

SINTESIS KOPOLIMER CANGKOK KITOSAN-g-POLI(ASAM AKRILAT) SEBAGAI ADSORBEN KATION Cu^{2+} , Pb^{2+} , DAN Cr^{3+}

James Sibarani*, Arisma Damayanti, Irdhawati, Manuntun Manurung, Ni Made Puspawati

*Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana, Bali-Indonesia

*Email : james_sibarani@unud.ac.id

ABSTRAK. Sintesis dan karakterisasi kopolimer cangkok poli(asam akrilat) (PAA) pada kitosan (CS) {CS-g-PAA} sebagai penukar kation sudah dilakukan melalui kopolimerisasi redoks menggunakan cerium (IV)-sulfat sebagai inisiator. Konsentrasi dari monomer asam akrilat divariasikan pada konsentrasi 10%(v/v) dan 20% (v/v) dan juga variasi berat inisiator sebesar 0,1; 0,5; dan 1,0 gram. Data spektroskopi FTIR mengkonfirmasi keberhasilan proses *grafting*. Berdasarkan data spektroskopi FTIR, munculnya puncak serapan baru pada bilangan gelombang $1759,06 \text{ cm}^{-1}$ (C=O). Persen *grafting* optimum diperoleh dan kopolimer yang disintesis menggunakan 0,5 gram cerium (IV) sulfat diperoleh sebesar 1066,18% (b/b) dan 2434,11% (b/b) berturut-turut untuk konsentrasi monomer 10% (v/v) dan 20% (v/v). pH optimum untuk adsorpsi Pb^{2+} dan Cr^{3+} adalah 6 sedangkan untuk yang diperoleh terhadap ion Cu^{2+} adalah pada pH 8. Kapasitas adsorpsi tertinggi yang diperoleh terhadap ion Cu^{2+} adalah 52,6 mg/g dan memungkinkan untuk meningkat. Tingginya kapasitas adsorpsi CS-g-PAA terhadap Cu^{2+} menunjukkan bahwa kopolimer ini merupakan penukar kation yang sangat baik

Kata kunci: hidrogel, kopolimerisasi *grafting*, kitosan-g-poli(asam akrilat), penukar kation, redoks

ABSTRACT. The synthesis and characterization of graft copolymer poly (acrylic acid) (PAA) in chitosan (CS) {CS-g-PAA} as cation exchanger were carried out by redox copolymerization using cerium (IV)-sulfate as an initiator. Concentrations of acrylic acid monomers were varied at concentrations of 10% (v/v) and 20%(v/v) as well as the variation of the initiator of 0.1; 0.5; and 1.0 gram. Analysis of the PAA was conducted using FTIR spectroscopy to confirm the process of grafting which revealed the existence of new absorption peak at 1759.06 cm^{-1} assigned to C = O. The optimum percentage of grafting and the synthesized of copolymer used 0.5 gram cerium (IV) sulfate were 1066,18%(b/b) and 2434,11%(b/b) respectively for the concentration of monomer in 10%(v/v) and 20%(v/v). The optimum pH for adsorption of Pb^{2+} and Cr^{3+} at 6, whereas for Cu^{2+} ion at pH 8. The highest adsorption capacity obtained on Cu^{2+} ions is 52.6 mg/g and that's possible to increase. The higher capacity of CS-g-PAA adsorption to Cu^{2+} indicates that CS-g-PAA is an excellent cation exchanger.

Keywords: cation exchanger, grafting copolymerization, chitosan-g-poly(acrylic acid), hydrogel, redox

1. PENDAHULUAN

Usaha-usaha dalam pengendalian ion logam berat semakin berkembang, khususnya dari metode yang rumit sampai metode yang efisien dan efektif. Metode yang paling sering digunakan adalah adsorpsi karena sederhana, tidak memberikan efek samping, mudah mengerjakannya, dapat didaur ulang dan lebih ekonomis serta mampu mengadsorpsi bahan-bahan organik [1].

Adsorben untuk logam berat sudah banyak digunakan seperti arang aktif, bentonit, kitosan dan zeolit. Ditinjau dari perbandingan persen antara kitosan, Hasil beberapa penelitian menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi kitosan terhadap logam berat dipengaruhi oleh pH larutan. Dalam 1 gram CS mampu mengadsorpsi 53,2 mg Cu pada pH 6,7 [2]; 10,21 mg Zn pada pH 7,0 ; 34,13 mg Pb pada pH 6,0 [3]; 153,85 mg Cr pada pH 3,0 [4]; 357,14 mg Cd pada pH 8,0 [5]; 95,5 mg As(V) [6]. Namun kemampuan adsorpsi kitosan terhadap ion dan logam berat masih perlu ditingkatkan dengan memperluas permukaan, memperbanyak gugus fungsi atau dimodifikasi dengan senyawa lain.

