
PEMBERIAN MADU SEBELUM AKTIVITAS FISIK INTENSITAS SEDANG TERHADAP KADAR MALONDIALDEHID PLASMA TIKUS WISTAR

Oleh:

Krisnanda Dwi Apriyanto

Jurusan Pendidikan Kesehatan dan Rekreasi FIK UNY

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian madu sebelum aktivitas fisik intensitas sedang terhadap penurunan kadar malondialdehid (MDA) plasma pada tikus jantan.

Penelitian yang dilakukan adalah eksperimental laboratorium dengan menggunakan rancangan *posttest* dengan kelompok kontrol (*posttest only control group design*) yang dilakukan selama 7 hari. Sampel penelitian ini menggunakan 20 ekor tikus putih Wistar jantan (*Rattus norvegicus*). Tikus dibagi menjadi 2 kelompok secara acak dan masing-masing kelompok terdiri dari 10 tikus. Kedua kelompok adalah: K₀ = kelompok kontrol dan K₁ = kelompok pemberian madu dosis 2,5 g/kg BB. Aktivitas fisik intensitas sedang dilakukan dengan cara merenang tikus selama 70% dari kemampuan maksimal tikus berenang dan diberikan tambahan beban 6% dari berat badan tikus. Madu diberikan satu kali setiap hari selama 7 hari dilakukan melalui sonde. Data dianalisis menggunakan program statistik SPSS 16.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata kadar MDA plasma dalam kelompok K₀ adalah 12,02 ± 1,85 nmol/ml dan 9,89 ± 0,9 nmol/ml pada kelompok K₁. Uji analisis independen t-test menunjukkan perbedaan yang signifikan p = 0,007 (p < 0,05). Terjadi penurunan kadar MDA plasma sebesar 17,72%. Pemberian madu dengan dosis 2,5 g/kg BB mengakibatkan penurunan yang signifikan terhadap kadar MDA. Hasil penelitian ini dapat dijadikan dasar penelitian lebih lanjut untuk mengetahui penggunaannya pada manusia.

Kata kunci: madu, aktivitas fisik intensitas sedang, MDA, tikus wistar

Aktivitas fisik memiliki dampak positif dan negatif. Manfaat aktivitas fisik yang dilakukan secara teratur dan terukur mampu meningkatkan berbagai komponen kebugaran jasmani, meningkatkan prestasi bagi atlet dan menurunkan risiko penyakit. Latihan intensitas sedang dapat meningkatkan kesehatan dan menjaga kebugaran jantung paru (Hottenrott *et al.*, 2012). Latihan juga menimbulkan dampak negatif, yaitu menyebabkan ketidakseimbangan antara *reactive oxygen species* (ROS) dan antioksidan yang berujung pada kelelahan (Alessio, 2000). Latihan meningkatkan pembentukan senyawa oksidan yang diikuti dengan terjadinya peristiwa stres oksidatif (Harjanto, 2003). Stres oksidatif terjadi karena ketidakseimbangan antara produksi oksidan dan antioksidan (Leeuwenburgh & Heinecke, 2001). Latihan aerobik dapat meningkatkan konsumsi oksigen 10-20 kali dalam tubuh dan 100-200 kali dalam otot rangka (Revan & Erol, 2011). Peningkatan konsumsi oksigen selama latihan menambah pembentukan ROS dan memicu stres oksidatif.

Derajat stres oksidatif dapat diketahui salah satunya dengan mengukur kadar *malondialdehyde* (MDA) plasma. Tubuh mempunyai sistem pertahanan antioksidan endogen dan antioksidan eksogen untuk menangkal radikal bebas. Antioksidan merupakan zat yang mampu menunda, mencegah atau

menghilangkan radikal bebas (Erejuwa *et al.*, 2012). Madu mempunyai manfaat di antaranya antibakteri, antiinflamasi dan antioksidan (Natalia *et al.*, 2014). Kandungan antioksidan madu di antaranya: vitamin E, vitamin C, vitamin A, asam fenolik, flavonoid, mineral zinc dan selenium. Pemberian madu diharapkan mampu mencegah kelelahan dan mempertahankan performa selanjutnya.

Penelitian yang dilakukan oleh Yao *et al* pada tahun 2013 menunjukkan penurunan rerata kadar MDA terjadi sesuai dengan peningkatan dosis madu. Pemberian madu diharapkan dapat meningkatkan kadar antioksidan dan menurunkan kadar radikal bebas dalam tubuh. Pengaruh madu terhadap kadar MDA sebagai *marker* peningkatan produksi radikal bebas pada tikus yang diberi perlakuan aktivitas fisik belum diketahui secara pasti. Berdasarkan pemikiran tersebut maka pemberian madu sebelum aktivitas fisik terhadap kadar malondialdehid plasma masih perlu diteliti lebih lanjut.

