



## Pengaruh Gula Merah Tebu terhadap Laktat Darah dan Glikogen Hati pada Tikus dengan Olahraga Renang

Ameliora dwi Astani <sup>1\*</sup>, Suroto <sup>2</sup>, Etika Ratna Noer <sup>3</sup>

<sup>1\*)</sup> Jurusan Magister Ilmu Gizi, Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro

<sup>2</sup> Bagian Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Diponegoro

<sup>3</sup> Departemen Ilmu Gizi, Fakultas Kedokteran, Universitas Diponegoro

\*Alamat Korespondensi: [ameliora.da@gmail.com](mailto:ameliora.da@gmail.com)

Diterima: Januari 2022

Direview: Februari 2022

Dimuat: Desember 2022

### ABSTRACT

*Fatigue in sports can be influenced by the availability of energy substrate. Low energy availability during exercise could affect liver glycogenolysis metabolism and lactate production in the tissue. The benefit of carbohydrate supplementation before exercise is known to prevent liver glycogen depletion and increase lactate oxidation. This study aimed to investigate the effect of brown sugarcane on liver glycogen and blood lactate. This study used 36 Sprague Dawley rats aged 8 weeks. The animals were divided into 4 groups: sedentary control group with brown sugarcane (Sedentair1), brown sugarcane + swimming (GMT), glucose + swimming (Glu), and aquades + swimming (Aqu). All groups were fed with 0.3 g glucose or sucrose/100 g rats' body weight dissolved in 1 ml aquades/100 g rats' body weight, 10 min before exercise. The brown sugarcane supplementation given to the GMT group resulted in higher post-intervention liver glycogen (5.56 mg/dl) than other exercise groups ( $p=0.000$ ). In addition, the blood lactate increment was also found 50% lower than in Glu and Aqu groups ( $p=0.000$ ). It can be concluded that using brown sugarcane supplementation as pre-exercise food may influence liver glycogen breakdown and lactate turnover during exercise.*

**Keywords:** brown sugarcane, liver glycogen, blood lactate, swimming, carbohydrate

### ABSTRAK

Kelelahan dalam olahraga dapat dipengaruhi oleh ketersediaan substrat energi. Ketersediaan energi yang rendah selama latihan dapat mempengaruhi metabolisme glikogenolisis hati dan produksi laktat di jaringan. Manfaat suplementasi karbohidrat sebelum olahraga diketahui dapat mencegah penipisan glikogen hati dan meningkatkan oksidasi laktat. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh tebu pada glikogen hati dan laktat darah. Penelitian ini menggunakan 36 ekor tikus Sprague Dawley berumur 8 minggu. Hewan dibagi menjadi 4 kelompok yaitu kelompok kontrol menetap dengan tebu merah (Sedentair1), tebu + renang (GMT), glukosa + renang (Glu), dan aquades + renang (Aqu). Semua kelompok diberi makan glukosa atau sukrosa 0,3 g/100 g berat badan tikus yang dilarutkan dalam 1 ml aquades/100 g berat badan tikus, 10 menit sebelum latihan. Suplemen tebu coklat yang

diberikan pada kelompok GMT menghasilkan glikogen hati pasca-intervensi yang lebih tinggi (5,56 mg/dl) dibandingkan kelompok latihan lainnya ( $p=0,000$ ). Selain itu, peningkatan laktat darah juga ditemukan 50% lebih rendah dibandingkan kelompok Glu dan Aqu ( $p=0,000$ ). Dapat disimpulkan bahwa penggunaan suplementasi tebu merah sebagai makanan sebelum latihan dapat mempengaruhi pemecahan glikogen hati dan pergantian laktat selama latihan.

**Kata kunci:** gula merah tebu, glikogen hati, laktat darah, renang, suplementasi karbohidrat

## PENDAHULUAN

Suplementasi karbohidrat sebelum berolahraga bertujuan untuk mencegah defisit energi selama berolahraga dengan cara memaksimalkan cadangan energi terlebih dahulu. Defisit energi saat berolahraga ditandai dengan meningkatnya AMPK dan SIRT1 yang memicu aktivitas glikogenolisis di hati [1–3]. Jika tidak diikuti dengan pemberian karbohidrat eksogen selama berolahraga, maka risiko deplesi glikogen akan semakin besar. Deplesi glikogen merupakan salah satu faktor penyebab kelelahan karena dapat mempengaruhi proses produksi energi di dalam otot [4]. Pemberian suplementasi karbohidrat sebelum berolahraga juga memiliki hubungan dengan waktu kelelahan yang lebih lama pada olahraga intensitas tinggi dan indikasi *central fatigue* yang lebih rendah [1,5,6].

Pemberian suplementasi karbohidrat memiliki beberapa kendala, antara lain keterbatasan jumlah karbohidrat yang dapat diserap oleh tubuh, durasi pengosongan lambung, serta kecepatan oksidasi yang tidak seimbang dengan kebutuhan energi. Hal ini dikarenakan keterbatasan laju oksidasi karbohidrat di dalam tubuh. Normalnya glukosa akan dioksidasi dengan kecepatan maksimal 1,3 g/menit. Penambahan fruktosa/sukrosa di dalam suplementasi dapat meningkatkan kecepatan oksidasi hingga  $\geq 1,7$  g/menit [7]. Semakin cepat oksidasi, maka ketersediaan cadangan energi pun akan turut meningkat. Glukosa, fruktosa, dan sukrosa memiliki

sistem metabolisme dan protein pengangkut yang relatif berbeda. Ketika dikonsumsi bersama, jumlah glukosa yang terserap dapat meningkat, sehingga mekanisme glikogenesis dapat berjalan optimal dan deplesi glikogen hati pun dapat dicegah [8]. Metabolisme fruktosa/sukrosa di dalam tubuh juga dapat meningkatkan produksi laktat akibat aktivitas glikolisis maupun fruktolisis di hati [9–11].

