

BAB II

LANDASAN TEORI

A Tinjauan Pustaka

1. Karbohidrat

1.1 Pengertian Karbohidrat

Menurut (Yazid & Nursanti, 2015), Karbohidrat merupakan senyawa karbon yang banyak dijumpai sebagai penyusun utama jaringan tumbuh-tumbuhan. Nama lain karbohidrat adalah sakarida (berasal dari bahasa latin *saccharum* = gula). Senyawa karbohidrat adalah polihidroksi aldehida atau polihidroksi keton yang mengandung unsur-unsur karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O) dengan rumus empiris total $(CH_2O)_n$.

1.2 Klasifikasi karbohidrat

Berdasarkan rumus umum karbohidrat dapat diketahui bahwa senyawa ini adalah suatu polimer yang tersusun dari monomer-monomer. Berdasarkan monomer yang penyusunnya, karbohidrat dibedakan menjadi 3 golongan, yaitu monosakarida, oligosakarida dan polisakarida (Yazid & Nursanti, 2015).

a) Monosakarida

Monosakarida adalah karbohidrat yang tidak dapat dihidrolisis menjadi karbohidrat yang lebih sederhana. Monosakarida ini dapat diklasifikasi sebagai triosa, tetrosa, pentosa, heksosa, atau heptosa,

bergantung pada jumlah atom karbon; dan sebagai aldosa atau ketosa bergantung pada agugus aldehida atau keton yang dimiliki senyawa tersebut. Selain aldehida dan keton, alkohol polihidrat (alkohol gula atau poliol), dengan gugus aldehida atau keton yang telah direduksi menjadi suatu gugus alkohol, juga terdapat secara alami dalam makanan. Alkohol ini dibentuk melalui reduksi monosakarida dan digunakan dalam pembuatan makanan untuk menurunkan berat badan dan untuk pasien diabetes. Alkohol polihidrat kurang diserap dengan baik dan menghasilkan separuh energi yang dihasilkan oleh gula (Murray *et al.*, 2009).

b) Oligosakarida

Oligosakarida adalah karbohidrat yang tersusun dari dua sampai sepuluh satuan monosakarida. Oligosakarida yang umum adalah disakarida, yang terdiri dari dua satuan monosakarida dan dapat dihidrolisis menjadi monosakarida. Contohnya adalah sukrosa, maltosa, dan laktosa (Yazid & Nursanti, 2015).

c) Polisakarida

Polisakarida merupakan senyawa karbohidrat kompleks, dapat mengandung lebih dari 60.000 molekul monosakarida yang tersusun membentuk rantai lurus atau pun bercabang. Polisakarida rasanya tawar (tidak manis) tidak seperti monosakarida dan disakarida. Di dalam ilmu gizi ada tiga jenis yang berhubungan, yaitu amilum, dekstrin, glikogen, dan selulosa (Maryam, 2016).

1.3 Manfaat Karbohidrat

Menurut Maryam (2016), manfaat karbohidrat di dalam tubuh adalah sebagai berikut :

- a) Sebagai sumber energi bagi kebutuhan sel-sel jaringan tubuh.
Sebagian dari karbohidrat diubah langsung menjadi energi untuk aktivitas tubuh dan sebagian lagi disimpan dalam bentuk glikogen di hati dan otot. Ada beberapa jaringan tubuh seperti sistem saraf dan eritrosit, hanya dapat menggunakan energi yang berasal dari karbohidrat saja.
- b) Mencegah agar protein tidak diolah sebagai penghasil energi.
- c) Apabila karbohidrat yang dikonsumsi tidak mencukupi untuk kebutuhan tubuh dan jika tidak terdapat cukup lemak di dalam makanan atau cadangan lemak yang disimpan di dalam tubuh sangat sedikit, maka protein akan menggantikan fungsi karbohidrat sebagai penghasil energi. Dengan demikian, protein akan meninggalkan fungsi utamanya.
- d) Membantu metabolisme lemak dan protein, sehingga dapat mencegah terjadinya ketosis dan pemecahan protein yang berlebihan.
- e) Didalam hati, karbohidrat berfungsi untuk detoksifikasi zat-zat toksik tertentu.
- f) Beberapa jenis karbohidrat mempunyai fungsi khusus di dalam tubuh. Laktosa misalnya, berfungsi membantuk penyerapan

kalsium. Ribosa merupakan komponen yang penting dalam asam nukleat.

- g) Selain itu beberapa golongan karbohidrat yang tidak dapat dicerna, mengandung serat berguna untuk pencernaan untuk memperlancar defekasi.
- h) Bahan pembentuk asam amino esensial, metabolisme normal lemak, menghemat protein, meningkatkan pertumbuhan bakteri usus, mempertahankan gerak usus, meningkatkan konsumsi protein, mineral, dan vitamin B.

1.4 Pencernaan Karbohidrat

Menurut Gayton and Hall (1997) Pencernaan karbohidrat terdiri dari :

1. Karbohidrat dalam makanan.

Dalam diet normal manusia hanya ada tiga sumber utama karbohidrat. Ketiganya yaitu sukrosa yang merupakan disakarida yang dikenal sebagai gula tebu; laktosa suatu disakarida yang terdapat dalam susu; dan tepung yang merupakan polisakarida besar yang terdapat pada hampir semua bahan makanan bukan hewani terutama terdapat pada padi-padian. Karbohidrat lain yang dicernakan lebih sedikit yaitu amilase, glikogen, alkohol, asam laktat, asam piruvat, pektin, dekstrin, dan sejumlah kecil derivat karbohidrat dalam daging. Diet juga mengandung sejumlah besar selulosa, yang merupakan suatu karbohidrat. Akan tetapi, tidak

ada satu pun enzim yang mampu menghidrolisis selulosa, disekresikan dalam saluran cerna.

