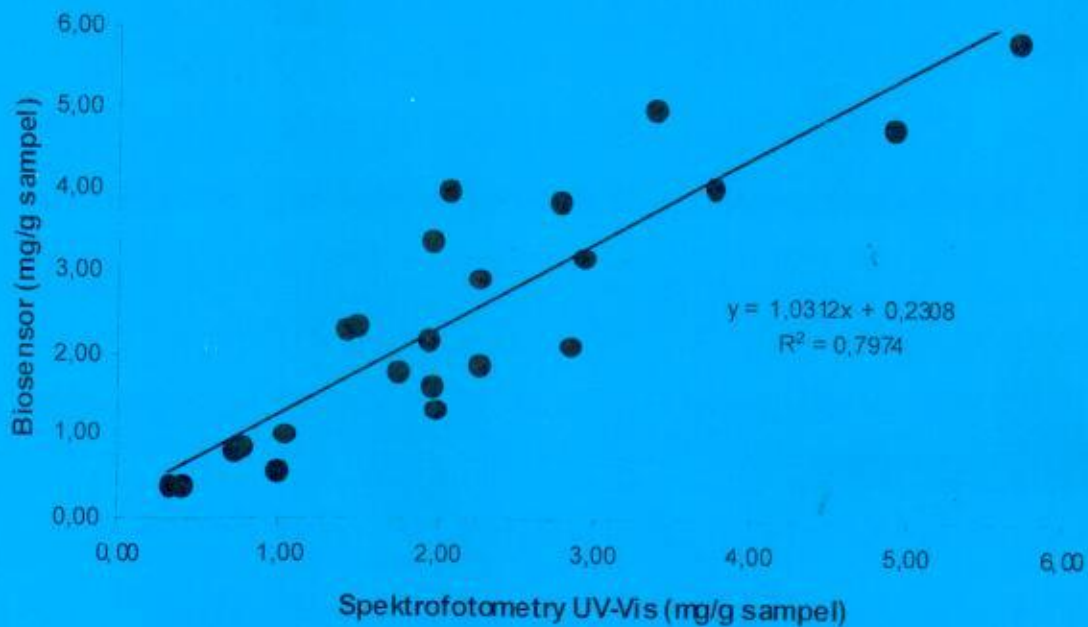


Jurnal Sains Indonesia

Media Komunikasi Hasil Penelitian Sains dan Matematika



Diterbitkan Oleh
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Medan



Daftar Isi

<i>Manihar Situmorang, Esra Putri Simanjuntak, dan Dewi Silaen</i>	Pengembangan Metode Analisis Spektrofotometri Melalui Reaksi Enzimasi untuk Penentuan Glukosa di Dalam Buah-Buahan	49–54
<i>Lisnawaty Simatupang, Nora Susanti, Ratna Sari Dewi</i>	Pengembangan Metode Alir Menggunakan Silika Gel dari Sekam Padi untuk Mengatasi Limbah Cair Industri Logam	55–58
<i>Faiz Ahyaningsih</i>	Menyelesaikankan Masalah Penugasan Kuadrat dengan Algoritma Genetika Menggunakan Strategi Penggantian Baru	59–63
<i>Muhammad Kadri</i>	2D Resistivity Method to Determine the Groundwater Zone in Pendang, Kedah, Malaysia	64–66
<i>P. Maulim Silitonga dan Melva Silitonga</i>	Pengaruh Piridoksin dan Frekuensi Suntikan Antigen Terhadap Biosintesis IgG1, IgG2, IgG3	67–74
<i>Suharta</i>	Selektivitas dan Rekoveri Emas (Au) Pada Pemisahan Emas Berbasiskan Pada Teknologi Ramah Lingkungan	75–81
<i>Zul Amry</i>	Estimator Minimax Parameter Distribusi Poisson	82–86
<i>Ratna Sari Dewi</i>	Penggunaan Katalis Nikel dalam Pembentukan Aminasi Sorbitol dengan Gas NH ₃ Bertekanan	87–90
<i>Herlinawati, Buchari, dan Muhammad Bachri Amran</i>	Pembentukan Hidrida Pada Teknik Tandem Kromatografi Pasangan Ion Fasa Terbalik-HG-FAAS Untuk Spesiasi Senyawa Organotin	91–95
<i>Binari Manurung dan Eka Levianna Ginting</i>	Efektivitas Atraktan dalam Memerangkap Lalat Buah <i>Bactrocera</i> spp. dan Kajian Awal Fluktuasi Populasinya pada Pertanaman Jeruk di Kabupaten Karo	96–99
<i>Herbert Sipahutar, Pascal Sourdaine, Safa Moslemi, Bruno Plainfossé, Gilles- Eric Séralini dan Adriana Y.D. Lbn Gaol</i>	Protokol Immunofluoresens dan Immunoperoksidase untuk Mendeteksi Distribusi Aromatase pada Testis Kuda	100-106

