

Efek Infusa Umbi Garut (*Marantha arundinaceae* L) Terhadap Kadar Glukosa dan Insulin Plasma Tikus yang Diinduksi *Streptozotocyn*

A Yuniastuti[✉], R Susanti, R S Iswari

Jurusan Biologi, FMIPA Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima 11 Januari 2018
Disetujui 23 Maret 2018
Dipublikasikan 1 April 2018

Keywords:

Arrowroot Tuber, Blood Glucose, Plasma Insulin, Streptozotocyn (STZ)

Abstrak

Hiperglikemia merupakan faktor risiko terjadinya diabetes mellitus (DM). Salah satu pengelolaan penyakit DM adalah konsumsi makanan tinggi serat dan rendah indeks glikemik. Umbi garut (*Marantha arundinaceae* L) merupakan bahan pangan dengan tinggi serat dan rendah indeks glikemik. Penelitian ini bertujuan untuk membuktikan pengaruh infusa umbi garut terhadap kadar glukosa dan insulin plasma tikus yang diinduksi *streptozotocyn* (STZ). Sebanyak 30 ekor tikus putih galur wistar jantan dibagi secara acak menjadi 5 kelompok, masing-masing terdiri dari 6 ekor. Kelompok I (KI; kontrol sehat), diberi Na.CMC 1%. Kelompok II, III, IV dan V diinduksi hiperglikemia dengan pemberian STZ 40 mg/kgBB dosis tunggal secara intra peritoneal (i.p). Kelompok II (KII; kontrol negatif) tidak diberi infusa umbi garut, kelompok III, IV dan V berturut-turut diberi infusa umbi garut 120mg/kgBB; 240mg/kgBB, dan 360mg/kgBB. Infusa diberikan selama 28 hari. Kadar glukosa darah diukur dengan spektrofotometer, sedangkan kadar insulin diukur dengan ELISA. Data kadar glukosa dan insulin, masing-masing dianalisis statistik uji *Kruskal Wallis* dengan taraf signifikansi 0,05. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa rerata kadar glukosa dan insulin plasma tikus KI berbeda nyata dengan KII dengan nilai $p < 0,05$. Sementara KI tidak berbeda nyata dengan KIII, KIV, dan KV. Kelompok KII berbeda nyata dengan semua kelompok lainnya ($p < 0,05$). Disimpulkan bahwa pemberian infusa umbi garut berpengaruh terhadap kadar glukosa dan insulin plasmatikus yang diinduksi STZ. Variasi dosis infusa umbi garut dalam penelitian ini, tidak berpengaruh terhadap perbedaan kadar glukosa dan insulin plasma tikus yang diinduksi STZ.

Abstract

Hyperglycemia is a risk factor of Diabetes Mellitus (DM). One of the management of DM is by eat high-fiber and low glycemic index food. Arrowroot tuber (Marantha arundinaceae L) is a food with high fiber and low glycemic index content. The aim of this study was to prove the effect of Arrowroot tuber infusion on glucose and insulin levels of mice's plasma which is induced by streptozotocyn (STZ). As many as 30 male wistar white mice were divided randomly into 5 groups, each group consists of 6 male wistar white mice. Group I (GI; healthy control), was given 1% Na.CMC. Group II, III, IV and V was induced hyperglycemia by addition 40 mg/kg(bw) of STZ single dose intraperitoneally (i.p). Group II (GII; negative control) was not given arrowroot tuber infusion, group III, IV and V were given 120mg/kg(bw); 240mg/kg(bw), and 360mg/kg(bw) arrowroot tuber infusion respectively. Infusa was given for 28 days. Blood glucose levels were measured by spectrophotometer, insulin levels were measured by ELISA. Data of glucose and insulin levels were analyzed statistically by Kruskal Wallis test with a significance level of 0.05. The results of the statistical analysis showed that the mean of glucose and insulin levels of GI rats' plasma were significantly different from GII rats' plasma with value of $p < 0.05$. In the other hand, GI is not significantly different from GIII, GIV, and GV. The GII group was significantly different from all other groups ($p < 0.05$). It was concluded that the addition of garut tuber infusion affected the levels of glucose and insulin of rats' plasma which was induced by STZ. Variations of arrowroot tuber infusion doses in this study did not affect to the differences in glucose and insulin levels of rats' plasma which was induced by STZ.