2. Pencernaan karbohidrat dalam mulut dan lambung.

Ketika makanandikunyah, makanan bercampur dengan saliva, yang terdiri atas enzim ptialin (suatu x amilase) yang terutama disekresikan oleh kelenjar parotis. Enzim ini menghidrolisis tepung menjadi disakarida maltosa dan polimer glukosa kecil lainnya yang mengandung tiga sampai sembilan molekul glukosa (seperti maltotriosa dan x limit dekstrin) yang merupakan titik cabang molekul tepung. Tetapi makanan berada dalam mulut hanya untuk waktu yang singkat dan mungkin tidak lebih dari 5 persen dari semua tepung yang dimakan telah dihidrolisis pada saat makanan ditelan.

Pencernaan berlanjut di korpus dan fundus lambung selama 1 jam sebelum makanan bercampur dengan sekresi lambung kemudian aktivitas amilase saliva dihambat oleh asam yang berasal dari sekresi lambung, karena amilase pada dasarnya tidak aktif sebagai suatu enzim bila pH medium turun di bawah sekitar 4.0 meski pun demikian, rata-rata sebelum makanan menjadi bercampur secara menyeluruh dengan sekresi dari lambun, sebanyak 30-40 persen tepung akan dihidrolisis terutama menjadi maltosa.

3. Pencernaan Karbohidrat di dalam usus halus

Pencernaan oleh amilase pankreas. Sekresi pankreas seperti saliva, mengandung sejumlah besar x amilase yang fungsinya hampir mirip dengan x amilase saliva tetapi beberapa kali lebih kuat. Oleh karena itu, dalam waktu 15 sampai 30 menit setelah kimus dikosongkan dari lambung ke dalam duodenum dan bercampur dengan getah pankreas, sebenarnya semua tepung telah dicernakan. Pada umumnya, hampir semua tepung diubah menjadi maltosa dan polimer-polimer glukosa yang sangat kecil lainnya sebelum keduanya melewati duodenum atau jejunum bagian atas.

Hidrolisis disakarida dan polimer-polimer glukosa kecil menjadi monosakarida oleh enzim-enzim epitel usus. Enterosit yang terletak pada vili usus halus mengandung empat enzim, laktase, sukrose, maltase dan x dektrinase, yang mampu memecahkan disakarida laktosa, sukrosa dan maltosa demikian juga polimer-polimer glukosa kecil lainnya menjadi unsur monosakarida. Enzim-enzim ini terletak di dalam membran mikrovili brush border enterosit, dan disakarida dicernakan sewaktu berkontak dengan membran ini. Laktosa dipecahkan menjadi satu molekul galaktosa dan satu molekul glukosa. Sukrosa dipecah menjadi satu molekul fruktosa dan satu molekul glukosa. Maltosa dan polimer-polimer glukosa lainnya semua dipecahkan menjadi molekul-molekul glukosa. Jadi, produk akhir dari

pencernaan karbohidrat adalah semua monosakarida, dan monosakarida tersebut di serap dengan segera ke dalam darah portal. Dalam diet biasa, yang mengandung lebih banyak tepung daripada gabungan karbohidrat lain, glukosa mewakili lebih dari 80% hasil akhir pencernaan karbohidrat, galaktosa dan fruktosa masing-masing jarang mewakili lebih dari 10 persen hasil akhir pencernaan karbohidrat.

1.5 Peran Utama Glukosa dalam Metabolisme karbohidrat

Hasil akhir pencernaan karbohidrat dalam saluran pencernaan hampir seluruhnya dalam bentuk glukosa, fruktosa, dan galaktosa dengan mewakili, rata-rata sekitar 80% dari keseluruhan. Setelah absorpsi dari saluran pencernaan, sebagian fruktosa dan hampir semua galaktosa juga segera diubah menjadi glukosa didalam hati. Oleh karena itu, hanya sedikit fruktosa dan galaktosa yang terdapat dalam sirkulasi darah. Glukosa kemudian menjadi jalan umum akhir untuk mentranspor hampir seluruh karbohidrat kedalam sel jaringan.

Di dalam sel hati tersedia enzim yang sesuai untuk merangsang interkonversi diantara monoskarida sehingga bila hati melepas monosakarida kembali di dalam darah maka hasil akhirnya seluruhnya glukosa. Alasannya adalah bahwa sel hati berisi sejumlah besar glukosa fosfatase. Oleh karena itu glukosa 6 fosfatase dapat diubah kembali menjadi glukosa fosfat dan glukosa dapat diubah kembali menjadi glukosa dan fosfat dan glukosa dapat ditranspor kembali

melalui membran sel hati ke dalam darah, paling sedikit 95% dari seluruh monosakarida yang beredar dalam darah merupakan produk perubahan akhir yaitu glukosa.

2. Glukosa

Menurut KeMenkes No.1792 (2010), Glukosa adalah karbohidrat dalam bentuk monosakarida. Glukosa dalam darah jika tidak diperlukan akan disimpan didalam hati dalam bentuk glikogen melalui proses glikogenesis. Jika diperlukan glikogen ini dapat diubah kembali menjadi glukosa melalui proses glikogenolisis, dan dilepaskan ke dalam darah. Karbohidrat ialah senyawa organik dengan fungsi utama sebagai sumber energi bagi kebutuhan sel-sel dan jaringan tubuh. Peran utama karbohidrat didalam tubuh ialah menyediakan glukosa bagi sel-sel tubuh yang kemudian diubah menjadi energi. (Djakani *et al.*, 2013)

Kadar glukosa darah dipengaruhi oleh faktor endogen dan eksogen. Faktor endogen yaitu humoral *factor* seperti hormon insulin, glukagon dan kortisol sebagai sistem reseptor di otot dan sel hati. Faktor eksogen antara lain jenis dan jumlah makanan yang dikonsumsi serta aktivitas yang dilakukan (Lestari *et al.*, 2013).

