

Kadar gula darah atlet sepak bola remaja setelah pemberian diet beban glikemik

Effect of diets with glycemic load arrangement on blood glucose levels in young soccer athletes

Rahma Wati Dwi Lestari, Deny Yudi Fitranti, Nurmasari Widyastuti, Ahmad Syauqy, Binar Panunggal, Fillah Fithra Diény, Hartanti Sandi Wijayanti, Dewi Marfu'ah Kurniawati

Departemen Ilmu Gizi, Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

ABSTRACT

Background: Carbohydrate arrangement considering the glycemic index (GI) and glycemic load (BG) are important to support the performance of athletes. **Objective:** To examine effect of diets with glycemic load arrangement on blood glucose levels in young soccer athletes. **Methods:** Quasi-experimental study on 14 male young soccer players aged 15-18 years old at Terang Bangsa Soccer School. Each subject completed 4 trials separated by at least 7 days as a washout period. Diets provided consist of high GI with high GL diet (H-H), low GI with high GL diet (L-H), high GI with low GL (H-L), and low GI with low GL diet (L-L). Collected data were fasting blood glucose level (BGL 0), blood glucose level one hour after intervention (BGL 1), blood glucose level two hours after intervention (BGL 2), and blood glucose level after exercise (BGL 3). **Results:** The results of paired t-test analysis showed that there were differences between fasting blood glucose level and blood glucose level one hour after intervention, blood glucose level one hour after intervention and blood glucose level two hours after intervention, blood glucose level two hours after intervention and blood glucose level after exercise in the H-H and L-H diet group. In the L-L diet group, there were difference between BGL 2 and BGL 3. One-Way ANOVA analysis showed that there were no significant differences blood glucose level one hours after intervention, blood glucose level two hours after intervention, and blood glucose level after exercise between groups. **Conclusions:** High glycemic load diets influence the increase in blood glucose levels at 1 hour postprandial and after exercise. Low glycemic load diets influence the increase in blood glucose levels after exercise. Diets with arrangement of glycemic index and glycemic load did not affect blood glucose level between diet groups.

KEYWORDS: blood glucose level; glycemic load; soccer athletes

ABSTRAK

Latar belakang: Pengaturan karbohidrat mempertimbangkan nilai indeks glikemik (IG) dan beban glikemik (BG) penting untuk menunjang performa atlet. **Tujuan:** Menganalisis pengaruh pemberian diet beban glikemik terhadap kadar glukosa darah atlet sepak bola remaja. **Metode:** Penelitian *quasi experimental* pada 14 subjek atlet sepak bola laki-laki 15-18 tahun di Sekolah Sepak Bola Terang Bangsa. Subjek diberikan 4 perlakuan dengan *washout period* satu minggu. Diet yang diberikan berupa pengaturan diet IG Tinggi dengan BG Tinggi (T-T), IG Rendah dengan BG Tinggi (R-T), IG Tinggi BG Rendah (T-R), dan IG Rendah dengan BG Rendah (R-R). Data yang diambil yaitu Kadar glukosa darah puasa (KGD 0) glukosa darah 1 jam postprandial (KGD 1), glukosa darah 2 jam postprandial (KGD 2), dan glukosa darah sesaat setelah latihan lari (KGD 3). **Hasil:** Berdasarkan *paired t test* menunjukkan bahwa ada perbedaan kadar glukosa darah puasa dengan kadar glukosa darah 1 jam postprandial, kadar glukosa darah 1 jam postprandial dengan kadar glukosa darah 2 jam postprandial serta kadar glukosa darah 2 jam postprandial dengan kadar glukosa darah setelah latihan lari pada kelompok diet IG tinggi BG Tinggi dan IG rendah BG Tinggi. Pada kelompok diet IG rendah BG rendah hanya terdapat perbedaan kadar glukosa darah 2 jam postprandial dengan kadar glukosa darah setelah latihan lari ($p < 0,05$). Berdasarkan uji *One-Way ANOVA* menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan kadar glukosa darah puasa, 1 jam postprandial, 2 jam postprandial dan setelah latihan lari antar keempat kelompok. **Simpulan:** Diet beban glikemik tinggi berpengaruh terhadap peningkatan kadar glukosa darah 1 jam postprandial dan setelah latihan. Diet beban glikemik rendah berpengaruh terhadap peningkatan kadar glukosa darah setelah latihan. Diet beban glikemik tidak berpengaruh terhadap kadar glukosa darah antar keempat kelompok.

KATA KUNCI: kadar glukosa darah; beban glikemik; atlet sepak bola remaja

Korespondensi: Deny Yudi Fitranti, Departemen Ilmu Gizi, Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia, e-mail: denyyudi@live.undip.ac.id

Cara sitasi: Lestari RWD, Fitranti DY, Widyastuti N, Syauqy A, Panunggal B, Kurniawati DM, et al. Kadar gula darah atlet sepak bola remaja setelah pemberian diet beban glikemik. Jurnal Gizi Klinik Indonesia. 2021;17(4):194-204. doi: 10.22146/ijcn.58277

PENDAHULUAN

Sepak bola merupakan olahraga intensitas tinggi bersifat intermitten yang menggunakan sistem energi aerobik dan anaerobik pada saat bersamaan dalam durasi yang lama (1). Atlet sepak bola dapat menempuh jarak sejauh 10.000 - 13.000 m dan perubahan aktivitas gerak tubuh setiap 4-6 detik dalam satu kali pertandingan (1,2). Saat ini, sepak bola menjadi salah satu cabang olahraga yang populer di kalangan remaja. Hal ini ditunjukkan prestasi tingkat internasional dalam beberapa tahun terakhir disumbangkan oleh atlet remaja. Berdasarkan data yang diperoleh dari Persatuan Sepak bola Seluruh Indonesia (PSSI), Timnas Indonesia menjuarai *ASEAN Football Federation* (AFF) U-19 pada tahun 2013. Di tahun 2017 dan 2018 Timnas, Indonesia U-16 berhasil meraih juara pada ajang *Tien Phong Plastic Cup* di Vietnam dan ajang *Jenesys* di Jepang (3).

