

PREPARASI *MOLECULARLY IMPRINTED POLYMERS* SEBAGAI ADSORBEN UNTUK UREA DAN KREATININ

Irhamni

Jurusan Pendidikan Kimia Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jl. Raya Ciwaru No. 25 Serang – Indonesia

Email : Irhamni_ee31@yahoo.co.id

Abstract: The research about *molecularly imprinted polymers* (MIPs) improved significantly, especially for its benefit as adsorbent. It happened because MIPs has high selectivity and its preparation is easy and cheap. The aim of this research is to synthesize MIPs and use it as adsorbent at urea and creatinine adsorption. The research started with graphene synthesis from graphite, MIPs preparation, determine the optimal condition and characterize by IR, XRD, and SEM. MIPs synthesize successfully using chitosan material composited with graphene as its polymer and using urea and creatinine as its templates. The ability of MIPs adsorption for urea and creatinine increase gradually and comparable with the increasing of the concentration and time interaction with analyte. MIPs adsorption mechanism for urea and creatinine is happened through hydrogen bonding at pore print of MIPs compound.

Keywords: *Molecularly Imprinted Polymes*; adsorption; urea; kreatinin

Abstrak: Penelitian mengenai *Molecularly Imprinted Polymers (MIPs)*, khususnya terkait dengan pemanfaatannya sebagai adsorben, mengalami perkembangan yang cukup signifikan, karena sensitivitas dan selektivitasnya tinggi. Selain itu, preparasinya yang mudah dan murah. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis senyawa *MIPs* yang dapat digunakan untuk adsorben pada adsorpsi urea dan kreatinin. Penelitian dimulai dengan preparasi grafena dari grafit, preparasi senyawa *Molecularly Imprinted Polymers (MIPs)* dan penentuan kondisi optimal preparasi dan karakterisasi kimia dan morfologi permukaannya menggunakan IR, XRD dan SEM. Kemudian dilanjutkan dengan karakterisasi adsorpsi senyawa *MIPs* terhadap urea dan kreatinin. Senyawa *Molecularly imprinted polymers (MIPs)* telah berhasil dipreparasi dengan menggunakan material kitosan yang dikompositkan dengan grafena sebagai polimernya serta urea dan keatinin sebagai senyawa *template*. Senyawa *MIPs* yang terbentuk dapat digunakan sebagai adsorben pada urea dan kreatinin. Kemampuan adsorpsi *MIPs* terhadap urea dan kreatinin secara bertahap naik sebanding dengan kenaikan konsentrasi dan waktu interaksi dengan analit. Mekanisme adsorpsi *MIPs* terhadap urea dan kreatinin terjadi melalui mekanisme ikatan hidrogen pada pori cetakan senyawa *MIPs*.

Kata Kunci: *Molecularly Imprinted Polymes*; adsorpsi; urea; kreatinin

PENDAHULUAN

Urea dan kreatinin adalah dua senyawa yang dihasilkan melalui proses metabolisme dalam tubuh dan dijadikan sebagai indikator dalam menentukan kesehatan fungsi ginjal. Kadar urea dan kreatinin normal adalah 15-40 mg/dl dan 0,5-1,5 mg/dl. Apabila kadar urea dan kreatinin melebihi kadar normal maka fungsi ginjal terindikasi mengalami gangguan, hal ini karena menurunnya laju filtrasi glomerulus sehingga mengakibatkan ekskresi urea terganggu.

Pemeriksaan kadar urea dan kreatinin merupakan faktor penting dalam penentuan kondisi kesehatan ginjal, maka diperlukan metode analisis yang cepat, akurat, mudah dan murah untuk menentukan kadar urea dan kreatinin dalam serum darah dan urin. Metode yang pertama digunakan dalam penentuan kadar urea dan kreatinin adalah metode kolorimetri, yaitu metode berdasarkan pada reaksi kompleks antara kreatinin dan senyawa pikrat dengan menghasilkan perubahan warna dari merah menjadi kuning (reaksi *Jaffe*). Sedangkan untuk kadar urea menggunakan reaksi urea dan diasetil monoksima. Kelemahan metode ini adalah selektivitasnya rendah karena dapat bereaksi dengan senyawa-senyawa lain yang memiliki ukuran yang sama. Selain itu, membutuhkan waktu yang

relatif lama dan memerlukan biaya yang cukup tinggi.

Metode lain yang banyak digunakan dalam penentuan kadar urea dan kreatinin adalah metode kromatografi (Radomska *et al.* 2012). Pada analisis, metode ini memberikan banyak keuntungan diantaranya memiliki resolusi dan limit deteksi yang tinggi dan dapat digabungkan dengan berbagai sistem deteksi otomatis. Namun, metode ini juga memiliki kelemahan, yaitu memerlukan waktu yang relatif lama, membutuhkan peralatan yang mahal, serta prosedur yang rumit (Radomska *et al.* 2012).

Metode biosensor merupakan metode yang baru digunakan dalam penentuan kadar urea dan kreatinin, dimana bioreseptornya bisa menggunakan enzim, sel, antibodi dan molekul pengenalan lainnya yang dihubungkan dengan transduser untuk membaca sinyal yang dihasilkan. Metode ini memiliki keunggulan dalam selektivitas dan sensitivitasnya. Namun, di sisi lain metode ini memiliki kelemahan, yaitu proses immobilisasi bioreseptor yang sulit dan stabilitas bioreseptor yang rendah (Sergeyeva *et al.* 2013).

Molecularly Imprinted Polymers (MIPs) adalah senyawa polimer yang dibentuk menggunakan teknik *molecule imprinting*, yaitu teknik preparasi polimer

sintetik dengan menggunakan ikatan spesifik antara molekul *template* (cetakan) dengan polimer untuk menghasilkan senyawa yang memiliki kemampuan sebagai pengenal spesifik. Hal ini karena senyawa *MIPs* memiliki afinitas ikatan lebih baik dibandingkan dengan biomolekul pengenal lainnya, memiliki ketahanan dan kestabilan tinggi pada kondisi kimia dan fisika dengan rentang luas, dan mudah dalam sintesisnya (Merkoci *et al.* 2002).

Preparasi senyawa *MIPs* diawali dengan mereaksikan senyawa *template* dan monomer fungsional, sehingga terjadi interaksi baik melalui ikatan kovalen maupun non kovalen. Kemudian setelah itu, monomer fungsional akan melakukan proses *self-assembly* dan polimerisasi sehingga terbentuk kompleks polimer-*template*. Penambahan *cross linker* dilakukan untuk menjaga kestabilan ikatan dan kestabilan secara mekanika dari *MIPs* yang terbentuk. Tahap akhir preparasi *MIPs* adalah ekstraksi *template* dari kompleks polimer-*template* dengan menggunakan pelarut yang sesuai dengan karakter *template* nya.