Penelitian mengenai modifikasi kitosan untuk memperbaiki kelarutan logam berat sudah sering dilakukan. Tujuan dilakukannya modifikasi kitosan adalah untuk meningkatkan kereaktifan dan sifat hidrofilitas dari kitosan. Kitosan dapat diaplikasikan di berbagai bidang seperti biomedis sebagai penghantar obat, antimikroba, pengolahan limbah dalam hal ini adsorpsi, penukar ion, membran fungsional, dan flokulasi [7]. Menurut Karthikeyan *et al.* [8] jika kitosan dimodifikasi untuk adsorpsi logam berat maka reaksi akan berjalan secara spontan.

Pada penelitian ini dilakukan modifikasi kitosan dengan mencangkok poli(asam akrilat) yang digunakan sebagai adsorben ion Cu^{2+} , Cr^{3+} dan Pb^{2+} . Modifikasi

dilakukan dengan menggunakan metode 'grafting from' dengan variasi konsentrasi monomer dan inisiator. Pengaruh panjang rantai poli(asam akrilat) dan pH terhadap adsorpsi ion Cu^{2+} , Cr^{3+} , dan Pb^{2+} serta kapasitas adsorpsi kopolimer CS-g-PAA terhadap kation Cu^{2+} akan dipelajari.

2. METODE PENELITIAN

Bahan dan Peralatan

Bahan-bahan yang digunakan adalah kitosan (CS) dengan derajat deasetilasi 93%, asam akrilat ($\text{CH}_2=\text{CHCOOH}$) (Aldrich), cerium 4-sulfat ($\text{Ce}(\text{SO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) (Merck), gas nitrogen (N_2), larutan Pb^{2+} dari padatan $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (Riedel-de Haën), Cu^{2+} dari padatan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (Ajax) dan Cr^{3+} dari padatan $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Aldrich). asam asetat (CH_3COOH), natrium asetat (CH_3COONa), natriumdihydrogenphosphat-monohydrat ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$), natriumhydrogenphosphat (Na_2HPO_4), natriumcarbonat (Na_2CO_3), natriumhydrogencarbonat (NaHCO_3) dibeli dari Merck, kertas saring, aquaDM dan kertas tissue.

Alat yang digunakan adalah neraca analitik (Shimadzu ATY224) , pengaduk magnetik, *stopwatch*, *hot plate*, penangas minyak, oven (Signora), pH meter (ATC PH-009), peralatan gelas, peralatan instrument berupa spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) (Shimadzu IRPrestige-21) dan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) (Shimadzu AA-7000).

Sintesis kopolimer CS-g-PAA

Sebanyak 1,0 gram kitosan dilarutkan dalam 100 ml asam akrilat dengan variasi konsentrasi 10% (v/v) dan 20% (v/v). Larutan dialiri gas nitrogen selama 30 menit. Larutan cerium (IV)-sulfat ditimbang dengan variasi berat 0,1; 0,5 dan 1,0 gram, kemudian masing-masing dilarutkan dalam 5 ml aquades dan dipanaskan sampai larut. Larutan kitosan dalam asam akrilat dicampurkan dengan larutan cerium (IV)-sulfat, dikocok hingga homogen, dialiri gas nitrogen selama 30 menit. Campuran dipanaskan ke dalam penangas minyak dengan suhu konstan

70°C selama 24 jam dalam keadaan ditutup. Campuran CS-g-PAA yang menjadi gel dikeluarkan untuk dialisis selama 24 jam untuk memisahkan sisa ion cerium dan molekul kecil lainnya yang terikat pada CS-g-PAA. Selanjutnya CS-g-PAA yang mengendap diambil dan dikeringkan dengan suhu konstan 40°C dalam oven selama 48 jam.

Analisis FTIR

Kitosan (CS), dan polimer CS-g-PAA hasil polimerisasi dengan berbagai variasi dipotong tipis. Spektrum diukur dengan FTIR pada bilangan gelombang antara 450 sampai dengan 4000cm⁻¹.

Karakterisasi Kopolimer CS-g-PAA Persen Cangkok (% grafting)

Persen *grafting* (%G) dihitung dengan metode gravimetri menggunakan rumus sebagai berikut (Yohan *et al.*, 2006):

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

dengan, G merupakan jumlah polimer yang dicangkok, W₀ merupakan berat kitosan kering (CS) (g) dan W merupakan berat (g) gel setelah di*grafting* (CS-g-PAA).

