terlihat adanya peningkatan puncak suhu eksotermal yang disebabkan bertambahnya rantai samping yang besar dan meningkatnya berat molekul, sehingga diperlukan energi dan suhu yang lebih tinggi untuk bergerak. Terlihat pula adanya pelebaran puncak eksotermal pada selulosa-GMA yang menandakan keberhasilan penambahan GMA pada selulosa.

Pada gambar terlihat adanya perbandingan pelebaran puncak eksotermal pada Selulosa-GMA-Sulfonat yang menandakan keberhasilan penambahan sulfonate pada kopolimer selulosa-GMA.

### ***Adsorpsi Ion Logam Pb***

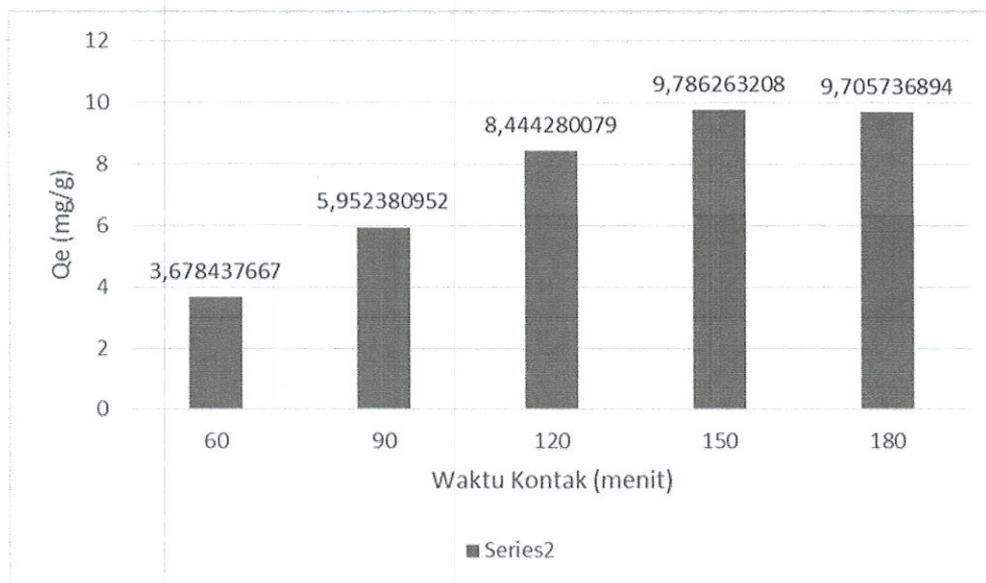
#### ***Pengaruh Variasi pH Terhadap Kapasitas Adsorpsi***

Pada gambar 12, diperoleh data dari perhitungan dengan memasukkan nilai adsorbansi ion logam Pb yang diperoleh ke dalam persamaan dari kurva kalibrasi  $y = 0.0012x - 0.001$  dengan nilai regresi  $R^2 = 0.9939$ . Dari hasil data pada tabel diperoleh informasi bahwa kondisi optimum pH berada di pH 7 dengan kapasitas adsorpsi sebesar 10.9926 mg/g. pada pH yang rendah kapasitas adsorpsi Pb relative kecil, dimana pada kondisi asam ion  $H^+$  dalam larutan akan semakin mengganggu pengikatan antara gugus sulfonate dengan ion logam, Karena semakin banyak yang mengikat ion  $H^+$  dan menjadi bermuatan positif, sehingga sulfonate semakin sulit berikatan dengan ion logam Pb. Sedangkan pH diatas 7 tidak terjadi adsorpsi ion logam Pb dikarenakan terjadi hidrolisis sehingga membentuk hidroksida, dimana sebagian besar hidroksida logam bersifat tidak larut atau mengendap.



**Gambar 8** Pengaruh Variasi pH Terhadap Kapasitas Adsorpsi

### Hasil Pengaruh Variasi Waktu Kontak Terhadap Kapasitas Adsorpsi

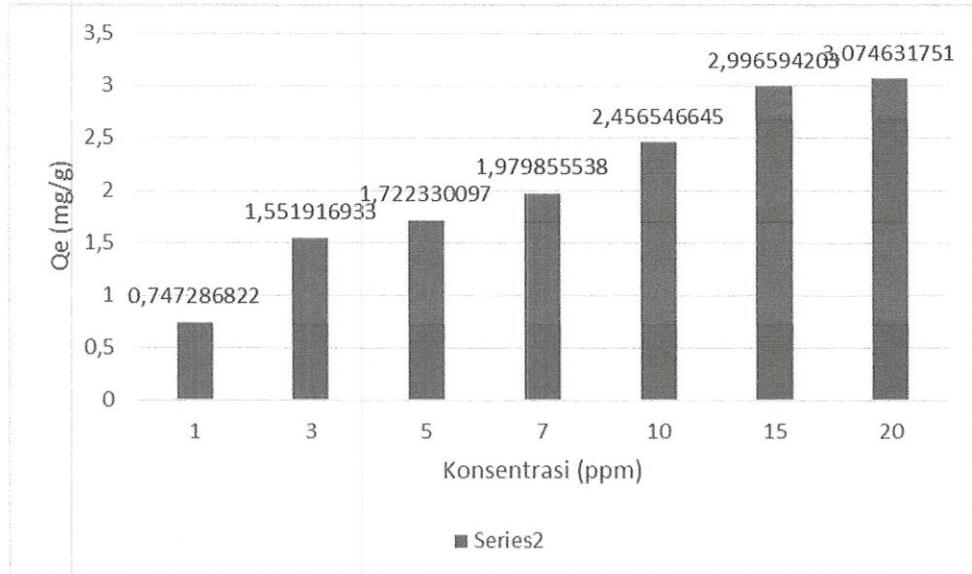


**Gambar 9** Pengaruh Variasi Waktu Kontak Terhadap Kapasitas Adsorpsi

Berdasarkan Gambar 13, diperoleh informasi bahwa waktu kontak berpengaruh terhadap banyaknya ion logam Pb yang terserap. Adsorpsi ion logam Pb oleh adsorben Selulosa-GMA-Sulfonat meningkat sejalan dengan meningkatnya waktu kontak. Hal ini disebabkan semakin meningkatnya waktu kontak, peluang interaksi logam akan semakin meningkat dengan sisi aktif adsorben yang telah mengalami pengembangan sehingga jumlah ion logam yang terserap akan semakin banyak. (Janrizka, 2016). Pada waktu kontak yang relatif lebih sebentar, interaksi ion logam dengan sisi aktif adsorben

cenderung lebih sedikit sehingga kapasitas penyerapannya pada sisi aktif adsorben tidak banyak. Namun pada waktu kontak yang lebih lama juga mengalami penurunan kapasitas dikarenakan sisi aktif adsorben telah penuh menyerap ion logam sehingga mulai jenuh dan akhirnya mengalami difusi. Kapasitas adsorpsi ion logam Pb oleh adsorben Selulosa-GMA-Sulfonat mencapai optimum pada waktu kontak 150 menit yaitu sebesar 9,7863 mg/g.

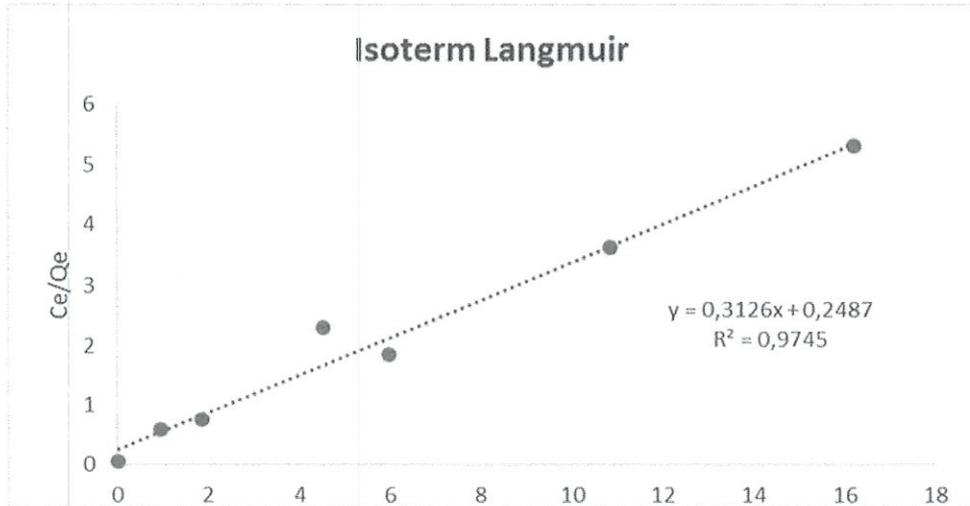
### **Hasil Pengaruh Konsentrasi Ion Logam Pb Terhadap Kapasitas Adsorpsi**



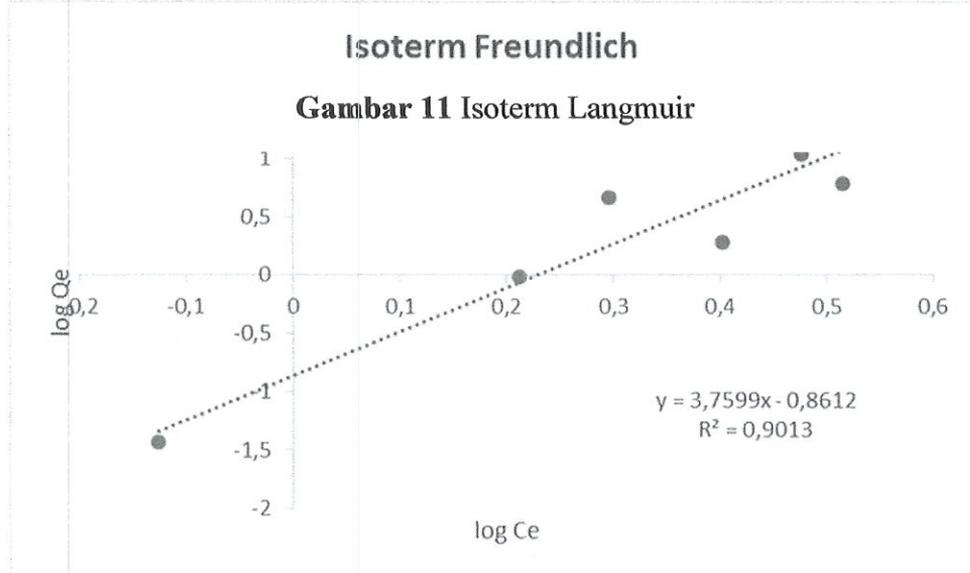
**Gambar 10** Pengaruh Konsentrasi Ion Logam Pb Terhadap Kapasitas Adsorpsi

Pada Gambar 10, menunjukkan semakin meningkatnya konsentrasi ion logam, kapasitas adsorpsi adsorben Selulosa-GMA-Sulfonat semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena konsentrasi yang semakin tinggi, jumlah ion logam dalam larutan semakin banyak sehingga meningkatkan ion logam yang berinteraksi dengan sisi aktif adsorben. Meningkatnya konsentrasi reaktan akan menyebabkan jumlah tumbukkan total meningkat sehingga kemungkinan pembentukan molekul produk semakin meningkat. Kapasitas adsorpsi tertinggi terjadi pada konsentrasi 20 ppm yaitu sebesar 3,0746 mg/g.

