

**PENGEMBANGAN SENSOR KREATININ MELALUI MODIFIKASI
ELEKTRODA *HANGING MERCURY DROP* DENGAN *MOLECULARLY
IMPRINTED POLIANILIN***

Aisyah Putri Azhar, Miratul Khasanah, Ganden Supriyanto

**Departemen Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga,
Surabaya**

ABSTRACT

This research aim to develop voltammetric sensor of creatinine through a modification hanging mercury drop electrode with molecularly imprinted polymer (HMD-MIP). The initially product before MIP is non imprinted polymer (NIP). NIP was made by reacting aniline, ammonium peroxodisulphate and creatinine. MIP was made by creatinine extraction from polymer network. Creatinine extraction was done by using hot water. Validation parameter determined are linierity, precision, sensitivity, limit of detection, and accuracy. Result of this research was obtained correlation factor (r) 0,9985, the range coefficient of variation between 2,04% to 13,44% for creatinine's concentration 1-5 ppb, a low of detection limit is 0,2787 ppb, sensitivity method is $3,47 \times 10^4$ nA/ ppb.cm² and accuracy for creatinine's concentration 1-5 ppb is 95,64-105,61%

Keywords: Creatinine, voltammetric sensor, molecularly imprinted polymer, hanging mercury drop electrode.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sensor voltammetrik kreatinin melalui modifikasi elektroda *hanging mercury drop* dengan *molecularly imprinted polimer* (HMD-MIP). Produk sebelum pembuatan MIP adalah *non imprinted polymer* (NIP). Pembuatan NIP dilakukan dengan cara mereaksikan anilin, ammonium peroksodisulfat, dan kreatinin. Endapan NIP kemudian diekstraksi untuk menghilangkan kreatinin dari jaringan polimer sehingga terbentuk cetakan kreatinin, produk hasil ekstraksi tersebut adalah MIP. Ekstraksi kreatinin dilakukan dengan air panas. Parameter validitas metode meliputi linieritas, presisi, sensitivitas, limit deteksi, dan akurasi. Dari hasil penelitian ini diperoleh koefisien korelasi (r) sebesar 0,9985, harga KV antara 2,04% hingga 13,44% untuk konsentrasi 1-5 ppb, sensitivitas metode sebesar $3,47 \times 10^4$ nA/ ppb.cm² dengan limit deteksi 0,2787 ppb dan akurasi untuk konsentrasi 1-5 ppb tersebut sebesar 95,64-105,61%

Kata kunci: Kreatinin, voltammetri lucutan, *molecularly imprinted polymer*, elektroda *hanging mercury drop*

PENDAHULUAN

Ginjal merupakan organ penting yang berfungsi membuang bahan sampah tubuh dari hasil pencernaan maupun hasil proses metabolisme. Ginjal bekerja menyaring plasma dan memindahkan zat dari filtrat pada kecepatan yang bervariasi, tergantung pada kebutuhan tubuh. Ginjal akan membuang zat yang tidak diinginkan dari filtrat dengan mengekskresikannya dalam urin sedangkan zat yang masih dibutuhkan akan dikembalikan ke dalam darah. Produk metabolisme yang dikeluarkan ginjal meliputi urea, asam urat, produk hasil pemecahan hemoglobin (seperti bilirubin), dan kreatinin (Guyton and Hall, 1997)

Kadar kreatinin yang rendah dapat menunjukkan status nutrisi yang rendah (Tietze, 2003). Kadar kreatinin yang tinggi dalam serum dapat dijadikan sebagai indikator beberapa kerusakan ginjal seperti nekrosis tubulus (penyebab gagal ginjal akut), glomerulonefritis (kerusakan pada glomerulus), dan dapat digunakan sebagai petunjuk rendahnya kemampuan filtrasi glomerulus (Baron, 1992; Levey *et al.*, 1999; Stevens and Levey, 2004).

