

## POTENSI SENYAWA BIOAKTIF UMBI-UMBAN LOKAL SEBAGAI PENURUN KADAR GLUKOSA DARAH: KAJIAN PUSTAKA

### *Bioactive Compounds Potential in Local Tubers for Lowering Blood Glucose Levels: A Review*

Olivia Yofananda<sup>1\*</sup>, Teti Estiasih<sup>1</sup>

1) Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, FTP Universitas Brawijaya Malang  
Jl. Veteran, Malang 65145

\*Penulis Korespondensi, email: oliviayofananda@yahoo.com

#### ABSTRAK

Hiperglikemia merupakan kondisi kadar glukosa darah melebihi batas normal. Kondisi ini merupakan ciri utama pada penyakit diabetes mellitus. Apabila tidak segera ditangani, kondisi hiperglikemia dapat memicu komplikasi lainnya seperti gangguan mata, gangguan ginjal, gangguan syaraf serta gangguan kardiovaskuler. Salah satu alternatif dalam penanganan kondisi hiperglikemia adalah dengan konsumsi sumber makanan mengandung senyawa bioaktif misalnya umbi-umbian. Umbi-umbian lokal di Indonesia mengandung senyawa bioaktif polisakarida larut air, serat pangan dan diosgenin yang berpotensi dalam penurunan kadar glukosa darah. Polisakarida larut air dan serat pangan merupakan senyawa yang mampu meningkatkan viskositas makromolekul di dalam saluran pencernaan yang menyebabkan absorpsi glukosa darah menurun sehingga kondisi hiperglikemia dapat dicegah. Sedangkan senyawa diosgenin merupakan penghambat  $\alpha$ -glukosidase dan  $\alpha$ -amilase. Dengan konsumsi umbi-umbian yang mengandung senyawa bioaktif maka menurunkan potensi peningkatan kadar glukosa darah.

Kata kunci: Kadar Glukosa Darah, Senyawa Bioaktif, Umbi-Umbian

#### ABSTRACT

*Hyperglycemia is condition which blood glucose exceeds the normal limits. Hyperglycemia is the main condition in diabetes mellitus. This condition can lead into complications such as eye disorders, kidney disorders, neurological disorders and cardiovascular disorders. An alternative in treatment of diabetes mellitus is consumption of food sources contain bioactive compound, for the example is tubers. Local tubers in Indonesia contain water soluble polysaccharide (WSP), dietary fiber and diosgenin that have potential effect on decreasing blood glucose level. WSP and soluble dietary fiber increased viscosity in upper gut so glucose absorption can be lower. Diosgenin in upper gut as a  $\alpha$ -glucosidase and  $\alpha$ -amylase inhibitor also can lower glucose absorption. So consumption of tubers contain bioactive compound can decrease blood glucose levels.*

Keyword: Blood Glucose Level, Bioactive Compound, Tubers

#### PENDAHULUAN

Diabetes Melitus merupakan salah satu penyebab kematian terbesar di Indonesia. Menurut data WHO kematian yang disebabkan oleh diabetes sebesar 6% dari total 1.551.000 kematian [1]. Pada tahun 2030 prevalensi diabetes diperkirakan mencapai 21,3 juta jiwa sehingga menempatkan Indonesia pada urutan keempat penderita diabetes setelah Amerika Serikat, Cina dan India [2]. Salah satu penyebab komplikasi penyakit diabetes melitus menurut ADA adalah pola konsumsi yang tidak seimbang dan asupan karbohidrat serta lemak berlebih dari konsumsi sehari-hari [3]

Indonesia memiliki sumber kekayaan hayati salah satunya yang berlimpah adalah umbi-umbian lokal seperti umbi gembili, gadung, ubi kelapa, garut dan kimpul. Umbi-umbian tersebut mengandung senyawa bioaktif yang berpengaruh positif terhadap penyerapan glukosa darah seperti polisakarida larut air (PLA), serat pangan dan diosgenin.