© 2018 Universitas Negeri Semarang

PENDAHULUAN

Hiperglikemi adalah keadaan peningkatan kadar glukosa darah di atas 200 mg/dl dan merupakan gejala awal terjadinya penyakit diabetes melitus (DM). Hiperglikemia disebabkan tubuh kekurangan insulin. Kadar glukosa darah tergantung pada kemampuan produksi dan sekresi insulin oleh sel β pankreas (Kumar *et al.* 2010). Insulin dikenal sebagai hormon yang berperan penting untuk mengatur keseimbangan glukosa darah dalam sirkulasi darah. Dengan demikian ketidakseimbangan antara transportasi glukosa ke dalam sel dengan produksi insulin oleh pankreas menyebabkan terjadinya diabetes melitus (Tandra 2008).

Diet bagi penderita DM disarankan mengkonsumsi makanan yang mengandung gula rendah, polisakarida larut air (PLA), tinggi serat pangan tidak larut air dan indeks glikemik (IG) rendah. Konsumsi PLA akan menyebabkan menurunnya efisiensi penyerapan karbohidrat, sehingga berpengaruh terhadap menurunnya respon insulin. Serat pangan mempunyai kemampuan menurunkan glukosa darah melalui mekanisme penghambatan penyerapan glukosa ke dalam darah (Saputro & Teti 2015). Indeks glikemik adalah tingkatan pangan yang disesuaikan dengan kecepatan pangan tersebut dalam menaikkan glukosa darah sehingga semakin tinggi makanan berkarbohidrat yang dikonsumsi, maka peningkatan gula darah dalam tubuh semakin cepat. Indeks glikemik bahan pangan berhubungan dengan kadar glukosa darah. Jika pola makan sehari-hari mengandung indeks glikemik tinggi, maka gula darah dalam tubuh cenderung tinggi setiap saat. Hal inilah yang nantinya berpengaruh pada kontrol gula darah responden (semakin tidak terkontrol).

Salah satu bahan pangan yang memiliki IG rendah dibanding umbi-umbian yang lain adalah umbi garut (*Marantha arundinaceae* L), yaitu sebesar 14 (Robbins 2015). Umbi garut merupakan sumber karbohidrat tanaman pangan lokal yang belum banyak dimanfaatkan. Selain memiliki banyak manfaat, garut juga mudah ditanam. Umbi garut segar mengandung nutrisi yang cukup tinggi sebagai bahan pangan, yaitu pati 19,14-21,7% bk, protein 1,0-2,2% bk, air 69,0-

72,0%, serat 0,6-1,3% bk, kadar abu 1,3-1,4% bk, serta sedikit gula (Rukmana 2000), serat pangan larut air 9,79-13,7% bk (Kumalasari *et al.* 2012). 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 (Kurniawan *et al.* 2015). Mie instan garut mengandung 12,51% PLA dan serat pangan sebanyak 5,62% (Kurniawan *et al.* 2015). Sementara aktivitas antioksidan umbi garut kukus, goreng dan rebus masing-masing sebesar 1,44 %; 0,65 %, dan 1,32 % (Yuniastuti *et al.* 2017a)

Potensi umbi garut dalam menurunkan kadar glukosa darah belum banyak dilaporkan. Hasil penelitian Yuniastuti *et al.* (2017b) melaporkan bahwa umbi garut memiliki indeks glikemik rendah yaitu 15, umbi garut dapat menurunkan kadar glukosa darah dan meningkatkan kadar insulin plasma pada tikus hiperglikemik.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di laboratorium PAU Pangan dan Gizi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. Jenis penelitian adalah *eksperimental laboratorik* dengan desain *pretest postest randomized controlled group design*. Infusa umbi garut dibuat menurut Farmakope Indonesia (1999) dan Sunarsih *et al.* (2007) dengan modifikasi. Umbi garut dikupas, dipotong tipis-tipis, dan direndam dalam air selama semalam. Setelah ditiriskan dan dijemur, kemudian dikukus dan diblender. Setelah diblender ditambah air secukupnya dan dipanaskan sampai hampir mendidih selama 15 menit. Setelah disaring, padatnya diambil untuk perlakuan pada tikus.