Pengembangan Metode Analisis Spektrofotometri Melalui Reaksi Enzimasi untuk Penentuan Glukosa di Dalam Buah-Buahan

Manihar Situmorang, Esra Putri Simanjuntak, dan Dewi Silaen

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Medan
Jl. Willem Iskandar, Psr. V Medan Estate, Medan, Indonesia, 20221,
E-mail: msitumorang@lycos.com

Diterima 10 Juli 2010, disetujui untuk publikasi 04 Agustus 2010

Abstract *The development of spectrophotometric analytical method using enzymatic reaction for the determination of glucose in fruit samples is explained. The study was conducted by integrating of enzyme glucose oxidase (GOx) to oxidize glucose to produce gluconic acid and hydrogen peroxide (H₂O₂), where the H₂O₂ under the enzymatic catalysis of peroxidase (POx) was then reacted with o-dianicidine to produce red color of reduced o-dianicidine which was detected spectrophotometrically at λ 520 nm. The developed method has been applied for the determination of glucose in fruit samples, and the results obtained are compared with biosensor analytical method. The concentration of glucose in fruit samples were found between 0.33-5.71 mg glucose/g samples. [THE DEVELOPMENT OF SPECTROPHOTOMETRY ANALYTICAL METHOD USING ENZYMATIC REACTION FOR THE DETERMINATION OF GLUCOSE IN FRUIT SAMPLES] (J. Sains Indon., 34(2): 49 - 54, 2010)*

Kata kunci:
UV-Vis
Spectrophotometry,
glucose, o-dianicidine,
fruit samples

Pendahuluan

Pengembangan metode analisis untuk penentuan glukosa di dalam buah-buahan sangat perlu dilakukan karena instrumen analisis yang sensitif, akurat dan cepat untuk penentuan analit sangat penting karena keberadaan senyawa kimia tertentu di dalam makanan memiliki korelasi positif dengan penyakit yang diderita konsumen (Renard, dkk., 2010). Informasi yang akurat dan lebih dini terhadap kehadiran glukosa di dalam buah-buahan akan menolong konsumen terhindar dari penyakit diabetes melitus (He, 2011; Thorens, 2008; Ghanim, dkk., 2007). Penyakit diabetes mellitus dikarenakan ketidakmampuan pankreas dalam menyuplai hormone insulin dalam jumlah normal sehingga peningkatan gula darah melebihi nilai normal dan hanya sedikit glikogen hati yang terbentuk (Montonen, dkk., 2007; Suzuki, dkk., 2007; Platas, dkk., 2009). Permasalahan yang dihadapi adalah sulitnya mendapatkan instrumen analisis yang akurat, selektif, terhadap glukosa, sehingga kontrol kualitas sulit dilakukan secara regular (Dassau, dkk., 2008; Ercolano, dkk., 2008; Flood, dkk., 2008). Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan spektrofotometri sebagai instrumen analisis alternatif untuk penentuan kadar glukosa di dalam buah-buahan.

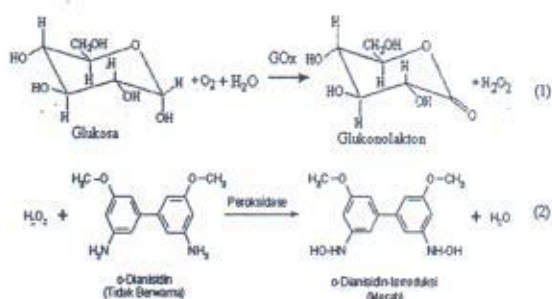
Pengembangan metode analisis untuk mendapatkan instrumen analisis yang dapat

dipergunakan menguji kualitas buah-buahan perlu mendapat perhatian, terutama instrumen analisis yang dapat dipergunakan untuk mengetahui komponen-komponen penting senyawa kimia penyusun makanan dan minuman (Kim, dkk., 2010; Peris, 2002). Berbagai metode analisis telah dikembangkan untuk penentuan glukosa seperti elektroanalisis (Situmorang, dkk., 2009; Zhao dan Ju, 2006; Wang dan Zhang, 2001; Situmorang, dkk., 2001; Situmorang, dkk., 1999; Situmorang, dkk., 1998; Situmorang dan Nurwahyuni, 1996), kromatografi cair kinerja tinggi (Brotas, dkk., 2007; Abbasi, dkk., 2005). Metode analisa menggunakan flow injeksi analisis, FIA juga telah dipergunakan untuk menentukan glukosa (Guémas, dkk., 2000; Saito, dkk., 2008).