### **1. Glukosa Darah**

Glukosa merupakan monokasariida yang juga memiliki nama lain dekstrosa. Pada hewan dan manusia, glukosa merupakan hasil akhir dari pencernaan pati, sukrosa, maltosa dan laktosa. Glukosa dalam proses metabolisme berperan sebagai sumber energi [4]. Kadar glukosa darah merupakan salah satu parameter untuk mengetahui kelancaran kerja tubuh. Kadar glukosa darah berpengaruh terhadap kerja hormon insulin dan glukagon yang dihasilkan oleh kelenjar pankreas. Peningkatan glukosa akibat proses pencernaan makanan akan mengakibatkan insulin bekerja. Insulin berperan penting dalam pemecahan glukosa menjadi energi ataupun disimpan di dalam hati dalam bentuk glikogen. Sebaliknya apabila glukosa menurun, glukagon akan diuraikan menjadi glukosa dengan bantuan enzim yang didorong oleh kerja hormon glukagon [5]

Kadar glukosa darah manusia harus dijaga agar tetap berada dalam kondisi normal. Kadar glukosa darah dapat meningkat melebihi batas normal, kondisi ini disebut dengan kondisi hiperglikemia. Hiperglikemia yang berkelanjutan akan berkembang menjadi penyakit Diabetes Melitus dan memicu komplikasi lainnya [6]

### **2. Diabetes Melitus**

Diabetes berasal dari bahasa Yunani yaitu *diabētês* yang berarti pipa air melengkung (*syphon*). Penyakit ini melibatkan hormon endokrin pankreas, diantaranya yaitu insulin dan glukagon. Gangguan utama pada diabetes meliputi gangguan metabolisme lipid, karbohidrat dan protein yang dapat merangsang kondisi hiperglikemia yang akan berkembang menjadi berbagai macam gangguan lainnya [6]. Sedangkan menurut ADA Diabetes Melitus adalah suatu jenis penyakit metabolik dengan ciri-ciri hiperglikemia yang dapat terjadi karena kelainan sekresi insulin, kerja insulin ataupun kedua-duanya [7]

Diabetes melitus terbagi menjadi dua kategori utama berdasarkan sekresi insulin endogen yaitu (1) Diabetes melitus tipe I (IDDM = *Insulin dependent diabetes melitus*) dan (2) Diabetes melitus tipe II (NIDDM = *non-insulin dependent diabetes melitus*). Diabetes tipe 1 disebabkan oleh kegagalan pankreas dalam memproduksi insulin sehingga jumlah insulin yang dihasilkan sedikit atau tidak sama sekali. Hal ini menyebabkan glukosa tidak dapat memasuki sel otot dan adiposa. Diabetes tipe ini biasanya terjadi sejak anak-anak ataupun remaja [6]. Diabetes melitus tipe 2 merupakan tipe diabetes yang paling umum diderita, penyakit ini biasanya diawali dengan pre-diabetes dimana level glukosa darah puasa berada di atas level normal (hiperglikemia) dan pembersihan postprandial glukosa dari darah melemah. Peningkatan postprandial hiperglikemia berhubungan dengan tekanan oksidatif dan dapat mempercepat serangan diabetes dan komplikasinya [8]

Kondisi diabetes dapat dideteksi berdasarkan glukosa plasma, baik dengan metode glukosa plasma puasa (*fasting plasma glucose*), metode glukosa plasma sewaktu atau dengan tes toleransi glukosa oral (*oral glucose tolerance test*). Metode glukosa plasma puasa dilakukan dengan menguji kadar glukosa pada plasma darah setelah minimal 8 jam puasa dengan asumsi tidak ada sumber kalori yang masuk ke dalam tubuh. Metode glukosa darah sewaktu ditentukan dengan pemeriksaan kadar glukosa sewaktu-waktu tanpa memperhitungkan asupan kalori. Sedangkan tes toleransi glukosa dilakukan dengan menguji kadar glukosa plasma darah setelah dua jam induksi glukosa 75 gram secara oral [9]

Tabel 1. Nilai Kadar Glukosa Darah\*

Waktu ambil	Jenis	Bukan DM	Belum Pasti DM	DM
Sewaktu (mg/dl)	Plasma vena	<110	110-199	≥200
	Darah Kapiler	<90	90-199	≥200
Puasa (mg/dl)	Plasma vena	<110	110-125	≥126
	Darah Kapiler	<90	90-109	≥110

Sumber :\*[10]

