

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Prevalensi Diabetes Mellitus Tipe 2 di Indonesia

Diabetes Melitus adalah penyakit yang ditandai dengan terjadinya hiperglikemia dan gangguan metabolisme karbohidrat, lemak, dan protein yang dihubungkan dengan melemahnya kerja sekresi insulin. Gejala yang biasa dikeluhkan oleh penderita Diabetes Melitus ini diantaranya polidipsia, poliuria, polifagia, penurunan berat badan yang drastis dan juga kesemutan berkepanjangan.

Dalam perkembangan penelitian epidemiologi yang telah banyak dilakukan, menunjukkan adanya peningkatan angka prevalensi Diabetes Melitus (DM) baik di Indonesia maupun diberbagai penjuru dunia. *International Diabetes Federation (IDF)* menyebutkan bahwasanya prevalensi diabetes melitus didunia adalah 1,9% dan menjadikan diabetes mellitus sebagai penyebab kematian pada urutan ke tujuh di dunia. IDF juga memprediksi kenaikan jumlah penderita diabetes mellitus dari 7 juta penderita pada tahun 2009 menjadi 12 juta penderita pada tahun 2030. Seperti halnya IDF, *World Health Organization (WHO)* juga memberikan prediksinya mengenai kenaikan angka prevalensi penderita diabetes mellitus ini. WHO memprediksi kenaikan jumlah penderita DM di Indonesia dari 8,4 juta pada tahun 2000 menjadi sekitar 21,3 juta pada tahun 2030. Meskipun terdapat perbedaan angka prevalensi, laporan keduanya menunjukkan adanya kenaikan angka prevalensi penderita diabetes mellitus hingga 2-3 kali lipat. Berdasarkan data RISKESDAS (2018), sebanyak 10,9% penduduk Indonesia yang berusia 15 tahun menderita diabetes melitus. Prevalensi diabetes melitus tertinggi yang didiagnosis terdapat di daerah DKI Jakarta (3,4%), Kalimantan Timur (3,0%) DI Yogyakarta (2,9%), Sulawesi Utara (2,8%).

Diabetes mellitus merupakan penyakit yang diakibatkan gangguan menahun terutama pada gangguan sistem metabolisme. Gangguan metabolisme ini disebabkan oleh kurangnya produksi *insulin* dalam tubuh dimana Insulin ini dibutuhkan dalam proses pengubahan gula menjadi energi dan juga sintesis lemak. Kondisi tubuh yang mengalami gangguan produksi *insulin* ini menyebabkan terjadinya hiperglikemia, yaitu keadaan dimana tubuh mengalami peningkatan gula dalam darah.

1. Patofisiologi Diabetes Mellitus Tipe II

Diabetes melitus tipe 2 (DMT2) merupakan suatu kelompok penyakit metabolik dengan karakteristik hiperglikemia, terjadi karena kelainan sekresi insulin, kerja insulin

ataukedua-duanya. Dari keseluruhan kasus diabetes mellitus, 90% dari kasus diabetes merupakan diabetes melitus tipe 2 dengan karakteristik gangguan sensitivitas insulin dan/atau gangguan sekresi insulin. Diabetes Melitus tipe 2 secara klinis muncul ketika tubuh tidak mampu lagi memproduksi cukup insulin untuk mengkompensasi peningkatan insulin resisten.

Patofisiologi utama diabetes melitus yang mendasari terjadinya kasus DM tipe 2 secara genetik menurut Eva (2019) adalah resistensi insulin dan defek fungsi sel beta pancreas. Resistensi insulin adalah kondisi umum bagi orang dengan berat badan yang berlebih seperti overweight dan obesitas. Saat insulin tidak dapat bekerja secara optimal, pankreas dipaksa untuk memproduksi lebih banyak insulin sehingga kadar insulin meningkat (hiperinsulinemia). Ketika produksi insulin oleh sel beta pancreas tidak adekuat, yang terjadi adalah terjadinya peningkatan glukosa dalam darah yang dapat mengakibatkan hiperglikemia kronik. Hal ini mengakibatkan sel beta pankreas mengalami kerusakan dan memperburuk resistensi insulin.

Seiring dengan kejadian tersebut, sel β pankreas mengalami adaptasi diri sehingga responnya untuk mensekresi insulin menjadi kurang sensitif, dan pada akhirnya membawa akibat pada defisiensi insulin. Sedangkan pada DM tipe II akhir telah terjadi penurunan kadar insulin plasma akibat penurunan kemampuan sel β pankreas untuk mensekresi insulin, dan diiringi dengan peningkatan kadar glukosa plasma dibandingkan normal. Pada penderita DM tipe II, pemberian obat-obat oral antidiabetes sulfonilurea masih dapat merangsang kemampuan sel β Langerhans pankreas untuk mensekresin insulin (Unger dan Foster, 1992; Lawrence, 1994; Kahn, 1995)

2. Diagnosa

Diagnosa DM ditegakkan atas dasar pemeriksaan kadar glukosa darah. Pemeriksaan glukosa darah yang dianjurkan adalah pemeriksaan glukosadarah secara enzimatik dengan bahan plasma darah vena. Eva (2019) menyatakan bahwasanya penggunaandarrah vena ataupun kapiler tetap dapat di pergunakan dengan memperhatikan angka-angka kriteria diagnostik yang berbeda sesuai pembakuan oleh WHO. Untuk tujuan pemantauan hasil pengobatan dapat dilakukan dengan menggunakan pemeriksaan glukosa darah kapiler (Purnamasari, 2009)

