

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN KERANGKA TEORI

2.1 Kajian Pustaka

2.1.1 Glukosa

Glukosa merupakan sumber energi utama bagi seluruh manusia. Glukosa terbentuk dari hasil hidrolisis karbohidrat.¹ Karbohidrat merupakan molekul organik paling melimpah didunia yang terdiri dari gula sederhana.^{9, 12} Karbohidrat akan mengalami proses digesti menjadi monosakarida agar dapat diserap oleh tubuh. Monosakarida yang paling banyak diserap adalah glukosa mencakup 80%. Glukosa memiliki berbagai fungsi salah satunya yaitu menyediakan sebagian besar energi didalam tubuh dan sebagai bentuk penyimpanan energi didalam tubuh.^{10, 11}

2.1.1.1 Metabolisme Glukosa Untuk Membentuk Energi

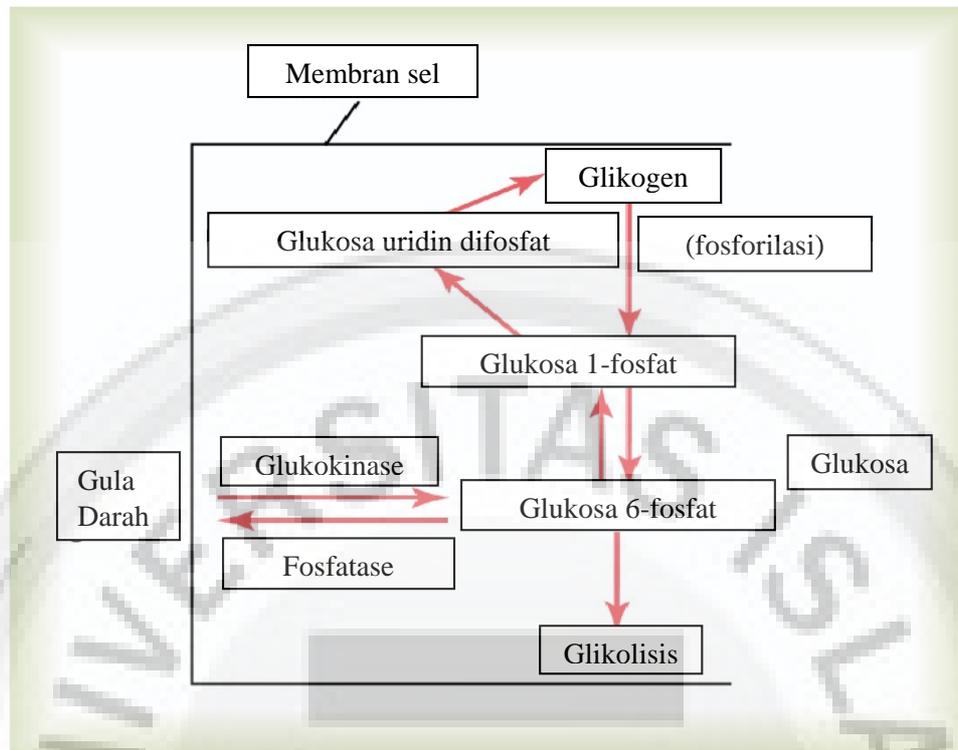
Glukosa akan ditransport dalam bentuk monosakarida oleh insulin yang disekresikan dari pancreas. Kecepatan pengangkutan glukosa oleh sebagian besar sel meningkat sampai 10 kali atau lebih dibandingkan dengan kecepatan pengangkutan bila insulin tidak disekresi. Insulin akan membawa glukosa pada hampir seluruh sel didalam tubuh kecuali sel liver dan sel otak. Glukosa akan masuk kedalam sel dan akan difosforilasi oleh enzim glukokinase yang ada di liver dan enzim heksokinase yang ada didalam sel menjadi bentuk glukosa 6-fosfat.¹⁰