Lakshmi *et al.* (2006) berhasil mensintesis senyawa *MIPs* untuk mengadsorpsi senyawa kreatinin dimana monomer yang digunakan adalah

melamin dan kloranil. Sergeyeva *et al.* (2013) mengembangkan *MIPs* untuk pengukuran kadar kreatinin dalam serum dan urin dimana asam metakrilat digunakan sebagai monomer fungsional dan *cross-linker* nya. Senyawa *MIPs* yang terbentuk digunakan sebagai reseptor pada biosensor. Biosensor yang didesain memiliki limit deteksi dan linearitas berturut-turut sebesar 0.25 mM, 0.25–2.5 mM dan dapat digunakan selama satu tahun.

Miura *et al.* (2013) mensintesis senyawa *MIPs* untuk kreatinin menggunakan metode polimerisasi presipitasi dimana *template*, monomer dan *cross-linker* yang digunakan berturut-turut adalah kreatinin, asam metakrilat dan divinilbenzena. Senyawa *MIPs* untuk kreatinin yang dihasilkan memiliki faktor *imprinting* sebesar 3,6 dan spesifikasi pengikatan terhadap kreatinin yang sangat tinggi.

Sintesis *MIPs*-kreatinin telah dilakukan dengan metode sol-gel kondensasi dengan tetraetoksilan (TEOS) sebagai monomernya. Partikel *MIPs* yang terbentuk dinamai *creatinine imprinted poly(tetraethoxysilanol)* dan memiliki selektivitas sangat tinggi terhadap kreatinin (Tsai dan Syu, 2011).

Penelitian yang terkait dengan adsorpsi senyawa urea berbasis *MIPs*

banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Alizadeh *et al.* (2013) mengembangkan nano *MIPs* untuk mengadsorpsi urea dalam sampel. Urea, asam akrilat, EGDMA, AIBN berturut-turut digunakan sebagai *template*, monomer, *cross-linker* dan inisiator. Senyawa *MIPs* yang terbentuk dicasting pada PVC dan diimobilisasi pada elektroda grafit. Biosensor yang dihasilkan memiliki linearitas 10^{-11} M sampai dengan 10^{-4} M dan limit deteksi sebesar 5 pikomolar.

Huang *et al.* (2009) mengembangkan senyawa *MIPs* untuk mengadsorpsi urea, dengan menggunakan polietilena-co-vinil alkohol (EVAL). Senyawa *MIPs* yang terbentuk diimobilisasi pada elektroda emas dan sensor yang terbentuk mampu mengukur analit pada rentang 10-2000 ng/ml. Lian *et al.* (2012) mengembangkan senyawa *MIPs* untuk mengadsorpsi urea dimana monomer fungsional yang digunakan adalah kitosan yang didop dengan CdS QDs. Senyawa *MIPs* yang terbentuk dielektrodeposisi pada permukaan elektroda emas. Biosensor yang dihasilkan memiliki kemampuan analisa pada rentang 5.0×10^{-12} sampai 4.0×10^{-10} M dan 5.0×10^{-10} sampai 7.0×10^{-8} M, dan limit deteksi sebesar 1.0×10^{-12} M.

Pada perkembangannya *MIPs* banyak digunakan sebagai reseptor pada sensor untuk mendeteksi satu analit yang spesifik. Pada penelitian ini akan dipelajari preparasi *MIPs* dengan dua senyawa *template* (cetakan), yakni urea dan kreatinin dengan kitosan sebagai polimernya, dan digunakan sebagai adsorben urea dan kreatinin secara simultan, sehingga dihasilkan satu adsorben berbasis *MIPs-dual template* yang dapat mengadsorpsi dua analit secara langsung. Secara biaya preparasi jauh lebih ekonomis dibandingkan dengan *MIPs* satu senyawa *template*. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan senyawa *Molecularly Imprinted Polymers (MIPs)* sebagai adsorben pada adsorpsi urea dan kreatinin secara simultan.

METODE

Preparasi Grapena

Pada suhu 0°C , Sebanyak 3 gram grafit bubuk ditambahkan 6 gram KMnO_4 , kemudian ditambahkan 46 ml H_2SO_4 98 % secara perlahan-lahan dan diaduk selama 2 jam pada suhu 35°C . Selanjutnya, campuran yang terbentuk ditambahkan 100 ml miliQwater dan diaduk selama 20 menit pada suhu 100°C . Setelah itu, campuran

ditambahkan 10 ml H₂O₂ 30 %, diaduk selama 15 menit dan kemudian didinginkan pada suhu ruangan. Selanjutnya, campuran disentrifugasi selama 30 menit dan dipisahkan residu dari supernatannya. Residu dicuci dengan 10 ml HCl 5 % dan 10 ml miliQwater dan dilakukan dengan tiga kali pengulangan. Kemudian residu divakum pada suhu 50 °C selama 1 malam. Produk yang terbentuk berupa padatan cokelat grapena oksida.

Sebanyak 50 mg padatan cokelat dilarutkan dalam 50 ml miliQwater dan diaduk selama 1 jam. Selanjutnya ditambahkan 1 ml hidrazin 85 % dan panaskan pada suhu 95°C selama 1 jam sampai terbentuk campuran berwarna hitam. Kemudian campuran dicuci dengan 10 ml miliQwater dengan tiga kali pengulangan dan divakum pada suhu 50 °C selama 10 jam sampai terbentuk padatan grapena berwarna hitam.

Preparasi Molecularly Imprinted Polymers (MIPs)

Sebanyak 0,05 gram grapena dicampurkan dengan 10 mL larutan kitosan 2 g/L, kemudian diaduk dengan pengaduk ultrasonik selama 30 menit. Setelah itu, campuran yang terbentuk dibagi dua dan masing-masing ditambahkan larutan urea 1 x 10⁻³ M dan

larutan kreatinin 1 x 10⁻³ M dan diultrasonikasi selama 30 menit. Kemudian, kedua larutan tersebut dicampurkan menjadi satu dan ditambahkan 5 ml tripolipospat 1 % dan diultrasonikasi kembali selama 30 menit.