Sampel sebanyak 30 ekor tikus putih jantan galur wistar umur 2-3 bulan, berat badan 150-280 gram, dibagi secara acak menjadi 5 kelompok, masing-masing terdiri dari 6 ekor. Kelompok I (KI; kontrol sehat), diberi Na.CMC 1%. Kelompok II, III, IV dan V diinduksi hiperglikemia dengan pemberian STZ (ALX-380-010; Alexis Corp.) 40 mg/kgBB dosis tunggal secara intra peritoneal (i.p). Kelompok II (KII; kontrol negatif) tidak diberi infusa umbi garut, kelompok III, IV dan V berturut-turut diberi infusa umbi garut 120mg/kgBB; 240mg/kgBB, dan 360mg/kgBB. Infusa diberikan

selama 28 hari. Kadar glukosa darah diukur menggunakan spektrofotometer, sedangkan kadar insulin diukur dengan *Enzym-Linked Immunosorbent Assay* (ELISA). Data kadar glukosa dan insulin, masing-masing diuji normalitasnya menggunakan *Saphiro Wilk test*. Distribusi data tidak normal, sehingga dilakukan uji statistik non-parametrik *Kruskal Wallis* dengan taraf signifikansi 0,05 (Dahlan 2010) dengan program *SPSS for windows versi 17.0*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rerata kadarglukosa dan insulin plasma tikus semua kelompok dalam penelitian inidisajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rerata kadar glukosa darah dan kadar insulin plasma tikus hiperglikemik setelah pemberian infusa umbi garut

Kelompok	Rerata kadar glukosa darah (mg/dL)	Rerata kadar insulin plasma (pg/mL)
I	96,25±18,35 ^a	93,76±25,50 ^a
II	138,45±3,54 ^b	38,18±18,43 ^b
III	106,75±9,18 ^a	95,89±7,10 ^a
IV	115,80±6,56 ^a	103,21±16,31 ^a
V	110,40±3,10 ^a	125,20±32,61 ^a

Superscript huruf ^{a,b} yang berbeda menunjukkan perbedaan bermakna ($p < 0,05$)

Kadar Glukosa Darah

Rerata kadar glukosa darah tikus kelompok kontrol sehat (Kelompok I) paling sedikit (96,25±18,35mg/dL) dibandingkan kelompok lainnya. Sementara kelompok kontrol sakit (Kelompok II) paling besar kadar glukosa darahnya (138,45±3,54mg/dL) (Tabel 1). Hasil analisis statistik *Kruskal Wallis* menunjukkan bahwa rerata kadar glukosa darah tikus KI berbeda nyata dengan KII dengan nilai $p < 0,05$. Sementara KI tidak berbeda nyata dengan KIII,

KIV, dan KV. Kelompok KII berbeda nyata dengan semua kelompok lainnya ($p < 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa pemberian infusa umbi garut berpengaruh terhadap penurunan kadar glukosa darah tikus hiperglikemik akibat induksi STZ, tetapi perbedaan dosis umbi garut tidak berpengaruh terhadap perbedaan kadar glukosa darah.

Penurunan kadar glukosa darah dalam penelitian ini, diduga adanya PLA (Polisakarida Larut Air), tinggi serat pangan tidak larut air, GI umbi garut yang rendah dan senyawa metabolit sekunder *diosgenin* yang terkandung dalam umbi garut. PLA merupakan senyawa hidrokoloid yang mampu meningkatkan viskositas pencernaan dengan sifatnya yang mampu membentuk formasi gelsehingga dapat menurunkan kemampuan absorpsi glukosa dalam darah (Harjono *et al.* 2013). Sunarsih *et al.* (2007) melaporkan bahwa infusa umbi gadung yang mengandung PLA mampu menurunkan kadar glukosa darah tikus putih jantan diabetes akibat induksi aloksan.

Mekanisme penurunan glukosa darah oleh PLA melalui peningkatan viskositas dalam saluran pencernaan, sehingga memperlambat pengosongan lambung dan menghambat penyerapan glukosa. Mekanisme ini dianggap sebagai faktor utama yang mempengaruhi kecepatan penyerapan glukosa (Maulida & Teti 2014). Selain itu, kandungan serat pangan pada makanan akan berpengaruh terhadap kadar gula darah. Serat pangan yang tinggi akan menghambat kecepatan pencernaan makanan dan aktivitas enzim (Lestari *et al.* 2017).

