

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 Kebugaran Jasmani

Kebugaran adalah kebugaran fisik (*physical fitness*), yakni kemampuan seseorang melakukan kerja sehari-hari secara efisien tanpa timbul kelelahan yang berlebihan sehingga masih dapat menikmati waktu luangnya (Irianto, 2004). Komponen kebugaran jasmani antara lain adalah daya tahan paru-jantung, kekuatan dan daya tahan otot, kelentukan serta komposisi tubuh.

Kebugaran jasmani adalah kemampuan individu atau seseorang untuk melakukan aktivitas dalam waktu tertentu tanpa mengalami kelelahan yang berarti dan masih dapat menikmati waktu luangnya setiap hari (Awisaba, 2014). Berdasarkan beberapa pendapat di atas, dapat disimpulkan bahwa kebugaran jasmani adalah kemampuan seseorang saat melakukan aktivitas tanpa mengalami kelelahan yang berlebihan.

Kebugaran yang berhubungan dengan kesehatan memiliki empat komponen dasar, yaitu daya tahan paru-jantung, kekuatan dan daya tahan otot, kelentukan dan komposisi tubuh (Irianto, 2004). Salah satu dari komponen dasar tersebut adalah daya tahan paru-jantung. Daya tahan paru-jantung adalah kesanggupan jantung dan paru serta pembuluh darah untuk berfungsi secara optimal pada keadaan istirahat dan latihan untuk mengambil oksigen serta mendistribusikan ke jaringan yang aktif untuk digunakan pada proses metabolisme tubuh (Awisaba, 2014). Daya tahan paru-jantung dapat dilihat dari nilai $VO_2\text{max}$ (*Volume Oxygen Maximal*).

Kekuatan otot adalah kemampuan otot melawan bebadan dalam satu usaha. Daya tahan otot adalah kemampuan otot melakukan serangkaian kerja dalam waktu yang lama. Lutan dalam Awisaba (2014) menyatakan bahwa daya tahan otot adalah kemampuan otot untuk menggerakkan daya maksimum selama periode waktu yang relatif lama terhadap sebuah beban yang relatif ringan daripada beban yang digerakkan oleh seseorang.

Kekuatan otot dapat diartikan sebagai kemampuan seseorang untuk menggerakkan daya semaksimal mungkin untuk mengatasi sebuah beban.

Kelentukan adalah kemampuan persendian bergerak secara leluasa. Kelentukan adalah kemampuan seseorang dalam penyesuaian dirinya untuk melakukan segala aktivitas tubuh dengan mengulur persendian, ligamen, dan tendo di sekitar persendian untuk melakukan gerak seluas-luasnya dalam gerak tubuh pada persendian yang sangat dipengaruhi oleh elastisitas otot, tendon dan ligamen sekitar sendi (Sajoto, 1988).

2.1.2 VO₂ Max

VO₂max atau tenaga aerobik maksimal atau disebut juga penggunaan oksigen maksimal adalah tempo tercepat dimana seseorang dapat menggunakan oksigen selama berolahraga. Daya aerobik maksimum menggambarkan jumlah oksigen maksimum yang dikonsumsi per satuan waktu oleh seseorang selama tes, dengan latihan yang semakin lama semakin berat. VO₂max adalah oksigen yang diambil (*Oxygen Uptake*) selama usaha maksimal (Putra, 2013). Fungsi kardiovaskuler menentukan besarnya VO₂max, yang selanjutnya menentukan kapasitas kerja fisik atau kebugaran. Salah satu cara penting untuk menentukan kebugaran kardiovaskuler adalah mengukur besarnya VO₂max.

Kebugaran jasmani erat hubungannya dengan VO₂max, karena VO₂max itu adalah tempo tercepat dimana seseorang dapat menggunakan oksigen selama berolahraga. Fungsi kardiovaskuler menunjukkan besarnya VO₂max yang selanjutnya menentukan kapasitas kerja fisik atau kebugaran. Salah satu cara penting untuk menentukan kebugaran kardiovaskuler adalah dengan mengukur besarnya VO₂max. Seseorang yang mempunyai VO₂max yang baik maka dalam penggunaan oksigen akan lebih baik sehingga kebugaran jasmani akan baik pula (Putra, 2013).

Oksigen dibutuhkan oleh otot dalam melakukan setiap aktivitas berat maupun ringan. Semakin banyak oksigen yang diasup/diserap oleh tubuh menunjukkan semakin baik kinerja otot dalam bekerja sehingga zat sisa-

sisanya yang menyebabkan kelelahan jumlahnya akan semakin sedikit. $VO_2\text{max}$ dapat diukur dengan banyaknya oksigen dalam liter per menit (l/min) atau banyaknya oksigen dalam mililiter per berat badan dalam kilogram per menit (ml/kg/min). Semakin tinggi $VO_2\text{max}$, seorang atlet yang bersangkutan juga akan memiliki daya tahan dan stamina yang baik pula (Putra, 2013).