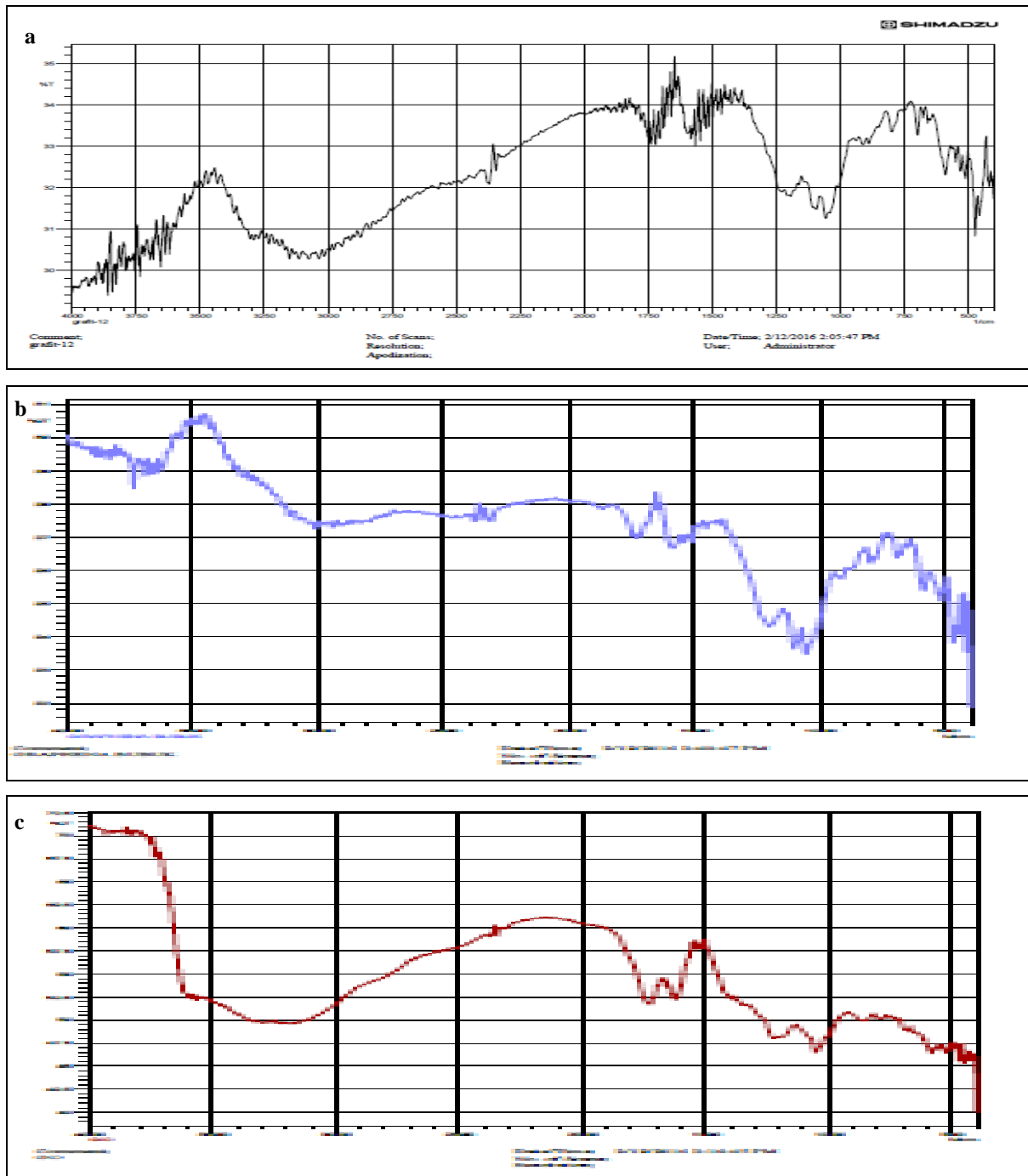
Campuran yang terbentuk dicuci dengan 10 ml etanol 10%, 10 ml miliQwater dan 10 ml HCl 5 % dan diaduk selama 20 menit. Proses elusi ini dilakukan dengan tiga kali pengulangan. Setelah itu, *MIPs* yang terbentuk disentrifugasi untuk menghilangkan pelarut dan dikeringkan dalam oven selama satu malam. Pembuatan *Molecule Non Imprinted polymers (MNIPs)* dilakukan dengan cara yang sama, hanya saja tidak menambahkan *template* (Urea dan Kreatinin). Senyawa *MIPs* yang terbentuk dikarakterisasi struktur kimianya dengan menggunakan IR dan morfologi permukaannya dengan menggunakan XRD dan SEM.

Karakterisasi Adsorpsi Isotermal MIPs

Sebanyak 0,01 gr *MIPs* masing-masing diinteraksikan dengan 5 ml larutan urea dan larutan kreatinin dengan variasi konsentrasi masing-masing 10⁻⁹ 10⁻⁸, 10⁻⁷, 10⁻⁶, 10⁻⁵, 10⁻⁴, 10⁻³, 10⁻², dan 10⁻¹M melalui pengadukan selama 30 menit pada suhu konstant. Untuk melihat pengaruh waktu pengadukan dan

konsentrasi, maka pengukuran dilakukan pada variasi waktu dan konsentrasi. Jumlah konsentrasi analit yang teradsorpsi ditentukan dengan mengukur konsentrasi residu analit pada larutan.

Pengukuran dilakukan dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 278,5 nm untuk urea dan 235 nm untuk kreatinin.