KAJIAN PUSTAKA

Latihan Olahraga

Latihan merupakan suatu aktivitas fisik yang direncanakan dan memiliki tujuan untuk meningkatkan kebugaran atau menjaga kebugaran tubuh (Powers & Edward, 2007). Latihan fisik merupakan pemberian kerja atau beban fisik pada tubuh secara teratur, sistematis dan berkesinambungan melalui program latihan yang tepat (Astrand dan Rodahl, 1986). Pada prinsipnya latihan adalah memberikan tekanan fisik secara teratur, sistematis dan berkesinambungan sehingga dapat meningkatkan kemampuan fisik di dalam melakukan aktivitas (Fox *et al.*, 1998).

Komponen latihan merupakan kunci atau hal penting yang harus dipertimbangkan dalam menentukan dosis dan beban latihan. Selain itu komponen latihan sebagai patokan dan tolak ukur yang sangat menentukan untuk tercapai tidaknya suatu tujuan dan sasaran latihan yang telah disusun dan dilaksanakan (Sukadiyanto, 2005). Komponen dasar latihan antara lain: intensitas, frekuensi, durasi, volume, *recovery*, repetisi, set, irama dan sesi latihan (Sukadiyanto, 2005).

Stres Oksidatif

Stres oksidatif adalah satu istilah umum yang sering digunakan untuk menentukan tingkat terjadinya kerusakan pada suatu sel atau jaringan yang disebabkan oleh jenis oksigen reaktif (ROS/*Reactive Oxygen Species*). Stres oksidatif terjadi karena adanya ketidakseimbangan produksi antara prooksidan dan antioksidan (Halliwell & Gutteridge, 1999). Tidak seimbangnya antara pertahanan antioksidan tubuh dan radikal bebas menyebabkan stres oksidatif. Intensitas dan durasi latihan berpengaruh terhadap tingkat stress oksidatif. Stres oksidatif dapat menyebabkan terganggunya integritas membran, terjadinya apoptosis, tidak bekerjanya enzim dan kerusakan DNA (*deoxyribonucleic acid*). Peristiwa stres oksidatif dapat menimpa molekul biologis tubuh seperti lemak, DNA, protein dan karbohidrat. Bila terjadi secara eksefis stres oksidatif dapat mengganggu fungsi molekul dan struktur fungsional sel seperti aktivitas enzim, integritas membrane sel maupun organel, reseptor, saluran dan pompa ion (Halliwell & Gutteridge, 1999).

Malondialdehid (MDA)

Malondialdehid merupakan salah satu dari senyawa hasil proses peroksidasi asam lemak dengan lebih dari 2 ikatan tak jenuh seperti asam linolenat, arakidonat dan dokosa heksaenoat. Produk peroksidasi lipid dalam tubuh dapat diukur dengan menggunakan salah satu parameter yaitu kadar Malondialdehid (MDA) plasma (Winarsi, 2007). MDA merupakan senyawa yang tidak stabil dari hasil penguraian peroksidasi lipid dan menjadi penanda dari radikal bebas. Semakin tinggi stres oksidatif yang terjadi dalam tubuh maka semakin tinggi kadar MDA plasma.

MDA merupakan senyawa aldehid yang reaktif dan dapat bereaksi dengan berbagai molekul lain seperti protein maupun DNA sehingga dapat memengaruhi struktur dan fungsi dari molekul protein dan DNA. Reaksi dengan kedua jenis molekul ini merupakan dampak lanjutan dari peristiwa stres oksidatif pada lemak. Di dalam jaringan, MDA dapat diubah menjadi asam malonat oleh enzim aldehid dehidrogenase kemudian dapat berubah menjadi asetaldehid dan selanjutnya dapat berubah lagi oleh menjadi asetat. Asam malonat dapat bersifat toksik karena antara lain dapat menghambat aktivitas enzim suksinat dehidrogenase.

Antioksidan

Antioksidan merupakan zat yang mampu menunda, mencegah atau menghilangkan radikal bebas (Erejuwa *et al.*, 2012). Antioksidan yang dikonsumsi dapat menghambat atau memperlambat pembentukan radikal bebas dan ROS pada tahap awal pembentukannya (*initiation step*) serta dapat memutus rantai reaksi radikal pada tahap propagasi (*propagation step*) sewaktu terjadi oksidasi lipid. Antioksidan yang dikonsumsi dapat aktif secara biologis dengan mekanisme yang berbeda, di antaranya: (a) bertindak sebagai senyawa pendonor hidrogen, (b) pengikat (*chelator*) ion-ion metal, atau (c) sebagai *quenchers singlet oxygen* (Deddy, 2013).

