

EFEKTIVITAS JUS TOMAT DALAM MENGURANGI KELELAHAN PASCA OLAHRAGA - MINI REVIEW

Nina Herlina
Universitas Pakuan
Jl. Pakuan No. 452, Tegallega, Bogor Tengah, Bogor, Jawa Barat 16143
Email: nina.herlina@unpak.ac.id

Diterima : 8 Oktober 2018

Direvisi : 21 November 2018

Disetujui : 11 Desember 2018

ABSTRAK

Olahraga teratur adalah cara yang baik untuk menjadikan tubuh agar tetap sehat dan bugar. Banyak penelitian yang menunjukkan bahwa olahraga secara konsisten dapat meningkatkan fungsi fisik dan mengurangi risiko terkena berbagai jenis penyakit. Akan tetapi, sebagian besar orang tidak menjadikan olahraga sebagai suatu kebiasaan. Alasan terbesar tampaknya adalah ketidaknyamanan otot dan kelelahan yang dirasakan selama latihan serta nyeri pasca-olahraga. Jika kelelahan otot bisa berkurang, diharapkan akan lebih banyak orang akan berkomitmen untuk mengikuti program latihan secara teratur. Tomat (*Solanum lycopersicum*) adalah salah satu sayuran yang paling banyak dikonsumsi di dunia dan mengandung banyak komponen bermanfaat, termasuk gula, asam amino, mineral, vitamin, karotenoid seperti likopen, flavonoid, dan asam hidroksinamat. Beberapa penelitian telah membuktikan kemampuan tomat untuk mengurangi efek kelelahan pasca latihan fisik baik pada hewan percobaan maupun pada manusia. Tujuan dari penelitian ini untuk mengulas literatur mengenai kandungan kimia, dan efektivitas tomat dalam mengurangi kelelahan pasca olahraga melalui. Ulasan ini diharapkan bisa memberikan bibliografi yang berguna untuk penyelidikan lebih lanjut, produksi maupun aplikasi tomat sebagai suplemen makanan saat olahraga.

Kata Kunci: Tomat, likopen, anti lelah, olahraga

EFFECTIVITY OF TOMATO JUICE REDUCES FATIGUE AFTER EXERCISE – MINI REVIEW

ABSTRACT

Regular exercise is a great way to keep body healthy and fit. Research indicates consistent workouts improve physical function and decrease the risk of various types of disease. However, many people struggle to make exercise be a habit, in part because of the associated muscle discomfort and fatigue post-exercise. If muscle fatigue can be reduced, it could encourage more individuals to incorporate a regular exercise regimen into their daily routine. Tomato (*Solanum lycopersicum*) is one of the most widely consumed vegetables worldwide and contains many beneficial components, including sugars, amino acids, minerals, vitamins, carotenoid like lycopene, flavonoid and hydroxynamic acid. The purpose of this study was to review the literature on chemical content, and tomato activity in overcoming the effects of post-exercise fatigue through several mechanisms. This review is expected to provide a useful bibliography for further investigation, production and application of tomatoes as a food supplement during exercise.

Keywords: Tomatoes, lycopene, anti-fatigue, exercise

PENDAHULUAN

Olahraga teratur diketahui dapat membantu melindungi dan meringankan hipertensi, stroke, penyakit kardiovaskular, diabetes, hiperlipidemia, dan kanker. Namun, olahraga berat menyebabkan peningkatan produksi radikal bebas, lipid peroksida, dan asam laktat, yang dapat merusak jaringan otot, kerusakan oksidatif makromolekul, disfungsi kekebalan tubuh, kerusakan otot dan kelelahan (Samaras *et al.*, 2014). Badan Kesehatan Dunia (WHO) merekomendasikan minimal olahraga selama 150 menit per minggu (seperti jalan cepat dan berenang) atau olahraga aerobik dengan intensitas tinggi, misalnya berlari, selama 75 menit per minggu (WHO, 2010). Sayangnya, hasil Susenas MBPS tahun 2012 partisipasi masyarakat Indonesia dalam berolahraga masih rendah, ada sekitar 25% penduduk diatas 10 tahun yang berpartisipasi aktif olahraga (Kementrian Kepemudaan dan Keolahragaan, 2014). Salah satu alasan untuk tingkat rendah ini adalah persepsi negatif tentang olahraga sebagai aktivitas yang melelahkan.

Kelelahan adalah menurunnya kualitas dan kuantitas kerja atau olahraga yang disebabkan akibat dari melakukan kerja atau olahraga tertentu. Hal ini disebabkan oleh intensitas dan durasi kerja atau olahraga. Kondisi ini secara subjektif dirasakan sebagai kelelahan (Giriwijoyo dan Sidik, 2012). Kelelahan yang terlalu cepat datang menghambat kemauan dan kemampuan gerak, menghambat kegairahan hidup dan menyebabkan peningkatan risiko cedera. Jika rasa lelah ini dapat berkurang, kemungkinan partisipasi masyarakat untuk berolahraga akan meningkat.