Gambar 1. Spektrum FTIR. (a). Grafrit; (b) Grapena oksida; dan (c) Grapena

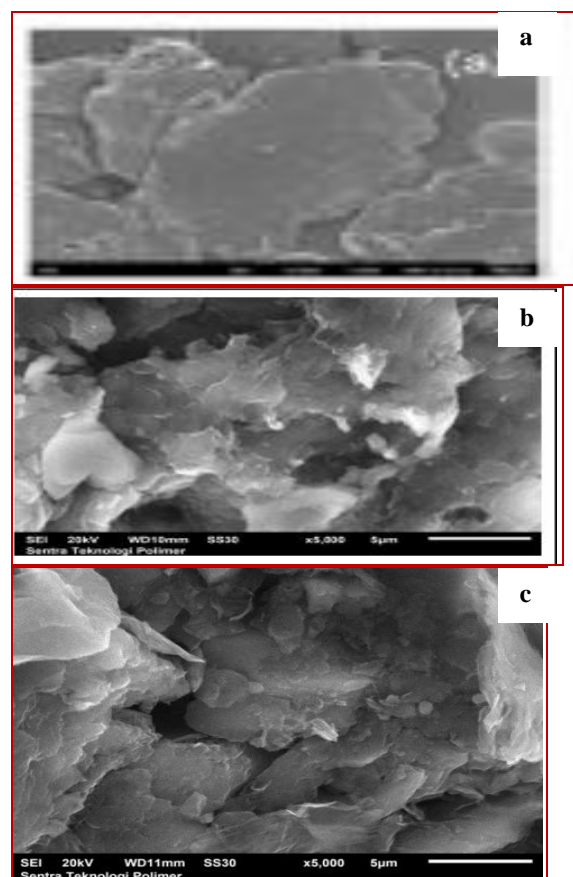
HASIL DAN PEMBAHASAN

Preparasi Grapena Oksida dan Grapena

Preparasi grapena oksida dan grapena dilakukan berdasarkan metode *Hummer* yang telah dimodifikasi. Bahan baku untuk preparasi grapena oksida adalah grafit yang dioksidasi dengan oksidator kuat KMnO_4 dengan menghasilkan grapena oksida. Grapena oksida selanjutnya direduksi dengan menggunakan reduktor hidrazin dengan menghasilkan grapena. Spektrum FTIR diperlihatkan pada Gambar 1.

Pada grafit terdapat dua puncak, serapan 3400 cm^{-1} untuk ikatan $-\text{OH}$ dan 1640 cm^{-1} untuk ikatan $\text{C}=\text{C}$ terkojugasi. Proses oksidasi grafit menjadi grafit oksida dan grapena oksida ditunjukkan pada puncak 1043 cm^{-1} (ikatan $\text{C}-\text{O}$ /gugus epoksida) dan 1727 cm^{-1} (ikatan $\text{C}=\text{O}$). Pada serapan 1043 cm^{-1} untuk ikatan $\text{C}-\text{O}$, 1628 cm^{-1} untuk ikatan $\text{C}=\text{C}$, 1727 cm^{-1} untuk ikatan $\text{C}=\text{O}$ dan 3400 cm^{-1} untuk ikatan $-\text{OH}$ (K. Liu *et al.* 2011a; K. Liu *et al.* 2011 b; Marcano *et al.* 2010). Senyawa grapena merupakan hasil reduksi dari grapena oksidasi dengan menggunakan reduktor hidrazin. Perubahan grapena oksida menjadi grapena ditandai dengan hilangnya gugus epoksida, sehingga pada grapena tidak nampak puncak pada serapan 1043 cm^{-1} .

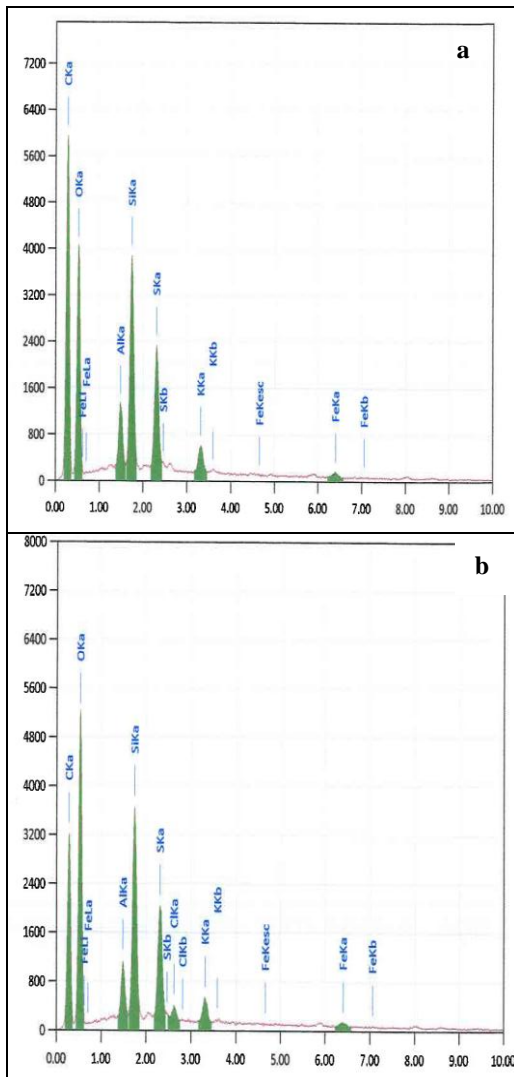
Gambar 2 menunjukkan morfologi dari grafit, grapena oksida dan grapena. Terlihat pada Gambar 2 bahwa grafit memiliki morfologi yang berbentuk serpihan (*flakes*) dan lebih padat.



Gambar 2. SEM dari (a) grafit; (b) grapena oksida; dan (c) grapena

Grapena oksida ditunjukkan pada Gambar 2b, terlihat morfologinya berbentuk lembaran yang lebih tipis dan transparan. Hal tersebut menunjukkan bahwa grafit sudah mengalami oksidasi sempurna menjadi grapena oksida, sedangkan pada Gambar 2c menunjukkan morfologi dari grapena yang lebih tipis

dan transparan dari grapena oksida. Gambar 2c menunjukkan bahwa citra SEM dari grapena monosheet tidak terlihat, karena terjadi agregasi dari kembaran-lambiran grapena yang menyebabkan terbentuknya *small cubic/rectangular* shapes. Agregasi dari lembar-lembaran disebabkan oleh interaksi van der Waals antara lembar, sehingga morfologi permukaan grapena tidak halus sempurna.



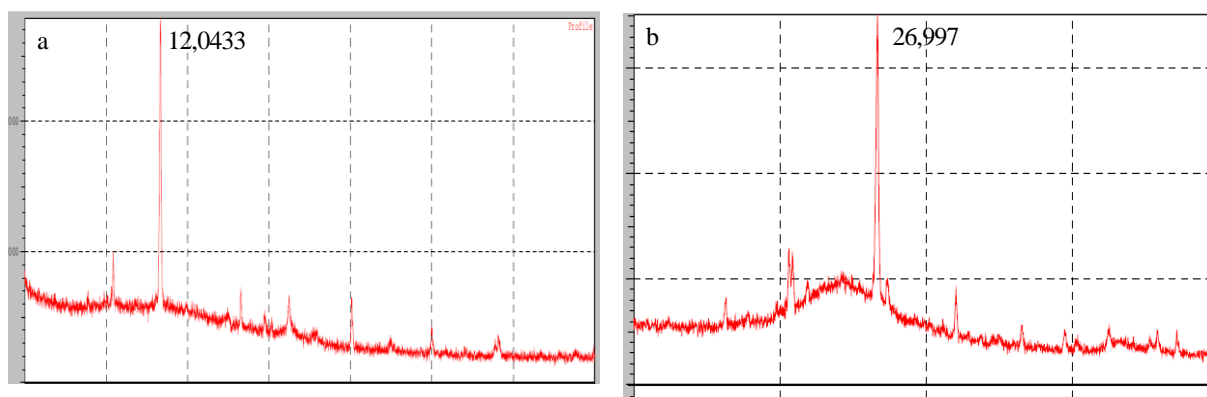
Gambar 3. Grafik EDX: (a) Grapena oksida; (b) grapena