Metode yang digunakan untuk analisis kreatinin serum dalam bidang kesehatan adalah metode *Jaffe Reaction*. Prinsip reaksi analisis kreatinin pada *Jaffe Reaction* adalah reaksi antara kreatinin dengan asam pikrat dalam suasana basa membentuk kompleks berwarna kuning jingga. Konsentrasi kreatinin diukur pada panjang gelombang 492 nm. Metode tersebut menunjukkan linieritas hingga konsentrasi 50 µg/ mL (Meiyanto *et al.*, 2010).

Analisis lain untuk penentuan kadar kreatinin adalah dengan *high-performance liquid chromatograph* (HPLC). George, *et.al* (2006) melakukan penelitian dengan HPLC untuk analisis allantoin, asam urat, dan kreatinin dalam sampel urin sapi. Pada percobaan tersebut digunakan fasa gerak 10 mM kalium dihidrogen fosfat pH 4,7 dengan laju alir 1 mL/ menit dan pengukuran dilakukan pada panjang gelombang 220 nm. Dari hasil penelitian untuk analisis kreatinin menunjukkan akurasi sebesar 94-104% dengan limit deteksi 0,94 µg/ mL. Kreatinin terdeteksi dengan baik pada waktu retensi 4,2 menit.

Lakhsmi *et al.*, (2006) melakukan analisis kreatinin menggunakan elektroda HMD termodifikasi polimelamin ko-kloranil sebagai monomer. Hasil penelitian tersebut menunjukkan respon arus linier pada rentang konsentrasi 0,0025-84,0 µg/mL dan limit deteksi yang diperoleh adalah $1,49 \times 10^{-3}$ µg/mL. Sensor termodifikasi tersebut juga mempunyai tingkat selektivitas yang tinggi untuk kreatinin. Analisis tidak diganggu oleh keberadaan NaCl, urea, kreatin, glukosa, fenilalanin, tirosin, histidin dan sitosin.

Pada penelitian ini dilakukan pengembangan sensor kreatinin dengan memodifikasi *hanging mercury drop electrode* (HMDE) dengan *molecularly imprinted polymer* (MIP) secara voltammetri lucutan. Monomer yang digunakan adalah anilin dengan ammonium peroksodisulfat sebagai insiator. Arwindah (2010) memodifikasi *glassy karbon* dengan MIP menggunakan monomer anilin untuk menganalisis asam urat. Pada penelitian tersebut menghasilkan limit deteksi 0,323 ppb dengan sensitivitas metode sebesar 0,96 µA/ppb.

Karakterisasi terhadap polimer, NIP dan MIP dilakukan menggunakan spektrofotometri *fourier transform infra red* (FTIR). Dari spektra yang terbentuk dapat diketahui bilangan gelombang yang menunjukkan keberhasilan sintesis PANi, NIP, dan MIP.

METODE PENELITIAN

Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kreatinin, anilin, asam klorida, ammonium peroksodisulfat, dimetil sulfoksida. Air yang digunakan adalah akuabides. Semua bahan kimia berderajat kemurnian pro analisis.

Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah 797 *Voltammetry Computrace (MVA system-1)* yang terdiri atas wadah sampel, pengaduk, *processor unit*, komputer pribadi (PC), elektroda kerja HMDE, elektroda pembanding Ag/AgCl dan elektroda *counter* Pt. Peralatan lain yang digunakan adalah mikropipet, pH meter, *hot plate* dan pengaduk magnetik. Selain itu, juga digunakan peralatan gelas serta peralatan pendukung lain.

Pembuatan Polianilin (PANi)

Pembuatan PANi dilakukan dengan mencampurkan 0,4 mL anilin dalam 7,5 mL HCl 1 M, kemudian diaduk dengan pengaduk magnetik selama 30 menit pada suhu 50°C. Setelah itu ditambahkan larutan peroksodisulfat (dibuat dengan cara melarutkan 0,5000 g peroksodisulfat dalam 2,5 mL air) tetes demi tetes dan pengadukan diperlambat. Polimer anilin (PANi) yang terbentuk lalu dicuci dengan HCl 1 M kemudian dikeringkan. Polimer yang terbentuk dikarakterisasi dengan FTIR.