Untuk meningkatkan performa olahraga biasanya olahragawan diberi minuman suplemen yang kaya akan karbohidrat, kreatin dan protein aminoacid. Akan tetapi hasil yang diperoleh tidak konsisten (Samaras *et al.*, 2014). Baru-baru ini mulai populer pemberian suplemen jus

tomat sebelum olahraga yang diklaim sebagai sumber likopen. Hasil studi melaporkan bahwa konsumsi jus tomat telah terbukti efektif untuk mengurangi kelelahan akibat olahraga (Mukuta, 2016) dengan menurunkan kreatinin fosfokinase (CPK) dan laktat dehidrogenase (LDH) yang merupakan *marker* penting dari berbagai gangguan miokard dan kerusakan otot akibat latihan (Tsitsimpikou *et al.*, 2013). Perbaikan biomarker tersebut menunjukkan bahwa suplementasi dengan jus tomat dapat memiliki efek menurunkan kelelahan setelah olahraga. Tujuan dari tinjauan pustaka ini untuk mengulas efek suplementasi jus tomat terhadap efek anti kelelahan melalui berbagai mekanisme.

Kelelahan

Kelelahan adalah fenomena metabolik kompleks yang bersifat subyektif antar individu. Selama kelelahan, tubuh menghadapi kesulitan dalam memulai atau mempertahankan kegiatan secara sadar. Hal ini menginduksi perubahan dalam kinerja, yang menyebabkan penurunan kekuatan dan ketahanan fisik tubuh, efisiensi, performa kerja dan berkurangnya fungsi fisik serta fungsi mental. Kelelahan mempengaruhi lebih dari 20% orang di seluruh dunia yang biasanya berhubungan dengan kelelahan fisik dan/atau psikologis. Kelelahan fisik, mengacu pada kinerja sistem motorik (Gruet *et al.*, 2013) sedangkan kelelahan psikologis, mengacu pada aspek kognitif atau motivasi.

Olahraga teratur membantu tubuh berfungsi lebih baik, tetapi olahraga dengan intensitas tinggi atau berat dapat menyebabkan ketidakseimbangan antara sistem oksidasi dan antioksidan tubuh; sehingga tubuh memproduksi kembali ROS dan malondialdehid (MDA) yang bertanggung jawab terhadap gejala kelelahan. Pembentukan ROS yang meningkat selama latihan sebagai akibat dari peningkatan konsumsi oksigen

mitokondria dan fluks transpor elektron, yang memicu peroksidasi lipid. Overproduksi ROS dan nitrogen selama aktivitas fisik dan latihan menginduksi stress oksidatif (Yavari *et al.*, 2015). Kondisi buruk ini dapat menyebabkan kerusakan sel dan jaringan komponen, dan terlibat dalam berbagai keadaan fisiopatologis, termasuk penuaan, olahraga, inflamasi, penyakit kardiovaskular dan neurodegeneratif, dan kanker (Pingitore *et al.*, 2015).

Pemulihan kelelahan dilakukan dengan mengembalikan kondisi homeostasis kepada kondisinya yang normal. Pemulihan dapat terjadi secara spontan, akan tetapi dapat pula dipercepat melalui upaya rekayasa. Pembentukan glutathione yakni antioksidan biologi alami, dapat membasmi radikal bebas dan menghentikan reaksi berantai pembentukan radikal bebas dalam sel, sehingga jumlah radikal bebas melampaui kapasitas pertahanan antioksidan sel untuk memperkuat pertahanan tubuh dalam membasmi radikal bebas, banyak orang mengonsumsi antioksidan seperti vitamin C, vitamin E, betakaroten dan selenium yang bekerja membersihkan radikal bebas dengan mekanisme yang sama dengan glutathione (Bennet dan Bealer, 2002).

Kandungan Kimia Tomat

Ada berbagai jenis tomat yang dikenal, bulat, oval, "cherry", tetapi semua memiliki karakteristik gizi yang sama, yang menjadi sumber penting seperti kalium, fosfor, magnesium, besi, sangat diperlukan untuk aktivitas normal saraf dan otot, vitamin seperti A, B dan C. Kandungan kimia tomat dapat dilihat pada Tabel 1.

Efektivitas Tomat untuk mengurangi Kelelahan

Jus tomat dilaporkan dapat mengurangi kelelahan akibat olahraga.