Analisa EDX menunjukkan bahwa Senyawa grapena oksida dan grapena didominasi oleh unsur karbon dan oksigen. Pada Gambar 3 diperlihatkan bahwa unsur dominan yang menyusun senyawa grapena oksida dan grapena adalah unsur karbon dan oksigen sebagai representasi dari gugus C=C, C=O, OH dan epoksi.

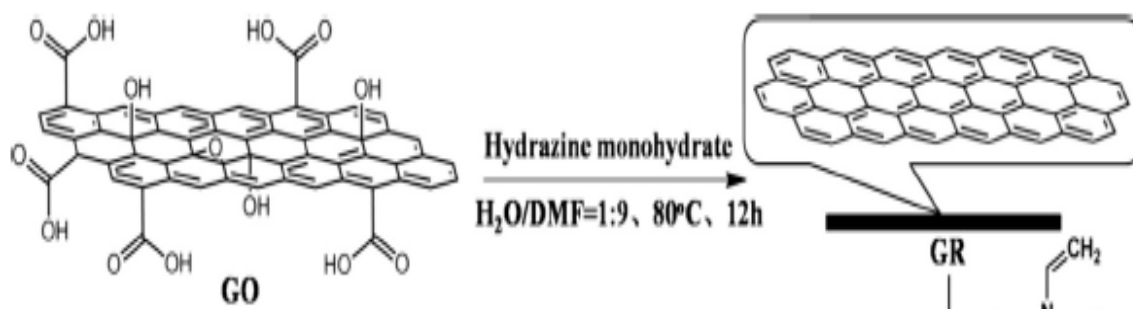
Perbandingan pola hasil XRD dari grafit, grapena oksida dan grapena ditunjukkan pada Gambar 4. Pada gambar tersebut terlihat grafit terdapat puncak (002) yang sangat tajam pada posisi 2θ 26.4866° dan puncak (101) yang lemah pada posisi 2θ 54.6146° sesuai dengan (ICDD 03-065-6212). Pada grafit oksida puncak 2θ 26.4866° tidak terlihat tetapi muncul puncak (001) pada posisi 2θ 12.0433° . Hal tersebut menunjukkan bahwa grafit sudah teroksidasi sempurna menjadi grapena oksida. Grapena oksida selanjutnya direduksi menjadi grapena, sehingga didapatkan puncak baru (002) pada posisi 2θ 26.9985° yang lebar (broad) dengan intensitas yang rendah. Posisi 2θ tersebut sesuai dengan peak grapena yang lebar (broad band) dengan batas antara 14° sampai 36° . Hal ini menunjukkan kristalinitas yang rendah dibandingkan dengan grafit dan grapena oksida. Hal ini terjadi akibat terbentuknya gugus

fungsional oksigen dan peningkatan kadar air di antara lapisan grapena oksida akibat proses oksidasi. Kemudian, pada grapena, nilai jarak antar layer menurun lagi mendekati nilai grafit, yang mengindikasikan adanya proses reduksi yang telah menghilangkan gugus

fungsional oksigen dan air, sehingga diperoleh struktur grapena yang hanya berisi atom karbon, sebagaimana halnya grafit. Skema reduksi senyawa grapena oksida menjadi grapena ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 4. Pola XRD dari (a) Grapena oksida; (b) Grapena



Gambar 5. Reduksi Grapena Oksida menjadi Grapena (Nikolina *et al.* 2013)

Preparasi Molecularly Imprinted Polymers-Dual Template

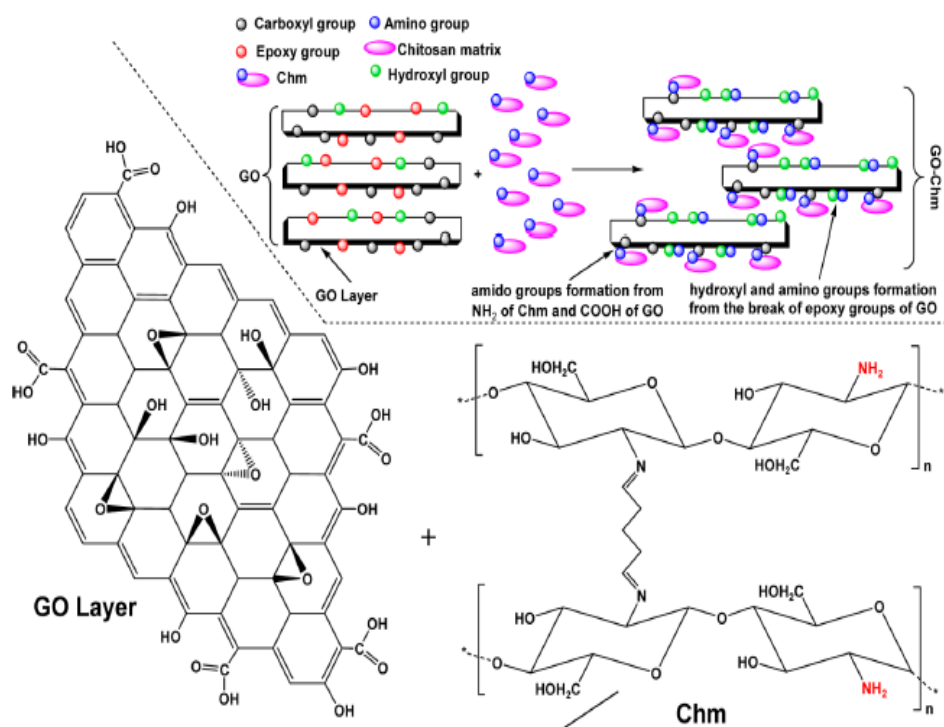
Langkah-langkah yang dilakukan dalam preparasi senyawa *Molecularly*

Imprinted Polymers (MIPs) pada penelitian ini adalah pembentukan komposit kitosan/grapena oksida dan kitosan/grapena melalui mekanisme

pendispersian pada pelarut asam asetat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ikatan non kovalen dari grapena oksida dan grapena terhadap cincin rantai polimer kitosan menghasilkan dispersi yang bagus baik secara mekanik dan listrik.

