

PENGEMBANGAN SENSOR KIMIA UNTUK MONITORING PENGAWET BENZOAT DI DALAM BERBAGAI JENIS MINUMAN

Marudut Sinaga¹, Betaria Simanungkalit² dan Manihar Situmorang³

^{1,2,3} Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Medan, Jl. Willem Iskandar Psr. V Medan, Indonesia 20221, Email: msitumorang@lycos.com

Diterima 5 Januari 2013, disetujui untuk publikasi 22 Februari 2013

Abstract: *The development of chemical sensor for monitoring of food preservatives of benzoic acid in various types of beverages is explained. The sensor was developed by the integration of spectrometric cell, UV detector in UV-Vis spectrometric system. The sensor signal is obtained from the measurement of benzoic acid at λ 229.65 nm. The chemical sensor give sensitive response to benzoic acid, where the detection linearity is lies between 0.05 – 40 ppm benzoic acid, slope slope 0.0613 au/ppm benzoic acid, and the detection limit is 0.01 ppm benzoic acid. The chemical sensor has been applied for the determination of benzoic acid in real sample, where the concentration of benzoic acid in the beverages are found in the range of 7 - 700 ppm benzoic acid. The measurements obtained with chemical sensor are agree with that HPLC standard method ($R^2 = 0.932$).*

Kata kunci:

Sensor kimia,
penentuan,
pengawet benzoat,
spektrometri-UV,
minuman.

Pendahuluan:

Pengembangan sensor kimia untuk monitoring pengawet benzoat di dalam berbagai jenis minuman perlu mendapat perhatian karena penggunaan senyawa pengawet di dalam makanan dan minuman sering sekali tidak dapat dihindari karena berbagai alasan seperti menjaga kesegaran makanan, menghambat pertumbuhan organisme, memelihara warna bahan makanan, dan untuk menjaga kualitas makanan dan minuman dalam penyimpanan dalam jangka waktu tertentu (Giesova, *dkk.*, 2004). Penggunaan bahan pengawet yang aman bagi kesehatan diperbolehkan sepanjang masih berada dalam batas tingkat ambang batas toletansi (Friedman dan Juneja, 2010). Akan tetapi, sering dikeluhkan adanya bahan pengawet makanan yang ditambahkan ke dalam makanan dalam jumlah melebihi ambang batas yang diperbolehkan sehingga dapat mengakibatkan permasalahan kesehatan (Eigenmann dan Haenggeli, 2007; Chu, *Journal Saintika* | Volume 13 | Nomor 1 | Maret 2013

dkk., 2003). Untuk mengetahui kehadiran bahan pengawet di dalam makanan sangat diperlukan instrumen yang baik yang dapat memberikan informasi akurat kadar senyawa pengawet di dalam makanan dengan cepat.

Sejalan dengan perkembangan industry makanan dan minuman yang begitu pesat maka penggunaan bahan pengawet di dalam makanan dan minuman juga menjadi keharusan yang bertujuan untuk menjaga kualitas makanan dan minuman dalam penyimpanan dalam jangka waktu yang relatif lama. Penggunaan senyawa pengawet di dalam makanan dan minuman dapat menjaga kesegaran makanan, menghambat pertumbuhan organisme, memelihara warna bahan makanan, dan untuk menjaga kualitas makanan dan minuman dalam penyimpanan dalam jangka waktu tertentu (Giesova, *dkk.*, 2004).

Beberapa pengawet makanan dan minuman yang diizinkan berdasarkan

Permenkes 722/MenKes/Per/IX/1988 adalah asam benzoate, kalium bisulfit, kalium meta bisulfit, kalsium nitrat, kalium nitrit, belerang dioksida, asam sorbat, asam propionat, kalium propionat, kalium sorbat, kalium sulfit, kalsium benzoat, kalsium propionat, kalsium sorbat, natrium benzoate, metal-p-hidroksi benzoat, natrium bisulfit, natrium metabisulfit, natrium nitrat, natrium nitrit, natrium propionat, natrium sulfit, nisin, dan p-hidroksi-benzoat (Depkes RI, 1988). Senyawa pengawet lain yang dipergunakan sebagai bahan pengawet makanan dan minuman dan diduga memiliki efek terhadap kesehatan apabila terdapat di dalam makanan dan minuman dalam jumlah ambang batas. terdapat di dalam makanan dan minuman dalam jumlah ambang batas. Penambahan bahan pengawet makanan perlu menjadi perhatian karena informasi ilmiah yang diperoleh dari pengaruh senyawa pengawet makanan ini masih ada yang diragukan keamanannya (Bevilacqua, *dkk.*, 2010; Dzięcioł, *dkk.*, 2010; Giesova, *dkk.*, 2004). Beberapa bahan pengawet dan zat tambahan yang dimasukkan kedalam makanan yang sudah digolongkan sebagai senyawa yang dapat mengurangi kesehatan manusia dan sebaiknya dihindari dari makanan. Ada juga bahan pengawet yang tidak diperbolehkan ditambahkan kedalam makanan dan minuman, namun masih dipergunakan secara ilegal seperti formalin dan boraks yang sering digunakan untuk mengawetkan tahu dan mie basah.

