

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan mengenai : (2.1) Pangan fungsional (2.2) *Theobroma Cacao L.*, (2.3) *Cocoa Powder* (2.4) Antioksidan Pada *Theobroma Cacao* dan Produk Turunannya (2.5) Pengaruh Pengolahan Pangan Terhadap Kadar Antioksidan Kakao Dan Produk Turunannya (2.6) Pengaruh Kakao Dan Produk Turunannya Terhadap Kadar Glukosa Darah (2.7) Kadar Glukosa Darah, (2.8) Diabetes Melitus, (2.9) Peran Insulin, (2.10) Alokasi Monohidrat

2.1 Pangan Fungsional

Pangan pada saat ini telah diketahui memiliki manfaat untuk kesehatan. Ungkapan yang mengatakan bahwa pangan dapat berperan sebagai untuk menjaga kesehatan telah diungkapkan oleh hipocrates dengan ungkapan “*let the food be thy medicine and medicine be thy food*”. Pada sekitar tahun 1970-an perhatian para ilmuwan secara dramatis berubah dari masalah kekurangan zat gizi menjadi kelebihan zat gizi. Sejak itu muncul anjuran untuk mengkonsumsi makanan rendah lemak jenuh, kaya akan sayuran dan buah – buahan, biji – bijian utuh, dan kacang-kacangan untuk mengurangi resiko timbulnya penyakit kronis seperti penyakit jantung, kanker, osteoporosis, diabetes dan stroke. Para ilmuwan juga mulai mengidentifikasi senyawa aktif secara fisiologis baik dari tanaman, maupun hewan yang dapat mengurangi resiko timbulnya berbagai macam penyakit kronis.

Pada tahun 1990 munculah konsep “pangan menyehatkan” yang sekarang kita kenal dengan konsep pangan fungsional.

Istilah pangan fungsional pertama kalinya diperkenalkan di Jepang pada tahun 1980-an , dikenal dengan istilah *FOSHU* “*Food For Specified Health Use*” dan diberi persetujuan oleh kementrian kesehatan dan kesejahteraan Jepang.

Pangan fungsional menjadi sangat populer setelah hasil-hasil penelitian yang menunjukkan adanya peranan dari senyawa-senyawa kelompok non-gizi dalam bahan pangan yang mempunyai fungsi tertentu untuk kesehatan. Beberapa fungsi fisiologis yang diharapkan adalah sebagai pencegah dari timbulnya penyakit, meningkatkan daya tahan tubuh, regulasi kondisi ritme tubuh, memperlambat proses penuaan dan penyehatan kembali. Pangan fungsional adalah golongan makanan atau minuman yang mengandung bahan-bahan yang diperkirakan dapat meningkatkan status kesehatan dan mencegah penyakit tertentu. Beberapa persyaratan yang harus dipenuhi olah produk pangan untuk bisa dikategorikan sebagai pangan fungsional :

- Harus produk pangan bukan bentuk kapsul, tablet, atau puyer yang berasal dari bahan alami.
- Dapat serta layak dikonsumsi sebagai diet atau menu sehari-hari.
- Mempunyai fungsi tertentu saat dicerna, serta dapat memberikan peran dalam proses tubuh tertentu, membantu mengembalikan kondisi tubuh setelah sakit tertentu, menjaga kondisi dan mental, serta memperlambat penuaan.

- Kandungan fisik dan kimianya jelas serta mutu dan jumlahnya, aman untuk dikonsumsi.
- Kandungannya tidak boleh menurunkan nilai gizinya. (Wahyono, H, 2015)

2.2 *Theobroma Cacao L.*

Kakao (*Theobroma cacao L.*) merupakan salah satu komoditi perdagangan yang mempunyai peluang untuk dikembangkan dalam rangka usaha memperbesar atau meningkatkan devisa negara serta penghasilan petani kakao. Produksi biji kakao di Indonesia secara signifikan terus meningkat, namun mutu yang dihasilkan sangat rendah dan beragam, antara lain kurang terfermentasi, tidak cukup kering, ukuran biji tidak seragam, kadar kulit tinggi, keasaman tinggi, cita rasa sangat beragam dan tidak konsisten. Hal tersebut tercermin dari harga biji kakao Indonesia yang relatif rendah dan dikenakan potongan harga dibandingkan harga produk sama dari negara produsen lain. Pulp merupakan senyawa yang sebagian besar terdiri atas air. Kakao dibagi tiga kelompok besar yaitu Criollo, Forestero, dan Trinitario. Sifat kakao Criollo adalah pertumbuhannya kurang kuat, daya hasil lebih rendah daripada Forestero, relatif gampang terserang hama dan penyakit, permukaan kulit buah Criollo kasar, berbenjol dan alurnya jelas. Kulit ini tebal tetapi lunak sehingga mudah dipecah. Kadar lemak dalam biji lebih rendah daripada Forestero tetapi ukuran bijinya besar, bulat, dan memberikan citarasa khas yang baik. Lama fermentasi bijinya lebih singkat daripada tipe forestero. Berdasarkan tata niaga, kakao Criollo termasuk kelompok kakao mulia

(*fine flavoured*), sementara itu kakao Forestero termasuk kelompok kakao lindak (*bulk*). Kelompok kakao trinitario merupakan hibrida Criollo dengan Forestero. Sifat morfologi dan fisiologinya sangat beragam demikian juga daya dan mutu hasilnya. (Haerani, 2012).

Pada tanaman dewasa dijumpai akar sekunder menyebar sekitar 15 - 20 cm dibawah permukaan tanah. Kakao yang diperbanyak secara vegetatif pada awal pertumbuhan tidak menumbuhkan akar tunggang melainkan akar-akar serabut yang banyak jumlahnya. Setelah dewasa tanaman tersebut menumbuh dua akar yang mempunyai akar tunggang. Kakao mempunyai perakaran lengkap setelah tanaman berumur tiga tahun tetapi hal ini tergantung pada faktor-faktor tanah dan 6 jenis tanaman serta pemupukannya. Pada akar kakao terdapat juga jamur mikoriza yang berperan dalam penyerapan hara tertentu, terutama fosfor. Batang Kakao dapat tumbuh sampai dengan ketinggian 8 - 10 meter dari pangkal batangnya pada permukaan tanah dan pertumbuhannya cenderung lebih pendek apabila ditanam tanpa pohon pelindung. Tunas-tunas air dapat tumbuh melalui batang maupun cabang. Percabangan tanaman kakao menunjukkan ciri khas (spesifik). Tanaman kakao yang berasal dari biji, akan tumbuh menjadi tanaman kakao yang lurus, tetapi pada umur sekitar 10 bulan pada batang akan terbentuk 3 - 6 cabang kipas (*fanbranches*). Titik pertemuan cabang-cabang ini disebut prapatan (*gorquette*). Tinggi batang sampai terbentuk *gorquette* sangat bervariasi tetapi pada umumnya sekitar 1 - 2 m dari permukaan tanah. Daun kakao terdiri atas tangkai daun dan helaian daun. Bentuk helaian daun bulat memanjang (*oblongus*), ujung daun meruncing, dan pangkal daun runcing panjang 25 - 35 cm

