

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Metabolisme Energi Otot Rangka

Kreatin fosfat merupakan sumber energi pertama yang digunakan pada awal aktivitas kontraktile. Suatu karakteristik khusus dari energi yang dihantarkan oleh sistem ini adalah penghantaran tersebut terjadi dalam waktu sangat singkat karena hanya membutuhkan satu enzim yang berperan dalam pemindahan energi ini. Secara keseluruhan, jumlah ATP dari sistem kreatin fosfat dapat menyediakan daya otot maksimal delapan hingga sepuluh detik, hampir cukup untuk lari sejauh 100 meter.^{5,6}

Sistem energi selanjutnya yang dominan dalam olah raga aerobik adalah sistem aerob. Sistem ini berlangsung di dalam mitokondria otot jika tersedia cukup O₂. Oksigen dibutuhkan untuk menunjang rantai transport elektron mitokondria, yang secara efisien memanen energi yang diambil dari penguraian molekul-molekul nutrien dan menggunakannya untuk menghasilkan ATP. Jalur ini dijalankan oleh glukosa atau asam lemak, bergantung pada intensitas dan durasi aktivitas. Meskipun menghasilkan banyak molekul ATP yaitu 36 untuk setiap molekul glukosa yang diproses, sistem ini relatif lambat karena banyaknya tahap yang harus dilalui.

Selama olahraga ringan (misalnya jalan kaki) sampai sedang (misalnya *jogging* atau berenang), sel-sel otot dapat membentuk cukup ATP melalui sistem aerob untuk mengimbangi kebutuhan energi perangkat

kontraktil dalam jumlah sedang untuk waktu yang cukup lama. Untuk mempertahankan kelanjutan sistem ini, otot memerlukan penyaluran O_2 dan nutrisi yang adekuat. Sebagai tambahan, pemberian nutrisi larutan glukosa yang diberikan pada seorang atlet untuk diminum selama berlangsung perlombaan atletik dapat memberi sejumlah 30 sampai 40 persen energi yang diperlukan selama perlombaan. Aktivitas yang dapat ditunjang dengan cara ini adalah olahraga aerobik atau olahraga yang memerlukan daya tahan.^{5,6}

Karena sistem aerob membutuhkan oksigen dalam proses untuk menghasilkan ATP, maka konsumsi oksigen maksimal ($VO_2 \max$) juga mempengaruhi sistem ini. Konsumsi oksigen maksimal sendiri dapat diartikan sebagai kapasitas maksimal untuk mengantarkan dan menggunakan oksigen selama melakukan latihan secara maksimal sampai akhirnya terjadi kelelahan.

Faktor-faktor yang menentukan konsumsi maksimal oksigen ($VO_2 \max$) adalah:

a. Hereditas

Batas pengembangan kapasitas kebugaran terkait dengan genetik. Setiap orang memiliki potensi yang berbeda dalam mengonsumsi oksigen.⁷

c. Jenis kelamin

Rerata kemampuan $VO_2 max$ perempuan sekitar 20% lebih rendah dibandingkan dengan laki-laki pada usia yang sama.⁶

d. Usia

Pada usia 20 tahun untuk pria dan wanita memiliki nilai $VO_2 Max$ tertinggi. Setelah usia 20 tahun $VO_2 Max$ akan menurun dengan perlahan-lahan.⁶

e. Komposisi tubuh

Perbedaan komposisi tubuh seseorang menyebabkan konsumsi oksigen yang berbeda. Otot yang kuat akan memiliki $VO_2 Max$ lebih tinggi dibandingkan tubuh yang memiliki kandungan lemak yang lebih banyak.⁸

f. Sel darah merah

Meningkatnya sel darah merah akan menyebabkan peningkatan *oxygen-carrying capacity* sehingga terjadi kenaikan nilai $VO_2 Max$.⁶

Sewaktu oksigen tidak cukup tersedia, maka glikogen yang terdapat dalam otot dapat dipecah menjadi glukosa, kemudian digunakan untuk energi. Tahap awalnya disebut glikolisis, tanpa membutuhkan oksigen dan, oleh karena itu, disebut metabolisme anaerobik. Selama proses ini, setiap molekul glukosa dipecah menjadi dua molekul asam piruvat, dan energi dilepaskan membentuk empat molekul ATP untuk setiap molekul glukosa

asal. Asam piruvat dapat diuraikan lebih lanjut oleh sistem aerobik untuk mengekstraksi lebih banyak energi.