Tabel 1. Kandungan Kimia Tomat (*Solanum lycopersicum*)

Kandungan	Referensi
Glukosa, senyawa fenolik (p-hydroxy asam benzoat, asam kumarin, <i>caffeic acid</i> , chlorogenic acid, asam galat, asam ferulik, naringin, crisin, kuersetin) dan flavonoids seperti rutin and naringenin, karotenoid (phytoene, phytofluene, lutein, lycopene, α and β -carotene)	Coyago <i>et al</i> (2018), Jacob <i>et al</i> (2008), Palozza <i>et al</i> (2008), Jesús <i>et al</i> (2009), García <i>et al</i> (2013).
<i>Citric acid</i> , Asam malat, Micronutrien seperti K, Ca, Na, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu	

Efek jus tomat dalam menanggulangi kelelahan telah diuji secara konsisten baik uji praklinis maupun uji klinis. Ramaswamy dan Indirani (2011) menguji efek jus tomat terhadap 50 atlet yang dibagi menjadi 2 kelompok yaitu kelompok uji (diberi suplementasi jus tomat) dan kelompok kontrol. Kelompok uji diberikan 75 ml jus tomat selama 60 hari pada atlet setelah latihan. Parameter yang diuji antara lain marker stress oksidatif yaitu GSH, TBARS dan jarak dan jumlah langkah yang ditempuh selama 12 menit. Hasil studi menunjukkan bahwa pemberian jus tomat bisa meningkatkan kadar GSH dan glutathione peroksida, sementara kadar TBARS menurun signifikan dibandingkan kelompok kontrol. Selain itu jarak dan jumlah langkah yang ditempuh atlet dalam waktu 12 menit lebih banyak dibandingkan dengan kontrol. Hal ini menunjukkan efisiensi efek jus tomat yang mengandung likopen memper-tahankan sistem pertahanan tubuh terhadap oksidan.

Mukuta *et al.* (2016) melakukan pengujian baik pada tikus dan uji pada manusia. Pengujian pada manusia dilakukan untuk menilai efek jus tomat terhadap persepsi kelelahan secara subyektif dengan tes ergometer sepeda. *Rated perceived exertion* (RPE) atau tingkat pengerahan tenaga dievaluasi. Skor tingkat pengerahan tenaga dihitung

berdasarkan skala *Borg*. Nilai RPE pada kelompok yang diberi jus tomat menurun secara signifikan dibandingkan dengan kontrol (diberi air mineral). Studi ini dikuatkan dengan pengujian pada tikus di mana kelelahan dinilai oleh aktivitas lokomotor dan marker darah.

Tikus dibagi menjadi beberapa kelompok dan diberi jus tomat, supernatan jus tomat dan air. Hewan coba diuji berlari di atas *treadmill* selama 60 menit dengan kecepatan *treadmill* meningkat secara bertahap dari 0 hingga 25 m / menit dalam 10 menit pertama dan dipertahankan pada 25 m / menit untuk 50 menit berikutnya. Parameter aktivitas lokomotor diukur segera setelah sesi latihan dan darah diambil 6 jam setelah latihan selesai. Sampel darah dikumpulkan selama penelitian untuk memeriksa kadar plasma kortikosteron dan TGF- β 1. Tingkat kelelahan akibat latihan secara signifikan menurun pada tikus yang mengonsumsi jus tomat dibandingkan dengan kelompok air. Kadar corticosterone dan TGF- β 1 darah berkurang untuk kelompok tikus yang mengonsumsi jus tomat. Ini berarti tikus yang minum jus tomat mengalami lebih sedikit tekanan internal pada tingkat kimia selama latihan (Mukuta *et al.*, 2016).

Studi lainnya dilakukan oleh Tsitsimpikou *et al* (2013) terhadap 15 atlet yang dikelompokkan menjadi 2 kelompok. Kelompok uji diminta untuk mengganti minuman suplemen karbohidrat yang biasa mereka gunakan secara teratur dengan jus tomat yang tersedia secara komersial selama dan setelah sesi latihan. Kelompok kontrol diinstruksikan untuk melanjutkan konsumsi minuman suplemen karbohidrat yang bisa digunakan. Setelah 2 bulan semua atlet dinilai untuk parameter biokimia yang memadai untuk menggambarkan peradangan dan stres oksidatif yaitu laktat dehidrogenase (LDH), kreatinin kinase (CPK), level Hcys dan C reaktif Protein (CRP). Hasil studi menunjukkan bahwa konsumsi jus tomat

telah terbukti efektif dalam memperbaiki respon laktat dehidrogenase dan kreatinin kinase pada atlet yang melakukan olahraga anaerobik (Tsitsim-pikou *et al.*, 2013).