Pembuatan *Non Imprinted Polymer* (NIP)

Pada penelitian ini digunakan monomer anilin, inisiator ammonium peroksodisulfat, dan sebagai *template* adalah kreatinin. *Non imprinted polymer* (NIP) dibuat dengan cara mencampurkan monomer, inisiator, dan *template* (analit) dengan perbandingan mol 2:1:0,1 (Sreenivasan, 2007). Sebanyak 0,4 mL anilin dalam 7,5 mL HCl 1M ditambahkan dengan kreatinin sebanyak 0,0247 g, kemudian diaduk dengan pengaduk magnetik selama 30 menit pada suhu 50°C. Setelah itu ditambahkan larutan ammonium peroksodisulfat (terbuat dari 0,5000 g peroksodisulfat dalam 2,5 mL air) tetes demi tetes, dengan diperlambatnya pengadukan. Endapan NIP yang terbentuk, dikeringkan pada suhu 25°C selama 12 jam kemudian endapan NIP dicuci dengan HCl 1 M. endapan NIP yang telah dibuat lalu dikarakterisasi dengan FTIR.

Pembuatan *Molecularly Imprinted Polymer* (MIP)

Pembuatan MIP dilakukan dengan cara menimbang hasil NIP secara teliti kemudian dilakukan ekstraksi terhadap kreatinin dengan cara mencampurnya dengan 25 mL air panas. Ekstraksi dilakukan sebanyak 3 kali dan masing-masing ekstraksi dilakukan selama 20 menit dan pada suhu 50°C (Prasad and Lakshmi, 2004). Endapan MIP yang terbentuk dikarakterisasi dengan FTIR.

Optimasi Potensial Pelapisan MIP pada HMD

Sebanyak 0,005 g MIP dilarutkan dalam 50 mL DMSO (Arwindah, 2010), larutan ini dimasukkan dalam sel elektrokimia. Kemudian MIP dilapiskan pada elektroda HMD secara *electroplating* pada potensial pelapisan yang divariasi dan waktu akumulasi tertentu. Pelapisan elektroda potensial divariasi dari (–)1000 mV

sampai dengan 600 mV dengan waktu pelapisan MIP selama 15 detik dan waktu akumulasi kreatinin 30 ppb selama 15 detik.

Optimasi Waktu Akumulasi Kreatinin dengan HMD-MIP

Diambil sebanyak 20 mL larutan kreatinin 5 ppb dan dimasukkan ke dalam wadah kedua kemudian dipipet pula 20,0 mL larutan MIP dan dimasukkan ke dalam wadah pertama. Pertama-tama dilakukan pelapisan MIP pada HMD dengan potensial optimum yang telah ditentukan sebelumnya. Setelah waktu pelapisan berjalan 120 detik (Lakshmi *et al.*, 2006) kemudian ditekan *hold* dan wadah pertama yang berisi MIP diganti dengan wadah kedua yang berisi kreatinin lalu tekan *continue* untuk melanjutkan analisis. Dilakukan optimasi waktu akumulasi optimum kreatinin pada HMD-MIP dengan variasi waktu 15-120 detik (interval 15 detik).

Pembuatan kurva standar

Dibuat larutan standar dengan membuat variasi konsentrasi kreatinin, yaitu 1, 2, 3, 4 dan 5 ppb dengan cara menambahkan 50, 100, 150, 200 dan 250 μ L larutan kerja kreatinin 1 ppm pH 7 (Lakshmi *et al.*, 2006) ke dalam labu ukur 50 mL kemudian diencerkan dengan air sampai tanda batas. Diambil 20,0 mL dari masing-masing larutan kemudian dipindahkan ke dalam wadah sampel dan dianalisis secara voltammetri larutan menggunakan elektroda HMD yang telah dilapisi MIP pada kondisi parameter optimum. Pada masing-masing konsentrasi dilakukan pengulangan pengukuran sebanyak dua kali. Data yang diperoleh dibuat kurva hubungan konsentrasi larutan standar kreatinin dengan arus, kemudian dibuat regresi liniernya.

$$y = a + bx \dots \dots \dots (3.1)$$

dengan ketentuan y = arus, a = intersep, b = slope, x = konsentrasi larutan standar kreatinin. Setelah itu dilakukan uji validitas metode yang meliputi linieritas, presisi, sensitivitas, limit deteksi dan akurasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Polianilin (PANi)