Usia 10-19 tahun merupakan masa peralihan dari anak-anak menuju dewasa. Di sisi lain, pada masa ini atlet juga mengalami *growth spurt* yang meliputi puncak pertambahan berat badan, 15-20% pertambahan tinggi badan, dan 45% pertumbuhan tulang (4). Hal ini menyebabkan kebutuhan gizi pada atlet remaja lebih tinggi daripada remaja non-atlet. Penelitian observasional yang dilakukan di Jawa Tengah pada 76 atlet sepak bola remaja menunjukkan bahwa tingkat pemenuhan energi hanya 71% dari kebutuhan yang seharusnya (5). Penelitian yang dilakukan di asrama Salatiga *Training Center* diketahui bahwa 90% atlet memiliki tingkat kecukupan karbohidrat dalam kategori kurang. Intensitas latihan tinggi pada atlet remaja yang tidak diimbangi dengan pemenuhan zat gizi yang adekuat dapat menyebabkan gangguan fisiologis tubuh, seperti penurunan performa (6). Performa yang baik selama pertandingan tidak hanya dipengaruhi oleh teknik dan taktik, tetapi asupan makan atlet kesehariannya juga perlu diperhatikan salah satunya unsur karbohidrat.

Atlet sepak bola menggunakan karbohidrat dalam bentuk glukosa sebagai sumber energi. Glukosa merupakan sumber energi utama untuk kontraksi otot selama latihan sedangkan glikogen merupakan bentuk simpanan glukosa dalam tubuh (7,8). Kontraksi otot terjadi karena adanya hidrolisis ATP yang menimbulkan pergeseran filamen serta pemendekan serabut otot (9). Masalah utama yang sering ditemukan selama

pertandingan yaitu penurunan glukosa darah secara drastis. Studi di *Swansea City Football Club* melaporkan bahwa 30% atlet sepak bola pada menit ke-45 sampai 60 memiliki konsentrasi kadar glukosa darah di bawah 54,05 mg/dl (10). Penurunan kadar glukosa darah dalam durasi yang lama menyebabkan terbatasnya ketersediaan ATP untuk menghasilkan energi, sehingga akan berdampak pada penurunan produktivitas kemampuan kerja otot dan kelelahan terjadi lebih awal saat pertandingan (9,11).

Pengaturan karbohidrat dengan mempertimbangkan waktu, jumlah, dan jenis yang tepat dapat mempertahankan kadar glukosa dan memaksimalkan simpanan glikogen dalam tubuh (7,12). Dua sampai tiga jam sebelum pertandingan, atlet diberikan karbohidrat kompleks dalam bentuk makanan ringan sebesar 300-400 kkal (13,14). Peneliti dari Universitas Toronto memperkenalkan pemberian karbohidrat dengan memperhatikan indeks glikemik. Namun, konsep indeks glikemik hanya mengelompokkan jenis berdasarkan laju kecepatan perubahan karbohidrat menjadi glukosa pada suatu makanan (15). Oleh karena adanya kontroversi terkait keefektifan indeks glikemik, beberapa penelitian telah mengembangkan istilah baru untuk melengkapi konsep tersebut dengan beban glikemik (16).

Beban glikemik dapat menggambarkan respon glikemik lebih akurat dibanding indeks glikemik saja karena tidak hanya memperhitungkan jenis, tetapi juga jumlah karbohidrat dari bahan makanan yang dikonsumsi. Makanan indeks glikemik tinggi memiliki beban glikemik yang rendah jika dikonsumsi dalam jumlah yang sedikit. Demikian juga sebaliknya, konsumsi makanan indeks glikemik rendah memiliki beban glikemik yang tinggi jika dikonsumsi dalam jumlah yang banyak sehingga akan menghasilkan respon glikemik sama seperti konsumsi indeks glikemik tinggi dengan porsi standar (17).

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa konsumsi makanan indeks glikemik rendah dan beban glikemik rendah dengan kandungan 0,8 g karbohidrat/kg massa tubuh pada 2 jam sebelum latihan lari sejauh 10 km dapat merangsang perubahan metabolisme yang lebih kecil selama periode postprandial dengan penanda oksidasi karbohidrat yang rendah, gliserol dan asam lemak bebas yang tinggi secara signifikan dibandingkan dengan diet beban glikemik tinggi. Hal

ini menunjukkan tingginya asam lemak bebas dapat menghemat penggunaan glukosa selama latihan (18).

Pengaturan karbohidrat mempertimbangkan nilai indeks glikemik dan beban glikemik sangat penting untuk menunjang performa atlet selama latihan atau pertandingan (19). Studi sebelumnya yang memberikan diet variasi indeks dan beban glikemik pada atlet, hanya melihat perbedaan respon metabolik pada 2 jam postprandial dan selama latihan (18). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui lebih dalam pengaruh pengaturan diet indeks glikemik dan beban glikemik terhadap kadar glukosa darah selama pertandingan. Kadar glukosa darah diukur empat kali yaitu saat puasa, 1 jam setelah pemberian diet, 2 jam setelah pemberian diet, dan setelah latihan lari. Intervensi diet pada studi ini diberikan 2 jam sebelum latihan dalam bentuk makanan ringan berupa pemanfaatan pangan lokal sehingga diharapkan dapat diaplikasikan dengan mudah oleh manajemen penyelenggara makanan atlet. Indonesia kaya akan bahan pangan lokal yang mengandung indeks glikemik rendah yang dapat dimanfaatkan untuk alternatif makanan selingan peningkat performa atlet seperti kentang, singkong, talas, dan kacang tanah.