Uji Daya Serap Air

a. Daya serap air berdasarkan variasi waktu perendaman

CS-g-PAA disiapkan masing-masing sebanyak 1,0 gram direndam dalam 10,0 mL air, buffer asetat pH 4, buffer fosfat pH 6, 7,8 dan buffer karbonat-bikarbonat pH 10 pada suhu kamar dengan variasi perendaman selama 5, 15, 30, 60, 360 (6 jam), 1440 (24 jam), 2880 (48 jam), 4320 (72 jam), 5760 (96 jam), dan 7200 menit (120 jam). Cuplikan polimer yang sudah mengembang dan jenuh dipisahkan dari larutan dan gel yang terbentuk dan dikeringkan untuk menghilangkan air yang menempel pada gel menggunakan tissue

b. Daya serap air berdasarkan persen *grafting*

CS-g-PAA disiapkan masing-masing sebanyak 1,0 gram direndam dalam 10,0 mL air pada suhu kamar selama waktu perendaman optimum. Cuplikan polimer yang sudah mengembang dan jenuh dipisahkan dari larutan dan gel yang terbentuk dikeringkan untuk

menghilangkan air yang menempel pada gel menggunakan tissue

Gel ditimbang untuk mengetahui berat sampel setelah mengalami *swelling* dengan persamaan berikut:

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

dengan, Q merupakan tingkat penyerapan cairan (g_{air}/g_{kitosan}), W₀ merupakan berat CS kering (g) dan W merupakan berat basah (g) gel setelah air diserap oleh CS-g-PAA.

Kopolimer CS-g-PAA sebagai Penyerap Ion Logam

a. Penentuan pH Optimum

Gel kitosan-g-poli(asam akrilat) (CS-g-PAA) ditimbang masing-masing 0,2 gram. Gel direndam dalam air selama 24 jam kemudian disaring dan dikeringkan menggunakan tissue. Selanjutnya gel direndam dalam masing-masing 20 mL larutan logam Cu²⁺, Cr³⁺ dan Pb²⁺ 100 ppm dengan variasi pH 4, 6, 7, 8 dan 10 menggunakan larutan buffer. Larutan diaduk menggunakan pengaduk magnet selama 60 menit. Larutan disaring kemudian filtrat diukur dengan SSA untuk menentukan konsentrasi logam yang tidak terserap.

b. Penentuan Kapasitas Adsorpsi

Gel kitosan-g-poli(asam akrilat) (CS-g-PAA) ditimbang 0,2 gram. Gel direndam dalam air selama 24 jam kemudian gel disaring dan dikeringkan. Selanjutnya gel direndam dalam 20 mL larutan logam Cu²⁺ dengan variasi konsentrasi 25, 50, 100, 200, 300, 400 dan 500 ppm, dilakukan pada pH 8 dan waktu kontak 60 menit. Larutan gel disaring untuk memisahkan gel dan filtrat. Filtrat diukur dengan SSA untuk menentukan konsentrasi logam yang tidak terserap.

Perhitungan:

$$q = \frac{(c_0 - c_1) \times V}{W}$$
$$\varepsilon = \frac{(c_0 - c_1)}{c_0} \times 100\%$$

Keterangan:

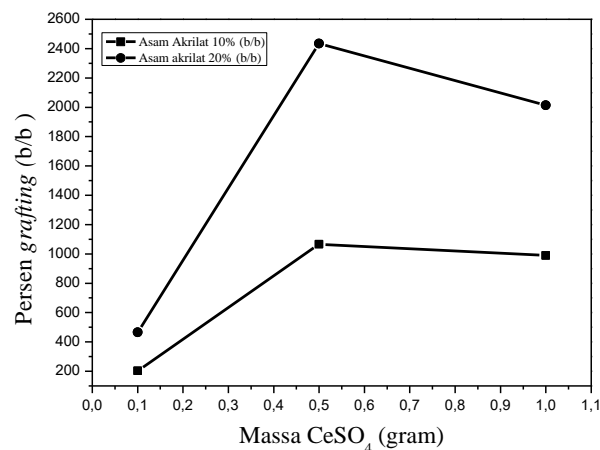
q = kapasitas adsorpsi ion logam (mg/g)