Pada penelitian ini dikembangkan sensor untuk analisis kreatinin melalui modifikasi elektroda *hanging mercury drop* (HMD) dengan MIP. Monomer yang digunakan adalah anilin. Pemilihan monomer anilin didasarkan pada struktur anilin yang memiliki gugus fungsi $-NH$ yang diharapkan dapat berinteraksi dengan gugus $C=O$ dari kreatinin melalui ikatan hidrogen. PANi juga merupakan salah satu polimer konduktif yang penting karena memiliki stabilitas tinggi terhadap panas, udara dan kelembaban (Chandrakarti, 2001). Pembuatan PANi dilakukan dengan cara mencampurkan 0,4 mL anilin dalam 7,5 mL HCl, kemudian diaduk selama 30 menit dengan pengaduk magnetik (kecepatan 800 rpm) pada suhu $50^{\circ}C$. Setelah itu ditambahkan larutan ammonium peroksodisulfat (0,5000 g ammonium peroksodisulfat dalam 2,5 mL air) tetes demi tetes dengan diperlambatnya pengadukan. Penambahan HCl bertujuan untuk menambah kelarutan anilin karena di dalam larutan asam, anilin membentuk kation anilinium sehingga reaksi polimerisasi oksidasi oleh ammonium peroksodisulfat dapat terjadi (Wibowo, 2007). Larutan yang awalnya tidak berwarna berubah menjadi hijau gelap dan mengental saat ditambahkan ammonium peroksodisulfat tetes demi tetes. Larutan kental berwarna hijau tersebut kemudian didiamkan pada suhu $20^{\circ}C$ selama 12 jam dan menjadi endapan, penyimpanan bertujuan untuk memberikan waktu agar reaksi polimerisasi anilin dapat terbentuk sempurna. Endapan PANi kemudian dicuci dengan HCl 1 M. Pencucian dengan HCl ditujukan untuk menghilangkan residu ammonium peroksodisulfat yang tidak bereaksi dan memastikan semua PANi yang terbentuk telah menjadi *emeraldine salt* (Maddu *et al.*, 2008). Endapan yang terbentuk kemudian dikeringkan dan diperoleh serbuk PANi.

Sintesis *Non Imprinted Polymer* (NIP)

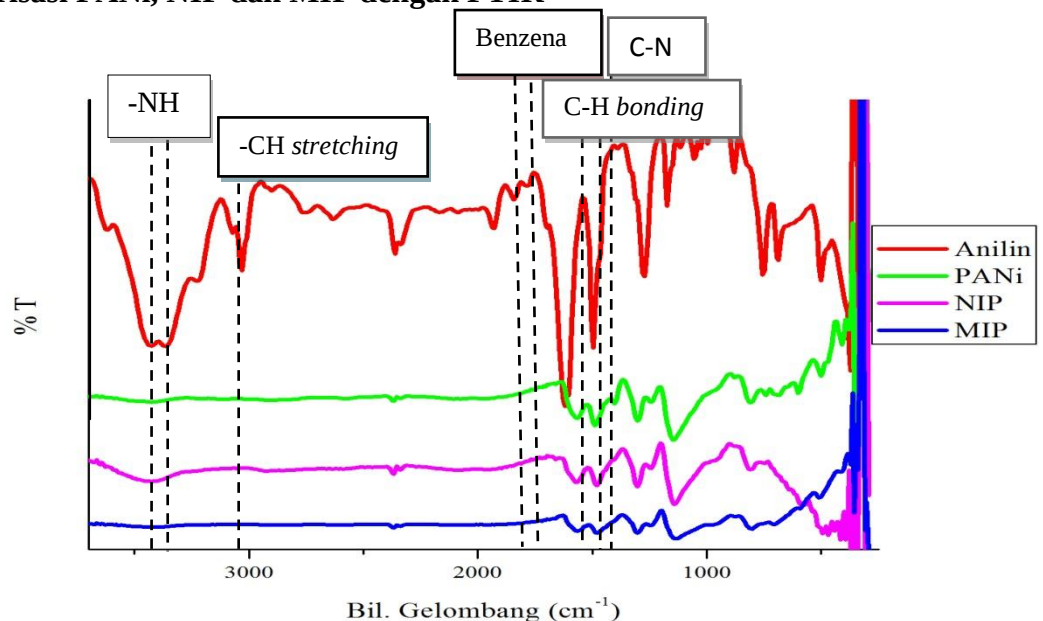
Pembuatan NIP dilakukan dengan cara mencampurkan monomer anilin, inisiator ammonium peroksodisulfat, dan *template* kreatinin dengan perbandingan mol 2:1:0,1 (Sreenivasan, 2007). Sebanyak 0,4 mL anilin dalam 7,5 mL HCl 1M ditambah dengan kreatinin sebanyak 0,0247 g, kemudian diaduk dengan pengaduk

