

PENGARUH MINUMAN BERENERGI YANG MENGANDUNG KAFEIN TERHADAP DENYUT JANTUNG DAN TEKANAN DARAH SERTA VO_2max

Fajar Apollo Sinaga

Dosen Faklutas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Medan

Abstrak

Pada saat ini banyak minuman berenergi yang mengandung kafein yang dipasarkan dan dipromosikan dengan mengklaim mempunyai khasiat bermacam-macam, yang kadang-kadang berlebihan dan belum terbukti kebenarannya. Banyak atlet sebelum bertanding terlebih dahulu mengonsumsi minuman berenergi sebelum mengikuti pertandingan dengan harapan mengonsumsi minuman berenergi akan meningkatkan penampilan (*performance*) tanpa mempertimbangkan efek samping yang mungkin terjadi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pemberian minuman berenergi yang mengandung kafein 50 mg dan 150 mg terhadap denyut jantung, Tekanan Darah Sistol (TDS) dan Tekanan Darah Diastol (TDD) dan konsumsi oksigen maksimal ($VO_2 Max$) sebelum dan setelah Lari Multi Tahap (LMT). Penelitian ini menggunakan metode eksperimental semu dengan rancangan *Randomized Control Group Pretest-Posttest Design*. Sampel penelitian menggunakan mahasiswa Ilmu Keolahragaan (IKOR) angkatan 2008 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK) Universitas Negeri Medan sebanyak 40 orang dengan usia rata-rata $19,5 \pm 0,52$ yang dibagi menjadi 4 kelompok, dengan jumlah masing-masing kelompok 10 orang. Kelompok I diberi minuman berenergi yang mengandung kafein 50 mg, kelompok II diberi minuman berenergi dengan dosis 150 mg, kelompok III diberi kafein dengan dosis 150 mg sedangkan kelompok IV adalah kelompok kontrol. Berdasarkan analisis data disimpulkan bahwa pemberian minuman berenergi yang mengandung kafein 50 mg sebelum LMT tidak meningkatkan denyut jantung/menit ($p \geq 0,05$), tetapi pemberian minuman berenergi yang mengandung kafein 150 mg sebelum dan sesudah LMT terjadi peningkatan denyut jantung/menit ($p \leq 0,05$). Pemberian minuman berenergi yang mengandung kafein 50 mg dan 150 mg tidak meningkatkan TDS sebelum LMT ($p \geq 0,05$), tetapi meningkatkan TDS setelah LMT ($p \leq 0,05$). Pemberian minuman berenergi yang mengandung kafein 50 mg dan 150 mg tidak meningkatkan TDD sebelum dan sesudah LMT ($p \geq 0,05$). Pemberian minuman berenergi yang mengandung kafein 50 mg dan 150 mg tidak meningkatkan $VO_2 max$ sesudah LMT ($p \geq 0,05$).

Kata kunci: Minuman berenergi, denyut jantung, tekanan darah, $VO_2 Max$

Pendahuluan

Pada saat ini banyak minuman berenergi yang dipasarkan dan dipromosikan dengan gencar baik di media cetak maupun elektronik khususnya

dalam acara-acara olahraga dengan menggunakan atlet-atlet terkenal sebagai model dengan mengklaim mempunyai khasiat bermacam-macam, yang kadang-kadang berlebihan dan belum terbukti kebenarannya. Klaim-klaim tersebut di antaranya adalah dapat menghilangkan kelelahan, meningkatkan ketahanan kerja (*endurance*), meningkatkan kewaspadaan, *alertness*, dan menambah energi (Ismail, dkk., 1998).

Pada masyarakat, makanan atau minuman berenergi sudah menjadi suatu kebutuhan, terutama untuk mengembalikan stamina setelah melakukan pekerjaan berat atau menambah tenaga jika ingin melakukan suatu aktivitas tertentu. Berdasarkan hasil pengamatan, produk-produk minuman berenergi ini sangat banyak dikonsumsi oleh olahragawan. Banyak atlet sebelum bertanding terlebih dahulu mengonsumsi minuman berenergi sebelum mengikuti pertandingan, bahkan sebagian diantaranya meminum sampai 3 botol/sachet. Mereka percaya bahwa dengan mengonsumsi minuman berenergi akan meningkatkan penampilan (*performance*).

Secara umum kandungan minuman terdiri atas pemanis, vitamin, stimulan dan berbagai zat tambahan seperti pemberi rasa dan aroma. Stimulan yang terdapat pada minuman berenergi pada umumnya mengandung kafein 50 mg. Beberapa minuman berenergi yang sering diminum yang mengandung kafein di antaranya adalah Kratingdaeng, Fit-up, Hemaviton, M150, Ekstrajoss, dan Galin Bugar. Kafein yang terkandung dalam minuman ini dipercaya mampu meningkatkan *mood* dan mempengaruhi perasaan seseorang sehingga merasa lebih baik. Selain stimulan minuman berenergi juga mengandung Vitamin B kompleks yang terdiri dari vitamin B1, B2, B3 dan B6. Vitamin ini dibutuhkan sebagai koenzim pada metabolisme zat-zat gizi untuk menghasilkan energi (Ismail, dkk., 1998).

Kafein adalah senyawa yang bersifat psikoaktif yang paling luas dikonsumsi di dunia dan kemungkinan merupakan salah satu stimulan yang paling umum digunakan dalam olahraga untuk meningkatkan penampilan seorang atlet (Faidon, *et al.*, 2005). Menurut Sinclair (2000), secara farmakologi kafein bekerja di dalam tubuh dan menimbulkan berbagai efek. Ada beberapa mekanisme yang

dapat menjelaskan mekanisme kerja kafein di antaranya adalah menyekat reseptor adenosin atau antagonisme reseptor adenosin, meningkatkan kadar asam lemak bebas (ALB), melepaskan epinefrin, melepaskan kortisol, dan mempengaruhi susunan saraf pusat (SSP).