### **Isoterm Adsorpsi**



**Gambar 11** Isoterm Langmuir



**Gambar 12** Isoterm Freundlich

Pada gambar 11 dan 12, diperoleh informasi bahwa hasil regresi untuk persamaan isotherm Langmuir sebesar 0,9745 dan regresi untuk persamaan isotherm Freundlich sebesar 0,9013. Model isotherm Freundlich digunakan untuk menjelaskan adsorpsi ion logam Pb pada permukaan heterogen dan pada adsorpsi multilayer. Sedangkan model isotherm adsorpsi Langmuir mengasumsikan bahwa proses adsorpsi hanya terjadi pada situs homogen tertentu dalam adsorben dan setiap situs hanya dapat mengikat molekul adsorbat (monolayer) (Magdalena, 2016).

Berdasarkan hasil regresi untuk persamaan isotherm Langmuir lebih mendekati satu sehingga dapat disimpulkan bahwa distribusi ion logam Pb pada adsorben Selulosa-GMA-Sulfonat mengikuti isotherm Langmuir. Dari hasil meningkatnya variasi konsentrasi seiring dengan naiknya kapasitas adsorpsi dengan peningkatan konsentrasi awal yang dapat dijelaskan berdasarkan rapatannya partikelnya. Dengan bertambahnya konsentrasi, kerapatan partikel semakin besar sehingga terjadi interaksi antara molekul Pb membentuk multilayer. Berdasarkan hukum isotherm Langmuir potensial dalam pengikatan ion logam oleh adsorben Selulosa-GMA-Sulfonat sama pada setiap sisi aktifnya. Berikut ini adalah persamaan linier isotherm Langmuir:

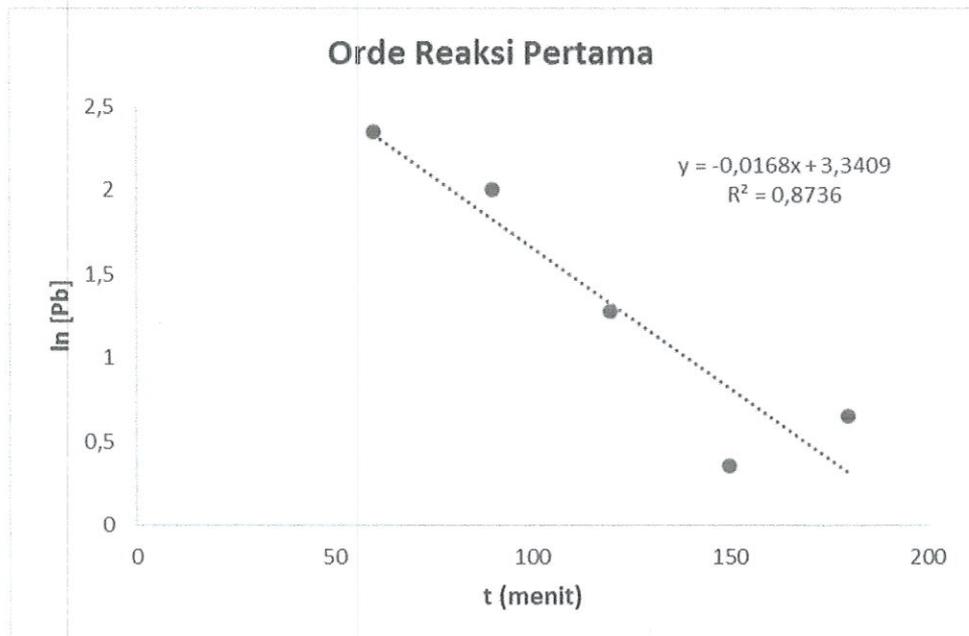
$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{q_{max} k_1} + \frac{C_e}{q_{max}} \times C_e$$

Diperoleh persamaan isotherm Langmuir yaitu  $y = 0.3126x + 0.2487$  sehingga diperoleh nilai  $k_1$  sebesar 0,9999 dan nilai  $q_{max}$  sebesar 3,1990 mg/g. ion logam Pb membentuk lapisan monolayer pada permukaan adsorben Selulosa-GMA-Sulfonat yang

bersifat homogen. Berdasarkan perhitungan diperoleh kapasitas adsorpsi maksimum adsorben Selulosa-GMA-Sulfonat terhadap ion logam Pb sebesar 3,1990 mg/g.

### ***Kinetika Adsorpsi***

Kinetika adsorpsi perlu dipelajari untuk mengetahui laju proses penyerapan ion logam oleh adsorben dan nilai-nilai parameter kinetika adsorpsinya. Kinetika adsorpsi ion logam Pb ditentukan dengan menghitung kapasitas adsorpsi pada variasi waktu kontak 60 menit, 90 menit, 120 menit dan 180 menit.

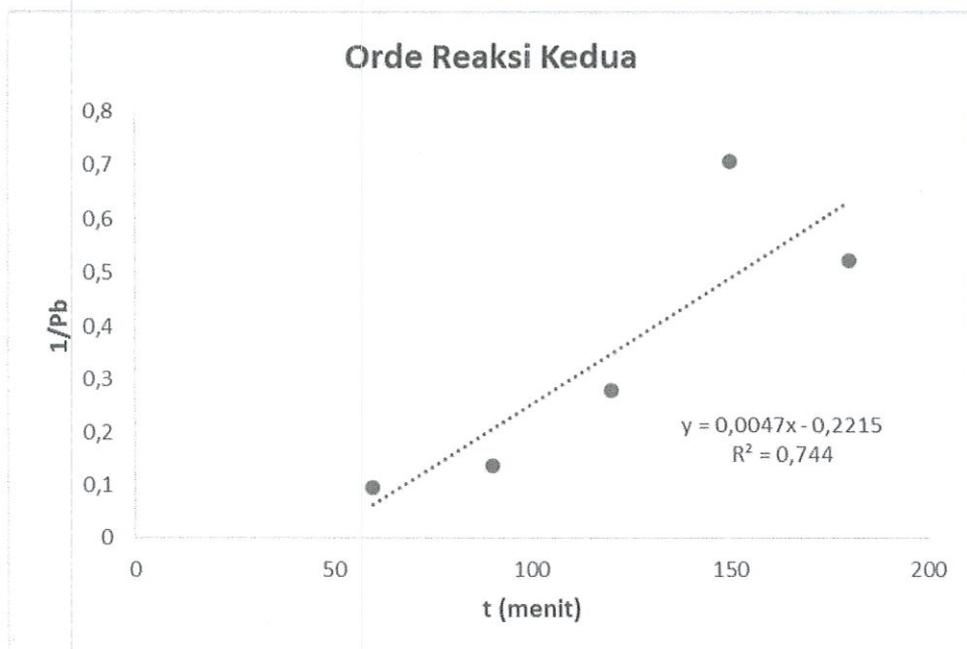


**Gambar 13** Orde Reaksi Satu

Pada Gambar 13, diperoleh persamaan linear untuk orde reaksi satu adalah  $y = -0,0168x + 3,3409$  dengan nilai regresi sebesar 0,8736. Persamaan linear tersebut diperoleh dengan memplotkan  $\ln [Pb]$  terhadap  $t$  (menit). Dengan menggunakan persamaan orde satu :

$$\ln[Pb] = -kt + \ln[Pb_0]$$

Dapat diperoleh nilai  $k$  (konstanta laju) yaitu  $0,0168 \text{ menit}^{-1}$ .  $[Pb]$  adalah konsentrasi waktu  $t$ ,  $[Pb_0]$  adalah konsentrasi awal dan  $t$  adalah waktu dalam menit



**Gambar 14** Orde Reaksi Dua

Pada gambar 14, diperoleh persamaan linear untuk orde dua yaitu  $y = 0,0047x - 0,2215$  dengan nilai regresi 0,744. Persamaan linera tersebut diperoleh dengan memplotkan  $1/[Pb]$  terhadap  $t$  (menit). Dengan menggunakan persmaan orde dua :

$$\frac{1}{[Pb]} = kt \frac{1}{[Pb]_0}$$

Sehingga diperoleh nilai  $k$  (konstanta laju) yaitu  $0,0047 \text{ L mol}^{-1} \text{ menit}^{-1}$ .