Samaras *et al* (2014) melakukan uji pengaruh jus tomat terhadap marker stres oksidatif dan dinamika endotel vascular pada atlet pelari ultra marathon. Atlet dibagi menjadi dua kelompok yaitu kelompok uji yang diberi jus tomat komersial dan kelompok bar protein kedelai khusus mengandung karbohidrat dan protein dalam rasio tertentu (1:1) selama dua bulan. Konsumsi jus tomat selama dua bulan terbukti dapat meningkatkan fungsi endotel secara signifikan dengan meningkatnya *Flow mediated dilatation* (FMD). Selain itu, jus tomat juga dapat memperbaiki parameter biokimia umum yaitu menurunkan serum glukosa, kolesterol total, LDL dan mempengaruhi status oksidatif dengan meningkatkan total aktivitas antioksidan (TAC), menurunkan asam thiobarbiturik (TBARS) dan karbonil protein.

PEMBAHASAN

Olahraga teratur membantu tubuh berfungsi lebih baik, tetapi olahraga dengan intensitas tinggi atau berat dapat menyebabkan dampak negatif yaitu ketidakseimbangan antara sistem oksidasi dan antioksidan tubuh. Selama latihan, terjadi peningkatan konsumsi oksigen mitokondria dan fluks transpor elektron sebagai akibatnya terjadi peningkatan ROS. Overproduksi ROS dan nitrogen selama aktivitas fisik dan latihan menginduksi stress oksidatif (Yavari *et al.*, 2015).

Kelelahan disebabkan oleh faktor-faktor spesifik dalam sel-sel otot (kelelahan perifer) dan berkurangnya aktivasi sistem saraf pusat (kelelahan sentral). Kelelahan perifer terkait dengan menipisnya energi, akumulasi metabolit seperti laktat, dan stres oksidatif (Finsterer, 2012 dan Ament dan Verkerke, 2009).

Meskipun mekanisme kelelahan sentral adalah kompleks, diperkirakan hal ini merupakan hasil dari peningkatan level serotonin sentral (5-HT) dan pelepasan sitokin dari otot (Finsterer, 2012).

Konsumsi makanan tertentu merupakan cara mudah untuk mencegah kelelahan system perifer dan sentral; misalnya, karbohidrat telah disarankan untuk menunda kelelahan selama latihan yang berkepanjangan (Jeukendrup, 2004) dan campuran asam amino spesifik (seperti valin, leusin, dan isoleusin) dilaporkan memberikan energi untuk otot dan menghambat pelepasan serotonin (Ohtani, 2006 dan Shimomura, 2006). Antioksidan seperti vitamin C atau E juga telah ditunjukkan untuk mencegah stres oksidatif dan kelelahan otot (Powers dan Jackson., 2008).

Tomat (*Solanum lycopersicum*) adalah salah satu sayuran yang paling banyak dikonsumsi dan mengandung banyak komponen bermanfaat, termasuk gula, asam amino, mineral, vitamin, flavonoid total, karotenoid. Diantara semua kandungan fitokimia yang ada dalam tomat, sebagian besar penelitian memfokuskan pada kandungan utama likopen - karotenoid dalam buah tomat, yang merupakan salah satu antioksidan paling kuat dan karotenoid dominan yang ditemukan dalam plasma manusia setelah konsumsi produk tomat atau tomat (Rao dan Agarwai, 2000).

Konsumsi jus tomat sebelum berolahraga mengurangi kelelahan akibat olahraga. Likopen diduga berperan dalam efektivitas tomat dalam mengurangi kelelahan. Yang *et al.*, (2006) melaporkan bahwa pemberian likopen peroral selama 30 hari dapat meningkatkan daya tahan olahraga dan menunda kelelahan, dan juga memiliki efek antioksidan. Hal ini diperlihatkan dengan meningkatnya waktu berenang, meningkatkan konsumsi glikogen hati dan menurunkan tingkat nitrogen urea dalam serum dibandingkan

dengan kelompok kontrol. Aktivitas SOD dan GSP-Px dalam kelompok meningkat secara signifikan dan konsentrasi MDA menurun secara signifikan.

Beberapa penelitian membuktikan bahwa efektivitas jus tomat dalam mengurangi tingkat kelelahan pasca latihan. Efektivitas ini ditandai baik dari peningkatan aktivitas lokomotor maupun perubahan marker darah. Berdasarkan hasil penelusuran jus tomat dilaporkan dapat meningkatkan kadar Glutathion (GSH) dan glutathion peroksida serta menurunkan kadar TBARS (Ramaswamy dan Indirani, 2011 dan Samaras *et al.*, 2014), menurunkan kadar kortikosteron dan TGF- β 1 (Mukuta *et al.*, 2016), memperbaiki respon laktat dehidrogenase (LDH) dan kreatinin kinase (CPK), Hcys dan CRP pada atlet yang terlatih secara anaerobik (Tsitsimpikou *et al.*, 2013) serta menurunkan serum glukosa, kolesterol total, LDL dan mempengaruhi status oksidatif dengan meningkatkan total aktivitas antioksidan (TAC), menurunkan karbonil protein (Samaras *et al.*, 2014).