### 3. Umbi-umbian lokal

Umbi-umbian merupakan salah satu sumber karbohidrat di Indonesia. Umbi lokal yang masih belum banyak dimanfaatkan contohnya seperti umbi gembili (*Dioscorea esculenta* L.), gadung (*Dioscorea hispida*), ubi kelapa (*Dioscorea alata*), garut (*Maranta arundinacea* L) dan kimpul (*Xanthosoma sagittifolium schott*). Saat ini umbi gembili hanya dimanfaatkan dalam bentuk tepung dan patinya sebagai bahan substitusi dalam berbagai produk olahan seperti kue, mie instan, kerupuk dan lain-lain [11]. Garut merupakan umbi yang memiliki banyak manfaat baik sebagai bahan makanan maupun obat-obatan. Umbi garut dapat mengobati disentri, sebagai obat eksim dan juga dapat membantu memperbanyak ASI. Kandungan pati dalam umbi garut lebih dari 85% [12] dan karena kemudahannya untuk dicerna biasanya pati garut digunakan sebagai makanan bayi dan orang-orang sakit. Saat ini, hasil utama umbi garut adalah tepung garut [13]. Ubi kelapa memiliki aktivitas antidiabetes pada tikus yang diinduksi aloksan [14]. Karena pemanfaatannya belum maksimal, umbi-umbian tersebut dapat dikembangkan lebih luas untuk pembuatan produk-produk yang bermanfaat bagi kesehatan.

Umbi-umbian lokal selain belum dimanfaatkan secara maksimal juga memiliki senyawa bioaktif yang dapat bermanfaat bagi kesehatan diantaranya adalah polisakarida larut air, serat pangan dan diosgenin. Tepung gembili mengandung 5.05% serat pangan larut air; 8.21% serat pangan tidak larut air; 29.53% polisakarida larut air; dan 150.44 mg/100g diosgenin [15]. Tepung gadung mengandung 1.55% serat pangan larut air; 7.08% serat pangan tidak larut air; 31.99% polisakarida larut air dan 28.80 mg/100g diosgenin [16]. Tepung ubi kelapa mengandung 1.67% serat pangan larut air; 10.18% serat pangan tidak larut air; 3.27% polisakarida larut air; 3.34% dioscorin dan 82.39 mg/100g diosgenin [17]. Tepung garut mengandung 1.12% serat pangan larut air; 1.49% serat pangan tidak larut air; 3.98% polisakarida larut air serta 2.16 mg/100g diosgenin [18]. Tepung kimpul mengandung 1.94% serat pangan larut air; 4.97% serat pangan tidak larut air; 4.33% polisakarida larut air dan 0.02 mg/100g diosgenin [19]

### 4. PLA

Polisakarida merupakan salah satu senyawa jenis karbohidrat yang terbentuk dari monosakarida. Nama umum untuk polisakarida adalah glikan. Homoglikan adalah polisakarida yang terdiri dari satu jenis monosakarida sedangkan heteroglikan terdiri dari lebih dari satu jenis monosakarida. Pada binatang dan tumbuhan, polisakarida memiliki tiga fungsi utama yaitu : sebagai sumber energi, sebagai komponen struktur dinding sel, dan juga sebagai senyawa pengikat air. Polisakarida paling banyak dalam bentuk selulosa yang berada di tanaman. Pada tanaman, senyawa yang dapat mengikat air diantaranya adalah agar, pektin dan alginat [20]

Kemampuan PLA untuk mengikat air menyebabkan senyawa ini meningkatkan viskositas di dalam saluran pencernaan sehingga secara lebih lanjut dapat bermanfaat bagi kesehatan. PLA secara umum mampu menurunkan level kolesterol darah (dengan konsumsi PLA minimal 10 gram per hari), mengontrol level glukosa darah, membantu penyembuhan diare, menurunkan resiko pemborosan pencernaan dan juga menjaga kolon tetap sehat dengan meningkatkan bakteri baik [21]. Berdasarkan hasil penelitian, PLA dari umbi gadung dan umbi gembili yang diekstrak dengan beberapa metode memiliki efek hipoglikemik pada tikus wistar yang diinduksi aloksan. Kadar glukosa darah hewan coba dapat mencapai kondisi normal dengan pemberian PLA yang diekstrak dengan papain dan ragi tempe.