Gejala klasik yang dapat dialami oleh penderita juga dapat digunakan dalam menegakkan diagnose seperti, poliuria, polifagia, polidipsia, dan penurunan berat badan yang drastis. Adapun keluhan lain yang juga mungkin terjadi adalah, lemah badan, kesemutan berkepanjangan, dan mata kabur. Cara pelaksanaan TTGO (WHO, 1994) :

Kadar tes laboratorium darah untuk diagnosis diabetes dan pre diabetes berada pada Tabel 1 sedangkan kadar glukosa darah sewaktu dan puasa dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Kadar Tes Laboratorium Darah Diabetes dan Pra diabetes

	HbA1c (%)	Glukosa darah puasa (mg/dL)	Glukosa plasma 2 jam setelah TTGO (mg/dL)
Diabetes	6,5	126	200
Pre Diabetes	5,7 – 6,4	100 – 125	140 – 199
Normal	5,7	< 100	< 140

Sumber : Konsesus Pengelolaan dan Pencegahan Diabetes Melitus, 2015

Tabel 2. Glukosa Darah Sewaktu dan Puasa

		Bukan DM	Belum pasti DM	DM
Kadar Glukosa darah Sewaktu (mg/dL)	Plasma Vena	< 100	100 – 199	200
	Darah Kapiller	< 90	90 - 100	200
Kadar Glukosa darah Puasa (mg/dL)	Plasma Vena	< 100	100 – 125	126
	Darah Kapiller	< 90	90 - 99	100

Sumber : Konsesus Pengelolaan dan Pencegahan Diabetes Melitus, 2015

3. Tata laksana diabetes mellitus

Tujuan penatalaksanaan secara umum adalah meningkatkan kualitas hidup penyandang diabetes. Tujuan penatalaksanaan untuk jangka panjang adalah menghilangkan keluhan dan tanda DM, mempertahankan rasa nyaman, dan mencapai target pengendalian glukosa darah. Sedangkan tujuan penatalaksanaan jangka panjang adalah, mencegah dan menghambat progresivitas penyulit mikroangiopati, makroangiopati dan neuropati dan tujuan akhir dari penatalaksanaan adalah turunnya morbiditas dan mortalitas DM.

Untuk mencapai tujuan tersebut perlu dilakukan pengendalian glukosa darah, tekanan darah, berat badan, dan profil lipid, melalui pengelolaan pasien secara holistik dengan mengajarkan perawatan mandiri dan perubahan perilaku. Dalam Konsensus Pengelolaan dan Pencegahan DM tipe 2 di Indonesia PERKENI (2011), penatalaksanaan dan pengelolaan DM dititik beratkan pada 4 pilar penatalaksanaan DM, yaitu: terapi gizi medis, intervensi farmakologis, latihan jasmani dan edukasi.

Terapi Gizi Medis (TNM) merupakan bagian dari penatalaksanaan diabetes secara total. Kunci keberhasilan TNM adalah keterlibatan secara menyeluruh dari anggota tim (dokter, ahli gizi, petugas kesehatan yang lain serta pasien dan keluarganya). Setiap

penyandang diabetes sebaiknya mendapat TNM sesuai dengan kebutuhannya guna mencapai sasaran terapi, Prinsip pengaturan makan pada penyandang diabetes hampir sama dengan anjuran makan untuk masyarakat umum yaitu makanan yang seimbang dan sesuai dengan kebutuhan kalori dan zat gizi masing-masing individu. Pada penyandang diabetes perlu ditekankan pentingnya keteraturan makan dalam hal jadwal makan, jenis, dan jumlah makanan, terutama pada mereka yang menggunakan obat penurun glukosa darah atau insulin.

PERKENI (2011) menyatakan bahwa tatalaksana DM Tipe 2 dapat diawali dengan menerapkan pola hidup sehat (terapi gizi medis dan aktivitas fisik) bersamaan dengan intervensi farmakologis dengan obat anti-hiperglikemia secara oral dan/atau suntikan. Pada saat penderita DM terdeteksi dini maka pengendalian kadar glukosa darah dapat dilakukan dengan efektif dan efisien.

Terapi gizi medis dilaksanakan dalam beberapa tahap. Pengenalan sumber dan jenis karbohidrat, pencegahan dan penatalaksanaan hipoglikemia harus dilakukan terhadap pasien. Menurut *American Diabetes Association* (ADA) terapi gizi medis ini bersifat bersifat individu. Secara umum, terapi gizi medis meliputi upaya-upaya untuk mendorong pola hidup sehat, membantu kontrol gula darah, dan membantu pengaturan berat badan. Tabel 3 menunjukkan komposisi diet untuk penderita diabetes melitus tipe 2 yang tercantum dalam Perkeni (2015)

Tabel 3. Komposisi Diet Diabetes Melitus Tipe 2 (Perkeni, 2015)

Komposisi dan Sifat	Diet Diabetes Mellitus Tipe 2
Karbohidrat	45 – 65% terutama karbohidrat berserat tinggi
Protein	10 – 20%
Lemak	20 – 25%
Serat	20 – 35 gram/hari
Kolesterol per hari	< 200 mg
Natrium per hari	< 2300 mg
Frekuensi per hari	6 kali
% distribusi per hari	20%, 10%, 25%, 10%, 25%, 10%
10% = snack	(1) (2) (3) (4) (5)

Sumber: Madariana dkk, 2015

Tabel 3 menunjukkan komposisi diet untuk penderita diabetes melitus tipe 2 menurut Perkeni (2015) adalah protein 10 – 20%, lemak 20 – 25%, karbohidrat 45 – 65% dari total asupan energi sehari ± 2100 kalori. Selain itu, penderita diabetes melitus tipe 2 juga disarankan untuk mengonsumsi serat 20 – 35 gram/hari yang berasal dari berbagai sumber bahan makanan.