Beberapa produk pangan lokal mulai dikembangkan sebagai alternatif suplementasi karbohidrat. Penelitian sebelumnya berhasil menganalisis manfaat dan kandungan nira tebu terhadap performa ketika berolahraga [12,13]. Penelitian yang dilakukan oleh Kalpana *et al.* (2013) menunjukkan bahwa pemberian nira tebu pada atlet sepeda memberikan waktu tempuh bersepeda yang lebih lama dibandingkan *sport drink* dan air putih [14]. Nira tebu merupakan bahan baku utama pembuatan gula merah tebu. Nira tebu akan melalui proses pemanasan hingga mengental dan berwarna kecoklatan. Kandungan zat gizi di dalam nira tebu dan gula merah tebu tidak jauh berbeda [15]. Keduanya mengandung karbohidrat, lemak, protein dan sejumlah zat gizi mikro seperti vitamin serta mineral. Akan tetapi, pada gula merah tebu ditemukan kandungan vitamin, mineral, dan polifenol lebih banyak dibandingkan dalam nira tebu [12,15–18]. Jumlah sukrosa di dalam gula merah tebu juga lebih sedikit dibandingkan nira tebu akibat proses pemanasan selama pembuatan gula merah tebu. Dengan demikian, sebagai salah satu produk olahan nira tebu, tidak menutup kemungkinan bahwa gula merah tebu pun memiliki potensi yang sama

dalam meningkatkan performa atlet. Komposisi karbohidrat dan beberapa polifenol memiliki potensi untuk meningkatkan jumlah serapan karbohidrat eksogen. Semakin banyak karbohidrat eksogen yang terserap, maka ketersediaan karbohidrat saat berolahraga akan semakin baik. Akan tetapi, perlu dilakukan uji terhadap efektivitas suplementasi gula merah tebu sebelum berolahraga, khususnya terkait dengan optimalisasi cadangan glikogen dan akumulasi laktat. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek gula merah tebu yang diberikan sebelum berolahraga terhadap kadar glikogen hati dan laktat darah pada hewan coba.

## **METODE PENELITIAN**

### ***Rancangan/Desain Penelitian***

Penelitian ini merupakan penelitian hewan coba dengan desain *Randomized with Control Trial* (RCT). Penelitian ini menggunakan objek penelitian tikus yang dibagi ke dalam 4 kelompok, yaitu 1 kelompok sedentair (tidak diberikan aktivitas renang) dan 3 kelompok aktif yang diberikan aktivitas renang. Terdapat 3 jenis suplementasi yang diberikan, antara lain gula merah tebu (Sedentair dan GMT), glukosa (Glu), dan akuades (Aqu). Penelitian ini dilakukan dalam 2 fase, yaitu fase adaptasi dan pengambilan data. Fase adaptasi dilakukan selama 5 hari, sementara fase pengambilan data berlangsung dalam 1 hari. Komisi Etik Penelitian Kesehatan Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro Semarang telah menelaah dan menyatakan kelaikan penelitian ini (No.126/EC.H/FK-UNDIP/XII/2020).

### ***Sumber Data***

Proses pemeliharaan tikus dilakukan di Laboratorium Hewan Coba Pusat Studi Pangan dan Gizi UGM. Di

dalam penelitian ini tikus diberikan 3 jenis suplementasi berdasarkan kelompok perlakuan, yaitu akuades, glukosa, dan gula merah tebu. Gula merah tebu tersebut dibuat dengan menggunakan metode tradisional oleh produsen rumah tangga di daerah Kudus, Jawa Tengah. Pemesanan gula dilakukan dalam periode produksi yang sama (April-Oktober). Sejak gula merah tebu diterima hingga hari pengambilan data, gula disimpan di dalam lemari pendingin dengan suhu  $\pm 5^{\circ}\text{C}$ .

Gula merah tebu diberikan 10 menit sebelum tikus berenang dalam bentuk cair dengan cara sonde. Dosis yang diberikan adalah 30% glukosa/sukrosa per 1 ml akuades/100 g berat badan tikus [19]. Karbohidrat merupakan zat gizi dominan yang ada di dalam gula merah tebu. Jenis karbohidrat yang mendominasi adalah jenis disakarida (sukrosa). Kandungan sukrosa di dalam gula merah tebu yang digunakan adalah sebesar 68,99%. Dengan demikian, dosis gula merah tebu yang diberikan adalah sebesar 0,44 g/100 g berat badan tikus.

### ***Sasaran Penelitian***

Penelitian ini melibatkan 36 ekor tikus jantan strain *Sprague dawley* berusia 8 minggu dengan berat 150-200 g. Adapun tikus yang sakit/mati dan mengalami penurunan berat badan sebesar 10% akan dikeluarkan dari penelitian. Tikus dibagi ke dalam 4 kelompok perlakuan; kontrol sedentair + gula merah tebu (Sedentair), gula merah tebu + renang (GMT), glukosa + renang (Glu), dan akuades + renang (Aqu). Aklimatisasi tikus berlangsung selama 48 jam di dalam kandang bersuhu 20-24°C dan pencahayaan 12 jam terang/12 jam gelap. Makanan dan minuman diberikan secara *ad libitum* berupa pakan standar AIN-93M. Pakan standar AIN-93 M didapatkan dari Laboratorium Hewan Coba Pusat Studi Antar Universitas (PAU) UGM. Pemberian pakan dilakukan setiap hari

dengan estimasi 10-12 ml minuman dan 20-25 g makanan per tikus. Tikus ditempatkan di dalam kandang kelompok berdasarkan pembagian perlakuan. Selama fase aklimatisasi hingga fase adaptasi, berat badan tikus akan terus dipantau.

Setelah fase aklimatisasi selesai, tikus akan melewati fase adaptasi yang berlangsung selama 5 hari dan dilanjutkan pengambilan data pada keesokan harinya [20]. Pada fase adaptasi tikus berenang di dalam kontainer dengan ketinggian air 50 cm dan suhu 33-36°C sampai tikus mencapai kondisi kelelahan. Sejak hari pertama hingga hari terakhir adaptasi, waktu paruh kelelahan tikus terus mengalami peningkatan dari 5 menit hingga 10 menit. Rerata waktu lelah dari seluruh kelompok tikus adalah 10 menit. Durasi tersebut kemudian digunakan sebagai tolak ukur durasi renang selama pengambilan data. Aktivitas renang selama 10 menit dinilai cukup untuk memicu metabolisme glikogen di dalam hati [21].

Pada hari pengambilan data, tikus direnangkan selama 10 menit dengan pemberian beban di bagian ekor sebanyak 6% dari berat badan tikus [22]. Pengambilan darah dilakukan sebanyak 2 kali (sebelum dan setelah renang), sementara jaringan hati diambil setelah tikus menyelesaikan renang.