Salah satu bahan pengawet yang sering dipergunakan ke dalam makan dan minuman adalah senyawa benzoat berupa natrium benzoat atau asam benzoat. Bahan pengawet benzoat di beberapa negara sudah dilarang karena diduga sebagai senyawa karsinogenik. Akan tetapi beberapa negara masih memperbolehkan penggunaan benzoat pada minuman. Perlu diwaspadai bahwa mengkonsumsi pengawet benzoat dapat menimbulkan efek terhadap kesehatan. Telah dilaporkan bahwa pengawet benzoat dapat

memberikan efek negatif terhadap kesehatan karena diperkirakan dapat merusak DNA (Fadliwdt, 2007). Sejumlah penyakit disinyalir berkaitan dengan kerusakan DNA berakibat langsung pada degenerasi saraf.

Kebutuhan akan instrumen analisis yang sensitif, akurat dan cepat untuk penentuan asam benzoat sangat mendesak, karena keberadaan senyawa bahan pengawet di dalam makanan secara berlebihan akan dapat mengakibatkan berbagai jenis penyakit (Vadas, 2003, Mahajan, *dkk.*, 2010). Permasalahan yang dihadapi adalah sulitnya mendapatkan instrument analisis yang akurat, selektif dan sensitif terhadap senyawa pengawet benzoat, sehingga monitoring terhadap keberadaan pengawet benzoat didalam makanan dan minuman dapat dilakukan secara reguler, terutama terhadap makanan yang dikonsumsi oleh masyarakat banyak. Instrument analisis yang sering digunakan untuk penentuam benzoat pada makanan dan minuman umumnya adalah secara kromatografi menggunakan *high performance liquid cromathography* (HPLC) (Tfouni dan Toledo, 2002), penentuan menggunakan gas kromatografi (Sen, *dkk.*, 2011), penentuan secara kemiluminesens (Wang dan Song, 2003), elektroforesis kapiler (Han, *dkk.*, 2008) dan HPLC-MS (Lee, *dkk.*, 2008). Teknik analisis dengan menggunakan kromatografi sangat sensitif, akan tetapi waktu analisis cukup lama, membutuhkan instrumen yang relatif mahal, biaya analisis tinggi, dan harus dikerjakan oleh orang yang sangat terampil. Biaya perawatan (*running cost*) instrumen juga sangat tinggi (mahal) sehingga tidak ekonomis untuk dipergunakan sebagai instrumen analisis untuk analisis kualitas makanan dan minuman. Pengembangan metode analisis secara elektrokimia menggunakan biosensor amperometri (Sezgintürk, *dkk.* 2005) dan secara potensiometri juga sudah dilakukan oleh Sinaga, *dkk.*, (2012), akan tetapi metode ini masih pada tahap pengembangan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan sensor kimia

untuk penentuan asam benzoat dalam deteksi spektrofotometri UV. Pengembangan dilakukan untuk meningkatkan sensitifitas, selektifitas, dan akurasi pendeteksian, dan penyederhanaan prosedur analisis. Sensor kimia dipergunakan untuk penentuan bahan pengawet benzoat yang terkandung di dalam makanan dan minuman, sehingga menjadi salah satu metode analisis standar di laboratorium.