dan lebar 9 - 12 cm. Daun yang tumbuh pada ujung-ujung tunas biasanya berwarna disebut flush, permukaannya seperti sutera. Setelah dewasa dan warna daun akan berubah menjadi hijau dan permukaannya kasar. Pada umumnya daun-daun yang terlindung lebih tua warnanya bila dibandingkan dengan daun yang langsung terkena sinar matahari. Kedudukan daun kakao pada cabang primer maupun sekunder terdiri atas dua tipe masing-masing $3/8$ dan $1/2$. Kedudukan daun $3/8$ didapati pada cabang ortotrop dan kedudukan daun $1/2$ didapati pada cabang plagiotrop. Bunga Jumlah bunga kakao mencapai 5000 - 12.000 bunga per pohon pertahun. Kakao bersifat kauliflori, artinya bunga dan buah tumbuh dan berkembang pada batang atau cabang pada bekas ketiak daun. Bunga kakao tergolong bunga sempurna, terdiri atas daun kelopak (*calyx*) sebanyak 5 helai dan benang sari (*androecium*) sejumlah 10 helaian. Diameter bunga 1,5 cm. Bunga disangga oleh tangkai bunga yang panjangnya 2,4 cm. Tangkai bunga tersebut tumbuh dari bantalan bunga pada batang/cabang. Bantalan bunga pada cabang akan menumbuhkan bunga ramiflora, sedangkan bunga pada batang akan menumbuhkan bunga cauliflora. Buah kakao berupa buah buni yang mempunyai daging buah lunak, kulit buah mempunyai 10 alur dan tebalnya 1 - 2 cm. Permukaan buah ada yang halus dan ada yang kasar, warna buah beragam ada yang merah, hijau muda, hijau, merah muda dan merah tua. Jumlah biji perbuah sekitar 30 - 50 biji, dengan berat 0,6 - 1,3 g/biji. Biji pada buah muda menempel dibagian kulit apabila buah sudah matang biji akan terlepas dari kulit sehingga akan berbunyi saat diguncang. (Junaidi, 2013).

Biji kakao merupakan salah satu komoditas perdagangan yang mempunyai peluang untuk dikembangkan dalam rangka usaha meningkatkan devisa negara serta penghasilan petani kakao. Produksi biji kakao di Indonesia secara signifikan terus meningkat, namun mutu yang dihasilkan sangat rendah dan beragam, antara lain kurang terfermentasi, tidak cukup kering, ukuran biji tidak seragam, kadar kulit tinggi, keasaman tinggi, cita rasa sangat beragam dan tidak konsisten. Hal tersebut tercermin dari harga biji kakao Indonesia yang relatif rendah dan dikenakan potongan harga dibandingkan harga produksama dari negara produsen lain (Haerani, 2012). Dalam taksonomi, kakao diklasifikasikan sebagai berikut :

Kingdom : Plantae

Divisio : Spermatophyta

Subdivisio : Angiospermae

Kelas : Dicotyledoneae

Ordo : Malvales/Columniferae

Famili : Sterculiaceae

Genus : Theobroma

Spesies : Theobroma cacao, L (Nawaekasari, 2012)



Gambar 2. *Theobroma Cacao L.*

Sumber : Cook, LR. 2018

Kakao merupakan tumbuhan tahunan (*perennial*) berbentuk pohon, di alam dapat mencapai ketinggian 10 m. Meskipun demikian, dalam pembudidayaan tingginya dibuat tidak lebih dari 5 m tetapi dengan tajuk menyamping yang meluas. Hal ini dilakukan untuk memperbanyak cabang produktif. Di Indonesia, kakao mulia dihasilkan oleh beberapa perkebunan tua di Jawa. Varietas penghasil kakao mulia berasal dari pemuliaan yang dilakukan pada masa kolonial Belanda, dan dikenal dari namanya yang berawalan “DR” (misalnya DR-38). Singkatan ini diambil dari singkatan nama perkebunan tempat dilakukannya seleksi (Djati Roenggo, di daerah Ungaran, Jawa Tengah). Varietas kakao mulia berpenyerbukan sendiri. Sebagian besar daerah produsen kakao di Indonesia menghasilkan kakao curah. Kakao curah berasal dari varietas-varietas yang *self-incompatible*. Kualitas kakao curah biasanya rendah, meskipun produksinya lebih tinggi. Bukan rasa yang diutamakan tetapi biasanya kandungan lemaknya. Kakao secara umum adalah tumbuhan menyerbuk silang. Walaupun demikian, beberapa varietas kakao mampu melakukan penyerbukan sendiri dan menghasilkan jenis

komoditi dengan nilai jual yang lebih tinggi. Buah tumbuh dari bunga yang diserbuki. Ukuran buah jauh lebih besar dari bunganya, dan berbentuk bulat hingga memanjang. Buah terdiri dari 5 daun buah dan memiliki ruang dan di dalamnya terdapat biji. Warna buah berubah-ubah. Sewaktu muda berwarna hijau hingga ungu. Apabila masak kulit luar buah biasanya berwarna kuning. Biji terangkai pada plasenta yang tumbuh dari pangkal buah, di bagian dalam. Biji dilindungi oleh salut biji (aril) lunak berwarna putih. Dalam istilah pertanian disebut pulp. Endospermia biji mengandung lemak dengan kadar yang cukup tinggi. Dalam pengolahan pascapanen, pulp difermentasi selama tiga hari lalu biji dikeringkan di bawah sinar matahari.

Kakao (*Theobroma cacao, L.*) merupakan salah satu komoditas perkebunan yang memiliki prospek cerah karena harganya relatif tinggi, mudah dipasarkan serta mempunyai arti ekonomi sebagai penghasil devisa Negara. Tanaman kakao dapat tumbuh di sebagian besar wilayah Indonesia terutama Pulau Sulawesi, Pulau Jawa dan Pulau Sumatera. Ketinggian pohon kakao mencapai 12-15 m dan tumbuh di dataran rendah pada ketinggian kurang dari 700 m di atas permukaan laut. Indonesia merupakan negara produsen kakao terbesar ketiga di dunia setelah Pantai Gading dan Ghana. Berdasarkan data dari Direktorat Jenderal Perkebunan, total produksi kakao Indonesia tahun 2009 sebanyak 809.583 ton. Produksi biji kakao kering menghasilkan produk sampingan atau limbah diantaranya kulit buah kakao dan pulp sedangkan pada proses pengolahan biji kakao kering menjadi produk coklat dihasilkan limbah berupa kulit biji kakao. Limbah kulit biji kakao belum dimanfaatkan secara optimal dan nilai ekonomisnya rendah. Sejah ini