### ***Pengembangan Instrumen dan Teknik Pengumpulan Data***

Terdapat dua parameter yang dianalisis di dalam penelitian ini, yaitu glikogen hati dan laktat darah. Data glikogen hati diambil sebanyak 1x di akhir fase pengambilan data setelah tikus berhasil menyelesaikan renang. Pembedahan jaringan hati dilakukan setelah proses eutanasia pada semua kelompok perlakuan. Eutanasia dilakukan dengan menggunakan teknik ketamin overdosis (Avma, 2000; Inglis 1980).

Persiapan sampel dimulai dengan menimbang dan melarutkan jaringan hati ke dalam PBS (*Phosphate-Buffered Saline*) dengan perbandingan 9 ml/g jaringan. Campuran tersebut kemudian disentrifugasi selama 5 menit pada kecepatan 5000xg hingga terbentuk *supernatant*. Pengukuran kadar glikogen hati dalam sampel dilakukan dengan metode Sandwich-ELISA, Wuhan Fine Biotech Co. Sampel terlebih dahulu dilarutkan dalam larutan *buffer* dengan perbandingan 1:2. Selanjutnya sampel diinkubasi selama 90 menit dalam suhu 37°C. Penambahan reagen (100 µl biotin, 100 µl HRP-*Streptavidin Conjugate* (SABC), 90 µl substrat TMB, dan 50 µl *stop solution*) dilakukan secara bertahap menyesuaikan prosedur pabrik. Konsentrasi glikogen hati dapat dilihat dari hasil pembacaan absorbansi warna kuning pada mesin ELISA. Pengambilan dan pengukuran kadar glikogen hati dilakukan di Laboratorium Pusat Studi Pangan dan Gizi Universitas Gadjah Mada (Laboratorium PSPG UGM).

Pengambilan darah dilakukan sebanyak 2x, yaitu sebelum suplementasi (*pre*) dan setelah tikus menyelesaikan renang (*post*). Darah diambil dari mata dan ujung ekor tikus. Darah dikumpulkan di dalam *serum separator tube* kemudian disimpan sepanjang malam pada suhu 4°C. Sampel lalu disentrifugasi selama 20 menit pada kecepatan 1000xg. Pengukuran kadar laktat darah dalam sampel dilakukan dengan metode ELISA dengan nomor seri RK00679. Sampel terlebih dahulu dilarutkan dalam larutan *buffer*. Penambahan reagen (50 µl biotin, 100 µl HRP-*Streptavidin Conjugate* (SABC), 90 µl substrat TMB, dan 50 µl *stop solution*) dilakukan secara bertahap menyesuaikan prosedur pabrik. Konsentrasi glikogen hati dapat dilihat dari hasil pembacaan absorbansi pada mesin ELISA dengan panjang gelombang 450 nm. Pengambilan dan pengukuran

kadar laktat darah dilakukan di Laboratorium Pusat Studi Pangan dan Gizi Universitas Gadjah Mada (Laboratorium PSPG UGM).

### **Teknik Analisis Data**

Pengukuran kadar glikogen di hati dan kadar laktat di dalam darah dinyatakan dalam bentuk rerata  $\pm$  SD per kelompok perlakuan. Perbedaan kadar glikogen hati dan perubahan laktat darah ( $\Delta$ Laktat) antar kelompok perlakuan dilihat dengan menggunakan uji Kruskal Wallis dan *post hoc* Mann Whitney. Perbedaan kadar laktat darah pre- dan post- pada masing-masing kelompok dianalisis menggunakan uji *Paired T-test*. Uji One Way Anova digunakan untuk melihat perbedaan kadar laktat darah *post* antar kelompok perlakuan. Signifikansi secara statistik ditentukan dengan nilai  $p < 0,05$  pada setiap hasil analisis statistik.

## **HASIL PENELITIAN**

### **Karakteristik Hewan Coba**

Tikus mengalami peningkatan berat badan yang signifikan selama fase adaptasi ( $p < 0,05$ ). Namun, peningkatan berat badan tersebut tidak berbeda secara signifikan antara kelompok satu dan yang lain ( $p = 0,973$ ) (Tabel 1). Peningkatan berat badan yang relatif sama antar kelompok perlakuan menunjukkan tidak adanya perbedaan perlakuan makan, minum, maupun aktivitas selama fase adaptasi berlangsung. Perbedaan data yang diperoleh dalam penelitian ini dipengaruhi oleh faktor lain selama intervensi berlangsung. Selain itu, kadar laktat darah sebelum intervensi antar kelompok juga homogen ( $p = 0,769$ ) (Tabel 3). Kadar laktat yang homogen menunjukkan kondisi tubuh tikus sebelum berolahraga relatif sama. Adapun peningkatan kadar laktat *post* di akhir

intervensi tidak dipengaruhi oleh kadar laktat *pre*.

### **Glikogen Hati**

Tabel 1. menunjukkan perbedaan yang signifikan pada kadar glikogen hati *post*-intervensi antar kelompok perlakuan ( $p = 0,000$ ). Aktivitas renang dan jenis suplementasi yang diberikan di dalam penelitian ini mampu mempengaruhi kadar glikogen hati *post*-intervensi. Pemberian gula merah tebu menghasilkan kadar glikogen hati *post*-intervensi yang lebih tinggi secara signifikan ( $p = 0,000$ ). Meskipun demikian, aktivitas renang pada tikus menghasilkan kadar glikogen hati *post*-intervensi yang lebih rendah (GMT vs Sedentair;  $5,56 \pm 0,33$  mg/g vs  $9,06 \pm 0,56$  mg/g) ( $p = 0,000$ ). Begitu pula dengan kelompok Glu dan Aqu yang lebih rendah signifikan dibandingkan Sedentair ( $p = 0,000$  dan  $p = 0,000$ ).

Pada kelompok tikus yang diberikan aktivitas renang, kelompok GMT memiliki kadar glikogen hati *post*-intervensi yang lebih tinggi ( $p = 0,000$ ). Disisi lain, kelompok Aqu ( $1,49 \pm 0,33$  mg/g) dan Glu ( $2,79 \pm 0,20$  mg/g) memiliki kadar glikogen paling rendah dan keduanya tidak berbeda signifikan satu sama lain ( $p = 0,005$ ).