- ε = efisiensi penyerapan (%)
 C_0 = konsentrasi sebelum perendaman logam (mg/L)
 C_1 = konsentrasi setelah perendaman logam (mg/L)
 V = volume larutan logam (mL)
 W = berat hidrogel (mg)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Persen *grafting* menyatakan perbandingan antara massa polimer yang berhasil tercangkok (CS-g-PAA) dengan massa polimer induk awal sebelum pencangkokan (CS). Jumlah monomer asam akrilat dan inisiator yang ter*grafting* pada kitosan dinyatakan dengan persen *grafting*. Persen *grafting* pada penelitian ini ditentukan berdasarkan variasi konsentrasi monomer yaitu 10% dan 20% serta massa inisiator sebesar 0,1 ; 0,5 dan 1,0 gram. Berdasarkan Gambar 1 terlihat bahwa persen *grafting* meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi monomer dan massa inisiator. Peningkatan persen *grafting* pada konsentrasi 20% lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi monomer 10%. Pada konsentrasi monomer yang lebih kecil maka intensitas tumbukan antara molekul monomer asam akrilat menjadi kecil, sehingga laju propagasi rantai homopolimer poli(asam akrilat) (PAA) radikal menjadi lambat. Akibatnya rantai PAA yang ter*grafting* pada kitosan menjadi pendek.

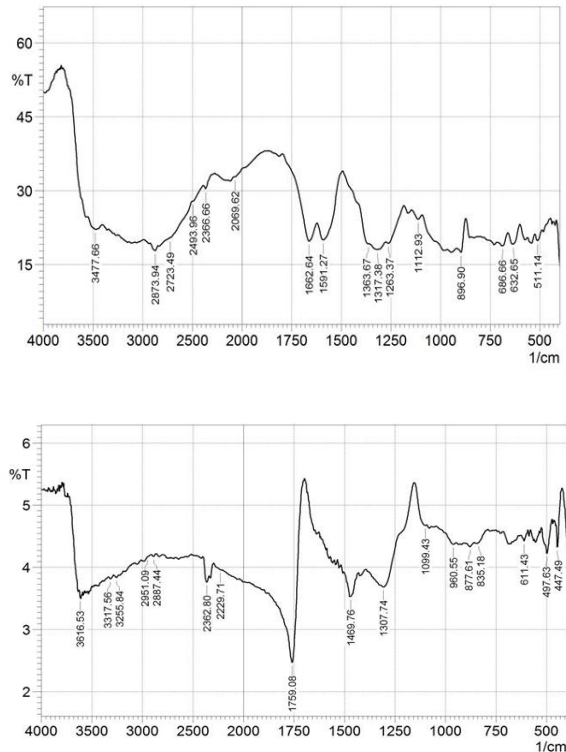
Kenaikan massa inisiator berpengaruh terhadap panjang rantai homopolimer PAA yang terbentuk. Berdasarkan Gambar 1, terlihat bahwa terjadi peningkatan persen *grafting* dengan kenaikan konsentrasi monomer dari 10% (203,71%) ke 20% (466,03%) pada penambahan inisiator 0,1 gram. Demikian pula dengan penambahan inisiator sebanyak 0,5 gram, persen *grafting* meningkat dari 1066,18% pada penambahan monomer 10% menjadi 2434,11% pada penambahan mono-



Gambar 1. Pengaruh massa inisiator dan konsentrasi monomer asam akrilat terhadap persen *grafting*

mer dengan konsentrasi 20%. Pada massa inisiator 0,1 gram persen *grafting* yang dihasilkan tidak terlalu tinggi karena radikal yang dihasilkan sedikit dan lebih banyak menginisiasi pembentukan radikal pada monomer asam akrilat dibandingkan dengan pembentukan situs aktif pada permukaan kitosan. Hal tersebut menyebabkan rantai homopolimer yang dihasilkan menjadi panjang, karena sedikitnya situs aktif yang terdapat pada polimer induk kitosan, sehingga jumlah PAA yang ter*grafting* pada kitosan juga sedikit.

Pada massa inisiator 0,5 gram terjadi peningkatan persen *grafting* secara signifikan. Hal ini disebabkan oleh pembentukan radikal yang meningkat, sehingga memicu peningkatan pembentukan situs aktif pada kitosan dan peningkatan panjang homopolimer PAA. Pada penambahan inisiator 1,0 gram terjadi penurunan persen *grafting* pada konsentrasi 10% dan 20% yaitu 989,72% dan 2014,18%. Penambahan massa inisiator yang lebih tinggi menyebabkan pembentukan radikal yang tidak terkontrol. Pada kondisi ini, kecepatan pembentukan situs aktif lebih cepat terjadi pada monomer asam akrilat



Gambar 2. Spektrum FTIR dari kitosan (atas) dan CS-g-PAA (bawah) dengan konsentrasi monomer dan massa inisiator berturut-turut adalah 20% dan 1,0 gram.

dibandingkan pada permukaan kitosan. Radikal yang terbentuk akan menginisiasi pembentukan homopolimer poli(AA) radikal dengan rantai pendek dalam jumlah yang sangat banyak. Hal ini dibuktikan dengan viskositas larutan yang menurun (kurang kental).