Pada proses pembentukan komposit selanjutnya ditambahkan urea dan

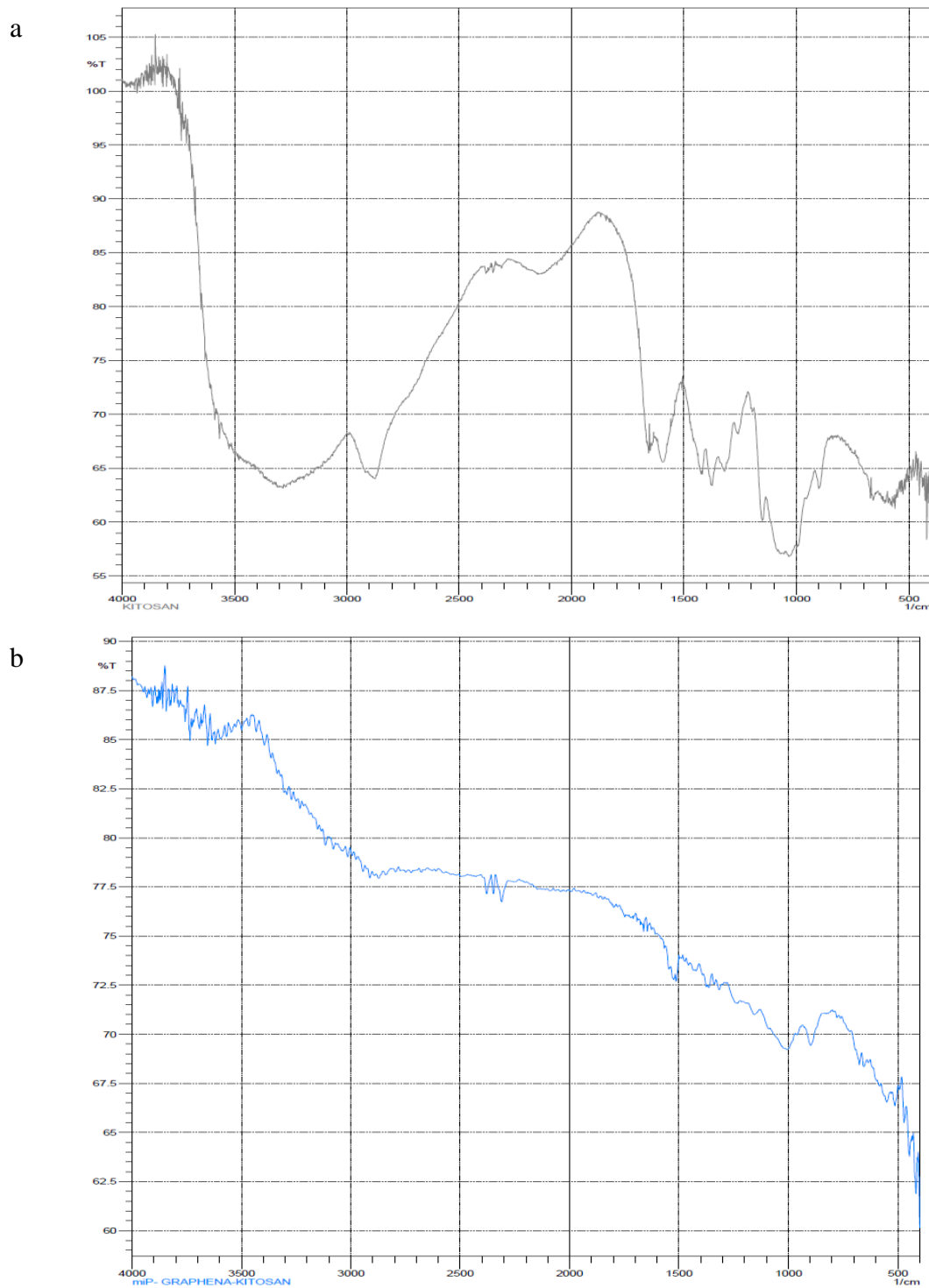
kreatinin secara simultan pada masing-masing komposit. Setelah itu, urea dan kreatinin dicuci dengan menggunakan pelarut etanol sehingga terbentuk senyawa *molecularly imprinted polymers-dual template*. Skema pembentukan komposit kitosan-grapena oksida disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Skema pembentukan komposit kitosan-grapena oksida (Nikolina *et al.* 2013)

Spektra FTIR kitosan, *MIPs*-grapena oksida, dan *MIPs*- grapena ditunjukkan pada Gambar 7. Gambar 7a menunjukkan spektrum kitosan dengan gugus fungsi –OH dan –NH₂ pada bilangan gelombang 3411-3248 cm⁻¹ dan 2950-2865 cm⁻¹. Gambar 7b menunjukkan karakteristik

spektrum *MIPs*-grapena pada bilangan gelombang 1625 dan 1575 cm⁻¹ mengindikasikan adanya vibrasi C=O dari NHCO dan N-H bending dari NH₂. Hal ini memberikan informasi bahwa grapena telah terdispersi pada kitosan membentuk komposit.

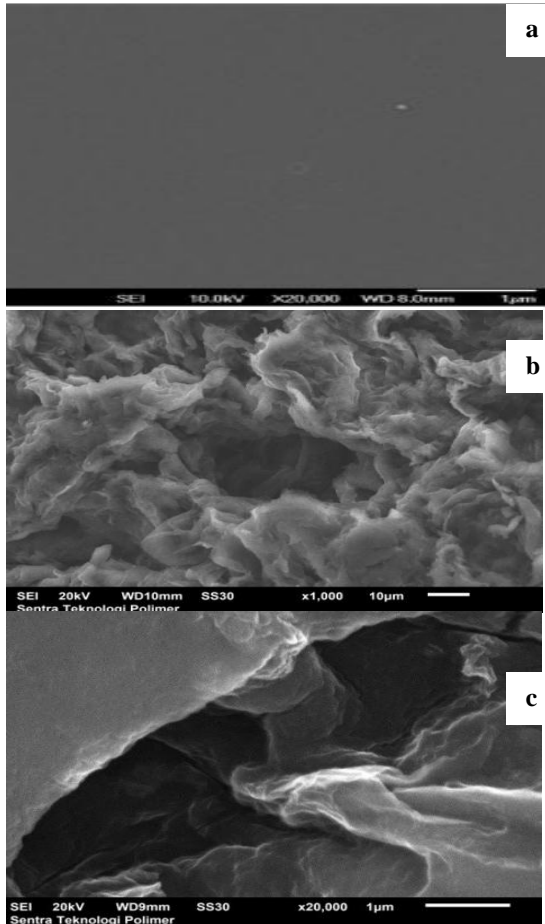


Gambar 7. Spektrum FTIR (a) Kitosan; (b) *MIPs*- Grapena

Morfologi permukaan kitosan tidak berpori, halus dan tidak memiliki mikrostruktur (Gambar 8a). Sementara

itu, pada gambar 8b dan 8c menunjukkan bahwa grapena oksida dan grapena terdispersi secara seragam pada

permukaan biopolimer kitosan dan pori yang terbentuk berasal cetakan senyawa urea dan kreatinin.