Metodolgi Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia FMIPA UNIMED Medan pada tahun 2012. Bahan kimia yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah tyramine, Natrium benzoat, HCl, H_2SO_4 , kolesterol, fruktosa, glukosa, asam asorbat, NaCl dan senyawa lain yang digunakan dalam analisis. Peralatan yang dipergunakan diantaranya diantaranya ekstraktor, PowerLab 20D (ADInstrument, Australia), Spektrofotometer UV-Vis (Perkin Elmer, Lamda 25), dan gelas-gelas kimia. Prosedur pembuatan larutan dan perlakuan sampel yang diperlukan di dalam penelitian ini dijelaskan secara terperinci pada Sinaga, *dkk.*, (2012)

Pembuatan rancang bangun instrumen spektrofotometer UV dilakukan dengan mengintegrasikan Spektrofotometer dan kuvert dengan PowerLab 20D untuk pengambilan data secara otomatis. Sistem UV terlebih dahulu dioptimasi menggunakan larutan standar natrium benzoat pada berbagai kondisi parameter percobaan. Kurva kalibrasi larutan standar benzoat diukur pada λ 229.65 nm. Prosedur analisis sampel dilakukan pada kondisi optimum sama seperti pada larutan standar seri. Untuk perlakuan sampel, sebanyak 20 mL Sampel minuman dimasukkan kedalam beaker gelas dan dipanaskan untuk menghilangkan CO_2 , kemudian disaring, lalu dipipet sebanyak 2 mL dan masukkan kedalam beaker 50 mL, dilanjutkan dengan penambahan 10

mL. HCl 1mM, lalu diukur absorbansinya pada λ 229.89 nm. Penghitungan kadar pengawet benzoat di dalam sampel dilakukan menggunakan kurva kalibrasi larutan standar.

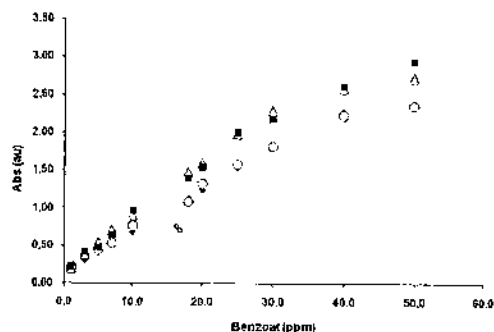
Hasil dan Pembahasan

Sensor Kimia Penentuan Benzoat

Sensor kimia untuk penentuan pengawet benzoat telah berhasil dikembangkan melalui integrasi sel (kuvet), sumber sinar (double beam), detektor Ultra Violet (UV), dan powerlab sebagai pencacah data dijelaskan secara terperinci pada Sinaga, *dkk.*, (2012), dan oleh alasan tertentu maka disain sensor kimia penentuan benzoat tidak diikutsertakan dalam tulisan ini. Sensor kimia hasil pengembangan dapat dipergunakan untuk penentuan asam benzoat. Untuk mendapatkan deteksi yang optimum pada penentuan benzoat telah dilakukan optimasi variasi pelarut, diantaranya melihat respon dan sensitifitas sensor kimia pada kondisi asam, netral dan basa. Pengujian terhadap signal sensor kimia dilakukan menggunakan 10 ppm benzoat standar yang dilarutkan dalam

variasi pelarut, berturut-turut di dalam 1 mM HCl, H_2SO_4 , NaOH, dan pada kondisi netral menggunakan aquadest. Sensor kimia menunjukkan respon panjang gelombang optimum bervariasi, yaitu diperoleh berturut-turut pada suasana larutan asam (HCl, λ 229,65 dan H_2SO_4 , 229,83), netral (H_2O , λ 223.79), dan basa (NaOH, λ 223.71), yang diikuti dengan perbedaan dalam absorbansi pendeteksian. Pergeseran dalam perubahan panjang gelombang optimum juga disertai dengan terjadinya variasi dalam absorbansi (au) walau menggunakan larutan standar benzoat konsentrasi sama. Hal ini disebabkan oleh perubahan kromofor pada kondisi larutan yang berbeda menghasilkan panjang gelombang deteksi yang berbeda. Selanjutnya respon sensor kimia diuji menggunakan larutan standar benzoat untuk melihat sensitifitas dan

linearitas pengukuran pada masing-masing kondisi larutan yang berbeda. Kurva kalibrasi larutan standar benzoat pada variasi jenis larutan diperlihatkan pada Gambar 1, dan deskripsi hasil pengukuran dirangkum pada Tabel 1.



Gambar 1. Kurva kalibrasi larutan standar benzoat di dalam sensor kimia pada variasi pelarut: (■) 1 mM HCl, (Δ) 1 mM H₂SO₄, (◆) netral H₂O, dan (O) 1 mM NaOH.