limbah kulit biji kakao hanya dimanfaatkan sebagai pakan ternak dan kompos. Kulit biji kakao adalah kulit tipis, lunak dan agak berlendir yang menyelubungi keping biji kakao. Persentasenya berkisar 10-16% dari keseluruhan bagian biji kakao kering. Pada proses pengolahan biji kakao menjadi coklat, kulit biji kakao dipisahkan dari keping bijinya melalui proses *winnowing*. Kulit biji kakao masih mengandung komponen fungsional seperti theobromine, kafein, dan polifenol. Senyawa-senyawa tersebut merupakan komponen fitokimia hasil metabolit sekunder tanaman. (Karyaputri et al, 2014) Komponen fitokimia dapat diisolasi dari tanaman dengan cara ekstraksi. Salah satu metode ekstraksi yang dapat diterapkan adalah maserasi menggunakan pelarut organik seperti etanol dan aseton. Berbagai komponen fitokimia pada tanaman diketahui dapat menghambat bakteri patogen. Beberapa diantaranya flavon, flavonoid dan flavonol yang diketahui secara *in vitro* menjadi zat antimikroba yang efektif melawan berbagai macam mikroorganisme. Sifat antimikroba pada fitokimia ini diduga berpotensi untuk digunakan sebagai pengawet alami pada bahan pangan.

Tabel 1. Komposisi Biji Kakao Segar

Komposisi	Nilai Parameter
Air	3,65 %
Karbohidrat	15 %
Gula	1 %
Pati	6 %
Lemak	30 – 55 %
Protein	18 %
Mineral	3-4 %
Tanin	8-10 %
Asam	0,5 – 1 %
pH	6-7

Sumber : Tien R, Muchtadi, 1992.

2.3 Cocoa Powder

Coklat bubuk atau *cocoa powder* terbuat dari bungkil atau ampas biji coklat yang telah dipisahkan lemak coklatnya. Bungkil ini dikeringkan dan digiling halus sehingga terbentuk tepung coklat. Coklat bubuk ada dua jenis, yang pertama melalui proses natural dan yang kedua melalui proses dutch. kakao natural sedikit asam, sedangkan kakao *dutch* warnanya lebih gelap dan coklatnya lebih lembut. Kakao proses *dutch* lebih disukai untuk membuat cokelat panas karena aromanya lebih lembut. Kebanyakan coklat bubuk yang dijual dipasaran adalah jenis *cocoa* natural. Coklat bubuk natural dibuat dari bubur coklat atau balok coklat pahit, dengan menghilangkan sebagian besar lemaknya hingga tinggal 18-23%. Coklat jenis ini berbentuk tepung, mengandung sedikit lemak, dan rasanya pahit. Banyak sekali yang menggunakan coklat bubuk jenis ini sebagai bahan campuran untuk membuat kue.



Gambar 3. *Cocoa Powder* (Cokelat Bubuk)
Sumber : Gabrielle, 2018

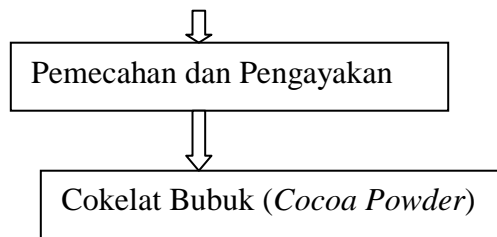
Tabel 2. Sifat Fisik Cocoa Powder
Nilai gizi per 100 gram

Energi	954 kJ (228 kkal)
Karbohidrat	57,90 g
Lemak	13,70 g
Protein	19,60 g
Air	3,0 g
Kalsium	128 mg
Besi	13,86 mg
Magnesium	499 mg
Mangan	3,837 mg
Fosfor	734 mg
Kalium	1524 mg
Sodium	21 mg
Seng	6,81 mg

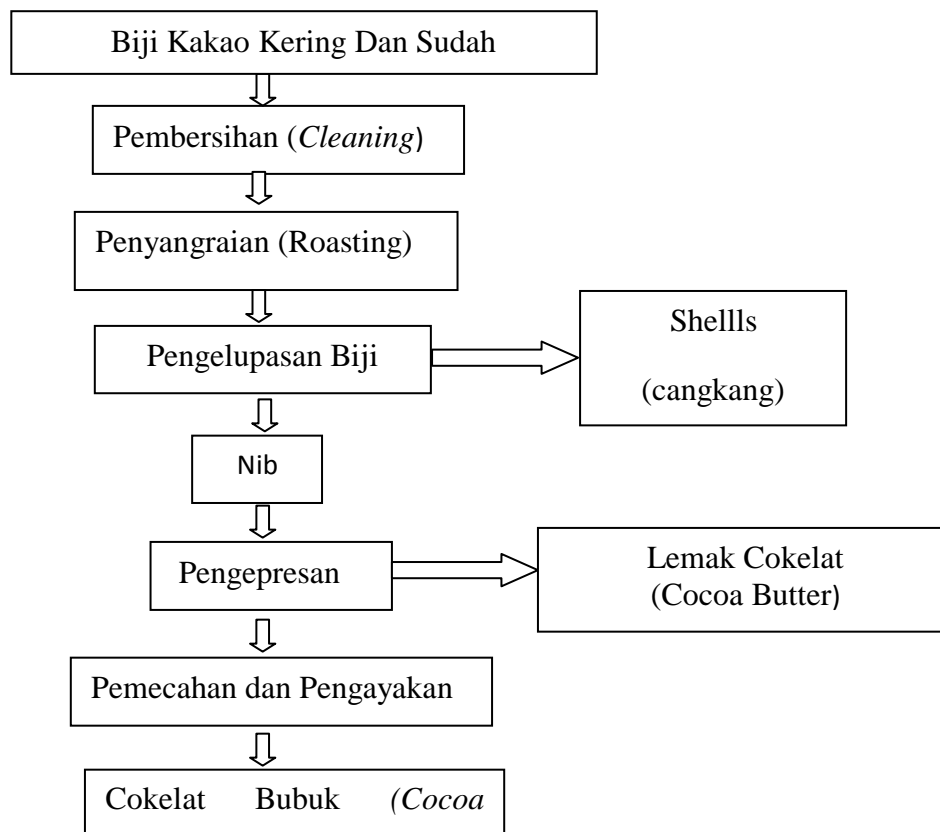
Cokelat bubuk (*cocoa powder*) dapat diolah dengan bermacam-macam cara, dimana warna, cita rasa dan kadar keasaman dari cokelat bubuk dipengaruhi oleh proses yang dijalankan. Adapun macam proses yang umum dipakai pada pembuatan cokelat bubuk (*cocoa powder*) ada 2, yaitu :

1. Pembuatan dengan Process *Dutch*
2. Pembuatan dengan Proses Konvensional (natural)





Gambar 4. Diagram Alir Pembuatan Cokelat Bubuk dengan Proses Dutch



Gambar 5. Diagram Alir Pembuatan Cokelat Bubuk dengan Proses Konvensional

Tabel 3. Perbedaan Hasil Pengolahan *Cocoa Powder* Metode *Dutch* Dan Konvensional