Dari kedua persamaan tersebut, dapat terlihat jika kinetika adsorpsi orde satu memiliki hasil nilai regresi yang lebih tinggi sehingga laju kinetika adsorben dalam penyerapan ion logam Pb mengikuti orde satu dengan nilai konstanta laju  $0,0168 \text{ menit}^{-1}$  dan nilai regresi 0,8736 sehingga diperoleh laju adsorpsi untuk konsentrasi ion Pb 15 ppm :

$$V = k [Pb]$$

$$V = 0,0168 \text{ menit}^{-1} \times 15 \text{ ppm}$$

$$V = 0,252 \text{ ppm menit}^{-1}$$

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan yaitu:

Pada pengaruh variasi dosis radiasi diperoleh hasil optimum pada 40 KGy. Didapatkan hasil pencangkokkan konsentrasi GMA yang efisien pada GMA 2,5% dan pencangkokkan konsentrasi GMA optimum pada GMA 5%. Kopolimer cangkok Selulosa dengan GMA dapat dimodifikasi dengan gugus fungsi Sulfonat yang berasal dari Ammonium Sulfat. Derajat pengembangan kopolimer cangkok GMA dengan selulosa menurun seiring dengan meningkatnya nilai persen pencangkokkan. Hasil karakterisasi FTIR menunjukkan adanya fingerprint yang menunjukkan adanya GMA yang tercangkok pada selulosa dan fingerprint adanya keberhasilan modifikasi Selulosa-GMA dengan gugus fungsi Sulfonat. Hasil karakterisasi dengan DSC menunjukkan bahwa adanya perubahan lebar grafik dari selulosa murni ke selulosa-GMA dan selulosa-GMA-Sulfonat yang menandakan keberhasilan modifikasi selulosa-GMA-Sulfonat. Diperoleh kondisi optimum penyerapan logam oleh adsorben kopolimer cangkok Selulosa-GMA termodifikasi Sulfonat yaitu pada pH larutan 7. 150 menit waktu kontak dan konsentrasi

awal larutan ion logam Pb sebesar 15 ppm. Prinsip adsorpsi adsorben Selulosa-GMA-Sulfonat mengikuti model isotherm Langmuir dengan nilai regresi sebesar 0.9745. Kinetika adsorpsi pada proses penyerapan adsorben Selulosa-GMA-Sulfonat terhadap adsorbat mengikuti orde reaksi pertama dengan konstanta laju (k) sebesar 0,0168 menit<sup>-1</sup> dengan nilai regresi sebesar 0.8736.

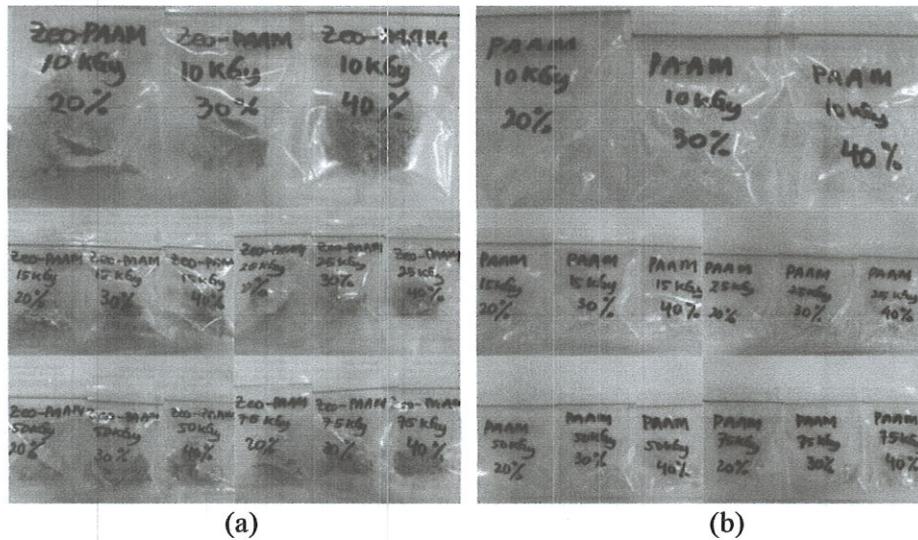
## DAFTAR PUSTAKA

- Rahmawati, Meri Suhartini, dan Emil Budianto, "Radiation Graft Copolymerization of Acrylic Acid onto Rice Straw Cellulose", *Macromol. Symp.* 2015, 353, 231-239
- A.Bhattacharya, A. Das, A. De. 1998. Structural influence on grafting of acrylamide based monomers on cellulose acetate. *Indian J. Chem. Technol.*, 5 (3) (1998), pp. 135–138
- Barsbay, Murat., Olgun Güven., Yasko Kodama. 2016. Amine functionalization of cellulose surface grafted with glycidyl methacrylate by  $\gamma$ -initiated RAFT polymerization. *Radiation Physics and Chemistry* 124: 140-144
- B.H. Hameed, A.T.M. Din, A.L. Ahmad. 2007. Adsorption of methylene blue onto bamboo-based activated carbon: kinetics and equilibrium studies. *J. Hazard. Mater.*, 141 (3) (2007), pp. 819–825
- Bondar Yu.V. 2004. Production of sorption-active polypropylene fiber by radiation-induced grafting of glycidyl methacrylate as a precursor monomer. *Proceeding of the Third Eurasian Conference "Nuclear Science and its Application"*
- Connell, D. W. & Miller, G. J. *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*. Terjemahan oleh Yanti Koestoer. 2006. Jakarta: Universitas Indonesia (UI-Press).
- Cowd, M.A. and Stark, J.G. (1991) *Kimia Polimer*, Penerbit ITB, Bandung.
- Fengel D, Wegener G. (1984). *Wood: Chemistry, Ultrastructure, Reactions*. First Edition. Berlin [DE]: Walter de Gruyter
- Greenwood, N. N., Earnshaw, A., 1989. *Chemistry of the Elements*. New York: Pergamon Press.
- Gurgel, L. V. A., Karnitz Júnior, O., Gil, R. P. F., & Gil, L. F. (2008). Adsorption of Cu(II), Cd(II), and Pb(II) from aqueous single metal solutions by cellulose and mercerized cellulose chemically modified with succinic anhydride. *Biore-source Techno344R34logy*, 99(8), 3077–3083

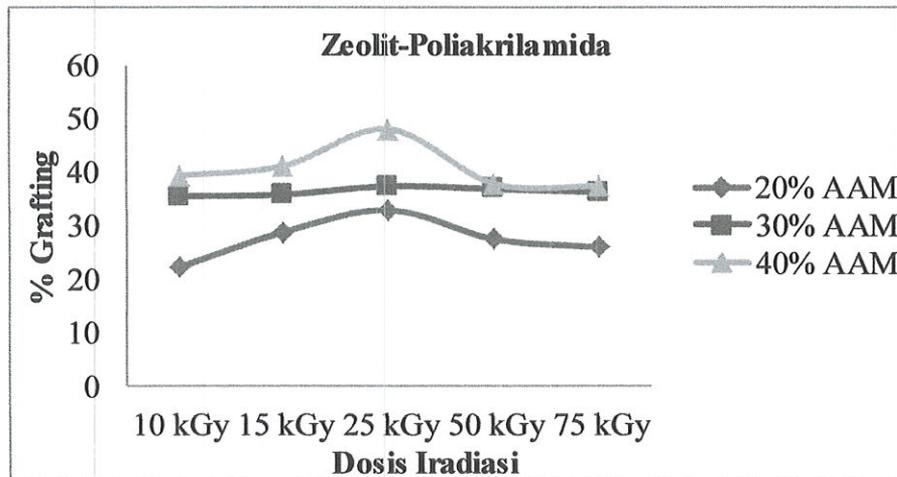
## PENELITIAN II

### HASIL DAN PEMBAHASAN

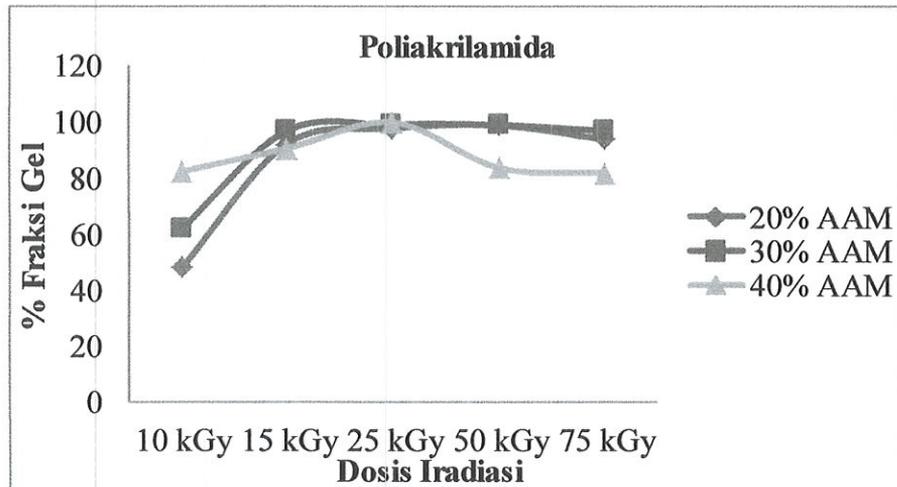
Pada penelitian ini, penambahan zeolit ke dalam monomer akrilamida bertujuan untuk memperbaiki sifat fisik akrilamida, sedangkan penambahan monomer akrilamida ke dalam zeolit bertujuan untuk meningkatkan kemampuan adsorpsinya. Hasil pembuatan zeolit-poliakrilamida dan poliakrilamida (kontrol) dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. (a) Zeolit-Poliakrilamida (Zeo-PAAM), (b) Poliakrilamida (PAAM) Karakteristik zeolit-poliakrilamida pada Gambar 1 (a) penampakan fisik berbentuk padat dan bertekstur keras dengan warna putih keabu-abuan, sedangkan poliakrilamida (kontrol) pada Gambar 1 (b) penampakan fisik berbentuk gel kering dan bertekstur keras dengan warna bening. Variasi konsentrasi monomer dan dosis iradiasi sangat berpengaruh terhadap persentase pencangkakan (*grafting*) dan fraksi gel. Pengaruh variasi konsentrasi monomer dan dosis iradiasi terhadap persentase pencangkakan (*grafting*) zeolit-poliakrilamida dan fraksi gel poliakrilamida dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Persentase *Grafting* Zeolit-Poliakrilamida