Selain itu PLA juga menunjukkan efek penghambatan absorpsi glukosa darah pada uji respon glukosa darah (*meal tolerance test*) [22][23]

## 5. Serat Pangan

Codex menyatakan bahwa serat pangan merupakan karbohidrat dengan derajat polimerisasi tidak kurang dari tiga yang tidak dapat dicerna maupun diabsorpsi dalam usus halus. Senyawa yang termasuk dalam pengecualian tersebut adalah monosakarida dan disakarida [24]. Serat pangan utamanya terdiri dari polisakarida non pati yang terkandung pada dinding sel tanaman seperti selulosa, hemiselulosa dan pektin, dan polisakarida dari sumber lainnya seperti pada alga yaitu gum dan musilase serta oligosakarida seperti inulin. Senyawa karbohidrat lain yang tidak dapat dicerna dan diabsorpsi dalam usus halus seperti pati resisten juga digolongkan sebagai serat pangan [25]

Serat pangan berdasarkan kelarutannya dalam air dibagi menjadi dua jenis yaitu serat pangan larut air dan serat pangan tak larut air. Serat pangan tidak larut air utamanya terdiri dari komponen dinding sel seperti selulosa, lignin, dan hemiselulosa yang kebanyakan berada di terigu, padi-padian dan sayuran. Serat pangan tidak larut air akan memperpendek waktu transit isi perut, meningkatkan massa feses, dan dapat menghaluskan feses. Sedangkan serat pangan larut air berupa polisakarida non selulosa seperti pektin dan gum yang dapat ditemukan di buah-buahan, oat, barley dan kacang-kacangan [26]. Pentingnya serat pangan menyebabkan WHO merekomendasikan untuk konsumsi lebih dari 25 gram per hari untuk orang dewasa [27]

## 6. Efek PLA dan Serat Pangan terhadap Kadar Glukosa Darah

Polisakarida larut air merupakan jenis senyawa hidrokoloid yang mampu meningkatkan viskositas pencernaan dengan sifatnya yang mampu membentuk formasi gel sehingga dapat menurunkan kemampuan absorpsi glukosa dalam darah. Selain itu, bentuk fisiknya memungkinkannya untuk tidak dicerna dalam usus halus sehingga terbawa sampai ke kolon [28]. Sedangkan serat pangan secara umum memiliki karakteristik dapat menurunkan waktu transit makanan dalam usus halus dan meningkatkan massa feses, dapat difermentasi oleh mikroflora dalam usus besar, dan juga mampu menurunkan level glukosa darah *postprandial* dan level insulin [24] sehingga dengan keberadaan serat pangan akan membantu PLA dalam menurunkan kadar glukosa darah. PLA dan serat pangan bersama-sama menghambat penyerapan glukosa di dalam pencernaan sehingga peningkatan kadar glukosa darah dapat ditekan. Kadar glukosa darah sebanding dengan jumlah insulin yang dibutuhkan sehingga akibatnya apabila peningkatan kadar glukosa darah ditekan maka produksi insulin semakin menurun. Secara lebih lanjut kondisi hiperglikemia dapat dihindari dengan konsumsi PLA dan serat pangan pada penderita diabetes.

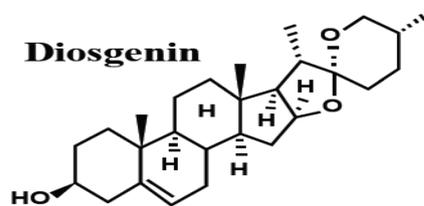
Di dalam kolon karena kedua senyawa karbohidrat yang tidak tercerna oleh enzim pencernaan tersebut difermentasi oleh bakteri dan memproduksi asam lemak rantai pendek utama seperti asam asetat, asam propionat dan asam butirat. Jenis asam lemak rantai pendek yang dihasilkan tersebut bergantung dari sumber makanan yang dikonsumsi [28]. Asam lemak rantai pendek mampu mengontrol metabolisme tubuh dimana diantaranya adalah mengatur sensitivitas insulin, mengatur sekresi hormon pada saluran pencernaan serta mengatur proses metabolisme lainnya [22]

