

Penurunan Indeks Glikemik Pada Hasil Integrasi Proses Modifikasi Pati Kentang

Ate Romli*, Rona T, Nadiem A, Fuji P, Fajar
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik
Universitas Jenderal Achmad Yani
Jl. Terusan Sudirman, Po Box 48 Cimahi
*E-mail: ateromli@gmail.com

Abstrak— Pembuatan pati kentang dengan cara mencucinya terlebih dahulu dan membuatnya menjadi bubur halus dengan menggunakan blender. Diperoleh masa seperti bubur dan dilakukan pencucian bubur dengan mengganti airnya dan diperas menggunakan kain kemudian filtrat dibiarkan dulu sambil diganti airnya dengan metode dekantasi sehingga di peroleh pati. Pati kentang yang dihasilkan tersebut kemudian dicampurkan dengan asam laktat lalu ditambahkan karbon aktif. Konsentrasi asam laktat yang divariasikan dari rantang 0 % - 2 % v/v dengan berat karbon aktif tetap sebesar 0,5 g. Setelah pencampuran bahan, dilakukan *irradiasi microwave* pada rentang suhu 30 °C – 60 °C, disertai pengadukan selama 7 menit. Produk yang dihasilkan kemudian dikeringkan dan dikarakterisasi. Adapun karaterisasi produk, yaitu kadar glukosa dengan metode DNS dan mengukur panjang gelombang menggunakan spektrofotometer uv-vis. Hasil penelitian menunjukkan penurunan kadar glukosa pada variasi temperatur 40-60°C dengan konsentrasi asam laktat 0%, 0,5%, 1%, dan 2% secara berurutan yaitu : 0,00123, 0,00122, 0,00117, 0,00109, 0,000997, 0,000711, 0,000432, 0,000352, 0,000852, 0,000854, 0,000359, 0,000384 mg/L.

Kata kunci : *Diabetes Melitus; hidrolisis asam; indeks glikemik; pati kentang.*

I. PENDAHULUAN

Diabetes Mellitus merupakan penyakit kronis yang ditandai dengan kelainan metabolik akibat dari kurangnya produksi insulin oleh pancreas. *Diabetes Mellitus* (DM) adalah salah satu penyakit degenerative yang penderitanya terus meningkat. Departemen kesehatan RI memperkirakan pada tahun 2030 jumlah penderita *Diabetes Mellitus* di Indonesia mencapai 21,3 juta jiwa (Depkes RI 2009). Soewondo dan Laurentinus (2011) melaporkan prevalensi *pradiabetes* di Indonesia sebesar 10%. Pada tahun 2013 Penderita *diabetes* yang berumur 20-79 tahun di dunia mencapai 382 juta orang. Indonesia dengan penderita *Diabetes Mellitus* 154.062 penderita berada di urutan keempat setelah China (1.023.504 penderita), India (760.429 penderita), dan Amerika Serikat (223.937 penderita) (International Diabetes Federation 2015). Data ini menunjukkan bahwa penyakit *Diabetes Mellitus* harus segera dicarikan upaya pencegahannya.

Menurut Riset Kesehatan Dasar (2010) masalah obesitas cenderung terjadi pada kelompok dewasa di atas 18 tahun terutama pada masyarakat di perkotaan. Permasalahan yang terjadi dapat disebabkan oleh konsumsi zat gizi yang tidak seimbang atau berlebihan