Madu

Definisi madu menurut *World Health Organization* (WHO) adalah pemanis alami yang diproduksi oleh lebah *Apis mellifera* dengan cara mengekstrak dari tumbuhan, kemudian dikumpulkan, disimpan dan didehidrasi di dalam sarang lebah (WHO, 2012). Madu merupakan salah satu bahan yang sudah lama digunakan oleh manusia sebagai bahan makanan, bahan upacara, obat dan sumber nutrisi penunjang kesehatan.

Madu mengandung banyak komponen yang diketahui berperan sebagai antioksidan, di antaranya: polifenol, vitamin E, vitamin C, enzim-enzim (katalase, peroksidase dan oksidase glukosa), fenolik, karotenoid (vitamin A) dan produk dari Maillard Reaksi (Gheldof, 2002). Madu juga mengandung mineral selenium dan zinc yang berperan sebagai antioksidan (Bogdanov *et al.*, 2008). Hasil penelitian lain menyebutkan bahwa komponen madu terutama flavonoid dan asam fenolat, telah terbukti memberikan kontribusi signifikan terhadap kapasitas antioksidan (Moussa, 2012).

Berdasarkan mekanisme pencegahan dampak negatif oksidan, vitamin C dan vitamin E termasuk antioksidan pemutus reaksi rantai (*chain breaking antioxidants*). Vitamin E sebagai donor hidrogen dapat mengubah radikal peroksil (hasil proses peroksidasi lipid) menjadi radikal tokoferol

yang kurang reaktif sehingga tidak mampu menyerang asam lemak (Stampfer *et al.*, 1993). Vitamin C menjadi bagian pertahanan pertama terhadap ROS dalam plasma dan juga berperan dalam sel. Vitamin C dapat menangkal radikal hidroksil dan bertindak sebagai donor hidrogen untuk perubahan radikal tokoferol menjadi alfa tokoferol. Vitamin A dapat membersihkan *singlet oxygen* karena mempunyai 9 ikatan rangkap pada rantai karbon. Vitamin A juga bereaksi dengan senyawa radikal peroksil (Deddy, 2013).

Flavonoid adalah salah satu senyawa polifenol. Flavonoid mempunyai kemampuan mendonorkan atom hidrogen dan mengkelat ion-ion logam. Setelah mendonorkan satu atom hidrogen, senyawa fenolik menjadi radikal terstabilkan secara resonansi yang tidak mudah berpartisipasi dalam reaksi radikal yang lain (Deddy, 2013). Flavonoid juga memiliki kemampuan membersihkan radikal hidroksil, radikal anion superoksida dan lipid peroksi (Saikat dan Raja, 2011).

Selenium merupakan mineral mikro yang mempunyai daya antioksidan kuat dan merupakan komponen enzim glutathion peroksidase (Deddy, 2013). Zinc merupakan salah satu ko-faktor dari SOD (*superoksida dismutase*). Aktivitas SOD dapat berjalan apabila mineral zinc tersedia dalam jumlah yang cukup (Pande dan Gayatri, 2010). Berbagai antioksidan yang terkandung dalam madu dengan mekanismenya masing-masing dapat mengurangi dampak negatif radikal bebas. Sehingga madu dapat menurunkan kadar MDA plasma yang digunakan sebagai sumber alami untuk menangkal radikal bebas.

Tikus Putih (*Rattus norvegicus*)

Tikus merupakan hewan yang sering digunakan sebagai sampel penelitian di laboratorium karena murah dan mudah dipelihara serta mempunyai fungsi fisiologis yang mirip dengan manusia. Penggunaan tikus putih sebagai hewan coba karena tikus memiliki sistem tubuh yang mirip dengan manusia, ukuran tubuh yang relatif besar dan mudah perawatannya. Tikus yang sering digunakan adalah galur *Wistar, strain wistar, Sprague-Dewley. Long-Evans dan Holtzman*.

Tikus putih memiliki kelebihan jika dibandingkan dengan tikus liar. Tikus putih lebih cepat dewasa, tidak memperlihatkan perkawinan musiman, umumnya lebih cepat berkembangbiak, sangat mudah ditangani, mempunyai ukuran yang cukup besar dan dapat tinggal sendiri di dalam kandang asal dapat mendengar suara atau melihat tikus yang lain (Smith dan Mangkoewidjojo, 1998).