### **Laktat Darah**

Kadar laktat *pre* antar kelompok relatif sama pada angka 2,46-2,51 mg/dl ( $p < 0,05$ ). Tidak adanya perbedaan kadar laktat *pre* menunjukkan homogenitas data sebelum intervensi. Pada kelompok yang diberikan aktivitas renang, terjadi peningkatan kadar laktat secara signifikan ( $p = 0,000$ ). Sementara, penurunan terjadi pada kelompok sedentair yang tidak diberikan aktivitas renang ( $-0,26 \pm 0,47$  mg/dl) ( $p = 0,001$ ).

Diantara kelompok tikus yang diberikan aktivitas renang, kelompok GMT menunjukkan peningkatan kadar laktat yang paling rendah



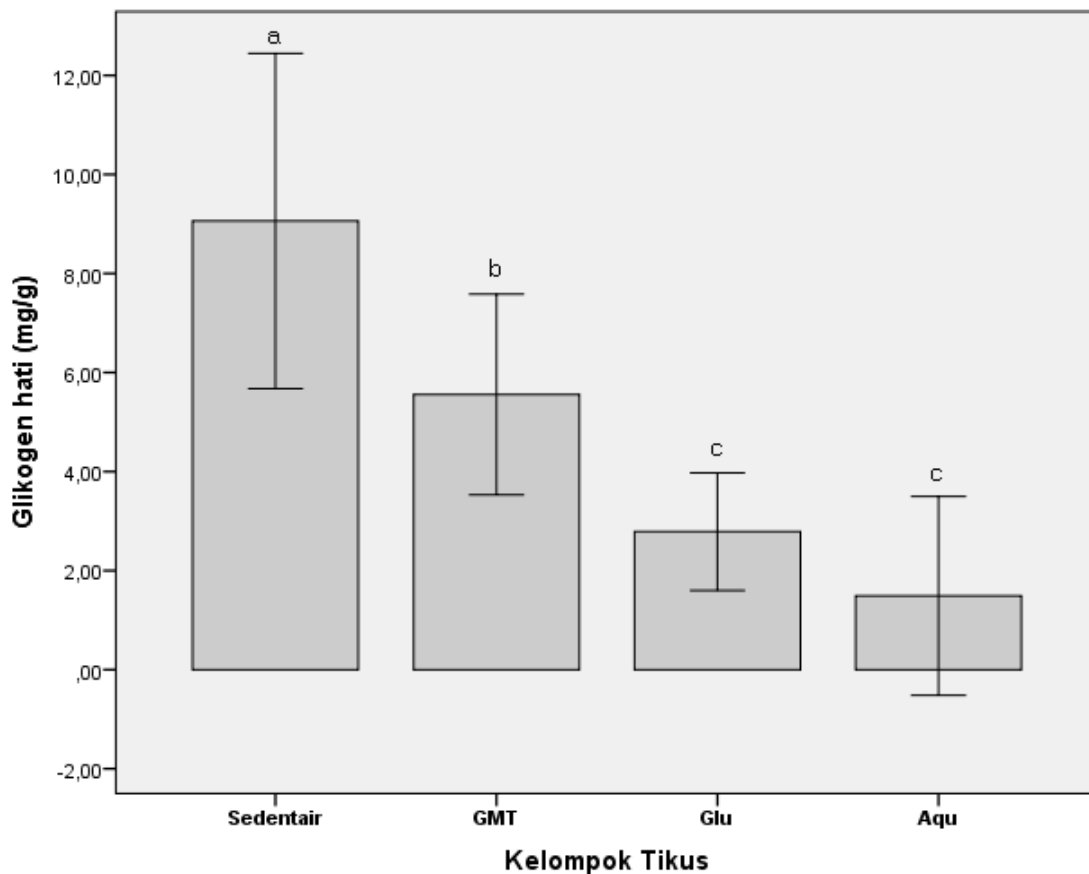
(+57,2%)( $p=0,000$ ). Angka tersebut 2,26x lebih rendah dibandingkan kelompok Glu yang diberi glukosa. Sementara itu, peningkatan laktat tertinggi ditemukan

pada kelompok Aqu dengan nilai laktat-*post* lebih tinggi 217,48% dari laktat-*pre* ( $+5,35 \pm 0,20$  mg/dl).

