

اغتنم خمسا قبل خمس شبابك قبل هرمك وصحتك قبل سقمك وغناك قبل فقرك
 وحياتك قبل موتك و فراغك قبل شغلك

Artinya : “ memanfaatkan sebaik-baiknya lima kesempatan, sebelum (datang) yang lima, masa muda sebelum datang masa tua, kondisi sehat sebelum jatuh sakit, saat kaya sebelum jatuh miskin, masa hidup sebelum datang kematian dan masa senggang sebelum kamu sibuk” (HR. Al-Hakim dan Al-Baihaqi)

Hadist tersebut menerangkan hendaknya kita menjaga lima perkara yang berharga sebelum datangnya lima perkara yang dapat membuat kita tidak berdaya. Salah satu diantara lima perkara yang berharga tersebut adalah waktu sehat sebelum jatuh sakit. Kesehatan merupakan masalah penting yang harus kita jaga dalam kehidupan kita, karena dengan kondisi sehat kita dapat melakukan berbagai macam aktifitas dalam kehidupan sehari-hari. Dengan tubuh yang sehat, maka ibadah dapat dijalankan dengan optimal. Menjaga kesehatan dapat diwujudkan dengan menjaga pola makan seimbang kita. Makan secara berlebihan sangat tidak dianjurkan, tapi yang lebih penting adalah kecukupan zat gizi yang ada dalam makanan kita.

Tingginya kadar pati resisten dalam suatu makanan akan menghambat penyerapan glukosa oleh tubuh. Terhambatnya penyerapan glukosa ini menyebabkan kenaikan kadar glukosa darah setelah makan berlangsung lebih lama dan menghasilkan kenaikan kadar glukosa darah yang lebih rendah dibandingkan dengan pati yang memiliki kadar amilosa rendah. Dengan cara ini, penyakit diabetes dapat dicegah (Segal *et al.*, 2000).

Makanan yang bersifat fungsional seperti pati tinggi amilosa hasil modifikasi ini sangat dianjurkan untuk dikonsumsi demi menjaga kesehatan. Sebagaimana telah kita ketahui, menjaga kesehatan merupakan salah satu cara

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian tentang pengaruh pemberian pati jagung dan ubi kayu hasil modifikasi enzim pullulanase terhadap peningkatan kadar glukosa darah

Pati hasil modifikasi dengan enzim pullulanase yang diujikan pada tikus wistar memperlihatkan perbedaan peningkatan kadar glukosa darah secara nyata. Hal ini dapat dilihat pada lampiran 2. Rata-rata kadar glukosa darah tikus wistar dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

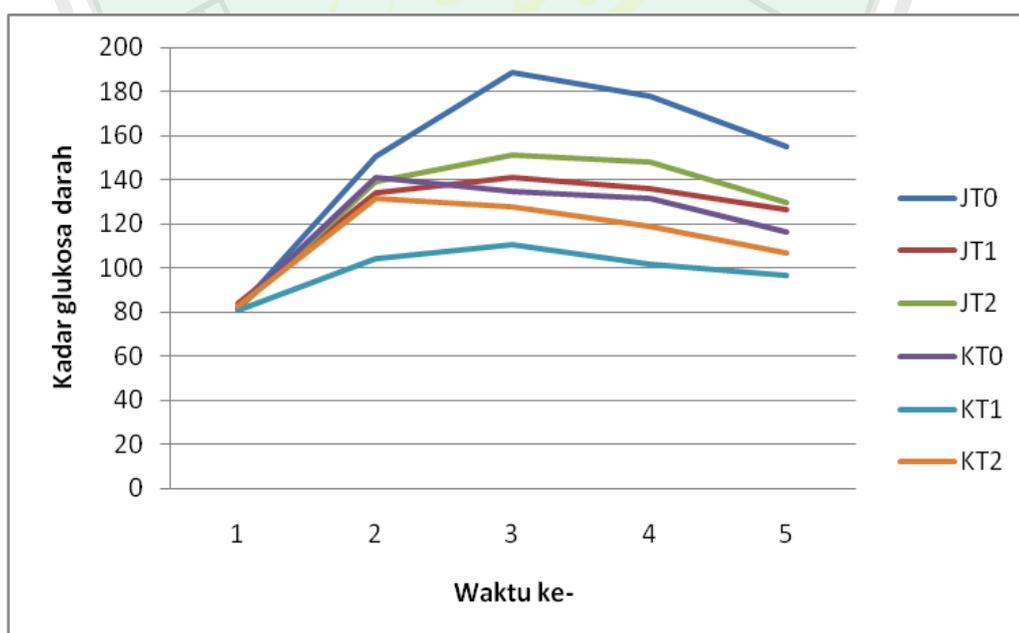
Tabel 4.1. Rata-rata kadar glukosa darah