Jenis kelamin jantan dipilih untuk mengendalikan faktor hormonal yang dapat memengaruhi hasil jika menggunakan tikus betina (Kusumawati, 2004; Aksono *et al.*, 2011). Tikus Putih (*Rattus norvegicus*) memiliki ukuran yang lebih besar dibandingkan dengan keluarga tikus pada umumnya. Tikus ini dapat mencapai berat badan 140-400 gram. Dengan panjang hingga 40 cm diukur dari hidung hingga ujung ekor. Tikus jantan berukuran lebih besar daripada tikus betina, berwarna putih serta memiliki ekor yang lebih panjang daripada tubuhnya (Kusumawati, 2004).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini adalah penelitian eksperimental sungguhan (*true experimental design*) menggunakan rancangan *posttest* dengan kelompok kontrol (*posttest only control group design*)

(Notoatmojo, 2012). Penelitian ini dilakukan di tempat pemeliharaan dan perlakuan hewan coba, yaitu Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Airlangga. Penelitian dilakukan pada bulan Juni 2015. Populasi dalam penelitian ini adalah tikus putih (*Rattus norvegicus*) jantan. Sampel yang digunakan adalah 10 ekor tiap kelompok dengan berat badan 150-200 gram, berumur 3-4 bulan dengan kondisi sehat fisik. Sampel dibagi menjadi dua kelompok perlakuan. Sampel yang digunakan memenuhi kriteria inklusi sehat fisik ditandai dengan mata jernih, bulu mengkilat, gerakan aktif lincah, feses baik/ tidak lembek, berat badan tidak turun dari 10% selama masa aklimatisasi. Sampel akan dikeluarkan dari penelitian jika sakit. Pengambilan sampel dan pembagian kelompok dilakukan dengan *cara simple random allocation* (Asami, 2013).

Variabel tergantung dalam penelitian ini adalah kadar MDA plasma, sedangkan variabel bebasnya adalah madu. Madu yang diberikan adalah madu kelengkeng dari perhutani yang diperoleh dari kantor madu perhutani, jalan Ahmad Yani no. 276 Bandung, diberikan dengan dosis 2,5 g/kg berat badan satu kali setiap hari selama 7 hari (Hardianty, 2011) per sonde. Aklimatisasi dilakukan selama satu minggu dengan kondisi yang sama agar dapat beradaptasi pada lingkungan yang baru. Kelompok hewan coba adalah: K_0 = kelompok kontrol dan K_1 = kelompok perlakuan madu dosis 2,5 g/kg berat badan. Pengukuran kemampuan maksimal dilakukan dengan cara merenang tikus dengan menambahkan beban sebesar 6% dari berat badan. Kemampuan maksimal berenang dihitung jika tikus tenggelam dan mengeluarkan gelembung udara yang besar. Latihan intensitas sedang dilakukan setelah 1 jam pemberian placebo dan madu (Schramm *et al.*, 2003), tikus direnangkan ke dalam bak air selama 70% dari waktu kemampuan maksimal berenang tikus dengan beban 6% berat badan.

Pengambilan specimen darah berasal dari jantung tikus, dimana sebelumnya dilakukan anestesi dengan menggunakan ketamin HCl dosis 20-40 mg/kg BB secara intra kardial. Setelah mata meredup dan badan tidak bergerak, kemudian kulit perut dada dikuliti dengan pisau bedah dan setelah melihat jantungnya maka dengan spuit 5 ml diambil darah dari jantung sebanyak 3 ml (Kusumawati, 2004). Specimen darah pada semua kelompok dibiarkan di dalam spuit kemudian diberi identitas sesuai dengan urutan spesimen dalam kelompok dan segera dibawa ke Laboratorium Biokimia Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga untuk dilakukan pengukuran kadar *malondialdehyde* (MDA). Data hasil penelitian ditabulasi dan dianalisis dengan menggunakan program *Statistical Product And Service Solution for Windows XP* (SPSS) yang meliputi analisis statistik sebagai berikut: analisis deskriptif, uji normalitas, uji homogenitas dan uji independent t-test.

HASIL PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan 20 ekor tikus putih (*Rattus norvegicus*) galur Wistar, jantan, dewasa yang sehat, berumur 2-3 bulan, berat badan 150-200 gram. Sampel terbagi menjadi 2 (dua) kelompok yaitu K_0 = kelompok kontrol dan K_1 = kelompok madu dosis 2,5 g/kg BB. Data yang dianalisis berdasarkan jumlah minimal sampel yaitu 9 ekor setiap kelompok, karena ada satu ekor tikus

yang mati (K_1) pada hari ke-7. Aktivitas fisik intensitas sedang dapat meningkatkan kadar MDA plasma. Pemberian madu sebagai antioksidan diharapkan dapat menurunkan kadar MDA plasma.