Indeks glikemik (IG) makanan memberikan informasi tentang pengaruh konsumsi makanan aktual terhadap peningkatan kadar glukosa darah. Sebagian besar bahan pangan yang kaya serat mempunyai IG yang rendah. Makanan dengan nilai IG rendah dan tinggi serat menyebabkan kadar glukosa darah *post-prandial* dan respon insulin yang lebih rendah sehingga dapat memperbaiki profil lipid dan mengurangi kejadian resistensi insulin (Arora & Farlane 2012). Makanan dengan IG rendah akan menurunkan laju penyerapan glukosa dan menekan sekresi hormon insulin pankreas sehingga tidak terjadi lonjakan kadar glukosa darah 2 jam *post-prandial*. Respon kadar glukosa darah 2 jam *post-prandial* terhadap indeks

glikemik dipengaruhi antara lain oleh derajat resistensi insulin, lemak tubuh, aktivitas fisik, dan genetik (Shore 2011).

Diosgenin memiliki efek hipoglikemia dengan menurunkan aktivitas enzim laktase, maltase serta transaminase (Patel *et al.* 2012). *Diosgenin* juga mampu menurunkan aktivitas enzim disakaridase intestinal sehingga pemecahan karbohidrat menjadi monosakarida terhambat. *Diosgenin* dari umbi keluarga *Dioscorea* mampu menghambat α -glukosidase dan α -amilase, yaitu enzim pemecah pati menjadi glukosa (Ghosh *et al.* 2012). Bila terjadi penghambatan pemecahan pati menjadi glukosa, terjadi penurunan absorpsi glukosa sehingga glukosa dalam sirkulasi mengalami penurunan. Dengan adanya *diosgenin*, secara tidak langsung berpotensi menurunkan kadar glukosa darah.

Kadar Insulin Plasma

Rerata kadar insulin plasma darah tikus kelompok kontrol sakit (Kelompok II) paling sedikit ($93,76 \pm 25,5$ pg/mL) dibandingkan kelompok lainnya. Sementara kelompok V paling besar kadar insulin plasmanya ($125,20 \pm 32,61$ pg/mL). Hasil analisis statistik *Kruskal Wallis* menunjukkan bahwa rerata kadar insulin plasma tikus KI berbeda nyata dengan KII dengan nilai $p < 0,05$. Sementara KI tidak berbeda nyata dengan KIII, KIV, dan KV. Kelompok KII berbeda nyata dengan semua kelompok lainnya ($p < 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa pemberian infusa umbi garut berpengaruh terhadap penurunan kadar insulin plasma tikus hiperglikemik akibat induksi STZ, tetapi perbedaan dosis umbi garut tidak berpengaruh terhadap perbedaan kadar insulin plasma.

Peningkatan kadar insulin plasma pada kelompok KIII, KIV dan KV disebabkan oleh diet tinggi serat, IG rendah dan senyawa *diosgenin* pada infusa umbi garut. Diet tinggi serat dapat menurunkan kebutuhan basal insulin dan meningkatkan pembuangan glukosa perifer. Karbohidrat yang tidak diabsorpsi akan menurunkan glukosa *postprandial* dan mengurangi kebutuhan insulin (Wong & Jenkins 2007). Konsumsi PLA berkontribusi ke sejumlah efek metabolik seperti peningkatan sensitivitas insulin, modulasi sekresi hormon usus tertentu, dan efek

pada berbagai penanda metabolisme dan inflamasi yang terkait dengan sindrom metabolik (Weickert & Pfeiffer 2008). PLA mampu menstimulasi pelepasan insulin dan berpengaruh terhadap liver dalam mengontrol pemecahan glikogen dan juga berpengaruh menurunkan kadar glukosa dan meningkatkan kadar insulin (Visuthranukul *et al.* 2015).

Indeks glikemik bahan pangan yang rendah dapat menurunkan kadar glukosa darah postprandial dan meningkatkan repon insulin (Lestari *et al.* 2017). Indeks glikemik berhubungan dengan sensitivitas insulin dan sekresi insulin (Liese *et al.* 2005). Indeks glikemik yang rendah akan memperbaiki sensitivitas insulin (Visuthranukul *et al.* 2015). Perbaikan sensitivitas insulin barangkali disebabkan oleh menurunnya kebutuhan insulin, menurunnya efek glukotoksik akibat penurunan aktivitas sel β -pankreas, disfungsi sel dan supresi pengeluaran asam lemak bebas yang berlangsung lama (Goldsstein, 2002 dalam Visuthranukul *et al.* 2015).