Terapi gizi medis dapat diwujudkan dengan pemberian berbagai macam diet untuk diabetes melitus. Tjokropawiro (2012) menunjukkan bahwa diet untuk penderita diabetes

melitus hendaknya dapat memperbaiki kesehatan umum penderita, menyesuaikan berat badan penderita ke berat badan normal, menormalkan pertumbuhan diabetes melitus anak atau dewasa muda (masa pertumbuhan), mempertahankan glukosa darah sekitar normal, menekan atau menunda timbulnya angiopati diabetik, memberikan modifikasi diet sesuai dengan keadaan penderita.

Penatalaksanaan terapi gizi dapat dilakukan dengan pengendalian kadar glukosa darah dengan cara memperlambat pengosongan lambung dan aktivitas enzim pencernaan. Nadimin et al. (2012) dalam penelitiannya menjelaskan terjadi penurunan kadar glukosa darah sewaktu dan puasa sesudah pemberian diet DM tinggi serat. Selain itu, terapi gizi juga dapat dilakukan dengan peningkatan sensitivitas insulin dan peningkatan produksi insulin dari sel β pankreas.

B. Formulasi Kacang Merah dan Pegagan sebagai snack bar untuk Diabetes Melitus Tipe 2

1. Snack Bar

a. Gambaran Umum

Snack bar adalah salah satu produk pangan berupa makanan ringan yang berbentuk batang dan padat. *Snack bar* dapat dikategorikan makanan ringan yang merupakan camilan sehat karena mengandung gizi yang lengkap yaitu protein, karbohidrat, vitamin, dan mineral. Selain itu *snack bar* merupakan bentuk makanan selingan yang praktis, dengan nilai gizi yang lengkap dan termasuk makanan yang awet untuk disimpan. Formulasi *snack bar* dengan berbagai bahan pangan lokal disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Snack Bar

Gambar 1 menunjukkan formulasi *snack bar* dengan berbagai bahan pangan lokal yang telah dilakukan penelitian sebelumnya. Bahan pangan yang digunakan dalam pembuatan *snack bar* juga bermacam-macam yang ditujukan untuk memperoleh gizi yang lengkap sebagai upaya diversifikasi pangan. Sebagian besar *snack bar* yang beredar dipasaran masih menggunakan tepung terigu dan kedelai yang rata-rata masih impor. Salah satu upaya diversifikasi pangan yaitu menggunakan bahan-bahan pangan

lokal yang memiliki komposisi gizi yang setara ataupun lebih tinggi dari bahan pangan yang ada sebagai alternatif pangan, seperti umbi-umbian, kacang-kacangan, dan lain-lain.

Bahan pengolahan *Snack bar* juga dapat berasal dari tepung terigu dan kacang merah dengan tujuan untuk memanfaatkan potensi lokal yang ketersediaannya melimpah, sehingga mudah didapatkan. Penambahan kacang-kacangan perlu dilakukan guna menyuplai kebutuhan protein *snack bar* (Ladamay dkk., 2014).

b. Syarat Mutu

Badan Standarisasi Nasional (BSN) menetapkan persyaratan mutu *snack bar*, sebagaimana disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Syarat Mutu Snack Bar Berdasarkan SNI 01-4270-1996

NO	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
1	Keadaan :		
1.1	Bau	-	Normal
1.2	Rasa	-	Normal
2	Air	%b/b	11,40
3	Abu	%b/b	Maks. 5
4	Protein (Nx6,25)	%b/b	16,7
5	Lemak	%b/b	20
6	Karbohidrat	%b/b	60-70
7	Serat Kasar	%b/b	Maks. 0,7
8	Bahan Makanan Makanan :		
8.1	Pemanis buatan (Sakarin dan siklamat)	-	Tidak boleh ada
8.2	Pewarna tambahan	-	Sesuai dengan SNI 01-02221996
9	Cemaran Logam :		
9.1	Timbal (Pb)	mg/kg	Maks 2,0
9.2	Tembaga (Cu)	mg/kg	Maks 30,0
9.3	Seng (Zn)	mg/kg	Maks 40,0
9.4	Timah (Sn)	mg/kg	Maks 40,0/250,0*
9.5	Raksa (Hg)	mg/kg	Maks 0,03
10	Cemaran Arsen (As)	mg/kg	Maks 1,0
11	Cemaran Mikroba		
11.1	Angka Lempeng Total	koloni/g	Maks 5x10 ⁵
11.2	Coliform	APM/g	Maks 10 ²
11.3	E. Coli	APM/g	Maks <3
11.4	Salmonella/25g	-	Negatif
11.5	Staphylococcus aureus 7g	-	Negatif
11.6	Kapang	koloni/g	Maks 10 ²
*dikemas dalam kaleng			

Sumber : Badan Standarisasi Nasional (1996)

Tabel 2 menunjukkan bahwa pada penetapan yang tidak ditemukan pada standar diet diabetes melitus oleh Perkeni (2015) yaitu kadar air dan kadar abu masing-masing 11,4%b/b dan maksimal 5%b/b.