BAHAN DAN METODE

Desain dan subjek

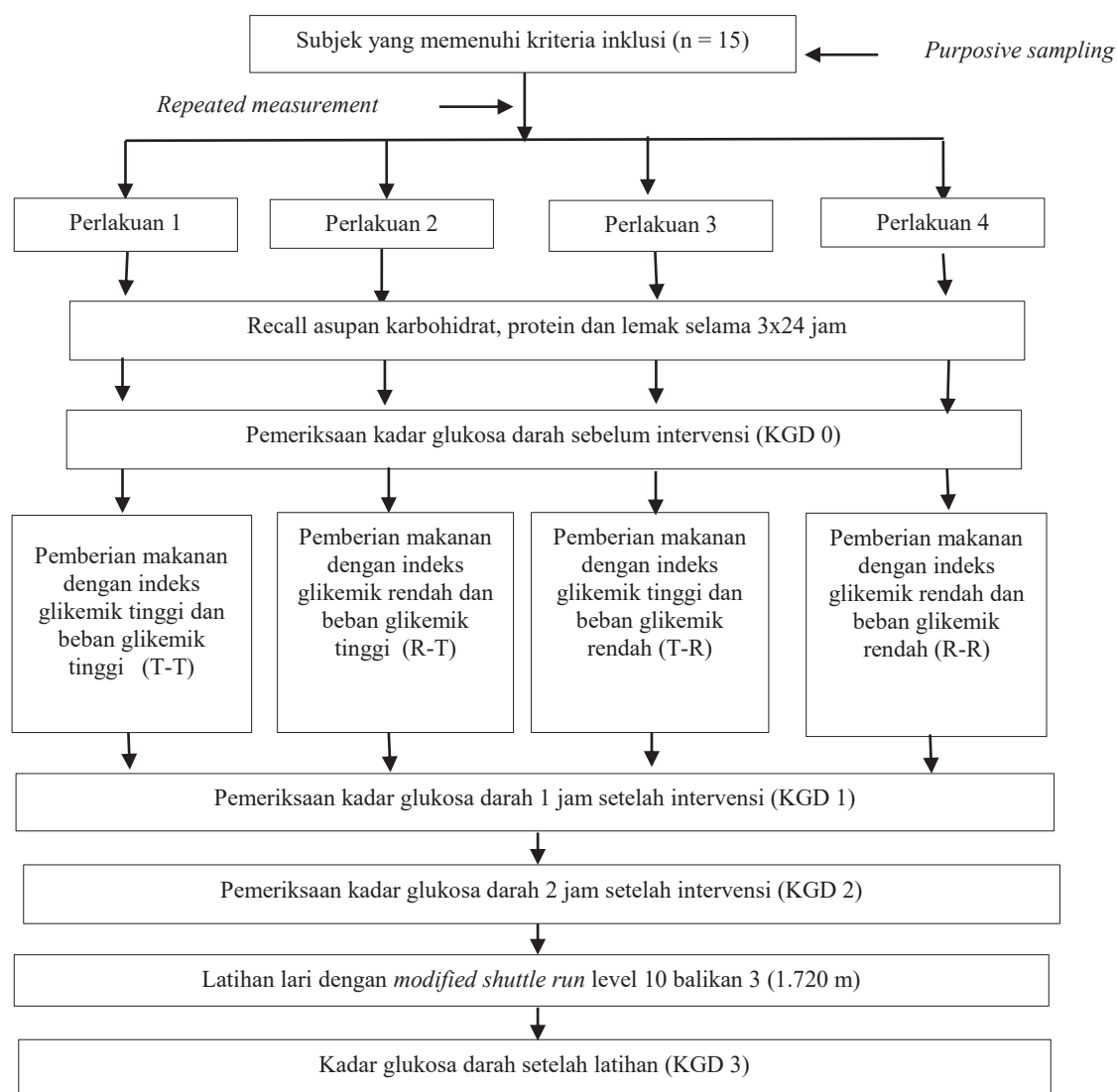
Penelitian ini merupakan penelitian *quasi experimental* dengan rancangan *pre-post test controlled group design* dan *repeated measurement*. Penelitian ini dilaksanakan pada atlet sepak bola remaja di Sekolah Sepak Bola Terang Bangsa Semarang pada bulan Agustus-Oktober 2019. Perhitungan besar sampel menggunakan rumus analitik numerik berpasangan dengan derajat interval kepercayaan 95%, *power* penelitian 90%, simpangan baku sebesar 18,3 (18), dan selisih rerata bermakna sebesar 15 mg/dl sehingga jumlah sampel minimal 13 orang dan koreksi untukantisipasi *drop out* menjadi 15 orang. Pengambilan subjek dilakukan dengan metode *purposive sampling*. Sebanyak 22 orang memenuhi kriteria inklusi, tetapi hanya 15 orang yang bersedia menjadi responden. Kriteria inklusi pada penelitian ini antara lain laki-laki berusia 15-18 tahun, tidak sedang cedera atau dalam perawatan dokter,

tidak memiliki riwayat penyakit jantung, paru-paru, dan diabetes mellitus, tidak mengonsumsi alkohol, tidak merokok, tidak melakukan aktivitas berat 24 jam sebelum penelitian, memiliki persen lemak tubuh 9-22% (20) serta volume oksigen maksimal (VO_{2max}) dalam rentang 45,2-59,8 ml/kg berat badan/menit (21). Kriteria eksklusi yaitu subjek penelitian sakit atau mengalami gangguan kesehatan selama periode intervensi dan subjek tidak datang saat intervensi berlangsung sehingga data tidak lengkap. Penelitian ini telah disetujui oleh Komite Etik Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro dengan nomor izin No.464/EC/KEPK/FK UNDIP/XII/2019.

Pengumpulan dan pengukuran data

Pemberian diet beban glikemik. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah pemberian diet beban glikemik 2 jam sebelum latihan. Subjek diberikan 4 perlakuan dengan pengaturan diet yaitu, indeks glikemik tinggi dengan beban glikemik tinggi (T-T); indeks glikemik rendah dengan beban glikemik tinggi (R-T); indeks glikemik tinggi dengan beban glikemik rendah (T-R); dan indeks glikemik rendah dengan beban glikemik rendah (R-R). Diet T-T berupa nasi ketan 100 g, susu kental manis 10 g, keju 15 g, dan semangka 200 g dengan nilai IG 89 BG 35. Diet R-T berupa kacang tanah panggang 15 g, kentang rebus 175 g, dan pear 200 g dengan nilai IG 50 BG 27. Diet T-R berupa semangka 115 g, singkong rebus 120 g, dan keju 45 g dengan nilai IG 70 BG 10. Diet R-R berupa kacang tanah panggang 30 g dan talas rebus 200 g dengan IG 34 BG 6. Keempat kelompok diet memiliki kalori yang sama yaitu ± 350 kkal dan standarisasi pemberian cairan sekitar 500 ml air. Pemberian intervensi diet ini terbagi menjadi 4 periode dengan *washout period* satu minggu. Subjek diminta mengonsumsi makanan yang sama selama tiga hari sebelum intervensi untuk meminimalisir variasi asupan dan simpanan glikogen dalam tubuh, serta tambahan snack ± 500 kkal/hari untuk mencukupi kebutuhan yang seharusnya. Subjek diinstruksikan mengonsumsi air 500 ml dan puasa minimal 8 jam malam hari sebelum intervensi. Kepatuhan subjek dipantau secara langsung sehingga seluruh makanan yang diberikan dihabiskan oleh subjek.

Kadar glukosa darah. Variabel terikat berupa kadar glukosa darah (KGD) diukur sebanyak 4 kali pada masing-masing periode yaitu sebelum intervensi (KGD



Gambar 1. Alur kerja penelitian

0), 1 jam setelah intervensi (KGD 1), 2 jam setelah intervensi (KGD 2), dan sesaat setelah latihan lari (KGD 3). Pemeriksaan kadar glukosa darah sebelum intervensi, 1 jam dan 2 jam setelah intervensi, serta setelah latihan lari diambil melalui pembuluh kapiler pada ujung jari menggunakan *glucosemeter*.