Diosgenin merupakan sapogenin steroid yang aktif secara biologis pada tanaman umbi-umbian. *Diosgenin* berpotensi terhadap beberapa penyakit seperti diabetes, hiperlipidemia, kanker, kardiovaskuler, stres oksidatif, dan peradangan (Hirai *et al.* 2010; Kalailingam *et al.* 2014; Pari *et al.* 2012). Pemberian *diosgenin* (10-60 mg/kg bk) secara oral selama 2 minggu dapat menurunkan kadar glukosa sebesar 50%, meningkatkan kadar insulin dan aktivitas enzim heksokinase jaringan pada tikus diabetes yang diinduksi STZ (Pari *et al.* 2012; Sangeetha *et al.* 2013; Saravanan *et al.* 2014). Studi eksperimental menunjukkan bahwa mekanisme aksi *diosgenin* dalam pengendalian diabetes adalah melalui perbaikan sel β -pankreas (Kalailingam *et al.* 2014; Tharaheswari *et al.* 2014), penurunan regulasi enzim yang terlibat dalam glukoneogenesis di hati dan transport glukosa, peningkatan regulasi glukokinase hati, peningkatan aktivitas hepatoprotektif dan enzim antioksidan (Kalailingam *et al.* 2014; Tharaheswari *et al.* 2014). *Diosgenin* juga memperbaiki morfologi pankreas, memperbaiki konsentrasi glukosa dan insulin, meningkatkan jumlah enzim antioksidan dan meningkatkan ekspresi PPAR γ (Tharaheswari *et al.* 2014)

SIMPULAN

Infusa umbi garut berpengaruh terhadap kadar glukosa dan insulin plasma tikus yang diinduksi STZ. Variasi dosis infusa umbi garut dalam penelitian ini, tidak berpengaruh terhadap perbedaan kadar glukosa dan insulin plasma tikus yang diinduksi STZ.