Awalnya diyakini bahwa asidosis adalah penyebab utama kelelahan otot. Nyatanya, kondisi ini disebabkan oleh beberapa mekanisme, diantaranya asidosis dan penipisan ATP karena peningkatan konsumsi atau penurunan penyediaan, tercermin oleh biomarker serum laktat, amonia, dan oxipurine. Mekanisme kedua yaitu overproduksi ROS, yang ditandai oleh biomarker lipid peroksidasi (*Thiobarbituric acid reactive substances* (TBARS) dan Isoprostanes (F2-isoP)) biomarker peroksidasi protein (protein karbonil) dan biomarker kapasitas antioksidan Glutathion (GSH), Glutathione peroxidase (GTX), katalase, total antioxidant capacity (TAC)). Penyebab kelelahan otot lain yang kurang jelas termasuk reaksi peradangan lokal yang ditandai oleh biomarker leukosit, tumor necrosis factor TNF- α , dan ILs, mengubah pelepasan dan penanganan Ca^{2+} , jalur

bioenergy yang terganggu (misalnya penipisan glikogen), atau gangguan fungsi endokrin sel otot (Finsterer, 2012).

Jus tomat dapat mengurangi kelelahan otot dengan mempengaruhi metabolisme ATP melalui penurunan laktat dehydrogenase (LDH), dimana enzim ini berfungsi untuk konversi secara reversibel asam piruvat menjadi asam laktat (Berridge *et al.*, 2013). Konversi ini sangat penting dalam kondisi hipoksia dan anaerob ketika produksi ATP oleh fosforilasi oksidatif terganggu. Enzim ini tersebar luas terutama ginjal, rangka, hati, dan otot jantung. Tingginya kadar enzim ini menandakan adanya kerusakan jaringan. Kadar LDH total serum tergantung pada usia, jenis kelamin, ras, massa otot, aktivitas fisik dan kondisi iklim, serta status pelatihan para atlet (Brancaccio *et al.*, 2008). Peningkatan kadar LDH telah digunakan sebagai penanda untuk memastikan kerusakan otot setelah pelatihan intensif, di mana air, glukosa, minuman elektrolit atau suplementasi asam amino diterapkan untuk membebaskan dari efek samping (Dorofeyeva dan Dorofeyev, 2004).

Kelelahan otot dapat terjadi melalui overproduksi ROS, yang menginduksi stress oksidatif. Efektivitas jus tomat dalam mengurangi kelelahan otot akibat stress oksidatif ditandai dengan penurunan kadar TBARS yang merupakan biomarker peroksidasi lipid (Ramaswamy dan Indirani, 2011 dan Samaras *et al.*, 2014), menurunkan protein karbonil (Samaras *et al.*, 2014) serta meningkatkan kapasitas antioksidan seperti kadar GSH dan GTX serta meningkatkan total kapasitas antioksidan / Total antioxidant capacity (TAC).

ROS yang melebihi kemampuan tubuh untuk menetralkannya, dapat menyebabkan berbagai kerusakan jaringan termasuk kelelahan. Pada kondisi ini, ROS dapat menyerang berbagai komponen tubuh dengan segala akibatnya. Misalnya

serangan ROS terhadap asam lemak tidak jenuh yang merupakan komponen penting penyusun membran sel. Serangan tersebut dapat menimbulkan reaksi rantai yang dikenal dengan peroksidasi lipid. Hal ini ditandai dengan terputusnya asam lemak menjadi berbagai senyawa yang toksik terhadap sel, seperti malondialdehid (MDA) dan 9-hidroksi nonenal. MDA yang dihasilkan kemudian dilepaskan ke darah, sehingga kadar MDA di darah (serum) dapat dijadikan sebagai pertanda tidak langsung adanya peningkatan ROS. Biomarker peroksidasi lipid adalah TBARS. Dalam latihan intens peroksidasi lipid meningkat, pemberian jus tomat menandakan bahwa jus tomat dapat menghambat oksidasi lipid melalui penurunan TBARS.

Penurunan TBARS setelah suplementasi jus tomat menunjukkan ameliorasi peroksidasi lipid. Interval dan intensitas yang tinggi atau kerusakan otot pasca olahraga ditemukan berulang kali rentan dengan peningkatan TBARS (Fisher *et al.*, 2011 dan Nikolaidis *et al.*, 2008). Sangat menarik bahwa oksidasi lipid seluruh tubuh meningkat secara progresif selama latihan yang berkepanjangan, bahkan ketika tingkat kerja dipertahankan konstan (Fernstrom *et al.*, 2007).