Proses glikolisis memiliki dua keunggulan dibandingkan dengan jalur sistem aerobik: (1) glikolisis dapat membentuk ATP tanpa keberadaan O₂ dan (2) jalur ini dapat berlangsung lebih cepat daripada sistem aerobik. Aktivitas yang dapat ditunjang dengan cara ini adalah olahraga anaerob atau intensitas tinggi.^{5,6}

2.2 Pengaruh Sistem Sirkulasi dan Nutrien Darah dalam Sistem Aerobik

2.2.1 Sistem Sirkulasi

Jantung merupakan bagian utama dan berfungsi sebagai pompa yang memberi tekanan pada darah untuk menghasilkan gradien tekanan yang dibutuhkan untuk mengalirkan darah ke seluruh jaringan. Semua jaringan tubuh secara konstan bergantung pada aliran darah yang dihasilkan oleh jantung dengan cara berkontraksi atau berdenyut. Jantung mendorong darah melintasi pembuluh darah untuk disalurkan ke jaringan dalam jumlah memadai, baik tubuh dalam keadaan istirahat atau sedang melakukan kegiatan berat.⁵

Pada proses selanjutnya, pembuluh darah berguna sebagai saluran untuk mengarahkan dan menyebarkan darah dari jantung ke semua bagian tubuh dan kemudian dikembalikan ke jantung. Jumlah darah yang mengalir menuju organ tertentu bergantung diameter internal arteriol yang mendarahi organ tubuh. Sewaktu darah dipompa melewati berbagai jaringan, bahan-bahan lain di luar O₂ juga dipertukarkan antar darah dan jaringan. Sebagai

contoh, darah menyerap nutrisi sewaktu mengalir melalui organ pencernaan, dan jaringan lain mengambil nutrisi dari darah ketika darah melewatinya.⁵

2.2.2 Nutrien Darah

Darah merupakan medium pengangkut tempat larut atau tersuspensinya bahan-bahan (misalnya O₂, CO₂, nutrisi, zat sisa, elektrolit, dan hormon) yang diangkut jarak jauh ke berbagai bagian tubuh.⁵ Kecepatan nutrisi termasuk di dalamnya karbohidrat, air, dan elektrolit yang masuk ke dalam sirkulasi darah sistemik tergantung pada laju pengosongan/ absorpsi cairan dari usus halus.⁹

Tidak semua energi karbohidrat yang digunakan selama aktivitas otot berasal dari glikogen yang disimpan dalam otot. Kenyataannya, glikogen yang disimpan di dalam hati hampir sama dengan yang disimpan dalam otot, dan glikogen ini dilepas ke dalam darah dalam bentuk glukosa, kemudian diambil otot sebagai sumber energi.⁶

2.3 Daya Tahan Otot

Daya tahan otot didefinisikan sebagai kemampuan otot untuk melakukan kontraksi terus menerus tanpa mengalami lelah. Sedangkan menurut penelitian lainnya, daya tahan otot merupakan kemampuan otot menggunakan kekuatan submaksimum selama periode waktu. Keuntungan mempunyai daya tahan yang baik adalah dapat bekerja dalam waktu yang lama tanpa merasa lelah, mempunyai postur tubuh yang ideal, mengurangi

nyeri otot, dan cedera otot.^{10,11} Faktor yang mempengaruhi daya tahan otot adalah

a. Aktivitas fisik olahraga

Aktivitas fisik didefinisikan sebagai setiap gerakan tubuh yang diproduksi oleh kontraksi otot. Aktivitas fisik dapat dikategorikan beberapa oleh variabel, meliputi tipe dan intensitasnya.¹²

Secara garis besar aktivitas fisik yang dianjurkan agar dapat memperbaiki kebugaran kardiorespirasi dan kekuatan otot, kesehatan tulang, kesehatan kardiovaskular, dan metabolisme adalah lebih dari satu jam dan sebagian besar dari aktivitas fisik yang dilakukan adalah aerobik (jalan cepat, berlari, berenang, dan lompat tali) kemudian aktivitas yang mampu menguatkan tulang dan otot paling sedikit 3 kali seminggu.¹³