(Rimbawan & Nurbayani, 2013). Salah satu pendekatan dalam pemilihan pangan sumber karbohidrat adalah dengan menggunakan konsep indeks glikemik. Konsep indeks glikemik dikembangkan untuk memberikan klasifikasi numerik pangan sumber karbohidrat. Makanan yang memiliki nilai indeks glikemik rendah dapat meningkatkan rasa kenyang dan menunda rasa lapar, sedangkan makanan yang memiliki nilai indeks glikemik tinggi dapat meningkatkan kadar glukosa darah dengan cepat (Aston, 2016). Salah satu faktor yang memengaruhi indeks glikemik makanan adalah jumlah karbohidrat yang memiliki tingkat gelatinisasi pati yang tinggi membuat karbohidrat lebih mudah dicerna sehingga dapat meningkatkan nilai indeks glikemik. Indeks glikemik makanan adalah peningkatan kadar glukosa dalam plasma yang ditimbulkan oleh makanan setelah dikonsumsi (Novitasari et al. 2011). Makanan yang mengakibatkan kenaikan kadar glukosa darah dengan cepat memiliki indeks glikemik tinggi, sebaliknya makanan yang memiliki indeks glikemik rendah akan menaikkan kadar glukosa darah secara lambat. Berdasarkan indeks glikemiknya, makanan dikelompokkan menjadi tiga, yaitu makanan dengan nilai indeks glikemik rendah (<55), sedang (55-70) dan tinggi (>70) (Widowati & Astawan, 2009).

Gula adalah salah satu kebutuhan pokok utama masyarakat yang berfungsi sebagai pemanis. Keberadaan gula menjadi salah satu penyebab besar *Diabetes Mellitus*. Gula adalah karbohidrat sederhana yang langsung diserap oleh darah sehingga mudah meningkatkan kadar gula dalam darah, oleh karena itu diperlukan alternatif pemanis buatan dengan indeks glikemik rendah. Hasil penelitian Miller et al., menunjukkan bahwa peningkatan gula darah pada penderita *Diabetes Mellitus* yang mengkonsumsi makanan berindeks glikemik rendah memerlukan waktu yang relatif lama (Widowati & Astawan, 2009). Maka dari itu diperlukannya pemanis buatan dengan kadar indeks glikemik rendah.

Cut Erika (1995) telah melakukan penelitian dengan hidrolisa asam pada ubi jalar dan kentang menggunakan analisis fisiko-kimia pati yang termodifikasi pada suhu 55°C selama 3 jam selanjutnya dinetralkan dengan NaOH dan etanol. Residu yang tidak tersaring kemudian dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 50°C selama 24 jam. Microwave biasa digunakan untuk reaksi organik yang menghasilkan yield tinggi, reaksi cepat, dan aman terhadap lingkungan. Hasil penelitian Kumar dkk

(2016) menghidrolisa pati menggunakan katalis padat dengan proses irradiasi microwave dapat dikembangkan untuk produksi glukosa. Proses hidrolisis cepat karena penggunaan irradiasi microwave. Konversi pati menjadi glukosa dengan katalis HSiW menghasilkan 59% glukosa.

Kentang bisa menjadi salah satu alternatif sebagai pemanis buatan. Kentang merupakan salah satu sumber pati dari umbi-umbian yang memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi pemanis buatan. Nilai indeks glikemik kentang tergolong tinggi yaitu 96 kandungan glikemik yang tinggi menyebabkan umbi-umbian ini dilarang untuk penderita diabetes. Oleh karena itu pada penelitian ini berfokus pada modifikasi pati kentang dengan mengurangi kadar glukosa guna mengurangi indeks glikemik pati kentang (Siagian et al, 2002).

Modifikasi pati dengan kombinasi reaksi hidrolisis asam telah banyak dilakukan. Penelitian hidrolisis asam yang telah dilakukan sebelumnya tanpa menggunakan irradiasi microwave memerlukan waktu lebih lama. Hidrolisis asam menggunakan *irradiasi microwave* namun katalis yang digunakan belum bisa digolongkan produk yang dapat dikonsumsi. Oleh karena itu, pada penelitian ini telah dilakukan penggabungan hidrolisis asam dengan irradiasi microwave untuk mempersingkat waktu. Pada penelitian ini, hidrolisis pati kentang yang terintegrasi irradiasi microwave akan menggunakan katalis asam laktat karena target produk yang dihasilkan aman untuk dikonsumsi oleh manusia. Untuk mengurangi kadar glukosa pada hasil modifikasi, maka setelah hidrolisis asam ditambahkan karbon aktif untuk mengadsorpsi glukosa. Dalam penelitian ini juga akan dipelajari pengaruh penambahan asam laktat pada hidrolisa pati kentang dengan bantuan irradiasi microwave terhadap kecepatan reaksi.