Analisis deskriptif digunakan untuk menghitung nilai rerata dan standar deviasi dari variabel berat badan sebelum perlakuan, waktu aktivitas fisik intensitas sedang (70%) dan kadar MDA plasma. Hasil analisis deskriptif antar kelompok dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis deskriptif antar kelompok

Variabel	Kelompok	
	Rerata K_0 (n=9)	Rerata K_1 (n=9)
Berat badan (gram)	170,89±12,12	171,00±12,96
Akt. fisik 70% (detik)	148,44±11,28	149,11±11,07
MDA plasma	12.02±1,85	9,89±0,91

Hasil uji normalitas menunjukkan semua nilai $p > 0,05$, jadi data berdistribusi normal. Data dapat dilihat pada tabel 2 di bawah ini:

Tabel 2. Hasil uji normalitas dalam kelompok

variabel	n	signifikansi
Berat badan	18	0,914
Akt. Fisik 70%	18	0,884
Kadar MDA plasma	18	0,114

Pengujian homogenitas kadar MDA plasma dengan *Levene test* menunjukkan nilai $p = 0,114 = (p > 0,05)$. Maka dapat disimpulkan bahwa kadar MDA plasma mempunyai varian yang homogen. Hasil uji independen t-test menunjukkan nilai p (signifikansi) 0,007 ($p < 0,05$), sehingga terdapat perbedaan bermakna antar kelompok. Hasil analisa independen t-test dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji analisa independen t-test MDA plasma

variabel	signifikansi
MDA	0.007

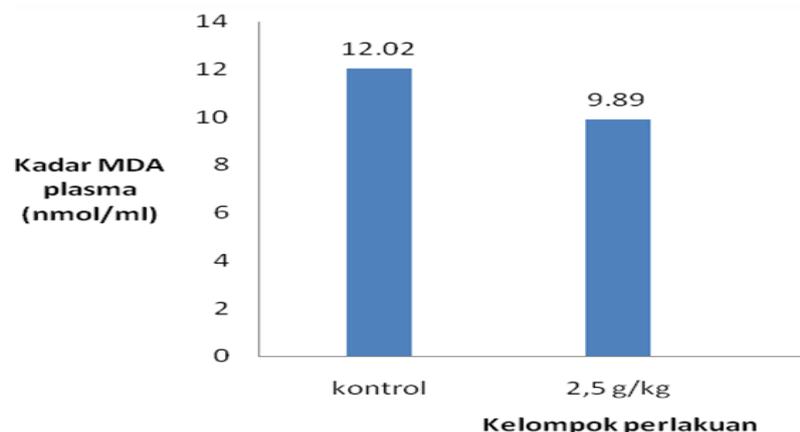
Pemberian madu dosis 2,5 g/kg BB dapat menurunkan kadar MDA plasma secara bermakna. Hal ini menandakan bahwa produksi radikal bebas yang dihasilkan oleh aktivitas fisik intensitas sedang dapat diimbangi dengan pemberian madu dosis 2,5 g/kg BB. Pemberian madu dosis 2,5 g/kg BB sudah bisa mencegah terjadinya stres oksidatif. Hal ini menunjukkan bahwa madu memang mempunyai potensi antioksidan yang tinggi dalam upaya mencegah terjadinya stres oksidatif sebagai salah satu penyebab kelelahan akibat aktivitas fisik,

Data di atas menunjukkan bahwa peningkatan kadar MDA plasma terjadi setelah pemberian aktivitas fisik intensitas sedang. Hal ini disebabkan karena pada kegiatan yang berat atau aktivitas yang melampaui batas kelelahan dapat menyebabkan terbentuknya radikal bebas, seperti yang dikemukakan oleh Arsana (2014) bahwa latihan dengan intensitas 70% dari aktivitas maksimal menyebabkan produksi radikal bebas yang tinggi. Latihan hingga melampaui batas kelelahan meningkatkan konsumsi oksigen dalam tubuh 10-20 kali atau lebih dan pada serat otot yang berkontraksi penggunaan oksigen dapat meningkat 100-200 kali di atas kebutuhan normal (Sauza, 2005). Peningkatan konsumsi oksigen memicu pelepasan radikal bebas yaitu radikal superoksida (Cooper, 2001).

Pada penelitian ini semua kelompok tikus Wistar diberikan aktivitas intensitas sedang (70%). Menurut Bompa (1994), intensitas 70% dari kemampuan maksimal tergolong ke dalam intensitas intermediet sampai medium. Latihan dengan intensitas 70% dari aktivitas maksimal menyebabkan produksi radikal bebas yang tinggi (Arsana, 2014). Castro *et al.* (2009) menyebutkan bahwa efektivitas sistem antioksidan dalam mengimbangi produksi radikal bebas mencapai kondisi jenuh pada aktivitas fisik dengan intensitas 70% dari denyut jantung maksimal. Oztasan *et al.* (2004) menyebutkan bahwa kadar TBARS (*Thiobarbituric Acid reactive Substance*) yang tinggi tersebut diakibatkan karena durasi pelatihan yang lebih pendek.