**Tabel 1. Berat Badan, Glikogen Hati, dan Laktat Darah Tikus**

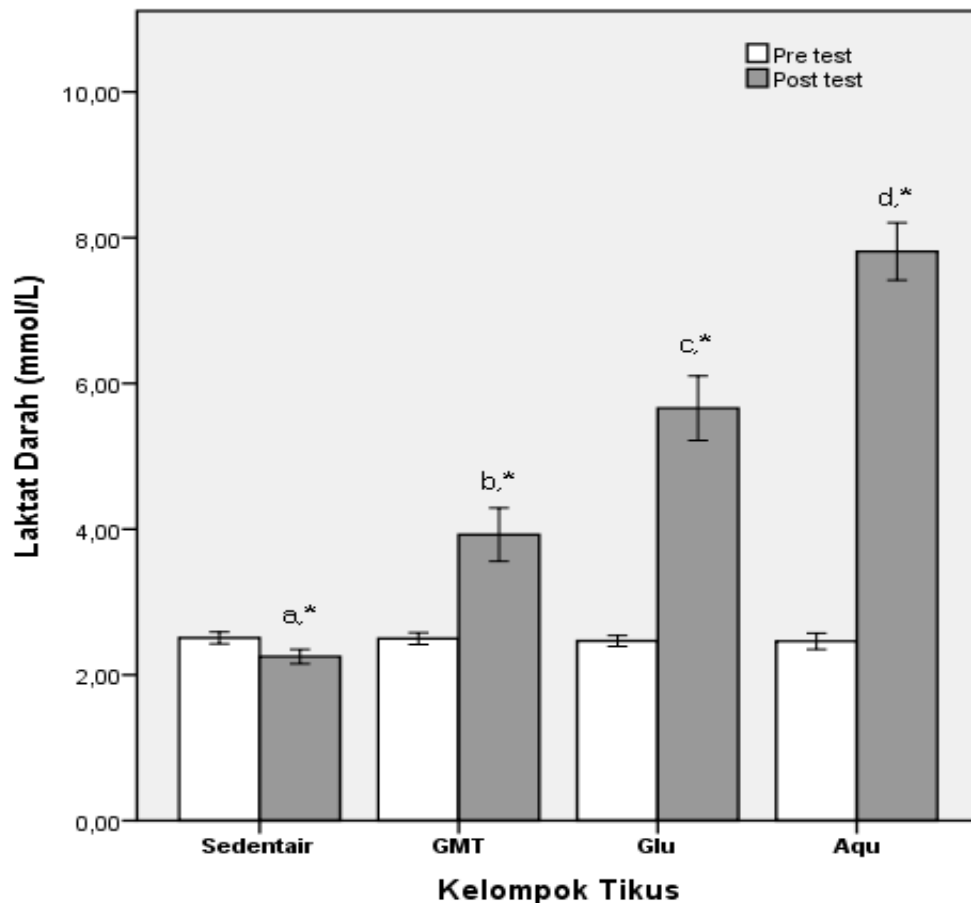
	Sedentair	GMT	Glukosa	Akuades
Berat badan- <i>pre</i> (g)	179,33 $\pm$ 1,87	177,00 $\pm$ 1,26	177,78 $\pm$ 1,74	177,89 $\pm$ 1,12
Berat badan- <i>post</i> (g)	191,44 $\pm$ 1,83*	189,22 $\pm$ 1,28*	190,00 $\pm$ 1,71*	190,22 $\pm$ 1,14*
Glikogen hati- <i>post</i> (mg/g)	9,06 $\pm$ 0,56 <sup>a</sup>	5,56 $\pm$ 0,33 <sup>b</sup>	2,79 $\pm$ 0,20 <sup>c</sup>	1,49 $\pm$ 0,33 <sup>c</sup>
Laktat darah- <i>pre</i> (mmol/L)	2,51 $\pm$ 0,04	2,50 $\pm$ 0,04	2,47 $\pm$ 0,03	2,46 $\pm$ 0,05
Laktat darah- <i>post</i> (mmol/L)	2,25 $\pm$ 0,04 <sup>a,*</sup>	3,92 $\pm$ 0,16 <sup>b,*</sup>	5,66 $\pm$ 0,19 <sup>c,*</sup>	7,81 $\pm$ 0,17 <sup>d,*</sup>

Data ditampilkan dalam bentuk rerata  $\pm$  sd; Berat badan tikus sebelum dan setelah fase adaptasi renang, serta konsentrasi glikogen hati-*post* dan laktat darah-*pre*,*-post* renang selama 10 menit yang disertai pemberian suplementasi gula merah tebu/glukosa/akuades. \*menunjukkan perbedaan signifikan dengan nilai-*pre*,  $p<0,05$ ; <sup>a-d</sup> nilai yang berbeda signifikan antar kelompok dengan notasi huruf berbeda,  $p<0,001$ .



**Gambar 1. Kadar Glikogen Hati-*post* Renang.**

<sup>a-d</sup> nilai yang berbeda signifikan antar kelompok dengan notasi huruf berbeda,  $p<0,001$ .



**Gambar 2. Kadar Laktat Darah antar Kelompok Perlakuan.**

\*menunjukkan perbedaan signifikan dengan nilai-*pre*,  $p < 0,05$ ; <sup>a-d</sup> nilai yang berbeda signifikan antar kelompok dengan notasi huruf berbeda,  $p < 0,001$

## PEMBAHASAN

### *Glikogen Hati*

Setelah tikus berhasil melakukan renang selama 10 menit, kadar glikogen hati *-post* intervensi tertinggi ditemukan pada pemberian gula merah tebu. Apabila dibandingkan dengan kelompok sedentair, kadar glikogen kelompok GMT lebih rendah 3,5 mg/g. Hal ini dapat menjadi tolak ukur adanya aktivitas pemecahan glikogen hati yang terjadi selama tikus berenang. Berkaitan dengan hal tersebut, ada kemungkinan bahwa deplesi glikogen hati juga terjadi pada kelompok glukosa dan akuades. Kadar glikogen hati-*post* intervensi kelompok Glu dan Aqu tidak berbeda satu sama lain dengan nilai  $< 5$  mg/g atau setara dengan glikogen tikus puasa [23]. Hasil ini memperkuat dugaan

pemecahan glikogen hati yang terjadi secara masif di kelompok Glu dan Aqu.

Tingginya glikogen hati-*post* intervensi pada kelompok GMT dapat dipengaruhi oleh laju oksidasi glikogen hati dan ketersediaan sumber energi lainnya, seperti asupan karbohidrat. Pemberian karbohidrat eksogen dapat meningkatkan konsentrasi glukosa dan insulin di dalam darah [24] serta memaksimalkan cadangan glikogen otot *sparing* [25] selama berolahraga. Sehingga dominansi substrat energi akan beralih dari oksidasi glikogen hati ke hasil oksidasi karbohidrat eksogen [26,27]. Beberapa penelitian menunjukkan penurunan oksidasi glikogen hati yang disertai dengan peningkatan oksidasi karbohidrat eksogen pada kelompok yang

diberikan suplementasi karbohidrat sebelum berolahraga [28–30]. Akan tetapi, jika dilihat dari kadar glikogen hati *post-intervensi* (Gambar 1) timbul asumsi aktivitas oksidasi glikogen (glikogenolisis) yang berbeda pada gula merah tebu dan glukosa.

Metabolisme glikogenolisis berhubungan erat dengan kadar glukosa darah. Pemberian asupan karbohidrat akan meningkatkan kadar glukosa darah dan menurunkan aktivitas glikogenolisis. Baik glukosa maupun gula merah tebu, keduanya mampu meningkatkan kadar glukosa darah. Akan tetapi, pemberian glukosa mampu meningkatkan kadar glukosa darah yang lebih tinggi dibandingkan gula merah tebu [31]. Meskipun kadar glukosa darah kelompok GMT memiliki peningkatan yang lebih sedikit, namun jumlah glikogen hati *post-intervensinya* tetap lebih tinggi. Hal ini dapat dipengaruhi oleh peran kandungan >1 jenis karbohidrat (*multiple carbohydrate*) dan polifenol yang terkandung di dalam gula merah tebu. Keberagaman jumlah karbohidrat dapat meningkatkan jumlah serapan karbohidrat lebih dari glukosa [26], sementara sifat diabetik dari polifenol dapat memperlambat proses penyerapan karbohidrat [32,33]. Sehingga dengan kondisi tersebut ada kemungkinan kadar glukosa darah pada kelompok GMT tetap mengalami peningkatan secara perlahan. Hasil penelitian Iqbal *et al.* (2020) dan Pathirana *et al.* (2021) juga mendukung pendapat ini. Pemberian gula merah tebu menghasilkan laju peningkatan glukosa darah yang lebih lambat dengan kadar yang lebih rendah dibandingkan glukosa dan gula kelapa (gula jawa) [34,35]. Sifat yang demikian dapat menjaga kadar glukosa darah hingga di akhir aktivitas renang.