DAFTAR PUSTAKA

- Arora SK & Farlane SI. 2012. The case for low carbohydrate diets in diabetes management. *Nutr Metab* 16(2): 35-46.
- Dahlan S. 2010. *Statistik Untuk Kedokteran dan Kesehatan*. Edisi 5. Jakarta: Salemba Medika.
- Ghosh S, More P, Derle A, Patil AB, Markad P, Asok A, Kumbhar N, Shaikh ML, Ramanamurthy B, Shinde VS, Dhavale DD, & Chopade BA. 2014. Diosgenin from *Dioscorea bulbifera*: novel hit for treatment of type II diabetes mellitus with inhibitory activity against α -Amylase and α -Glucosidase. *PLoS One* 9(9):1-10.
- Harjono, Teti E, Sunarharum WB, & Hartono. 2013. Hypoglycemic effect of biscuits containing water-soluble polysaccharides from wild yam (*Dioscorea hispida* Dennt) or lesser yam (*Dioscorea esculenta*) tubers and alginate. *Int Food Res J*.20(5): 2279-2285.
- Hirai S, Uemura T, Mizoguchi N, Lee JY, Taketani K, Nakano Y, Hoshino S, Tsuge N, Narukami T, Yu R, Takahashi N, & Kawada T. 2010. Diosgenin attenuates inflammatory changes in the interaction between adipocytes and macrophages. *Mol Nutr Food Res* 54:797-804.
- Kalailingam P, Kannaian B, Tamilmani E, & Kaliaperumal R. 2014. Efficacy of natural diosgenin on cardiovascular risk, insulin secretion, and beta cells in streptozotocin (STZ)-induced diabetic rats. *Phytomedicine* 21:1154-61.
- Kumalasari ID, Harmayani E, Lestari LA, Raharjo S, Asmara W, Nishi K, & Sugahara T. 2012. Evaluation of immunostimulatory effect of the arrowroot (*Maranta arundinacea*. L) in vitro and in vivo. *Cytotechnology* 64(2):131-137.
- Kumar KV, Sharief SD, Rajkumar R, Ilango B, & Sukumar E. 2010. Antidiabetic potential of Lantana aculeate root extract in alloxan-induced diabetic rats. *Int J Phytomed* 2:299-303.
- Kurniawan A, Estiasih T, & Nugrahini NIP. 2015. Mie Dari Umbi Garut (*Maranta arundinacea* L.): Kajian Pustaka. *Jurnal Pangan dan Agroindustri* 3(3):847-854
- Lestari LA, Emy H, & Yustinus M. 2017. The development of low glycemic index cookie bars from foxtail millet (*Setaria italica*), arrowroot (*Maranta arundinacea*) flour, and kidney beans (*Phaseolus vulgaris*). *J Food Sci Technol*. 54(6):1406-1413
- Liese AD, Schulz M, Fang F, Wolever TMS, D'Agostino RB Jr, Sparks KC, & Mayer-Davis EJ. 2005. Dietary glycemic index and glycemic load, carbohydrate and fiber intake, and measures of insulin sensitivity, secretion, and adiposity in the insulin resistance atherosclerosis study. *Diabetes Care* 28:2832-2838.
- Weickert MO & Pfeiffer AF. 2008. Metabolic effects of dietary fiber consumption and prevention of diabetes. *J Nutr*. 138: 439-442.
- Maulida D, & Teti E. 2014. Efek hipoglikemik PLA umbi gadung. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 2(3):136-140.
- Pari L, Monisha P, & Jalaludeen AM. 2012. Beneficial role of diosgenin on oxidative stress in aorta of streptozotocin induced diabetic rats. *Eur J Pharmacol* 691:143-50.
- Patel K, Gadewar M, Tahilyani V, & Patel DK. 2012. A review on pharmacological and analytical aspects of diosgenin: a concisereport. *Nat Prod Bioprospect*. 2:46-52
- Rimbawan. 2006. *Indeks Glikemik Pangan (dalam bahasa Indonesian)*. Jakarta: Penebar Swadaya
- Robbins S. 2015. Glycemic Index (GI) food chart. http://www.hflsolutions.com/healthtips/weightloss/GI_foodchart.pdf
- Rukmana R. 2000. *Garut: Budidaya dan Pasca Panen*. Yogyakarta: Kanisius.
- Saputro PS & Teti E. 2015. Pengaruh polisakarida larut air (PLA) dan serat pangan umbi-umbian terhadap glukosa darah: kajian pustaka. *Jurnal Pangan dan Agroindustri* 3 (2): 756-762
- Sangeetha MK, Mal NS, Atmaja K, Sali VK, & Vasanthi HR. 2013. PPAR's and diosgenin a chemico biological insight in NIDDM. *Chem Biol Interact* 206:403-10.
- Saravanan G, Ponmurugan P, Deepa MA, & Senthilkumar B. 2014. Modulatory effects of diosgenin on attenuating the key enzymes activities of carbohydrate metabolism and glycogen content in streptozotocin-induced diabetic rats. *Can J Diabetes* 38:409-14.
- Shore. 2011. Fruit consumption and risk of type 2 diabetes. *BMJ* 4(2): 30-45.
- Sunarsih ES, Djatmika & Utomo RS. 2007. Pengaruh pemberian infusa umbi gadung (*Dioscorea hispida* Dennst.) terhadap penurunan kadarglukosa darah tikus putih jantan diabetes yang diinduksi aloksan. *Majalah Farmasi Indonesia* 18(1):29-33a.

- Tandra H. 2008. *Segala Sesuatu yang Harus Anda Ketahui tentang Diabetes*. PT.Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Tharaheswari M, Jayachandra RN, Kumar R, Varshney KC, Kannan M, & Sudha RS. 2014. Trigonelline and diosgenin attenuate ER stress, oxidative stress-mediated damage in pancreas and enhance adipose tissue PPAR γ activity in type 2 diabetic rats. *Mol Cell Biochem* 396:161-74.
- Visuthranukul C, Pathama S, Aree P, Chandhita P, & Sirinuch C. 2015. Low-glycemic index diet may improve insulin sensitivity in obese children. *Pediatric Res*. 78(5):1-5
- Wong JMW & Jenkins DJA.2007. Carbohydrate digestibility and metabolic effects. *J Nutr*. 4:2539-2546.
- Yuniastuti A, Iswari RS, & Susanti R. 2017a. *Antioxidant Activity in Various Processed Products of Inferior Local Tubers (Dioscorea sp. L.)*. NRLS Conference Proceedings 2017. International Conference on Natural Resources and Life Sciences (NRLs), 20-21 Oktber 2016. Fakultas Bioteknologi. Universitas Surabaya. Surabaya.
- Yuniastuti A, Iswari RS, & Susanti R. 2017b. *Pengembangan Pangan Fungsional Berbasis Umbi-umbian Sebagai Sumber Antioksidan Dalam Upaya Meningkatkan Derajat Kesehatan Masyarakat Melalui Pendekatan Nutrigenomik*. Laporan Penelitian. Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat. Universitas Negeri Semarang. Semarang.