2.1.1.2 Fosforilasi Glukosa

Fosforilasi dari glukosa hampir seluruhnya *irreversible* kecuali di sel liver, epitel tubulus ginjal, dan sel epitel usus. Didalam sel-sel ini terdapat suatu enzim yaitu glukosa fosfatase bila enzim ini teraktivasi enzim dapat membalikkan reaksi. Oleh karena itu didalam kebanyakan jaringan tubuh fosforilasi bekerja untuk menangkap glukosa didalam sel. Artinya, karena glukosa berikatan cepat dengan fosfat, glukosa tidak dapat berdifusi keluar kecuali dari sel-sel khusus tersebut terutama sel-sel liver yang memiliki fosfat.¹⁰

2.1.1.3 Glikogenesis

Setelah diabsorpsi ke dalam sel, glukosa akan menghasilkan energi untuk sel tersebut atau akan disimpan dalam bentuk glikogen. Seluruh sel didalam tubuh memiliki kemampuan untuk menyimpan glikogen, namun liver sel atau sel yang ada di hepar dapat menampung jumlah glikogen sebanyak 5-8%, dan sebanyak 1-3% glikogen akan disimpan didalam sel otot. Reaksi pembentukan glikogen dinamakan dengan glikogenesis, yaitu perubahan glukosa 6-fosfat menjadi glukosa 1-fosfat yang diubah oleh glukosa uridin difosfat kemudian akhirnya akan diubah menjadi glikogen.¹⁰



Gambar 2.1 Reaksi glikogenesis.

Sumber: Arthur C Guyton dan John E Hall¹⁰

2.1.1.4 Glikogenolisis

Glikogen dapat diubah kembali menjadi glukosa untuk memenuhi kebutuhan energi, proses tersebut dinamakan dengan glikogenolisis. Pada saat tubuh membutuhkan energi, glikogen akan difosforilasi dengan enzim fosforilasi untuk dirubah menjadi glukosa. Pada keadaan istirahat enzim fosforilasi dalam bentuk tidak aktif sehingga glikogen dapat tersimpan, namun ketika dibutuhkan maka enzim tersebut akan teraktifasi sehingga dapat merubah bentuk glikogen menjadi glukosa. Terdapat dua hormon yang dapat mengaktifasi fosforilasi sehingga dapat mempercepat proses glikogenolisis yaitu hormon epinefrin dan glukagon. Pengaruh pertama dari masing-masing hormon ini adalah meningkatkan

pembentukan siklik AMP didalam sel, zat ini kemudian memulai rangkaian reaksi kimia yang mengaktifkan fosforilasi.¹⁰

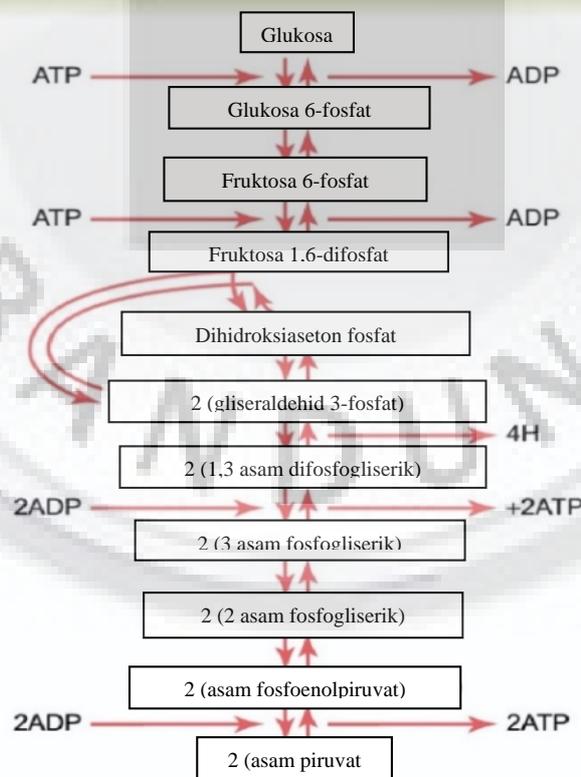
Epinefrin dikeluarkan oleh adrenal medulla ketika terjadi stimulus pada saraf simpatis kemudian aktifitas dari saraf simpatis ini akan meningkatkan kadar glukosa untuk mencukupi kebutuhan energi. Glukagon merupakan hormon yang disekresikan oleh sel alpha yang ada di pankreas ketika kadar glukosa dalam darah menurun, sehingga kadar glukosa akan meningkat kembali. Glukagon merangsang pembentukan siklik AMP terutama didalam sel-sel liver. Oleh karena itu, pengaruhnya terutama untuk mengubah glikogen liver menjadi glukosa dan melepaskannya ke dalam darah, sehingga meningkatkan konsentrasi gula darah.¹⁰