Analisis FTIR

Kitosan dan kopolimer *grafting* dikarakterisasi untuk mengetahui adanya perubahan gugus fungsi menggunakan spektroskopi FTIR. Spektra FTIR kitosan sebelum *grafting* dan CS-g-PAA di bandingkan untuk mengetahui keberhasilan proses pembentukan kopolimer *grafting* (Gambar 2). Pada spektra kitosan murni, terdapat puncak pada bilangan gelombang $3477,66 \text{ cm}^{-1}$ dan $3359,99 \text{ cm}^{-1}$ merupakan vibrasi gugus OH dan N-H yang melebar. Bilangan gelombang $2873,94 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi C=C. Bilangan gelombang $1662,64 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi C=O.

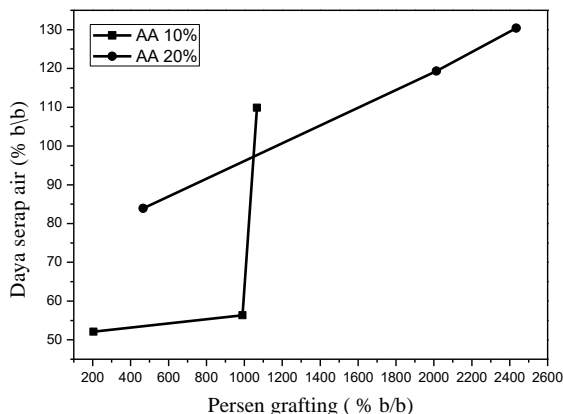
Bilangan gelombang $1591,27 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi C=C aromatik. Bilangan gelombang yang muncul di daerah $1112,93 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi C-O-C. Jika dibandingkan dengan CS-g-PAA konsentrasi monomer 20% dengan massa inisiator 1,0 gram yang telah *tergrafting*, maka dapat dilihat adanya beberapa perbedaan yang cukup mencolok pada spektrum serapan. Adanya pita serapan baru yang muncul pada bilangan gelombang $1759,08 \text{ cm}^{-1}$ yang sangat kuat menunjukkan adanya gugus C=O. Selain munculnya pita serapan baru, juga terdapat beberapa pita serapan yang hilang pada bilangan gelombang $3100-3500 \text{ cm}^{-1}$, $1591,27 \text{ cm}^{-1}$ dan $1662,64 \text{ cm}^{-1}$ berturut-turut adalah gugus O-H, C=C aromatik dan C=O amida. Munculnya pita serapan baru pada gugus fungsi CS-g-PAA membuktikan bahwa telah terjadi *grafting* pada kitosan. Sedangkan pada vibrasi gugus OH dan N-H di daerah $3100-3500 \text{ cm}^{-1}$ terjadi perubahan bentuk pita serapan dari melebar menjadi tajam.

Daya Serap Air

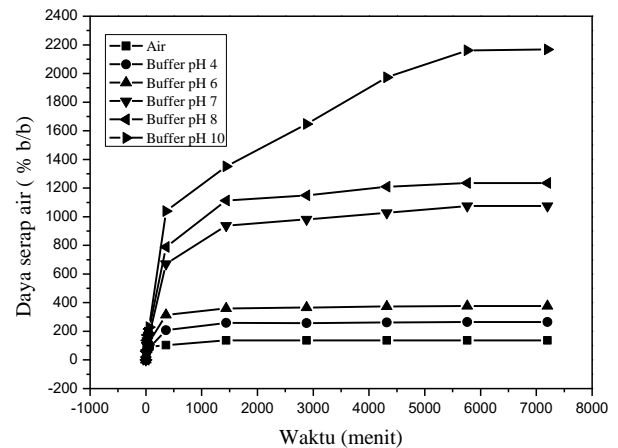
Kemampuan menyerap air dari resin CS-g-PAA merupakan parameter yang sangat penting dalam mengevaluasi pemakaiannya sebagai adsorben atau sebagai penukar ion [10]. Gambar 3 menunjukkan daya serap air pada hidrogel kitosan-g-poli(asam akrilat) terhadap persen *grafting* mengalami kenaikan yang signifikan pada konsentrasi AA 20% dengan 0,5 gram cerium. Pada konsentrasi 10% daya serap air CS-g-PAA juga mengalami kenaikan tetapi tidak sebanding dengan konsentrasi AA 20%. Hal ini di pengaruhi oleh gugus asam karboksilat (R-COOH) dari poli(AA) mempunyai kemampuan untuk mengikat molekul air dengan membentuk ikatan hidrogen antara gugus karboksil dengan air. Semakin besar persen *grafting* semakin besar kemampuan gel untuk menyerap air, karena terjadi ikatan hidrogen antara air dan gel akibat struktur molekul dari gugus asam karboksilat.