Penggunaan metode spektrofotometri dalam analisis sangat menarik karena kesederhanaan analisis yang dapat dilakukan dengan menggunakan instrumen yang sudah tersedia di laboratorium (Harvey, dkk., 2009; Poedniok, 2007; Lee, dkk., 2000). Metode analisa secara spektrofotometri dengan menggunakan berbagai jenis senyawa pengabsorpsi telah dilakukan untuk penentuan glukosa di dalam berbagai sampel. Aplikasi metode spektrofotometri untuk penentuan berbagai analit telah banyak yang berhasil seperti penentuan lemak pada susu (Forcato, dkk., 2005), penentuan senyawa glutenin and gliadin di dalam tepung (Suchy, dkk., 2007), penentuan vitamin C dalam buah-buahan dan

sayuran (Pfendt, dkk., 2003), senyawa *aromatic hydroxylation* (Kluge, dkk., 2007), senyawa amina alifatis dalam sampel biologi (Varma, dkk., 2008), figmen pada rambut (Shekar, dkk., 2008), dan penentuan *galanthamine* di dalam obat-obatan (Mittal, dkk., 2010).

Metode spektrofotometri masih tergolong sebagai metode analisis standar untuk penentuan kadar glukosa. Didukung dengan ketersediaan alat spektrofotometer pada hampir semua laboratorium menjadikan spektrofotometri lebih sering digunakan, akan tetapi pemilihan senyawa pengabsorpsi sering menjadi kendala dalam keakuratan pengukuran. Peneliti melakukan pengembangan metode analisis melalui reaksi enzimasi yang dideteksi secara spektrofotometri untuk penentuan glukosa dalam buah-buahan untuk memberikan informasi kepada masyarakat terhadap buah-buahan yang kadar glukosa tinggi. Prinsip dasar reaksi enzimasi diperlihatkan pada persamaan reaksi reaksi (1) dan (2). Glukosa di dalam sampel melalui reaksi enzimasi dengan katalis glukosa oksidase (GOx) diubah menjadi glukonolakton dan hidrogen peroksida (Persamaan reaksi 1), dan selanjutnya hidrogen peroksida bereaksi dengan senyawa *o*-dianisidin dengan katalis peroksidase (POx) menghasilkan *o*-dianisidin tereduksi berwarna merah (Persamaan reaksi 2), yang dapat mengabsorpsi sinar pada $\lambda 520$ nm (Situmorang, dkk 2009).



Besarnya intensitas (absorbansi dalam spektrofotometer) yang dihasilkan dari reaksi *o*-dianisidin dengan hidrogen peroksida yang dihasilkan dari hasil reaksi oksidasi glukosa oleh kehadiran enzim sebagai katalis pada persamaan reaksi (2) adalah setara dengan konsentrasi glukosa yang terdapat di dalam sampel.

Metode Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia FMIPA Universitas Negeri Medan tahun 2009.

Metode penelitian meliputi penyediaan zat dan bahan, peralatan, dan prosedur penelitian seperti dijelaskan dalam Situmorang, dkk, (2009). Zat kimia yang dipergunakan dalam penelitian ini senyawa proanalisis (PA) diantaranya D-glukosa, *o*-dianisidin, kalium klorida, NaHCO_3 , enzim 100000 unit/mg GOx (EC 1.1.3.4) dari *Aspergillus niger* (type VII-S), peroksidase (POx) 175 unit/mg dari *horse radish* (E.C.1.11.1.7.2) diperoleh dari Sigma Chem. Co. Bahan lain seperti sampel buah-buahan diambil secara random dari pasar tradisional dan modern di kota Medan. Sedangkan peralatan yang diperlukan terdiri atas spektrofotometer (UV-Vis) Spektrometrik 21 Milton Roy, pengolah signal PowerLab 2/20 (ADInstrumen) yang dilengkapi dengan software Scope, jarum suntik mikro (Hamilton Co), dan gelas-gelas kimia. Peralatan pendukung adalah *water bath thermostat*