magnetik dengan kecepatan 800 rpm selama 30 menit. Setelah itu ditambahkan larutan ammonium peroksodisulfat tetes demi tetes, dengan memperlambat pengadukan. Sama halnya dengan sintesis polimer, campuran anilin dan HCl serta analit kreatinin yang awalnya tidak berwarna berubah menjadi larutan kental berwarna hijau gelap saat ditambahkan ammonium peroksodisulfat, tetes demi tetes. Campuran tersebut kemudian didiamkan selama 12 jam pada suhu 20⁰C dan menjadi endapan. Endapan yang terbentuk tersebut dicuci dengan HCl, sama halnya dengan fungsi HCl pada pencucian PANi, HCl berguna untuk menghilangkan residu ammonium peroksodisulfat dan sisa anilin yang tidak bereaksi. Endapan NIP yang dihasilkan berwarna hijau gelap dan kemudian dikeringkan namun tidak ditumbuk.

Sintesis *Molecularly Imprinted Polymer* (MIP)

MIP dibuat dengan cara mengekstraksi kreatinin yang terperangkap dalam NIP yang terbentuk menggunakan air panas. Ekstraksi dilakukan sebanyak 3 kali dengan cara sentrifugasi dan masing-masing ekstraksi dilakukan selama 20 menit. Tujuan ekstraksi ini untuk menghilangkan kreatinin dari jaringan polimer sehingga didapatkan cetakan kreatinin. Pada penelitian ini endapan MIP yang terbentuk setelah ekstraksi juga berwarna hijau gelap.

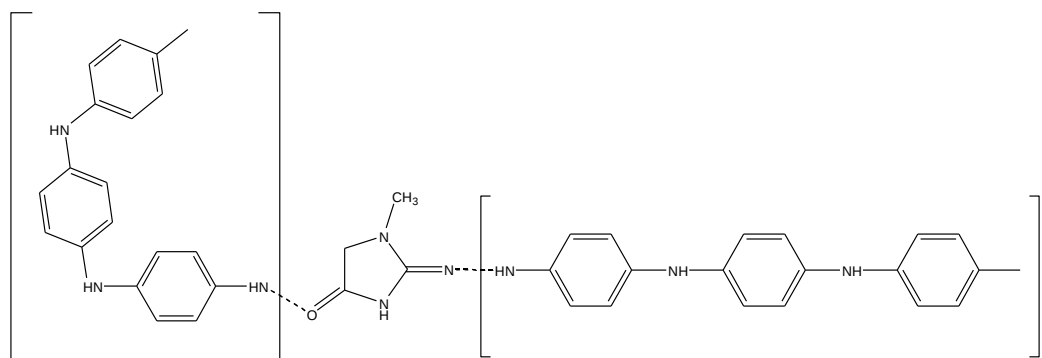
Karakterisasi PANi, NIP dan MIP dengan FTIR