b. Asupan nutrisi

Ketersediaan zat nutrisi seperti karbohidrat, protein, dan lemak berpengaruh terhadap kebugaran tubuh karena ketiga zat tersebut menyediakan energi yang dibutuhkan dalam beraktivitas agar tidak kelelahan. Diet tinggi karbohidrat dapat meningkatkan ketahanan, karbohidrat sendiri terdiri atas karbohidrat kompleks dan simpleks. Karbohidrat kompleks merupakan karbohidrat yang tidak bisa langsung diserap, tapi dicerna lebih dulu sehingga kadar gula dalam tubuh naik pelan-pelan. Sedangkan karbohidrat sederhana terdiri dari dua jenis yaitu, mengandung gula monosakarida (glukosa, fruktosa, dan galaktosa) dan gula disakarida (laktosa, maltosa, dan sukrosa). Khusus pada karbohidrat

sederhana, jenis ini dapat mencegah atau mengurangi kelelahan akibat latihan panjang. Selain karbohidrat, meningkatkan kontribusi asam lemak sebelum latihan panjang dapat menggantikan glikogen dan memperbaiki kapasitas ketahanan.^{14,15}

c. Status gizi

Status gizi merupakan gambaran kesehatan seseorang tentang perkembangan keseimbangan antara asupan (*intake*) dan kebutuhan (*requirement*) untuk berbagai proses fisiologis, termasuk untuk tumbuh. Status gizi yang dinyatakan dengan Indeks Massa Tubuh (IMT) memiliki hubungan negatif dengan kebugaran, yang berarti semakin tinggi IMT seseorang maka semakin rendah tes kebugaran tubuhnya.¹⁶

2.4 Minuman Isotonik dalam Olahraga

Minuman isotonik adalah minuman yang mengandung elektrolit dan penambahan glukosa sebanyak 4 sampai 8%.¹⁷ Minuman ini memiliki kandungan ion natrium, kalium, kalsium, magnesium, sitrat, klorida, dan laktat. Ion-ion tersebut termasuk makromolekul kecuali sitrat dan laktat. Makromolekul tidak hanya penting untuk menjaga osmolaritas intra dan ekstrasel, tetapi juga besar peranannya dalam konduksi aksi potensi dan kontraktilitas sel. Minuman isotonik diharapkan dapat mengganti cairan tubuh yang hilang serta mempertahankan keseimbangan elektrolit dan mempertahankan kadar glukosa tubuh.^{18,19}

2.4.1 Pemberian Cairan Saat Olahraga

Pemberian cairan pada atlet bertujuan mencegah dehidrasi dan untuk mempertahankan keseimbangan cairan tubuh. Nasihat yang paling baik selama berolahraga untuk mencegah kekurangan cairan adalah minum air sebelum, selama, dan setelah berolahraga. Penggantian air yang adekuat selama berolahraga sangat penting untuk memelihara penampilan daya tahan yang optimal. Minumlah air 30-60 menit sebelum bertanding sebanyak 150-250ml. Selama bertanding, atlet dianjurkan minum secara teratur setiap 10-15 menit sebanyak 150-250 ml air dingin.²⁰

2.4.2 Minuman isotonik dalam tubuh

Ketika latihan fisik atau olahraga berlangsung, suplai darah ke sistem gastrointestinal akan berkurang sehingga laju pengosongan atau absorpsi cairan dari usus diperkirakan juga berkurang. Olahraga ringan hingga sedang tidak berpengaruh pada laju pengosongan lambung dan absorpsi cairan pada usus halus, sementara olahraga berat memberi dampak berupa perlambatan. Beberapa saat setelah makan, kegiatan ringan seperti jalan kaki bahkan lari jogging, dapat mempengaruhi laju pengosongan lambung lebih cepat 38% dibandingkan pada saat keadaan istirahat.⁹

Kadar karbohidrat yang hanya 4 sampai 8% dan penambahan ion-ion dalam minuman isotonik akan mengakibatkan minuman isotonik memiliki waktu pengosongan lambung yang lebih cepat dapat diserap dengan cepat pula dalam usus halus sehingga dapat dengan cepat

menggantikan elektrolit dan energi yang hilang saat aktivitas fisik dan akan cepat mengembalikan keseimbangan cairan ekstraseluler.¹⁷

Pada penelitian ini, minuman isotonik yang digunakan adalah minuman dengan merek Pocari Sweat dengan komposisi sebagai berikut; karbohidrat 6,97%, Na⁺ 21 mEq/L, K⁺ 5 mEq/L, Ca⁺ 1 mEq/L, Mg⁺ 5 mEq/L, Cl⁻ 16 mEq/L, Sitrat³⁻ 10 mEq/L, Laktat⁻ 1 mEq/L, dan vitamin C. Air mineral dalam kemasan mengandung beberapa zat, seperti fluorida, besi, sulfat, nitrat, nitrit, mangan dan sebagainya dengan total zat terlarut maksimal 500 mg/l.²¹