Faktor-faktor yang mempengaruhi kebugaran jasmani diantaranya ialah umur, jenis kelamin, genetik, makanan, status gizi, komposisi tubuh, aktivitas fisik dan kebiasaan merokok. Kebugaran jasmani meningkat sampai mencapai maksimal pada usia 25-30 tahun, kemudian akan terjadi penurunan kapasitas fungsional dari seluruh tubuh, kira-kira sebesar 0,8-1% per tahun, tetapi bila rajin berolahraga penurunan ini dapat dikurangi sampai separuhnya. Jenis kelamin mempengaruhi kebugaran jasmani, hingga pubertas biasanya kebugaran jasmani anak laki-laki hampir sama dengan anak perempuan, tapi setelah pubertas anak-anak laki-laki biasanya mempunyai nilai yang jauh lebih besar. Genetik berpengaruh terhadap kapasitas jantung paru, postur tubuh, obesitas, hemoglobin/sel darah dan serat otot (Nafita, 2012).

Makanan menurut Irianto (2004) menyatakan bahwa untuk dapat mempertahankan hidup secara layak. Setiap manusia memerlukan makanan yang cukup, baik kuantitas maupun kualitas, yakni memenuhi syarat makanan yang berimbang, cukup energi, dan nutrisi meliputi: karbohidrat, lemak, protein, mineral, dan air. Kebutuhan energi untuk kebutuhan sehari-hari diperoleh dari makanan sumber energi dan proporsi: karbohidrat 60%, lemak 25%, dan protein 15%. Ketersediaan zat gizi dalam tubuh akan berpengaruh pada kemampuan otot berkontraksi dan daya tahan fisik. Untuk mendapatkan kekuatan otot dan ketahanan otot yang baik, seseorang haruslah melakukan latihan-latihan olahraga yang cukup. Mendapatkan gizi yang memadai untuk kegiatan fisiknya, dan tidur (Ruhayati dan Fatmah, 2011).

Status gizi yang baik secara tidak langsung berpengaruh terhadap kebugaran jasmani. Tubuh akan mampu bertahan terhadap latihan yang

keras dan berat serta mencapai prestasi yang maksimal dalam olahraga apabila status gizi baik (Nafita, 2012).

Komposisi tubuh menurut Haskell dan Kiernan dalam Nafita (2012) merupakan komponen kebugaran yang berhubungan dengan jumlah total relatif otot, lemak, tulang dan bagian-bagian vital lain dalam tubuh. Seseorang yang komposisi tubuhnya lebu banyak lemak daripada otot akan memiliki tingkat kebugaran relatif rendah dibandingkan dengan orang yang komposisi tubuhnya lebih banyak otot bukan lemak. Laki-laki memiliki kapasitas aerobik lebih tinggi daripada perempuan dikarenakan massa tubuh laki-laki lebih banyak terdiri dari otot dibandingkan perempuan.

Secara teoritis tingkat kebugaran setiap orang berbeda-beda artinya tidak semua orang memiliki kebugaran jasmani pada kategori yang memadai. Aktivitas jasmani merupakan fungsi dari kebugaran jasmani maka seseorang yang tidak memiliki kebugaran jasmani memadai, produktivitasnya juga tidak akan sebaik orang yang memiliki kategori kebugaran baik. Begitu juga sebaliknya seseorang yang tidak melakukan aktivitas jasmani memadai tidak akan memiliki kebugaran yang baik (Awisaba, 2014).

Kebiasaan merokok dapat menurunkan kapasitas $VO_2\max$. Penurunan ini terjadi karena jumlah O_2 yang diabsorpsi dari paru-paru turun, kandungan CO dalam rokok yang mengikat Hb, terjadinya gangguan pertukaran gas di paru-paru dan terganggunya aliran darah ke otot (Nafita, 2012).

Latihan fisik terprogram bertujuan untuk menjaga dan meningkatkan $VO_2\max$ diantaranya intensitas latihan, durasi latihan dan frekuensi latihan. Intensitas merupakan kualitas yang menunjukkan berat ringannya latihan. Irianto (2004) mengatakan bahwa intensitas latihan kebugaran adalah 60 % - 90% detak jantung maksimal. Durasi latihan untuk olahraga prestasi adalah 45 – 120 menit dalam *training zone*. Frekuensi latihan erat dengan intensitas latihan dan lama latihan. Frekuensi latihan dilaksanakan

paling sedikit tiga kali seminggu atau perlu latihan 3 – 5 kali per minggu (Irianto, 2004).

Mengukur $VO_2\max$, ada beberapa tes yang lazim digunakan. Tes ini harus dapat diukur dan mudah dilaksanakan, serta tidak membutuhkan keterampilan khusus untuk melakukannya. Salah satu cara mengukur $VO_2\max$ adalah dengan melakukan *Test Bleep*. *Test Bleep* (*Multistage Fitness Test*) adalah dilakukan dengan lari menempuh jarak 20 meter bolak-balik, yang dimulai dengan lari pelan-pelan secara bertahap yang semakin lama semakin cepat hingga atlet tidak mampu mengikuti irama waktu lari, berarti kemampuan maksimalnya pada level bolak-balik tersebut (Putra, 2013).