Gambar 1. Spektra FTIR anilin, PANi, NIP dan MIP

Untuk spektra Anilin dan PANi mempunyai perbedaan pada *stretching* gugus -NH amina. Anilin yang mempunyai -NH primer memunculkan dua puncak sedangkan PANi yang mempunyai -NH sekunder juga memunculkan dua puncak namun dengan intensitas yang kecil sehingga nampak seperti satu puncak yang merupakan spektra khas dari amina sekunder. Munculnya dua puncak pada spektra anilin dikarenakan amina primer memiliki dua ikatan N-H yaitu N-H simetris dan N-H asimetris. N-H asimetris memiliki bilangan gelombang yang lebih besar daripada N-H simetris. Untuk keberadaan dari C-H sp^2 dan C-H sp^3 , anilin dan PANi tidak mempunyai perbedaan karena struktur keduanya yang sama-sama memiliki C-H ikatan rangkap dua dan ikatan tunggal. Benzena pada FTIR, memiliki ciri khas yaitu munculnya dua puncak spektra pada daerah sekitar 1600 cm^{-1} . Pada anilin terdapat dua puncak spektra pada bilangan gelombang 1782 cm^{-1} dan 1620 cm^{-1} sedangkan pada PANi juga muncul dua puncak spektra pada bilangan gelombang 1658 cm^{-1} dan 1566 cm^{-1} . Dengan perbedaan dan persamaan antara spektra anilin dan PANi tersebut dapat disimpulkan PANi yang dibuat, berhasil terbentuk.

Untuk spektra NIP dan MIP, pada bilangan gelombang 3425 cm^{-1} dan 3448 cm^{-1} terdapat puncak spektra khas dari amina sekunder. Pada puncak spektra amina sekunder terjadi pengurangan intensitas antara NIP dan MIP. Pengurangan intensitas juga terjadi pada *stretching* C-N pada bilangan gelombang 1242 cm^{-1} . Ikatan O-H yang terbentuk antara kreatinin dengan PANi yang diduga, dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Ikatan hidrogen antara kreatinin dan PANi

Jika dilihat dari bentuk spektra NIP maupun MIP, tidak terdapat bentuk spektra khas dari ikatan O-H. Bentuk spektra khas ikatan hidrogen seharusnya melebar. Dengan demikian dapat disimpulkan ikatan hidrogen antara kreatinin dengan PANi tidak terlihat. Puncak spektra khas dari C=O (kreatinin) pada NIP maupun MIP juga tidak terlihat pada bilangan gelombang sekitar 1700 cm^{-1} . Bentuk puncak C=O seharusnya memanjang ke bawah (*sharp*) sedangkan pada spektra NIP dan MIP tidak terlihat puncak khas C=O tersebut. Hal ini mungkin dikarenakan mol kreatinin yang terlalu kecil pada pembuatan NIP sehingga muncul puncak spektra pada daerah sekitar 1700 cm^{-1} , namun bentuk dari puncak tersebut tidak merupakan puncak khas dari C=O. Analisis menggunakan FTIR tidak dilakukan secara kuantitatif pada penelitian ini sehingga intensitasnya belum bisa dijadikan patokan untuk mengetahui keberhasilan sintesis NIP dan MIP.

Optimasi Potensial Optimum Pelapisan MIP pada HMDE

Optimasi potensial pelapisan dilakukan agar MIP dapat terlapis pada elektroda kerja dengan sempurna untuk analisis kreatinin 30 ppb. Pada penelitian ini dilakukan variasi potensial pelapisan MIP mulai dari -1000 mV sampai dengan 600 mV dengan interval 100 mV. Pemilihan potensial optimum pada penelitian ini didasarkan pada bentuk puncak voltammogram, besar arus, sudut kemiringan dan lebar *baseline*. Dari ke-17 potensial tersebut terdapat dua potensial yang diperhitungkan, yaitu potensial -0,1 V dan 0 V. Potensial -0,1 V memiliki arus sebesar 179,9 nA, sudut kemiringan 19° , dan lebar *baseline* 8,1 cm. Sedangkan pada potensial 0 V memiliki arus sebesar 184,8 nA, sudut kemiringan 20° dan lebar *baseline* 7,1 cm. Dari kedua potensial tersebut dipilih potensial 0 V sebagai potensial optimum.