Parameter	Nama Proses	
	Proses <i>Dutch</i>	Proses Konvensional
Jenis proses	Proses <i>Dutch</i>	Proses Konvensional
Bahan baku	Biji coklat	Biji coklat
Kondisi Operasi :		
Suhu penyangraian	98 - 110°C	98 - 110°C

Waktu penyangraian	10 – 35 menit	10 – 35 menit
Suhu alkalisasi	75 - 100 °C	-
Konsentrasi larutan alkali	2 – 2,5 %	-
Bahan alkalisasi	Air & potassium karbonat	-
Tekanan press lemak	400 – 500 bar	400 – 500 bar
Suhu press lemak	90 – 100 °C	90 – 100 °C
Produk yang dihasilkan :		
Rasa	Rasa lebih ringan, halus dan lebih lembut	Rasanya cenderung pahit.
Aroma	Aroma lembut	Aroma kasar
Warna	Lebih gelap	Lebih terang
pH (kadar keasaman)	Rendah (6,5 – 8,1)	Tinggi (5,2 – 5,9)

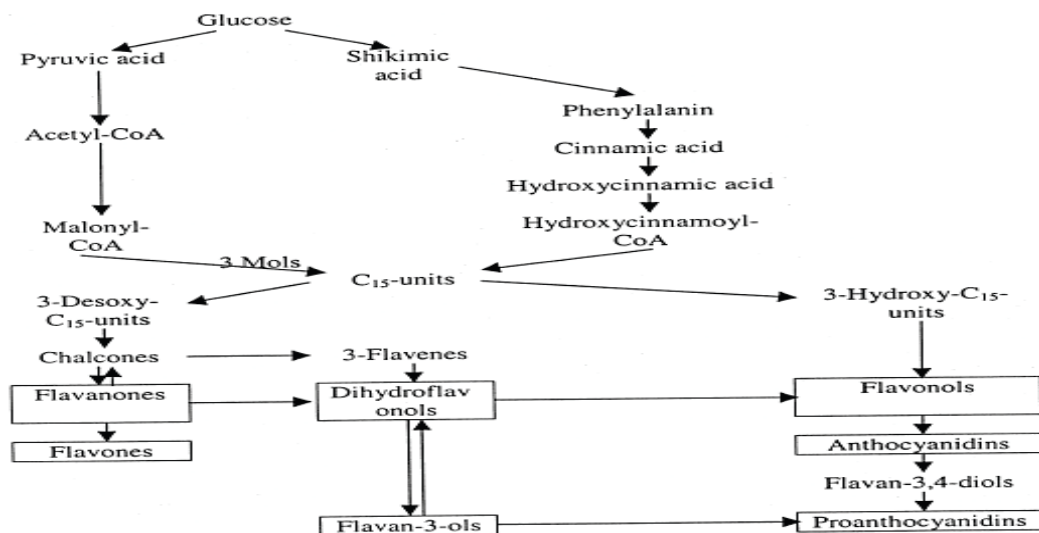
Sumber : (Romalawati, M, 2012)

2.4 Antioksidan Pada *Theobroma Cacao* dan Produk Turunannya

Senyawa polifenol yang merupakan antioksidan merupakan produk dari metabolisme sekunder tanaman, yang disintesis melalui dua jalur sintetik utama, yaitu jalur shikimat dan jalur piruvat, dimana asam shikimat dan asam piruvat merupakan hasil metabolisme dari senyawa glukosa. Jumlah serta jenis polifenol yang terkandung pada biji kakao Jumlah kandungan senyawa polifenol pada biji kakao akan bervariasi tergantung pada tingkat kematangan buah, varietas atau kultivar dan lingkungan tempat tumbuh tanaman kakao tersebut. Pada umumnya besarnya kandungan senyawa polifenol yang terdapat pada biji kakao matang yang segar dan belum dilakukan pengolahan/belum difermentasi adalah 12-18%. Kandungan polifenol pada biji kakao sangat tergantung pada lingkungan tempat tumbuh seperti iklim dan jenis tanah. Hasil penelitian Othman et al. (2007) menyatakan biji kakao dari Indonesia mempunyai kandungan polifenol yang lebih tinggi dibandingkan biji kakao Pantai Gading, dan kandungan polifenolnya sama dengan biji kakao dari Ghana, tetapi polifenolnya lebih rendah dibandingkan biji kakao dari Malaysia Othman et al. Kandungan gugus fenol epicatechin pada biji

kakao Indonesia lebih tinggi bila dibandingkan dengan biji kakao dari Malaysia, Ghana dan Pantai Gading. Kandungan senyawa polifenol pada kultivar Forastero dan Trinitario lebih tinggi bila dibandingkan dengan kultivar Criollo. (Towaha, J, 2014)

Adapun hasil penelitian Miller *et al.* (2006) menyatakan kandungan total flavan-3-ol pada cokelat bubuk natural sebanyak 22,86-40,25 mg/g, pada cokelat bubuk alkalisasi ringan sebanyak 8,76-24,65 mg/g dan pada cokelat bubuk alkalisasi berat sebanyak 1,33-6,05 mg/g. Adanya proses pengolahan kakao seperti fermentasi, pengeringan, penyangraian dan proses teknologi produksi lainnya sangat berkontribusi terhadap pengurangan kandungan senyawa polifenol pada biji kakao maupun pada produk turunannya. Seperti pada proses fermentasi yang dapat mereduksi kandungan senyawa polifenol pada biji kakao sebanyak \pm 53% dari kandungan semula. Senyawa polifenol yang terkandung dalam biji kakao sangat berkontribusi terhadap karakteristik citarasa cokelat karena memberikan rasa sepat (astringent) dan pahit.



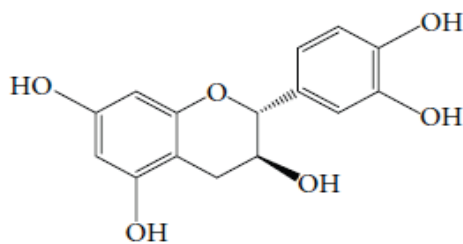
Gambar 6. Skema Biosintesis Polifenol Pada Tanaman Kakao

Sumber : Wollgast dan Anklam (2000)

Tabel 4. Kandungan Flavonoid Pada Theobroma Cacao

Proanthocyanidin	Flavan-3 ol	Anthocyanidin	Flavonol glycoside
1. Procyanidin B1	1. (-)-Epicatechin	1. Cyanidin-3- α -L-arabinosid	1. Quercetin-3-O- α -D-arabinosid
2. Procyanidin B2	2. (+)-Catechin	2. Cyanidin-3- β -D-galaktosid	2. Quercetin-3-O- β -D-glucopuranosid
3. Procyanidin B3	3. (+)-Gallocatechin		
4. Procyanidin B4	4. (-)Epigallocatechin		
5. Procyanidin B5			
6. Procyanidin C1			
7. Procyanidin D			

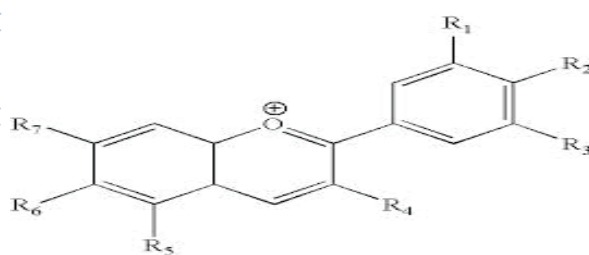
Sumber : Wollgast dan Anklam (2000)



Gambar 7.