Telah diketahui bahwa adenosin sebagai neurotransmitter mengaktifkan reseptor A₁, di mana akibat pengaktifan ini akan menghambat lipolisis yaitu penguraian lemak menjadi asam lemak dan gliserol. Salah satu cara kerja kafein adalah menghambat reseptor adenosin A₁ sehingga proses lipolisis meningkat yang kemudian meningkatkan kadar ALB (Marleen dan Wim, 2000).

Kafein juga diketahui meningkatkan proses lipolisis akibat peningkatan konsentrasi epinefrin sehingga terjadi peningkatan ALB (Graham dan Spriet, 1991). Peningkatan ALB dalam darah akan menghemat atau menunda pemakaian glikogen sebagai sumber energi sehingga akan memperbaiki *endurance* dan menunda kelelahan (Sinclair dan Geiger, 2000).

Peningkatan epinefrin dalam darah merupakan mekanisme penting yang memperkuat kinerja atlet. Penelitian menunjukkan bahwa kafein dapat melipatgandakan kadar epinefrin selama *exercise* sehingga meningkatkan metabolisme karbohidrat dan lemak. Efek metabolik epinefrin sesuai untuk situasi *fight-or-flight*. Kadar glukosa dan asam lemak yang tinggi merupakan tambahan energi untuk menjalankan berbagai aktivitas otot sehingga otot mendapat pasokan makanan yang cukup dan otot dapat menggunakan asam lemak sebagai sumber energi (Sinclair dan Geiger, 2000).

Kortisol telah diketahui berperan penting dalam adaptasi terhadap stres. Berbagai rangsangan yang dapat menimbulkan respon stres di antaranya adalah olahraga. Kortisol berperan penting dalam metabolisme karbohidrat, protein, dan lemak yang membantu mengatasi stres. Kortisol akan meningkatkan proses lipolisis sehingga terjadi pembebasan asam lemak bebas ke dalam darah. Asam lemak bebas yang dimobilisasi oleh kortisol ini kemudian digunakan sebagai bahan energi metabolik alternatif bagi jaringan pengganti glukosa, dengan demikian glukosa dapat dihemat (Sinclair dan Geiger, 2000).

Lemak adalah sumber energi utama pada aktivitas fisik yang lama seperti lari jarak jauh dan maraton. Selama berolahraga sedang seperti jogging dengan kecepatan 10 menit per mil, sumber energi yang berasal dari karbohidrat dan lemak adalah seimbang. Bila olahraga berlangsung lebih lama, sekitar 1 jam atau lebih, tubuh akan kehabisan karbohidrat, dan penggunaan lemak akan meningkat secara bertahap. Pada olahraga maraton misalnya lemak mensuplai hampir 80% kebutuhan energi tubuh (Ermita, 2005). Penggunaan asam lemak sebagai sumber energi memerlukan hidrolisis (lipolisis) trigliserida (lemak) dari jaringan lemak, otot, dan plasma (Jeffrey dan Samuel, 2000).

Melihat mekanisme kerja kafein di atas yang menghasilkan asam lemak bebas yang kemudian menggunakannya sebagai sumber energi pada olahraga yang bersifat daya tahan (*endurance*), maka klaim yang menyatakan bahwa minuman berenergi yang mengandung kafein dapat meningkatkan daya tahan (*endurance*) memang cukup beralasan, tetapi kebenarannya masih perlu dibuktikan secara farmakologi karena salah satu faktor yang mempengaruhi efek adalah faktor dosis.

Kafein juga mempunyai efek samping yang dapat mempengaruhi kesehatan. Salah satu efek samping kafein adalah efeknya terhadap sistem kardiovaskular yang mempengaruhi kesehatan atlet selama latihan karena meningkatkan denyut jantung, tekanan darah sistolik dan diastolik pada individu normal dan individu yang sedikit hipertensi (Jason, 1998). Sementara itu hasil penelitian yang dilakukan oleh Lamina dan Musa, 2007 menyimpulkan tidak ada pengaruh pemberian kafein secara akut terhadap kardiovaskular. Terkait dengan hal-hal tersebut di atas maka perlu diteliti apakah minuman berenergi yang mengandung kafein dapat meningkatkan denyut jantung dan tekanan darah sistolik dan diastolik pada orang yang melakukan olahraga yang bersifat *endurance* (daya tahan).

Metode

Penelitian ini adalah penelitian eksperimental semu dengan rancangan *Randomized Control Group Pretest-Posttest Design*. Lokasi penelitian adalah lapangan olahraga Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK) Universitas Negeri Medan.

Populasi Penelitian adalah seluruh mahasiswa Ilmu Keolahragaan (IKOR) angkatan 2008 Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Medan. Sampel penelitian sebanyak 40 orang diperoleh secara random, kemudian dibagi menjadi 4 kelompok masing-masing kelompok berjumlah 10 orang. Kelompok I diberi minuman berenergi yang mengandung kafein 50 mg, kelompok II diberi minuman berenergi dengan dosis 150 mg, kelompok III diberi kafein dengan dosis 150 mg sedangkan kelompok IV adalah kelompok kontrol diberi minuman mineral. Semua sampel harus memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi. Kriteria inklusi meliputi: jenis kelamin laki-laki, berbadan sehat melalui pemeriksaan dokter, bersedia menjadi sampel dan mengisi persyaratan bersedia mengikuti kegiatan penelitian dan tidak perokok. Kriteria eksklusi adalah peminum kopi atau minuman/makanan yang mengandung kafein, makan obat analgetik yang mengandung kafein

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah minuman berenergi yang mengandung kafein 50 mg, kafein dan minuman mineral

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah lintasan datar dan tidak licin (20 meter); meteran; kaset; tape recorder/radio tape player; kerucut; *Stopwatch*; format test, stetoskop dan tensi meter.