Prosedur pertama penelitian ini adalah memberikan penjelasan mengenai prosedur penelitian yang akan dilakukan kepada subjek dan pengisian *informed consent* sebagai kesediaan untuk mengikuti penelitian. Sebelum penelitian, dilakukan proses skrining untuk memilih subjek yang memenuhi kriteria inklusi melalui pengukuran persen lemak tubuh dan VO_{2max} .

Persen lemak tubuh diukur menggunakan *bioelectrical impedance analysis* (BIA). Volume oksigen maksimal (VO_{2max}) diukur dengan metode 20 m *multistage shuttle run test*. Data asupan makanan diperoleh melalui wawancara 3x24 jam *food recall* sebelum intervensi dan dianalisis menggunakan *software nutrisurvey*.

Pada hari intervensi, pemeriksaan pertama yang dilakukan adalah kadar glukosa darah puasa (KGD 0). Subjek diberikan makanan intervensi dan menghabskannya dalam waktu ± 15 menit. Pemeriksaan respon glukosa dilakukan pada 1 jam (KGD 1) dan 2 jam postprandial (KGD 2). Subjek diberikan waktu 5 menit untuk melakukan pemanasan dan dilanjutkan dengan

Tabel 1. Karakteristik subjek penelitian (n=14)

Karakteristik	Minimal	Maksimal	Rerata±SD
Usia (tahun)	15	17	15,9±0,83
Persen lemak tubuh (%)	11,3	21,1	16,3±3,18
VO ₂ max (ml/kg/menit)	50,3	55,1	51,8±1,32

Tabel 2. Perbedaan asupan energi, protein, lemak, dan karbohidrat sebelum pemberian keempat diet

Variabel asupan	Rerata±SD (n=14)				P*
	T-T	R-T	T-R	R-R	
Energi (kkal/hari)	2.305±241,4	2.183±290,3	2.332±337,3	2.159±334,3	0,346
Protein (g/hari)	71,9±9,8	67,7±9,6	69,4±10,6	61,3±13,7	0,080
Lemak (g/hari)	87,2±10,9	79,5±14,2	86,4±12,2	82,9±17,9	0,456
Karbohidrat (g/hari)	306,7±39,6	295,5±38,4	314,8±50,5	289±40,4	0,389

*Uji *One-way analysis of variance (ANOVA)*

T-T = indeks glikemik tinggi dan beban glikemik tinggi;

R-T = indeks glikemik rendah dan beban glikemik tinggi;

T-R = indeks glikemik tinggi dan beban glikemik rendah;

R-R = indeks glikemik rendah dan beban glikemik rendah

Tabel 3. Perbedaan kadar glukosa darah antarkelompok diet

Variabel	Rerata±SD (n=14)				P*
	T-T	R-T	T-R	R-R	
KGD 0	86,5±6,47	84,4±6,35	86,5±7,71	87,9±10,69	0,715
KGD 1	97,1±11,41	95,8±16,33	90,9±8,59	89,3±8,28	0,237
KGD 2	85,1±9,56	82,6±7,92	82,6±6,98	87,4±5,59	0,282
KGD 3	99,4±11,00	96,9±9,89	9,3±12,00	98,2±9,47	0,617

*Uji *One-way analysis of variance (ANOVA)*; KGD = kadar glukosa darah

latihan lari di lapangan. Metode lari yang digunakan yaitu *modified shuttle run*. Seluruh subjek berlari bolak-balik di lintasan 20 meter dengan kecepatan awal 8,5 km/jam dan meningkat 0,5 km/jam setiap level sesuai irama beep. Subjek akan berhenti lari pada level 10 balikan 3 (total jarak yang ditempuh 1.720 meter) dalam waktu ±10 menit. Sesaat setelah lari dilakukan pemeriksaan kadar glukosa darah kembali (KGD 3) (**Gambar 1**).

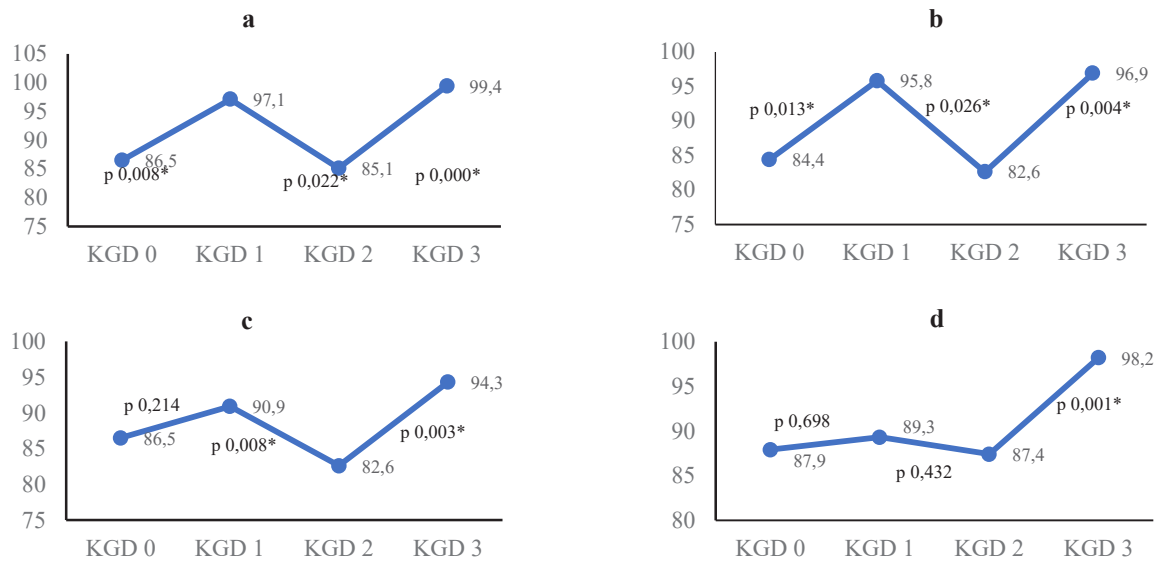
Analisis data

Data yang diperoleh dianalisis secara statistik menggunakan *software SPSS*. Analisis deskriptif digunakan untuk mengetahui gambaran karakteristik subjek meliputi data usia, persen lemak tubuh, data asupan makanan, dan VO₂ maks. Normalitas data diuji menggunakan uji statistik *Saphiro-Wilk*. Perbedaan

kadar glukosa darah antar waktu pengambilan darah (sebelum intervensi, 1 dan 2 jam setelah intervensi serta setelah latihan lari) dianalisis menggunakan *paired t test*. Perbedaan kadar glukosa darah antar kelompok dianalisis menggunakan uji *One Way Analysis of Variance (ANOVA)* karena data berdistribusi normal.