2.5 Jus Pisang

Jus pisang adalah buah yang dilumatkan dengan tangan atau mesin menjadi cairan yang berisi saripati untuk diminum. Pisang (*Musa paradisiaca*) merupakan buah yang mengandung karbohidrat kompleks dan simpleks sehingga baik dikonsumsi pada saat latihan maupun bertanding karena dapat menyediakan energi secara cepat.^{22,23}

2.5.1 Kandungan Pisang

Pisang mengandung sumber karbohidrat sekitar hampir 25% dari total keseluruhan pisang ukuran sedang (118 gram).³ Kandungan terbesar karbohidrat pisang terdiri atas glukosa dan fruktosa, sedangkan kandungan utama lainnya adalah kalium 422 mg%, kalsium 8 mg%, dan Fe 0,5 mg%. Di dalam tubuh konsumsi glukosa atau fruktosa dapat menghasilkan laju produksi energi yang besar hingga satu gram per menit. Manfaat lebih akan didapat apabila dipadukan antara fruktosa-glukosa atau fruktosa-sukrosa

sehingga menghasilkan laju energi yang lebih besar hingga 1,3 gram per menit.¹⁵

Zat gizi lain yang terkandung di dalam pisang yaitu vitamin B kompleks yang dapat membantu mempercepat metabolisme energi. Kombinasi zat gizi berupa kandungan karbohidrat, vitamin, mineral serta antioksidan pada pisang merupakan sumber zat gizi yang baik untuk olahraga dengan durasi panjang.²⁴

2.6 Minuman Isotonik, Jus Pisang, dan Daya Tahan Otot

Pisang merupakan buah yang direkomendasikan kepada atlet karena memiliki keunggulan yaitu kombinasi kandungan karbohidrat dan vitamin B sehingga dapat menyediakan energi secara cepat. Sedangkan pada minuman isotonik hampir memiliki kandungan yang sama dengan pisang dengan persentase karbohidrat 4-8%.¹⁷ Karbohidrat tersebut akan terkonversi menjadi glukosa dalam tubuh, sebagian tersimpan dalam glikogen hati dan sebagian di dalam otot. Glikogen otot dan glukosa eksogen yang adekuat selama olahraga dapat mempengaruhi performa daya tahan.²⁵

Kandungan minuman isotonik dan jus pisang bermanfaat karena adanya elektrolit dapat mempercepat pengosongan lambung dan memungkinkan penyerapan karbohidrat yang lebih cepat di usus halus sehingga dapat cepat menggantikan elektrolit dan cairan yang hilang. Akibatnya, keseimbangan cairan dan elektrolit kembali normal dan tersedia sumber energi yang bisa dipakai dengan cepat.²⁶ Sebuah penelitian