Dari hasil terlihat bahwa sensitivitas dan linearitas sensor kimia bervariasi menggunakan pelarut yang berbeda. Dari hasil terlihat bahwa sensor kimia memberikan skala linearitas yang paling

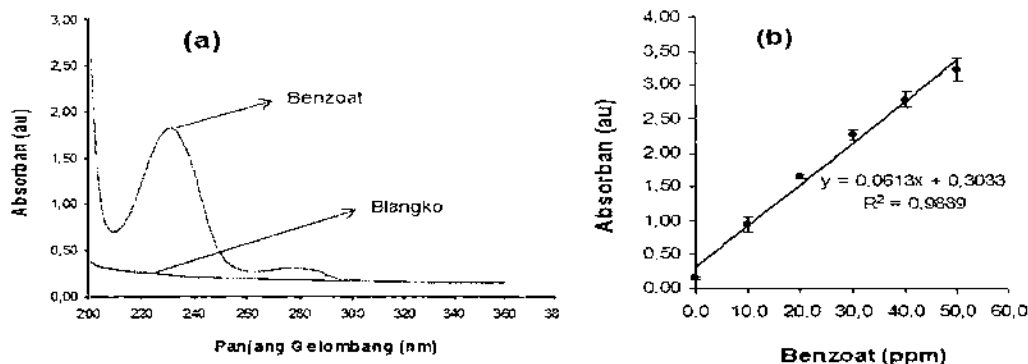
lebar dan disertai dengan sensitivitas paling tinggi pada suasana asam. Pada suasana asam, skala linearitas pengukuran sensor kimia menggunakan HCl (0,05 – 40 mM benzoat) lebih lebar dibandingkan dengan bila menggunakan pelarut H₂SO₄ (0,10 – 35 mM benzoat) dan juga diikuti dengan sensitivitas yang lebih tinggi menggunakan HCl (0,061 au/ppm Benzoat) bila dibandingkan menggunakan H₂SO₄ (0,060 au/ppm Benzoat), sedangkan skala linearitas pengukuran sensor kimia dalam suasana netral dan basa, relatif sama (0,10 – 30 mM benzoat) tetapi dengan sensitivitas yang berbeda, yaitu sensitivitas sensor kimia pada suasana netral (0,054 au/ppm Benzoat) lebih tinggi dibanding sensitivitas sensor kimia pada suasana basa (0,052 au/ppm Benzoat). Dengan demikian, respon sensor kimia paling baik diperoleh dalam suasana asam sehingga pengukuran larutan standar dan sampel dilakukan menggunakan 1 mM HCl karena penggunaan kondisi asam ini juga dapat meningkatkan selektifitas sensor kimia.

Tabel 1. Kurva kalibrasi larutan standar benzoat di dalam sensor kimia pada variasi pelarut: (■) 1 mM HCl, (Δ) 1 mM H₂SO₄, (◆) netral H₂O, dan (O) 1 mM NaOH.

| No | Jenis dan kondisi pelarut | λ maks (nm) | Linearitas | Slop (Abs, au/ppm) | Batas Deteksi |
|----|-------------------------------------|-------------|--------------|--------------------|---------------|
| 1 | 1 mM HCl | 229,65 | 0,05 – 40 mM | 0,061 | 0,01 |
| 2 | 1 mM H ₂ SO ₄ | 229,83 | 0,10 – 35 mM | 0,060 | 0,05 |
| 3 | netral H ₂ O | 223,79 | 0,10 – 30 mM | 0,054 | 0,10 |
| 4 | 1 mM NaOH | 223,71 | 0,10 – 30 mM | 0,052 | 0,10 |

Pengukuran respon sensor kimia terhadap benzoat dilakukan setelah kondisi optimum diperoleh. Bentuk signal sensor kimia penentuan benzoat diperlihatkan pada Gambar 2a, dan kurva kalibrasi standar benzoat ditunjukkan pada Gambar 2b. Dari respon sensor kimia yang ditunjukkan pada Gambar 2a terlihat bahwa penentuan benzoat optimum pada λ 229,65 nm yang ditunjukkan dari absorbansi yang sangat tinggi untuk senyawa benzoat dan pada larutan blangko tidak ditemukan

signal pada panjang gelombang yang sama. Hasil ini meyakinkan bahwa respon sensor kimia adalah berasal dari signal untuk kehadiran benzoat di dalam larutan. Pengukuran standar benzoat pada variasi konsentrasi dilakukan pada λ 229,65 nm dan diperoleh kurva kalibrasi yang merupakan plot antara rata-rata absorbansi terhadap konsentrasi benzoat untuk empat kali pengukuran ditunjukkan pada Gambar 2b.