Prosedur Kerja

Tahapan pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Sebelum perlakuan penelitian, sampel diseleksi untuk memperoleh kesamaan (homogenitas) karakteristik sampel penelitian meliputi umur, berat badan dan tinggi badan
- b. kemudian dilakukan pretest dengan melakukan lari multi tahap (*bleep test*) untuk mengukur VO_2 maks, tekanan darah, dan denyut jantung.
- c. diistirahat selama satu minggu, selama istirahat sampel dilarang mengkonsumsi makanan/minuman yang mengandung kafein

- d. sampel kemudian dibagi atas 4 kelompok, kelompok I diberi minuman berenergi yang mengandung kafein dengan dosis 50 mg, kelompok II diberi minuman berenergi yang mengandung kafein dengan dosis 150 mg, kelompok III diberi kafein 150 mg dan kelompok IV sebagai kontrol.
- e. Setelah 60 menit pemberian minuman berenergi dilakukan pengukuran tekanan darah dan dilanjutkan dengan post test dengan melakukan lari multi tahap (*bleep test*) dan diukur kembali VO_2 maks, tekanan darah, denyut jantung.

Hasil dan Pembahasan

Kegiatan penelitian ini dilakukan pada mahasiswa Ilmu Keolahragaan (IKOR) Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK) Universitas Negeri Medan (UNIMED) sebanyak 40 orang. Usia mahasiswa berkisar antara 19-20 tahun ($19,5 \pm 0,52$ tahun), rata-rata tinggi badan berkisar antara 160-173 cm ($165,4 \pm 3,6$ cm) dan berat badan 55-68 kg ($61,7 \pm 4,5$ kg).

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan diperoleh data denyut jantung, TDS dan TDS seperti ditunjukkan pada tabel 1, sedangkan nilai VO_2 maks dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 1. Data denyut jantung, TDS dan TDD (Rerata \pm SD)

Kelompok	Waktu Pengukuran	Rerata Denyut Jantung (denyut/menit)	Rerata TDS (mmHg)	Rerata TDD (mmHg)
A (n=10)	0 menit	61,90 \pm 3,44	115,50 \pm 4,37	77,00 \pm 4,83
	60 menit	63,50 \pm 2,91	115,00 \pm 4,08	77,00 \pm 4,83
	Setelah LMT	146,20 \pm 3,15	154,50 \pm 4,37	77,00 \pm 4,83
B(n=10)	0 menit	60,90 \pm 3,38	115,00 \pm 4,08	78,00 \pm 4,83
	60 menit	69,20 \pm 4,41	119,00 \pm 3,94	78,00 \pm 4,83
	Setelah LMT	152,70 \pm 3,80	158,00 \pm 5,86	78,00 \pm 4,83
C(n=10)	0 menit	62,70 \pm 4,54	115,00 \pm 4,08	77,50 \pm 4,24
	60 menit	73,10 \pm 5,32	117,50 \pm 4,24	77,50 \pm 4,24
	Setelah LMT	151,00 \pm 3,77	159,50 \pm 5,50	77,50 \pm 4,24
D(n=10)	0 menit	63,10 \pm 4,30	115,50 \pm 4,37	79,00 \pm 5,67
	60 menit	63,20 \pm 5,02	115,50 \pm 4,37	79,00 \pm 5,67
	Setelah LMT	141,60 \pm 1,95	150,50 \pm 5,98	79,00 \pm 5,67

Keterangan:

- A = Kelompok yang diberi minuman berenergi yang mengandung kafein 50mg
 B = Kelompok yang diberi minuman berenergi yang mengandung kafein 150mg
 C = Kelompok yang diberi kafein 150mg
 D = Kelompok kontrol

Tabel 2. VO₂ maksimum kelompok kontrol dengan kelompok diberi minuman berenergi yang mengandung kafein (Rerata ± SD)

Kel	Rerata VO ₂ Maksimum (ml/Kg BB/menit)	
	LMT tanpa minum kafein	LMT setelah minum kafein
A	45,05 ± 1,24	45,16 ± 1,29
B	45,13 ± 1,57	45,20 ± 1,50
C	45,12 ± 1,67	45,21 ± 1,36
D	45,11 ± 1,80	45,10 ± 1,51

Dari hasil uji normalitas dan homogenitas data diperoleh nilai $p > 0,05$ yang menunjukkan bahwa data yang diperoleh adalah normal dan homogen.

Secara terperinci pembahasan ini mengacu pada hasil penelitian yang meliputi: karakteristik sampel penelitian; perbedaan pengaruh pemberian minuman berenergi yang mengandung kafein terhadap denyut jantung sebelum dan setelah LMT; perbedaan pengaruh pemberian minuman berenergi yang mengandung kafein terhadap TDS dan TDD sebelum dan setelah LMT; perbedaan pengaruh pemberian minuman berenergi yang mengandung kafein terhadap VO₂ maksimum setelah LMT dan perbedaan pengaruh pemberian minuman berenergi yang mengandung kafein terhadap KGD sebelum dan setelah LMT