Struktur molekul (+)-Catechin

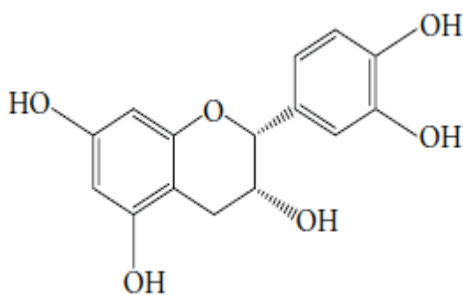
Sumber : Ackar et al. (2013)



Gambar 8.

Struktur Molekul Anthocyanidin

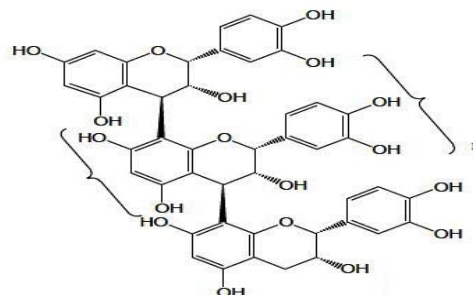
Sumber : Ackar et al. (2013)



Gambar 9.

Struktur Molekul (-)-Epicatechin

Sumber : Wollgast and Anklam (2000)



Gambar 10.

Struktur Molekul Proanthocyanidin

Sumber : Wollgast (2004)

Produk utama dari pengolahan kakao antara lain cairan coklat, lemak kakao, dan coklat bubuk (*cocoa powder*), *cocoa powder* didapat dengan memisahkan minyak atau lemak yang terdapat pada biji kakao dari cairan coklat selanjutnya dilakukan

proses grinding hingga didapat *cocoa powder*. Adapun kandungan polifenol *cocoa powder* dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Kandungan Polifenol Pada Beberapa Jenis Produk Kakao dan Cokelat

Jenis Produk Kakao / Cokelat	Kandungan Polifenol (%)	Kandungan Total Fenol (mg CAE/100 g)
Pasta Kakao	2,02-4,11	-
Lemak Kakao	0,01	-
Cokelat Bubuk Natural	3,02-4,73	1.274,47
Cokelat Bubuk Alkalisasi	-	267,35
Cokelat Gelap (<i>Dark Chocolate</i>)	1,52-2,13	578,64
Cokelat Susu (<i>Milk Chocolate</i>)	0,56	160,46
Cokelat Putih (<i>White Chocolate</i>)	-	126,39

Keterangan : CAE = *Catechin Equivalent*

Sumber : Towaha. J (2014)

Tabel 6. Kapasitas Antioksidan Beberapa Produk Cokelat Berdasarkan Metode ORAC (*Oxygen Radical Absorbance Capacity*)

JENIS PRODUK	ORAC ($\mu\text{mol TE/g}$)
Cokelat bubuk natural	709-899
Cokelat bubuk alkalisasi	397-406
Cokelat pahit batangan	450-532
Cokelat semi manis	174-190
Cokelat gelap	161-349
Cokelat susu	68-86
Cokelat sirup	57,5-66,7

Keterangan : TE = *Trolox Equivalent*

Sumber : Hii et al. (2009)

2.5 Pengaruh Pengolahan Pangan Terhadap Kadar Antioksidan Kakao Dan Produk Turunannya

Proses pengolahan mempengaruhi pengurangan kandungan senyawa polifenol pada biji kakao. Adapun proses pengolahannya adalah proses fermentasi, pengeringan, penyangraian dan alkalisasi. Sedangkan proses pengolahan lainnya seperti proses produksi untuk menghasilkan berbagai produk coklat walaupun ada pengaruhnya, tetapi tidak sebesar pengaruh proses pengolahan sebelumnya

Semakin ke hilir proses produksi kandungan senyawa polifenol semakin menurun yang diakibatkan oleh adanya pengurangan pada setiap proses produksi. Adapun nilai kapasitas antioksidan beberapa produk coklat berdasarkan metode ORAC (*Oxygen Radical Absorbance Capacity*) dapat dilihat pada (Tabel 6). Terlihat bahwa semakin ke hilir proses produksi, semakin rendah nilai kapasitas antioksidan dari produk tersebut. Walaupun demikian, nilai kapasitas antioksidan dari berbagai produk coklat tersebut cukup memadai untuk berkontribusi dalam menyehatkan tubuh manusia.

2.6 Pengaruh Kakao dan Produk Turunannya Terhadap Kadar Glukosa Darah

Banyak penelitian telah dilakukan tentang efek kakao untuk memperbaiki kesehatan, salah satu diantaranya mengenai manfaat konsumsi produk kakao untuk menurunkan kadar glukosa darah pada hewan percobaan, hal tersebut diduga karena kakao dan produk turunannya memiliki kadar antioksidan yang tinggi. Wollgast dan Anklam (2000) mengemukakan bahwa polifenol biji kakao memiliki

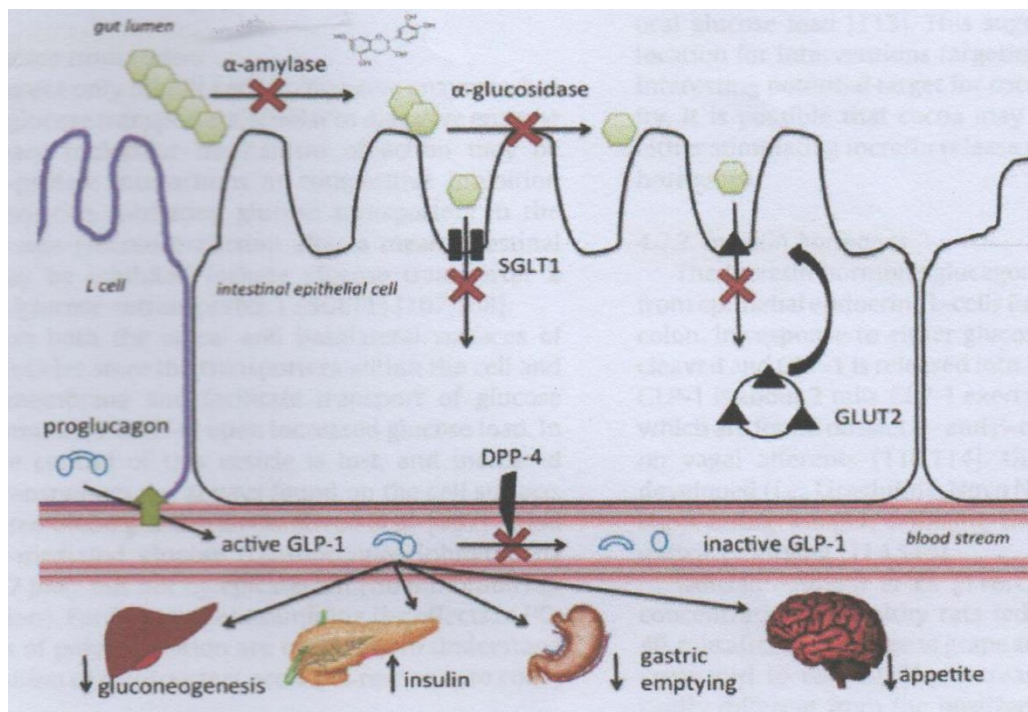
aktifitas antioksidan yang sangat baik dan bermanfaat bagi tubuh, sehingga polifenol kakao terus mendapat perhatian para pakar gizi dan pengobatan sehubungan dengan kandungan senyawa polifenol yang bersifat sebagai antioksidan. Othman et al. (2006) menyatakan bahwa kandungan senyawa fenolik dalam biji kakao dari Malaysia, Ghana, *Ivory Coast* dan Sulawesi (Indonesia) memiliki kapasitas antioksidan yang tinggi. (Erniati, 2007)