Selama aktivitas fisik, ROS terbentuk sebagai produk samping reaksi oksidasi fosforilasi untuk membentuk energi ATP (*Adenosine triphosphate*) dalam rantai transport elektron pada mitokondria. Proses oksidasi fosforilasi membutuhkan O₂ untuk berikatan dengan hidrogen membentuk air, tetapi tidak semua O₂ yang dikonsumsi (sekitar 4%-5%) berubah menjadi ROS (Marciniak *et al.*, 2009). Aktivitas fisik meningkatkan metabolisme tubuh. Peningkatan suhu tubuh dapat memicu pembentukan senyawa oksidan. Kenaikan 1°C akan meningkatkan aktivitas metabolisme tubuh sebesar 12% (Guyton, 1996). Aktivitas fisik meningkatkan sekresi hormon adrenalin yang dapat meningkatkan pembentukan senyawa oksidan.

Kelompok perlakuan pada penelitian ini diberikan madu dengan dosis 2,5 g/kg BB selama 7 hari. Penentuan waktu 7 hari berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan oleh Hardianty (2011). Pemberian madu sebagai antioksidan dapat menurunkan kadar MDA (Yao *et al.*, 2011). Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian yang dapat dilihat pada diagram di bawah ini:



Gambar 1. Diagram batang rerata MDA plasma

Penggunaan madu dalam kelompok perlakuan dikarenakan: 1) Madu merupakan sumber yang kaya antioksidan (Erejuwa *et al.*, 2012) yang bekerja secara sinergis (Aljadi, 2004), 2) Madu mengandung berbagai komponen antioksidan, di antaranya: polifenol, vitamin E, vitamin C, enzim-enzim (katalase, peroksidase dan oksidase glukosa), fenolik, karotenoid (vitamin A) (Gheldof, 2002), 3) Hasil penelitian lain menyebutkan bahwa komponen madu terutama flavonoid dan asam fenolat, telah terbukti memberikan kontribusi signifikan terhadap kapasitas antioksidan (Moussa, 2012), 4)

Madu mengandung mineral selenium (komponen enzim glutathion peroksidase) dan zinc (salah satu ko-faktor dari SOD) yang berperan sebagai antioksidan (Bogdanov *et al.*, 2008), 5) Komponen gizi utama dalam madu adalah karbohidrat dengan unsur monosakarida glukosa dan fruktosa (*National Honey Board*, 2015) dan 6) Madu menyediakan sumber energi yang baik bagi atlet (Williams, 2007).

Berbagai kandungan antioksidan dalam madu berperan dalam menghambat pembentukan radikal bebas. Vitamin E bertindak sebagai donor hidrogen yang dapat mengubah radikal peroksil menjadi radikal tokoferol yang kurang reaktif sehingga tidak mampu menyerang asam lemak (Stampfer *et al.*, 1993). Vitamin C menjadi bagian pertahanan pertama terhadap ROS yang dapat menangkal radikal hidroksil dan bertindak sebagai donor hidrogen untuk perubahan radikal tokoferol menjadi alfa tokoferol. Vitamin A dapat membersihkan *singlet oxygen* dan juga bereaksi dengan senyawa radikal peroksil (Deddy, 2013).

Flavonoid mempunyai kemampuan mendonorkan atom hidrogen, mengkelat ion-ion logam, membersihkan radikal hidroksil, radikal anion superoksida dan lipid peroksi (Saikat dan Raja, 2011). Selenium merupakan mineral mikro yang mempunyai daya antioksidan kuat dan merupakan komponen enzim glutathion peroksidase (Deddy, 2013). Zinc merupakan salah satu ko-faktor dari SOD. Aktivitas SOD dapat berjalan apabila mineral zinc tersedia dalam jumlah yang cukup (Pande dan Gayatri, 2010).

Glukosa dan fruktosa merupakan komponen gizi utama dalam madu. Kandungan karbohidrat dalam madu yang tinggi telah memberikan bukti klinis bahwa madu dapat bertindak sebagai penyuplai energi pada olahraga (Mayhew, 2007). Latihan dengan durasi pendek menyebabkan penggunaan sejumlah besar glukosa dan glikogen otot. Mekanisme utama peningkatan penggunaan glukosa dari darah (*glukosa uptake*) ke dalam otot saat latihan adalah melalui translokasi GLUT 4 (Garrett, 2000).

Aktivitas fisik intensitas 50-60% dari VO_2 maks atau lebih meningkatkan penggunaan glikogen otot. Proses glukoneogenesis tidak cukup cepat untuk mengganti glikogen yang hilang, sehingga lebih banyak glukosa darah yang digunakan. Glukosa darah diketahui dapat menghambat sekresi adrenalin (Pedersen, 2000) yang dapat memicu pembentukan senyawa oksidan. Penggunaan glukosa dalam madu sebagai sumber energi, menghambat sekresi adrenalin pada proses glukoneogenesis. Glukoneogenesis merupakan proses pembentukan glukosa dari sumber selain karbohidrat, misalnya dalam hati dan otot.