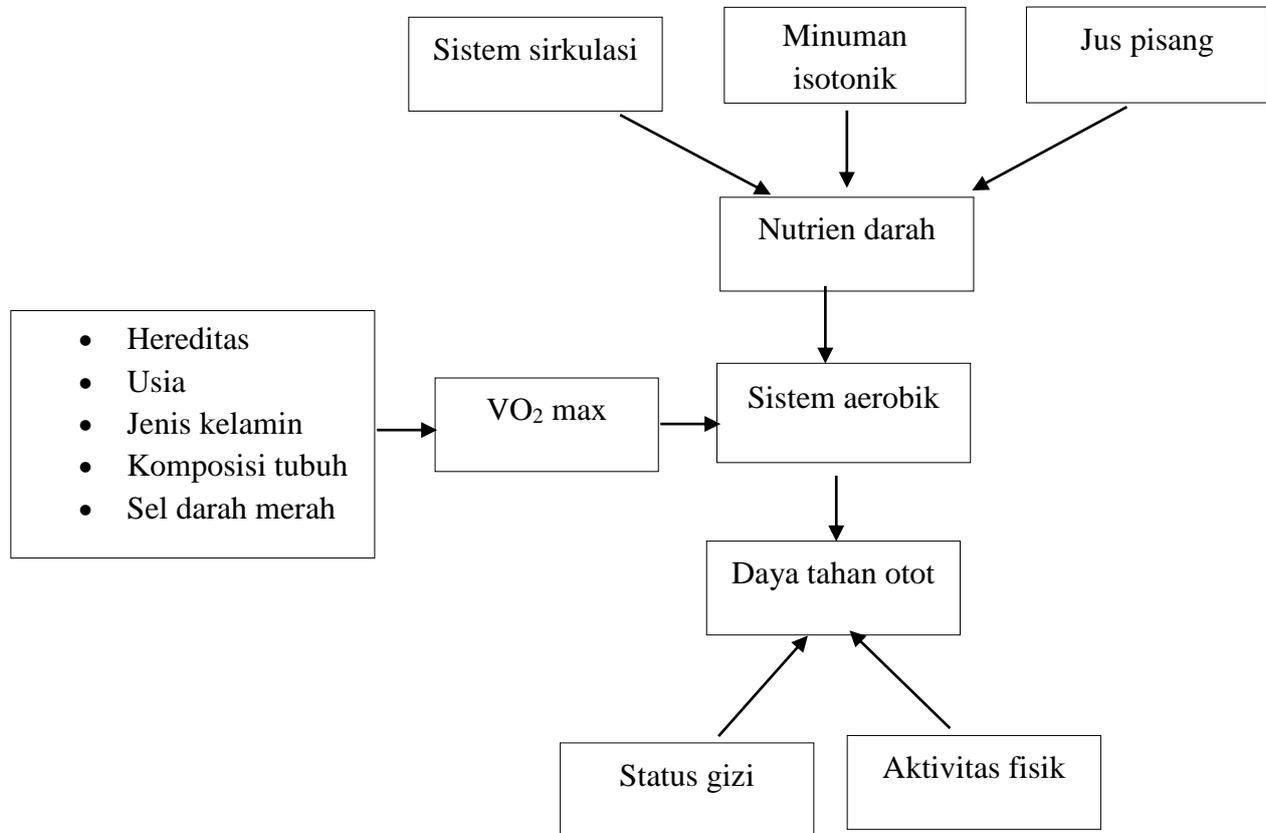
menyebutkan bahwa pisang dapat digunakan untuk menggantikan minuman berkarbohidrat 6%. Cadangan energi yang cukup pada saat melakukan olahraga, terutama olahraga dengan durasi lama, dapat mencegah terjadinya kelelahan dan memperpanjang daya tahan otot.^{3,25}

2.7 Lari 30 Menit Untuk Menilai Daya Tahan Otot

Beberapa penelitian telah menggunakan lari 30 menit sebagai parameter untuk menilai daya tahan otot. Salah satu penelitiannya adalah penelitian yang membandingkan efek pemberian air mineral dan air isotonik terhadap *endurance*. Pada penelitian tersebut digunakan lari 30 menit sebagai aspek menilai *endurance* (daya tahan otot) lalu diukur rerata jarak tempuh lari yang kemudian dihitung secara statistik.²⁷

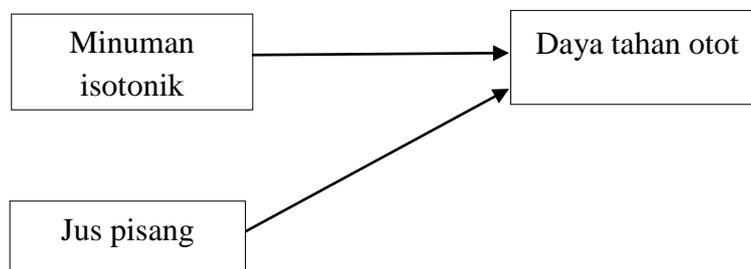
Pada penelitian lainnya yang meneliti pengaruh pemberian bubuk buah pisang terhadap *endurance* maupun efek pemberian air gula 5% terhadap *endurance* (daya tahan otot), keduanya juga menggunakan lari 30 menit sebagai dasar untuk menguji daya tahan otot. Dari hasil jarak tempuh lari 30 menit kemudian diambil rerata jarak tempuhnya untuk kemudian diolah secara statistik.^{28,29} Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu tersebut, maka peneliti menggunakan lari 30 menit sebagai cara untuk menguji daya tahan otot

2.8 Kerangka Teori Penelitian



Gambar 1. Kerangka teori penelitian

2.9 Kerangka Konsep Penelitian



Gambar 2. Kerangka Konsep

2.10 Hipotesis

Terdapat perbedaan efektivitas antara pemberian minuman isotonik dan jus pisang terhadap daya tahan otot selama aktivitas lari 30 menit, yaitu jus pisang lebih baik daripada minuman isotonik.