Jenis pati	Kadar glukosa menit ke- (mg/dl)				
	0	30	60	90	120
JT ₀	81,55	150,80	188,95	177,90	154,80
JT ₁	84,17	133,92	141,15	135,67	126,32
JT ₂	81,35	139,40	151,00	148,07	129,35
KT ₀	82,30	141,07	134,47	131,47	116,45
KT ₁	80,80	104,15	110,50	101,50	96,62
KT ₂	82,75	131,45	127,77	118,82	106,47

Berdasarkan uji normalitas dengan *One Sample Kolmogorov-Smirnov Test* diketahui bahwa sebaran data normal. Selanjutnya dilakukan analisis *Two Way Anova* untuk mengetahui adanya perbedaan pengaruh pati pada kenaikan kadar glukosa darah tikus wistar. Hasil analisis varian menunjukkan $F_{hitung} > F_{5\%}$, hal ini berarti terdapat perbedaan nyata pada kadar glukosa darah tikus wistar setelah 30 menit pemberian pati. Peningkatan paling tinggi terjadi pada tikus yang diberikan pati kontrol jagung (JT₀) yaitu rata-rata terjadi peningkatan sebesar

69,25 mg/dl. Sedangkan kelompok tikus yang menunjukkan kenaikan kadar glukosa paling rendah adalah kelompok yang diberikan pati ubi kayu yang dimodifikasi dengan masa inkubasi 12 jam (KT_1), dimana pati tersebut merupakan hasil modifikasi yang terbaik. Sedangkan kelompok tikus yang lain tidak menunjukkan perbedaan yang nyata seperti kedua kelompok tikus tersebut di atas.

Kenaikan kadar glukosa darah masing-masing kelompok tikus pada menit ke-60 lebih bervariasi. Pati jagung kontrol (JT_0) tetap menjadi bahan uji yang memberikan pengaruh paling tinggi terhadap peningkatan kadar glukosa darah (F hitung $>$ F tabel). Begitu pula dengan pati ubi kayu hasil modifikasi dengan masa inkubasi 12 jam (KT_1) yang memberikan pengaruh peningkatan kadar glukosa darah paling rendah. Seluruh kelompok perlakuan mengalami peningkatan kadar glukosa darah paling tinggi pada menit ke-60. Pada menit ke-90 dan 120 kadar glukosa darah berangsur-angsur turun dan kembali pada ukuran normal.



Gambar 4.1. Grafik kenaikan rata-rata kadar glukosa darah

Keterangan :

Waktu ke-1 : 0 menit (kadar glukosa darah awal/puasa)

Waktu ke-2 : 30 menit setelah perlakuan

Waktu ke-3 : 60 menit setelah perlakuan

Waktu ke-4 : 90 menit setelah perlakuan

Waktu ke-5 : 120 menit setelah perlakuan

4.2 Pembahasan

4.2.1 Pengaruh Pati Hasil Modifikasi Enzim Pullulanase Terhadap Kadar Glukosa Darah Tikus Wistar

Hasil analisis data peningkatan kadar glukosa darah dalam lampiran 2 menunjukkan adanya perbedaan peningkatan kadar glukosa darah antar kelompok tikus percobaan. Perbedaan nyata ditunjukkan kelompok tikus yang mengkonsumsi pati kontrol dari jagung (JT₀) serta kelompok tikus yang mengkonsumsi pati ubi kayu hasil modifikasi dengan masa inkubasi 12 jam (KT₁). Kelompok tikus yang mengkonsumsi pati JT₀ menunjukkan peningkatan kadar glukosa darah paling tinggi setelah 30 menit. Sedangkan kelompok tikus yang mengkonsumsi pati KT₁ menunjukkan peningkatan kadar glukosa darah paling rendah dibandingkan kelompok yang lain.