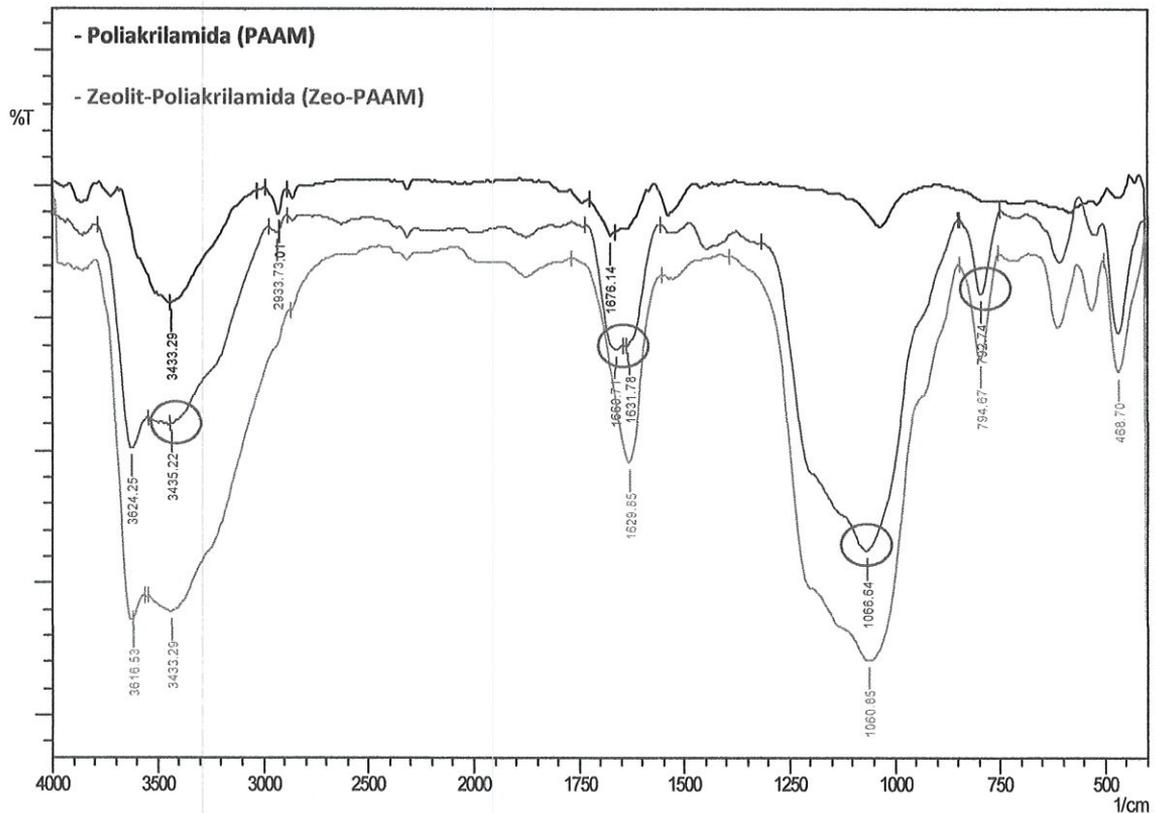


Gambar 3. Persentase Fraksi Gel Poliakrilamida

Berdasarkan Gambar 2 dan 3, semakin tinggi konsentrasi monomer akrilamida (AAM) dan dosis iradiasi gamma terhadap zeolit-poliakrilamida dan poliakrilamida (kontrol) akan meningkatkan persentase pencangkakan (*grafting*) dan fraksi gel. Dari hasil penelitian yang didapat menunjukkan nilai tertinggi untuk persentase *grafting* dan fraksi gel terletak pada konsentrasi monomer akrilamida 40% dan dosis iradiasi 25 kGy, dengan persentase *grafting* zeolit-poliakrilamida sebesar 48,05%. Nilai persentase fraksi gel poliakrilamida (kontrol) hasil yang diperoleh yaitu 99,86%. Selanjutnya, dengan penambahan dosis iradiasi 50 kGy dan 75 kGy terjadi penurunan pada nilai persentase *grafting* dan fraksi gel. Kenaikkan dosis iradiasi sangat berpengaruh pada kenaikan konsentrasi monomer yang membentuk polimer dan jumlah ikatan silangnya. Kenaikkan dosis iradiasi akan meningkatkan densitas radikal bebas yang dihasilkan sehingga probabilitas reaksi polimerisasi akan semakin tinggi. Setelah tercapai ikatan polimerisasi cangkok dan *cross-link* yang sempurna, penambahan dosis iradiasi akan menurunkan nilai persentase *grafting* dan fraksi gel. Nilai persentase fraksi gel poliakrilamida dalam penelitian ini tidak mencapai 100%, dikarenakan kemungkinan tidak semua monomer akrilamida yang diiradiasi menjadi poliakrilamida dan membentuk gel, sehingga monomer tersebut larut dalam air. Fraksi gel merupakan salah satu parameter yang umumnya digunakan dalam sintesis hidrogel yang mencerminkan fraksi jumlah bahan awal baik monomer atau polimer yang telah diubah menjadi hidrogel pada proses sintesis.

#### Karakterisasi Zeolit-Poliakrilamida dengan FTIR

Penentuan gugus fungsi zeolit-poliakrilamida dapat dianalisis menggunakan spektrofotometer FTIR. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi terjadinya polimerisasi cangkok dengan menelisik perubahan pada spektra zeolit-poliakrilamida. Analisis serapan gelombang inframerah dengan spektrofotometer FTIR dilakukan terhadap zeolit, zeolit-poliakrilamida dan poliakrilamida pada nilai tertinggi dalam persentase *grafting* dan fraksi gel (40% AAM; 25 kGy).



Gambar 4. Spektrum FTIR Zeolit (hijau), PAAM (hitam) dan Zeo-PAAM (Merah)

Perubahan struktur zeolit setelah terjadi pencangkakan (*grafting*) dengan monomer akrilamida dapat dilihat dari adanya perubahan spektrum gugus fungsi FTIR yang diamati. Berdasarkan Gambar 4, spektrum FTIR PAAM (hitam) terjadi pada bilangan gelombang  $3433\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya gugus amida ( $\text{NH}_2$ ), pada bilangan gelombang  $2933\text{ cm}^{-1}$  terdapat gugus  $\text{CH}_2$  dan pada bilangan gelombang  $1676\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus karbonil ( $\text{C}=\text{O}$ ). Pada spektrum ini tidak tampak lagi puncak gugus  $-\text{C}=\text{C}-$  bilangan gelombang  $1640\text{ cm}^{-1}$ . Hal tersebut mengindikasikan bahwa polimerisasi dari akrilamida (AAM) terjadi pada gugus  $\text{C}=\text{C}$  (Erizal, 2010), yang reaksinya sesuai dengan reaksi pada Gambar 5.



Gambar 5. Reaksi

AAM PAAM

Polimerisasi

Akrilamida (AAM) (Erizal, 2010)

Berdasarkan Gambar 5 ditinjau dari struktur kimianya, bahwa akrilamida (AAM) mempunyai gugus ikatan rangkap yang peka terhadap radiasi dan dapat membentuk ikatan silang. Akrilamida (AAM) berubah menjadi poliakrilamida (PAAM) melalui tahapan-tahapan reaksi yang terjadi dalam proses iradiasi yaitu meliputi tahapan-tahapan inisiasi, propagasi dan terminasi. Tahapan inisiasi AAM akan membentuk radikal bebas, kemudian bereaksi satu dengan lainnya membentuk dimer. Selanjutnya, dimer akan mengalami reaksi lebih lanjut membentuk polimer (tahap propagasi) dan akhirnya pada tahap terminasi polimer akan membentuk ikatan silang satu dengan lainnya dengan struktur jaringan yang tertentu maupun reaksi degradasi (Erizal, 2010).

Pada Gambar 4, spektrum FTIR Zeolit (hijau) terjadi pada bilangan gelombang  $3616\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya serapan vibrasi gugus OH, selain itu tampak puncak pada bilangan gelombang  $1629\text{ cm}^{-1}$  yang merupakan asosiasi molekul air dengan atom

Na atau Ca di dalam pori-pori zeolit, yang mengindikasikan zeolit dalam keadaan terhidrasi. Kemudian tampak puncak pada bilangan gelombang 1060  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya vibrasi internal dari ikatan T-O dalam tetrahedral  $\text{TO}_4$  (T = Si dan Al) dan pada bilangan gelombang 794  $\text{cm}^{-1}$  terdapat adanya serapan vibrasi ulur simetris gugus O-T-O dari zeolit. Karakteristik pita serapan FTIR dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Pita Serapan FTIR

Bilangan Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )	Gugus Fungsi
Pita Serapan Poliakrilamida (PAAM) (Erizal, 2010)	
3353	Gugus $\text{NH}_2$
2980	Gugus $\text{CH}_2$
1972	Gugus $\text{C}=\text{O}$
Pita Serapan Zeolit (Seftiani, 2016)	
3600	Vibrasi OH
1633	Asosiasi air dengan atom Na atau Ca
1037-1197	Vibrasi internal ikatan TO dalam tetrahedral $\text{TO}_4$
796	Vibrasi ulur simetris O-T-O

Spektrum FTIR Zeo-PAAM (merah) dapat dilihat pada Gambar 4, tampak semua puncak yang dimiliki oleh kedua komponen zeolit dan PAAM, terjadi pada bilangan gelombang 3624  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya serapan vibrasi gugus OH, bilangan gelombang 3435  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus amida ( $\text{NH}_2$ ), 2933  $\text{cm}^{-1}$  terdapat gugus  $\text{CH}_2$ , 1660  $\text{cm}^{-1}$  terdapat adanya gugus karbonil ( $\text{C}=\text{O}$ ), 1066  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya vibrasi internal dari ikatan T-O dan bilangan gelombang 794  $\text{cm}^{-1}$  terdapat adanya serapan vibrasi gugus O-T-O dari zeolit. Semua puncak tersebut merupakan karakteristik dari kedua komponen zeolit dan PAAM, yang menunjukkan adanya polimerisasi cangkang poliakrilamida pada zeolit.