Gambar 2. Respon sensor kimia penentuan pengawet benzoat dalam deteksi spektrofotometri UV: (a) Signal hasil pengukuran 10 ppm benzoat dalam 1 mM HCl pada λ 200 – 380 nm, dan (b) Kurva kalibrasi larutan standar 1-50 mM benzoat diukur pada λ 229,65 nm (plot merupakan rata-rata dan SD 4 ulangan).

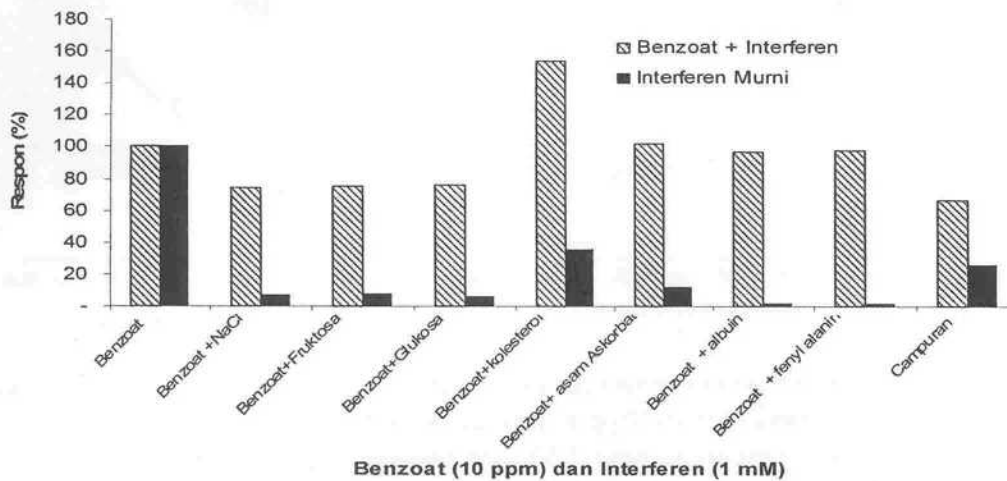
Sensor kimia menunjukkan linearitas yang cukup baik, yaitu berada pada skala konsentrasi 0,05 – 40 mM benzoat, dengan slop 0,0613 au/ppm Benzoat, dan batas deteksi berada pada 0,01 ppm benzoat. Skala linearitas ini sudah mencukupi untuk penentuan pengawet benzoat di dalam sampel minuman karena dalam prosedur penentuan benzoat di dalam sampel masih dilakukan pengenceran 25 kali (1 mL sampel di dalam 25 mL larutan). Batas deteksi sensor kimia juga sangat memadai karena sudah dapat menentukan senyawa benzoat kadar rendah sampai kadar tinggi.

Respon Sensor Kimia Terhadap Senyawa Pengganggu

Beberapa senyawa kimia yang sering ditambahkan ke dalam makanan dan minuman dianalisis menggunakan sensor kimia untuk meyakinkan selektifitas sensor pada penentuan benzoat. Terhadap larutan standar 10 ppm benzoat ditambahkan masing-masing 1 mM senyawa senyawa pengganggu (interferen) yang diduga sering ditambahkan ke dalam makanan dan minuman seperti glukosa, fruktosa, kolesterol, asam askorbat (vitamin C), beberapa jenis garam seperti NaCl, protein albumin, dan asam amino fenil alanin, dan campuran, selanjutnya dilakukan pengukuran pada panjang gelombang penentuan benzoat. Selanjutnya analisis

senyawa murni masing-masing 1 mM senyawa interferen dan campurannya juga dilakukan. Selanjutnya respon sensor kimia diukur berdasarkan persentase (%) respon masing-masing dibandingkan terhadap respon 10 ppm benzoat murni, dan hasil pengukuran benzoat, benzoat dan interferen, dan interferen murni diperlihatkan pada Gambar 3.

Dari hasil yang ditunjukkan pada Gambar 3 terlihat bahwa beberapa senyawa interferen yang dianalisis memberikan respon yang kecil bila dibandingkan terhadap senyawa benzoat, dan hanya kolesterol yang memberikan respon yang tinggi (35%), sedangkan respon dari senyawa interferen lainnya (1-12%) dapat diabaikan. Dalam studi ini diketahui bahwa kehadiran senyawa pengganggu dalam kadar rendah tidak mengganggu sensor kimia dalam penentuan benzoat. Akan tetapi, kehadiran senyawa pengganggu kadar tinggi (1 mM interferen) dapat mempengaruhi pengukuran pada penentuan benzoat.