Optimasi waktu akumulasi kreatinin pada elektroda HMD-MIP

Optimasi waktu akumulasi dilakukan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan kreatinin untuk terakumulasi pada permukaan elektroda. Pada penelitian ini digunakan larutan uji kreatinin 5 ppb karena dengan penggunaan larutan kreatinin yang lebih besar seperti 30 ppb, elektroda jenuh oleh analit, sehingga tidak dapat memberikan perubahan arus untuk setiap perubahan waktu. Pada penelitian ini dilakukan variasi waktu akumulasi kreatinin dari 15-120 detik,

dengan interval 15 detik. Untuk waktu pelapisannya digunakan 120 detik (Lakhsmi et al., 2006). Dari ke-8 waktu tersebut dipilih waktu akumulasi 60 detik karena karena perbedaan arus antara 45 detik ke 60 detik merupakan kenaikan arus yang paling signifikan dibandingkan kenaikan arus yang lain.

Pembuatan kurva standar

Pembuatan kurva standar dilakukan Kurva standar digunakan untuk mengamati perubahan arus terhadap konsentrasi. Pembuatan kurva standar kreatinin menggunakan larutan kreatinin 1-5 ppb dan analisis dilakukan secara duplo untuk masing-masing konsentrasi. Data arus yang dihasilkan pada pengukuran larutan baku ditampilkan pada Tabel 1

Tabel 1. Data hasil analisis larutan standar kreatinin

No.	Konsentrasi larutan standar (ppb)	Arus (nA) pada pengukuran ke-		Arus rata-rata (nA)
		1	2	
1.	1	28,65	34,67	31,660
2.	2	32,14	33,81	32,975
3.	3	34,98	33,25	34,115
4.	4	36,16	35,13	35,645
5.	5	37,76	36,43	37,095

Dari data pada Tabel. 1 diperoleh persamaan regresi $y=1,354x+30,23$. Dari persamaan regresi dapat diperoleh data validitas metode meliputi linieritas, presisi, sensitivitas, limit deteksi, dan akurasi.

Linieritas merupakan hubungan linier antara respon detektor dengan konsentrasi zat yang dianalisis yang dinyatakan dengan harga koefisien korelasi (r) kurva kalibrasi. Penentuan linearitas analisis kreatinin berdasarkan data pembuatan kurva baku kreatinin. Koefisien korelasi (r) kurva standar yang diperoleh sebesar 0,9985. Kemudian dilakukan uji t dengan membandingkan antara t_{hitung} dan t_{tabel} . Data t_{hitung} yang didapat dari perhitungan sebesar 31,5584 sedangkan data t_{tabel} sebesar 2,353.

Presisi (ketelitian) adalah suatu derajat keterulangan (*reproducibility*) dari suatu metode analisis. Ketelitian menyatakan kedekatan antar hasil yang diperoleh dengan pengukuran yang berulang suatu analit konsentrasi tertentu pada kondisi

yang sama. Presisi yang baik dinyatakan dengan nilai koefisien variasi (KV) kurang dari 5%. Untuk konsentrasi 1 ppb mempunyai nilai koefisien variasi sebesar 13,44%, sedangkan untuk konsentrasi 2-5 ppb berturut-turut 3,58%, 3,58%, 2,04%, 2,53%. Dari nilai koefisien variasi tersebut, dapat disimpulkan, metode ini tidak mempunyai presisi yang baik untuk konsentrasi yang kecil, sedangkan untuk konsentrasi yang besar, memiliki presisi yang baik.

Sensitivitas didefinisikan sebagai arus yang terukur dalam satuan konsentrasi (Taylor, 1994). Pada penelitian ini sensitivitas ditentukan dari nilai slope kurva baku kreatinin. Sensitivitas metode HMD-MIP secara voltammetri lucutan yang diperoleh pada penelitian ini sebesar $3,47 \times 10^4$ nA/ ppb.cm². Hal tersebut menyatakan setiap perpindahan konsentrasi sebesar 1 ppb, memberikan perubahan arus sebesar $3,47 \times 10^4$ nA/ ppb.cm² dan dapat disimpulkan elektroda HMD-MIP merupakan elektroda yang cukup sensitif.

Limit deteksi merupakan kadar analit terkecil dalam sampel yang masih dapat dideteksi dengan baik oleh suatu metode. Limit deteksi dengan menggunakan elektroda HMD-MIP yang diperoleh pada penelitian ini sebesar 0,2787 ppb (0,2787 µg/ L).