Prosedur Penelitian. Prosedur penelitian dilakukan mengikuti prosedur yang dijelaskan pada Situmorang, dkk., (2009) meliputi penyediaan larutan, perlakuan sampel, dan analisis secara reaksi enzimasi dalam deteksi Spektrofotometri. Larutan enzim dibuat dengan cara melarutkannya di dalam air sesuai dengan unit yang dibutuhkan. Larutan buffer fosfat 10 mM dibuat dari $\text{KH}_2\text{PO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ dilarutkan dalam aquades dan pH diatur menggunakan KOH. Larutan glukosa standar dibuat dengan melarutkan D-glukosa di dalam aquades. Stok glukosa standar disimpan di dalam kulkas (4 oC) bila tidak digunakan, dan dibiarkan beberapa saat pada suhu kamar apabila akan dipergunakan. Larutan *o*-Dianisidin 5 mM dibuat dari senyawa *o*-Dianisidin dan melarutkannya di dalam aquades.

Sampel dari berbagai jenis buah-buahan sebanyak ± 50 g dikeringkan dalam oven pada suhu $\pm 600\text{C}$ dan digerus sampai homogen, kemudian dilarutkan dengan aquades dalam tabung reaksi, setelah itu disentrifusi. sehingga diperoleh sentrifugat yang siap untuk dianalisis, larutan ini disebut sebagai larutan sampel yang akan dianalisis secara spektrometri UV-Vis. Untuk mendapatkan kondisi optimum dilakukan optimasi sistem spektrofotometri seperti dijelaskan pada penelitian sebelumnya (Situmorang, dkk. 2008) menggunakan larutan standar glukosa untuk mendapatkan absorpsi panjang gelombang optimum dan waktu inkubasi reaksi enzimasi. Analisis glukosa di dalam larutan standar dan sampel dilakukan sebagai berikut. Ke dalam mikropipet dimasukkan 90 μL larutan buffer fosfat (10 mM, pH 6,0) dilanjutkan dengan penambahan 50 μL standar glukosa, kemudian ditambahkan 5 μL enzim GOx (5 unit/mL) dan 5 μL POx (10 unit/mL) dan diaduk dan diinkubasi

selama 10 menit dan dimasukkan ke dalam spektrofotometri UV-Vis, absorbansi diukur pada 520 nm pada larutan standar seri (0,1-50 mM glukosa). Dengan prosedur yang sama dilakukan penentuan asam urat dalam sampel dengan cara memasukkan 90 µl larutan buffer fosfat (10 mM, pH 6,0) ke dalam mikropipet, dilanjutkan dengan penambahan 50 µl sampel daging yang sudah diperlakukan, kemudian ditambahkan 5 µL enzim GOx (10 unit/mL) dan 5 µL POx (5 unit/mL) selanjutnya diaduk dan diinkubasi selama 10 menit dan dimasukkan ke dalam spektrofotometri UV-Vis, diukur pada 520 nm.

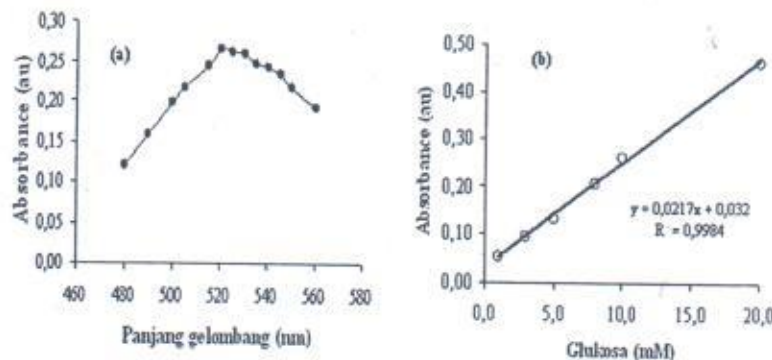
Hasil dan Pembahasan

Optimasi Spektrofotometri Penentuan Glukosa.