Gambar 3. Pengaruh interferen terhadap respon sensor kimia penentuan benzoat dan dalam deteksi spektrofotometri UV. Ke dalam 10 ppm benzoat ditambahkan 1 mM berbagai jenis interferen. Pengukuran dilakukan pada λ 229,65 nm, dan kondisi percobaan sama seperti pada Gambar 2.

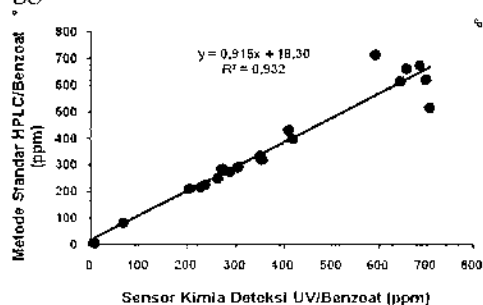
Apabila senyawa pengganggu (1 mM) ditambahkan ke dalam 10 ppm benzoat diketahui kehadiran senyawa pengganggu dapat mengurangi dan meningkatkan hasil pengukuran senyawa benzoat, terutama pada senyawa kimia yang memiliki kromofor, gugus fungsi dan ikatan rangkap memberi perubahan pada absorban penentuan benzoat. Senyawa pengganggu yang sangat potensial adalah senyawa kolesterol di dalam sampel yang dapat memberikan kontribusi peningkatan signal sensor kimia sampai 154% dibandingkan terhadap respon 10 ppm benzoat. Senyawa lain seperti glukosa, fruktosa dan albumin dalam konsentrasi tinggi (1 mM) dapat mengurangi signal sensor kimia penentuan benzoat menjadi 76-96% dibanding respon 10 ppm benzoat. Dapat dinyatakan bahawa sensor kimia dalam deteksi UV belum bebas dari pengaruh zat pengganggu. Namun demikian, karena dalam penentuan senyawa pengawet benzoat dilakukan dengan pengenceran sampai 25 kali maka prosedur tersebut sudah sekaligus menurunkan konsentrasi senyawa pengganggu potensial seperti kehadiran kolesterol di dalam sampel yang sangat mempengaruhi pada penentuan pengawet benzoat. Pada studi lanjut perlu dilakukan modifikasi instrumentasi agar dapat

menentukan pengawet benzoat tanpa harus memisahkan senyawa pengganggu terlebih dahulu.

Penentuan Benzoat di Dalam Sampel Minuman

Sensor kimia hasil pengembangan diaplikasikan untuk penentuan asam benzoat di dalam minuman ringan. Dengan menggunakan prosedur yang dikembangkan di dalam penelitian ini, yaitu masing-masing sampel minuman ringan sebanyak 20 mL dimasukkan kedalam beaker gelas dan panaskan untuk menghilangkan gas CO₂ yang terkandung di dalamnya, dilanjutkan dengan penyaringan menggunakan kertas saring dan 10 menit pada suhu kamar, lalu sebanyak 1 mL sampel diencerkan menjadi 25 mL menggunakan 1 mM HCl, lalu sampel dianalisis menggunakan sensor kimia pada λ 229,65 nm. Sampel yang sama juga dianalisis secara prosedur standar menggunakan HPLC. Hasil analisis kadar benzoat di dalam berbagai jenis minuman ringan (A-V) menggunakan sensor kimia hasil pengembangan dan dibandingkan dengan metode standar HPLC diperlihatkan Pada Gambar 4. Kadar benzoat yang terdapat di dalam sampel minuman ringan bervariasi antara 7 – 700 ppm benzoat.

Ada dua sampel yang tidak terdeteksi (ND) kadar benzoat dengan menggunakan sensor kimia, akan tetapi dapat dideteksi menggunakan metode standar HPLC. Diperoleh korelasi positif ($R^2 = 0,932$) dari hasil analisis menggunakan sensor kimia hasil pengembangan dengan metode standar HPLC, menandakan bahwa hasil analisis kadar benzoat yang diperoleh menggunakan sensor kimia sesuai dengan hasil yang diperoleh menggunakan metode standar HPLC.



Gambar 4. Analisis benzoat di dalam berbagai jenis minuman ringna menggunakan Sensor Kimia hasil pengembangan dan Metode Standar HPLC. Pengukuran sensor kimia dilakukan pada λ 229,65 nm, dan kondisi percobaan sama seperti pada Gambar 2.