Test Bleep bersifat langsung, responden berlari secara bolak balik sepanjang jalur atau lintasan yang telah diukur sebelumnya, sambil mendengarkan serangkaian tanda yang berupa bunyi “tut” yang terekam dalam kaset. Waktu tanda “tut” tersebut pada mulanya berdurasi sangat lambat, tetapi secara bertahap menjadi lebih cepat sehingga akhirnya makin mempersulit responden untuk menyamakan kecepatannya dengan kecepatan yang diberikan oleh tanda tersebut. Responden berhenti apabila ia tidak mampu lagi mempertahankan langkahnya, dan tahap ini menunjukkan tingkat konsumsi oksigen maksimal responden tersebut (Putra, 2013).

2.1.3 Metabolisme Karbohidrat

Karbohidrat dikategorikan berdasarkan struktur dan jumlah molekul gula yaitu monosakarida, disakarida dan polisakarida. Monosakarida adalah karbohidrat yang mengandung satu molekul gula seperti galaktosa, glukosa dan fruktosa. Disakarida adalah karbohidrat yang mengandung dua molekul gula seperti sukrosa. Monosakarida dan disakarida disebut juga karbohidrat sederhana. Polisakarida adalah karbohidrat dengan banyak molekul gula yang berikatan yang disebut juga sebagai karbohidrat kompleks. Polisakarida diantaranya pati, dekstrin dan serat (Braun & Miller, 2008).

Glukosa berperan dalam metabolisme karbohidrat. Kelebihan glukosa disimpan di dalam hati dalam bentuk glikogen. Apabila ketersediaan darah menurun, hati akan mengubah sebagian dari glikogen menjadi glukosa dan mengeluarkannya ke dalam aliran darah. Glukosa dibawa oleh darah ke seluruh bagian tubuh yang memerlukan. Sel-sel otot menyimpan glukosa dalam bentuk glikogen. Glikogen dalam otot hanya digunakan sebagai energi untuk keperluan otot saja dan tidak dikembalikan sebagai glukosa ke dalam aliran darah (Almatsier, 2001).

Sebelum digunakan oleh sel tubuh, glukosa melewati membran plasma dan masuk ke dalam sitosol. Absorpsi glukosa dalam saluran usus dan tubula ginjal dilakukan melalui transpor aktif kedua (Na^+ -*glucose symporters*). Glukosa masuk sel tubuh paling banyak melalui molekul GluT. Kelompok transporter membawa glukosa masuk melalui difusi. Peningkatan level insulin yang tinggi disisip GluT4 masuk ke membran plasma ke sel tubuh sehingga peningkatan laju memudahkan difusi glukosa ke dalam sel (Tortora & Derrickson, 2006).

Gropper *et al* (2009) dalam Welis (2012) mengatakan bahwa pencernaan polisakarida dimulai di dalam mulut menjadi gula sederhana dibantu enzim α -amilase. Enzim α -amilase menghidrolisis α -1,4 glikosida menghasilkan dekstrin. Lambung memiliki pH rendah sehingga aktivitas α -amilase terhambat. Dekstrin tidak mengalami pencernaan di dalam lambung. Dekstrin selanjutnya dicerna di dalam usus kecil oleh α -amilase dari pancreas menghasilkan maltose dan maltotriosa. Hidrolisis α -amilase terhadap amilopektin menghasilkan glukosa dan maltose. Pencernaan disakarida terjadi di usus halus bagian atas dengan aktivitas enzim disakaridase terkonsentrasi dibagian microvilli sel mukosa usus. Enzim yang terdapat di mukosa sel antara lain lactase, sukrase, maltase dan isomaltase. Laktase berperan dalam mengkatalisis laktosa menjadi galaktosa dan glukosa. Sukrase berperan dalam menghidrolisis sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa. Maltase berperan menghidrolisis maltose menjadi dua unit glukosa. Isomaltase berperan menghidrolisis ikatan α -1,6 isomaltase (ikatan pada disakarida dalam pemecahan amilopektin yang

tidak sempurna). Glukosa dan galaktosa hasil hidrolisis diserap mukosa sel melalui transport aktif yang dipermudah oleh SGLT1 sedangkan fruktosa diserap dengan bantuan GLUT5.

Karbohidrat disimpan dalam bentuk glikogen di dalam otot dan hati. Jumlah glikogen berubah secara periodik tergantung jumlah glikogen yang diurai untuk suplai glukosa darah pada periode puasa dan jumlah glukosa yang disuplai ke hati setelah konsumsi makanan. Glikogen hati meningkatkan cadangan setelah makan tetapi menurun pada antara waktu makan terutama malam hari, hati secara tetap mengirim glukosa ke darah untuk memelihara level glukosa darah normal sebagai sumber energy utama system syaraf (Burke *et al*, 1994).