HASIL

Sebanyak 15 atlet yang memenuhi kriteria inklusi bersedia mengikuti program penelitian setelah diberikan *informed consent*. Namun, selama penelitian terdapat 1 subjek yang *drop out* karena tidak menghabiskan intervensi yang diberikan sehingga hanya 14 atlet yang berpartisipasi dalam penelitian ini. Rerata persen lemak tubuh subjek sebesar 15,6±0,65%. Berdasarkan hasil analisis persen lemak tubuh, diketahui bahwa 8 subjek



Gambar 2. Perbedaan kadar glukosa darah pada diet T-T (a); diet R-T (b); diet T-R (c); dan diet R-R (d)

*Paired t-test, terdapat perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$); KGD = kadar glukosa darah

berada pada kategori baik sedangkan 6 subjek lainnya memiliki persen lemak pada kategori sangat baik (9-13%) (20). Rerata nilai VO_2max subjek sebesar $51,8 \pm 1,32$ ml/kg/menit. Sebagian besar subjek (78,6%) memiliki VO_2max dalam kategori *excellent* sedangkan 21,4% subjek dalam kategori *good* (21) (**Tabel 1**).

Selama masing-masing tiga hari sebelum intervensi dan *washout period*, subjek diminta mengonsumsi makanan yang sama untuk meminimalisir variasi asupan dan simpanan glikogen dalam tubuh. Makanan tersebut disediakan oleh asrama atlet. *Recall* 24 jam dilakukan setiap hari selama periode pemberian makanan yang sama sebelum intervensi. **Tabel 2** menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik asupan energi, protein, lemak, dan karbohidrat antarkelompok ($p > 0,05$).

Gambar 2 menunjukkan bahwa ada perbedaan yang signifikan KGD 0 dengan KGD 1, KGD 1 dengan KGD 2 serta KGD 2 dengan KGD 3 pada kelompok diet T-T dan R-T ($p < 0,05$). Pada kelompok diet indeks glikemik tinggi dan beban glikemik tinggi (T-T) dan kelompok diet indeks glikemik rendah dan beban glikemik tinggi (R-T), rerata kadar glukosa darah 1 jam setelah intervensi lebih tinggi dibandingkan kadar glukosa darah sebelum intervensi ($KGD 0 < KGD 1$; $p < 0,05$). Sementara pada kelompok diet indeks

glikemik tinggi dan beban glikemik rendah (T-R) tidak ada perbedaan yang signifikan antara KGD 0 dan KGD 1 ($p > 0,05$), tetapi ada perbedaan yang signifikan KGD 1 dengan KGD 2, serta KGD 2 dengan KGD 3 ($p < 0,05$). Pada kelompok diet indeks glikemik rendah dan beban glikemik rendah (R-R) tidak terdapat perbedaan yang signifikan KGD 0 dengan KGD 1, KGD 1 dengan KGD 2 ($p < 0,05$), tetapi terdapat perbedaan yang signifikan KGD 2 dengan KGD 3 ($p < 0,05$). Keempat perlakuan diet yang berbeda tersebut mempunyai tren yang sama yaitu kadar glukosa setelah lari (KGD 3) selalu lebih tinggi dibandingkan glukosa darah 2 jam sebelum intervensi (KGD 2) ($p < 0,05$). Berdasarkan **Tabel 3** diketahui bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan pada KGD 0, KGD 1, KGD 2, dan KGD 3 antara keempat kelompok diet ($p > 0,05$).

BAHASAN

Penelitian ini melibatkan 14 subjek yang menjalani empat periode intervensi. Seluruh subjek menerima keempat jenis diet agar bias karakteristik dapat ditekan dan meminimalisir respon glikemik yang bervariasi. Di setiap pemberian intervensi dipisahkan oleh *washout period* (jeda waktu) antar percobaan selama satu minggu yang bertujuan untuk memberikan waktu pemulihan bagi

subjek. Subjek penelitian merupakan atlet sepakbola remaja laki-laki berusia 15-18 tahun. Secara teoritis, laki-laki pada masa pubertas lebih banyak membentuk massa otot dan memiliki komposisi lemak tubuh yang cenderung sedikit (22,23). Komposisi lemak tubuh digunakan untuk menentukan komposisi tubuh optimal atlet (22). Berdasarkan hasil pengukuran diketahui sebanyak 57,1% subjek memiliki komposisi lemak tubuh dalam kategori sangat baik. Semakin sedikit persentase lemak tubuh dan semakin besar massa otot, maka simpanan glikogen dalam tubuh akan semakin banyak. Ketika kadar glukosa darah menurun, simpanan glikogen akan dipecah menjadi glukosa. Simpanan glikogen hati dan otot yang cukup dapat menjaga kadar glukosa pada nilai normal selama latihan (22,24).

Sebagian besar VO_2 max atlet SSB Terang Bangsa berada pada kategori *excellent*. Hasil pengukuran VO_2 max menggambarkan kapasitas maksimal tubuh dalam menggunakan oksigen selama latihan yang meningkat sehingga menunjukkan seberapa jauh atlet dapat mengoptimalkan kapasitas aerobiknya. Rerata asupan makan subjek selama 3 hari sebelum intervensi sebesar 2.159-2.332 kkal energi; 61,3-71,9 g protein; 79,5-87,2 g lemak; serta 289-314,8 g karbohidrat. Hasil analisis menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik asupan energi, protein, lemak, dan karbohidrat. Hal ini mengindikasikan bahwa kondisi asupan subjek sebelum intervensi adalah sama.

Hasil penelitian ini menunjukkan pengaruh pemberian diet beban glikemik terhadap kadar glukosa darah atlet selama 1 jam dan 2 jam postprandial, serta setelah latihan lari ± 10 menit. Nilai beban glikemik mempertimbangkan indeks glikemik dan jumlah *available carbohydrate* yang berbeda dari bahan makanan yang dikonsumsi. *Available carbohydrate* adalah karbohidrat yang dapat dicerna oleh enzim pencernaan, diserap dalam bentuk glukosa oleh usus halus, dan dimetabolisme oleh sel dalam tubuh (25).