ujuan penelitian : untuk mengetahui nilai indeks glikemik pada modifikasi pati kentang. Mempelajari Pengaruh temperatur operasi terhadap kadar glukosa hasil integrasi modifikasi pati kentang, dan mempelajari pengaruh penambahan asam laktat terhadap kadar glukosa hasil integrasi modifikasi pati kentang.

II. METODE PENELITIAN

Pati termodifikasi Asam

Cara mudah dan cepat untuk mendapatkan karbohidrat dengan sifat fungsional yang spesifik dalam pati adalah melalui hidrolisa pati menggunakan asam. Pati termodifikasi asam dibuat dengan menghidrolisis pati dengan asam dibawah suhu gelatinisasi, pada suhu sekitar 52°C. Reaksi dasar meliputi pemotongan ikatan α -1,4-glukosidik dari amilosa α -1,6-D-glukosidik dari amilopektin, sehingga ukuran molekul pati menjadi lebih rendah dan meningkatkan kecenderungan pasta untuk membentuk gel (Bertolini, 2010).

Pati termodifikasi asam memiliki viskositas pasta panas lebih rendah, kecenderungan retrogradasi lebih besar, ratio viskositas pasta pati dingin dari pasta pati panas lebih rendah, granula yang mengembang selama

gelatinisasi dalam air panas lebih rendah, peningkatan stabilitas dalam air hangat di bawah suhu gelatinisasi dan bilangan alkali lebih tinggi (Radley, 1976).

Produk hidrolisis pati umumnya dikarakterisasi oleh derajat hidrolisis yang diekspresikan sebagai *dextrose equivalent* (DE), yaitu persentase gula pereduksi dalam berat kering hidrolisat dan nilainya berbanding terbalik dengan rata-rata derajat polimerisasi (DP) unit glukosa. Maltodekstrin merupakan polisakarida yang terdiri dari unit-unit D-glukosa yang dihubungkan dengan ikatan α (1 \rightarrow 4) dan memiliki nilai DE lebih kecil dari 20 (Dokic-Baucal, 2004).

Asam Laktat akan digunakan dalam menghidrolisa pati *Solanum tuberosum*. Dalam penelitian ini, menggunakan dua kombinasi modifikasi yaitu hidrolisa menggunakan asam laktat terintegrasi dengan teknik irradiasi microwave. Penggunaan irradiasi *microwave* adalah cara efisien untuk ekstraksi pada temperatur rendah dan dapat memicu percepatan laju reaksi oleh Y. Zhang, 2015.

Menurut K. Mogialiah dkk (2009) kecepatan reaksi meningkat dengan irradiasi microwave dibanding pemanasan tradisional. Aplikasi irradiasi microwave akan mengaktifasi dan mempercepat reaksi organik. Aplikasi ini berpotensi untuk menghasilkan produk yang efisien dan reaksi yang aman terhadap lingkungan. Reaksi menggunakan microwave tidak hanya mengurangi solven yang digunakan tetapi juga mengurangi purifikasi setelah reaksi. Kedepannya, reaksi kimia menggunakan microwave menjadi alternatif bagi dunia industri. Pada Tabel 2. menyajikan perkembangan

penggunaan irradiasi microwave pada reaksi kimia sebagai berikut.