3. Metabolisme Glukosa

Metabolisme glukosa di dalam tubuh tidak langsung terjadi saat makanan masuk ke dalam mulut. Saat makanan masuk kedalam mulut dan dikunyah, sekitar 5% karbohidrat dalam makanan akan dicerna oleh enzim amylase dalam mulut menjadi bentuk disakarida maltose dan polimer

glukosa lain yang lebih kecil. Di dalam lambung, pencernaan karbohidrat akan berlangsung selama 1 jam sebelum makanan bercampur dengan sekresi lambung. Aktivitas amylase akan dihambat oleh asam yang berasal dari sekresi lambung, karena amylase tidak aktif pada pH rendah. Namun, sekitar 30-40% karbohidrat telah dihidrolisis sebagian besar menjadi maltosa (Gayton and Hall, 2001).

Saat makanan menuju usus halus, pankreas akan mensekresikan enzim amylase pankreas, sehingga semua karbohidrat yang belum dihidrolisis akan diubah ke dalam bentuk maltose dan polimer glukosa kecil lainnya. Setelah itu maltose dan polimer glukosa akan memasuki usus halus bagian jejunum. Jejunum memiliki vili-vili, pada vili-vili ini terdapat eritrosit yang mengandung enzim lactose, sukrase, maltase, dan desktrinase. Enzim-enzim ini yang akan memecah disakarisa latose, maltose, sukrosa dan polimer glukosa lainnya menjadi bentuk monosakarida, dimana 80% terdiri dari glukosa dan sisanya fruktosa dan galaktosa.

Selanjutnya glukosa dan monosakarida lainnya akan diserap oleh vili-vili yang terdapat di dinding usus halus dan memasuki pembuluh darah portal. Setelah masuk kedalam pembuluh darah, hampir semua galaktosa dan fruktosa diubah menjadi glukosa. Glukosa kemudian akan didistribusika ke semua jaringan dan akan diubah menjadi energi (50%), glikogen (40%), dan sisanya trigliserida (Gayton and Hall, 2001).

4. Kelainan Metabolisme Glukosa

4.1 Diabetes Mellitus

Diabetes mellitus merupakan suatu penyakit dimana tubuh penderitanya tidak dapat secara otomatis mengendalikan tingkat gula (glukosa) dalam darahnya. Pada tubuh yang sehat, kelenjar pankreas melepas hormon insulin yang bertugas mengangkut gula melalui darah ke otot-otot dan jaringan untuk memasok energi (Anies, 2016). Diabetes mellitus (DM) juga sering disebut dengan penyakit kencing manis yang merupakan penyakit gangguan metabolisme karbohidrat kronis yang ditandai dengan peningkatan kadar gula darah (hiperglikemia) yang menetap dan glukosuria karena tubuh kehilangan kontrol terhadap gula darah.

Klasifikasi diabetes mellitus menurut Depkes (2008), terdiri dari tiga yaitu diabetes mellitus tipe 1, diabetes mellitus tipe 2, dan diabetes gestasional.

a. Diabetes mellitus tipe 1

Diabetes mellitus tipe 1 yaitu adanya gangguan metabolik yang ditandai dengan kenaikan kadar glukosa darah akibat hilangnya sel penghasil insulin pada pulau langhernas pankreas sehingga terjadi kekurangan insulin dalam tubuh (Depkes, 2008). Faktor penyebab diabetes tipe 1 adalah infeksi virus atau reaksi auto imun (rusaknya sistem kekebalan tubuh) yang merusak sel-sel penghasil insulin, yaitu sel B pada pankreas, secara menyeluruh. Oleh karena itu, pada

tipe ini, pankreas sama sekali tidak dapat menghasilkan insulin. Untuk bertahan hidup, insulin harus diberikan dari luar dengan disuntikkan (Nurrahmani, 2015).

b. Diabetes mellitus tipe 2

Diabetes mellitus tipe 2 merupakan gangguan metabolik yang terjadi akibat ketidakmampuan tubuh untuk merespon dengan wajar terhadap aktivitas insulin yang dihasilkan pankreas (resistensi insulin), sehingga tidak tercapai kadar glukosa yang normal dalam darah (Depkes, 2008). Diabetes tipe 2 berkembang sangat lambat, bisa sampai bertahun-tahun. Oleh karena itu, gejala dan tandanya sering kali tidak jelas. Diabetes tipe 2 biasanya memiliki riwayat keturunan diabetes (Nurrahmani, 2015).

c. Diabetes mellitus tipe gestasional

Diabetes mellitus tipe gestasional merupakan gangguan metabolik yang ditandai oleh kenaikan kadar glukosa darah yang terjadi pada wanita hamil, biasanya terjadi pada usia 24 minggu masa kehamilan dan setelah melahirkan kadar glukosa darah kembali normal (Depkes, 2008).

5. Faktor Yang Mempengaruhi Kadar Glukosa

a. Diet

Makan dan minum dapat mempengaruhi hasil pemeriksaan gula darah, baik langsung maupun tidak langsung. Pemeriksaan ini dipengaruhi secara langsung oleh makanan dan minuman kecuali air

putih tawar. Karena pengaruhnya yang sangat besar maka pada pemeriksaan gula darah puasa pasien perlu dipuasakan 10-12 jam sebelum darah diambil (KepMenKes No.1792, 2010).

b. Alkohol

Konsumsi alkohol juga menyebabkan perubahan cepat dan lambat beberapa kadar analit. Perubahan cepat terjadi dalam waktu 2-4 jam setelah konsumsi alkohol dan terlihat akibatnya berupa peningkatan pada kadar glukosa (PerMenkes No. 43, 2013).

c. Aktivitas Fisik

Aktivitas fisik adalah setiap gerakan tubuh dengan tujuan meningkatkan dan mengeluarkan tenaga dan energi (Depkes, 2008). Aktivitas fisik yang dilakukan seseorang akan mempengaruhi kadar gula darahnya. Peningkatan penggunaan glukosa oleh otot akan meningkat saat seseorang melakukan aktivitas fisik yang tinggi. Hal tersebut disebabkan glukosa endogen akan ditingkatkan untuk menjaga agar kadar gula di dalam darah tetap seimbang. Pada keadaan normal, keseimbangan kadar gula darah tersebut dapat dicapai oleh berbagai mekanisme dari sistem saraf, regulasi dan keadaan hormonal.