2.1.1.5 Glikolisis

Satu gram molekul glukosa akan menghasilkan 686,000 kalori dan hanya 12,000 kalori yang dibutuhkan untuk membentuk satu gram molekul ATP, maka akan banyak energi yang terbuang percuma apabila glukosa di dekomposisi sepenuhnya menjadi air dan karbon dioksida dengan segera sementara hanya membentuk satu molekul ATP. Glikolisis merupakan pemecahan molekul glukosa menjadi dua molekul asam piruvat, glikolisis melibatkan 10 proses reaksi kimia yang setiap langkahnya dikatalisis oleh satu protein enzim spesifik.¹⁰

Pertama glukosa akan dirubah menjadi fruktosa-1,6-difosfat dan kemudian akan dipecah menjadi 2 molekul atom karbon, gliseraldehid-3-fosfat, kemudian akan mengalami lima tahap untuk dirubah menjadi asam piruvat. Akan tetapi, diantara tahap 1,3 difosfogliseric acid, *fosfophenopyruvic acid*, dan tahap *pyruvic*

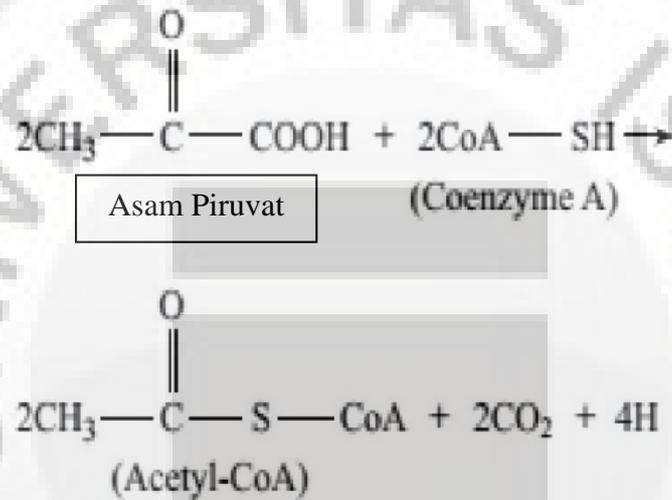
acid akan menghasilkan lebih dari 12,000 kalori/mol, jumlah kalori tersebut dibutuhkan untuk membentuk ATP, total 4 mol ATP akan dibentuk dari setiap mol fruktosa 1,6 difosfat yang dirubah menjadi asam piruvat. Tetapi dibutuhkan dua mol ATP untuk memfosforilasi glukosa menjadi bentuk fruktosa 1,6 difosfat sebelum proses glikolisis dimulai kembali. Jadi, jumlah molekul ATP yang dihasilkan dari proses glikolisis adalah dua ATP dari setiap mol glukosa yang digunakan. Dan 24,000 kalori akan ditransfer menjadi ATP, namun selama proses glikolisis, total kalori yang hilang yaitu 56,000 kalori. Secara keseluruhan efisiensi pembantuan ATP hanya 43%, sekitar 57% energi akan hilang pada saat proses pembakaran.¹⁰



Gambar 2.2 Tahapan glikolisis.