Kandungan *multiple carbohydrate* di dalam gula merah tebu juga memiliki kelebihan dalam meningkatkan laju

oksidasi karbohidrat eksogen dari 1.0-1.1 g/menit menjadi 1,6-1,8 g/menit [7,30,36,37]. Sehingga dapat mengoptimalkan penggunaan karbohidrat eksogen sebagai substrat energi dan mencegah deplesi glikogen hati [7,25,36,38]. Efek suplementasi dengan kandungan sukrosa/fruktosa terhadap penurunan aktivitas glikogenolisis maupun glukoneogenesis juga telah dibuktikan oleh Gonzalez *et al.* (2017) dan King *et al.* (2018). Di dalam reviewnya, Baur dan Saunders (2021) juga menyebutkan potensi sukrosa/fruktosa di dalam produk suplementasi yang mampu meningkatkan oksidasi dan penyerapan karbohidrat eksogen [37]. Sehingga tidak menutup kemungkinan bahwa kandungan *multiple carbohydrate* dalam gula merah tebu pun juga dapat memberikan manfaat yang sama. Adapun pada kelompok yang diberikan glukosa, peningkatan glukosa darah tidak diimbangi dengan laju oksidasi karbohidrat. Sehingga efisiensi penggunaan karbohidrat eksogen (glukosa) tidak berlangsung optimal dan tetap membutuhkan pemecahan glikogen hati. Hasil analisis di dalam penelitian ini akan lebih kuat apabila disertai dengan pengamatan perubahan glikogen secara gradual, sehingga mampu mengestimasi proses oksidasi glikogen selama berolahraga. Selain itu, dengan laju penyerapan karbohidrat yang berjalan lambat, maka kadar glukosa darah dapat tetap terjaga kestabilannya meskipun pada jenis olahraga berdurasi lama. Oleh karena itu, penelitian lanjutan dapat mempertimbangkan penggunaan durasi olahraga yang lebih lama disertai pengamatan kadar glikogen hati secara gradual.

### **Laktat Darah**

Pemberian gula merah tebu memberikan efek pada peningkatan laktat darah yang lebih rendah selama tikus berenang (57,2% dari kadar awal). Jumlah



ini jauh lebih rendah 2-3,8x lipat dari kadar laktat darah Glu dan Aqu.

Peningkatan laktat darah selama berolahraga dapat diakibatkan oleh peningkatan aktivitas glikolisis dan glikogenolisis di dalam jaringan. Semakin banyak jumlah glikogen yang terpecah, maka akan semakin banyak jumlah laktat yang diproduksi. Disinilah peran karbohidrat eksogen dibutuhkan. Asupan karbohidrat mampu membantu mengimbangi produksi laktat dengan cara mempengaruhi aktivitas *lactate turnover* dan meningkatkan *efflux* laktat keluar jaringan, sehingga mengurangi akumulasi laktat di dalam darah [39,40]. Pengaruh suplementasi karbohidrat terhadap laktat darah juga ditunjukkan di dalam penelitian sebelumnya [41–43]. Dapat dikatakan bahwa pemberian glukosa maupun gula merah tebu memiliki potensi terhadap mekanisme laktat *turnover* di dalam tubuh. Namun, gula merah tebu mampu menghasilkan peningkatan laktat darah yang lebih rendah dari glukosa. Hal ini secara tidak langsung menunjukkan aktivitas *lactate turnover* yang lebih dominan pada gula merah tebu.

Laktat darah pada kelompok GMT dipengaruhi oleh kandungan sukrosa sebagai *multiple carbohydrate* di dalam gula merah tebu. Kandungan sukrosa di dalam gula merah tebu dapat meningkatkan produksi laktat di dalam hati melalui metabolisme fruktolisis [42]. Sehingga produksi laktat pada kelompok GMT dapat disebabkan oleh metabolisme glikolisis/glikogenolisis maupun fruktolisis di dalam hati. Laktat yang diproduksi di dalam hati akan dikeluarkan ke dalam sirkulasi untuk dioksidasi menjadi energi di dalam otot [9,44], sementara laktat dari otot akan masuk melalui jalur Cori atau *lactate shuttle* [11] dan dioksidasi di dalam hati/jaringan lain. Jumlah laktat yang dioksidasi menjadi energi maupun diubah menjadi glukosa (glukoneogenesis) hingga saat ini belum

dapat dipastikan. Namun, di dalam reviewnya Rosset menyebutkan bahwa kandungan sukrosa/fruktosa dapat meningkatkan aktivitas laktat *turnover* sampai dengan 30% lebih dari glukosa [44]. Penelitian yang dilakukan dengan membandingkan glukosa, fruktosa, dan air biasa juga membenarkan hal ini [42]. Dibandingkan pemberian glukosa tunggal, kandungan sukrosa di dalam gula merah tebu dapat meningkatkan laju oksidasi laktat dengan lebih baik. Semakin tinggi aktivitas oksidasi laktat, maka kadar laktat di dalam jaringan pun akan semakin rendah.

Potensi gula merah tebu pada recovery atlet setelah berolahraga juga sedikit tergambar dari penurunan laktat sebesar  $\pm 0,26$  mmol/L pada kelompok kontrol sedentair meskipun tidak diberikan aktivitas apapun. Pada penelitian lain dengan intervensi serupa dan menggunakan glukosa:fruktosa murni, terjadi peningkatan laktat darah pada tikus [42]. Perbedaan ini dapat dipengaruhi oleh banyak faktor, antara lain (1) laju penyerapan gula merah tebu yang berlangsung lambat sehingga tidak serta merta langsung meningkatkan aktivitas fruktolisis; (2) laju pengembalian cadangan glikogen/*glycogen repletion* yang menjadi lebih cepat (7,4 g/jam) [10,40,45] sehingga jumlah glikogen yang berhasil terbentuk akan meningkat sejalan dengan aktivitas *lactate removal*. Dengan demikian gula merah tebu dapat memiliki potensi ganda, baik itu sebagai produk suplementasi *pre-exercise* maupun *recovery*.