Akurasi adalah seberapa dekat kadar yang diperoleh dari hasil analisis terhadap kadar sebenarnya. Nilai akurasi yang didapatkan dari konsentrasi 1-5 ppb berturut-turut sebesar 105,61%, 101,36%, 95,64%, 99,8%, dan 102,36%. Nilai akurasi dikatakan baik jika nilainya mendekati 100%.

KESIMPULAN

- Potensial pelapisan optimum MIP pada HMD adalah 0 V
- Waktu akumulasi optimum kreatinin pada elektroda modifikasi HMD-MIP adalah 60 detik
- Koefisien korelasi (r) sebesar 0,9985, harga KV antara 2,04% hingga 13,44% untuk konsentrasi 1-5 ppb, sensitivitas metode sebesar $3,47 \times 10^4$ nA/ ppb.cm² dengan limit deteksi 0,2787 ppb (0,2787 µg/ L).

DAFTAR PUSTAKA

- Arwindah, P.R., 2010, **Pengembangan Sensor Asam Urat Melalui Modifikasi Elektroda Glassy Carbon dengan *Molecularly Imprinted Polymer* secara Stripping Voltammetri**, *Skripsi*, Surabaya: Departemen Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Unair.
- Baron, D.N., 1992, *Patologi klinik* (diterjemahkan oleh Johannes Gunawan). Jakarta: Penerbit buku kedokteran EGC.
- George, S.K., Dipu, M.T., Mehra, U.R., Singh, P., Verma, A.K., and Ramgaokar, J.S., 2006, **Improved HPLC Method for Simultaneous Determination of Allantoin, Uric acid, and creatinine in Cattle Urine**, *Journal of Chromatography B* (832) 134-137
- Guyton A.C and Hall J.E., 1997, *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran*, Edisi ke-9, Jakarta: Penerbit buku kedokteran EGC.
- Lakshmi, D., Prasad, B.B., and Sharma, P.S., 2006, **Creatinine sensor based on molecularly imprinted polymer-modified hanging mercury drop electrode**, *Talanta* 70: 272-280
- Levey, A.S., Bosch, J.P., Lewis, J.B., Greene, T., Rogers, N., and Roth, D.A., 1999, **A more accurate method to estimate glomerular filtration rate from serum creatinine: a new prediction equation**, *Am. Intern. Med* 130: 461- 470.
- Meiyanto, E., Martono, S., Ediarti., Nurrochmad, A., Irianti, T., Hakim, A.R., Ikawati, M., and Hermawan, A., 2010, *Petunjuk Praktikum Analisis Klinis*, Yogyakarta: Bagian Kimia Farmasi Fakultas Farmasi UGM Yogyakarta.
- Meyer, D.J and Harvey J.W., 1998, *Veterinary Laboratory Medicine: interpretation and diagnosis 2nd*, Philadelphia USA: WB Saunders.
- Miller, J.C., and Miller, J.N., 1988, *Statistic for Analytical Chemistry 2nd edition*, New York: Ellis Howard Limited.
- Prasad, B.B., and Lakshmi, D., 2004, **Barbituric Acid Sensor Based on Molecularly Imprinted Polymer-Modified Hanging Mercury Drop Electrode**, *Electroanalysis*, Canada: Willey-VCH.

- Sreenivasan, K., 2007, **Synthesis and Evaluation of Molecularly Imprinted Polymer for Nucleic Acid Bases Using Aniline as a Monomer**, *Reactive and Functional Polymer*, 67:859-864
- Stevens, L.A. and Levey, A.S., 2004, **Clinical implications for estimating equations for glomerular filtration rate**, *Ann. Intern. Med*, 141: 959-961.
- Taylor, L. R., Papp, R.B., and Pollard, B.D., 1994, *Instrumental Methods for Determining Elements, Selection and Application*, New York:VCH Publishers, Inc.
- Tietze, K.J., 2003, *Clinical skills for pharmacists a patient-focused approach*, Missouri: Mosby, Inc.