Keberhasilan dalam pengembangan sensor kimia penentuan pengawet benzoat ini sudah memberikan arah yang baik dalam pengembangan instrumen analisis. Akan tetapi, beberapa kelemahan masih ditemukan dalam disain sensor kimia yang dikembangkan ini, terutama dalam randaahnya selektifitas deteksi untuk senyawa tertentu, dan juga terjadinya prosedur analisis yang dilakukan secara manual, yaitu sampel dianalisis satu-persatu sehingga membutuhkan waktu yang relatif lama. Dengan demikian, pengembangan lebih lanjut masih perlu dilakukan untuk meningkatkan selektifitas sensor kimia sehingga bebas dari senyawa pengganggu, dan memperbaiki kesederhanaan prosedur analisis menjadi otomatis sehingga sampel dapat dianalisis secara simultan tanpa membersihkan sel dan memungkinkan dilakukanalisis sampel dalam waktu relatif singkat. Instrumen analisis hasil pengembangan diharapkan akan dapat

dipergunakan menjadi instrumen analisis standar di laboratorium, dan menjadi peralatan rutin dipergunakan untuk kontrol kualitas pengawet pada industri makanan dan minuman.

Kesimpulan

Pembuatan sensor kimia untuk penentuan benzoat telah berhasil dikembangkan. Sensor didisain melalui integrasi sel, detektor UV dan proses data yang kompak yang memberikan respon yang sensitif terhadap benzoat pada λ 229,65 nm. Sensor kimia menunjukkan linearitas yang cukup baik, yaitu berada pada skala konsentrasi 0,05 – 40 mM benzoat, dengan slop 0,0613 au/ppm Benzoat, dan batas deteksi berada pada 0,01 ppm benzoat. Sensor telah diaplikasikan untuk penentuan pengawet benzoat di dalam berbagai jenis minuman ringan. Kadar benzoat yang terdapat di dalam sampel minuman ringan bervariasi antara 7 – 700 ppm benzoat. Hasil analisis menggunakan sensor kimia hasil pengembangan identik dengan hasil yang diperoleh menggunakan metode standar HPLC ($R^2 = 0,932$). Pengembangan disain sensor kimia masih perlu dilakukan untuk meningkatkan selektifitas dan kesederhanaan analisis sehingga dapat dipergunakan menjadi instrumen analisis rutin di laboratorium dan industri.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Universitas Negeri Medan dan Dit. Litabmas DP2M Dikti Depdikbud yang memberikan dana penelitian Desentralisasi Skim Hibah Bersaing Tahun anggaran 2012.

Daftar Pustaka

- Ahmad, I., dan Vaid, F.H., (2009), Determination Of Benzoic Acid And Salicylic Acid In Commercial Benzoic And Salicylic Acids Ointments By Spectrophotometric Method, *Pak. J. Pharm. Sci.*, 22(1): 18-22.
- Alghamdi, A.H., Alghamdi, A.F. dan Alwarthan, A.A., (2005), Determination of