Teori lain menyebutkan bahwa aktivitas fisik secara langsung berhubungan dengan kecepatan pemulihan gula darah otot. Saat aktivitas fisik dilakukan, otot – otot di dalam tubuh akan bereaksi dengan menggunakan glukosa yang disimpannya sehingga glukosa yang tersimpan akan berkurang. Dalam keadaan tersebut akan terdapat

reaksi otot yang mana otot akan mengambil glukosa di dalam darah sehingga glukosa di dalam darah menurun dan hal tersebut dapat meningkatkan kontrol gula darah (Nurayati dan Adriani, 2017).

d. Penggunaan Obat

Obat – obat yang diberikan baik secara oral maupun cara lainnya akan menyebabkan terjadinya respon tubuh terhadap obat tersebut. Obat-obat yang sering digunakan dan dapat mempengaruhi pemeriksaan glukosa darah contohnya thiazid dan antidiabetika (PerMenKes no 43, 2013). Penggunaan obat (misalnya kortison, tiazid, diuretik) akan menyebabkan peningkatan kadar gula darah (kee, 2007)

6. Jenis Pemeriksaan Laboratorium

Untuk memantau kadar glukosa darah dapat dilakukan dengan pemeriksaan glukosa darah puasa, glukosa darah postprandial, glukosa darah sewaktu, dan Test toleransi glukosa oral (TTGO).

a. Glukosa Darah Sewaktu

Pemeriksaan glukosa darah sewaktu merupakan pemeriksaan gula darah yang dilakukan setiap waktu sepanjang hari tanpa memperhatikan makanan terakhir yang dimakan dan kondisi tubuh orang (Depkes, 2008). Kadar glukosa darah sewaktu normalnya kurang dari 140 mg/dL, apabila kadar glukosa darah sewaktu mencapai 200 mg/dl atau lebih tinggi dan ditandai dengan adanya gejala khas seperti peningkatan buang air kecil, kehausan dan

penurunan berat badan, menandakan adanya diabetes (Diabetes Care, 2018).

Kadar glukosa darah sewaktu lebih dari 200 mg/dL tanpa adanya gejala yang khas maka diperlukan tes konfirmasi lebih lanjut dengan melakukan salah satu pemeriksaan glukosa darah baik glukosa puasa, glukosa postprandial, atau Test Toleransi Glukosa Oral sebelum didiagnosis menjadi DM. Pemeriksaan konfirmasi tersebut dilakukan pada hari lain (Diabetes Care, 2018).

b. Glukosa Darah Puasa

Pemeriksaan glukosa puasa merupakan suatu pemeriksaan yang bertujuan untuk mengukur kadar glukosa darah setelah berpuasa selama 10 – 12 jam (Depkes, 2008). Tes ini biasanya dilakukan pada pagi hari sebelum sarapan. Pemeriksaan glukosa ini digunakan untuk salah satu diagnosis penyakit diabetes mellitus. Kadar glukosa darah puasa normalnya kurang dari 110 mg/dL, jika hasil pemeriksaan glukosa darah puasa ≥ 126 mg/dL disertai dengan gejala poliuria, polidipsia, rasa lelah dan kelemahan otot maka mengindikasikan diabetes (Diabetes Care, 2018).

Kadar glukosa darah puasa mencapai 126 mg/dL atau lebih tanpa ditandai dengan gejala khas maka diperlukan tes konfirmasi lebih lanjut untuk memastikan diagnosis dengan melakukan pemeriksaan glukosa darah postprandial dan pemeriksaan harus dilakukan pada hari yang berbeda (ADA, 2002). Setelah dilakukan pemeriksaan

konfirmasi tetapi kadar glukosa darah masih tetap tinggi maka dapat didiagnosis menjadi DM.

Untuk hasil pemeriksaan kadar glukosa darah puasa antara 100 dan 125 mg/dL maka dapat digolongkan dalam kelompok IFG (*Impaired Fasting Glucose*) yang artinya memiliki faktor resiko untuk terkena diabetes mellitus atau yang sering disebut prediabetes (Diabetes Care, 2018)

c. Glukosa Darah Postprandial

Pemeriksaan glukosa darah postprandial merupakan pemeriksaan yang dilakukan dengan cara mengukur kadar glukosa setelah berpuasa minimal 10 – 12 jam, dan 2 jam setelah mengonsumsi glukosa 75 gram yang dilarutkan dalam 250 ml air (Diabetes Care, 2018). Kadar glukosa darah 2 jam PP normalnya adalah ≤ 140 mg/dL. Menurut *American Diabetes Association* (2017) jika kadar pemeriksaan glukosa darah postprandial ≥ 200 mg/dL disertai dengan gejala menandakan adanya penyakit diabetes.

Kadar glukosa darah postprandial dengan nilai ≥ 200 maka tanpa disertai gejala perlu dilakukan tes konfirmasi lebih lanjut dengan melakukan pemeriksaan TTGO (Test Toleransi Glukosa Oral) sebelum didiagnosis menjadi diabetes. Bila setelah pemeriksaan konfirmasi kadar glukosa masih tinggi maka dapat didiagnosis DM (Diabetes Care, 2018).

Bila kadar glukosa darah seseorang 2 jam setelah mengonsumsi 75 gram glukosa berada diantara 140 dan 199 mg/dL maka dapat digolongkan dalam kelompok IGT (*Impaired Glucose Tolerance*) atau TGT (*Toleransi Glukosa Terganggu*) yaitu keadaan dimana kadar glukosa darah seseorang pada uji toleransi glukosa darah diatas normal tetapi tidak cukup tinggi untuk dikategorikan ke dalam kondisi diabetes biasanya kondisi ini disebut dengan prediabetes (Diabetes Care, 2018).

d. Test Toleransi Glukosa Oral (TTGO)

Pemeriksaan test toleransi glukosa oral (TTGO) adalah pemeriksaan kadar guladarah puasa dan kadar gula darah 2 jam sesudah beban glukosa 75 gram. Persiapan pasien yang akan melakukan pemeriksaan TTGO adalah dengan mengonsumsi glukosa 75 gram yang dilarutkan ke dalam 250 ml air. Pemeriksaan TTGO dapat dilakukan pagi hari setelah berpuasa 10 – 12 jam. Apabila kadar TTGO atau glukosa darah postprandial ≥ 200 mg/dL maka pasien didiagnosis DM. Tetapi jika hasil TTGO sekitar 140 – 199 mg/dL maka mengindikasikan prediabetes karena terjadi Toleransi Glukosa Terganggu (TGT) (Diabetes Care, 2018).