Sumber: Arthur C Guyton dan John E Hall¹⁰

Tahap selanjutnya dalam degradasi glukosa adalah memudahkan pengangkutan dua derivat molekul asam piruvat ke dalam matriks mitokondria, dan kemudian merubahnya menjadi dua molekul acetyl coenzim A (acetyl CoA). Dari reaksi ini akan menghasilkan dua molekul karbon dioksida, empat hidrogen atom, dan dua molekul asam piruvat yang dikombinasikan dengan coenzim A.¹⁰



Gambar 2.3 Reaksi acetyl CoA.

Sumber: Arthur C Guyton dan John E Hall¹⁰

2.1.2 Gula Darah

Konsentrasi gula darah normal pada seseorang yang tidak makan dalam 3 sampai 4 jam adalah 90 mg/dL. Setelah makan makanan yang mengandung banyak karbohidrat, level gula darah jarang meningkat di atas 140 mg/dL, yang menunjukkan bahwa seseorang tidak mengalami diabetes mellitus. Konsentrasi gula darah di regulasi oleh hormone insulin dan glukagon yang dikeluarkan oleh pankreas.¹⁰

2.1.3 Aktifitas Fisik dan Simpanan Energi

Menurut *National Guidline of Physical Activity for Ireland* aktivitas yang baik pada orang dewasa usia 18-64 tahun yaitu dua sampai tiga hari dalam satu minggu dengan durasi 10 menit perharinya. Aktivitas yang dilakukan terdiri dari aktivitas sedang dan aktivitas berat, aktivitas sedang ditandai dengan peningkatan *heart rate* namun masih dapat melakukan percakapan dengan baik dan sedikit berkeringat, sedangkan aktivitas berat ditandai dengan nafas yang dalam sehingga sulit untuk melakukan percakapan, peningkatan *heart rate* dan sangat berkeringat. Contoh aktivitas sedang dan berat dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut.¹³

Tabel 2.1 Jenis Aktivitas Fisik

Aktivitas sedang	Aktivitas berat
Berjalan cepat dalam 15-20 menit	<i>Jogging</i> atau lari cepat atau lari selama 10 menit
Berkebun	Olah raga aktif seperti sepak bola
Berenang dalam kecepatan ringan	Berenang dengan lintasan yang panjang
Bersepeda santai dalam 10 mile/jam	Bersepeda cepat dalam 10 mile/jam
Tenis berpasangan	Tenis perorangan
Berdansa	Mendaki gunung

Sumber : *Departement of Health and Children*¹³

Aktivitas sedang ataupun berat membutuhkan energi, energi tersebut dapat dihasilkan dari ATP yang berjalan secara aerobik (dengan oksigen) dan secara anaerobik (tanpa oksigen). Kedua proses ini dapat berjalan secara simultan didalam tubuh saat berolahraga. Pada aktivitas-aktivitas olahraga yang membutuhkan energi besar dalam waktu yang cepat atau pada olahraga dengan intensitas tinggi. Metabolisme energi akan berjalan secara anaerobik melalui *phosphocreatine* (PCr) serta melalui proses glikolisis glukosa atau glikogen otot, sedangkan pada cabang-cabang olahraga dengan intensitas rendah-sedang yang

memiliki komponen aerobik tinggi metabolisme energi tubuh akan berjalan secara aerobik dengan kehadiran oksigen melalui pembakaran simpanan karbohidrat, lemak, dan protein.¹⁴