Penggunaan senyawa o-dianisidin sebagai senyawa pengabsorpsi sangat baik karena daya serap sinar pada panjang gelombang penentuan sangat stabil, dan reaksi perubahan warna sangat cepat menghasilkan senyawa baru (Situmorang, dkk. 2008). Prinsip pendeteksian didasarkan pada perubahan senyawa o-dianisidin (tidak berwarna) menjadi o-dianisidin tereduksi yang berwarna merah muda setelah bereaksi dengan hidrogen peroksida yang dihasilkan dari reaksi enzimasi dengan kehadiran peroksidase (POx) sebagai katalisator, diukur pada panjang gelombang maksimum 520 nm. Intensitas perubahan warna yang dihasilkan di

dalam larutan berbanding lurus dengan konsentrasi glukosa dalam sampel. Beberapa parameter yang dioptimasi diantaranya penentuan panjang gelombang maksimum, reaksi enzimasi, dan waktu inkubasi enzim. Optimasi masing-masing parameter dilakukan dengan mempertahankan kondisi optimum parameter yang lain sampai semua parameter telah dioptimasi. Penentuan panjang gelombang maksimum dilakukan menggunakan larutan standar 10 mM glukosa pada 480-560 nm dan serapan maksimum diperoleh pada 520 nm seperti diperlihatkan pada Gambar 1a. Hasil ini secara konsisten optimum pada 520 nm sama seperti pada penentuan asam urat (Situmorang, dkk., 2008).

Optimasi waktu inkubasi enzim juga dilakukan untuk melihat waktu yang sangat baik untuk terjadinya reaksi enzimasi secara sempurna menggunakan 10 mM glukosa pada variasi waktu 1-20 menit, dan waktu inkubasi reaksi enzimasi yang optimum diperoleh selama 10 menit. Dalam kondisi optimum, dilakukan analisis glukosa menggunakan larutan standar glukosa pada skala konsentrasi 1-20 mM glukosa, bertujuan untuk mengetahui linearitas pengukuran. Kurva kalibrasi larutan standar glukosa diperlihatkan pada Gambar 1b. Skala linearitas ini sudah mencukupi untuk menganalisis glukosa di dalam sampel buah-buahan, yaitu dapat dipergunakan untuk sampel yang memiliki kadar glukosa rendah sampai kadar glukosa tinggi.

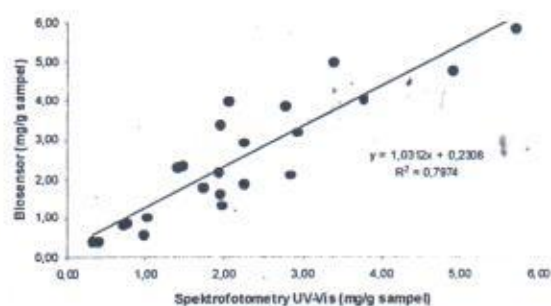


Gambar 1(a) Optimasi absorpsi 10 mM glukosa pada panjang gelombang 480-560 nm, dan, (b) Kurva kalibrasi larutan standar glukosa pada 520 nm. Reaksi enzimasi menggunakan enzim glukosa oksidase (GOx) dan peroksidase (POx), dengan pengabsorpsi 5 mM o-dianisidin diinkubasi selama 10 menit.

Analisis penentuan glukosa secara spektrofotometri telah dilakukan untuk penentuan kadar glukosa di dalam berbagai jenis sampel buah-buahan yang bertujuan untuk memberikan informasi yang akurat terhadap kandungan

glukosa pada buah-buahan yang dikonsumsi oleh masyarakat dan diperdagangkan secara luas. Buah-buahan disampling oleh mahasiswa secara acak dari berbagai pasar tradisional dan supermarket di kota Medan, dengan asumsi

bahwa sampel yang diambil diduga mengandung glukosa dan menjadi konsumsi masyarakat. Hasil analisis glukosa di dalam sampel makan secara spektrofotometri UV-Vis secara reaksi enzimasi dengan pengabsorpsi o-dianisidin. Hasil analisis kadar glukosa di dalam buah-buahan dengan menggunakan spektrofotometri UV-Vis dirangkum pada Tabel 1. Sebagai pembandingan, analisis buah-buahan dilakukan juga dengan menggunakan metode biosensor. Plot antara hasil analisis terhadap kadar glukosa di dalam sampel buah-buahan cair yang dianalisis dengan menggunakan biosensor dan standar spektrofotometri UV-VIS diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Penentuan glukosa di dalam sampel buah-buahan secara spektrofotometri UV-VIS dengan menggunakan biosensor. Plot adalah koefisien korelasi dua jenis metode analisis.