Sebuah penelitian yang dilakukan oleh Olasope et al, memberikan kesimpulan bahwa pemberian *cocoa powder* pada hewan coba memberikan hasil berupa efek menurunnya kadar glukosa darah dan perbaikan pada parameter hematologi pada tikus diabetik. (Olasope, et al, 2017). Ruzaidi, et al (2008) pada sebuah penelitian menyimpulkan bahwa ekstrak kakao mampu menurunkan kadar glukosa darah yang tinggi pada tikus diabetik dengan cara meningkatkan sekresi insulin pada sel pada bagian sel pankreas yang rusak. (Ruzaidi, et al, 2008).

Menurut Grassi et al (2004) dalam penelitiannya menyatakan dengan mengkonsumsi coklat gelap (*dark chocolate*) yang kaya polifenol 100 g setiap hari dapat meningkatkan kandungan insulin yang berfungsi untuk menurunkan kandungan glukosa dalam darah, sehingga dapat mencegah dan mengurangi terjadinya penyakit diabetes melitus. Menurut Latif (2013) produk coklat yang kaya polifenol sangat bermanfaat bagi penderita diabetes, karena dapat mengurangi resistensi insulin dan meningkatkan sensitivitas insulin pada tubuh, sehingga lambat laun insulin dapat diproduksi lagi lebih lanjut. Grassi et al., (2004) menjelaskan bahwa terjadinya pengurangan resistensi insulin dan

peningkatan sensitivitas insulin dikarenakan adanya senyawa NO (*nitric oxide*) yang terangsang keluar akibat pengaruh polifenol coklat.

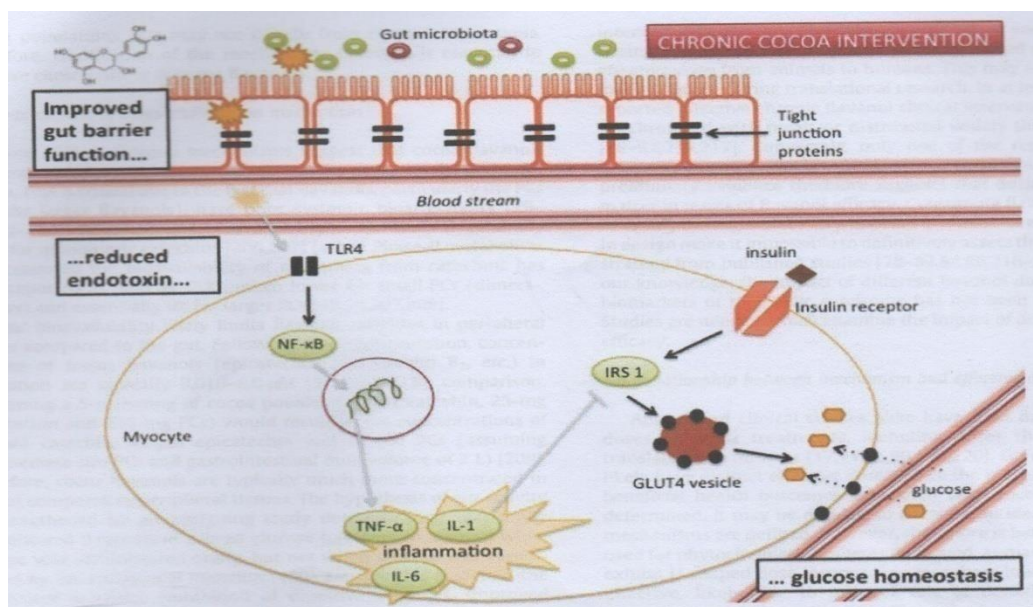
Zat bioaktif pada kakao yaitu flavanol bisa meringankan gejala sindroma metabolik dengan cara memperbaiki keseimbangan kadar glukosa dalam tubuh, cara pertama yaitu dengan mengurangi ambilan glukosa dalam tubuh setelah makan dengan cara menghambat enzim pencernaan dan juga menghambat reseptor pengangkut glukosa pada sel, dan meningkatkan respon inkretin, hasil ini bisa terlihat ketika dilakukan pemberian kakao secara akut, dan reaksi ini pada umumnya terjadi pada saluran pencernaan.



Gambar 11. Hipotesis mekanisme bagaimana flavonoid pada kakao bisa mempengaruhi pencernaan karbohidrat. Salah satu mekanismenya yaitu dengan cara menghambat enzim pencernaan alfa amilase dan alfa glukosidase, menghambat penghantar glukosa SGLT1 dan GLUT2, dan merangsang GLP-1 dan menghambat DPP-4.

Cara kedua konsumsi kakao secara kronis bisa memberikan hasil yang menguntungkan bagi mikrobiota pada saluran cerna, yang mengakibatkan fungsi

barrier saluran pencernaan menjadi lebih baik. Yang pada gilirannya akan mengurangi endotoksin yang bersirkulasi pada saluran pencernaan dan memperbaiki mekanisme pensinyalan insulin pada sel – sel di saluran pencernaan. Proisianinid yang merupakan antioksidan termasuk suatu zat yang stabil ketika melalui saluran pencernaan, sehingga bioavailabilitas tidak menjadi faktor yang membatasi.



Gambar 12. Mekanisme Bagaimana Pemberian Kakao Secara Kronis Bisa Memperbaiki Keseimbangan Kadar Glukosa Darah Dalam Tubuh. Flavonoid Pada Kakao Bisa Memperbaiki *Barrier (Sawar)* Pada Saluran Cerna, Yang Bisa Menurunkan Penurunan Endotoksin Pada Serum, Menurunkan Peradangan, Sehingga Bisa Mengendalikan Kadar glukosa darah.