Tabel 2. Perkembangan penggunaan irradiasi microwave pada reaksi kimia

Tahun	Judul	Referensi
2009	Microwave activation of enzymatic catalysis	(Young et al. 2008)
2011	A novel saccharification method of starch using microwave irradiation with addition of activated carbon	(Matsumoto et al. 2011)
2012	Microwave-assisted acid hydrolysis of starch polymer in cassava pulp in the presence of activated carbon	(Hermiati et al. 2012)
2013	Microwave-assisted hydrolysis of polysaccharides over polyoxometalate clusters	(Tsubaki et al. 2013)
2014	Microwave irradiated and thermally heated olive stone activated carbon for nickel adsorption from synthetic wastewater : a comparative study	(Alslaibi et al. 2014)

Penurunan kadar glukosa perlu untuk dilakukan pada pati termodifikasi sehingga didapatkan cairan gula rendah gula dan rendah kalori. Pengurangan glukosa menggunakan serat telah berhasil dilakukan oleh Ou, Kwok, Li, & Fu (2001). Modifikasi kandungan karbohidrat pada kentang untuk mengurangi kadar glukosa telah dilakukan dengan memanipulasi regulasi metabolisme gen sukrosa non-fermenting-1-related protein kinase-1 (SnRK1) sehingga didapatkan transgenik potato (*Solanum tuberosum* cv. Prairie) (R.S Mc kibbin dkk. 2006). Guar gum sudah digunakan untuk penelitian pengurangan kadar glukosa pada pati jagung (Leclere, Christophe J dkk. 1994).

Penambahan Karbon Aktif (arang aktif) atau *activated charcoal* adalah zat arang yang telah melalui proses sedemikian rupa sehingga memiliki pori-pori kecil dan memungkinkannya untuk menyerap bahan yang dilalui. Definisi lain arang aktif merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Ketika pemanasan berlangsung, diusahakan tidak terjadi kebocoran udara didalam ruangan pemanasan sehingga bahan yang mengandung karbon tersebut hanya terkarbonisasi dan tidak teroksidasi (Kundari & Slamet 2008).

Nilai DE hidrolisat dengan perlakuan penambahan karbon aktif jauh lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol (tanpa penambahan karbon aktif). Hal ini disebabkan karena karbon aktif berfungsi sebagai adsorben serta mengurangi pembentukan degradasi gula lebih lanjut (Hermiati et al. 2014).

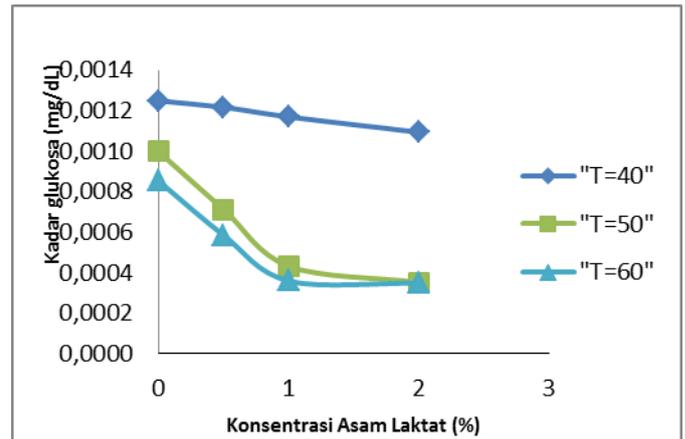
Penambahan karbon aktif berpengaruh pada kadar gula pada suatu bahan dan nilai DE suatu bahan. Artinya jika Nilai DE suatu bahan makanan semakin kecil karna karbon aktif berfungsi sebagai adsorben serta mengurangi pembentukan degradasi gula lebih lanjut pada suatu bahan makanan maka akan berpengaruh juga pada nilai (IG) suatu bahan makanan (Fajriutami et al. 2014).