Analisis termal yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu TGA (*Thermogravimetric Analysis*) dan DTA (*Differential Thermal Analysis*). Analisis TGA dan DTA dilakukan terhadap zeolit, zeolit-poliakrilamida dan poliakrilamida pada nilai tertinggi dalam persentase *grafting* dan fraksi gel (40% AAM; semua variasi dosis iradiasi).

Analisis termal yang dilakukan pada temperatur 27°C hingga 600°C dapat diketahui bahwa zeolit, zeolit-poliakrilamida (Zeo-PAAM) dan poliakrilamida (PAAM) mengalami pengurangan berat (*Thermogravimetric*) dan perubahan fase. Hasil dari analisis TGA dan DTA dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Analisis TGA dan DTA

	Dosis Iradiasi (kGy)	Temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ )	Berat Awal (mg)	Pengurangan Berat (mg)	Pengurangan Berat (%)
Zeolit					
TGA		125	2,8189	0,251	8,904
DTA		555,79 dan 591,46	Reaksi endotermik dan eksotermik		
Zeo-PAAM					
TGA	10	387,95	10,200	3,029	29,696
	15	460	7,002	1,449	20,694
	25	77,80	9,747	1,854	19,021
	50	366,17	9,501	1,698	17,870
	75	100	7,134	0,919	12,882
DTA	10	295,86 dan 596,37	Reaksi endotermik dan eksotermik		
	15	518,59 dan 526,22	Reaksi eksotermik dan endotermik		
	25	216,54 dan 565,50	Reaksi endotermik dan eksotermik		
	50	287,47 dan 573	Reaksi endotermik dan eksotermik		
	75	237,47 dan 590,83	Reaksi endotermik dan eksotermik		

PAAM					
TGA	10	393,15	7,997	6,807	85,119
	15	404,07	9,570	7,975	83,333
	25	396,13	11,007	8,914	80,985
	50	402,50	10,296	8,206	79,701
	75	405,15	9,811	7,793	79,431
DTA	10	226,21 dan 558,23	Reaksi endotermik dan eksotermik		
	15	289,45 dan 572	Reaksi endotermik dan eksotermik		
	25	244,37 dan 573,39	Reaksi endotermik dan eksotermik		
	50	234,23 dan 575,67	Reaksi endotermik dan eksotermik		
	75	230,50 dan 566,30	Reaksi endotermik dan eksotermik		

Berdasarkan Tabel 2, pengurangan berat tersebut terjadi karena adanya pelepasan kandungan air yang terikat pada zeolit, zeolit-poliakrilamida dan poliakrilamida selama perlakuan termal. Pengurangan berat ditunjukkan oleh perubahan aliran panas yang terjadi pada temperatur diatas 100°C, dari data yang didapat bahwa perbedaan dosis iradiasi tersebut akan memberikan stabilitas termal yang berbeda-beda. Pengurangan berat untuk zeolit sebesar 8,904%, sedangkan pengurangan berat untuk zeolit-poliakrilamida dan poliakrilamida mengalami penurunan seiring kenaikan dosis iradiasi. Pengurangan berat terbesar untuk zeolit-poliakrilamida dan poliakrilamida terdapat pada dosis 10 kGy masing-masing sebesar 29,696% dan 85,119%. Berdasarkan hasil analisis TGA, dapat diketahui bahwa kandungan air di dalam zeolit, zeolit-poliakrilamida dan poliakrilamida tersebut sekitar 8 hingga 85,119%.

Hasil analisis DTA pada Tabel 2, dapat diketahui bahwa zeolit, zeolit-poliakrilamida dan poliakrilamida tersebut mengalami perubahan fase yang mulai terjadi pada temperatur diatas 200°C hingga 500°C. Perubahan fase untuk zeolit terjadi pada temperatur 555,79°C yang membentuk puncak ke bawah (endotermik/ penyerapan panas) dan 591,46°C membentuk puncak ke atas (eksotermik/ pelepasan panas). Perubahan fase untuk zeolit-poliakrilamida dan poliakrilamida (kontrol) seiring kenaikan dosis iradiasi rata-rata terjadi pada temperatur diatas 200 °C dan 500 °C, yang membentuk puncak endotermik dan eksotermik. Zeolit-poliakrilamida pada penelitian ini mengalami perubahan fase yang sama halnya dengan zeolit dan poliakrilamida (kontrol).

#### Uji Zeolit-Poliakrilamida sebagai Penyerap Ion Logam Cr dan Zn

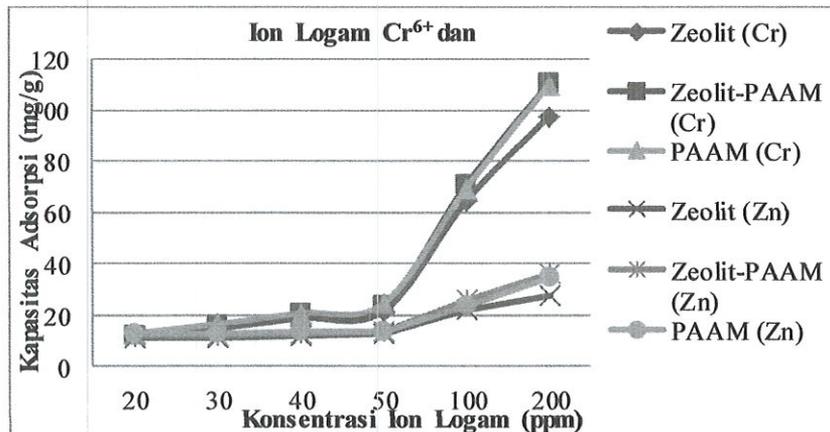
Penyerapan ion logam Cr dan Zn dilakukan dengan zeolit, zeolit-poliakrilamida dan poliakrilamida (kontrol) pada nilai tertinggi dalam persentase *grafting* dan fraksi gel (40% AAM; 25 kGy). Sebelum penyerapan logam berat tersebut, zeolit-poliakrilamida dan poliakrilamida (kontrol) dilakukan *swelling* dahulu dengan menggunakan air (trides). *Swelling* merupakan salah satu parameter utama untuk pengujian suatu bahan kandidat sebagai adsorben (Erizal, 2010). Zeolit-poliakrilamida dan poliakrilamida (kontrol) ketika *diswelling* dengan menggunakan air (trides) akan terjadi ikatan hidrogen antara gugus NH<sub>2</sub> pada hidrogel dengan gugus OH pada trides (Nurfilah, 2013), sehingga air yang terserap tetap tertahan dan akan mengalami pengembangan (Swantomo *et al.*, 2008). Ilustrasi mekanisme proses *swelling* dapat dilihat pada Gambar 3.



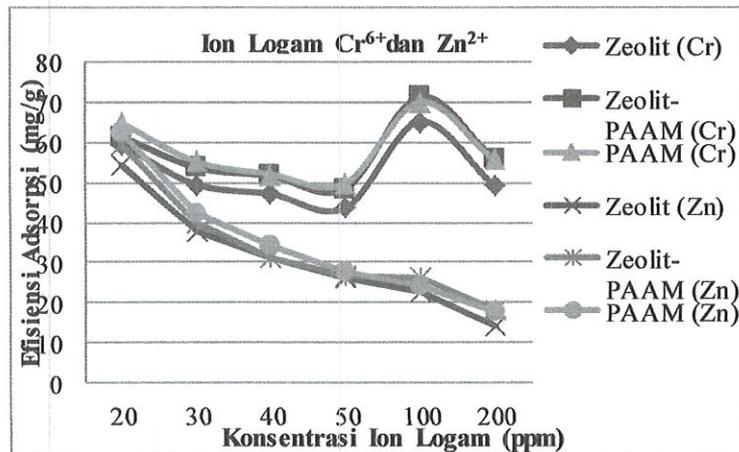
Gambar 6. Ilustrasi Proses *Swelling* (Nurfilah,2013)

Setelah dilakukan *swelling*, penyerapan logam berat dilakukan berdasarkan penelitian Nurfilah (2013) dengan variasi konsentrasi 20, 30, 40, 50, 100 dan 200 ppm pada pH 7 untuk  $\text{Cr}^{6+}$  dan pH 9 untuk  $\text{Zn}^{2+}$  selama waktu perendaman 1 jam sambil dikocok dengan kecepatan 100 rpm. Menurut Nurfilah (2013), logam Cr dan Zn pada suasana asam berada dalam bentuk ion logam sempurna, sehingga daya adsorpsi terhadap logam-logam ini kurang sempurna. Tetapi, apabila pH dinaikkan nilai adsorpsi akan naik, karena selain daya adsorpsi naik ion-ion logam akan ikut mengendap dan menempel pada partikel-partikel adsorben sehingga sisa-sisa logam akan semakin kecil (Pujiastuti *et al.*, 2004).

Hasil pengaruh variasi konsentrasi ion logam terhadap penyerapan logam berat dapat dilihat pada Gambar 7 dan 8.



Gambar 7. Pengaruh Konsentrasi Ion Logam terhadap Kapasitas Penyerapan Ion Logam  $\text{Cr}^{6+}$  dan  $\text{Zn}^{2+}$



Gambar 8. Pengaruh Konsentrasi Ion Logam terhadap Efisiensi Penyerapan Ion Logam  $\text{Cr}^{6+}$  dan  $\text{Zn}^{2+}$

Kemampuan penyerapan suatu adsorben dipengaruhi oleh konsentrasi ion logam. Berdasarkan Gambar 7 dapat dilihat bahwa semakin besar konsentrasi ion logam yang digunakan, maka semakin besar kapasitas penyerapannya. Menurut Nurhasni (2002), konsentrasi ion logam berhubungan dengan jumlah sisi aktif yang terdapat pada permukaan sorben, bila jumlah sisi aktifnya cukup besar dibandingkan jumlah ion logam, maka kapasitas penyerapan akan tinggi sampai pada saat jumlah sisi aktif sama dengan jumlah ion logam, maka kapasitas penyerapannya akan menurun. Kondisi optimum

penyerapan pada penelitian ini diperoleh pada konsentrasi 200 ppm untuk  $\text{Cr}^{6+}$  dan  $\text{Zn}^{2+}$ . Konsentrasi yang tinggi akan menyebabkan jumlah molekul dalam larutan bertambah, sehingga meningkatkan interaksi molekul adsorbat dengan adsorben. Interaksi yang tinggi akan menyebabkan laju reaksi, sehingga adsorbat yang terserap semakin besar dan menyebabkan nilai kapasitas adsorpsi meningkat seiring dengan konsentrasi adsorbat (Barros *et al.*, 2003).