Bedanya pemeriksaan glukosa darah postparandial dengan TTGO adalah pada saat pengukuran glukosanya. Pada glukosa darah postprandial, glukosa diukur hanya satu kali setelah 2 jam, sedangkan

pada test toleransi glukosa dikukur beberapa kali yaitu 0 jam, 30 menit, 1 jam, 2 jam, dan 3 jam (Diabetes Care, 2018).

7. Pemeriksaan Laboratorium

7.1 Tahap pre-Analitik

a. Permintaan dan identifikasi pasien

Permintaan untuk pemeriksaan laboratorium klinik akan tertera pada formulir permintaan, sebelum melakukan pengambilan spesimen, petugas wajib mengidentifikasi pasien dengan menanyakan nama, umur, melihat jenis kelamin, dan alamat supaya sesuai dengan form permintaan pemeriksaan laboratorium khususnya untuk pemeriksaan glukosa.

b. Persiapan pasien

Menurut KepMenKes No. 1792 (2010) hal-hal yang perlu dipersiapkan oleh pasien sebelum pemeriksaan glukosa darah ialah Puasa 10 – 12 jam, puasa sangat diperlukan saat pemeriksaan glukosa darah agar hasil pemeriksaan glukosa yang tinggi karena pengaruh asupan makanan dapat dieliminasi. Puasa adalah suatu kondisi tidak adanya asupan kalori di dalam tubuh. Dalam persiapan pasien pemeriksaan glukosa pasien tidak diperbolehkan melakukan aktivitas berat, tidak mengkonsumsi alkohol, dan obat-obatan anti-diabetik.

c. Pengambilan spesimen

1) Peralatan

Peralatan yang digunakan adalah bersih, kering, tidak mengandung detergen atau bahan kimia, terbuat dari bahan yang tidak mengubah zat-zat dalam spesimen, sekali pakai buang (disposable), steril, tidak retak/pecah, mudah dibuka dan ditutup rapat dan ukuran sesuai dengan volume spesimen (Praptomo, 2018).

2) Waktu

Waktu pengambilan spesimen penting untuk diperhatikan. Umumnya pengambilan dilakukan pada waktu pagi hari (Praptomo, 2018). Karena pada malam hari pasien beristirahat, supaya faktor yang dapat mempengaruhi pemeriksaan seperti mengonsumsi makanan, minuman, dan aktifitas fisik telah terkendali.

3) Lokasi

Sebelum mengambil spesimen, harus ditetapkan terlebih dahulu lokasi pengambilan yang tepat sesuai dengan jenis pemeriksaan yang diminta (KepMenKes No.1792, 2010). Lokasi pengambilan darah pada pemeriksaan glukosa adalah darah vena umumnya diambil dari vena lengan (median cubiti, vena cephalic, atau vena basilic). Atau bisa menggunakan darah kapiler yang

umumnya diambil dari ujung jari tengah atau jari manis tangan bagian tepi. Tempat pengambilan tidak boleh pada jalur infus atau transfusi, bekas luka, hematoma, oedema, canula, fistula (Praptomo, 2018).

4) Teknik

Menurut PerMenKes pada tahun 2013 teknik pengambilan spesimen harus dilaksanakan dengan cara yang benar supaya spesimen tersebut dapat mewakili keadaan sebenarnya. Teknik pengambilan spesimen pada penelitian ini dengan melakukan plebotomi.

d. Pengolahan spesimen

Pengolahan spesimen serum dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut; biarkan darah terlebih dahulu pada suhu kamar selama 20-30 menit, kemudian disentrifus 3000 rpm selama 5-15 menit, dan tahap selanjutnya pemisahan dilakukan kurang dari 30 menit setelah darah membeku, serum yang memenuhi syarat harus tidak kelihatan merah dan keruh (lipemik) (KepMenKes No.1792, 2010).

e. Pengiriman spesimen

Spesimen yang akan dikirim ke laboratorium lain (dirujuk), sebaiknya dikirim dalam bentuk relatif stabil. Untuk itu perlu diperhatikan persyaratan pengiriman spesimen antara lain; waktu pengiriman jangan melampaui masa stabilitas

spesimen, hindari terkena sinar matahari secara langsung, kemasan harus memenuhi persyaratan keamanan kerja laboratorium termasuk pemberian label yang betuliskan “bahan pemeriksaan infeksius”, serta suhu pengiriman harus memenuhi syarat (PerMenKes Nomor 1792, 2010).

f. Penyimpanan spesimen

Spesimen yang sudah diambil harus segera diperiksa, karena stabilitas spesimen dapat berubah. Faktor yang mempengaruhi stabilitas spesimen antara lain; terjadi kontaminasi oleh kuman dan bahan kimia, terjadi metabolisme oleh sel-sel hidup pada spesimen, terjadi penguapan, pengaruh suhu, dan terkena paparan sinar matahari (PerMenKes Nomor 1792, 2010). Maka dari itu spesimen diambil harus disimpan dengan baik, spesimen pemeriksaan Glukosa dapat disimpan pada suhu kamar $20 - 25^{\circ}\text{C}$ selama 6 jam, pada lemari es pada suhu $2 - 8^{\circ}\text{C}$ selama 3 hari, dan dibekukan pada suhu -20°C selama 3 (KepMenKes No.1792, 2010).