Karakteristik Sampel Penelitian

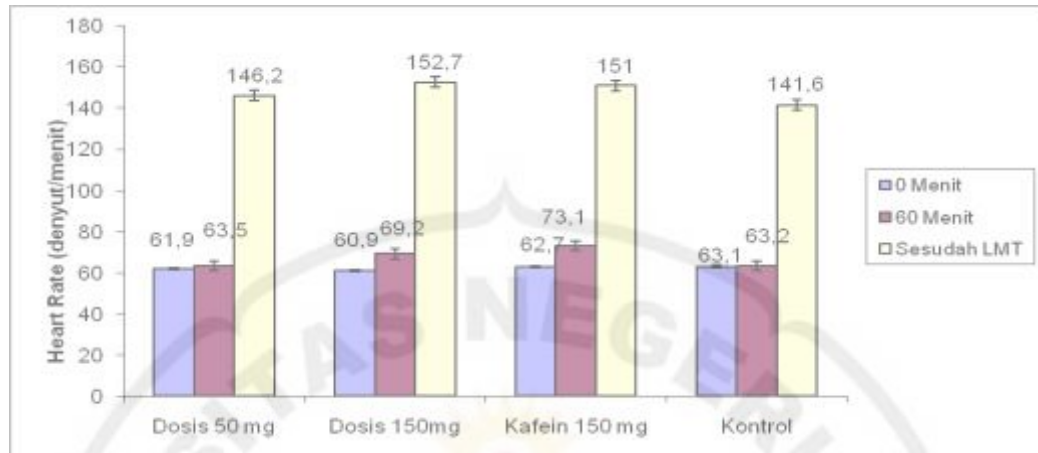
Sebelum penelitian dilaksanakan dilakukan seleksi untuk memperoleh kesamaan (homogenitas) karakteristik sampel penelitian. Karakteristik sampel penelitian meliputi umur, berat badan, tinggi badan dan VO₂ maksimum. Dari hasil perhitungan karakteristik umur sampel tidak ditemukan perbedaan yang bermakna $p > 0,05$. Tidak adanya perbedaan usia sampel dalam penelitian diharapkan maturasi otot antar kelompok juga tidak berbeda. Maturasi otot merupakan salah satu indikator kemampuan kekuatan tegangan otot, maturasi otot

yang sama berarti kekuatan tegangan otot adalah sama. Dengan kesamaan usia sampel dalam penelitian ini maka sampel penelitian telah memenuhi kriteria yang ditetapkan tanpa menunjukkan adanya variasi yang mengganggu homogenitas sampel.

Karakteristik berat badan, tinggi badan dan VO_2 maksimum sampel dalam penelitian ini tidak ada perbedaan yang bermakna. Tidak adanya perbedaan berat badan, tinggi badan dan VO_2 maksimum, maka kelompok sampel memiliki kemampuan dan kekuatan kerja fisik yang sama sehingga diharapkan tidak terdapat perbedaan yang berarti yang dapat mempengaruhi hasil penelitian terkait dengan perbedaan kemampuan dan kekuatan sampel.

1. Perbedaan pengaruh pemberian minuman berenergi yang mengandung kafein terhadap denyut jantung sebelum dan setelah Lari Multi Tahap

Denyut jantung merupakan salah satu parameter kardiovaskular yang sederhana dan efektif. Denyut jantung menggambarkan kerja jantung untuk memenuhi kebutuhan tubuh yang meningkat seiring dengan peningkatan aktivitas. Gambar 1 menunjukkan diagram denyut jantung sebelum dan setelah LMT, berdasarkan hasil penelitian dan hasil uji statistik diperoleh pada saat t_0 atau pada saat kondisi istirahat ketika masing-masing kelompok sampel belum diberikan minuman berenergi yang mengandung kafein, rerata denyut jantung sampel tidak menunjukkan perbedaan yang bermakna yaitu masing-masing $61,90 \pm 3,44$, $60,90 \pm 3,38$, $62,70 \pm 4,54$, dan $63,10 \pm 4,30$. ($p > 0,05$). Hal ini disebabkan karakteristik berat badan, tinggi badan dan VO_2 maksimum sampel adalah homogen. Tidak adanya perbedaan berat badan, tinggi badan dan VO_2 maksimum, maka kelompok sampel memiliki kemampuan dan kekuatan kerja fisik yang sama sehingga sampel memiliki denyut jantung yang relatif homogen.



Gambar 1. Diagram yang menggambarkan denyut jantung sebelum dan setelah Lari Multi Tahap (LMT) (Mean \pm SEM, n=10, anova $p \leq 0,05$)

Enam puluh menit setelah pemberian minuman berenergi dengan dosis 50 mg rerata denyut jantung meningkat dari $62,70 \pm 4,54$ menjadi $63,50 \pm 2,91$ denyut/menit tetapi peningkatan ini tidak berbeda secara signifikan ($p > 0,05$). Hal yang sama juga dialami oleh kelompok kontrol dari $63,10 \pm 4,30$ menjadi $63,20 \pm 5,02$ denyut/menit. ($p > 0,05$). Peningkatan denyut jantung yang signifikan ditemukan pada pemberian minuman berenergi dan pemberian kafein dengan dosis 150 mg yaitu dari $60,90 \pm 3,38$ menjadi $69,20 \pm 4,41$ dan $62,70 \pm 4,54$ menjadi $73,10 \pm 5,32$ denyut/menit. ($p < 0,05$). Berdasarkan data di atas memberi penjelasan bahwa faktor dosis sangat mempengaruhi peningkatan denyut jantung.

Pada pengukuran denyut jantung antara kelompok yang diberi minuman berenergi dengan dosis 50 mg dengan kelompok kontrol adalah $63,50 \pm 2,91$ berbanding $63,20 \pm 5,02$. ($p > 0,05$) tidak berbeda secara statistik. Perbedaan yang signifikan didapat pada pengukuran denyut jantung kelompok yang diberi minuman berenergi dosis 50 mg dan kelompok kontrol dengan kelompok sampel yang diberi minuman berenergi yang mengandung kafein dengan dosis 150 mg dan kafein dengan dosis 150 mg masing-masing $63,50 \pm 2,91$ dan $63,20 \pm 5,02$ berbanding $69,20 \pm 4,41$ dan $73,10 \pm 5,32$. ($p < 0,05$). Berdasarkan data di atas menjelaskan bahwa peningkatan denyut jantung sangat berhubungan erat dengan dosis kafein yang diberikan. Semakin besar dosis yang diberikan maka semakin besar peningkatan denyut jantung. Jika dibandingkan denyut jantung antara pemberian minuman berenergi dosis 150 mg dengan pemberian kafein dosis 150

mg menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan yaitu $69,20 \pm 4,41$ berbanding $73,10 \pm 5,32$. ($p > 0,05$). Berdasarkan data ini dapat diterangkan bahwa zat-zat lain yang terdapat pada minuman berenergi seperti vitamin, ginseng, taurine dan bahan tambahan lainnya tidak mempengaruhi efek yang ditimbulkan oleh kafein.