## SIMPULAN

Pemberian gula merah tebu sebelum berolahraga menghasilkan kadar glikogen hati *post-intervensi* yang lebih tinggi dibandingkan glukosa maupun akuades. Tingginya kadar glikogen hati pada kelompok GMT dapat dipengaruhi oleh kandungan *multiple carbohydrate* di

dalam GMT yang dapat membantu meningkatkan laju oksidasi karbohidrat eksogen, meskipun dibatasi oleh laju penyerapan karbohidrat yang berjalan lambat. Selain itu, komponen *multiple carbohydrate* di dalam gula merah tebu juga berpotensi membantu meningkatkan *lactate turnover* dan mengurangi akumulasi laktat di dalam jaringan.

Pengujian pada manusia dapat dilakukan dengan pemberian gula merah tebu sebagai produk penunjang (*pre exercise*) atau *recovery* berolahraga. Pengembangan penelitian dapat dilakukan dengan melakukan pengamatan lebih lanjut pada aktivitas oksidasi substrat energi di tingkat jaringan terhadap pemberian gula merah tebu, maupun pengamatan metabolit lainnya secara gradual.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Rothschild JA, Kilding AE, Plews DJ. What Should I Eat before Exercise? Pre-Exercise Nutrition and the Response to Endurance Exercise: Current Prospective and Future Directions. *Nutrients*. 2020;12(3473):1–23.
- Lieberman M, Peet A. Marks' Basic Medical Biochemistry: A clinical Approach. 5th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2018. 1–2327 p.
- Gonzalez JT, Fuchs CJ, Betts JA, Loon LJC Van. Liver glycogen metabolism during and after prolonged endurance-type exercise. *American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism*. 2016;311:543–53.
- Ørtenblad N, Westerblad H, Nielsen J. Muscle glycogen stores and fatigue. *Journal of Physiology*. 2013;591(18):4405–13.
- Ferreira GA, Felipe LC, Silva RLS, Bertuzzi R, De Oliveira FR, Pires FO, et al. Effect of pre-exercise carbohydrate availability on fat oxidation and energy expenditure after a high-intensity exercise. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*. 2018;51(5):1–8.
- Khong TK, Selvanayagam VS, Hamzah SH, Yusof A. Effect of quantity and quality of pre-exercise carbohydrate meals on central fatigue. *Journal of Applied Physiology*. 2018;125(4):1021–9.
- Rowlands DS, Houltham S, Musa-Veloso K, Brown F, Paulionis L, Bailey D. Fructose–Glucose Composite Carbohydrates and Endurance Performance: Critical Review and Future Perspectives. *Sports Medicine* [Internet]. 2015;45(11):1561–76. Available from: <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0381-0>
- Aznar S, González-gross M, Group S. Biomarkers of physical activity and exercise. *Nutricion Hospitalaria*. 2015;31:237–44.
- Rosset R, Egli L, Lecoultré V. Glucose – fructose ingestion and exercise performance: The gastrointestinal tract and beyond. *European Journal of Sport Science*. 2017;1–12.
- Fuchs CJ, Gonzalez JT, van Loon LJC. Fructose co-ingestion to increase carbohydrate availability in athletes. *Journal of Physiology*. 2019;597(14):3549–60.
- Brooks GA. The Science and Translation of Lactate Shuttle Theory. *Cell Metabolism* [Internet]. 2018;27(4):757–85. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2018.03.008>
- Singh A, Lal UR, Mukhtar HM, Singh PS, Shah G. Phytochemical profile of sugarcane and its potential health aspects. *Pharmacology Reviews*. 2015;9(17).
- Arif S, Batool A, Nazir W, Khan RS, Khalid N. Physicochemical Characteristics Nutritional Properties and Health Benefits of Sugarcane Juice [Internet]. *Non-Alcoholic Beverages*. Elsevier Inc.; 2019. 227–257 p. Available from: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815270-6.00008-6>
- Kalpana K, Rishi Lal P, Lakshmi Kusuma D, Lal Khanna G. The effects of ingestion of sugarcane juice and