Glukosa yang dihasilkan dari pencernaan karbohidrat akan diserap oleh darah di usus halus dan menuju ke sel-sel jaringan melalui difusi dalam kapiler perifer (26). Kadar glukosa darah mencapai puncak 1 jam postprandial dan akan kembali ke level preprandial setelah 2 sampai 3 jam (27). Pada penelitian ini diketahui

bahwa ada perbedaan yang signifikan KGD 0 dengan KGD 1 pada kelompok diet indeks glikemik tinggi-beban glikemik tinggi (T-T) dan indeks glikemik rendah-beban glikemik tinggi (R-T) ($p < 0,05$). Sementara itu, pada kelompok diet indeks glikemik tinggi-beban glikemik rendah (T-R) dan indeks glikemik rendah-beban glikemik rendah (R-R) tidak ditemukan perbedaan yang signifikan KGD 0 dengan KGD 1 ($p > 0,05$). Indeks glikemik rendah memiliki karakteristik penyerapan glukosa secara perlahan sedangkan indeks glikemik tinggi mengalami penyerapan glukosa yang berlangsung cepat di usus kecil bagian atas (28). Namun demikian, hubungan indeks glikemik dan beban glikemik tidak selalu berbanding lurus. Indeks glikemik rendah yang dikonsumsi dalam jumlah banyak dapat menghasilkan peningkatan kadar glukosa darah yang drastis. Sebaliknya, indeks glikemik tinggi yang dikonsumsi dalam jumlah sedikit dapat menghasilkan peningkatan kadar glukosa darah yang relatif kecil. Oleh karena itu, dalam penelitian ini diet beban glikemik tinggi (T-T dan R-T) menunjukkan fluktuasi kadar glukosa darah yang tinggi sedangkan diet beban glikemik rendah (T-R dan R-R) memiliki fluktuasi yang lebih rendah.

Kadar glukosa darah mengalami penurunan saat 2 jam setelah pemberian diet, hal ini dipicu oleh pelepasan hormon insulin dari sel β pankreas. Hormon insulin memfasilitasi transport glukosa keluar dari darah dan masuk hampir ke seluruh membran sel di dalam tubuh (9). Hormon insulin juga berperan dalam meningkatkan pembentukan glukosa menjadi glikogen (glikogenesis), menghambat pemecahan glikogen menjadi glukosa (glikogenolisis), serta menghambat pembentukan glukosa dari prekursor yang bukan karbohidrat (glukoneogenesis) (29). Hasil penelitian ini menemukan perbedaan KGD 1 dengan KGD 2 yang signifikan pada kelompok diet indeks glikemik tinggi-beban glikemik tinggi (T-T) dan indeks glikemik rendah-beban glikemik tinggi (R-T) ($p < 0,05$) sedangkan tidak ada perbedaan yang signifikan KGD 1 dengan KGD 2 pada kelompok diet indeks glikemik rendah-beban glikemik rendah (R-R) ($p > 0,05$). Lambatnya respon insulin pada kelompok R-R menyebabkan penurunan kadar glukosa darah yang lebih sedikit daripada kelompok T-T dan R-T.

Sejalan dengan penelitian sebelumnya yang memberikan tiga perlakuan makanan isokalori dengan indeks glikemik dan beban glikemik yang berbeda (T-T, T-R, dan R-R) pada 8 atlet lari di Hongkong. Penelitian tersebut melaporkan bahwa diet R-R memicu perubahan metabolik yang lebih kecil selama periode postprandial dan selama lari dengan penanda tingkat insulin darah dan laju oksidasi karbohidrat yang lebih rendah sehingga pelepasan glukosa ke dalam darah berlangsung lebih stabil (18).

Lebih lanjut, sesaat setelah lari terjadi peningkatan kadar glukosa yang signifikan pada keempat kelompok diet ($p > 0,05$). Penurunan kadar glukosa darah yang drastis pada awal latihan merupakan stimulus stres yang memicu saraf simpatik untuk melepaskan katekolamin ke dalam aliran darah (29). Katekolamin merupakan hormon yang disekresikan oleh kelenjar adrenal. Intensitas latihan lebih dari 80% $VO_2\max$ juga dapat meningkatkan respon hormon katekolamin (epinefrin dan norepinefrin) sebesar 14-18 kali (30). Peningkatan katekolamin dapat menghambat sekresi insulin oleh sel β pankreas sehingga merangsang pemecahan glikogen dan glukoneogenesis (9). Pemecahan glikogen menghasilkan produk samping berupa asam laktat yang terakumulasi di otot. Asam laktat dibawa ke hati untuk diubah menjadi glukosa dan dilepaskan ke dalam aliran darah sehingga terjadi peningkatan kadar glukosa darah dalam tubuh (9,30).

Berdasarkan penelitian sebelumnya, diketahui bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan simpanan glikogen antara subjek yang menerima diet indeks glikemik rendah dan subjek yang menerima diet indeks glikemik tinggi. Namun, subjek yang menerima diet indeks glikemik rendah memiliki simpanan glikogen yang lebih tinggi daripada subjek yang menerima diet indeks glikemik tinggi (31). Diet beban glikemik rendah lebih baik dalam menunda penipisan simpanan glikogen (32) karena mampu menyediakan glukosa yang diperlukan selama latihan tanpa mengoksidasi karbohidrat ke tingkat yang sama seperti halnya ketika konsumsi diet beban glikemik tinggi (18). Hal ini menunjukkan bahwa tingkat pelepasan glukosa dari hati cukup untuk mengompensasi penggunaan glukosa darah (33).

Berdasarkan hasil uji beda, tidak ada perbedaan yang signifikan KGD 1, KGD 2, dan KGD 3 antara

keempat kelompok ($p > 0,05$). Hasil ini sejalan dengan studi pada 16 atlet sepak bola di Kanada yang memberikan makanan indeks glikemik tinggi dan indeks glikemik rendah dua jam sebelum menyelesaikan tes lari intensitas tinggi intermitten selama 90 menit. Studi tersebut menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan kadar glukosa darah subjek yang mengonsumsi makanan indeks glikemik tinggi dengan makanan indeks glikemik rendah karena adanya respon hormon katekolamin yang tinggi (31). Penelitian yang dilakukan pada 10 pengendara sepeda terlatih setelah menyelesaikan 40 km *time to trial* menunjukkan hasil yang sama bahwa tidak ditemukan perbedaan yang signifikan secara statistik kadar glukosa darah subjek yang mengonsumsi makanan indeks glikemik tinggi dengan makanan indeks glikemik rendah (34).