Cara ketiga flavanol pada kakao bisa bekerja pada jaringan tepi (meningkatkan fungsi sel beta dan sensitifitas insulin pada jaringan otot). Sepertinya ketiga mekanisme yang disebutkan tadi adalah hak yang memungkinkan bagaimana konsumsi kakao dan produk turunannya yaitu *cocoa powder* bisa memberikan manfaat untuk menjaga kesehatan, terutama dalam pengendalian kadar glukosa.

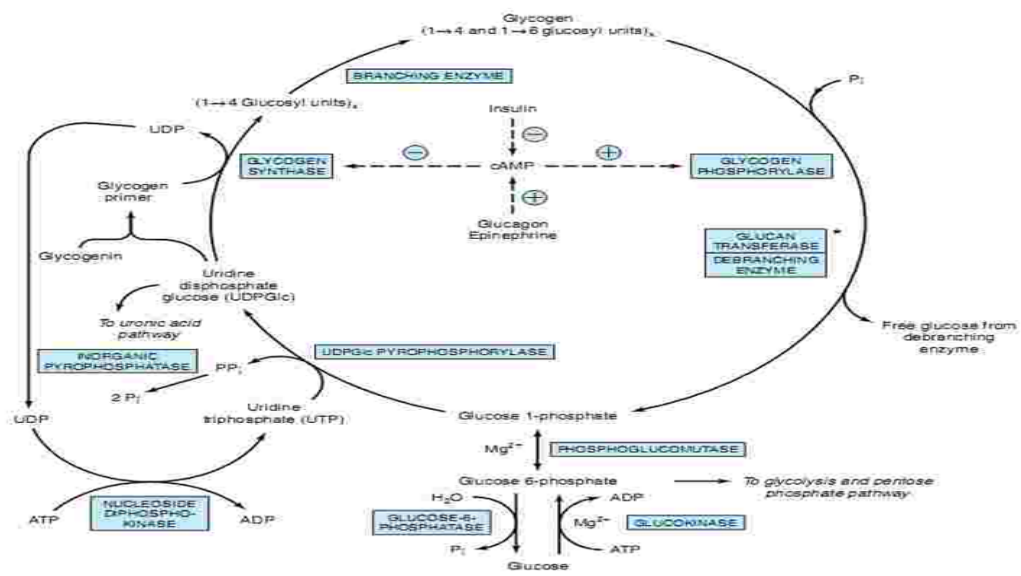
Kakao dan produk turunannya mengandung bermacam jenis flavonoid, pada penelitian yang melibatkan hewan nampaknya zat bioaktif dari *cocoa powder* ini beraksi dengan beragam mekanisme yang telah disebutkan di atas secara sinergis dalam menurunkan kadar glukosa darah (Strat, K, M, et al, 2015)

2.7 Kadar Glukosa Darah

Pada orang normal besar kisaran kadar glukosa darah puasa antara 80 sampai 90 mg/dL diukur sebelum makan pagi. Kadar glukosa darah akan meningkat menjadi 120 sampai 140 mg/dL selama 1 jam setelah makan. Kadar glukosa darah puasa dikatakan meningkat atau hiperglikemia jika lebih dari 126 mg/dL, dan pada kadar glukosa sewaktu adalah lebih dari 200 mg/dL. (Hifzil, 2015).

Makanan yang kita makan yaitu berupa karbohidrat akan dipecah menjadi bentuk yang paling sederhana yaitu berupa glukosa, glukosa kemudian diserap oleh usus yang selanjutnya akan beredar di darah sehingga kadar glukosa darah akan meningkat, kemudian pankreas akan mengeluarkan hormon insulin yang berfungsi sebagai pengatur pengangkutan glukosa darah ke dalam sel-sel tubuh yang akan digunakan sebagai bahan untuk proses metabolisme tubuh. Apabila asupan makanan berlebih, dan kebutuhan glukosa sebagai bahan untuk proses metabolisme sudah mencukupi, maka tubuh akan merespon dengan cara menyimpan glukosa yang berlebih menjadi cadangan energi, glukosa yang

berlebih disimpan dalam hati dan otot berupa glikogen, proses ini disebut glikogenesis. Apabila proses glikogenesis sudah berlebih, maka glukosa akan disimpan sebagai cadangan energi dalam bentuk trigliserida (TAG) di jaringan adiposa yang terdapat dibawah kulit. Apabila asupan makanan kurang, atau tidak ada asupan makanan kedalam tubuh misalnya dalam keadaan puasa, maka tubuh



akan mengkompensasi kebutuhan glukosa dengan cara mengaktifkan hormon glukagon yang berfungsi sebagai merangsang pemecahan glikogen dihati menjadi glukosa proses ini disebut glikogenolisis. Apabila sumber karbohidrat masih tidak terpenuhi oleh asupan makanan, dan glikogen dihati sudah menipis atau habis, maka terjadilah reaksi anabolik yang mensintesis glukosa dari zat nonkarbohidrat yaitu dari cadangan TAG di jaringan adiposa dan asam amino, proses ini disebut dengan glukoneogenesis. (Murray et al, 2009)

Gambar 13. Jalur glikogenesis dan glikogenolisis di hati. (+), Perangsangan; (-) Penghambatan.

Sumber : (Murray et al, 2009)

2.8 Diabetes Melitus

Diabetes Mellitus merupakan kelainan kronik mengenai metabolisme karbohidrat, lemak dan protein. Gambaran khas penyakit ini adalah Hiperglikemia. Sampai sekarang ada bermacam kriteria untuk penyakit ini, beberapa gangguan menggunakan gambaran klinik, yang lain dari segi etiologinya. Angka kejadian

setahun kira – kira 35.000 dan merupakan penyebab kematian no. 7 di Amerika Serikat diperkirakan prevalensi diabetes 1-2 % orang dewasa. Gejala khas pada penderita DM berupa poliuria (kencing berlebih) polidipsia (haus berlebih), lemas dan berat badan turun meskipun nafsu makan meningkat (polifagia). Gejala lain yang mungkin dirasakan pasien adalah kesemutan, gatal, mata kabur, dan impoten pada pasien pria serta piuritis pada pasien wanita. DM memang tidak menunjukkan gejala khas yang mudah dikenali. (Saifunurmazah, 2013).