Kondisi keasaman larutan juga dapat mempengaruhi kemampuan resin dalam menyerap air seperti terlihat pada Gambar 4. Pada waktu awal perendaman (0; 5; 15 menit) kemampuan resin dalam menyerap air tidak berbeda secara signifikan dibandingkan dengan waktu yang lebih lama (30 sampai dengan 7200 menit). Hal ini disebabkan karena ikatan hidrogen hanya terjadi di permukaan kopolimer

CS-g-PAA. Pada waktu perendaman 30 menit daya serap CS-g-PAA mengalami kenaikan yang signifikan sampai waktu 24 jam yaitu mencapai tingkat kejenuhan. CS-g-PAA pada larutan air, pH 4 dan 6 mengalami kejenuhan pada waktu 1440 menit (24 jam) dengan daya serap air berturut-turut adalah 137,20%; 258,05% dan 359,57%. Pada pH 7 dan 8 mengalami kejenuhan pada waktu perendaman 2880 menit (48 jam) yaitu masing-masing 1075,64 % dan 1234,40%. Daya serap air menjadi sangat tinggi pada pH 10 yaitu sebesar 2161,41% yang dicapai pada lama perendaman 5760 menit (4 hari). Pada kondisi asam, bentuk resin tidak berubah (keras). Keadaan ini disebabkan karena pada suasana asam terjadi persaingan antara H^+ dan air untuk bereaksi dengan resin CS-g-PAA. Permukaan CS-g-PAA yang bersifat semipolar ketika direndam dalam air dan larutan asam, maka air yang terserap oleh CS-g-PAA sedikit karena resin dan larutan memiliki sifat yang sama sehingga H^+ dari CS-g-PAA sulit bereaksi dengan OH^- dari air dan larutan asam. Pada kondisi basa (pH 7, 8 dan 10) hidrogel semakin mengembang (*swelling*) serta transparan dan lunak. Hal ini disebabkan karena lemahnya ikatan hidrogen antar gugus karboksilat pada PAA dan digantikan dengan ikatan hidrogen antara gugus karboksilat dengan air.



Gambar 3 Pengaruh persen *grafting* terhadap daya serap kopolimer CS-g-PAA (konsentrasi monomer 10% dan 20% dengan massa inisiator 0,5 gram) pada air.

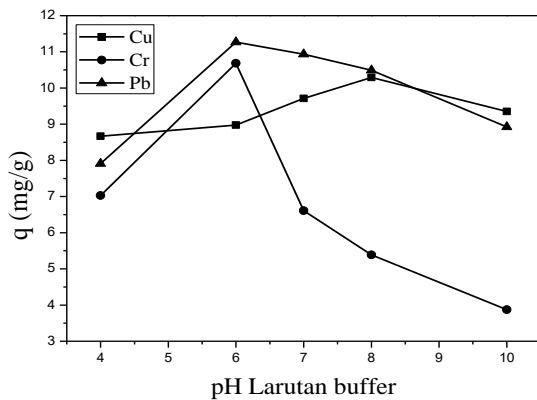


Gambar 4 Pengaruh lama perendaman resin CS-g-PAA dengan persen *grafting* 2434,11% pada berbagai pH terhadap kemampuannya dalam menyerap air.