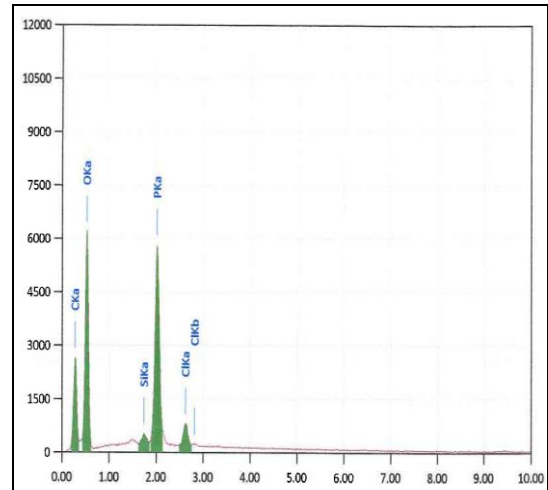


Gambar 8. SEM a.Kitosan, b. *MIPs* grapena oksida, dan c. *MIPs* grapena

Citra SEM menunjukkan bahwa komposit tidak memiliki struktur pori sebab ukuran pori secara bertahap akan berkurang seiring bertambahnya grapena oksida dan grapena yang terdispersi pada kitosan.

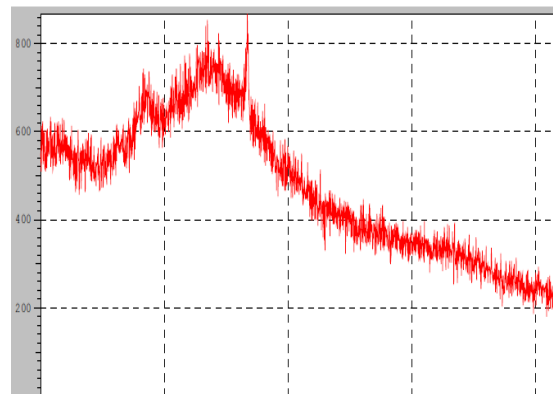
Pada Gambar 9 diperlihatkan bahwa senyawa *MIPs* telah terbentuk ditandai dengan munculnya unsur pospor sebagai indikasi keberadaan senyawa

tripolipospat (*crosslinker*) yang digunakan pada pembentukan komposit kitosan-grapena. Selain itu, unsur karbon dan oksigen sangat dominan sebagai indikasi kuat keberadaan grapena dan gugus aktif kitosan.



Gambar 9. Grafik EDX *MIPs*—Grapena

Grafik XRD *MIPs*-grapena diajikan pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik XRD *MIPs*-Grapena

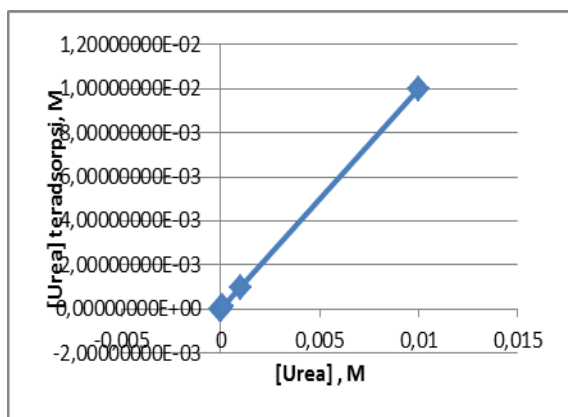
Gambar 10 menunjukkan bahwa puncak (002) pada posisi 2θ 26.9985° yang lebar (broad) dengan intensitas yang rendah

karena munculnya puncak-puncak lain disebabkan oleh adanya kitosan, tripolipospat, urea dan kreatinin. Posisi 2 θ tersebut sesuai dengan peak grapena yang lebar (broad band) dengan batas antara 14° sampai 36°. Hal ini menjelaskan bahwa terbentuk senyawa *MIPs*-grapena.

Karakterisasi Adsorpsi *MIPs*

a. Pengaruh Konsentrasi

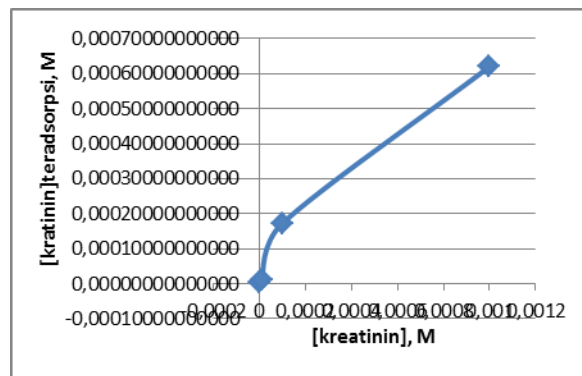
Gambar 11 dan 12 menunjukkan bahwa adsorpsi melibatkan interaksi kimia antara *MIPs*-grapena dengan urea dan kreatinin.



Gambar 11. Pengaruh Konsentrasi pada Adsorpsi Urea dengan *MIPs*-grapena

Senyawa urea dan kreatinin akan diadsorpsi oleh senyawa *MIPs*-grapena dengan menempati pori dari cetakan senyawa *MIPs*-grapena melalui mekanisme ikatan hidrogen antara gugus -NH_2 pada urea dan kreatinin dan gugus -OH pada senyawa *MIPs*-grapena.