- Content Levels of Some Food Additives in Beverages Consumed in Riyadh City, *J. King Saud Univ.* **18(2)**: 99-109.
- Bevilacqua, A., Corbo, M.R., dan Sinigaglia, M., (2010), In Vitro Evaluation of the Antimicrobial Activity of Eugenol, Limonene, and Citrus Extract against Bacteria and Yeasts, Representative of the Spoiling Microflora of Fruit Juices, *Journal of Food Protection*, **73(5)**: 888–894.
- Chu, T.Y, Chen, C.L., dan Wang, H.F., (2003), A Rapid Method for the Simultaneous Determination of Preservatives in Soy Sauce, *Journal of Food and Drug Analysis*, **11(3)**: 246-250
- Depkes RI, (1988), Peraturan Menteri Kesehatan, *Republik Indonesai* No. 722/MenKes/Per/IX/1988, Bahan Tambahan Makanan, Department Kesehatan RI Jakarta.
- Douglas, S. P. dan Rao, P.N., (2010), Extractive Spectrophotometric Studies Of 2,3,4-Trihydroxy Phenylethylidene Benzoic Acid Hydrazide With Molybdenum (VI), *International Journal of Engineering Science and Technology* **2(9)**: 4655-4658.
- Dzięcioł, M.,; Wodnicka, A. dan Huzar, E., (2010), Analysis Of Preservatives Content In Food, *Proceedings of ECCOpole* **4(1)**: 25-28.
- Eigenmann, P.A. dan Haenggeli, C.A., (2007), Food colourings, preservatives, and hyperactivity, *The Lancet* **370**: 1524-1525.
- Ene, C.P. dan Diacu, D., (2009), High-Performance Liquid Chromatography Method For The Determination Of Benzoic Acid In Beverages, *U.P.B. Sci. Bull.*, **B71(4)**: 81-88.
- Fadwilt, (2007), Menelisik minuman Isotonik, <http://blog.its.ac.id/fadliwilt/2007/08/20/menelisik-minuman-isotonik/> (Diakses Oktober 2012).
- Friedman, M. dan Juneja, V.K., (2010), Review of Antimicrobial and Antioxidative Activities of Chitosans in Food, *Journal of Food Protection*, **73(9)**: 1737–1761
- Gao, S.Y., Li, H., Wang, L. dan Yang, L.N., (2010), Simultaneous Separation and Determination of Benzoic Acid Compounds in the Plant Medicine by High Performance Capillary Electrophoresis, *Journal of the Chinese Chemical Society* **57**: 1374-1380.
- Giesova, M., Chumchalova, J. dan Plockova, M., (2004), Effect of food preservatives on the inhibitory activity of acidocin CH5 and bacteriocin D10, *Eur. Food Res. Technol* **218**: 194-197.
- Han, F., He, Y.Z., Li, L., Fu, G.N., Xie, H.Y. dan Gan, W.E., (2008), Determination of benzoic acid and sorbic acid in food products using electrokinetic flow analysis–ion pair solid phase extraction–capillary zone electrophoresis, *Analytica Chimica Acta* **618**: 79–85.
- Khosrokhavar, R., Sadeghzadeh, N, Amini, M., Ghazi-Khansari, M., Hajiaghaee, R. dan Mehr, E., (2010), Simultaneous Determination of Preservatives (Sodium Benzoate and Potassium Sorbate) in Soft Drinks and Herbal Extracts Using High-Performance Liquid Chromatography (HPLC), *Journal of Medicinal Plants* **9(35)**: 80-86.
- Lee, I.; Ahn, S., Kim, B.; Hwang, E. dan Kim, Y.S., (2008), Analysis of Benzoic Acid in Quasi-Drug Drink Using Isotope Dilution Liquid Chromatography Mass Spectrometry, *Bull. Korean Chem. Soc.*, **29(11)**: 2125-2128
- Mahajan, B.V.C.; Singh, K. dan Dhillon, W.S., (2010), Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on storage life and quality of pear fruits, *J. Food Sci Technol* **47(3)**: 351–354.
- Saada, B., Bari, M.F., Saleh, M.I., Ahmad, K. dan Talib, M.K.M., (2005), Simultaneous determination of preservatives (benzoic acid, sorbic acid, methylparaben and propylparaben) in foodstuffs using high-performance liquid chromatography, *Journal of Chromatography A*, **1073**: 393–397.
- Sen, I., Shandil, A. dan Shrivastava, V.S., (2011), Determination of Benzoic acid

- Residue from Fruit Juice by Gas chromatography with Mass spectrometry Detection Technique, *Archives of Applied Science Research* **3(2)**: 245-252.
- Sezgintürk, M.K.; Göktugw, T. dan Dinçkaya, E., (2005), Detection of Benzoic Acid by an Amperometric Inhibitor Biosensor Based on Mushroom Tissue Homogenate, *Food Technol. Biotechnol.* **43(4)**: 329-334.
- Sinaga, M., Situmorang, M., Herlinawati, dan Simatupang, L., (2012), Pengembangan Sensor Kimia Untuk Monitoring Bahan Pengawet Di Dalam Makanan Dan Minuman, Laporan Penelitian, FMIPA Unimed, Medan
- Techakriengkrai, I. dan Surakarnkul, R., (2007), Analysis of benzoic acid and sorbic acid in Thai rice wines and distillates by solid-phase sorbent extraction and high-performance liquid chromatography, *Journal of Food Composition and Analysis* **20**: 220-225.
- Tfouni, S.A.V. dan Toledo, M.C.F., (2002), Determination of benzoic and sorbic acids in Brazilian food, *Food Control* **13**: 117-123.
- Vadas, P., (2003), Food allergens and anaphylaxis, *Canadian Journal of Dietetic Practice and Research* **64(2)**: 1-5.
- Wang, Z.J. dan Song, Z.H., (2003), Chemiluminescence Determination of Benzoic Acid Using A Solid-Phase Verdigris Reactor, *Chinese Chemical Letters* **14(3)**: 283-286.