Semua bentuk simpanan energi yang terdapat didalam tubuh, simpanan karbohidrat dan lemak merupakan sumber nutrisi utama yang akan digunakan untuk menyediakan energi bagi kontraksi otot. Keduanya akan menjadi sumber energi utama bagi tubuh saat olahraga yang presentase kontribusinya terhadap produksi energi akan ditentukan oleh intensitas olahraga serta lamanya waktu olahraga. Bentuk simpanan energi didalam tubuh yang merupakan penentu performa pada saat berolahraga yaitu simpanan karbohidrat dapat diproses melalui dua jalur metabolisme baik yaitu melalui pembakaran glukosa atau glikogen (secara aerobik) maupun melalui glukosa atau glikogen (secara anaerobik) untuk menghasilkan ATP. Sedangkan simpanan lemak yang terdapat didalam tubuh hanya dapat diproses secara aerobik untuk menghasilkan ATP, dimana proses ini juga akan membutuhkan ketersediaan karbohidrat agar proses pembakarannya menjadi sempurna.¹⁴

2.1.4 Konsumsi Cairan dan Olahraga

Menjaga keseimbangan cairan didalam tubuh melalui strategi konsumsi cairan yang tepat merupakan faktor yang perlu diperhatikan saat melakukan aktivitas. Berkurangnya simpanan glukosa tubuh dan konsumsi cairan yang tidak mencukupi hingga mengakibatkan dehidrasi merupakan dua penyebab terjadinya penurunan performa olahraga. Ketika seseorang melakukan aktivitas fisik seperti

kerja fisik atau juga berolahraga, sumber-sumber energi yang terdapat didalam tubuh seperti karbohidrat atau lemak akan dikonversi menjadi air (H_2O), karbon dioksida (CO_2) dan energi.¹⁵

Proses pembakaran 1 gram karbohidrat akan menghasilkan energi sebesar 4 kkal. Energi yang dihasilkan dari pembakaran sumber energi tubuh ini kemudian terbagi menjadi dua bentuk yaitu dalam bentuk kerja (*work*) dan panas (*heat*). Seseorang harus tetap berada pada kondisi hidrasi yang baik untuk mencapai performa yang optimal. Beberapa hal yang menyebabkan seorang atlet mengalami dehidrasi antara lain adalah kurangnya konsumsi air dalam sehari-hari, terbatasnya kesempatan konsumsi cairan saat olahraga serta tidak mengonsumsi cairan dengan volume yang sesuai dengan pengeluaran keringat setelah berolahraga. Rata-rata konsumsi air perhari yang disarankan untuk memenuhi kebutuhan tubuh adalah sekitar 8-10 gelas (1 gelas 240 ml).¹⁵

Ketika intensitas latihan atau pertandingan meningkat, selain mendapatkan manfaat dengan mengonsumsi air putih seseorang juga akan mendapatkan manfaat lebih dengan menambahkannya dengan karbohidrat dan natrium (Na^+) agar performa tetap terjaga. Tambahan karbohidrat dalam bentuk sederhana yaitu glukosa dalam konsentrasi tertentu diperlukan agar dapat membantu tubuh dalam mempertahankan level gula darah dan mempertahankan ketersediaan glikogen otot sehingga ketersediaan energi tetap terjaga dan kelelahan dapat tertunda.¹⁵

Mengonsumsi minuman olahraga dan berenergi merupakan pilihan yang bagus untuk bahan bakar energi dan hidrasi karena sebagian besar bahan dari

minuman berenergi adalah jenis karbohidrat (glukosa, sukrosa, maltodekstrin, dll).^{16, 17} Minuman berglukosa komersial yang sering diminum memiliki komposisi glukosa 21 g atau 7%, kemudian dalam satu kotak yang berisi 250 ml memiliki 85 kalori untuk 85 kkal.