Tabel 7. Klasifikasi *Diabetes Mellitus*

Kelas	Terminologi lama	Faktor – faktor penyerta	Sifat khas klinik
Diabetes mellitus (DM) Tipe tergantung insulin IDDM - Tipe - 1	Diabetes masa muda Diabetes cenderung terjadi ketosis Diabetes rapuh	Dikaitkan dengan tipe HLA tertentu dan ada reaksi autoimun, genetik dan lingkungan (virus) sebagai faktor etiologi	Insulin hilang sama sekali dan tergantung suntikkan insulin untuk mencegah ketosis atau mempertahankan hidup. Pada kebanyakan kasus timbul pada masa muda, tetapi dapat juga setiap usia
Tidak tergantung insulin (NIDDM) 1. NIDDM obesitas 2. NIDDM tanpa obesitas	Diabetes dewasa Diabetes maturitas Diabetes kebal ketosis	Mungkin berasal majemuk. Genetik dan lingkungan selaku faktor penyerta. Obesitas diduga sebagai faktor etiologi dan dipakai sebagai subklasifikasi. Tidak ada kaitan dengan HLA.	Kadar insulin serum normal, meningkat atau rendah. Pada kebanyakan kasus timbul setelah umur 40 tahun, tetapi dapat juga timbul tiap umur. Kira – kira 60 % penderita obesitas
Tipe lain termasuk DM yang disertai penyebab lain yang dikenali	Diabetes sekunder	1. Penyakit pancreas, 2. penyakit hormon (Cushing) 3. Akibat obat, 4. Reseptor insulin abnormal, 5. Sindrom genetik tertentu	Diabetes mellitus dan gambaran klinik yang menyertainya.
Toleransi glukosa terganggu (IGT)	Diabetes tanpa gejala Diabetes kimia Diabetes laten	Intoleransi glukosa ringan, mungkin karena variasi normal dalam populasi. Dalam beberapa kasus ada stadium NIDDM atau IDDM. Sebagian besar	Uji toleransi glukosa (GTT) dengan nilai diantara normal dan diabetes. Beberapa kasus diduga karena resiko

		tetap dalam kelas ini untuk beberapa tahun atau intoleransi glukosa kembali normal.	penyakit vaskular meningkat, tetapi lesi ginjal dan retina secara klinik tidak ada.
Diabetes gestasi (kehamilan) (GDM)	Diabetes gestasi	Intoleransi glukosa yang timbul dan diketahui selama kehamilan. Faktor kompleks metabolisme dan hormone terlibat, termasuk resistensi insulin. Diabetes yang orangnya jadi hamil, tidak termasuk. Disertai komplikasi gawat perinatal dan naiknya resiko untuk berkembang menjadi diabetes dalam 5 sampai 10 tahun setelah melahirkan.	
Kelas – kelas resiko statistik			
Toleransi glukosa Glukosa abnormal (AGT dulu)	Diabetes laten Pre diabetes	Individu dengan toleransi glukosa sekarang normal, tetapi dulu menunjukkan hiperglikemia diabetes atau IGT yang secara spontan atau ada respon terhadap stimulus yang diketahui. Individu dengan GDM yang kembali normal sebagai anggota subkelas AGT-dulu. Agaknya resiko diabetes mellitus penderita ini tinggi	
Toleransi glukosa secara potensial abnormal (AGT - pot)	Pre diabetes	Individu yang belum pernah menunjukkan toleransi abnormal glukosa, tetapi memiliki resiko tinggi untuk diabetes (misalnya kembar monozigot, kembar atau keturunan diabetes)	

Sumber : Robbins et al, 1995

2.9 Peran Insulin

Insulin merupakan protein kecil yang disintesis oleh sel beta yang memiliki berbagai peranan penting dalam keberlangsungan metabolisme karbohidrat, metabolisme lemak, metabolisme protein dan pertumbuhan. Dalam keadaan glukosa darah normal proses glukoneogenesis akan dihambat oleh insulin. (Hifzil, 2015).

Insulin disintesis oleh sel beta pankreas dari proinsulin dan disimpan dalam butiran berselaput yang berasal dari kompleks golgi. Insulin dilepaskan oleh sel beta dalam keadaan bifasis yang melibatkan dua pool insulin. Kadar glukosa yang naik dalam darah sebagai contoh, segera menimbulkan pelepasan insulin yang disimpan pada butiran sel beta. Jika rangsang sekresi tetap ada terjadi reaksi yang lambat dan berlarut larut yang melibatkan sintesis insulin secara aktif. Diantara berbagai bahan yang diketahui sebagai pencetus pelepasan insulin adalah glukosa.

Glukosa memprakarsai sintesis dan pelepasan insulin. Hormon usus mungkin merupakan prakarsa pelepasan insulin setelah makan, dengan mendahului absorpsi glukosa. Insulin merupakan hormon anabolisme utama yaitu,

transport transmembran glukosa, pembentukan glikogen dalam hati, perubah glukosa menjadi trigliserida, sintesis asam nukleat, sintesis protein. Fungsi metabolisme utama insulin adalah untuk meningkatkan kecepatan transpor glukosa ke sel tertentu dalam tubuh.(Robbins et al, 1995).

2.10 Aloksan Monohidrat

Aloksan merupakan substrat yang secara struktural merupakan derivat pirimidin sederhana. Nama aloksan merupakan penggabungan dari kata allantoin dan oksalurea. Aloksan murni diperoleh dari oksidasi asam urat oleh asam nitrat. Aloksan merupakan senyawa hidrofilik dan senyawa kimia tidak stabil. Waktu paruh aloksan pada pH 7,4 dan suhu 37°C adalah 1,5 menit. Penyuntikan hewan coba atau tikus dengan aloksan adalah dengan tujuan membuat kondisi tikus menjadi hiperglikemia, dan agar kadar gula darah tikus meningkat maka perlu diinjeksikan aloksan sebanyak 120 – 150 mg/kgBB.

Aloksan dapat diberikan dengan cara dan dosis yang bermacam-macam. Dosis pemberian tergantung pada spesies, nutrisi, dan jalur pemberiannya. Secara intravena diberikan dosis sebesar 65 mg/kgBB. Sedangkan intraperitoneal dan subkutan diberikan dosis 120-150 mg/kgBB.

2.10.1 Pengaruh Aloksan

Aloksan memiliki bentuk molekul yang mirip dengan glukosa (glukomimetik). Sehingga pada saat aloksan diinduksikan ke tubuh tikus, maka

glukosa transporter GLUT 2 yang ada di dalam sel beta pankreas akan mengenali aloksan sebagai glukosa, dan aloksan akan dibawa menuju sitosol. Di dalam sitosol, aloksan akan mengalami reaksi redoks yang menghasilkan *Reactive Oxygen Species* (ROS).

Terbentuknya ROS akan menyebabkan depolarisasi membran sel beta dan peningkatan Ca^{2+} , sehingga sitosol akan mengaktifasi berbagai enzim yang menyebabkan peroksidasi lipid, fragmentasi DNA, dan fragmentasi protein. Akibatnya substansi esensial di dalam sel beta pankreas akan rusak sehingga menyebabkan berkurangnya granula-granula pembawa insulin di dalam sel beta pankreas yang akan menyebabkan berkurangnya sekresi insulin dan kadar glukosa darah akan meningkat. Kemampuan aloksan untuk dapat menimbulkan *Diabetes Mellitus* juga tergantung pada jalur pemberian, dosis, jenis hewan percobaan, dan status gizi hewan percobaan.