Rose & Richter (2005) dalam Welis (2012) mengatakan bahwa selama latihan fisik jumlah metabolit dan rangsangan hormonal berperan meningkatkan ambilan glukosa darah dengan kerja otot untuk menyediakan bahan bakar untuk kontraksi otot. Hati dirangsang untuk suplai glukosa ke darah untuk menghindari level glukosa darah turun dibawah normal pada saat latihan. Suplai glukosa ke darah berasal dari pool glikogen hati dan sebagian kecil dari glukoneogenesis.

Brouns (2002) dalam Welis (2012) mengatakan laju glikogen otot dimobilisasai untuk produksi energy yang dibutuhkan untuk kontraksi otot. Latihan jangka panjang membutuhkan energi untuk kerja otot yang dipenuhi dari mobilisasi dan metabolisme substrat dari karbohidrat dan pool lemak pada otot, hati dan jaringan adipose.

Karbohidrat berperan penting dalam persiapan pertandingan. Asupan karbohidrat beberapa hari sebelum pertandingan akan mengisi kembali simpanan glikogen otot. Asupan karbohidrat beberapa jam sebelum pertandingan akan mengoptimalkan simpanan glikogen hati. Apabila atlet tidak mengonsumsi karbohidrat secara cukup setiap hari maka simpanan glikogen otot dan hati menurun sehingga menurunkan daya tahan dan performa (Welis, 2012). Konsumsi makanan tinggi karbohidrat 2 – 4 jam sebelum latihan dengan porsi sedang, optimal untuk pemulihan glikogen hati dan otot (Chen *et al*, 2008).

Jeunkendrup *et al* (2004) dalam Welis (2012) menemukan bahwa konsumsi karbohidrat beberapa jam sebelum latihan memberikan tiga efek yang penting yaitu penurunan sementara glukosa plasma pada awal latihan, meningkatkan oksidasi karbohidrat dan mempercepat pemecahan glikogen dan menghentikan mobilisasi asam lemak dan oksidasi lipid. Konsumsi karbohidrat sejam sebelum latihan mengakibatkan peningkatan glukosa plasma dan insulin. Sebaliknya saat mulai latihan terjadi penurunan glukosa darah dengan cepat yang disebabkan oleh hiperinsulinemia merangsang ambilan glukosa dan kontraksi otot merangsang ambilan glukosa otot. Latihan menyebabkan meningkatkan output glukosa hati yang normal dihambat oleh konsumsi karbohidrat. Peningkatan ambilan dan oksidasi glukosa darah oleh otot menyebabkan peningkatan oksidasi karbohidrat setelah konsumsi karbohidrat dan peningkatan pemecahan glikogen otot. Peningkatan asam lemak plasma saat latihan ditingkatkan setelah mengonsumsi karbohidrat sebelum latihan akibat dari penghambatan lipolysis oleh insulin.

Oksidasi lipid menurun karena lebih rendahnya ketersediaan asam lemak plasma dan oksidasi lipid otot yang dihambat. Adanya efek metabolic konsumsi karbohidrat sebelum latihan yaitu hiperinsulinemia dan hiperglikemia dikembangkan strategi meminimalkan perubahan glukosa plasma dan insulin sebelum latihan. Strategi ini antara lain konsumsi fruktosa atau karbohidrat tipe lain yang memiliki indeks glikemik rendah, beragam beban karbohidrat atau jadwal konsumsi, penambahan lipid dan latihan pemanasan (Welis, 2012).

2.1.4 Metabolisme Asam Lemak

Trigliserida dipecah menjadi asam lemak dan gliserol melalui proses lipolysis. Asam lemak disimpan di sel lemak penyusun jaringan adiposa dalam bentuk triasilgliserol. Setelah makan, lemak diserap dan dibawa ke darah sebagai trigliserida dalam bentuk partikel lemak yaitu HDL, VLDL, LDL dan kilomikron atau sebagai asam lemak bebas yang terikat pada albumin (Welis, 2012).

Gliserol masuk jalur metabolisme diantara glukosa dan piruvat dapat diubah menjadi glukosa atau piruvat. Piruvat selanjutnya diubah menjadi Asetil KoA kemudian masuk siklus TCA. Asam lemak dipecah dalam unit dua karbon dalam proses oksidasi. Dua unit karbon mengikat satu molekul KoA membentuk asetil KoA. Asetil KoA masuk siklus TCA menghasilkan energy yang diikat dalam bentuk NADH dan FADH₂ (Almatsier, 2001).

Asam lemak dengan jumlah atom karbon ganjil membentuk asetil KoA, akan dibentuk asetil KoA dengan ikatan 3 karbon yaitu propionil KoA yang selanjutnya masuk siklus TCA. Oksidasi asam lemak meningkat sehingga menghambat laju glikolisis dan konversi piruvat tahap pertama dalam siklus sitrat sehingga oksidasi karbohidrat menurun. Metabolisme karbohidrat meningkat akan menghambat lipolysis, ketersediaan dan oksidasi asam lemak menurun. Kadar glukosa darah mempengaruhi lipolisis dan oksidasi asam lemak karena hiperlikemi memicu pelepasan insulin yang meningkatkan transport glukosa ke sel termasuk sel adipose dan memicu proses lipogenesis. Glukosa darah rendah seiring dengan insulin rendah mendukung lipolysis dengan mengalirkan asam lemak bebas ke dalam aliran darah. Glukosa rendah merangsang laju oksidasi asam lemak (Welis, 2012).