Madu mengandung berbagai komponen yang diketahui berperan sebagai antioksidan, sehingga madu digunakan sebagai sumber alami untuk menangkal radikal bebas (Wilczyńska, 2010). Latihan diketahui meningkatkan pembentukan senyawa oksidan yang diikuti dengan terjadinya peristiwa stres oksidatif (Harjanto, 2003). Latihan dapat menyebabkan ketidakseimbangan antara *reactive oxygen species* (ROS) dan antioksidan yang berujung pada kelelahan (Alessio, 2000). Pemberian antioksidan madu sebelum aktivitas fisik intensitas sedang dapat menurunkan kadar MDA plasma, sehingga kerusakan sel akibat aktivitas fisik dapat dicegah. Apabila kerusakan otot dapat dihambat maka hal ini akan memberikan keuntungan dalam meningkatkan performa dan dapat melakukan kinerja selanjutnya setelah berolahraga.

KESIMPULAN

Pemberian madu sebelum aktivitas fisik intensitas sedang dapat menurunkan kadar MDA plasma tikus wistar (*Rattus norvegicus*) secara bermakna. Pemberian madu dosis 2,5 g/kg BB dapat menurunkan kadar MDA plasma tikus wistar (*Rattus norvegicus*) jantan sebesar 17,72%.

DAFTAR PUSTAKA

- Aksono EB, Widjaja NMR, Hamid IS, Damayanti R, Atik MG, Puguh K. 2011. *Aplikasi Etik dan Bioteknologi pada Hewan Coba*. Surabaya: LPT Unair.
- Alessio HM, Hagerman AE, Fukerson BK, Ambrose J, Rice RE, Wiley RL. 2000. "Generation of reactive oxygen species after exhaustive aerobic and isometric exercise". *Med Sci Sports Exerc.* 32 (9): 1576-81.
- Aljadi AM, Kamaruddin MY. 2004. "Evaluation of the phenolic contents and antioxidant capacities of two Malaysian floral honeys". *Food Chem* 85: 513-518.
- Arsana, I Nyoman. 2014. Ekstrak Kulit Buah Manggis (*Garcinia mangostana* L.) dan Pelatihan Fisik Menurunkan Stres Oksidatif pada Tikus Wistar (*Rattus norvegicus*) selama Aktivitas Fisik Maksimal. Disertasi. Denpasar: Fakultas Kedokteran, Program Pascasarjana Universitas Udayana.
- Asami RK. 2013. Pengaruh Ekstrak Gingseng Jawa {*Talinum Paniculatum* (JACQ.) GAERTN.} pada Kebugaran Tikus Putih (*Rattus norvegicus*) Jantan. Tesis tidak diterbitkan. Surabaya: Fakultas Kedokteran, Universitas Airlangga.
- Astrand PO, Rodahl K, 1986, *Textbook work physiology*. New York: McGraw-Hill Book Company, 412-413.
- Bogdanov, Stefan., Jurendic, Tomislav., Sieber, Robert., Peter, Gallmann. 2008. "Honey for Nutrition and Health: a Review". *American Journal of the College of Nutrition* 27: 677-689.
- Bompa, Tudor O. 1994. *Theory and Methodology of Training: The Key to Athletic Performance*. Kendall/Hunt Publishing Company, IOWA. USA. Hal: 2-3.
- Castro, M. A. C. de., Neto, F. F. C., Lima, L. M. C., Silva, F.M. da., Oliveira, R. J. de., dan Zanesco. 2009. "Production of Free Radical and Catalase Activity During Acute Exercise Training in Young Men". *Biology of Sport*. 26 (2): 113-8.
- Cooper, K.H. 2001. *Sehat Tanpa Obat, Empat Langkah Revolusi Antioksidan yang Mengubah Hidup Anda*. Cetakan ke-1. Bandung: Penerbit Kaifa.
- Deddy Muhtadi. 2013. *Antioksidan & Kiat Sehat di Usia Produktif*. Bandung: CV.Alfabeta.
- Erejuwa, O.O., Sulaiman, S.A., Wahab, M.S.A. 2012. "Honey: A Novel Antioxidant". *Molecules* 17. Pp. 4400-4423.
- Fox El, Bowers R.W & Foss ML. 1998. *The Pysiological Basis of Physical Education and Athletics (4th Ed.)*. Philadelphia: Saunders College.
- Garrett WE, Kirkendal DT. 2000. *Exercise and Sport Science*. Philadelphia: Lippincott Williams&Wilkins.
- Gheldof N, Engeseth NJ. 2002. "Antioxidant capacity of honeys from various floral sources based on the determination of oxygen radical absorbance capacity and inhibition of in vitro lipoprotein oxidation in human serum samples". *J Agric Food Chem* 50: 3050-3055.
- Guyton AC, Hall JE. 1996. *Text Book of Medical Physiology*, 9th ed. Philadelphia: WB Saunders Company.
- Halliwell B dan Gutteridge JM. 1999. Free radicals, reactive species and toxicology. Dalam: Free radicals in biology and medicine 3rd edition. New York: Oxford University Press: 547-550.
- Hardianty, Desi. 2011. Pemberian Ekstrak Propolis Peroral Menurunkan Kadar F₂-Isoprostan dalam Urin Tikus Putih (*Rattus norvegicus*) Jantan yang Mengalami Aktivitas Fisik Maksimal. Tesis. Denpasar: Fakultas Kedokteran, Program Pascasarjana Universitas Udayana.
- Harjanto. 2003. Petanda Biologis dan Faktor yang Memengaruhi Derajat Stres Oksidatif pada Latihan Aerobik Sesaat. Disertasi tidak diterbitkan. Surabaya: Fakultas Kedokteran, Program Pascasarjana Universitas Airlangga.