2. Daun Pegagan

a. Karakteristik Umum

Pegagan dikenal dengan nama latin *Centella asiatica*) merupakan tumbuhan herba lokal yang mudah ditemukan diperkebunan, tepi jalan, daerah persawahan, semak-semak, dan tanah yang lembab. Tanaman ini tumbuh didaerah tropis dan berbunga sepanjang tahun. Di Indonesia, tanaman ini disebut dengan nama yang beragam di tiap daerah. Tanaman pegagan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan varietas dari pegagan hijau yang disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pegagan Hijau (*Centella asiatica* (L.) Urban)

Pegagan (*Centella asiatica*) mempunyai banyak manfaat. Prasetyorini (2012) menyatakan bahwa Pegagan (*Centella asiatica*) adalah satu dari 10 jenis tanaman terlaris di dunia yang mempunyai potensi untuk dikembangkan sebagai tanaman obat. Daun pegagan mengandung klorofil yang berpotensi dikembangkan sebagai bahan suplemen pangan atau pangan fungsional. Selain itu pegagan terbukti memiliki aktivitas antioksidan, antiinflamasi, dan antimikroba yang baik bagi penderita diabetes melitus (Yasurin, 2016). Maulidiani (2016) dalam penelitiannya menunjukkan ekstrak etanol daun pegagan dengan dosis 300 mg/kgBB selama 28 hari terbukti menurunkan kadar gula darah dan lipid serta meningkatkan produksi insulin pada tikus diabetes melitus tipe 2.

b. Kandungan Gizi

Komponen kimia pegagan yang meliputi kadar air, abu, lemak, protein, karbohidrat, dan serat makanan tidak kalah unggul dibandingkan dengan bahan pangan lokal lain sejenis seperti contohnya daun kelor dan daun katuk. Perbandingan kandungan gizi daun pegagan, daun kelor dan daun katuk disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Kandungan Gizi Daun Pegagan, Kelor, dan Katuk per 100 g

Kandungan Gizi	Daun Pegagan*)	Daun Kelor**)	Daun Katuk**)
----------------	----------------	---------------	---------------

Kandungan Gizi	Daun Pegagan*)	Daun Kelor**)	Daun Katuk**)
Air (%wb)	89,3	75,5	85
Abu (%db)	1,6	3,5	1,7
Lemak (%db)	0,6	1,6	1
Protein (%db)	1,6	5,1	6,4
Karbohidrat (%db)	6,9	14,3	9,9
Serat (%db)	2	8,2	1,5

Sumber :

* : Pramono, 1992

** : Kemenkes, 2018

Tabel 5 menunjukkan bahwa pada beberapa mutu gizi seperti kadar lemak, karbohidrat dan serat, pegagan dinilai lebih unggul dibandingkan dengan bahan pangan lokal lain seperti daun kelor dan daun katuk utamanya sebagai bahan intervensi makanan selingan bagi penderita diabetes melitus.

c. Kandungan Bioaktif

Pegagan (*Centella asiatica*) yang banyak digunakan sebagai obat alami mengandung berbagai bahan aktif salah satunya triterpenoid saponin yang merupakan komponen utama herba pegagan yang banyak digunakan dalam pengobatan diabetes melitus. Triterpenoid saponin termasuk senyawa fitokimia yang dapat menghambat peningkatan kadar glukosa darah dengan cara menghambat penyerapan glukosa di usus halus dan menghambat pengosongan lambung. Dengan melambatnya pengosongan lambung, maka absorpsi makanan akan semakin lama dan kadar glukosa darah akan mengalami perbaikan (Mahendra dan Fauzi, 2005).

Pegagan dapat mengendalikan kondisi hiperkolesterolemia dan hipertrigliseridemia sebagai komplikasi dari diabetes mellitus dan meningkatkan *uptake glukose* dengan meningkatkan respon reseptor insulin sehingga dapat digunakan sebagai obat antidiabetes melitus tipe 2 (Brinkhaus et al., 2000 dalam Vohra et al., 2011). Selain itu pegagan dapat membantu proses penyembuhan luka dan mengurangi timbulnya bekas luka pada penderita diabetes (Paocharoen, 2010)

3. Kacang Merah

a. Karakteristik Umum

Kacang Merah yang memiliki nama latin *Vigna angularis sp.* ini bukan merupakan tanaman asli Indonesia, namun tanaman ini banyak dijumpai di Indonesia. Kacang merah tergolong tanaman kelompok kacang polong satu keluarga dengan kacang hijau, kacang kedelai, kacang tolo, dan kacang uci. Kacang merah yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kacang Merah Besar (*Phaseolus vulgaris*)

Gambar 3 menunjukkan bentuk kacang merah yang digunakan dalam formulasi *snack bar* kacang merah dan pegagan untuk penderita DM Tipe 2. Dalam penelitian ini digunakan jenis varietas kacang merah besar. Ada beberapa jenis kacang merah diantaranya adalah *red bean*, kacang *adzuki* (kacang merah kecil), dan *kidney bean* (kacang merah besar).

b. Kandungan Gizi

Komponen kimia kacang merah yang meliputi kadar air, abu, lemak, protein, karbohidrat, dan serat makanan tidak kalah unggul dibandingkan dengan bahan pangan lokal kacang-kacangan lain sejenis seperti contohnya kacang tanah atau kacang kedelai. Perbandingan kandungan gizi kacang merah, kacang tanah dan kacang kedelai disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Kandungan Gizi Kacang Merah, Kacang Tanah dan Kacang Kedelai per 100g bahan

Kandungan Gizi	Kacang Merah (g)	Kacang Tanah (g)	Kacang kedelai (g)
Air	17,7	9,6	12,7
Abu	2,9	2,4	5,5
Lemak	1,1	42,7	16,7
Protein	22,1	27,9	40,4
Karbohidrat	56,2	17,4	24,9
Serat	4,0	2,4	3,2

Sumber: Kemenkes, 2018

Tabel 6 menunjukkan bahwa pada beberapa mutu gizi, kacang merah dinilai tidak kalah unggul dibandingkan dengan bahan pangan lokal lain seperti kacang tanah dan kacang kedelai utamanya sebagai bahan intervensi makanan selingan bagi penderita diabetes melitus.