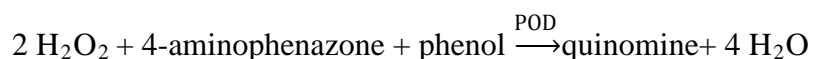
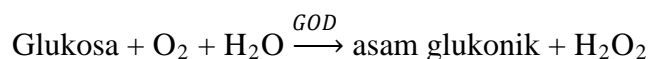
7.2 Tahap Analitik

Menurut KeMenKes (2010), metode pemeriksaan Glukosa sebagai berikut :

a. Standar WHO/IFCC

1) Metode : Glukosa oksidase/peroksidase (GOD/PAP)

Prinsip : Glukosa dioksidasi secara enzimatik menggunakan enzim GOD (glukosa oksidase), membentuk asam glukonik dan H_2O_2 kemudian bereaksi dengan fenol dan 4 aminoantipirin dengan enzim peroksidase (POD) sebagai katalisator membentuk quinomine. Intensitas warna yang terbentuk sebanding dengan konsenstrasi gluosa dalam spesimen dan diukur secara fotometri pada λ 340 nm (KepMenKes No.1792, 2010).

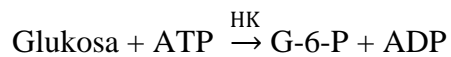


2) Metode yang banyak digunakan saat ini

Metode : Heksokinase

Prinsip : Heksokinase (HK) sebagai kataisator mengubah glukosa menjadi glukosa 6-phopat dan ADP. Glukosa 6-phospat dehidrogenase (G-6-PDH) mengoksidase glukosa 6 phospat menjadi NADPH. Banyaknya NADPH yang terbentuksebanding dengan konsentrasi glukosa dalam

spesimen dan diukur secara fotometri pada panjang gelombang 340 nm (KepMenKes No.1792, 2010).



- 3) Pemeriksaan glukosa dengan alat glukometer metode *point of care testing* (POCT).

Prinsip : cara pengukuran dapat secara visual, optikal atau monitoring reaksi elektrokimia yang terjadi. Pemeriksaan POCT kimia menggunakan teknologi biosensor, dengan teknologi biosensor muatan listrik yang di hasilkan oleh interaksi kimia antara zat tertentu dalam darah dan zat kimia pada reagen kering (strip) akan diukur dan dikonversi menjadi angka yang sesuai dengan jumlah muatan listrik. Angka yang dihasilkan dianggap setara dengan kadar yang diukur dalam darah.

b. Verifikasi metode

Verifikasi metode merupakan suatu kegiatan yang dilakukan untuk menguji keandalan (presisi dan akurasi) dari suatu metode pemeriksaan dengan cara mengukur suatu analit tertentu. Suatu laboratorium harus mengkonfirmasi kemampuannya dalam mengoprasikan suatu metode standar sebelum dilakukan pemeriksaan dan kalibrasi. Verifikasi metode dilakukan pada metode yang sudah terstandar, metode yang telah lama digunakan,

apabila ada pengantian instrument baru, pergantian reagen yang spesifik, dan ada pegawai baru.

c. Tujuan

Verifikasi metode dilakukan bertujuan untuk membuktikan keandalan suatu metode, membuktikan bahwa suatu laboratorium mampu melakukan analisis dengan metode tersebut, dan menguji kemampuan pegawai laboratorium dalam menggunakan metode tersebut.

d. Penilaian verifikasi

Parameter yang dinilai dalam melakukan verifikasi metode meliputi nilai presisi dan akurasi. Presisi merupakan nilai yang menunjukkan kedekatan antara suatu hasil pemeriksaan dengan hasil pemeriksaan yang lain bila dilakukan pengukuran berulang pada sampel yang sama (Permenkes N0.43,2013). Presisi biasanya dinyatakan dalam nilai koefisien variasi (% CV) yang dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$CV = \frac{SD}{mean} \times 100\%$$

SD = Standar deviasi (simpangan baku)

Mean = rata – rata hasil pemeriksaan berulang.

Akurasi merupakan nilai yang menunjukan kedekatan hasil pemeriksaan dengan nilai yang sebenarnya. Akurasi biasanya dinyatakan dalam nilai bias, yakni persen selisih nilai hasil dengan

nilai sebenar berbanding dengan nilai sebenarnya. Bias dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$\text{Bias} = \frac{\text{Nilai ukur} - \text{Nilai target}}{\text{Nilai target}} \times 100\%$$

Catatan : nilai target yang digunakan pada penelitian ini adalah nilai rata-rata dari pabrik

e. Alat

Alat yang digunakan pada metode manual umumnya adalah sederhana dan metode otomatis menggunakan alat canggih. Peralatan yang dipilih untuk melakukan pemeriksaan harus mempunyai spesifikasi yang sesuai dengan jenis pemeriksaan, jenis spesimen dan volume spesimen (PerMenKes, 2013). Setiap peralatan harus mempunyai petunjuk penggunaan yang disediakan oleh pabrik yang memproduksi alat tersebut.

Kalibrasi alat sangat diperlukan untuk menjamin hasil pemeriksaan sehingga dapat dipercaya. Kalibrasi dilakukan pada alat baru dan selanjutnya dilakukan secara berkala minimal sekali dalam setahun atau sesuai dengan pedoman pabrik yang memproduksi alat tersebut.

f. Bahan kontrol

Bahan kontrol adalah bahan yang digunakan untuk memantau ketepatan suatu pemeriksaan di laboratorium, atau untuk memantau ketepatan suatu pemeriksaan di laboratorium, atau untuk mengawasi kualitas hasil pemeriksaan sehari-hari (PerMenkes No.

43, 2013). Menurut PerMenkes (2013), Bahan kontrol dapat dibedakan berdasarkan :

1) Sumber bahan kontrol

Ditinjau dari sumbernya, bahan kontrol dapat berasal dari manusia, binatang atau merupakan bahan kimia murni.

2) Bentuk bahan kontrol

Menurut bentuk bahan kontrol ada bermacam-macam, yaitu bentuk cair, bentuk padat bubuk dan bentuk strip. Bahan kontrol bentuk padat bubuk atau bentuk strip harus dilarutkan terlebih dahulu sebelum digunakan.