2.1.5 Hormon Insulin

Insulin dibentuk di Retikulum Endoplasma sel β kemudian dipindahkan ke Aparatus Golgi. Insulin mempunyai efek hipoglikemik, efek transport electron dan asam amino, berbagai enzim dan pertumbuhan. Insulin mempermudah glukosa masuk ke dalam sel dengan meningkatkan jumlah transporter glukosa di membran sel. Jumlah dan afinitas reseptor insulin dipengaruhi insulin dan hormone lain, olahraga, makanan dan faktor lain. Pajanan ke insulin dalam jumlah yang meningkat akan menurunkan konsentrasi reseptor. Pajanan ke insulin dalam jumlah yang menurun akan meningkatkan afinitas reseptor (Welis, 2012).

Insulin mengontrol glukosa darah dengan cara insulin menyampaikan sinyal pada jaringan peripheral sensitive insulin (otot) agar

meningkatkan ambilan glukosa, insulin bekerja pada hati untuk meningkatkan glikogenesis dan menghambat sekresi glucagon dari sel α pancreas. Insulin tidak akan disekresikan bila konsentrasi glukosa darah \leq 3.3 mmol/l (Aronoff *et al*, 2004).

2.1.6 Indeks Glikemik (IG)

Indeks glikemik (IG) adalah tingkatan pangan menurut efeknya terhadap kadar glukosa darah. Jenkins *et al* (1981) IG mengklasifikasikan makanan kaya karbohidrat berdasarkan respon glukosa darah dibandingkan makanan standar (roti atau larutan glukosa). Nilai indeks glikemik bervariasi dalam bahan pangan (lampiran 8). Indeks glikemik membantu seorang atlet memilih makanan yang tepat untuk menunjang penampilan menurut jenis olahraga yang ditekuni (Rimbawan dan Siagian, 2004).

Darah mempertahankan kadar glukosa pada taraf tertentu. Jaringan ini tidak dapat berfungsi baik tanpa glukosa. Tubuh menyimpan cadangan glukosa di hati dan otot dalam bentuk glikogen untuk menjamin suplai glukosa terus menerus. Konsumsi karbohidrat yang rendah akan membuat kehilangan jaringan otot, bukan lemak dan air. Bentuk karbohidrat sederhana dan kompleks tidak menjelaskan secara memadai bagaimana prosesnya di dalam tubuh. Pangan berkarbohidrat seperti roti, kentang dan berbagai jenis beras, dicerna dan diserap sangat cepat. Pangan bergula tinggi seperti permen dan es krim dalam jumlah sedang tidak meningkatkan kadar gula darah secara drastis (Rimbawan dan Siagian, 2004).

Karbohidrat dalam pangan yang dipecah dengan cepat selama pencernaan memiliki IG tinggi. Respon gula darah terhadap jenis pangan (karbohidrat) ini cepat dan tinggi. Sebaliknya, karbohidrat yang dipecah secara lambat memiliki IG rendah sehingga melepaskan glukosa ke dalam darah dengan lambat. Indeks glikemik glukosa murni ditetapkan 100 dan digunakan sebagai acuan untuk menentukan IG pangan lain (Rimbawan

dan Siagian, 2004). Kategori pangan menurut rentang IG dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Kategori Pangan Menurut Indeks Glikemik

Kategori Pangan	Rentang Indeks Glikemik
IG rendah	< 55
IG sedang	55 – 70
IG tinggi	>70

Kecepatan peningkatan kadar gula darah berbeda untuk setiap jenis pangan, dianjurkan meningkatkan konsumsi pangan dengan IG rendah dan mengurangi konsumsi pangan dengan IG tinggi. Tujuannya mengurangi beban glikemik pangan secara keseluruhan. Beban glikemik bertujuan untuk menilai dampak konsumsi karbohidrat dengan memperhitungkan IG pangan.

Beban glikemik (BG) didefinisikan sebagai IG pangan (%) dikalikan dengan kandungan karbohidrat pangan tersebut. Jenis-jenis indeks glikemik menurut Rimbawan (2004), yaitu indeks glikemik pangan tunggal yaitu nilai indeks glikemik yang diperoleh berasal dari pengujian makanan tunggal, indeks glikemik pangan campuran yaitu nilai indeks glikemik yang diperoleh dari perhitungan jumlah prosentase karbohidrat dikali dengan indeks glikemiks tunggal masing-masing pangan dan indeks glikemik menyeluruh yaitu nilai indeks glikemik yang diperoleh dari perhitungan jumlah kandungan karbohidrat dikalikan frekuensi pemakaian dalam sehari dikalikan dengan indeks glikemik tunggal dibagi dengan total kandungan karbohidrat seluruh pangan.