Perbedaan kadar glukosa darah yang tidak signifikan dalam penelitian ini juga mungkin dipengaruhi oleh sifat-sifat intrinsik dalam bahan makanan sehingga terdapat variasi respon glikemik dari bahan makanan yang sama karena varietas yang berbeda. Salah satu sifat intrinsik yang dapat mempengaruhi respon glikemik adalah kandungan serat pangan. Serat pangan tergolong dalam kelompok *non-available carbohydrate* yang tidak dapat dihidrolisis oleh enzim pencernaan (25). Serat pangan dapat memperlambat pengosongan lambung dan gerak peristaltik glukosa dari lumen ke epitel usus halus. Serat difermentasikan oleh bakteri di usus besar dan menghasilkan asam lemak rantai pendek. Asam lemak tersebut akan kembali menuju ke aliran darah dan menghambat penggunaan glukosa dalam jangka waktu yang lama (35,36). Kandungan serat pangan yang tinggi dapat mengakibatkan penurunan laju pencernaan dan penyerapan glukosa dalam usus halus yang berujung pada respon glikemik yang rendah (37).

Perbedaan respon peningkatan dan penurunan kadar glukosa darah subjek pada setiap diet mungkin dipengaruhi oleh perbedaan waktu pemberian diet dan latihan lari, hal ini memungkinkan adanya perbedaan suhu saat penelitian dan berpengaruh terhadap kadar glukosa darah. Hasil studi di Amerika Serikat menunjukkan bahwa kadar glukosa darah lebih tinggi pada subjek yang melakukan *recovery* di suhu lingkungan dengan panas 32°C daripada subjek yang melakukan *recovery*

di suhu ruang 22°C. Suhu lingkungan yang panas dapat memicu vasodilatasi atau pelebaran pembuluh darah yang menyebabkan peningkatan aliran darah dan penurunan volume plasma darah, kemudian mengakibatkan gangguan penyerapan glukosa darah ke otot (38,39). Hal ini merangsang kelenjar adrenal untuk mensekresikan epinefrin. Peningkatan epinefrin dapat meningkatkan glikogenolisis dan menghambat sintesis glikogen. Selain itu, epinefrin juga merangsang lipolisis pada jaringan adiposa dan meningkatkan konsentrasi asam lemak bebas. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan epinefrin sebanding dengan pelepasan asam lemak bebas sehingga asam lemak bebas yang tinggi dapat menghemat penggunaan glukosa dan mengakibatkan tingginya kadar glukosa darah di dalam tubuh (29,31,39).

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa keempat variasi diet beban glikemik dan indeks glikemik sebelum latihan mampu mempertahankan kadar glukosa darah pada atlet selama latihan. Hal ini dibuktikan dari kadar glukosa darah setelah latihan pada keempat perlakuan diet lebih tinggi dibandingkan kadar glukosa darah sebelum maupun setelah intervensi. Pemberian asupan makan berkarbohidrat dalam bentuk makanan selingan 2 jam sebelum latihan mampu mempertahankan kadar glukosa darah selama latihan sehingga mendukung performa atlet dan mencegah kelelahan yang berlebihan. Namun, penelitian ini belum dapat membuktikan jenis karbohidrat yang paling tepat untuk dikonsumsi sebelum latihan atau pertandingan. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan dari penelitian yaitu makanan yang digunakan sebagai intervensi tidak dilakukan uji indeks glikemik secara lebih akurat dan hanya berdasarkan pustaka saja. Selain itu, kontrol terhadap asupan makan sebelum dan selama *washout* hanya dilakukan selama 3 hari sebelum intervensi dan terbatas pada jumlah asupan makronutrien saja serta tidak mengkaji indeks glikemik bahan makanan yang dikonsumsi.

SIMPULAN DAN SARAN

Pemberian diit beban glikemik tinggi berupa kombinasi bahan makanan nasi ketan, susu kental manis, kentang, semangka, dan pear berpengaruh signifikan terhadap peningkatan kadar glukosa darah 1 jam

postprandial dan setelah latihan. Pemberian diit beban glikemik rendah berupa kacang tanah, talas, dan singkong berpengaruh signifikan terhadap peningkatan kadar glukosa darah setelah latihan. Pemberian diet dengan pengaturan indeks glikemik dan beban glikemik yang berbeda tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap kadar glukosa darah.

Penelitian selanjutnya perlu mempertimbangkan untuk melakukan uji indeks glikemik terlebih dahulu agar dapat menghasilkan estimasi nilai beban glikemik yang lebih akurat dan respon glikemik yang sebanding. Pemberian intensitas lari yang lebih rendah juga perlu dipertimbangkan untuk mencegah terjadinya respon hormon katekolamin yang terlalu tinggi. Selain itu, dapat juga dikembangkan penelitian pemberian diet beban glikemik sebelum latihan pada berbagai intensitas dan berbagai cabang olahraga.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Universitas Diponegoro melalui hibah Riset Pengembangan dan Penerapan (RPP) tahun 2019 yang telah memberikan dana untuk penelitian ini.

Pernyataan konflik kepentingan

Tidak terdapat konflik kepentingan pada penelitian ini.

RUJUKAN

1. Iaia FM, Rampinini E, Bangsbo J. High-intensity training in football. *Int J Sports Physiol Perform*. 2009;4(3):291–306. doi: 10.1123/ijsp.4.3.291
2. Bangsbo J. Physiological demands of football. *Sport Sci Exch [series online]* 2014 [cited 7 Jan 2019];27(125):1–6. Available from: URL: https://secure.footprint.net/gatorade/stg/gssiweb/pdf/SSE125_Bangsbo.pdf
3. Persatuan Sepak bola Seluruh Indonesia. Hasil pertandingan. 2019.
4. World Health Organization. Adolescent nutrition: a review of the situation in selected South-East Asian Countries. [series online] 2006 [cited 7 Jan 2019]. Available from: URL: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/204764>
5. Fitrianti DY, Dieny FF, Nissa C, Wijayanti HS, Sukmasari V, Renata MDS. Analysis of energy need and adequacy of athlete based on physical activity measurement by using pedometer. *Adv Heal Sci Res*. 2018;12:108–12. doi: 10.2991/isphe-18.2018.24