Kacang merah (*Phaseolus vulgaris* L.) memiliki indeks glikemik yang rendah sehingga dapat menurunkan kadar kolesterol darah dan resiko timbulnya diabetes. Kacang merah juga mengandung senyawa fenolik yang berperan sebagai antioksidan dalam tubuh yang baik untuk memperbaiki sel yang rusak pada penderita diabetes melitus. Selain itu kacang merah kaya asam folat, kalsium, karbohidrat dan protein. Kandungan protein dalam

kacang merah hampir sama banyaknya dengan daging. Kacang merah mengandung lemak dan natrium yang rendah, bebas lemak jenuh dan kolesterol, serta berfungsi sebagai sumber serat yang baik. Seratus gram kacang merah kering dapat menghasilkan empat gram serat terdiri dari serat larut air dan serat tidak larut air yang mampu menurunkan kadar kolesterol dan kadar gula darah pada penderita diabetes melitus (Ekasari, 2010).

c. Kandungan Bioaktif

Kacang merah merupakan salah satu jenis kacang yang mengandung senyawa bioaktif polifenol. Polifenol mempunyai aktivitas antibakteri yaitu menghambat pertumbuhan bakteri patogen. Selain itu warna merah pada kulit ari kacang merah memproduksi antioksidan-pigmen pemberi warna merah yang berperan sebagai antioksidan yang baik untuk penderita diabetes melitus (Purwasasmita dan Sutaryat, 2014).

Dalam 100 g kacang merah kering mengandung 4 gram serat, yang terdiri atas serat larut dan tak larut (Carella, 2016). Dalam bentuk utuh, serat kacang merah dapat bertindak sebagai penghambat fisik pada pencernaan. Serat dapat memperlambat laju makanan pada saluran pencernaan dan menghambat aktivitas enzim sehingga proses pencernaan khususnya pati menjadi lambat dan respons glukosa darah pun akan lebih rendah. Dengan demikian IG-nya cenderung lebih rendah (Arif et al., 2013).

Dibandingkan dengan jenis kacang lain nilai indeks glikemik kacang merah juga termasuk yang paling rendah yaitu 29 (Regina, 2014). Nilai indeks glikemik pada suatu makanan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu kandungan kadar serat, cara pengolahan, dan kadar amilosa serta kadar amilopektin. Indeks Glikemik sendiri merupakan gambaran hubungan antara karbohidrat yang ada dalam makanan terhadap respon terhadap gula darah. Indeks glikemik dapat menggambarkan seberapa cepat suatu makanan diubah menjadi gula darah (Rusilanti, 2008). *World Health Organization* (WHO) merekomendasikan penderita DM untuk mengonsumsi makanan dengan indeks glikemik rendah, namun tetap memperhatikan jumlah karbohidrat yang dikonsumsi (Rimbawan dan Siagian, 2004)

Kacang merah juga mengandung pati resisten sekitar 8,97% (Sasanam, 2011). Pati resisten adalah fraksi pati yang tahan terhadap hidrolisis enzim pencernaan karena memiliki struktur molekul yang kompak dan mampu mencegah kerusakan struktur pati oleh enzim pencernaan sehingga peningkatan glukosa dalam darah menjadi lambat sehingga baik untuk penderita diabetes (Fuentez, 2010)

4. Mutu Kimia dan Energi

a. Kadar Abu

Kadar abu adalah zat anorganik sisa hasil pembakaran suatu bahan organik. Pada penelitian ini digunakan perhitungan *calculated value* untuk mengetahui jumlah kadar abu yang terkandung pada *snack bar* kacang merah dan pegagan untuk penderita DM Tipe 2. Penentuan kadar abu berhubungan erat dengan kandungan mineral yang terdapat dalam suatu bahan, kemurnian serta kebersihan suatu bahan yang dihasilkan. Pengukuran kadar abu bertujuan untuk mengetahui besarnya kandungan mineral yang terkandung dalam suatu produk (Sandja et al., 2010).

Salah satu mineral pada kacang merah yang baik untuk penderita diabetes melitus adalah kalsium. Menurut Mahmud dkk. (2008) kandungan kalsium dalam 100 g kacang merah sebesar 0,5 g. Studi cross sectional menunjukkan rendahnya konsentrasi vitamin D dan rendahnya asupan kalsium berhubungan dengan kejadian sindrom metabolik, di mana salah satu tanda dari sindrom metabolik adalah diabetes melitus (Mee, 2011). Sedangkan pada pegagan mengandung mineral berupa Fe yang tidak sedikit yakni 3,1 mg setiap 100 g (Pramono, 1992). Salah satu komplikasi kronik Diabetes mellitus adalah gangguan fungsi ginjal dimana hal ini dapat menghambat pembentukan eritropoietin sebagai pembentuk Hb dan menyebabkan anemia (Barsoum, 2006).