Makanan yang dikonsumsi terdiri dari berbagai jenis bahan pangan. Cara menentukan indeks glikemik pangan campuran yaitu dari pengujian makanan tunggal. Indeks glikemik pangan campuran menggambarkan bobot karbohidrat dari tiap pangan penyusunnya, indeks berada di antara indeks glikemik tertinggi dan indeks glikemik terendah di antara komponen penyusun pangan tersebut. Menu makanan yang bervariasi dapat menurunkan indeks glikemik makanan secara keseluruhan (Rimbawan, 2004). Indeks glikemik pangan campuran juga dapat memprediksi respon glikemik pada individu sehat. Indeks glikemik dalam

makanan campuran dapat meningkatkan palatabilitas makanan campuran IG rendah ke dalam makanan terutama kelompok legume juga menguntungkan dalam menurunkan respon glukosa plasma dan insulin pada postprandial dan setelah 24 jam pada orang diabetes.

Bidang olahraga, manipulasi indeks glikemik makanan dapat mengoptimalkan ketersediaan karbohidrat untuk latihan, terutama untuk latihan dengan intensitas sedang dalam jangka panjang. Burke *et al* (1998) menjelaskan ada beberapa hal yang diajukan yaitu sebelum latihan lebih disarankan mengonsumsi makanan rendah indeks glikemik terutama latihan jangka panjang untuk meningkatkan keberadaan karbohidrat. Makanan atau minuman dengan indeks glikemik sedang sampai tinggi lebih memadai untuk sumber energy selama latihan jangka panjang, sedangkan setelah latihan olahraga mengonsumsi makanan dengan indeks glikemik tinggi dapat meningkatkan simpanan glikogen otot dengan meningkatkan respon glukosa dan insulin.

2.1.7 Pengaruh Indeks Glikemik terhadap VO₂max

Penggunaan karbohidrat dan lemak sebagai sumber energy selama olahraga tergantung pada intensitas dan lamanya aktivitas tersebut. Penggunaan karbohidrat akan menurun dengan makin lamanya aktivitas fisik berlangsung. Semakin banyak karbohidrat tersedia maka semakin banyak karbohidrat yang dimetabolisir untuk menghasilkan energi (Rimbawan, 2004).

Tujuan pengaturan makanan bagi olahragawan adalah untuk mengisi cadangan glikogen otot dan hati serta menjaga karbohidrat maupun lemak agar tetap tersedia dalam darah untuk digunakan oleh otot. Konsumsi karbohidrat tinggi harus bagi atlet untuk dapat melakukan kegiatan fisik yang baik. Karbohidrat menghasilkan simpanan glikogen otot terbesar (Rimbawan, 2004).

Karbohidrat dapat menyediakan energi dengan cepat pada kegiatan fisik yang berat. Insulin dapat mempertahankan suplai karbohidrat ke otot dan memperlambat pengurangan simpanan glikogen otot dengan

mengoptimalkan penggunaan lemak sebagai bahan bakar. Insulin cenderung meningkatkan metabolisme karbohidrat dan menurunkan penggunaan lemak. Mengonsumsi karbohidrat sebelum dan pada saat olahraga berdurasi lama dapat meningkatkan daya tahan tubuh. Olahragawan dianjurkan untuk meningkatkan asupan karbohidrat hingga paling sedikit 60% karbohidrat dari kebutuhan kalori total atau paling sedikit 7 gram karbohidrat setiap 1 kg berat badan (Rimbawan, 2004).

Makanan yang dikonsumsi sebelum bertanding harus menyediakan karbohidrat yang dapat meningkatkan kadar gula darah tanpa mengeluarkan insulin secara drastis. Hal yang perlu diperhatikan mengenai pemberian karbohidrat sebelum berolahraga adalah peningkatan kadar gula darah yang cepat. Kebutuhan insulin yang meningkat dapat menyebabkan hipoglikemia pada permulaan pertandingan sehingga memberikan efek cepat lelah. Waktu pemberian makanan menjadi hal yang perlu diperhatikan berkaitan dengan pangan sebelum bertanding (Rimbawan, 2004).

Foster, dkk (1979) menunjukkan bahwa konsumsi glukosa 30 menit sebelum perlombaan dapat mengakibatkan efek hipoglikemia pada awal perlombaan dan waktu mencapai kelelahan berkurang rata-rata 19%. Mereka menyimpulkan glukosa tidak diberikan pada waktu yang sempit dengan waktu pertandingan. Rankin (2002) menganjurkan pemberian makanan kepada olahragawan, terutama jenis olahraga dengan masa bertanding di atas 90 menit, tidak terlalu dekat dengan waktu pertandingan (<30 menit).