Peningkatan peroksidasi lipid diduga akan mendukung oksidasi biomolekul lainnya, termasuk protein plasma. Pemberian jus tomat seiring menurunkan TBARS juga dapat menurunkan protein karbonil (Dantas *et al.*, 2013 dan Samaras *et al.*, 2014). Namun, penting untuk dicatat bahwa kerusakan oksidatif terjadi secara selektif. Sebagai contoh, kerusakan protein oksidatif tidak selalu disertai peroksidasi lipid, dan akumulasi kerusakan tergantung pada efektivitas gabungan dari antioksidan dan sistem perbaikan (Radak *et al.*, 2003).

Adaptasi manusia terhadap latihan anaerobik berkaitan dengan kerusakan otot, peradangan dan perubahan endotel. Jus tomat dapat menurunkan kadar

kortikosteron dan TGF- β 1 (Mukuta *et al.*, 2016), memperbaiki respon kreatinin kinase (CPK), Hcys dan CRP pada atlet setelah melakukan olahraga anaerobik (Tsitsimpikou *et al.*, 2013). TGF- β 1 adalah sitokin antiinflamasi yang diatur selama latihan fisik (Perry *et al.*, 2013). Hal ini mungkin digunakan untuk membatasi respon inflamasi terhadap kerusakan otot skelet yang disebabkan oleh latihan (Terra *et al.*, 2012). Di sisi lain, kortikosteron pada tikus dan kortisol pada manusia adalah hormon glukokortikoid yang disekresikan dari korteks adrenal melalui aktivasi aksis hipotalamus-pituitari-adrenal sebagai respons terhadap tekanan psikologis dan fisik (Hill, 2008), termasuk juga kelelahan energi. Glukokortikoid mempertahankan kadar glukosa dalam darah dengan merangsang pelepasan asam amino dari otot, mempromosikan glukoneogenesis dan mobilisasi simpanan lemak. Hormon kortikosteron juga merupakan penanda perifer aktivitas 5-HT pusat (Strachan *et al.*, 2004).

Beberapa studi menunjukkan bahwa olahraga yang intens dapat meningkatkan kadar Hcys sebagai penanda untuk adaptasi metabolisme dan morfologi dan kerusakan endotel (Fagnani *et al.*, 2009 dan Pigozzi *et al.*, 2011). Penurunan kadar Hys menjadi salah satu mekanisme jus tomat dalam mengurangi kerusakan endotel akibat olahraga (Tsitsimpikou *et al.*, 2013). Seiring perbaikan tingkat TBARS pada atlet yang diberi suplementasi jus tomat juga terjadi penurunan kadar kreatinin kinase (CK) yang baru-baru ini diamati dengan pemberian jus tomat pada atlet yang terlatih secara anaerobik (Tsitsimpikou *et al.*, 2013).

Konsumsi makanan yang kaya antioksidan adalah salah satu cara mudah untuk mencegah kelelahan perifer dan sentral. Likopen adalah komponen bioaktif yang terutama ditemukan dalam tomat. Zat ini memiliki potensi antioksidan yang paling tinggi di antara senyawa karotenoid

lain (Costa *et al.*, 2017). Tidak hanya likopen, tomat juga mengandung banyak komponen yang dapat mencegah kelelahan melalui efek sinergis dan / atau aditif.

SIMPULAN

Hasil review efektivitas tomat dalam mengurangi kelelahan disimpulkan bahwa konsumsi jus tomat sebelum berolahraga mengurangi kelelahan akibat olahraga. Tomat mengandung banyak komponen yang dapat mencegah kelelahan melalui efek sinergis dan / atau aditif.

DAFTAR PUSTAKA

- Yavari A, Maryam Javadi, Parvin Mirmiran, dan Zahra Bahadoran. 2015. Exercise-Induced Oxidative Stress and Dietary Antioxidants. *Asian J Sports Med*. 6(1): doi: [10.5812/asjms.24898].
- Ament, W. and Verkerke, G.J. 2009. Exercise and Fatigue. *Sports Medicine*, 39, 389-422. <http://dx.doi.org/10.2165/00007256-200939050-00005>
- Bennett, Alan Weinberg; Bonnie K. Bealer. 2002. The World of Caffeine: The Science and Culture of the World's Most Popular Drug. *Routledge*, New York. ISBN 0-415-92723-4.
- Berridge, B. R., Van Vleet, J. F., & Herman, E. 2013. Cardiac, Vascular, and Skeletal Muscle Systems. Haschek and Rousseaux's Handbook of Toxicologic Pathology, 1567–1665. doi:10.1016/b978-0-12-415759-0.00046-7
- Brancaccio, P., Maffulli, N., Buonauro, R., Limongelli, F.M. 2008. Serum enzyme monitoring in sports medicine. *Clin Sports Med* 27, 1–18, vii.
- Chen ZY, Jiao R, Ma KY. 2008. Cholesterol-lowering nutraceuticals and functional foods. *J Agric Food Chem*. Oct 8; 56(19):8761-73.