3) Cara pembuatan

Bahan kontrol dapat dibuat sendiri atau dapat dibeli dalam bentuk sudah jadi.

4) Jenis bahan kontrol

a) Buatan sendiri

Bahan kontrol dapat dibuat sendiri atau dapat dibeli dalam bentuk sudah jadi. Ada beberapa macam bahan kontrol yang dibuat sendiri yaitu :

Bahan kontrol yang dibuat dari serum disebut juga serum kumpulan (*pooled sera*). serum kumpulan (*pooled sera*) merupakan campuran dari bahan sisa serum pasien yang sehari-hari dikirim ke laboratorium. Keuntungan dari serum kumpulan ini antara lain mudah didapat, murah,

bahan berasal dari manusia, tidak perlu dilarutkan dan laboratorium mengetahui asal bahan kontrol.

Kekurangannya memerlukan tambahan waktu dan tenaga untuk membuatnya, harus membuat kumpulan khusus untuk enzim, dan cara penyimpanannya sukar bila kondisi suhu -70C tidak ada atau terlalu kecil dan analisis statistik harus dikerjakan tiap 3-4 bulan. Bahan kontrol yang dibuat dari bahan kimia murni sering disebut sebagai larutan spikes.

b) Buatan pabrik (komersial)

(1) Bahan kontrol *Unassayed*

Bahan kontrol *Unassayed* bahan kontrol yang tidak mempunyai nilai rujukan sebagai tolak ukur. Nilai rujukan dapat diperoleh setelah dilakukan periode pendahuluan. Biasanya dibuat kadar normal atau abnormal (abnormal tinggi atau abnormal rendah). Keباikan bahan kontrol jenis ini ialah lebih tahan lama, bisa digunakan untuk semua tes, tidak perlu membuat sendiri. Kekurangannya adalah kadang-kadang ada variasi dari botol ke botol ditambah kesalahan pada rekonsitusi, sering serum diambil dari hewan yang mungkin tidak sama dengan serum manusia.

(2) Bahan kontrol *Assayed*

Bahan kontrol *Assayed* merupakan bahan kontrol yang diketahui nilai rujukannya serta batas toleransinya menurut metode pemeriksaannya. Harga bahan kontrol ini lebih mahal dibandingkan jenis *unassayed*. Bahan kontrol ini digunakan untuk kontrol akurasi dan juga presisi.

g. Reagen

Reagen adalah zat kimia yang digunakan dalam suatu reaksi untuk mendeteksi, mengukur, memeriksa dan menghasilkan zat lain

7.3 Tahap Pasca-Analitik

Tahap pasca analitik adalah tahap pencatatan, perhitungan, penyalinan, pelaporan hasil dan pengiriman. Pada tahap ini tidak boleh salah transkrip, hasil harus terbaca jelas, nilai rujukan harus sesuai dengan metode yang digunakan dan pemberian tanda untuk hasil pemeriksaan diluar rentang nilai rujukan. Selain itu pengiriman harus tepat yaitu, kepada orang yang tepat dan waktu yang tepat (KeMenKes RI No. 1792/MENKES/SK/XII/2010).

8. Pemantapan Mutu Internal (PMI)

Pemantapan mutu internal adalah pemantapan mutu yang dikerjakan oleh suatu laboratorium klinik, menggunakan serum kontrol

atas usaha sendiri, dilakukan setiap hari, evaluasi hasil pemantapan mutu dilakukan oleh laboratorium sendiri (Sukorini *et al.*, 2010).

Faktor-faktor yang berpengaruh pada pemantapan mutu internal antara lain komitmen untuk mencapai hasil yang bermutu, fasilitas, dana, petugas yang kompeten, tindakan kontrol terhadap faktor pra analitik, analitik, dan pasca analitik, monitoring kontrol, serta mekanisme pemecahan masalah. Kegiatan pada pemantapan mutu internal meliputi kontrol pra analitik, kontrol analitik, dan kontrol pasca analitik.

1. Penilaian Kontrol Mutu

Alat pemantauan kontrol kualitas umum digunakan adalah grafik levey-jennings dan Westgard Multirules. Hal ini mutlak digunakan dalam pengambilan keputusan klinis. Dengan hasil laboratorium yang berkualitas tinggi tersebut, klinisi dapat mengambil keputusan yang tepat (Sukorini *et al.*, 2010). Berikut beberapa cara untuk menganalisa hasil pemeriksaan bahan kontrol yaitu:

a) Grafik *Levey-Jennings Chard*

Grafik *Levey-Jennings Chard* merupakan penyempurnaan dari grafik kontrol Shewhart. Pada kedua jenis grafik kontrol tersebut akan ditemui nilai rerata dan batas-batas nilai yang dapat diterima. Grafik *Levey-Jennings Chard* ini sering digunakan untuk menilai hasil pemeriksaan bahan kontrol. Grafik ini terdiri dari sumbu X (hari) dan Y (hasil dari bahan kontrol) (KepMenKes N0.1792, 2010).

b) Teknik *Westgard's Multi-Rules*

Menurut Sukorini *et al.*, (2010) Berikut ini beberapa aturan *Westgard's Multi-Rules* :

- Aturan 1-2_s

Aturan ini merupakan aturan peringatan. Aturan ini menyatakan bahwa apabila satu nilai berada di luar batas 2SD tetapi masih ada di dalam batas 3SD maka perlu mulai waspada.

- Aturan 1-3_s

Aturan ini merupakan aturan ini mendeteksi kesalahan acak. Satu saja nilai kontrol berada di luar batas 3 SD, harus mengevaluasi instrumen akan adanya kesalahan acak.

- Aturan 2-2_s

Aturan ini mendeteksi adanya kesalahan sistematis . kontrol dinyatakan keluar apabila dua nilai kontrol pada satu level berturut-turut diluar batas 2 SD.