Telah diungkapkan oleh Almatsier (2009), setelah makan kadar glukosa darah naik hingga kurang lebih tiga puluh menit dan perlahan kembali ke kadar gula puasa setelah 90-180 menit. Kadar maksimal gula darah dan kecepatan untuk kembali pada kadar normal bergantung pada jenis makanan. Kelompok tikus yang diberikan pati KT₀ dan pati KT₂ menunjukkan peningkatan kadar glukosa darah tertinggi pada menit ke-30. Setelah itu, kadar glukosa kedua kelompok perlakuan tersebut berangsur-angsur turun. Berbeda dengan kelompok perlakuan lainnya yang terus mengalami peningkatan kadar glukosa darah pada menit ke-60. Hal ini

diduga karena adanya peningkatan kadar amilosa pati yang signifikan pada pati ubi kayu yang dimodifikasi dengan inkubasi 12 jam. Penelitian yang dilakukan oleh Harianie (2008) telah membuktikan adanya peningkatan kadar amilosa yang lebih tinggi pada pati yang diinkubasi selama 12 jam daripada inkubasi 24 jam.

Pada menit ke-60 setelah pemberian pati, kelompok tikus yang diberikan pati JT₀ tetap menunjukkan peningkatan kadar glukosa darah paling tinggi dibandingkan kelompok perlakuan yang lain. Sebaliknya, kelompok tikus yang diberikan pati KT₁ tetap mengalami peningkatan kadar glukosa darah paling rendah. Sedangkan kelompok tikus yang lain mengalami peningkatan kadar glukosa yang tidak berbeda secara nyata dengan kelompok tikus yang diberikan pati dari bahan yang sama.

Hal ini telah dijelaskan oleh Miller *et al.* (1992), bahwasanya amilosa lebih lambat dicerna dibandingkan dengan amilopektin, karena amilosa merupakan polimer dari gula sederhana dengan rantai lurus. Rantai yang lurus ini menyusun ikatan amilosa yang solid sehingga tidak mudah tergelatinasi. Oleh karena itu, amilosa lebih sulit dicerna dibandingkan dengan amilopektin yang merupakan polimer gula sederhana, bercabang, dan struktur terbuka. Berdasarkan karakteristik tersebut maka bahan pangan yang mengandung amilosa tinggi memiliki aktivitas hipoglikemik yang lebih tinggi dibanding bahan pangan yang mengandung amilopektin tinggi.

Di samping kadar amilosa, respon glikemik tubuh terhadap makanan yang mengandung karbohidrat juga dipengaruhi oleh kandungan pati resisten. Dalam proses pemanasan, amilosa yang tergelatinasi akan mengalami retrogradasi. Pati

yang teretrogradasi mempunyai sifat resisten dalam tubuh. Sehingga, kadar amilosa yang tinggi pada pati dapat meningkatkan kadar pati resisten yang tidak mampu dicerna oleh tubuh (Winarno, 2002).

Pengujian pati hasil modifikasi pada tikus wistar menunjukkan bahwa pati yang mengalami peningkatan kadar amilosa paling tinggi mampu menghasilkan respon glikemik yang rendah dibandingkan pati yang lain. Hal ini diduga karena adanya peningkatan kadar pati resisten yang seperti halnya peningkatan kadar amilosa. Peningkatan pati resisten ini terbentuk dari proses retrogradasi. Selama retrogradasi, molekul pati kembali membentuk struktur kompak yang distabilkan dengan adanya ikatan hidrogen (Sajilata *et al.*, 2006).