- Costa-Rodrigues, J., Pinho, O., Monteiro, P.R.R.. 2017. Can lycopene be considered an effective protection against cardiovascular disease?. *Food Chemistry*, doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.11.055>
- Coyago-Cruz, E., Corell, M., Moriana, A., Mapelli-Brahm, P., Hernanz, D., Stinco, C. M., Meléndez-Martínez, A. J. 2018. Study of commercial quality parameters, sugars, phenolics, carotenoids and plastids in different tomato varieties. *Food Chemistry*. doi:10.1016/j.foodchem.2018.10.139
- Dantas de Lucas, R., Caputo, F., Mendes de Souza, K., Sigwalt, A.R., Ghisoni, K., Lock Silveira, P.C., Remor, A.P., da Luz Scheffer, D., Antonacci Guglielmo, L.G., Latini, A. 2013. Increased platelet oxidative metabolism, blood oxidative stress and neopterin levels after ultra-endurance exercise. *J. Sports Sci.*
- Debjit Bhowmik, K.P. Sampath Kumar, Shravan Paswan, Shweta Srivastava. 2012. Tomato-A Natural Medicine and Its Health Benefits. *Journal of Pharmacognosy and hytochemistry*.Vol. 1 No. 1 2012 ww w.phytojournal.com.
- Dorofeyeva, E.E., Dorofeyev, A.E. 2004. Biochemical and heart adaptations to physical training and supplementation with amino acids. *J. Strength Cond. Res.* 18, 738–740.
- Fagnani, F., Spaccamiglio, A., Grasso, L., Termine, A., Angeli, A., Pigozzi, F., Borriore, P., 2009. N-terminal proB-type natriuretic peptide and homocysteine concentrations in athletes. *J. Sports Med. Phys. Fitness* 49, 440–447.
- Fernstrom JF, Fernstrom MH. 2007. Tyrosine, phenylalanine, and catecholamine synthesis and function in the brain. *J Nutr.* 137:1539S–1547S.
- Finsterer, J. (2012). Biomarkers of Peripheral Muscle Fatigue during Exercise. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 13, 218. <http://dx.doi.org/10.1186/1471-2474-13-218>.
- Fisher, G., Schwartz, D.D., Quindry, J., Barberio, M.D., Foster, E.B., Jones, K.W., Pascoe, D.D. 2011. Lymphocyte enzymatic antioxidant responses to oxidative stress following high-intensity interval exercise. *J. Appl. Physiol.* 110, 730–737
- García-Valverde V, Navarro-González I, García-Alonso J, Periago MJ. 2013. Antioxidant bioactive compounds in selected industrial processing and fresh consumption tomato cultivars. *Food Bioprocess. Technol* 6: 391–402
- Giriwijoyo dan Sidik. 2012. Ilmu Faal Olahraga. Bandung : Remaja
- Gruet M, Temesi J, Rupp T, Levy P, Millet GY, Verges S. (2013). Stimulation of the motor cortex and corticospinal tract to assess human muscle fatigue. *Neuroscience* ; 231: 384–399.
- Hill, E.E., Zack, E., Battaglini, C., Viru, M., Viru, A. and Hackney, A.C. 2008. Exercise and Circulating Cortisol Levels: The Intensity Threshold Effect. *Journal of Endocrinological Investigation*, 31,587-591.
- Jacob K, Periago MJ, Böhm V, Berruezo GR.2008. Influence of lycopene and vitamin C from tomato juice on biomarkers of oxidative stress and inflammation. *Br J Nutr*; 99(1):137-46.
- Jesús Periago M, García-Alonso J, Jacob K, Belén Olivares A, José Bernal M, Dolores Iniesta M, Martínez C, Ros G. 2009. Bioactive compounds,