Hasil pengukuran setelah melakukan lari multi tahap terjadi peningkatan denyut jantung yang signifikan masing-masing kelompok ($p < 0,05$) jika dibandingkan dengan hasil pengukuran denyut jantung pada t_0 dan t_{60} menit. Hal ini disebabkan aktifitas fisik berhubungan dengan proses kontraksi otot. Proses kontraksi otot tidak terjadi tanpa adanya Adenosin Tri Phosphat (ATP). Meningkatnya aktifitas fisik maka kebutuhan ATP juga semakin besar sehingga jantung berdenyut lebih cepat untuk mensuplai energi dalam bentuk ATP. Begitu juga ditemukan perbedaan denyut jantung yang signifikan pada pengukuran kelompok yang diberi minuman berenergi dosis 50 mg dan kelompok kontrol dengan kelompok yang diberi minuman berenergi yang mengandung kafein dosis 150 mg dan kafein dosis 150mg ($p < 0,05$). Sedangkan hasil pengukuran denyut jantung setelah melakukan lari multi tahap setelah pemberian minuman berenergi yang mengandung kafein dosis 150 mg dan kafein dengan dengan dosis 150 mg tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan ($152,70 \pm 3,80$ berbanding $151,00 \pm 3,77$; $p > 0,05$)

Peningkatan denyut jantung setelah lari multi tahap disebabkan peningkatan *cardiac output* selama berolahraga. Besarnya peningkatan *cardiac output* disebabkan meningkatnya *stroke volume*, yaitu jumlah darah yang dipompa jantung setiap denyut dan *heart rate*, yaitu denyut jantung per menit. Saat mulai latihan, denyut jantung akan meningkat dengan cepat seiring dengan intensitas latihan. Hal ini terjadi bersamaan dengan meningkatnya kebutuhan tubuh akan oksigen yang dibawa oleh darah yang dibutuhkan pada proses oksidasi untuk menghasilkan energi yang dibutuhkan pada proses aktivitas otot.

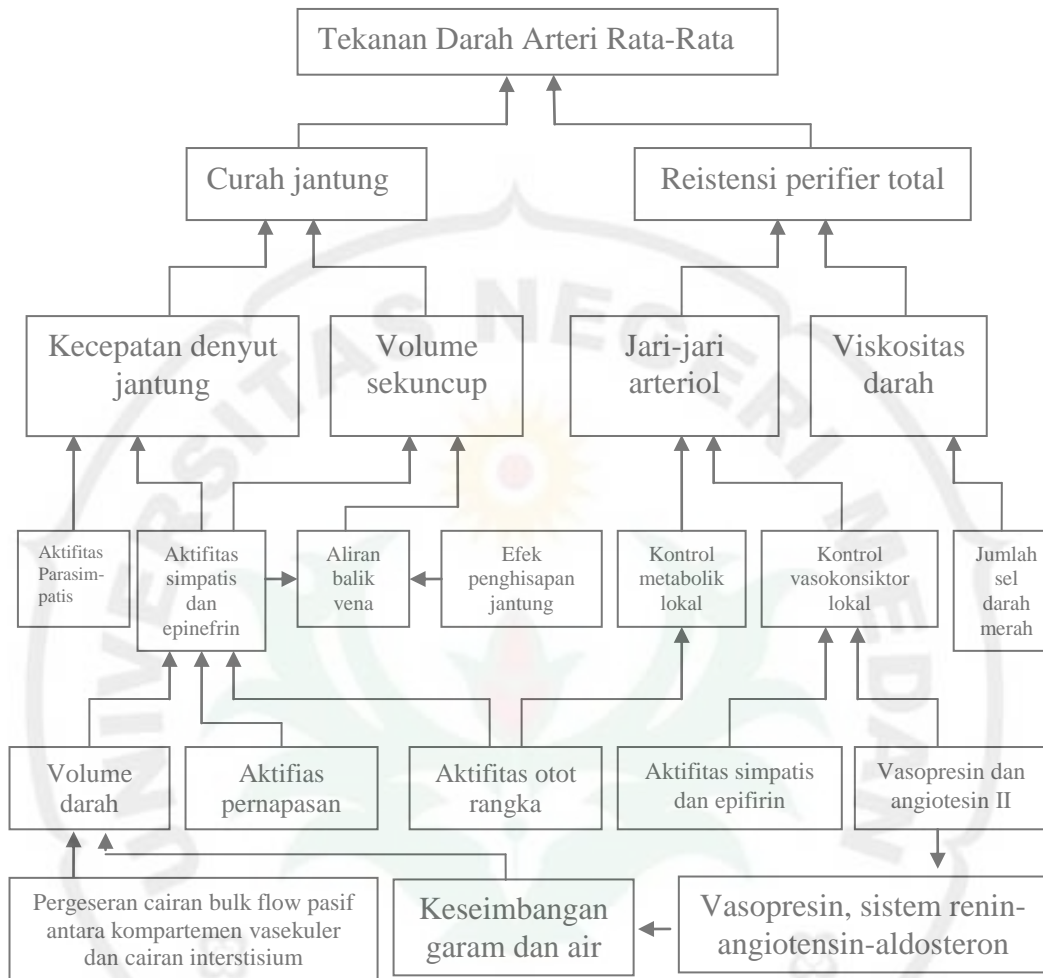
Berdasarkan hasil penelitian juga diperoleh peningkatan rerata denyut jantung akibat pemberian minuman berenergi yang mengandung kafein dengan dosis 150 mg. Peningkatan ini diakibatkan kafein merangsang sistem saraf simpatis sehingga jumlah adrenalin yang dilepaskan pada ujung saraf meningkat.