Hasil analisis yang diperlihatkan pada Gambar 1 secara umum dapat dinyatakan bahwa penentuan kadar glukosa secara spektrofotometri memiliki korelasi yang positif dengan hasil yang dianalisis secara biosensor ($R^2=0,797$). Beberapa jenis buah-buahan yang dikonsumsi oleh masyarakat dan diperdagangkan secara luas di pasar tradisional dan modern di kota Medan di analisis seperti buah-buahan seperti alpukat, pisang, kelapa, mangga, kuini, belimbing, duku, kelengkeng, jeruk, terong belanda, anggur, markisa, apel merah, apel fuji, apel hijau, pear, timun, kentang, wortel, tomat, salak, sunkist, nenas, pepaya, kedondong, melon, jambu biji, dan bengkoang. Penentuan kadar glukosa di dalam beberapa jenis sayur-sayuran dan buah-buahan menggunakan biosensor dan standar spektrofotometri UV-Vis di rangkum pada Tabel 1. Hasil analisis sampel dengan metode analisis spektrofotometri yang dikembangkan dalam penelitian ini diketahui bahwa kadar glukosa di dalam sampel buah-buahan dapat ditentukan secara kuantitatif.

Tabel 1. Penentuan glukosa di dalam berbagai jenis sampel buah-buahan menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis dan biosensor. Angka adalah hasil rata-rata 3 kali pengukuran.

Nama Sampel	Berat Basah (g)	Berat Kering (g)	Glukosa dalam sampel (mg/g sampel)		
			UV-Vis*	Biosensor**	Selisih (mg)
Alpukat	30,48	6,62	2,93	3,19	-0,26
Pisang	28,88	7,89	5,71	5,83	-0,12
Mangga	26,96	6,43	4,92	4,79	0,13
Kuini	48,72	7,84	1,96	3,41	-1,45
Belimbing	47,20	3,85	0,73	0,84	-0,11
Duku	47,86	9,36	3,40	4,96	-1,56
Kelengkeng	26,31	4,30	2,27	1,88	0,39
Jeruk	48,23	3,18	0,99	0,56	0,43
Terong belanda	48,84	6,45	1,41	2,3	-0,89
Anggur	42,16	7,87	2,08	3,98	-1,9
Markisa	44,45	8,13	3,77	4,02	-0,25
Apel merah	37,90	5,43	2,85	2,1	0,75
Apel fuji	47,79	6,20	1,94	2,17	-0,23
Apel hijau	49,52	6,57	1,48	2,35	-0,87
Pear	49,35	4,33	1,04	1,02	0,02
Salak	30,28	6,56	2,78	3,84	-1,06
Sunkist	49,64	7,35	2,28	2,94	-0,66
Nenas	34,74	4,58	1,96	1,62	0,34
Pepaya	38,62	4,39	1,98	1,33	0,65
Kedondong	27,26	2,74	0,33	0,43	-0,1
Melon	41,13	1,33	0,41	0,41	0
Jambu biji	31,64	3,00	1,76	1,79	-0,03
Bengkoang	27,97	3,02	0,78	0,86	-0,08

*Penentuan dilakukan menggunakan o-dianisidin pada $\lambda 520$ nm

**Penentuan dilakukan pada potensial konstan $E=0,60$ V vs Ag/AgCl di dalam larutan buffer fosfat

Kesimpulan

Metode analisis spektrofotometri melalui reaksi enzimasi dengan menggunakan o-dianisidin telah berhasil dikembangkan untuk menentukan kadar glukosa di dalam sampel buah-buahan. Kadar glukosa di dalam sampel buah-buahan berada pada 0,33 - 5,71 mg glukosa/gram sampel. Kadar glukosa tertinggi terdapat pada buah pisang (5,71 mg glukosa/gram sampel) dan terendah terdapat pada buah kedondong (0,33 mg glukosa/gram sampel). Hasil analisis secara spektrofotometri memiliki korelasi yang positif dengan hasil analisis menggunakan biosensor. Perlu kehati-hatian dalam penggunaan senyawa pengabsorpsi o-dianisidin dalam prosedur penelitian karena senyawa o-dianisidin sebagai turunan senyawa aromatis terindikasi bersifat karsinogenik.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional yang memberikan dana penelitian Hibah Kompetitif Penelitian Sesuai Prioritas Nasional Tahun Anggaran 2009, dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Hibah Penelitian Nomor: 334/SP2H/PPIDP2M/VI/2009.