Secara umum, SCFA yang diproduksi dalam kolon menyumbang 5-10% energi yang dibutuhkan oleh tubuh. Selain itu SCFA juga berperan dalam menurunkan kadar glukosa darah pada penderita diabetes [29]. Asam asetat diserap ke dalam vena porta sehingga memasuki hati dan pembuluh darah, senyawa ini digunakan sebagai sumber energi untuk jaringan besar non hepar [30]. Asam propionat merupakan senyawa utama SCFA yang dapat berperan dalam metabolisme glukosa. Asam propionat dimetabolisme di dalam liver dan menunjukkan bahwa memiliki kemampuan dalam menghambat glukoneogenesis dan meningkatkan glikolisis pada tikus [29]. Sedangkan asam butirat digunakan sebagai sumber energi di sel epitel sepanjang kolon [30]. Sehingga di antara jenis SCFA utama, asam

propionat yang berperan terhadap kadar glukosa darah. SCFA secara umum juga mampu meningkatkan sekresi GLP-1 pada percobaan model hewan maupun manusia. GLP-1 merupakan hormon inkreatin yang berpartisipasi dalam homeostasis glukosa khususnya dalam menurunkan konsentrasi plasma glukosa, meningkatkan sekresi dan resistensi insulin, serta menjaga fungsi sel beta pankreas. GLP-1 sendiri disekresikan oleh sel L intestinal [31]. Asam butirat diduga memiliki peran penting untuk penurunan kadar glukosa darah pada penderita diabetes, pemberian secara oral senyawa natrium butirat pada tikus dapat meningkatkan plasma insulin secara signifikan [32] dalam [31]

## 7. Diosgenin

Diosgenin merupakan sebuah senyawa bioaktif sapogen stereoida dalam grup triterpen. Senyawa aglikon ini dapat diperoleh dengan hidrolisis senyawa saponin dioscin yang terdapat pada *Dioscorea spp.* Senyawa diosgenin dapat berbentuk kristal dengan bentuk jarum pipih, tidak berbau, pahit, dan tidak larut air namun larut dalam alkohol dan pelarut organik lainnya [33] dalam [34]. Saat ini diosgenin merupakan senyawa yang menarik bidang farmasi karena dapat diolah lebih lanjut untuk produksi kortikosteroid, hormon seksual, kontrasepsi oral yang sebaik obat-obatan steroid [35]



Gambar 1. Struktur Diosgenin [35]

Diosgenin juga memiliki efek penurunan glukosa darah dengan menurunkan aktivitas enzim laktase, maltase serta transaminase [36]. Diosgenin juga mampu menurunkan aktivitas disakarida intestinal sehingga pemecahan karbohidrat menjadi monosakarida terhambat. Peningkatan kadar glukosa darah akan semakin kecil jika tidak terjadi produksi glukosa dalam pencernaan. Berdasarkan penelitian Ghosh *et al.* diosgenin dari umbi keluarga *Dioscorea* mampu menghambat  $\alpha$ -glukosidase dan  $\alpha$ -amilase sehingga berpotensi dalam penanganan diabetes mellitus [37]. Kedua enzim tersebut merupakan agen pemecah pati menjadi karbohidrat lebih sederhana seperti glukosa. Dengan adanya diosgenin maka secara tidak langsung berpotensi menurunkan kadar glukosa darah.

## SIMPULAN

Umbi-umbian lokal di Indonesia seperti gembili, gadung, ubi kelapa, garut dan kimpul berpotensi dalam penurunan kadar glukosa darah karena kandungan senyawa bioaktif. Senyawa bioaktif yang terkandung di dalam umbi-umbian lokal tersebut adalah polisakarida larut air, serat pangan dan diosgenin. PLA dan serat pangan berperan dalam meningkatkan viskositas makromolekul di dalam pencernaan sedangkan diosgenin berperan secara tidak langsung dalam penghambatan kerja enzim pemecah karbohidrat.

## DAFTAR PUSTAKA

- 1) WHO. 2014. Non communicable Diseases (NCD) Country Profile: Indonesia. [www.who.int](http://www.who.int)
- 2) Departemen Kesehatan. 2009. Tahun 2030 Prevalensi Diabetes Melitus di Indonesia Mencapai 21,3 Juta Orang. Pusat Komunikasi Publik, Sekretariat Jenderal Departemen Kesehatan. Diakses 31 Agustus 2014