Penelitian oleh Sajilata *et al.* (2006) mengungkapkan adanya peningkatan kadar pati resisten yang berbanding lurus dengan peningkatan kadar amilosa. Pati resisten dapat berfungsi layaknya serat pangan larut air. Di samping itu, pati resisten yang terdapat pada pati dapat digunakan sebagai makanan penderita diabetes tipe 2 (tak tergantung insulin). Segal *et al.* (2000) menambahkan, leguminosa atau kacang-kacangan mengandung pati resisten tipe I, II dan III yang memberikan respon glikemik yang rendah, lantaran memiliki sifat kental sebagaimana serat pangan larut air (*soluble fiber*). Pati resisten juga dapat mengikat asam empedu dan membuangnya bersama feses/tinja. Karena asam empedu disintesa dari kolesterol, maka akan terjadi pengurangan kolesterol yang pada gilirannya dapat menurunkan kolesterol plasma darah. Hal ini akan mengurangi resiko penyakit kolesterol dalam tubuh. Nabi Muhammad SAW bersabda :

untuk mensyukuri nikmat Allah SWT. Kewajiban manusia dalam mensyukuri nikmat dapat menghindarkan diri dari mengkufuri nikmat-Nya. Di samping itu, mensyukuri nikmat akan menambah nikmat yang diberikan oleh Allah. Sebagaimana yang telah dijelaskan oleh dalam Al-Qur'an :

وَإِذْ تَأَذَّرَ رَبُّكُمْ لَئِن شَكَرْتُمْ لَأَزِيدَنَّكُمْ^ط وَلَئِن كَفَرْتُمْ إِنَّ عَذَابِي لَشَدِيدٌ

Artinya : *"Dan (ingatlah juga), tatkala Tuhanmu memaklumkan; "Sesungguhnya jika kamu bersyukur, pasti kami akan menambah (nikmat) kepadamu, dan jika kamu mengingkari (nikmat-Ku), Maka Sesungguhnya azab-Ku sangat pedih" (QS. Ibrahim : 7).*

Setelah 90-120 menit mengkonsumsi pati, semua kelompok tikus mengalami penurunan kadar glukosa darah hingga akhirnya kembali ke kadar normal. Hal ini menunjukkan bahwa glukosa yang diangkut oleh darah telah didistribusikan kepada sel-sel diseluruh tubuh sebagai sumber energi. Selain itu, glukosa juga di simpan dalam bentuk glikogen dalam hati dan otot sebagai cadangan sumber energi (Mangoenprasodjo, 2005).

Sebelum glukosa diabsorpsi, pati yang merupakan polimer gula sederhana dihidrolisis oleh enzim α amilase di rongga mulut dan usus halus. Di rongga mulut, enzim α amilase saliva bekerja pada zat pati secara acak menghasilkan maltosa, beberapa glukosa, dan unit-unit moekul pati yang kecil/dekstrin. Memasuki lambung, karena tingkat keasaman yang tinggi, kerja α amilase terhenti. Di usus halus, pH makanan menjadi alkali oleh sekresi dari saluran pancreas. Pencernaan dekstrin pati dilanjutkan oleh kerja enzim α -amilase pankreas yang sama dengan enzim dari saliva. Bila kerja α -amilase menghidrolisis zat pati dengan sempurna, lumen usus halus akan mengandung glukosa, maltosa,

isomaltosa, serta laktosa dan sukrosa dari diet. Selulosa yang dimakan adalah polisakarida yang pada manusia tidak ada enzim yang menghidrolisisnya dengan demikian tidak dicerna. Selanjutnya disakarida tadi (maltosa, isomaltosa, laktosa) dihidrolisis pada *brush border* yang terdapat pada mukosa usus halus. Monosakarida yang dihasilkan selanjutnya diabsorpsi dan diedarkan ke sel-sel tubuh oleh darah (Sari, 2007). Dari sinilah awal mula terjadinya peningkatan kadar glukosa darah dalam tubuh. Setelah glukosa berhasil disalurkan pada sel-sel yang membutuhkan, maka kadar glukosa darah akan turun dan kembali ke kadar awal.

Pada keadaan normal, tingginya kadar glukosa setelah makan akan direspon oleh kelenjar pankreas dengan memproduksi hormon insulin. Dengan adanya insulin, glukosa akan segera masuk ke dalam sel. Selain itu, dengan bantuan insulin, kadar glukosa yang lebih dari kebutuhan akan disimpan di dalam hati dalam bentuk glikogen. Jika kadar glukosa darah turun, misalnya saat puasa atau di antara dua waktu makan, glikogen akan dipecah kembali menjadi glukosa untuk memenuhi kebutuhan energi (Guyton, 1997).