Pada Gambar 8 dapat dilihat bahwa meningkatnya konsentrasi ion logam, maka efisiensi penyerapannya semakin berkurang, dikarenakan kemampuan adsorben menyerap ion logam berat sudah maksimum. Menurut Apriliani (2010), hal tersebut disebabkan karena konsentrasi yang lebih tinggi, jumlah ion logam dalam larutan tidak sebanding dengan jumlah partikel yang tersedia dalam adsorben sehingga permukaan adsorben akan mencapai titik jenuh dan kemungkinan akan terjadi proses desorpsi atau pelepasan kembali antara adsorben dengan adsorbat.

Tabel 3. Pengaruh Konsentrasi Ion Logam terhadap Kapasitas Penyerapan Ion Logam  $\text{Cr}^{6+}$

Adsorben	Konsentrasi Ion Logam (ppm)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)	Efisiensi Adsorpsi (%)
Zeolit (Cr)	20	11,753	59,355
	30	14,728	49,586
	40	18,683	47,175
	50	21,644	43,722
	100	64,522	65,168
	200	97,502	49,239
Zeolit-PAAM (Cr)	20	12,177	61,495
	30	15,982	53,806
	40	20,449	51,635
	50	24,023	48,528
	100	70,704	71,412
	200	110,739	55,923
PAAM (Cr)	20	12,855	64,92
	30	16,414	55,263
	40	20,634	52,102
	50	24,644	49,782
	100	69,370	70,064
	200	110,198	55,65

Tabel 4. Pengaruh Konsentrasi Ion Logam terhadap Kapasitas Penyerapan Ion Logam  $\text{Zn}^{2+}$

Adsorben	Konsentrasi Ion Logam (ppm)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)	Efisiensi Adsorpsi (%)
Zeolit (Zn)	20	10,755	54,314
	30	11,306	37,688
	40	12,282	31,012
	50	13,049	26,359
	100	22,263	22,486
	200	27,968	14,124
Zeolit-PAAM (Zn)	20	11,742	59,297
	30	11,869	39,961
	40	12,379	31,257
	50	13,217	26,698

	100	25,885	26,144
	200	35,909	18,134
PAAM (Zn)	20	12,334	62,289
	30	12,556	42,274
	40	13,495	34,077
	50	13,797	27,87
	100	24,039	24,279
	200	35,004	17,677

Berdasarkan Tabel 3 dan 4, diperoleh kondisi optimum kapasitas penyerapan ion logam  $\text{Cr}^{6+}$  untuk zeolit yakni 97,502 mg/g, zeolit-poliakrilamida (Zeolit-PAAM) yakni 110,739 mg/g dan poliakrilamida (PAAM) yakni 110,198 mg/g. Sedangkan kondisi optimum kapasitas penyerapan ion logam  $\text{Zn}^{2+}$  untuk zeolit yakni 27,968 mg/g, zeolit-poliakrilamida (Zeolit-PAAM) yakni 35,909 mg/g dan poliakrilamida (PAAM) yakni 35,004 mg/g.

Berdasarkan Tabel 3 dan 4 serta Gambar 7, dapat dilihat bahwa kondisi optimum efisiensi penyerapan ion logam diperoleh pada konsentrasi yang berbeda-beda yaitu  $\text{Cr}^{6+}$  100 ppm dan  $\text{Zn}^{2+}$  20 ppm. Efisiensi penyerapan ion logam  $\text{Cr}^{6+}$  untuk zeolit yakni 65,168%, zeolit-poliakrilamida (Zeolit-PAAM) yakni 71,412% dan poliakrilamida (PAAM) yakni 70,064%. Sedangkan efisiensi penyerapan ion logam  $\text{Zn}^{2+}$  untuk zeolit yakni 54,314%, zeolit-poliakrilamida (Zeolit-PAAM) yakni 59,297% dan poliakrilamida (PAAM) yakni 62,289.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu:

1. Kondisi terbaik didapati pada konsentrasi monomer akrilamida 40% dan dosis iradiasi 25 kGy, dengan nilai tertinggi untuk persentase *grafting* zeolit-poliakrilamida yakni 48,05% dan fraksi gel poliakrilamida (kontrol) yakni 99,86%.
2. Zeolit-poliakrilamida terjadi perubahan gugus fungsi pada bilangan gelombang 3624  $\text{cm}^{-1}$  gugus OH, 3435  $\text{cm}^{-1}$  gugus amida ( $\text{NH}_2$ ), 2933  $\text{cm}^{-1}$  gugus  $\text{CH}_2$ , 1660  $\text{cm}^{-1}$  gugus karbonil ( $\text{C}=\text{O}$ ), 1066  $\text{cm}^{-1}$  vibrasi internal dari ikatan T-O dan 794  $\text{cm}^{-1}$  gugus O-T-O.
3. Zeolit-poliakrilamida mengalami pengurangan berat terbesar yakni 29,696% pada dosis 10 kGy dan perubahan fase (endotermik dan eksotermik) pada temperatur diatas 200 °C dan 500 °C.
4. Zeolit-poliakrilamida dapat menyerap ion logam  $\text{Cr}^{6+}$  dan  $\text{Zn}^{2+}$  serta memiliki kapasitas adsorpsi lebih baik yakni untuk  $\text{Cr}^{6+}$  sebesar 110,739 mg/g dengan efisiensi 55,923% dan untuk  $\text{Zn}^{2+}$  sebesar 35,909 mg/g dengan efisiensi 18,134% dibandingkan dengan zeolit kapasitas adsorpsi untuk  $\text{Cr}^{6+}$  sebesar 97,502 mg/g dengan efisiensi 49,239% dan untuk  $\text{Zn}^{2+}$  sebesar 27,968 mg/g dengan efisiensi 14,124%.

## DAFTAR PUSTAKA

- G. Gyananath and D.K. Balhal, *Cellulose Chem. Technol.* **2012**, 46, 121.  
T. Gotoh, K. Matsushima, K.I. Kikuchi, *Chemosphere* **2004**, 55 135.  
P.S. Kumar, K. Kirthika, *Journal of Eng. Sci. and Tech.* **2009**, 4(4), 351.  
S.E Bailey, T.J Olin, R.M. Bricka, D.D Adrian, *Water Res.* **1999**, 33, 2469.  
A. Dyer, An introduction to zeolite molecular sieves, John Wiley & Sons Ltd, Great Britain. **1988**  
P. Payra, P.K. Dutta, Zeolite: A Primer dalam *Hand book of zeolite science and technology.* **2003**  
H. Faghihian, S.N. Farsani, Polish Journal of Chemical Technology, **2013**, 151,1-6  
Erizal. *Indo. J. Chem.* **2010** 10(1): 12-19.  
Nurfilah, Erva. Studi Awal Hidrogel Poliakrilamida-co-Kitosan Sebagai Penyerap Ion Logam Cr, Co, Ni, Cu, Zn dan Pb. [*Skripsi*]. 2013. Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah.  
Nurhasni. Penggunaan Genjer (*Limncharis Flava*) Untuk Menyerap Ion Kadmium, Kromium dan Tembaga dalam Air Limbah. [*Tesis*]. 2002. Padang: Universitas Andalas.

## PENELITIAN III

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahun 2016 telah dilakukan aplikasi oligokitosan dan biofertilizer pada pembibitan tanaman Lada di Bangka. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa penggunaan oligokitosan dengan konsentrasi 50 ppm dan pupuk superbios 5 garam pertanaman memberikan nilai tertinggi untuk pengatan parameter tinggi sulur panjat, jumlah cabang produksi, ketahanan terhadap penyakit dan nilai mortalitas yang rendah diantara perlakuan yang digunakan. Pada tahun 2017, kegiatan dilakukan mulai dari pembibitan tanaman lada dengan kondisi optimum yang diperoleh sebagai standar perlakuan pada bibit tanaman lada dan penanaman lada pada lahan percobaan untuk mengevaluasi pertumbuhan lada pada fase vegetatif. Parameter pengamatan yang dievaluasi yaitu LBSP (lingkar batang sulur panjat), JSP (jumlah sulur panjat), TSP (tinggi sulur panjat), JCP (jumlah cabang produksi), PCP (panjang cabang produksi) dan JR (jumlah ruas cabang produksi). Hasil Analisis Ragam Perlakuan Fitosan dan Superbios (Analisis Anova 4 fase) pada pengamatan 15 HST dan 60 HST dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3. Pada tahap awal pertumbuhan yaitu 15 HST pemberian kitosan telah menunjukkan adanya perbedaan terhadap tinggi sulur panjat dan jumlah cabang produksi sebagaimana ditunjukkan dengan nilai Pr dibawah 0,05. Sementara itu, pemberian biofertiili tidak menunjukkan perbedaan. Perhitungan lebih lanjut dilakukan dengan uji DMRT dengan taraf 5%. Dari tabel 3 terlihat bahwa pemberian oligokitosan pada dosis 50 sd 200 ppm memberikan perbedaan yang nya terhadap tinggi sulur panjat dan memberikan perbedaan tidak nyata terhadap jumlah cabang produksi. Pada pengamatan 60 HST terlihat bahwa pemberian oligokitosan dan biofertilizer memberikan perbedaan terhadap tinggi sulur panjat dan jumlah cabang produksi sebagaimana diperlihatkan oleh analisis sidik ragam pada Tabel 4. Perhitungan lebih lanjut menggunakan menggunakan uji DMRT pada taraf 5% menunjukkan bahwa

pe,mberian oligokitosan tidak menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap jumlah sulur panjang. Sedangkan pemberian biofertiliser 100 mg menunjukkan. Pada pengamatan 210 HST (7 bulan), terlihat bahwa pemberian oligokitosan menunjukkan perbedaan pada jumlah cabang produksi. Sedangkan pemberian biofertilizer menunjukkan perbedaan pada panjang cabang produksi dan jumlah ruas.