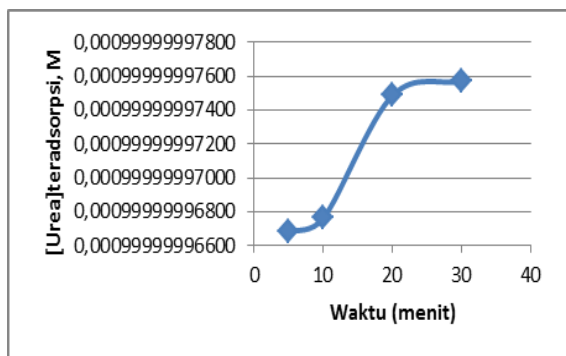
Adsorpsi urea dan kreatinin perlahan-lahan naik dengan meningkatnya konsentrasi urea sampai tercapai keadaan jenuh.



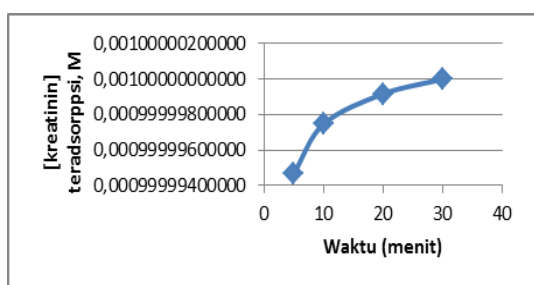
Gambar 12. Pengaruh Konsentrasi pada Adsorpsi Kreatinin dengan *MIPs*-grapena

b. Pengaruh Waktu Interaksi

Gambar 13 dan 14 menunjukkan bahwa konsentrasi urea dan kreatinin yang teradsorpsi pada senyawa *MIPs*-grapena semakin meningkat seiring dengan pertambahan waktu adsorpsi dan konsentrasi urea teradsorpsi makin lama relatif konstan. Senyawa *MIPs*-grapena membutuhkan waktu adsorpsi selama 30 menit agar semua urea terikat pada gugus aktif senyawa *MIPs*-grapena dan mengalami kesetimbangan adsorpsi pada kisaran waktu 30 menit. Penambahan waktu praktis tidak disertai naiknya konsentrasi urea teradsorpsi secara signifikan, hal ini disebabkan gugus aktif senyawa *MIPs*-grapena telah mencapai batas jenuh oleh adsorbat.



Gambar 13. Pengaruh Waktu Adsorpsi MIPs terhadap Urea



Gambar 14. Pengaruh Waktu Adsorpsi MIPs terhadap Kreatinin

KESIMPULAN

Senyawa *Molecularly imprinted polymers* (MIPs) telah berhasil dipreparasi dengan menggunakan material kitosan yang dikompositkan dengan grapena sebagai polimernya serta urea dan keatinin sebagai senyawa template. Senyawa MIPs yang terbentuk dapat digunakan sebagai adsorben pada urea dan kreatinin. Kemampuan adsorpsi MIPs terhadap urea dan kreatinin secara bertahap naik sebanding dengan kenaikan konsentrasi dan waktu interaksi dengan analit. Mekanisme adsorpsi MIPs terhadap urea dan kreatinin terjadi melalui mekanisme ikatan hidrogen pada pori cetakan senyawa MIPs.

DAFTAR RUJUKAN

- Alizadeh T. & Akbari A. 2013, Capacitive biosensor for ultra-trace level urea determination based on nano-sized urea-imprinted polymer receptors coated on graphite electrode surface, *Biosensors and Bioelectronics*, vol. 43: hh. 321–327.
- Basozabal, A. Guerreiro, A. Gomez-Caballero, M. Aranzazu Goicolea, R.J.Barrio 2014, Direct potentiometric quantification of histamine using solid-phase imprinted nanoparticles as recognition elements, *Biosens. Bioelectron*, vol. 58C: hh. 138–144.
- Chen X, Yang Z, Shihui S. 2009, Potentiometric urea biosensor based on immobilization of urease onto molecularly imprinted TiO₂ film, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, vol. 635: hh. 1–6.
- Chen P Y, Vittal R, Nien P C, Liou G S, Ho K C. 2010, A novel molecularly imprinted polymer thin film as biosensor for uric acid, *Talanta*, vol. 80: hh. 1145–1151.

- Daniel, A., Goretti, Lo'pez M C, Castan'ón M J, Ordieres A J, Paulino A J, Blanco P. 2008, Molecularly Imprinted Electrochemical Sensors: Past, Present, and Futur, *Departamento de Qui'mica F'isica y Anal'tica, Universidad de Oviedo, Julia'n Claveri'a, Oviedo, Spain*.
- Gao B, Li Y, Zhang Z. 2010, Preparation and recognition performance of creatinine-imprinted material prepared with novel surface-imprinting technique, *Journal of Chromatography B*, 878: 2077–2086.
- Huang C Y, Tsai T C, Thomas J L, Lee M H , Liu B D, Lin H Y. 2006, Urinalysis with molecularly imprinted poly(ethylene-co-vinyl alcohol), *Biosensors and Bioelectronics* 24: hh. 2611–2617.
- Lakshmi D, Prasad B B, Sharma P S. 2006, Creatinine sensor based on a molecularly imprinted polymer-modified hanging mercury drop electrode, *Talanta* 70: hh 272–280.
- Liang R, Kou L, Chen Z, Qin W. 2013, Molecularly imprinted nanoparticles based potentiometric sensor with a nanomolar detection limit, *Sensors and Actuators B* 188: hh. 972–977.
- Lian HT, Liu B. 2012, A urea electrochemical sensor based on molecularly imprinted chitosan film doping with CdS quantum dots, *Analytical Biochemistry* 426: hh. 40–46.
- Miura, Funaya N, Matsunaga H, Haginaka J. 2013, Monodisperse, molecularly imprinted polymers for creatinine by modified precipitation polymerization and their applications to creatinine assays for human serum and urine, *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*.
- Roseanu, A., L. Jecu, M. Badea, R.W. Evans. 2010, Mycotoxins: An Overview On Their Quantification Methods. *ROM. J. BIOCHEM*, vol. 47, no. 1, hh. 79–86.
- Tsai H A, Syu M J. 2011, Preparation of imprinted poly(tetraethoxysilanol) sol-gel for the specific uptake of creatinine, *Chemical Engineering Journal*, vol. 168: hh. 1369–1376.
- Merkoci A, Alegret S. 2002, New materials for electrochemical sensing /Molecular imprinted polymers, *Trends in analytical chemistry* vol. 21, no. 11.
- Radomska A, Koncki R, Pyrzyńska K, Głab S. 2004, Bioanalytical system for control of hemodialysis treatment based on potentiometric biosensors for urea and creatinine, *Analytica Chimica Acta* 523: hh. 193–200.