- commercial sports drinks on cycling performance of athletes in comparison to plain water. *Asian Journal of Sports Medicine*. 2013;4(3):181–9.
15. Eggleston G. Positive Aspects of Cane Sugar and Sugar Cane Derived Products in Food and Nutrition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2018;66(16):4007–12.
  16. Wan J, Qin Z, Wang P, Sun Y, Liu X. Muscle fatigue : general understanding and treatment. *Experimental & Molecular Medicine* [Internet]. 2017;49(10):1–11. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/emm.2017.194>
  17. Singh J. Manufacturing Jaggery, a Product of Sugarcane, As Health Food. *Agrotechnology*. 2013;01(S11):10–2.
  18. Azlan A, Khoo HE, Sajak AAB, Aizan Abdul Kadir NA, Yusof BNM, Mahmood Z, et al. Antioxidant activity, nutritional and physicochemical characteristics, and toxicity of minimally refined brown sugar and other sugars. *Food Science and Nutrition*. 2020;8(9):5048–62.
  19. Morifuji M, Kanda A, Koga J, Kawanaka K, Higuchi M. Preexercise ingestion of carbohydrate plus whey protein hydrolysates attenuates skeletal muscle glycogen depletion during exercise in rats. *Nutrition* [Internet]. 2011;27(7–8):833–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nut.2010.08.021>
  20. Sampaio-Barros MM, Farias-Silva E, Grassi-Kassisse DM, Spadari-Bratfisch RC. Effect of swimming session duration and repetition on metabolic markers in rats. *Stress*. 2003;6(2):127–32.
  21. Kokubun E, Hirabara SM, Fiamoncini J, Curi R, Haebisch H. Changes of glycogen content in liver, skeletal muscle, and heart from fasted rats. *Cell Biochemistry and Function*. 2009;27(7):488–95.
  22. Gobatto CA, De Mello MAR, Sibuya CY, De Azevedo JRM, Dos Santos LA, Kokubun E. Maximal lactate steady state in rats submitted to swimming exercise. *Comparative Biochemistry and Physiology - A Molecular and Integrative Physiology*. 2001;130(1):21–7.
  23. Leander P, Månsson S, Pettersson G. Glycogen Content in Rat Liver. *Acta Radiologica* [Internet]. 2000;41(1):92–6. Available from: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1034/j.1600-0455.2000.041001092.x/abstract%5Cnhttp://onlinelibrary.wiley.com/store/10.1034/j.1600-0455.2000.041001092.x/asset/j.1600-0455.2000.041001092.x.pdf?v=1&t=i2ftbcm2&s=3fd679c1cc8258556fed5b9c3ec642a203e32e5c>
  24. Aird TP, Davies RW, Carson BP. Effects of fasted vs fed-state exercise on performance and post-exercise metabolism: A systematic review and meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. 2018;28(5):1476–93.
  25. Ormsbee MJ, Bach CW, Baur DA. Pre-exercise nutrition: The role of macronutrients, modified starches and supplements on metabolism and endurance performance. *Nutrients*. 2014;6(5):1782–808.
  26. Wilson PB. Multiple Transportable Carbohydrate During Exercise : Current Limitations and Directions for Future Research. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2015;29(7):2056–70.
  27. Murray B, Rosenbloom C. Fundamentals of glycogen metabolism for coaches and athletes. *Nutrition Reviews*. 2018;76(4):243–59.
  28. Edinburgh RM, Koumanov F, Gonzalez JT. Impact of pre-exercise feeding status on metabolic adaptations to endurance-type exercise training. *Journal of Physiology*. 2021;1–12.
  29. King AJ, Hara JPO, Arjomandkhah NC, Rowe J, Morrison DJ, Preston T, et al. Liver and muscle glycogen oxidation and performance with dose variation of glucose – fructose ingestion during prolonged ( 3 h ) exercise. *European Journal of Applied*

- Physiology [Internet]. 2019;119(5):1157–69. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-019-04106-9>
30. King AJ, Hara JPO, Morrison DJ, Preston T, King RFGJ. Carbohydrate dose influences liver and muscle glycogen oxidation and performance during prolonged exercise. *Physiological Reports*. 2018;6(1):1–17.
  31. Solichah KM. Pengaruh Suplementasi Gula Merah Tebu terhadap Kadar Glukosa Darah dan Glikogen Otot Tikus Sprague Dawley dengan Perlakuan Olahraga Renang. Universitas Diponegoro; 2021.
  32. Ji J, Yang X, Flavel M, Shields ZP, Kitchen B. Antioxidant and Anti-Diabetic Functions of a Polyphenol-Rich Sugarcane Extract. *Journal of the American College of Nutrition* [Internet]. 2019;0(0):1–11. Available from: <https://doi.org/10.1080/07315724.2019.1587323>
  33. Ali SE, Gedaily RA El, Mocan A, Farag MA, El-seedi HR. Sugarcane ( *Saccharum officinarum* Linn .) Juice and Its Product Molasses via a Multiplex Metabolomics Approach. *Molecules*. 2019;24(934):1–21.
  34. Hewa Pathirana HPDT, Wijesekara I, Yalgama LLWC, Jayasinghe MA, Waidyaratne KP. Glycemic Responses by Coconut (*Cocos nucifera*) Jaggery and Cane Sugar (*Saccharum officinarum*): A Comparative Study. *Asian Food Science Journal*. 2021;20(12):41–8.
  35. Iqbal Amir, Kamran H, Khalid S, Jabeen S, Aslam M. Glycemic Response of Natural Sweeteners like Sugarcane Juice, Honey and Jaggery in Healthy Individuals. *EAS Journal of Humanities and Cultural Studies*. 2020;2(5):278–81.
  36. Trommelen J, Fuchs CJ, Beelen M, Lenaerts K, Jeukendrup AE, Cermak NM, et al. Fructose and sucrose intake increase exogenous carbohydrate oxidation during exercise. *Nutrients*. 2017;9(2):1–12.
  37. Baur DA, Saunders MJ. Carbohydrate supplementation : a critical review of recent innovations. *European Journal of Applied Physiology* [Internet]. 2021;121(1):23–66. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00421-020-04534-y>
  38. Wallis GA, Wittekind A. Is there a specific role for sucrose in sports and exercise performance? *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 2013;23(6):571–83.
  39. Hall MM, Rajasekaran S, Thomsen TW, Peterson AR. Lactate: Friend or Foe. PM and R [Internet]. 2016;8(3):S8–15. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pmrj.2015.10.018>
  40. Ferguson BS, Rogatzki MJ, Goodwin ML, Kane DA, Rightmire Z, Gladden LB. Lactate metabolism: historical context, prior misinterpretations, and current understanding [Internet]. Vol. 118, *European Journal of Applied Physiology*. Springer Berlin Heidelberg; 2018. 691–728 p. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-017-3795-6>
  41. Khanna GL, Manna I. Supplementary effect of carbohydrate-electrolyte drink on sports performance, lactate removal & cardiovascular response of athletes. *Indian Journal of Medical Research*. 2005;121(5):665–9.
  42. Rosset R, Lecoultre V, Egli L, Cros J, Rey V, Stefanoni N, et al. Endurance training with or without Glucose-Fructose ingestion: Effects on lactate metabolism assessed in a randomized clinical trial on sedentary men. *Nutrients*. 2017;9(4):1–15.
  43. Hu JR, Wu Y, Sacks FM, Appel LJ, Miller ER, Young JH, et al. Effects of carbohydrate quality and amount on plasma lactate: Results from the OmniCarb trial. *BMJ Open Diabetes Research and Care*. 2020;8(1):1–7.
  44. Tappy L, Rosset R. Fructose Metabolism from a Functional Perspective : Implications for Athletes. *Sports Medicine*. 2017;47(s1):23–32.

45. Kitaoka Y, Endo Y, Mukai K, Aida H, Hiraga A, Hatta H. Muscle glycogen breakdown and lactate metabolism during intensive exercise in Thoroughbred horses. *The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*. 2014;3(4):451–6.