- Aturan R-4_s

Aturan ini hanya dapat digunakan apabila menggunakan dua level kontrol. Aturan yang mempergunakan konsep statistik “rentang” ini mendeteksi kesalahan acak. Aturan ini menyatakan bahwa apabila dua nilai kontrol level yang berbeda pada hari atau run yang sama memiliki selisih melebihi empat kali SD.

- Aturan 4-1_s

Kriteria penolakan apabila terdapat empat nilai kontrol berturut-turut pada garis mean \pm 1SD. Aturan ini mendeteksi kesalahan sistematis. Aturan ini dapat digunakan pada satu level kontrol saja maupun pada lebih dari satu level kontrol. pada penggunaan satu level kontrol maupun lebih dari satu level maupun lebih dari satu level kontrol, maka perlu melihat data empat nilai kontrol yang berturut-turut keluar dari batas 1 SD yang sama.

- 10-x

Aturan ini termasuk kriteria penolakan apabila 10 nilai kontrol hanya berada pada satu sisi dari garis mean. Aturan ini mendeteksi adanya kesalahan sistematis.

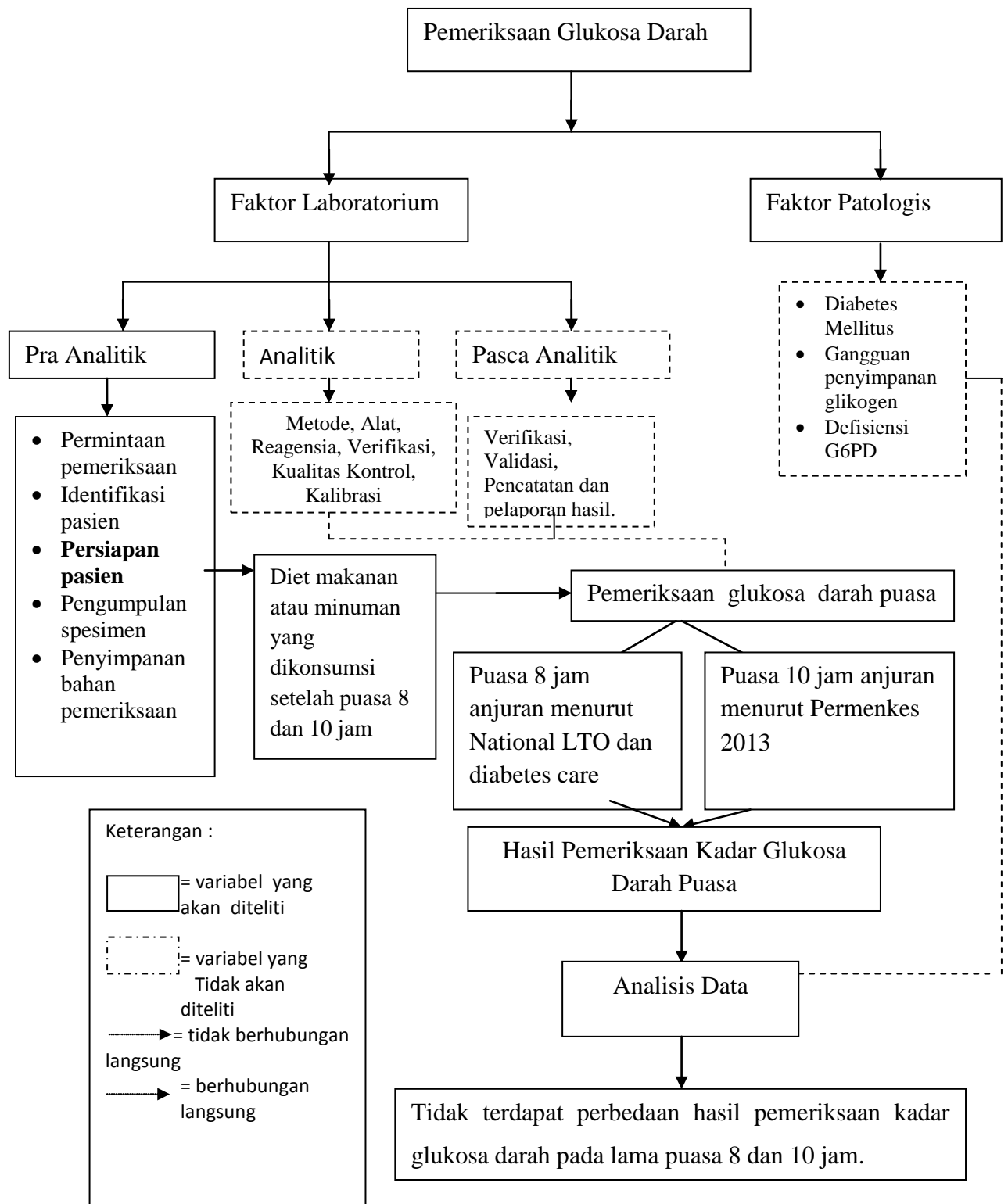
9. Pemantapan Mutu Eksternal (PME)

Pemantapan mutu eksternal adalah kegiatan yang diselenggarakan secara periodik oleh pihak lain di luar laboratorium yang bersangkutan untuk memantau dan menilai penampilan suatu laboratorium dalam bidang pemeriksaan tertentu (PerMenKes No. 25 tahun 2015).

Setiap laboratorium kesehatan wajib mengikuti pemantapan mutu eksternal yang diselenggarakan oleh pemerintah secara teratur dan periodik meliputi semua bidang pemeriksaan laboratorium. Dalam pelaksanaannya, kegiatan pemantapan mutu eksternal ini mengikutsertakan semua laboratorium, baik milik pemerintah maupun swasta dan dikaitkan

dengan akreditasi laboratorium kesehatan seerta perizinan laboratorium kesehatan (PerMenKes No. 25 tahun 2015)

B. Kerangka Pemikiran



Gambar 2.1 Kerangka pemikiran

C. Hipotesis

Tidak terdapat perbedaan hasil pemeriksaan kadar glukosa darah pada lama puasa 8 dan 10 jam.