Semakin besar jumlah adrenalin yang dilepaskan pada ujung saraf maka semakin banyak adrenalin yang berikatan dengan reseptor β_1 pada jantung yang menyebabkan peningkatan denyut dan kekuatan kontraksi jantung. Selain itu efek utama stimulasi simpatis nodus SA adalah meningkatkan laju depolarisasi sehingga ambang lebih cepat dicapai. Pergeseran ke ambang yang berlangsung lebih cepat di bawah pengaruh simpatis ini menyebabkan peningkatan frekuensi pembentukan potensial aksi dan dengan demikian laju denyut jantung bertambah. Pada sel-sel kontraktile atrium dan ventrikel memiliki banyak ujung saraf simpatis, stimulasi simpatis meningkatkan kekuatan kontraktile sehingga jantung berdenyut lebih kuat. Efek ini terjadi akibat peningkatan permeabilitas Ca^{++} yang meningkatkan influks Ca^{++} dan memperkuat partisipasi Ca^{++} dalam proses penggabungan eksitasi-kontraksi.

2. Perbedaan pengaruh pemberian minuman berenergi yang mengandung kafein terhadap TDS dan TDD sebelum dan setelah LMT

Tekanan darah merupakan gaya yang ditimbulkan oleh darah terhadap dinding pembuluh darah, bergantung kepada volume darah yang terkandung di dalam pembuluh dan *compliance* atau daya regang (*distensibility*). Tekanan maksimum yang ditimbulkan di arteri selama sistole atau tekanan sistolik, rata-rata adalah 120 mmHg. Tekanan minimum di dalam arteri sewaktu darah mengalir ke luar ke pembuluh di hilir selama diastole, yakni tekanan diastolik rata-rata 80 mmHg.





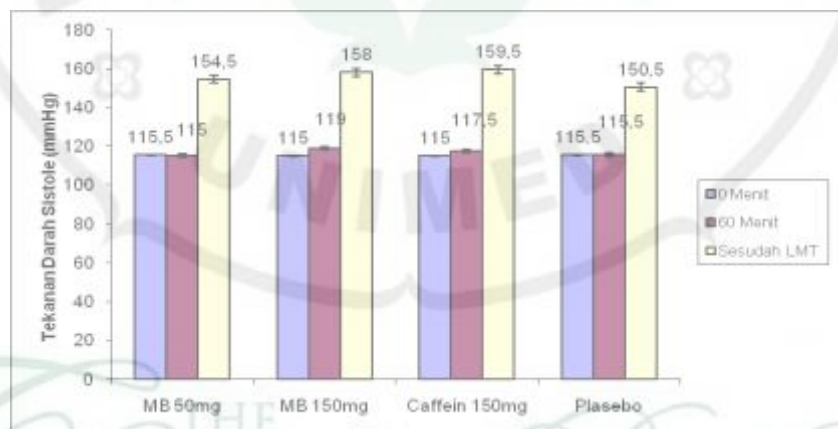
Gambar 2. Faktor-faktor yang mempengaruhi tekanan arteri rata-rata.

Yang lebih penting daripada fluktuasi tekanan sistolik dan diastolik adalah tekanan arteri rata-rata, yaitu tekanan rata-rata yang bertanggung jawab mendorong darah maju ke jaringan selama seluruh siklus jantung. Mekanisme yang melibatkan integrasi berbagai komponen sistem sirkulasi dan sistem tubuh lain penting untuk mengukur tekanan arteri rata-rata seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Merujuk pada Gambar 2 di atas nampak bahwa dua penentu utama tekanan arteri rata-rata adalah curah jantung dan resistensi perifer total. Sejumlah faktor menentukan curah jantung dan resistensi perifer total. Perubahan setiap faktor tersebut akan mengubah tekanan darah.

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh rerata TDS pada saat t0 masing masing kelompok adalah $115,50 \pm 0,08$, $115,00 \pm 0,20$, $115,00 \pm 0,20$ dan $115,5 \pm 0,08$ dengan nilai $p > 0,05$ yang berarti TDS tidak berbeda secara signifikan. Hal

ini disebabkan masing-masing kelompok memiliki karakteristik berat badan, tinggi badan dan VO_2 maksimum yang homogen disamping aktifitas harian masing-masing kelompok relatif sama. Setelah 60 menit pemberian minuman berenergi yang mengandung kofein, TDS masing-masing kelompok mengalami peningkatan masing-masing menjadi $115,00 \pm 4,08$; $119,00 \pm 3,94$; $117,50 \pm 4,24$; $115,50 \pm 4,37$ dengan nilai $p > 0,05$ artinya peningkatan TDS ini adalah tidak signifikan secara statistik. TDS mengalami peningkatan yang bermakna setelah melakukan LMT yaitu dari $115,00 \pm 4,08$; $119,00 \pm 3,94$; $117,50 \pm 4,24$; $115,50 \pm 4,37$ menjadi $154,50 \pm 4,37$; $158,00 \pm 5,86$; $159,50 \pm 5,50$; $150,50 \pm 5,98$ mmHg ($p < 0,05$) seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

Secara fisiologi selama kerja fisik yang dalam penelitian ini adalah LMT, terjadi tiga efek utama yang penting bagi sistem sirkulasi untuk menyediakan banyak aliran darah yang dibutuhkan oleh otot. Efek-efek ini adalah pengeluaran rangsangan yang besar sekali (*mass discharge*) dari sistem saraf simpatis di seluruh tubuh dengan akibat perangsangan pada sirkulasi, kenaikan tekanan arteri, dan kenaikan curah jantung (Guyton and Hall, 1996).