Glukosa yang diperoleh dari pati akan dipergunakan sebagai sumber energi. Jalur pertama yang digunakan tubuh untuk menghasilkan energi dari glukosa adalah glikolisis. Glikolisis terjadi dalam sitoplasma sel secara anaerobik. Hasil akhir glikolisis adalah pemecahan glukosa yang mempunyai enam atom karbon menjadi dua ikatan yang mengandung tiga atom karbon yaitu asam piruvat. bila sel membutuhkan energi dan tersedia oksigen, piruvat akan diubah menjadi asetil KoA. Pada perubahan piruvat menjadi asetil KoA terbentuk satu

molekul NADH yang dapat memproduksi dua sampai tiga molekul ATP (Almatsier, 2009).

Bagi penderita diabetes, konsumsi makanan yang dapat menimbulkan respon glikemik tinggi sangat tidak dianjurkan. Hal ini dapat menyebabkan kadar glukosa darah menjadi naik tak terkontrol. Oleh karena itu, konsumsi makanan yang tidak menyebabkan respon glikemik tinggi dianjurkan bagi penderita diabetes. Salah satunya adalah konsumsi sumber karbohidrat yang memiliki kandungan amilosa tinggi. Pencernaan amilosa yang lebih sulit dari pada amilopekin akan menyebabkan respon glikemik yang ditimbulkan oleh tubuh juga rendah (Widowati, 2006).

Metabolisme dalam tubuh kita telah diciptakan oleh Allah SWT dengan keseimbangan yang sangat baik. Jika suatu saat metabolisme dalam tubuh kita tidak berfungsi secara seimbang, maka kita tidak akan bisa merasakan nikmat Allah yang telah diberikan. Begitu juga kadar glukosa darah yang telah ditetapkan kadar normalnya oleh Allah. Apabila kadar glukosa darah dalam tubuh kita melebihi batas normal, maka kita akan mengalami diabetes mellitus. Al-Qur'an dalam surat Al-Infithar ayat 7-8 menyebutkan :

الَّذِي خَلَقَكَ فَسَوَّنَكَ فَعَدَّلَكَ ﴿٧﴾ فِي أَيِّ صُورَةٍ مَّا شَاءَ رَكَّبَكَ ﴿٨﴾

Artinya : *“Yang telah menciptakan kamu lalu menyempurnakan kejadianmu dan menjadikan (susunan tubuh) mu seimbang. Dalam bentuk apa saja yang dia kehendaki, dia menyusun tubuhmu”* (QS. Al-Infithar: 7-8).

Ayat tersebut menjelaskan bahwa manusia makhluk yang paling sempurna. Semua unsur yang menyusun tubuh kita diciptakan Allah dalam kondisi seimbang. Manusia adalah makhluk yang sempurna ciptaannya, indah bentuknya dan seimbang posturnya. Keindahan, kesempurnaan dan keseimbangan tampak pada bentuk tubuhnya. Organ-organ tubuh kita juga telah diciptakan dengan sedemikian rupa hingga dapat kita rasakan berbagai fungsinya. Oleh karena itu, kita harus menjaga keseimbangan tubuh kita sebaik-baiknya.

4.2.2 Peranan Enzim Pullulanase Dalam Peningkatan Kadar Amilosa

Dari penelitian ini, modifikasi pati dengan enzim pullulanase yang merupakan enzim pemotong percabangan amilopektin berhasil membuat pati dari ubi kayu memiliki efek hipoglikemik. Kandungan amilosa yang bertambah dari hasil pemotongan rantai cabang amilopektin membuat pati dicerna lebih lambat. Sedangkan pati dari jagung kontrol tetap memiliki efek hiperglikemik setelah dikonsumsi. Hasil peningkatan kadar amilosa dengan modifikasi enzim pullulanase dapat dilihat pada table di bawah ini :

Table 4.2.2. Peningkatan kadar amilosa pati

Jenis amilosa	Kontrol	Inkubasi 12 jam	Inkubasi 24 jam
Jagung	31,15	33,26	30,37
Ubi kayu	30,85	42,45	29,63