- Hottenrott Kuno, Sebastian Ludyga dan Stephan Schulze. (2012). "Effects of high intensity training and continuous endurance training on aerobic capacity and body composition in recreationally active runners". *Journal of Sports Science and Medicine* 11:483-488.
- Kusumawati D. 2004. *Bersahabat dengan Hewan Coba*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Leeuwenburgh, C. & Heinecke, J.W. 2001. "Oxidative stress and antioxidants in exercise". *Journal of Medicinal Chemistry* 8(7):829-838.
- Marciniak, A., Brzeszczyńska, J., Gwoździński, K., dan Jegier, A. 2009. "Antioxidant capacity and physical exercise". *Biology of Sport* 26(3):197-213.
- Mayhew I. 2007. Ergogenic efficacy of honey based sports drink during a simulation 56 mile cycling time trial. Dissertation. University of Chester.
- Moussa A, Saad A, Noureddine D. 2012. "How Honey Acts as an Antioxidant"? *Med Aromat Plants* 1:121.
- Natalia. 2014. "Honey and its Anti-Inflammatory, Anti-Bacterial and Anti-Oxidant Properties". *General Medicine: Open Access* 2 (2): 1-5.
- National Honey Board. 2010. "Carbohydrate and the sweetness of honey", (Online), (<http://faculty.ksu.edu.sa> diakses 24 Juni 2015).
- Notoatmojo, Soekidjo. 2012. *Metodologi Penelitian Kesehatan*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Oztasan, N., Taysi, S., Altinkaynak, K. G. K., Aktas, O., Siktar, H. T. E., Keles, S., Akar, S., Dane, F. A. S., dan Gul, M. 2004. "Endurance Training Attenuates Exercise-Induced Oxidative Stress in Erythrocytes in Rat". *Eur J Appl Physiol* 91: 622-7.
- Pedersen BK, Hoffman-Goetz L. 2000. "Exercise and the immune system Regulation, Integration, and Adaptaion". *Physiological Review* 80(3): 1055-1081.
- Powers SK, Edward TH. 2007. *Exercise physiology, theory and application to fitness and performance*, 6th Ed. McGraw-Hill International Edition.
- Revan S, Erol AE. 2011. "Effects of endurance training on exhaustive exercise-induced oxidative stress markers". *African Journal of Pharmacy and Pharmacology* 5(3):437-441.
- Saikat Sen and Raja Chakraborty. 2011. *The Role of Antioxidants in Human Health*. Washington DC: ACS Symposium Series, American Chemical Society.
- Sauza, T.P., Oliveira, P.R., Pereira, B. 2005. "Physical Exercise and Oxidative Stress Effect on Intense Physical Exercise on Urinary Chemiluminescence and Plasmatic Malondialdehyde". *Rev Bras Med Esporte* 11(1).
- Schramm DD, Karim M, Heather, Schrader, Holt RR, Cardetti M, Keen CL. 2003. "Honey with high levels of antioxidants can provide protection to healthy human subjects". *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 1-4.
- Wilczyńska, Aleksandra. 2010. "Phenolic Content And Antioxidant Activity Of Different Types Of Polish Honey – A Short Report". *Polish journal of food and nutrition sciences* 60(4):309-313.
- Williams MH. 2007. *Nutrition for health, fitness, and sport*. 8th edition. New York: Mc Graw-Hill Companies, inc.
- Winarsi H. 2007. *Antioksidan Alami & Radikal Bebas*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- World Health Organization (WHO). 2012. Report of the Seventh Session on the Codex Commite on Sugar: Codex Alimentarius Commission, 24th session (2-7 Juli 2011).
- Yao LK, Razak SLA, Nazhirah I, Fai NC, Asgaf MHAM, Sharif NM, Aan GJ, Jubri Z. 2011. "Malaysian gelam honey reduces oxidative damage and modulates antioxidant enzyme activites in young and middle rats". *Journal of Medicine Plants* 5(23):5618-5625.