III. HASIL DAN DISKUSI

Data hasil pengamatan untuk penentuan kadar glukosa disajikan pada Tabel 3 dan Gambar 3.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Absorbansi dan Perhitungan Kadar Glukosa dalam Sampel

Suhu (°C)	Konsentrasi asam laktat (%)	Absorbansi	Kadar glukosa (mg/L)
40	0	1,248	0,001248
	0.5	1,216	0,001216
	1	1,169	0,001169
	2	1,093	0,001093
50	0	0,997	0,000997
	0.5	0,711	0,000711
	1	0,432	0,000432
	2	0,352	0,000352
60	0	0,852	0,000852
	0.5	0,584	0,000584
	1	0,359	0,000359
	2	0,348	0,000348



Gambar 3 Kadar Glukosa dalam Sampel

Pada percobaan penentuan kadar glukosa ini dilakukan dengan reagen DNS, reaksi yang terjadi merupakan reaksi redoks pada gugus aldehyd gula dan teroksidasi menjadi gugus karboksil. Sementara itu DNS sebagai oksidator akan tereduksi membentuk 3-amino dan 5-nitrosalicylic acid. Reaksi ini berjalan dalam suasana basa. Bila terdapat gula reduksi pada sampel, maka larutan DNS yang awalnya berwarna kuning akan bereaksi dengan gula reduksi sehingga menimbulkan warna jingga kemerahan. Selanjutnya diukur absorbansinya pada panjang gelombang 550 dengan menggunakan spektrofotometer uv-vis. Pada percobaan ini dilakukan tiga persiapan utama sebelum absorbannya diukur yakni mempersiapkan larutan induk, larutan standar dan larutan sampel. Pembuatan larutan standar yang digunakan berasal dari larutan induk yang telah digunakan. larutan induk yang bervariasi yakni sebanyak 0,00002 L, 0,00004 L, 0,00006 L, 0,00008 L, dan 0,0001 L sampai 0,0002 L lalu masing-masing larutan tersebut diencerkan dengan mengambil 0,00001 L dengan ditambahkan 0,00003 L reagen DNS dan di encerkan menggunakan aquadest hingga volume larutan mencapai 0,001 L. Larutan standar yang digunakan pada percobaan ini berguna untuk membandingkan absorbansi energi radiasi pada suatu panjang gelombang tertentu oleh larutan sampel. Pelarut yang digunakan disini adalah air karena air merupakan pelarut yang bersifat sangat polar sehingga dapat menjadi pelarut yang sangat baik dan dapat tembus cahaya.

Pada pembuatan larutan sampel dilakukan hampir sama dengan pembuatan larutan standar yakni dengan menggunakan proses pengenceran. Pada pembuatan larutan sampel ini, sebanyak 0.001 L larutan sampel cair ditambahkan reagen DNS hingga volumenya 0.002 L. kemudian dihomogenkan. Setelah itu semua sampel dipanaskan selama 5 menit agar bercampur dengan baik. Setelah dipanaskan, lalu didinginkan dan setelah dingin ditambahkan aquadest sampai volume menjadi 0,01 L. Setelah itu diukur dengan menggunakan spektrometer dengan panjang gelombang 550 nm.

Dari data yang diperoleh dari Percobaan (Tabel 4.1) pada hidrolisis dengan temperatur 40°C memiliki nilai