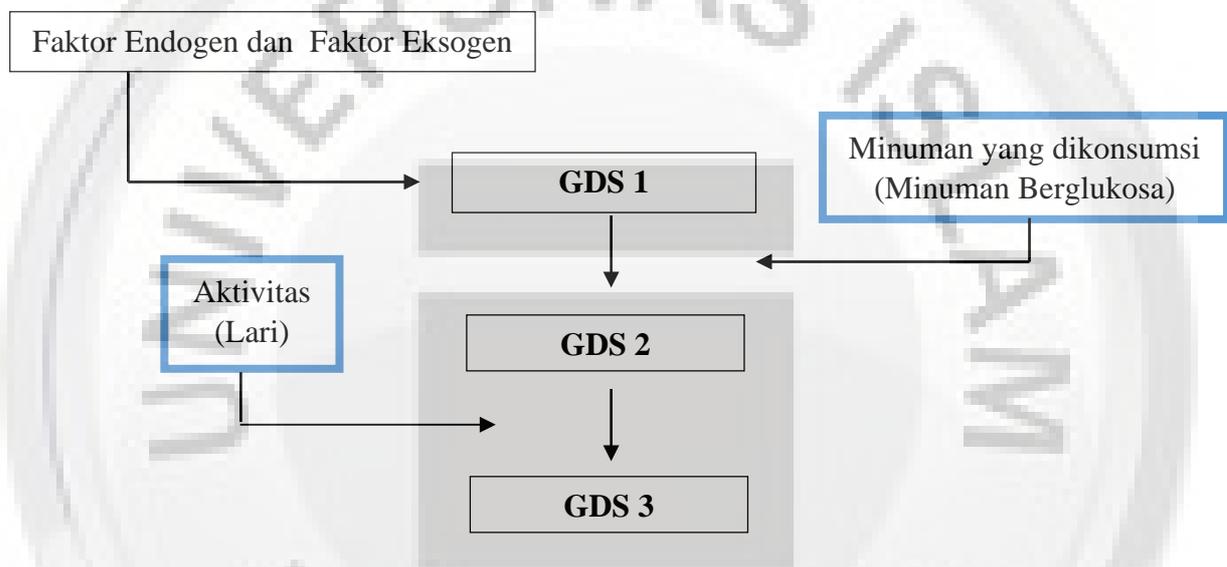
Bukti dari berbagai penelitian menunjukkan bahwa meminum minuman yang mengandung glukosa sebelum dan selama latihan sekitar 45 menit atau lebih dapat meningkatkan kinerja daya tahan tubuh, menjaga tingkat oksidasi karbohidrat, dan menjaga kadar glukosa darah. *The American College Of Sports Medicine* dan *ISSN* merekomendasikan meminum minuman yang mengandung glukosa dalam larutan 6-8% (6-8 gram per 100 ml cairan) sebelum dan selama latihan akan meningkatkan daya tahan tubuh.¹⁶

2.2 Kerangka Pemikiran

Glukosa merupakan sumber energi utama bagi seluruh manusia. Glukosa terbentuk dari karbohidrat yang dikonsumsi melalui makanan dan minuman. Kadar gula darah dipengaruhi oleh dua faktor yaitu faktor endogen dan faktor eksogen. Faktor endogen yaitu humoral dan faktor eksogen seperti makanan dan minuman yang dikonsumsi serta aktivitas yang dilakukan.

Ketersediaan gula darah selama aktivitas sangat dibutuhkan, karena setiap aktivitas membutuhkan energi. Energi yang dihasilkan berasal dari glukosa yang mengalami proses sampai akhirnya menghasilkan energi. Penelitian di Semarang menyebutkan bahwa selama aktivitas fisik akan terjadi peningkatan penggunaan gula darah sesuai dengan beratnya aktivitas fisik, sehingga untuk

mempertahankan kadar gula darah dan mencegah terjadinya hipoglikemi diberikan minuman berglukosa sebelum aktivitas, selain itu pemberian minuman berglukosa dapat menyediakan sumber energi untuk tubuh. Konsumsi minuman dengan kandungan glukosa 6-8% 15 menit sebelum aktivitas lari selama 10 menit dapat mempengaruhi kadar gula darah sewaktu.



Gambar 2.4 Kerangka Pemikiran