Pengolahan pada bahan pangan yang disediakan oleh Allah SWT di alam merupakan hak kita sebagai manusia. Manusia berhak memanfaatkan kekayaan alam seluas-luasnya sebagai pemenuhan kebutuhan hidup disamping menjalankan

amanat sebagai kholifah yang berkewajiban menjaga kelestarian alam. Pemanfaatan bahan makanan yang tersedia di alam tidak selalu berupa memasak atau mengkonsumsinya secara langsung, bisa juga dengan cara melakukan modifikasi pada bahan tersebut untuk tujuan tertentu. Salah satunya adalah melakukan modifikasi enzimatik untuk meningkatkan kadar amilosa pati seperti yang dilakukan pada penelitian ini. Allah SWT berfirman :

وَسَخَّرَ لَكُم مَّا فِي السَّمَوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ جَمِيعًا مِّنْهُ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ

Artinya : *“Dan dia Telah menundukkan untukmu apa yang di langit dan apa yang di bumi semuanya, (sebagai rahmat) daripada-Nya. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang berfikir”* (QS. Al-Jatsiyah : 13).

Ayat di atas memberikan petunjuk ada manusia bahwa semua kekayaan alam dapat dimanfaatkan seluasnya demi menunjang kehidupan. Demikian juga dengan proses modifikasi bahan pangan pada penelitian ini yaitu pembuatan pati rendah glikemik dengan modifikasi enzim pullulanase.

Sebelum substrat pati diberikan enzim, terlebih dahulu dilakukan pemanasan dengan suhu 105° C agar pati tergelatinisasi. Hal ini dilakukan agar substrat pati lebih mudah dihidrolisis oleh enzim pullulanase. Pati tidak larut dalam air dingin, tetapi bagian amorfus pada granula pati dapat menyerap air sampai 30 % tanpa merusak struktur misel. Jika suspensi air pati dipanaskan maka akan terjadi pembengkakan granula yang bersifat reversibel, tetapi jika pemanasan mencapai suhu tertentu, pembengkakan granula menjadi ireversibel dan terjadi

perubahan struktur dari granula, proses ini disebut gelatinisasi (Whistler *et al.*, 1984).

Suhu gelatinisasi tergantung pada konsentrasi pati, makin kental larutan, maka suhu gelatinisasi akan makin lambat tercapai. Suhu gelatinisasi untuk tiap-tiap jenis pati berbeda-beda, misalnya pada jagung 62-70 °C, beras 68-78 °C, gandum 54,5-64 °C, kentang 58-66 °C dan tapioka 52-64 °C (Wurzburg, 1995).

Ditambahkan oleh Widowati (2006), bahwa hidrolisis pati juga dipengaruhi oleh faktor-faktor lain seperti serat pangan, lemak, dan kandungan pati resisten. Serat pangan dan pati resisten yang terdapat dalam granula pati menghambat penetrasi yang dilakukan oleh enzim yang akan menghidrolisis komponen pati. Terhambatnya penetrasi enzim ini akan memperpanjang waktu yang dibutuhkan enzim dalam menghidrolisis pati. Sehingga, pada waktu inkubasi yang sama akan dihasilkan peningkatan kadar amilosa yang berbeda tergantung dari kadar pati resisten yang terdapat dalam pati tersebut.

Perbedaan hasil peningkatan kadar amilosa juga dipengaruhi oleh jenis bahan pati yang dimodifikasi. Pada tahap penelitian ini, kadar amilosa yang lebih tinggi pada pati dari bahan ubi kayu daripada pati dari jagung disebabkan karena ukuran granula pati jagung yang lebih besar dari pada ukuran granula pati ubi kayu. Granula pati yang lebih kecil memiliki rasio luas permukaan molekul yang lebih besar untuk dihidrolisis oleh enzim, sedangkan ukuran yang lebih besar lebih sedikit terdapat rasio permukaan yang dapat dihidrolisis oleh enzim. Hal inilah yang mengakibatkan pati jagung tidak mengalami kenaikan kadar amilosa yang signifikan (Singh *et al.* 2005).