serapan lebih besar dengan nilai serapan tertinggi adalah 1,248 dengan kadar glukosa sebesar 0,00125 mg/L dibandingkan dengan hidrolisis pada temperatur 50 dengan serapan tertinggi sebesar 0,997 dengan kadar glukosa sebesar 0,001 mg/L dan temperatur 60°C dengan serapan tertinggi sebesar 0,852 dengan kadar glukosa sebesar 0,00085 mg/L yang berarti dengan temperatur 50 dan 60°C hidrolisis pati berlangsung lebih cepat dibandingkan proses hidrolisis pada temperatur 40°C. Dalam suatu proses adsorpsi, proses akan terus berlangsung selama proses berjalan dan temperatur karbonisasi sangat berpengaruh karena semakin tinggi temperatur maka hasil yang diperoleh sedikit. Dilihat dari Gambar 4.3 bahwa semakin tinggi temperatur menunjukkan penurunan kadar glukosa. Hal ini dipengaruhi oleh karbon aktif, karena pada proses adsorpsi akan terus berjalan sampai mencapai kesetimbangan dan semakin tinggi temperatur pada hidrolisis pati maka semakin cepat terjadinya gelatinasi. Selain temperatur operasi, konsentrasi asam laktat juga berpengaruh pada proses hidrolisis. Terlihat pada Gambar 4.3 menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi asam laktat yang di berikan maka semakin cepat pula proses hidrolisis berlangsung.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang kami lakukan, kami dapat menarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Dengan bantuan iradiasi microwave proses hidrolisis pati kembang menggunakan asam laktat dapat membantu mempercepat proses hidrolisis.
- 2) Temperatur saat proses hidrolisis berlangsung mempengaruhi jalannya hidrolisis pati kembang menggunakan asam laktat semakin tinggi temperatur maka semakin cepat pula proses hidrolisis berlangsung.
- 3) Dari hasil pengamatan Temperatur yang cocok digunakan pada saat proses hidrolisis pati adalah pada temperatur 50°C, karena temperatur diatas 50°C akan terjadi gelatinasi pati (pengentalan).
- 4) Konsentrasi asam laktat berpengaruh pada proses hidrolisis pati, semakin besar konsentrasi asam laktat yang di gunakan maka semakin cepat pula proses hidrolisis berlangsung.