Daftar Pustaka

- Dassau, E.; Bequette, B.W.; Buckingham, B.A.; Doyle, F.J., (2008), Detection of a Meal Using Continuous Glucose Monitoring: Implications for an artificial b-cell. *Diabetes Care* 31(2): 295-300.
- Ercolano, M. R.; Carli, P.; Soria, A.; Cascone, A.; Fogliano, V.; Frusciante, L., dan Barone, A. (2008), Biochemical, sensorial and genomic proWling of traditional Italian tomato varieties, *Euphytica* 164: 571-582.
- Flood, A.; Mai, V.; Pfeiffer, R.; Kahle, L.; Remaley, A.T.; Rosen, C.J.; Lanza, E., dan Schatzkin, A., (2008), The effects of a high-fruit and -vegetable, high-fiber, low-fat dietary intervention on serum concentrations of insulin, glucose, IGF-I and IGFBP-3, *European Journal of Clinical Nutrition* 62: 186-196.
- Forcato, D.O.; Carmine, M.P.; Echeverría, G.E.; Pécora, R.P.; dan Kivatinitz, S.C., (2005), Milk Fat Content Measurement by a Simple UV Spectrophotometric Method: An Alternative screening method, *Journal of Dairy Science* 88(2): 478-481.
- Ghanim, H.; Mohanty, P.; Pathak, R.; Chaudhuri, A.; Sia, C.L., dan Dandona, P., (2007), Orange Juice or Fructose Intake Does Not Induce Oxidative and Inflammatory Response, *Diabetes Care*; 30(6): 1406-1411.
- Guémas, Y.; Boujtit, M., dan Murr, N.E., (2000), Biosensor for Determination of Glucose and Sucrose in Fruit Juices by Flow Injection Analysis, *Applied Biochemistry and Biotechnology* 89: 171-181.
- Harvey, O.R.; Herbert, B.E.; Harris, J. P.; Stiffler, E.A.; dan Crenwelge, J.A., (2009), A New Spectrophotometric Method for Rapid Semi-quantitative Determination of Soil Organic Carbon, *SSSAJ*; 73(3): 822-830.
- He, X.Z., (2011), Diabetes Preventive Services and Policy Implications in the U.S. *Diabetes Care* 34(1): 8-13.
- Kim, J.M.; Park, J.J.; Lee, H.J.; Kim, W.S.; Muramatsu, H.; dan Chang, E.C., (2010), Development of glucose sensor using two-photon adsorbed photopolymerization, *Bioprocess Biosyst Eng* 33: 47-53.
- Kluge, M.G.; Ullrich, R.; Scheibner, K., dan Hofrichter, M., (2007), Spectrophotometric assay for detection of aromatic hydroxylation catalyzed by fungal haloperoxidase-peroxygenase, *Appl Microbiol Biotechnol* 75: 1473-1478.
- Lee, S.G., dan Kim, B.G., (2000), Development of spectrophotometric method for monitoring trans-sialidase reaction and its application, *Biotechnology Letters* 22: 819-823.
- Mittal, K.; Kaushal, R.; Mashru, R., dan Thakkar, A., (2010), Estimation of the galanthamine using derivative spectrophotometry in bulk drug and formulation, *J. Biomedical Science and Engineering* 3: 439-441.
- Montonen, J.; Järvinen, R.; Knekt, P.; Heliövaara, M.; dan Reunanen, A., (2007), Consumption of Sweetened Beverages and Intakes of Fructose and Glucose Predict Type 2 Diabetic Occurrence, *The Journal of Nutrition*; 137(6): 1447-1454.
- Peris, M., (2002), Present and future of expert systems in food analysis, *Analytica Chimica Acta* 454(1): 1-11.
- Pfendt, L.B.; VukaDinovic, V.L.; Blagojevic, N.Z. dan Radojevic, M.P., (2003), Second order derivative spectrophotometric method for determination of vitamin C content in fruits, vegetables and fruit juices, *Eur Food Res Technol* 217: 269-272.
- Platas, I.I.; Lluch, M.T.; Almiñana, N.P.; Palomo, A.M.; Sanz, M.I., dan Vidal, X.K., (2009), Continuous Glucose Monitoring in Infants of Very Low Birth Weight, *Neonatology* 95: 217-223.
- Poledniok, J., (2007), A Sensitive Spectrophotometric Method for Determination of Trace Quantities of Indium in Soil, *Water Air Soil Pollut* 186: 343-349.
- Pravdova, V.; Boucon, C.; de Jong, S.; Walczak, B. dan Massart, D.L., (2002), Three-way principal component analysis applied to food analysis: an example, *Analytica Chimica Acta* 462(2): 133-148.
- Renard, E.; Place, J.; Cantwell, M.; Chevassus, H. dan Palerm, C.C., (2010), Closed-Loop Insulin Delivery Using a Subcutaneous Glucose Sensor and Intraperitoneal insulin delivery, *Diabetes Care* 33(1): 121-127.
- Saito, H.; Nakazato, T.; Ishii, N.; Kudo, H.; Otsuka, K.; Endo, H.; dan Mitsubayashi, K., (2008), An optical flow injection analysis system for measurement of glucose in tomato, *Eur Food Res Technol* 227: 473-478.
- Shekar, S.N.; Duffy, D.L.; Frudakis, T.; Montgomery, G.W.; James, M.R.; Sturm, R.A., dan Martin, N.G., (2008), Spectrophotometric Methods for Quantifying Pigmentation in Human Hair-Influence of MCIR Genotype Environment, *Photochemistry and Photobiology* 84(3): 719-726.
- Situmorang, M. dan Nurwahyuni, I., (1996), Potensiometri penentuan glukosa dalam sistem flow injeksi analisis, *Indo Kimia* 2(3): 39-49.
- Situmorang, M., Silitonga, P.M., dan Nurwahyuni, I., (2009), Pengembangan Biosensor Sebagai Instrumen Analisis Untuk Menguji Kualitas Makanan Dan Minuman, Dibiayai oleh Proyek Penelitian Hibah Strategis Nasional, Laporan Penelitian FMIPA Universitas Negeri Medan.
- Situmorang, M., Siregar, T.H., Simatupang, R., dan Krisnawati, H., (2008), Spektrofotometri Penentuan Asam Urat Dalam Daging Dan Makanan Kaleng Menggunakan Pengabsorpsi O-Dianisidin, *Jurnal Sains Indonesia* 32(2): 109-115