Djuned (2014) menghasilkan penelitian bahwa konsumsi makanan yang mengandung indeks glikemik rendah membuat penurunan kadar glukosa darah lebih kecil. Makanan ber IG rendah dan IG tinggi dibedakan berdasarkan kecepatan dan penyerapan glukosa, serta fluktuasi kadarnya dalam darah. Makanan ber IG rendah diantaranya memiliki karakteristik yang menyebabkan proses pencernaan didalam perut berjalan lambat, sehingga laju pengosongan perut pun berlangsung lambat. Hal ini mengakibatkan suspensi pangan yang telah mengalami pencernaan di

perut lebih lambat mencapai usus kecil, sehingga pencernaan karbohidrat lebih lanjut dan penyerapan glukosa darah di usus kecil terjadi secara lambat.

Penelitian Djuned (2014) menunjukkan bahwa makanan dengan indeks glikemik tinggi dan indeks glikemik rendah berpengaruh juga terhadap kadar glukosa darah 1 jam setelah makan. Kadar glukosa darah akan segera meningkat sesudah makan, dan sebaliknya bila tidak ada asupan makanan pada periode tertentu, kadar glukosa darah akan turun sangat rendah. Mencegah terjadinya fluktuasi, tubuh akan meregulasi glukosa darah dengan menggunakan hormon insulin dan glukagon. Hormon insulin disekresikan oleh sel-sel beta pankreas apabila kadar glukosa meningkat (hiperglikemia), yang biasanya terjadi sesudah makan. Peninggian kadar gula darah ini, akan merangsang sekresi insulin dari sel sel beta pulau Langerhans pankreas. Sekresi insulin ini berlangsung dalam dua fase, pada fase pertama kadar insulin melonjak tinggi seketika. Hal ini terjadi 10 menit sesudah kenaikan kadar glukosa darah dan dimungkinkan karena ada simpanan insulin dalam granula. Fase kedua yang bersifat lambat, berlangsung selama lebih dari 10 menit sampai 2 jam. 1 jam pertama sesudah makan, glukosa darah meningkat sampai 160 mg% dan kemudian turun lagi karena pengaruh insulin, sehingga 2 jam sesudah makan kadar glukosa darah normal kembali, yakni 120 mg%. Insulin akan merangsang pengambilan glukosa oleh jaringan dan kemudian memecahnya menjadi energi, menyimpannya dalam bentuk glikogen dan mengubahnya menjadi lemak. Proses tersebut membuat kadar glukosa darah akan menurun dan kembali normal 2 sampai 2 ½ jam sesudah makan (Nurulita, 2009). Makanan dengan indeks glikemik yang tinggi diberikan menjelang pertandingan maka terjadi peningkatan glukosa darah dan insulin dengan cepat. Kadar insulin yang tinggi dapat menyebabkan hipoglikemia dalam menit-menit pertama olahraga berat. Hiperinsulinisme juga menghambat lipolisis sehingga mengurangi perolehan asam lemak dan meningkatkan glikolisis. Keadaan demikian glikogen otot pada tahap-tahap awal olahraga lebih cepat terkuras,

akibatnya ketahanan (*endurance*) menurun. Sebaiknya makanan indeks glikemik tinggi tidak diberikan sebelum pertandingan (Wong *et al*, 2008).

Hasil penelitian Djuned (2014) adalah ada pengaruh makanan IG tinggi dan IG rendah terhadap kadar glukosa setelah latihan menunjukkan kelompok IG rendah mengalami penurunan yang stabil. Hasil ini sejalan dengan beberapa penelitian yang menunjukkan bahwa konsumsi makanan yang memiliki IG rendah (2 jam sebelum pertandingan) dapat menjamin pelepasan glukosa ke aliran darah secara mantap selama pertandingan. Hal ini disebabkan pangan dengan IG rendah dicerna dengan lambat sehingga disimpan juga lambat. Glukosa ekstra akan tersedia sampai akhir pertandingan karena glikogen otot disimpan secara perlahan-lahan. Cara ini makanan dengan IG rendah akan meningkatkan daya tahan atlet. Indeks glikemik yang rendah juga berperan dalam mengendalikan respon insulin, sehingga kadar insulin dalam darah dapat dijaga normal.

Sedangkan hasil penelitian Welis (2013) adalah performa atau waktu penyelesaian lari 5 km pada kelompok IG rendah lebih baik daripada kelompok IG tinggi. Waktu penyelesaian lari 5 km lebih cepat mencapai finish pada intervensi IG rendah dikarenakan jumlah karbohidrat yang belum teroksidasi yang kemungkinan masih banyak dalam usus halus pada awal olahraga dan kemudian dilepaskan ke dalam sirkulasi darah secara perlahan. Makanan dengan IG tinggi mengalami pencernaan dan penyerapan serta pengangkutan glukosa yang lebih cepat ke dalam sistem sirkulasi, sehingga menyebabkan fluktuasi glukosa darah per unit karbohidrat lebih besar daripada makanan dengan nilai IG yang lebih rendah. Makanan tinggi karbohidrat dengan IG rendah dapat melepaskan glukosa ke dalam darah dengan lambat dan menyebabkan laju oksidasi lemak lebih tinggi, laju oksidasi karbohidrat yang lebih rendah, penghambatan FFA (*Free Fatty Acid*) plasma lebih rendah sehingga FFA plasma lebih tinggi serta tingkat insulin darah lebih rendah sehingga glukosa untuk latihan tersedia secara cukup yang menyebabkan kapasitas daya tahan lebih tinggi (Welis, 2013).