Tabel 2 Hasil Analisis Ragam Perlakuan Fitosan dan Superbios (Analisis Anova 4 fase) pada pengamatan 15 hari setelah tanam

Parameter	Kuadrat Tengah						KK (%)
	Kitosan (K)	Pr(>F)	bioferti(B)	Pr(>F)	K x B	Pr(>F)	
LBSP	0.02	0.19	0.04	0.05	0.02	0.20	11.44
JSP	0.08	0.10	0.00	0.92	0.02	0.76	17.41
TSP	18.84	0.01	1.25	0.75	2.02	0.83	27.15
JCP	0.40	0.04	0.11	0.46	0.03	0.98	76.65
PCP	1.38	0.14	1.15	0.22	0.16	0.97	75.93
JR	0.11	0.16	0.10	0.20	0.02	0.93	74.69

Tabel 3 pengaruh pemberian oligokitosan terhadap tinggi sulur panjang dan jumlah cabang produksi pada 15 hari setelah tanam

Oligokitosan	Tingg Sulur Panjang	Jumlah Cabang Produksi
1	8.8917 a	0.567 ab
2	8.36 ab	0.417 ab
3	6.9617 bc	0.283 b
4	6.53 c	0.65 a

Tabel 4 Hasil Analisis Ragam Perlakuan Fitosan dan Superbios pada pengamatan (Analisis Anova 4 fase) pada pengamatan pengamatan 60 hari setelah tanam

Parameter	Kuadrat Tengah						KK (%)
	Kitosan (K)	Pr(>F)	Superbios(B)	Pr(>F)	K x B	Pr(>F)	
LBSP	0.03	0.13	0.00	0.81	0.01	0.44	8.91
JSP	0.278241	0.0193	0.27963	0.0335	0.046296	0.7259	20.46961
TSP	9.383594	0.8056	84.44063	0.0621	41.48229	0.2167	21.14707
JCP	0.3	0.5588	0.613542	0.2506	0.634375	0.2076	36.12658
PCP	1.443643	0.5568	2.983852	0.2455	2.779903	0.255	45.46895
JR	0.133919	0.536	0.361393	0.1485	0.268945	0.2061	41.92649

Tabel 5 pengaruh pemberian oligokitosan dan biofertilizer jumlah sulur panjang pada 60 hari setelah tanam

Oligokitosan	JSP	Biofertilizer	JSP
1	1.36 ab	1	1.46 a
2	1.35 ab	2	1.38 ab
3	1.52 a	3	1.23 b
4	1.18 b		

Tabel 6 Hasil Analisis Ragam Perlakuan Fitosan dan Superbios pada 210 HST (7 bulan)

Pengamatan	K	Pr>F	B	Pr>F	K*B	Pr>F
LBSP	0.144	0.790	0.029	0.750	0.057	0.746
JSP	0.418	0.477	0.424	0.334	0.347	0.487
TSP	836.518	0.652	172.397	0.687	290.320	0.698
JCP	1.525	<b>0.048*</b>	1.671	0.495	4.138	0.134
PCP	17.378	0.553	38.831	<b>0.048*</b>	1.083	0.997
JR	0.472	0.905	1.646	<b>0.046*</b>	0.084	0.987

Tabel 7. Tabel pengaruh pemberian Fitosan terhadap jumlah cabang produktif lada 210 HST

Oligokitosan	Jumlah cabang produksiCP
0 ppm (1)	5.77 b
50 ppm (2)	6.47 ab
100 ppm (3)	7.33 a
200 ppm (4)	6.26 ab

Tabel 8 pengaruh pemberian pupuk Biofertilizer terhadap panjang cabang produksi dan jumlah ruas lada pada 210 HST

biofertilizer	Panjang Cabang Produksi	Jumlah Ruas
0 kg	14.04 b	3.35 b
0,5 kg	14.97 ab	3.47 ab
1 kg	16.78 a	3.90 a

## KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan secara umum bahwa oligokitosan pada konsentrasi 50 ppm hingga 200 ppm memberikan efek percepatan pertumbuhan tanaman lada sejak dari awal tanam, sedangkan biofertilizer menunjukkan efek lambat yaitu setelah 60 HST. Penelitian dilanjutkan pada tahun 2018 untuk mengamati pertumbuhan dan perkembangan tanaman lada pada akhir fase vegetatif dan awal fase generatif.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Balai Proteksi tanaman Dinas Pertanian, Perkebunan dan Peternakan Provinsi Bangka Belitung Bapak. Drs. Indra T. Puspawijaya serta para staf yaitu Bapak Lasimin SP, Bpk Erwan, Bapak Tamrin, Ibu Yulia. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Staf Balai Iradiasi, Elektromekanik dan Instrumentasi Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi BATAN atas bantuannya meradiasi kitosan.

Penelitian ini dibiayai dari DIPA PAIR BATAN tahun 2017.

## DAFTAR PUSTAKA

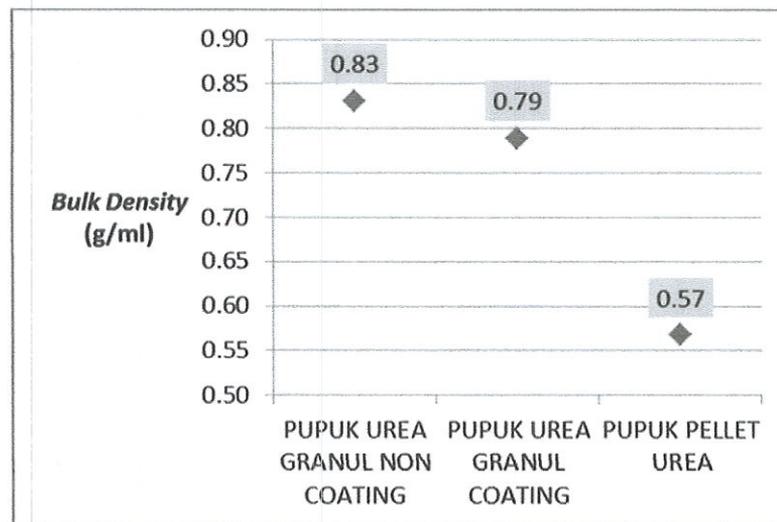
- Agung Hardiansyah, Djaimi Bakce & Ermi Tety, Analisis Keunggulan Komparatif Lada Indonesia Di Pasar Internasional, *Pekbis Jurnal*, Vol.7, No.2, Juli 2015: 85-93
- Leli Nuryati, Noviaty (eds), *Outlook Lada komoditas Pertanian Subsektor Perkebunan*, Pusat Data dan Sistem Informatika Pertanian, sekretariat Jendral Kementerian Pertanian, 2015
- Dyah Manohara, Dono Wahyuno, *Pedoman Budidaya Merica*, Balai Penelitian Tanaman Rempah Dan Obat (BALITTRO) bekerja sama dengan AGFOR Sulawesi, 2013
- Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, *Teknologi Budidaya Lada*, Seri Buku Inovasi: BUN16/2008

#### PENELITIAN IV

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

##### Pengaruh Lapisan Polimer Alam Terhadap *Bulk Density* Pada Jenis Pupuk Urea

*Bulk density* adalah besar massa pupuk urea persatuan volume, umumnya dinyatakan dalam g/ml. *Bulk density* merupakan petunjuk kepadatan pupuk. Makin padat suatu pupuk maka makin tinggi *Bulk density*, yang berarti makin sulit meneruskan air. Hasil uji *bulk density* dapat dilihat pada Gambar 1.

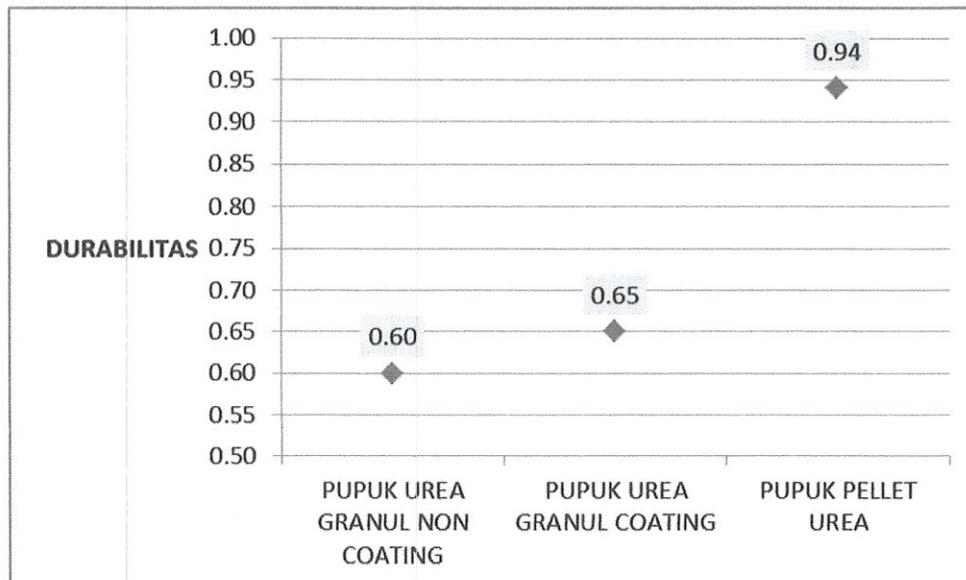


Gambar 1 Pengaruh Lapisan Polimer Alam Terhadap *Bulk Density* Pada Jenis Pupuk Urea

Berdasarkan Gambar 4.1, dapat diketahui bahwa pengaruh polimer alam sebagai pelapis dapat menurunkan nilai *bulk density* pada pupuk urea *granul coating* dan pupuk pellet urea. Hal ini dikarenakan lapisan polimer alam dapat memperbesar diameter pupuk urea *granul coating* dan pupuk pellet urea yang dihasilkan, sehingga semakin besarnya ukuran pada pupuk urea maka semakin kecil nilai *bulk density*. Pupuk dengan nilai *bulk density* yang kecil baik untuk lahan pertanian sehingga akan menyebabkan aerasi dalam tanah tersebut menjadi lebih baik. Hasil dari uji *bulk density* didapatkan nilai *bulk density* pupuk pellet urea yang sesuai dengan target penelitian yaitu lebih kecil daripada pupuk urea *granul non coating* dan pupuk urea *granul coating* dengan nilai *bulk density* sebesar 0,57 g/ml, dikarenakan ukuran diameter pupuk pellet urea lebih besar dibandingkan pupuk urea *granul non coating* dan pupuk urea *granul coating*.