- Situmorang, M.; Gooding, J.J. dan Hibbert, D.B., (1999), Immobilisation of enzyme throughout a polytyramine matrix: a versatile procedure for fabricating biosensors, *Analytica Chimica Acta* 394: 211-223.
- Situmorang, M.; Gooding, J.J.; Hibbert, D.B. dan Barnett, D., (1998), Electrodeposited polytyramine as an immobilisation matrix for enzyme biosensors, *Biosensors & Bioelectronics* 13: 953-962.
- Situmorang, M.; Gooding, J.J.; Hibbert, D.B. dan Barnett, D., (2001), Development of potentiometric biosensors using electrodeposited polytyramine as the enzyme immobilisation matrix, *Electroanalysis* 13: 1469-1474.
- Steven, S.J. dan Lehotay, J., (2002), Application of gas chromatography in food analysis, *Trends in Analytical Chemistry* 21(9-10): 686-697.
- Suchy, J.; Lukow, O.M.; Brown, D.; DePauw, R.; Fox, S., dan Humphreys, G., (2007), Rapid Assessment of Glutenin and Gliadin in Wheat by UV Spectrophotometer, *Crop Science* 47(1): 91-99.
- Suzuki, Y.A.; Tomoda, M., Murata, Y., Inui, H.; Sugiura, and Nakano, Y., (2007), Antidiabetic effect of long-term supplementation with *Siraitia grosvenori* on the spontaneously diabetic Goto-Kakizaki rat, *British Journal of Nutrition*, 97, 770-775.
- Thorens, B., (2008), Glucose sensing and the pathogenesis of obesity and type 2 diabetes, *International Journal of Obesity* 32, S62-S71.
- Varma, R.J.; dan Gaikwad, B.G., (2008), Spectrophotometric method for estimation of aliphatic primary amines in biological samples, *World J Microbiol. Biotechnol* 24: 573-576.
- Wang, J., dan Zhang, X., (2001), Needle-type dual microsensor for the simultaneous monitoring of glucose and insulin., *Anal Chem.* 73(4): 844-847.
- Zhao, H., dan Ju, H., (2006), Multilayer membranes for glucose biosensing via layer-by-layer assembly of multiwall carbon nanotubes and glucose oxidase., *Anal Biochem.* 350(1): 138-144.