Gambar 3. Diagram TDS sebelum dan setelah LMT (Mean \pm SEM, n=10, anova $p \leq 0,05$).

Pada permulaan LMT, sinyal tidak hanya dijalarkan dari otak menuju otot namun juga dari pusat pengatur otot di otak ke pusat vasomotor untuk memulai pengeluaran rangsangan simpatis yang besar. Secara bersamaan, sinyal parasimpatis ke jantung menjadi sangat lemah. Karena itu, timbul tiga pengaruh yang mempengaruhi tekanan darah.

Pengaruh yang pertama adalah norepinefrin yang disekresikan pada ujung saraf simpatis dan medula adrenal selama LMT akan menduduki reseptor β_1 pada jantung sehingga kecepatan denyut jantung dan kekuatan pemompaannya menjadi sangat meningkat yang mengakibatkan kenaikan TDS.

Pengaruh yang kedua adalah norepinefrin yang disekresikan pada ujung saraf simpatis dan medula adrenal selama LMT akan menduduki reseptor α_1 dan α_2 pada arteriol dan arteri kecil pada sebagian besar jaringan tubuh kecuali otot-otot yang aktif yang berdilatasi akibat pengaruh vasodilator lokal dalam otot itu sendiri.

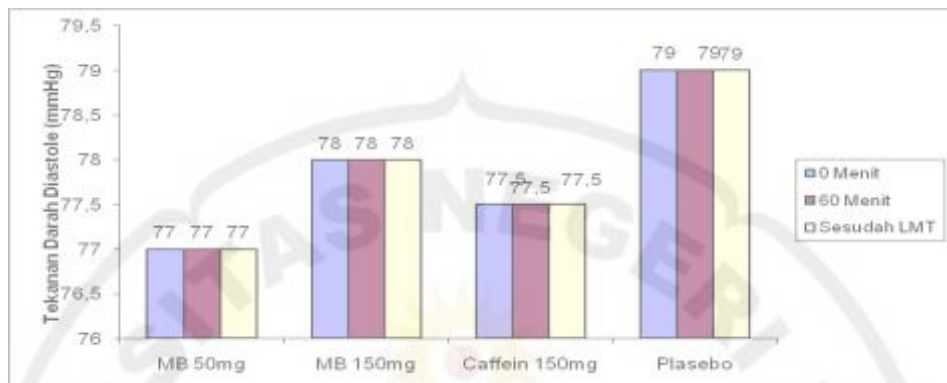
Pengaruh yang ketiga adalah norepinefrin akan menduduki reseptor α_1 pada vena akan menyebabkan vasokonstriksi sehingga terjadi peningkatan yang besar pada tekanan pengisian sistemik rata-rata yang terutama disebabkan kontraksi vena.

Ketiga efek yang terjadi bekerja bersama-sama saat LMT yang akhirnya meningkatkan tekanan darah arteri terutama TDS seperti telah ditunjukkan pada Gambar 2.

Jika dibandingkan TDS antara kelompok subjek setelah LMT maka terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok yang diberikan minuman berenergi dosis 150 mg dengan kelompok kontrol ($p < 0,05$), tetapi tidak menunjukkan perbedaan dengan kelompok yang diberi minuman berenergi dengan dosis 50 mg. Perbedaan yang tidak bermakna juga dijumpai pada kelompok yang diberi minuman berenergi dengan dosis 50 mg dengan kelompok kontrol ($p > 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa untuk TDS akan meningkat seiring dengan peningkatan dosis kafein.

Berdasarkan hasil penelitian juga diperoleh nilai rerata TDD masing-masing sampel pada t_0 yaitu waktu sebelum diberikan minuman berenergi yang mengandung kafein, rata-rata tidak menunjukkan perbedaan yang bermakna yaitu masing-masing $77,00 \pm 4,83$, $78,00 \pm 4,83$, $77,50 \pm 4,24$ dan $79,00 \pm 5,67$. ($p > 0,05$). Enam puluh menit setelah pemberian minuman berenergi yang mengandung kafein kembali dilakukan pengukuran TDD dan menunjukkan tidak ada perbedaan yang bermakna dengan t_0 ($p > 0,05$). TDD yang sama juga

diperoleh pada pengukuran setelah lari multi tahap ($p > 0,05$) seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram TDD sebelum dan setelah LMT (Mean \pm SEM, $n=10$, anova $p \leq 0,05$).

Peningkatan TDS terjadi karena selama olahraga gerak akan terjadi peningkatan *cardiac output* terutama pada peningkatan *stroke volume* dan *heart rate* yang dipengaruhi oleh saraf simpatis. Pengaruh LMT pada TDS lebih besar dibandingkan TDD karena selama peningkatan metabolisme akibat LMT, konsentrasi lokal sejumlah zat kimia pada arteriol berubah seperti konsentrasi O_2 lokal berkurang karena sel-sel yang aktif melakukan metabolisme menggunakan lebih banyak O_2 . Perubahan ini dan perubahan kimiawi lokal lainnya menimbulkan dilatasi arteriol lokal dengan mencetuskan relaksasi otot polos arteriol tanpa melibatkan saraf atau hormon. Dilatasi arteriol selama LMT akan diperkuat akibat efek stimulasi simpatis pada reseptor β_2 yang terdapat pada otot skelet yang mengakibatkan darah lebih banyak mengalir pada arteri melalui arteriole dan memasuki kapiler otot jadi mengalami sedikit perubahan TDD. Hasil penelitian ini sama dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Ravi, 1988 dan Jason *et al.*, 1998. Dalam penelitiannya Ravi membandingkan efek minuman yang mengandung kafein dan minuman yang telah dihilangkan kafeinnya pada subjek yang melakukan aktifitas fisik menggunakan treadmill. Hasil penelitian menunjukkan efek kedua jenis minuman tidak menunjukkan perbedaan TDD. Penelitian yang hampir sama juga dilakukan oleh Jason, 1998 dan ditemukan bahwa kafein tidak mempengaruhi TDD tetapi mempengaruhi TDS.