Kopolimer CS-g-PAA sebagai Penyerap Ion Logam

Penentuan pH Optimum

Gambar 5 menunjukkan bahwa pH larutan dapat mempengaruhi kemampuan kopolimer CS-g-PAA terhadap kapasitas adsorpsi ion logam Cu, Pb dan Cr. Adsorpsi CS-g-PAA terhadap logam Cu mengalami kenaikan sampai pH 8 (optimum) yaitu 10,2933 mg/g dan mengalami penurunan pada pH 10. Penyerapan optimum ion logam Pb dan Cr terjadi pada pH 6 masing-masing sebesar 11,2668 mg/g dan 10,6836 mg/g dan mengalami penurunan pada pH 7 sampai pH 10. Kenaikan kapasitas adsorpsi dikarenakan oleh kemampuan dari gugus-gugus karboksilat yang terdapat pada AA yang mampu membentuk kompleks kelat yang stabil dengan ion Cu^{2+} , Pb^{2+} dan Cr^{3+} , selain itu didukung oleh besarnya ukuran pori hidrogel akibat pembengkakan (*swelling*) oleh adanya molekul air yang terserap sehingga memudahkan ion logam untuk masuk ke dalam pori-pori hidrogel. Penurunan kapasitas adsorpsi pada pH yang lebih tinggi dikarenakan terbentuk endapan hidroksida pada larutan seperti $Cu(OH)_2$ pada logam Cu, $Pb(OH)_2$ pada logam Pb dan $Cr(OH)_3$ pada logam Cr sehingga menyebabkan endapan menempel pada permukaan hidrogel dan menghambat penyerapan.



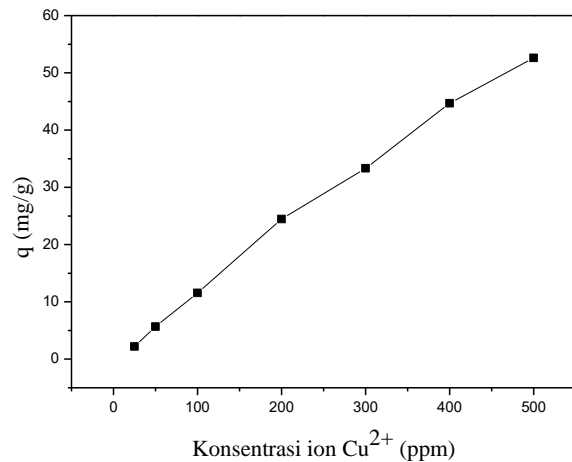
Gambar 5. Pengaruh pH larutan logam terhadap kapasitas adsorpsi berbagai macam logam

Penentuan Kapasitas Adsorpsi Terhadap Ion Cu^{2+}

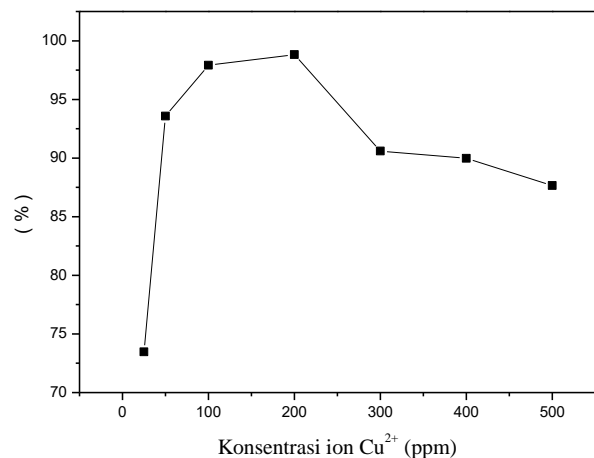
Penentuan kapasitas adsorpsi terhadap variasi konsentrasi hanya dilakukan pada ion logam Cu. Penentuan pengaruh konsentrasi terhadap kapasitas adsorpsi bertujuan untuk mengetahui besarnya konsentrasi yang memberikan kapasitas adsorpsi maksimum pada adsorpsi terhadap ion logam. Kapasitas optimum yang diperoleh pada logam Cu^{2+} sebesar 52,6225 mg/g pada konsentrasi 500 ppm. Gambar 6 mengindikasikan bahwa semakin besar konsentrasi logam yang digunakan maka semakin besar juga kapasitas penyerapan. Konsentrasi yang tinggi menyebabkan molekul dalam larutan bertambah, sehingga meningkatnya interaksi molekul adsorbat dengan adsorben. Nilai kapasitas adsorpsi meningkat seiring dengan konsentrasi adsorbat, maka dapat dikatakan bahwa CS-g-PAA merupakan super adsorben.

Gambar 7 menunjukkan konsentrasi ion logam Cu terhadap efisiensi penyerapan hidrogel CS-g-PAA mencapai kondisi optimum pada konsentrasi 200 ppm. Dengan meningkatnya konsentrasi ion Cu dari 50-200 ppm efisiensi penyerapan meningkat menjadi 98,81 %. Pada penambahan ion Cu dengan konsentrasi yang lebih besar dari 200 ppm, efisiensi mengalami penurunan. Penurunan efisiensi penyerapan disebabkan karena pada konsentrasi yang lebih tinggi, jumlah ion logam dalam larutan menghalangi

reaksi antara ion logam dengan situs aktif pada hidrogel sehingga efisiensi penyerapan pun menjadi menurun.