- 3) ADA. 2014. High Blood Glucose. <http://www.diabetes.org/are-you-at-risk/lower-your-risk/highbg.html> . Tanggal akses 4 November 2014
- 4) Yuriska, A. 2009. Efek Alokasan Terhadap Kadar Glukosa Darah Tikus Wistar. Skripsi. Universitas Diponegoro. Semarang
- 5) Ekawati, E.R. 2012. Hubungan Kadar Glukosa Darah Terhadap Hypertriglisieridemia Pada Penderita Diabetes Mellitus. *Prosiding Seminar Nasional Kimia Unesa 2012 – ISBN :978-979-028-550-7*
- 6) Nugroho, A.E. 2006. Review : Hewan Percobaan Diabetes Mellitus : Patologi dan Mekanisme Aksi Diabetogenik. *BIODIVERSITAS Vol. 7, No. 4, Oktober 2006, hal. 378-382*
- 7) ADA. 2005. ADA Position Statement: Standard of Medical Care In Diabetes-2006. *Diab Care. 2005;29(suppl. 1):S4-S42*
- 8) Zhang, J., Tiller, C., Shen, J., Wang, C., Girouard, G.S., Dennis, D., Barrow, C.J., Miao, M., dan H.S Ewart. 2007. Antidiabetic Properties of Polysaccharide and Polyphenolic - Enriched Fractions from The Brown Seaweed *Ascophyllum nodosum*. *Can. J. Physiol. Pharmacol. 85: 1116–1123 (2007)*
- 9) ADA. 2005. *Diabetes Care 28:S4-S36, 2005*
- 10) Departemen Kesehatan. 2006. Konsensus Pengelolaan dan Pencegahan Diabetes Melitus Tipe 2 di Indonesia
- 11) Kementrian Pertanian. 2013. *Dioscorea esculenta L.* Direktorat Budidaya Aneka Kacang Dan Umbi Direktorat Jenderal Tanaman Pangan Kementerian Pertanian April 2013
- 12) Madineni, M.N., Faiza, S., Surekha, R.S., Ravi, Ramasamy., dan M. Guha. 2012. Morphological, Structural, and Functional Properties of *Maranta arundinacea L* Starch. *Food Sci. Biotechnol. 21(3): 747-752 2012*
- 13) Koswara, S. 2013. Teknologi Pengolahan Umbi-Umbian Bagian 3 : Pengolahan Umbi Garut. Modul Tropical Plant Curriculum (TPC) Project. Seafast
- 14) Maithili, V., Dhanabal, S.P., Manhendran, S., dan Vavivelan, R. Antidiabetic Activity of Ethanolic Extract of Tubers of *Dioscorea alata L.* in Alloxan Induced Diabetic Rats. *Indian Journal of Pharmacology. 2011;43(4):455-459*
- 15) Prabowo, A.Y. 2013. Karakteristik Fisiko Kimia, Bioaktif dan Organoleptik Mie Dari Umbi Gembili. Skripsi. Universitas Brawijaya. Malang
- 16) Sumunar, S.R. 2014. Karakteristik Fisiko Kimia, Bioaktif dan Organoleptik Mie Dari Umbi Gadung. Skripsi. Universitas Brawijaya. Malang
- 17) Rahman, A. 2014. Karakteristik Fisiko Kimia, Bioaktif, Dan Organoleptik Mie Dari Ubi kelapa. Skripsi. Universitas Brawijaya. Malang
- 18) Kurniawan, A. 2014. Karakteristik Fisiko Kimia, Bioaktif dan Organoleptik Mie Dari Garut. Skripsi. Universitas Brawijaya. Malang
- 19) Jatmiko, G.P. 2013. Karakteristik Fisiko Kimia, Bioaktif dan Organoleptik Mie Dari Umbi Kimpul (*Xanthosoma sagittifolium*). Skripsi. Universitas Brawijaya. Malang
- 20) Frazier, R.A. 2009. Food Science and Technology : Food Chemistry. Blackwell Publishing. Oxford
- 21) Dietitians of Canada. 2013. Food Source of Soluble Fibre. [www. Dietitians.ca](http://www.dietitians.ca) Tanggal akses 18 November 2014
- 22) Estiasih, T., Harijono., Sunarharum , W.B., dan A. Rahmawati. 2012. Hypoglycemic Activity of Water Soluble Polysaccharides of Yam (*Dioscorea hispida Dents*) Prepared by Aqueous, Papain, and Tempeh Inoculum Assisted Extractions. *World Academy of Science, Engineering and Technology Vol:6 2012-10-27*
- 23) Harijono., Estiasih, T., Sunarharum, W.B., dan I.K.Suwita. 2012. Efek Hipoglikemik Polisakarida Larut Air Gembili (*Dioscorea esculenta*) yang Diekstrak dengan Berbagai Metode. *J.Teknol. dan Industri Pangan, Vol VVIII No. 1 Th 2012*
- 24) Codex. 2006. ALINORM 06/29/26. 2006
- 25) Mudgil, D., dan S. Barak. 2013. Compositon, Properties and Health Benefits of Indigestible Carbohydrates Polymers as Dietary Fiber : A Review. *International Journal of Biological Macromolecules 61 (2013)1-6*