Penentuan kadar abu dimaksudkan untuk mengetahui kandungan komponen yang tidak mudah menguap seperti komponen anorganik atau garam mineral yang akan tetap tinggal pada pembakaran dan pemijaran senyawa organik (Nurilmala, 2006). Berdasarkan SNI 01-4270-1996 kadar abu maksimal pada snack adalah 5% b/b.

b. Kadar Air

Kadar air adalah banyaknya air yang terkandung dalam bahan ataupun produk. Pada penelitian ini digunakan perhitungan *calculated value* untuk mengetahui jumlah kadar air yang terkandung pada *snack bar* kacang merah dan pegagan untuk penderita DM Tipe 2. Menurut SNI 01-4270-1996 kadar air untuk *snack bar* adalah 11,40%. Hal ini membuktikan bahwa *snack bar* termasuk dalam golongan makanan kering dan padat dimana produk dengan kadar air rendah akan cenderung memiliki tekstur sedikit keras dan kering jika dibandingkan dengan produk yang memiliki kadar air yang tinggi (Kurniawan, 2014). Selain itu, kandungan air dalam suatu bahan pangan maupun produk makanan dapat menentukan tekstur bahan pangan atau produk makanan tersebut, sehingga akan mempengaruhi tingkat penerimaan panelis terhadap tekstur produk (Laila 2015).

Peningkatan kadar air juga dipengaruhi dengan *pra treatment* pada bahan yang dilakukan sebelumnya seperti contohnya, perendaman, *blanching* dan perebusan. Pangastuti et al., (2013), menyatakan perendaman menyebabkan dinding sel menyerap air dan melunak. Pada proses perebusan juga memberikan pengaruh terhadap peningkatan kadar air yang lebih besar. Perebusan dapat menyebabkan partikel lebih berpori sehingga meningkatkan kadar air yang terkandung dalam bahan. Selain itu, kadar air dalam produk juga berhubungan dengan mutu gizi lain seperti protein, lemak, dan karbohidrat. Adawiyah (2007) dalam penelitiannya menyatakan bahwa ketika suatu produk mengalami penurunan kadar air maka kandungan protein dalam produk tersebut akan mengalami peningkatan.

c. Energi

Nilai energi ditentukan dengan satuan kilokalori (kcal). Energi dibutuhkan manusia untuk mempertahankan kehidupan, menunjang pertumbuhan, dan melakukan berbagai aktivitas fisik (Almatsier, 2009). Disamping mengkonsumsi makanan utama, diharapkan *snack bar* sebagai makanan tambahan dapat membantu memenuhi kebutuhan energi penderita diabetes mellitus. Energi dapat diperoleh dari karbohidrat, protein, dan lemak yang terdapat di dalam bahan makanan, dimana kandungan gizi tersebut dapat menghasilkan energi (Almatsier, 2004). Kebutuhan energi pada penderita diabetes melitus harus terpenuhi agar zat gizi lain seperti protein, lemak dan karbohidrat tidak dirubah oleh tubuh untuk memenuhi kebutuhan energi. Frans (2008) menyatakan pemenuhan kebutuhan energi manusia diperlukan untuk menjaga keseimbangan energi berdasarkan usia, jenis kelamin, berat badan, tinggi badan, tingkat aktivitas fisik dan pengaruh dinamik khusus, namun pada umumnya kebutuhan energi terbesar diperlukan untuk metabolisme basal (Almatsier, 2004)

Dani (2014) dalam penelitiannya menunjukkan terjadi peningkatan nilai energi seiring dengan peningkatan proporsi kacang merah pada biskuit gayong dan kacang merah (449,6 kkal) dibandingkan dengan biskuit kontrol (464,1 kkal). Dalam penelitian lain oleh Andri (2014) disebutkan nilai energi biskuit tepung jagung dan tepung kacang merah mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan proporsi kacang merah.

d. Protein

Protein dikenal sebagai zat gizi yang unik sebab menyediakan asam-asam amino esensial untuk membangun sel-sel tubuh maupun sumber energi. Pada penelitian ini digunakan perhitungan *calculated value* untuk mengetahui jumlah kadar protein yang terkandung pada *snack bar* kacang merah dan pegagan untuk penderita DM Tipe 2.

Almatsier (2009) menjelaskan bahwasanya Protein mempunyai fungsi khas yang tidak dapat digantikan oleh zat gizi lain, yaitu membangun serta memelihara sel-sel dan jaringan tubuh.

Sumber protein dapat bersumber dari bahan dasar berupa susu skim, dan tepung. Selain penggunaan bahan tersebut, penambahan bahan lain yang bersumber protein seperti kacang merah juga dapat meningkatkan proporsi protein *snack bar*, mengingat dalam 100 g kacang merah memiliki kadar protein yang cukup tinggi yaitu 22,1 gram. Hal ini diharapkan dapat mencukupi kebutuhan protein penderita DM sesuai diet anjuran Perkeni yaitu sekitar 10-20%. Selain itu, kemampuan bahan pangan untuk mengikat air tidak terlepas dari keterlibatan protein. Weni (2017) menyatakan kemampuan protein untuk mengikat air disebabkan oleh adanya gugus yang bersifat hidrofilik. Menurut Adawyah (2007) dalam Riansyah, dkk (2013:58), kadar air yang mengalami penurunan akan mengakibatkan kandungan protein didalam bahan mengalami peningkatan. Penggunaan panas dalam pengolahan bahan pangan dapat menurunkan persentase kadar air yang mengakibatkan persentase kadar protein meningkat. Penggunaan panas dalam pengolahan *snack bar* adalah dengan *blanching*, perebusan, dan pemanggangan dengan suhu yang diatur pada metode penelitian.