V. SARAN

Perlu adanya penelitian lanjutan tentang Pengurangan Indeks Glikemik Pada Hasil Integrasi Proses Modifikasi Pati Kembang dengan pengujian lain yaitu pengujian kadar glukosa yang diperoleh terhadap gula darah untuk memperoleh nilai indeks glikemik.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami tim peneliti mengucapkan terimakasih kepada LPPM unjani yang sudah membantu dan memfasilitasi pembiayaan penelitian melalui hibah internal Unjani dan kepada rekan-rekan laboratorium serta semua pihak yang membantu dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Siagian, Rimbawan, H. Syarif, D.D., "Pada Subyek Obes dan Normal, pp.101-112 , 2002.
- [2] .Alslaibi, T.M. et al., " Microwave Irradiated and Thermally Heated Olive Stone Activated Carbon for Nickel Adsorption from Synthetic Wastewater: A Comparative Study. *Reaction Engineering, Kinetic, and Catalyst*", 7(PART 1), pp.405-410. 2014
- [3] Aston, L.M., "Glycaemic index and metabolic disease risk'. , (2006), pp.125-134..2016
- [4] Bertolini, A., "Starches Characterization, Properties, and Applications", 2010
- [5] Depkes RI, "Tahun 2030 Prevalensi Diabetes Melitus Di Indonesia Mencapai 21,3 Juta Orang". *Minggu, 8 November*, pp.3-4. Available at: <http://www.depkes.go.id/article/print/414/tahun-2030-prevalensi-diabetes-melitus-di-indonesia-mencapai-213-juta-orang.html>. 2009
- [6] Fajriutami, T. et al., " Characterization and Microwave -Assisted Hydrolysis of Sago Starch to Produce Maltogextrin , 37(2), pp.73-82. 2014
- [7] Guerra-Rodríguez, E. et al., "Modelling of the acid hydrolysis of potato (*Solanum tuberosum*) for fermentative purposes. *Biomass and Bioenergy*", 42, pp.59-68. 2012
- [8] Hermiati, E. et al., "Microwave-assisted Acid Hydrolysis of Starch Polymer in Cassava Pulp in the Presence of Activated Carbon. *Procedia Chemistry*", 4, pp.238-244. 2012
- [9] Hermiati, E., Tsubaki, S. & Azuma, J., " Cassava pulp hydrolysis under microwave irradiation with oxalic acid catalyst for ethanol production". *J. Math. Fund. Sci*, 46(2), pp.125-139. 2014
- [10] Hu, X. et al., "Hydrolysis process of normal rice starch by 1-butanol-hydrochloric acid. *Food Hydrocolloids*", 41, pp.27-32. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X140101003>. 2014
- [11] International Diabetes Federation, " *Idf Diabetes Atlas*, Available at: http://www.diabetesatlas.org/resources/2015-atlas.html%5Cnhttps://www.idf.org/sites/default/files/EN_6E_Atlas_Full_0.pdf%5Cnwww.ecuadorenecifras.gob.ec. 2015
- [12] Irawati, R., " *Karakteristik ph, suhu, dan konsentrasi substrat pada enzim selulase kasar yang di produksi*. Kementerian Kesehatan RI, 2014. *Situasi dan Analisis Diabetes*". , p.2. 2016
- [13] Koswara, S., " *Teknologi Modifikasi Pati*. *Teknologi Pangan*". 2009
- [14] Kundari, N.A. & Slamet, W., " *Tinjauan kesetimbangan adsorpsi tembaga dalam limbah pencuci pcb dengan zeolit*". , pp.25-26. 2008
- [15] Li, W. et al., " *Relationship between structure and retrogradation properties of corn starch treated with 1,4-??-glucan branching enzyme*. *Food Hydrocolloids*", 52, pp.868-875. 2016
- [16] Matsumoto, A. et al., " *A novel saccharification method of starch using microwave irradiation with addition of activated carbon*. *Bioresourcetechnology*", 102(4), pp.3985-3988. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2010.12.013>. 2011
- [17] Merz, M. et al., " *Continuous long-term hydrolysis of wheat gluten using a principally food-grade enzyme membrane reactor system*. *Biochemical Engineering Journal*, 99, pp.114-123. 2015
- [18] Novitasari, D., Sunarti & Farmawati, A., " *emping garut (Maranta arundinacea Linn) sebagai makanan ringan dan Kadar Glukosa Darah, Angiotensin II Plasma serta Tekanan Darah pada Penderita Diabetes Mellitus Tipe 2 (DMT2)*". *J Media Medika Indonesiana*, 45(1), pp.53-58. 2011
- [19] Ou, S. et al., " *In Vitro Study of Possible Role of Dietary Fiber in Lowering Postprandial Serum Glucose*. , pp.1026-1029. 2001
- [20] Rimbawan, Nurbayani, resita, " *Nilai Indeks Glikemik Produk Olahsan Gembili (Dioscorea esculenta)*". , 8(2), pp.145-150. Available at: <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jgizipangan/article/download/7692/5958>. 2013
- [21] Smith, E.F., " *Tinjauan pustaka*. (Gandjar), pp.0-4. 1999
- [22] Sukhija, S., Singh, S. & Riar, C.S., " *Effect of oxidation, cross-linking and dual modification on physicochemical, crystallinity,*

- morphological, pasting and thermal characteristics of elephant foot yam (*Amorphophallus paeoniifolius*) starch. *Food Hydrocolloids*, 55, pp.56–64. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.11.003>. 2016
- [23] Tsubaki, S. et al., 2013. Microwave-assisted hydrolysis of polysaccharides over polyoxometalate clusters. *Bioresource Technology*, 144, pp.67–73. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2013.06.092>. 2013
- [24] Uthumporn, U., Zaidul, I.S.M. & Karim, A.A., 'Hydrolysis of granular starch at sub-gelatinization temperature using a mixture of amylolytic enzymes. *Food and Bioproducts Processing*' 88(1), pp.47–54. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbp.2009.10.001>. 2010
- [25] Wang, F.Q. et al., " Biological pretreatment of corn stover with ligninolytic enzyme for high efficient enzymatic hydrolysis. *Bioresource Technology*", 144, pp.572–578. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2013.07.012>. 2013
- [26] Widowati, S. & Astawan, M., "Penurunan indeks glikemik berbagai varietas beras melalui proses pratanak". , 6(1), pp.1–9. 2009
- [27] Young, D.D. et al., " Microwave activation of enzymatic catalysis. *Journal of the American Chemical Society*", 130(31), pp.10048–10049. 2008