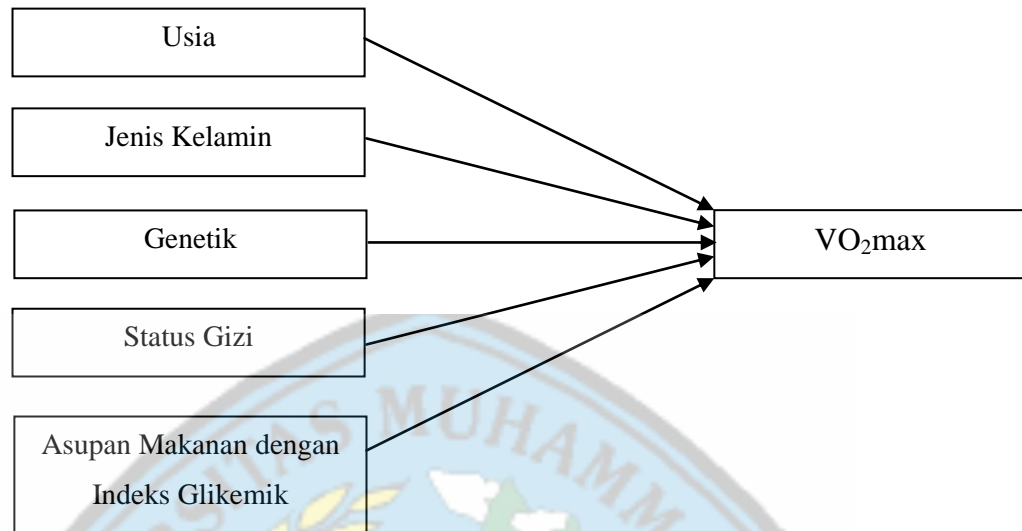
Hasil penelitian Wu dan Williams (2006) menyimpulkan bahwa oksidasi lemak lebih tinggi setelah konsumsi makanan dengan IG rendah dan kapasitas daya tahan lebih tinggi setelah konsumsi makanan dengan IG rendah. Penelitian lain yang dilakukan Wong *et al* (2008) bahwa pengaruh pemberian makanan campuran IG rendah dan IG tinggi 3 jam sebelum melakukan lari 21 km menunjukkan oksidasi lemak lebih tinggi setelah mengonsumsi makanan IG rendah dibandingkan makanan IG tinggi dan waktu menyelesaikan lari 21 km lebih cepat pada subjek kelompok IG rendah.

Rimbawan dan Siagian (2004) menjelaskan jenis makanan yang diperlukan saat bertanding adalah makanan yang cepat melepaskan glukosa ke aliran darah dan menjamin ketersediaan glukosa untuk dioksidasi dalam sel. Makanan dengan IG tinggi dibutuhkan saat pertandingan berlangsung supaya kadar gula darah meningkat lebih cepat. Makanan cair lebih tepat daripada makanan padat karena mudah dicerna dan diserap dari usus. Makanan cair cepat menggantikan cairan tubuh yang hilang selama pertandingan. Konsumsi karbohidrat 30 – 60 gram setiap jam pada saat pertandingan (dalam bentuk cair).

Makanan setelah bertanding bertujuan untuk meningkatkan kadar gula darah secepat mungkin sehingga substrat tersedia untuk sintesis glikogen otot. Robergs (1991) menemukan sintesis glikogen dapat terjadi dengan cepat bila karbohidrat dikonsumsi segera setelah bertanding dalam jumlah cukup. Makanan dengan IG tinggi dapat menggantikan simpanan glikogen otot yang lelah dengan cepat.

Miller dkk (1996) menunjukkan pangan dengan IG tinggi mengakibatkan pengisian glikogen ke otot yang lelah dengan cepat. Otot lebih sensitif terhadap gula darah pada satu jam pertama setelah pertandingan sehingga pemberian makanan dengan IG tinggi diberikan secepat mungkin. Makanan cair sangat dianjurkan diberikan segera setelah bertanding. Beberapa jenis makanan dan minuman yang disarankan untuk dikonsumsi setelah pertandingan antara lain minuman olahraga, roti dan sereal yang memiliki IG tinggi.

2.2 Kerangka Teori



Gambar 2.1 Kerangka teori

2.3 Kerangka Konsep



Gambar 2.2 Kerangka konsep

2.4 Hipotesis

Hipotesis penelitian ini adalah ada hubungan indeks glikemik makanan yang dikonsumsi dengan $VO_2\text{max}$ pada pemain futsal.