Annisa (2015) dalam penelitiannya menunjukkan hasil uji statistik substitusi tepung kacang merah meningkatkan kadar protein kue kering tepung garut secara bermakna ($p=0,000$). Hasil penelitian lain menyebutkan diet tinggi protein (30%) dapat menurunkan gula darah postprandial dan meningkatkan kontrol gula darah pada penderita DM Tipe 2 (Ganon MC, 2003)

e. Lemak

Almatsier (2009) menyatakan bahwa fungsi lemak diantaranya adalah sebagai sumber energi, sumber asam lemak esensial, alat angkut vitamin larut lemak, penghemat penggunaan protein, pemberi rasa kenyang dan kelezatan, sebagai pelumas, pemelihara suhu tubuh, dan pelindung organ tubuh. Fungsi lemak di dalam makanan memberikan rasa gurih, memberikan kualitas renyah, memberi kandungan kalori tinggi dan memberikan sifat empuk (lunak) pada kue yang dibakar (Sediaoetama, 2012). Pada penelitian ini digunakan perhitungan *calculated value* untuk mengetahui jumlah kadar lemak yang terkandung pada *snack bar* kacang merah dan pegagan untuk penderita DM Tipe 2.

Perkeni (2015) mensyaratkan dalam konsumsi lemak penderita DM harus dibatasi 20 – 25% total energi dan tidak boleh melebihi 30%. Sindrom diabetes yang ditandai dengan berkurangnya jumlah insulin atau menurunnya sensitivitas insulin atau kombinasi

keduanya, dilain sisi mendorong terjadinya pembentukan lemak, penumpukan lemak secara berkelanjutan atau dikenal sebagai hyperlipidemia akan mengaktivasi system inflamasi (Nugroho dkk, 2015). Bahan makanan sumber lemak dalam *snack bar* pengembangan untuk pasien DM Tipe 2 adalah kacang merah.

f. Karbohidrat

Karbohidrat sendiri merupakan sumber kalori utama bagi tubuh manusia. Setiap 1 gram karbohidrat mengandung 4 kalori. Karbohidrat mempunyai peranan penting dalam menentukan karakteristik bahan makanan, misalnya rasa, warna, tekstur, dan lain-lain. Pada penelitian ini digunakan perhitungan *calculated value* untuk mengetahui jumlah kadar karbohidrat yang terkandung pada *snack bar* kacang merah dan pegagan untuk penderita DM Tipe 2

Sumber karbohidrat dalam pengolahan *snack bar* ini menggunakan jenis karbohidrat yang memiliki indeks glikemik yang tergolong rendah. Sehingga tidak menyebabkan peningkatan glukosa darah secara cepat. Selain itu sumber karbohidrat yang digunakan dalam pengolahan *snack bar* ini tergolong karbohidrat kompleks yang memiliki unsur-unsur lebih sederhana. Jenis karbohidrat ini diserap lebih lambat dari saluran pencernaan karena membutuhkan proses metabolisme yang lebih panjang untuk menjadi glukosa. Konsumsi karbohidrat kompleks 50% dari total kalori dapat meningkatkan dan memperbaiki pembakaran glukosa di jaringan perifer dan memperbaiki sel pankreas. (Thomas et al., 2008). Menurut Perkeni (2015) kebutuhan karbohidrat penderita diabetes mellitus adalah sebesar 45-65 % total asupan energi.

5. Mutu Fungsional

a. Serat Kasar

Konsumsi makanan berserat tinggi member efek hipoglikemik karena mampu memperlambat pengosongan lambung sehingga memberi efek rasa kenyang sehingga dapat menurunkan nafsu makan, mencegah kegemukan dan mencegah penyakit DM (Almatsier, 2009 dan Budiyanto, 2002). Dalam penelitian lain, Linda (2017) menyatakan bahwa penggunaan tepung kacang merah dan buah salak berpengaruh nyata terhadap kadar serat *snack bar* tertinggi sebesar 10,99%.

Serat dalam pengolahan *snack bar* ini berasal dari kacang merah dan daun pegagan yang kaya akan serat yang baik bagi penderita DM. Weicket et al. (2007) menyatakan bahwa peningkatan asupan serat tak larut secara signifikan meningkatkan pembuangan glukosa dan menghasilkan peningkatan sensitivitas insulin sebesar 8%.

6. Mutu Organoleptik

Penilaian organoleptik merupakan suatu cara untuk mengamati tekstur, warna, bentuk, aroma, rasa suatu produk makanan, minuman ataupun obat (Ayustaningwarno, 2014). Data hasil uji organoleptik disajikan dengan 2 nilai tengah yaitu mean (rerata) dan modus. Mean atau rerata disajikan dalam rangka analisis kecenderungan tingkat kesukaan panelis terhadap masing-masing atribut organoleptik, sedangkan modus digunakan untuk pengolahan data statistik dengan uji nonparametrik Kruskal Wallis dan uji lanjut Mann-Whitney.

a. Warna

Salah satu faktor yang mempengaruhi mutu organoleptik adalah Warna. Warna adalah aspek pertama yang langsung dapat dinilai oleh panelis secara visual. Negara (2016) dalam penelitiannya menyatakan bahwa penentuan mutu bahan makanan umumnya bergantung pada warna yang dimilikinya, warna yang tidak menyimpang dari warna yang seharusnya akan memberi kesan penilaian tersendiri oleh panelis.

Protein kacang merah yang relatif tinggi, memiliki banyak asam amino yang terkandung didalamnya. Asam amino akan bereaksi dengan gula reduksi saat proses pemanggangan sehingga terjadi reaksi maillard yang menjadikan warna snack bar menjadi coklat. Penelitian Rinda, dkk (2018) menunjukkan bahwa warna yang paling disukai pada produk *snack bar* kacang merah dan tepung tempe adalah warna coklat. Dalam penelitiannya, Linda, dkk (2017) menunjukkan bahwa *snack bar* kacang merah dan buah salak dengan proporsi kacang merah lebih banyak menghasilkan warna yang semakin coklat dan meningkatkan tingkat kesukaan panelis terhadap warna.