Gambar 6. Pengaruh konsentrasi ion logam Cu terhadap kapasitas adsorpsi dari kopolimer CS-g-PAA dengan persen *grafting* sebesar 2434,11% dan pada pH 8



Gambar 7. Pengaruh konsentrasi ion logam Cu terhadap efisiensi penyerapan dari kopolimer CS-g-PAA dengan persen *grafting* sebesar 2434,11% pada pH 8.

4. SIMPULAN

Proses *grafting* poli(asam akrilat) pada kitosan menggunakan metode polimerisasi redoks sudah berhasil dilakukan. Kondisi optimum persen *grafting* pada konsentrasi monomer 10% dan 20% terjadi pada massa inisiator 0,5 gram dengan persen *grafting*

masing-masing sebesar 1066,18% dan 2434,11%. Sementara pH optimum untuk adsorpsi ion logam Pb^{2+} dan Cr^{3+} adalah 6 sedangkan pH optimum untuk adsorpsi ion Cu^{2+} adalah 8 dengan kapasitas adsorpsi dari CS-g-PAA terhadap ion logam Cu^{2+} adalah 52,6 mg/g dan masih memungkinkan untuk meningkat sehingga CS-g-PAA merupakan hidrogel penukar ion yang sangat baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset, Teknologi, dan Perguruan Tinggi yang mendanai penelitian ini melalui skim Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi tahun 2018 serta Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat, Universitas Udayana yang memberikan dukungan dan kesempatan sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nurdila, F. A., Asri, N. S., dan Suharyadi, E., 2015, Adsorpsi Logam Tembaga (Cu), Besi (Fe), dan Nikel (Ni) dalam Limbah Cair Buatan Menggunakan Nanopartikel *Cobalt Ferrite* ($CoFe_2O_4$), *Jurnal Fisika Indonesia*, 19(55): 23-27
- [2] Li, N and Bai, R., 2005, Copper Adsorption on Chitosan-cellulose Hydrogel Beads: Behaviors and Mechanisms, *Separation and Purification Technol* 42(3): 237-247
- [3] Chen A.H, Liu S. C, Chen C-Yuan, and Chen, C-Yun, 2008, Comparative Adsorption of $Cu(II)$, $Zn(II)$ and $Pb(II)$ ions in Aqueous Solution on The Crosslinked Chitosan with Epichlorohydrin, *J Hazard mater* 154(1-3):184-191
- [4] Baran, A, Bycak, E, Baysal, S.H, and Onal S., 2006, Comparative Studies on The Adsorption of $Cr(VI)$ Ions on to Various Sorbents, *Bioresource Technol* 98(3): 661-665
- [5] Sankararamakrishnan, N., Sharma A.J., and Sanghi, R., 2007, Novel Chitosan Derivative for The Removal of Cadmium in The Presence of Cyanide from Electroplating Wastewater, *J Hazard Master* 148(1-2): 353-359
- [6] Boddu V.M., Abburi K., Talbott J.L., Smith E.D., and Haasch R., 2008, Removal of Arsenic (III) and Arsenic (V) from Aqueous Medium Using Chitosan-coated Biosorbent, *Water Research* 42(3):633-642
- [7] Jayakumar, R., Prabakaran, M., Reis, R. L., and Mano, J. F, 2005, Graft Copolymerized Chitosan- Present Status and Applications, *Carbohydrate Polymer*, 62;142-158
- [8] Karthikeyan, G., Andalagan, K. and Andal, N. M., 2004. Adsorption Dynamic and Equilibrium Studies of $Zn(II)$ onto Chitosan. *J. Chem. Sci.*, 116(2) : 119-127.
- [9] Yohan, Nur R., Hendrajaya R., dan Siradj E. S., 2006, Sintesis Kopolimer Tercangkok Asam Akrilat pada Film LLDPE, *Jurnal Kimia Indonesia*, 1(1) : 32-38
- [10] Cahyaningrum, S. E., Narsito, Santoso, S. J. dan Agustini, R., 2010. Adsorption of $Mg(II)$ Ion From Aqueous Solution on Chitosan Beads and Chitosan Powder. *Journal of Coastal Development*, 13(3): 179-184.