6. American Dietetic Association, Dietitians of Canada, American College of Sports Medicine, Rodriguez NR, Di Marco NM, Langley S. Nutrition and athletic performance. *Med Sci Sports Exercise*. 2009;41(3):709–31. doi: 10.1249/MSS.0b013e31890eb86
7. Baranauskas M, Stukas R, Tubelis L, Žagminas K, Šurkiene G, Švedas E, et al. Nutritional habits among high-performance endurance athletes. *Medicina (B Aires)*. 2015;1(6):351–62. doi: 10.1016/j.medic.2015.11.004
8. Peinado AB, Rojo-tirado MA, Benito PJ. Sugar and physical exercise; the importance of sugar for athletes. *Nutr Hosp*. 2013;28(Suppl 4):48–56. doi: 10.3305/nh.2013.28.sup4.6796
9. Dunford M, Doyle JA. Nutrition for sport and exercise. Third. USA: Cengage Learning; 2012.
10. Russell M, Benton D, Kingsley M. Carbohydrate ingestion before and during soccer match play and blood glucose and lactate concentrations. *J Athl Train*. 2014;49(4):447–53. doi: 10.4085/1062-6050-49.3.12
11. Murray B, Rosenbloom C. Fundamentals of glycogen metabolism for coaches and athletes. *Nutr Rev*. 2018;76(4):243–59. doi: 10.1093/nutrit/nuy001
12. Radák Z. The physiology of physical training. Fourteenth. St. Louis, Missouri: Elsevier; 2018.
13. Dorlman L. Nutrition for health and fitness. In: Mahan LK, Raymond JL, editors. Krause's Food and the nutrition care process. Fourteenth. St. Louis, Missouri: Elsevier Inc; 2017.
14. Keith RE, Holden HB, McAnully LS. The sport. In: Wlinsky I, Driskell JA, editors. Nutritional applications in exercise and sport. Washington DC: CRC Press; 2001.
15. Beavers KM, Leutholtz B. Glycemic load food guide pyramid for athletic performance. *Strength Cond J*. 2008;30(3):10–4. doi: 10.1519/SSC.0b013e3181770a59
16. Reilly JO, Reilly JO, Wong SHS, Chen Y. Glycaemic index, glycaemic load and exercise performance. *Sport Med*. 2010;40(1):27–39. doi: 10.2165/11319660-000000000-00000
17. Lazarim FL, Stancanelli M, Brenzikofer R, de Macedo DV. Understanding the glycemic index and glycemic load and their practical applications. *Biochem Mol Biol Educ*. 2009;37(5):296–300. doi: 10.1002/bmb.20314
18. Chen YJ, Wong SH, Wong CK, Lam CW, Huang YJ, Siu PM. Effect of preexercise meals with different glycemic indices and loads on metabolic responses and endurance running. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2008;18(3):281–300. doi: 10.1123/ijsnem.18.3.281
19. Jamurtas AZ, Deli CK, Georgakouli K, Fatouros IG. Glycemic index, food exchange values, and exercise performance. In: Bagchi D, Sen CK, Nair S, editors. Nutrition and enhanced sports performance. 2nd ed. USA: Academic Press; 2019.
20. Merrill SM. Nutrition and body composition coaching assessment. In: Muth ND, editor. Sports Nutrition for Health Professionals. USA: F. A. Davis Company; 2015.
21. Heyward VH. The physical fitness specialist certification manual. In: Heyward VH, editor. Advance Fitness Assessment & Exercise Prescription. 3rd ed. USA: Human Kinetics; 1997.
22. Fink HH, Mikesy AE. Practical application in sports nutrition. In: Practical applications in sports nutrition. Fourth Ed. Burlington: Jones & Barlett Learning; 2015.
23. Kirchengast S. Gender differences in body composition from childhood to old age: an evolutionary point of view. *J Life Sci*. 2010;2(1):1–10. doi: 10.1080/09751270.2010.11885146
24. Hidayat AT, Fitranti DY. Perbedaan kadar glukosa darah atlet setelah latihan antara pemberian sari tebu dan minuman berkarbohidrat pabrikan. *J Nutr Coll*. 2014;3:880–6. doi: 10.14710/jnc.v3i4.6894
25. Cummings JH, Stephen AM. Carbohydrate terminology and classification. *Eur J Clin Nutr*. 2007;61:S5–18. doi: 10.1038/sj.ejcn.1602936
26. Rodwell VW, Bannister DA, Botham K, Kennelly PJ, Weil PA. Harpers Illustrated Biochemistry. 30 th. United States: McGraw-Hill Education; 2015.
27. American Diabetes Association. Postprandial blood glucose. *Diabetes Care*. 2001;24(4):775–8. doi: 10.2337/diacare.24.4.775
28. Hoerudin. Indeks glikemik buah dan implikasinya dalam pengendalian kadar glukosa darah. *Bul Teknol Pasca Panen*. 2012;8(2):81–98.
29. Tortora GJ, Derrickson B. Principle of anatomy & physiology. 13th ed. USA: John Wiley & Sons, Inc; 2012.
30. Marliss EB, Vranic M. Intense exercise has unique effects on both insulin release and its roles in gluoregulation: implications for diabetes. *Diabetes*. 2002;51(Suppl 1):271–83. doi: 10.2337/diabetes.51.2007.s271
31. Little JP, Chilibeck PD, Ciona D, Forbes S, Rees H, Vandenberg A, et al. Effect of low- and high-glycemic index meals on metabolism and performance during high-intensity intermittent exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2010;20(6):447–56. doi: 10.1123/ijsnem.20.6.447
32. Hamzah S, Higgins S, Abraham T, Taylor P, Vizbaraitė D, Malkova D. The effect of glycaemic index of high carbohydrate diets consumed over 5 days on exercise energy metabolism and running capacity in males. *J Sports Sci*. 2009;27(14):1545–54. doi: 10.1080/02640410903134115
33. Bangsbo J, Iaia FM, Krstrup P. Metabolic response and fatigue in soccer. *Int J Sports Physiol Perform*. 2007;2(2):111–27. doi: 10.1123/ijsp.2.2.111
34. Moore LJS, Midgley AW, Thurlow S, Thomas G, McNaughton LR. Effect of the glycaemic index of a pre-exercise meal on metabolism and cycling time trial performance. *J Sci Med Sport*. 2010;13(1):182–8. doi: 10.1016/j.jsams.2008.11.006

35. Gropper SS, Smith JL, Groff JL. Macronutrients and their metabolism. In: *Advanced nutrition and human metabolism*. Fifth. USA: Cengage Learning; 2009.
36. Luo J, Yperselle M Van, Rizkalla SW, Rossi F, Bornet FRJ. Chronic consumption of short-chain fructooligosaccharides does not in type 2 diabetics. *J Nutr*. 2000;130(6):1572–7. doi: 10.1093/jn/130.6.1572
37. Trinidad TP, Mallillin AC, Sagum RS, Encabo RR. Glycemic index of commonly consumed carbohydrate foods in the Philippines. *J Funct Foods*. 2010;2(4):271–4. doi: 10.1016/j.jff.2010.10.002
38. No M, Kwak H-B. Effects of environmental temperature on physiological responses during submaximal and maximal exercises in soccer players. *Integr Med Res*. 2016;5(3):216–22. doi: 10.1016/j.imr.2016.06.002
39. Naperalsky M, Ruby B, Slivka D. Environmental temperature and glycogen resynthesis. *Int J Sports Med*. 2010;31(8):561–6. doi: 10.1055/s-0030-1254083