Penelitian oleh Adelianda (2017) menunjukkan skor kesukaan warna tertinggi diperoleh kerupuk pegagan dengan penambahan pegagan 10% dengan nilai 3,57 yang berarti suka. Warna hijau pada pegagan dinilai dapat meningkatkan tingkat kesukaan panelis terhadap *snack bar*. Hal ini sejalan dengan penelitian Fahlia (2020) yang menunjukkan perbedaan konsentrasi pada keempat formulasi snack bar substitusi tepung daun kelor masing-masing formulasi memberikan perbedaan yang nyata terhadap atribut penilaian warna. Substitusi tepung daun kelor yang tinggi mempengaruhi kenampakan warna food bar menjadi hijau lebih gelap.

b. Aroma

Aroma merupakan salah satu faktor dari uji mutu organoleptik yang menggunakan indra pembau. Aroma yang terdapat dalam suatu makanan dapat menjadi daya tarik yang sangat kuat sehingga dapat membangkitkan selera konsumen untuk mengkonsumsi makanan tersebut (Soekarto 1985). Linda dkk (2017) dalam penelitiannya menyatakan

penggunaan kacang merah dan buah salak berpengaruh terhadap aroma *snack bar* yang dihasilkan. Semakin banyak proporsi kacang merah maka *snack bar* lebih beraroma gurih. Penambahan proporsi kacang merah meningkatkan tingkat kesukaan panelis. Sebaliknya, dalam penelitian Daniel (2014) hasil sidik ragam menunjukkan bahwa kenaikan persentase pegagan berpengaruh nyata ($p < 0.05$) dan menurunkan daya terima panelis terhadap aroma flakes yang semakin langu. Atribut aroma flakes yang disajikan dengan susu dan tanpa susu menunjukkan bahwa flakes dengan proporsi pegagan yang rendah lebih disukai panelis.

c. Rasa

Rasa merupakan tanggapan atas adanya rangsangan kimiawi yang sampai di indera pengecap lidah, khususnya jenis rasa dasar yaitu manis, asin, asam dan pahit. Menurut Chandra (2010) rasa merupakan faktor yang menentukan tingkat kesukaan konsumen pada produk pangan.

Dalam penelitiannya Linda (2017) menunjukkan bahwa penggunaan tepung kacang merah dan buah salak berpengaruh nyata terhadap rasa *snack bar* yang dihasilkan. Penilaian panelis terhadap rasa *snack bar* meningkat seiring dengan penambahan proporsi kacang merah. Rasa *snack bar* yang dihasilkan cenderung gurih. Selain itu reaksi pencoklatan (Maillard) juga mempengaruhi respon rasa karena adanya reaksi antara protein dan karbohidrat yang terkandung dalam pembuatan *snack bars* (Winarno, 2008). Selain reaksi *maillard*, kadar lemak pada suatu bahan juga dapat mempengaruhi rasa gurih yang dihasilkan. Winarno (2017) menyatakan bahwa lemak dikenal berfungsi sebagai pengantar panas, penambah rasa gurih, dan penambah nilai kalori bahan pangan.

Daniel (2014) hasil sidik ragam menunjukkan bahwa kenaikan persentase pegagan berpengaruh nyata ($p < 0.05$) dan menurunkan daya terima panelis terhadap rasa flakes yang semakin pahit. Atribut rasa flakes yang disajikan dengan susu dan tanpa susu menunjukkan bahwa flakes dengan proporsi pegagan yang rendah lebih disukai panelis. Selain itu

d. Tekstur

Tekstur adalah faktor kualitas makanan yang paling penting, sehingga memberikan kepuasan terhadap kebutuhan konsumen. Oleh sebab itu, tekstur merupakan salah satu factor yang sering diutamakan oleh konsumen dalam memilih makanan.

Nilai tekstur gigit *snack bar* yang semakin rendah menunjukkan mutu tekstur gigit yang sangat lunak, sedangkan nilai yang semakin tinggi menunjukkan mutu tekstur gigit sangat renyah. Nilai tekstur tekan *snack bar* semakin rendah menunjukkan mutu tekstur tekan yang sangat lunak dan basah, sedangkan nilai yang semakin tinggi menunjukkan mutu tekstur tekan keras dan kering. Nilai tekstur tekan *snack bar* yang semakin rendah menunjukkan mutu tekstur yang sangat rapuh, sedangkan nilai yang semakin tinggi menunjukkan mutu tekstur sangat crispy.

Penelitian Linda (2017) menunjukkan hasil sidik ragam pada penggunaan tepung kacang merah yang semakin banyak pada *snack bar* kacang merah dan buah salak berpengaruh nyata terhadap uji sensori terhadap tekstur *snack bar* yang dihasilkan. Penilaian panelis secara deskriptif terhadap tekstur *snack bar* berkisar antara 2,53-3,93%. Hal ini sejalan dengan penelitian Weni (2017) yang menunjukkan hasil sidik ragam pada rasio tepung kacang merah yang semakin besar berpengaruh nyata terhadap atribut tekstur *crackers* kacang merah dan pati sagu yang dihasilkan. Penilaian panelis secara deskriptif terhadap tekstur *snack bar* berkisar antara 2,97-3,70 (sedikit keras sampai renyah).