- 26) Dreher, Mark L. 2001. Dietary Fiber : Dietary Fiber Overview. Marcel Dekker : New York
- 27) WHO/FAO (World Health Organization/Food and Agriculture Organization), 2003. Expert Report: Diet, nutrition and prevention of chronic diseases. Report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation. WHO Technical Report Series 916.
- 28) Harijono., Estiasih, T., Sunarharum, W.B., dan Hartono, M.D. 2013. Hypoglycemic effect of biscuits containing water-soluble polysaccharides from wild yam (*Dioscorea hispida* Dennts) or lesser yam. *International Food Research Journal* 20(5): 2279-2285 (2013).
- 29) Henningson, A.M., Bjork, I.M.E. dan Nyman, M.G.L. 2002. Combinations of Indigestible Carbohydrates Affect Short-Chain Fatty Acid Formation In The Hindgut of Rat. *Journal of Nutrition* 132: 3098-3104.
- 30) Saputro, PS. 2014. Efek Pemberian Mie Berbasis Umbi-umbian Lokal Inferior terhadap Kadar Glukosa Darah Tikus Wistar Jantan Hiperglikemik yang Diinduksi Aloksan Secara In vivo. Skripsi Universitas Brawijaya Malang
- 31) Puddu, A., Sanguineti, R., Montecucco, F., dan G.L. Viviani. 2014. Evidence for the Gut Microbiota Short-Chain Fatty Acids as Key Pathophysiological Molecules Improving Diabetes. *Mediators of Inflammation Volume 2014, Article ID 162021*
- 32) Lin, H. V., E, A. Frassetto. dan J. Kowalik Jr. 2012. Butyrate and Propionate Protect Against Diet-Induced Obesity and Regulate Gut Hormones Via Free Fatty Acid Receptor 3-Independent Mechanisms. *PLoS ONE, vol. 7, no. 4 Article ID e35240, 2012*
- 33) Uemura, T., Hira, S., Mizguchi, N., Goto, T., and Kawada, T. 2010. Diosgenin Present in Fenugreek Improves Glucose Metabolism by Promoting Adipocyte Differentiation Inhibiting Inflammation in Adipose Tissues. *Journal Molecular Nutrition Food Research.* 54(11): 1596-1608
- 34) Diass, W.C dan T. Estiasih.2015. Pengaruh Senyawa Bioaktif Umbi-Umbian Keluarga Dioscoreaceae Terhadap Kondisi Profil Lipid Darah : kajian Pustaka. *Jurnal Pangan dan Agroindustri Vol. 3 No2 p.424-430, April 2015*
- 35) Shah, H.J., dan Lele. 2012. Extraction of Diosgenin, a Bioactive Compound from Natural Source *Dioscorea alata* Var *purpurea*. *J Anal Bioanal Techniques* 2012, 3:4
- 36) Patel, K., Gadewar, M., Tahilyani, V., dan D.K Patel. 2012. A review on pharmacological and analytical aspects of diosgenin: a concisereport. *Nat. Prod. Bioprospect.* 2012, 2, 46-52
- 37) Ghosh, S., More, P. Derle, A., Patil, AB., Markad, P., Asok, A., Kumbhar, N., Shaikh, ML., Ramanamurthy, B., Shinde, VS., Dhavale, DD., dan BA Chopade. 2014. Diosgenin from *Dioscorea bulbifera* : Novel Hit for Treatment of Type II Diabetes Mellitus with Inhibitory Actovity against  $\alpha$ -Amylase and  $\alpha$ -Glucosidase. *PLOS ONE September 2014 Volume 9 Issue 9*