- folates and antioxidant properties of tomatoes (*Lycopersicum esculentum*) during vine ripening. *Int J Food Sci Nutr. Dec; 60(8):694-708*.
- Jeukendrup, A.E. 2004. Carbohydrate Intake during Exercise and Performance. *J Nutrition*, 20, 669-677.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.nut.2004.04.017>
- Mukuta K, K azuyoshi, F. S Eisuke, H I Keiichi, Hiwatari M, S Satoshi, S Hiroyuki. 2016. Administration of Tomato Juice or Aqueous Components of Tomato Reduces Fatigue Induced by Acute Treadmill Exercise. *Food and Nutrition Sciences* 07(07):524-532. Doi 10.4236/fns.2016.77054
- Kementrian Pemuda dan Olahraga. 2015. Penyajian data dan informasi Keperguruan dan olahragan. (2014). *Kementerian Pemuda dan Olahraga Bekerjasama dengan Badan Pusat Statistik*. Jakarta.
- L Ramaswamy dan K Indirani. 2011. Effect of supplementation of tomato juice on the oxidative stress of selected athletes. *J Int Soc Sports Nutr.* 2011; 8(Suppl 1): P21. Published online 2011 Nov 7. doi: [10.1186/1550-2783-8-S1-P21]
- Nikolaidis, M.G., Kyparos, A., Hadziioannou, M., Panou, N., Samaras, L., Jamurtas, A.Z., Kouretas, D. 2007. Acute exercise markedly increases blood oxidative stress in boys and girls. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 32, 197–205.
- Ohtani, M., Sugita, M. and Maruyama, K. 2006. Amino Acid Mixture Improves Training Efficiency in Athletes. *Journal of Nutrition*, 136, 538S-543S.
- Palozza P, Parrone N, Catalano A, Simone R. 2010. Tomato Lycopene and Inflammatory Cascade: Basic Interactions and Clinical Implications. *Curr Med Chem.* 17(23):2547-63
- Perry, C., Pick, M., Bdoelach, N., Hazan-Halevi, I., Kay, S., Berr, I., Reches, A., Harishanu, Y. and Grisaru, D. (2013). Endurance Exercise Diverts the Balance between Th17 Cells and Regulatory T Cells. *PLoS ONE*, 8, e74722.
<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0074722>.
- Pigozzi, F., Rizzo, M., Fagnani, F., Parisi, A., Spataro, A., Casasco, M., Borriore, P., 2011. Endothelial (dys)function: the target of physical exercise for prevention and treatment of cardiovascular disease. *J. Sports Med. Phys. Fitness* 51, 260–267.
- Pingitore A, Lima GP, Mastorci F, Quinones A, Iervasi G, Vassalle C. (2015). Exercise and oxidative stress: potential effects of antioxidant dietary strategies in sports. *Nutrition.* Jul-Aug;31(7-8):916-22. doi: 10.1016/j.nut.2015. 02.005.
- Powers, S.K. dan Jackson, M.J. 2008. Exercise-Induced Oxidative Stress: Cellular Mechanisms and Impact on Muscle Force Production. *Physiological Reviews*, 88, 1243-1276.
- Radak, Z., Ogonovszky, H., Dubecz, J., Pavlik, G., Sasvari, M., Pucso, J., Berkes, I., Csont, T., Ferdinandy, P. (2003). Super-marathon race increases serum and urinary nitrotyrosine and carbonyl levels. *Eur. J. Clin.* 33, 726–730
- Rao AV dan Agarwal S. 2000. Role of antioxidant lycopene in cancer and heart disease. *J Am Coll Nutr.* 19(5):563-9.
- Samaras A, Konstantinos T, Eleftherios P, Grigorios G, Filippou T, Christina T, Aphrodite TB, Nikolaos G, Demetrios K. 2014. Effect of a special carbohydrate–protein bar and

- tomato juice supplementation on oxidative stress markers and vascular endothelial dynamics in ultra-marathon runners. *Food and Chemical Toxicology*. 231–23.
- Shimomura, Y., Yamamoto, Y., Bajotto, G., Sato, J., Murakami, T., Shimomura, N., Kobayashi, H. and Mawatari, K. 2006. Nutraceutical Effects of Branched-Chain Amino Acids on Skeletal Muscle. *Journal of Nutrition*, 136, 529S-532S.
- Strachan, A.T., Leiper, J.B. and Maughan, R.J. 2004. Paroxetine Administration to Influence Human Exercise Capacity, Perceived Effort or Hormone Responses during Prolonged Exercise in a Warm Environment. *Experimental Physiology*, 89, 657-664. <http://dx.doi.org/10.1113/expphysiol.2004.027839>.
- Terra, R., da Silva, S.A.G., Pinto, V.S. and Dutram, P.M.L. 2012. Effect of Exercise on the Immune System: Response, Adaptation and Cell Signaling. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 18, 208-214. <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-86922012000300015>
- Tsitsimpikou, C., Kioukia-Fougia, N., Tsarouhas, K., Stamatopoulos, P., Rentoukas, E., Koudounakos, A., ... Jamurtas, A. 2013. Administration of tomato juice ameliorates lactate dehydrogenase and creatinine kinase responses to anaerobic training. *Food and Chemical Toxicology*, 61, 9–13. doi:10.1016/j.fct.2012.12.023
- World Health Organization (WHO). 2010. Global recommendations on physical activity for health. *World Health Organization (WHO)*. 9789241599979.
- Yang, K., Lule, U., and Xiao-Lin, D. 2006. Lycopene: Its properties and relationship to human health. *J Food Rev. International*, 22, 309–333.