##### Pengaruh Lapisan Polimer Alam Terhadap Durabilitas Pada Jenis Pupuk Urea

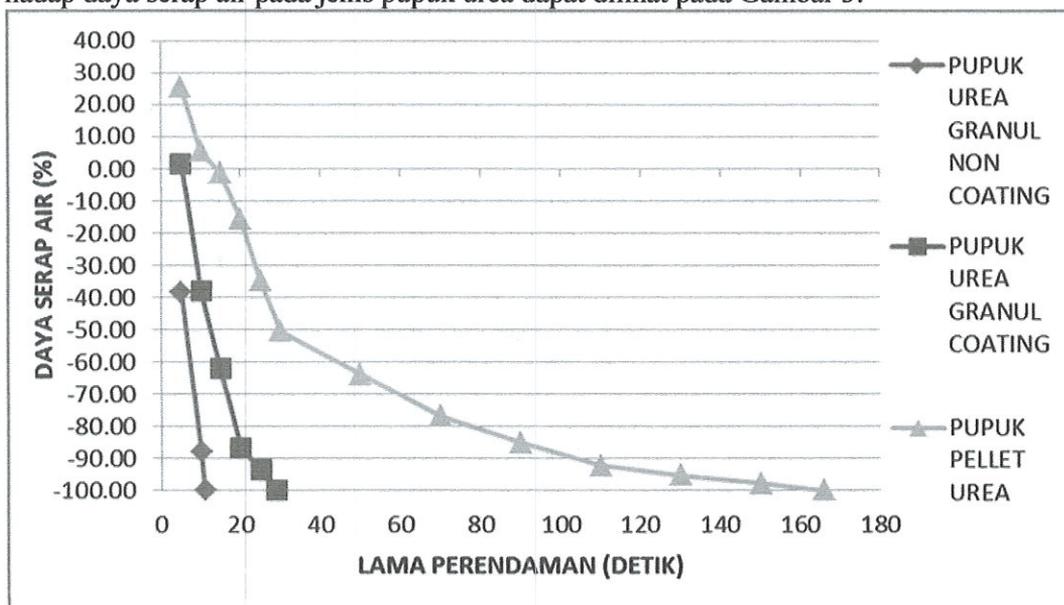
Pada pengujian ini akan dilihat pengaruh lapisan polimer alam terhadap durabilitas pada jenis pupuk urea yang dihasilkan yang dapat dilihat pada Gambar 2. Hasil uji durabilitas menunjukkan bahwa penambahan polimer alam meningkatkan nilai durabilitas pada pupuk urea *granul coating* dan pupuk pellet urea. Hal ini dikarenakan polimer alam berfungsi sebagai pelapis pupuk urea yang dapat meningkatkan kualitas fisik pada pupuk urea. Sehingga jumlah pupuk urea yang masih utuh setelah melalui perlakuan fisik dengan alat mekanik semakin besar. Dari Gambar 2, didapatkan nilai tertinggi durabilitas pada pupuk pellet urea yaitu 0,94, hal ini juga dikarenakan ukuran diameter pupuk pellet urea lebih besar dibandingkan pupuk urea *granul coating*, sehingga mempengaruhi nilai durabilitas. Hasil uji durabilitas ini sesuai dengan target penelitian yaitu pupuk pellet urea memiliki nilai durabilitas lebih besar daripada pupuk urea *granul non coating* dan pupuk urea *granul coating*.



**Gambar 2** Pengaruh Lapisan Polimer Alam Terhadap Durabilitas Pada Jenis Pupuk Urea

### Pengaruh Lapisan Polimer Alam Terhadap Daya Serap Air Pada Jenis Pupuk Urea

Uji daya serap air merupakan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui daya penyerapan pupuk urea terhadap air saat pupuk urea terendam dalam air. Hasil pengaruh lapisan polimer alam terhadap daya serap air pada jenis pupuk urea dapat dilihat pada Gambar 3.



Keterangan: nilai minus pada grafik menunjukkan banyaknya persentase pupuk yang hilang.

**Gambar 3** Pengaruh Lapisan Polimer Alam Terhadap Daya Serap Air Pada Jenis Pupuk Urea

Pupuk urea *granul non coating* yang dihasilkan tidak memiliki nilai daya serap air, karena saat perendaman sebagian pupuk urea *granul non coating* larut dalam air dan waktu perendaman pupuk urea *granul non coating* hingga larut sempurna yang dimiliki sangat cepat yaitu selama 15 detik.

Pada pupuk urea *granul coating* telah memiliki nilai daya serap air, karena pengaruh lapisan polimer alam akan menyerap air saat perendaman pupuk urea *granul coating*. Penyerapan air terjadi pada waktu perendaman 10 detik dengan daya serap air sebesar 1,60 %. Waktu perendaman hingga

pupuk urea *granul coating* larut sempurna lebih lama dibandingkan waktu larut pupuk urea *granul non coating* hingga larut sempurna yaitu selama 29 detik.

Sedangkan pada pupuk pellet urea memiliki nilai daya serap air tertinggi sebesar 25,67 % pada waktu perendaman 10 detik. Dan pada saat waktu perendaman 10 detik pupuk pellet masih memiliki nilai daya serap air sebesar 5,50 %. Hal ini dikarenakan lapisan polimer alam menyerap air saat perendaman pupuk pellet urea. Waktu perendaman yang dimiliki pupuk pellet urea hingga larut sempurna yaitu selama 200 detik, lebih lama dibandingkan waktu perendaman pupuk urea *granul non coating* dan pupuk urea *granul coating* hingga larut sempurna.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian uji sifat *bulk density*, durabilitas, dan daya serap air untuk pupuk pellet urea berbasis polimer alam dengan teknik radiasi, diperoleh kesimpulan sebagai berikut : Komposisi pelapis polimer alam yang untuk pembuatan pupuk pellet urea dengan komposisi perbandingan urea/ bahan polimer pelapis : 50/4. Hasil uji karakteristik pada pupuk pellet urea adalah :

1. Nilai *bulk density* pada pupuk pellet urea sebesar 0,57 g/ml, pupuk urea *granul non coating* sebesar 0,83 g/ml dan pupuk urea *granul coating* sebesar 0,79 g/ml.
2. Nilai durabilitas pada pupuk pellet urea sebesar 0,95, pupuk urea *granul non coating* sebesar 0,61, dan pupuk urea *granul coating* sebesar 0,66 g/ml.
3. Nilai daya serap air tertinggi pada pupuk pellet urea sebesar 25,67 % pada waktu perendaman 10 detik dan waktu perendaman yang dimiliki pupuk pellet urea hingga larut sempurna yaitu selama 200 detik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Charlesby A. 1960. *Atomic Radiation and Polymers*, Pergamon press. New York. 135-150.
- Goosen, M.F.A. 1997. *Application of Chitin and Chitosan*, Technomic Publishing. Company, Inc, Lancaster, Pennsylvania, USA.
- Kastono dan Dody. 2005. *Pengaruh Nomor Ruas Stek dan Dosis Pupuk Urea terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kumis Kucing*. Jurnal Ilmu Pertanian, Vol.12 No.1, hal: 56-64.
- Prima. 2009. *Permasalahan pupuk dan langkah-langkah penanggulangannya di Indonesia*. Kementrian Sekretariat Negara Indonesia; Jakarta.
- Rekso GT. 2013. *Pengaruh Penambahan Akrilamida Terhadap Fraksi Padatan dan Nilai Swelling Campuran CMC-Starch-Chitosan sebagai bahan pelapis pupuk*. Jakarta \*ppt.
- Rekso GT. 2013. *Pengaruh Penambahan Chitosan Pada Polivinil Alkohol Hidrogel yang dibuat dengan teknik iradiasi*. Jakarta \*ppt.
- Shaviv, A.; Mikkelsen, R.L. 1993. *Controlled-release fertilizers to increase efficiency of nutrient use and minimize environmental degradation—a review*, *Fertilizer Research*. 1–12.
- Shaviv A. 2005. “Controlled release fertilizers” *IFA International Workshop on Enhanced-Efficiency Fertilizers*, Frankfurt. Germany.
- Tomaszewska, Maria.; Anna Jarosiewicz. 2003. *Polysulfone Coating with Starch Addition in CRF formulation*. *Desalination* (163) 247-252.
- Tudorachi N, C N Cascaval. 2000. *Testing of Polyvinyl Alcohol and Starch Mixture as biodegradable Polymeric Materials*. *Polimer Testing* (19) 785-799.
- Yenni Afri. 2012. “Pembuatan Slow Release Fertilizer Dengan Menggunakan Polimer Amilum dan Asam Polyacrylic serta Polivinil Alkohol Sebagai Pelapis Dengan Menggunakan Metoda Fluidized Bed”. Laporan Tesis Program Pascasarjana Teknik Kimia Universitas Diponegoro: Semarang.