3. Perbedaan pengaruh pemberian minuman berenergi yang mengandung kafein terhadap VO_2 maksimum setelah LMT

VO_2 maksimum adalah jumlah maksimal oksigen yang dapat dikonsumsi selama aktivitas fisik yang intens sampai akhirnya terjadi kelelahan. VO_2 maksimum merefleksikan keadaan paru, kardiovaskuler, dan hematologik dalam pengantaran oksigen, serta mekanisme oksidatif dari otot yang melakukan aktivitas. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi nilai VO_2 maksimum diantaranya adalah umur, jenis kelamin dan keadaan latihan.

Penelitian *cross-sectional* dan longitudinal nilai VO_2 maksimum pada anak usia 8-16 tahun yang tidak dilatih menunjukkan kenaikan progresif dan linier dari puncak kemampuan aerobik, sehubungan dengan umur kronologis pada anak perempuan dan laki-laki. VO_2 maksimum anak laki-laki menjadi lebih tinggi mulai umur 10 tahun (Amstrong, N, 2006), walau ada yang berpendapat latihan ketahanan tidak terpengaruh pada kemampuan aerobik sebelum usia 11 tahun (Fox, 2003). Puncak nilai VO_2 maksimum dicapai kurang lebih pada usia 18-20 tahun pada kedua jenis kelamin (Fox, 2003).

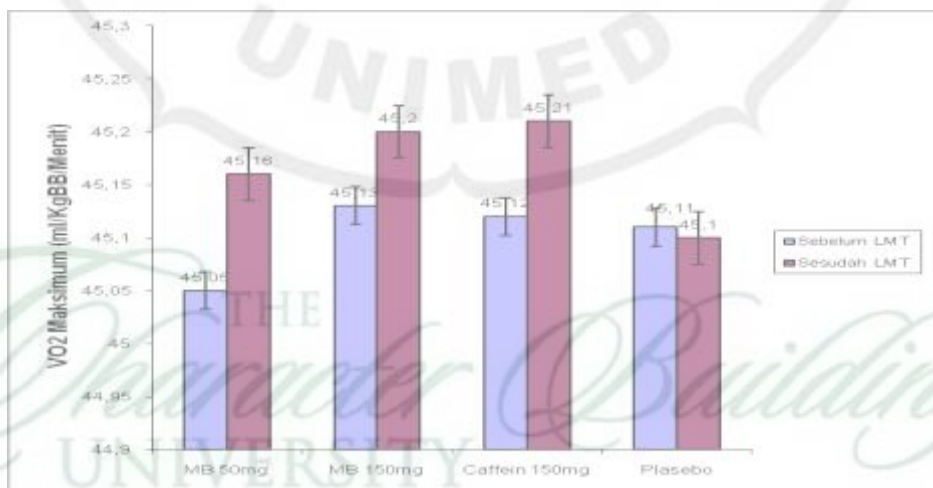
Kemampuan aerobik wanita sekitar 20% lebih rendah dari pria pada usia yang sama. Hal ini dikarenakan perbedaan hormonal yang menyebabkan wanita memiliki konsentrasi hemoglobin lebih rendah dan lemak tubuh lebih besar. Wanita juga memiliki massa otot lebih kecil daripada pria. Mulai umur 10 tahun, VO_2 max anak laki-laki menjadi lebih tinggi 12% dari anak perempuan. Pada umur 12 tahun, perbedaannya menjadi 20%, dan pada umur 16 tahun VO_2 max anak laki-laki 37% lebih tinggi dibanding anak perempuan (Amstrong, N, 2006).

Latihan fisik dapat meningkatkan nilai VO_2 maksimum. Namun begitu, VO_2 maksimum ini tidak terpaku pada nilai tertentu, tetapi dapat berubah sesuai tingkat dan intensitas aktivitas fisik. Latihan fisik yang efektif bersifat *endurance* dan meliputi durasi, frekuensi, dan intensitas tertentu dapat menaikkan VO_2 maksimum (Vander, *et al.*, 2001).

Pada penelitian ini pengukuran VO_2 maksimum dilakukan sebelum subjek diberikan minuman berenergi yang mengandung kafein dengan melakukan LMT.

Hasil pengukuran menunjukkan VO_2 maksimum masing-masing kelompok adalah tidak berbeda secara bermakna yaitu $45,05 \pm 1,24$; $45,13 \pm 1,57$; $45,12 \pm 1,66$ dan $45,11 \pm 1,80$ ml/kgBB/menit ($p > 0,05$). Banyak faktor penyebab sehingga VO_2 maksimum subjek penelitian tidak berbeda secara statistik, di antaranya faktor usia. Pada penelitian ini subjek memiliki usia yang hampir sama. Selain itu dari hasil pengukuran berat badan dan tinggi badan subjek adalah hampir sama dan jika dihitung *Body Massa Index* (BMI) tidak berbeda secara bermakna. Faktor lain yang mendukung sehingga VO_2 maksimum homogen adalah semuanya subjek mempunyai jenis kelamin yang sama yaitu laki-laki dan mempunyai aktifitas fisik harian yang hampir sama yaitu kuliah dengan latihan fisik tiga kali seminggu.

Enam puluh menit setelah pemberian minuman berenergi yang mengandung kofein dilakukan LMT pada subjek dan diukur VO_2 maksimum. Hasilnya pengukuran menunjukkan terjadi peningkatan VO_2 maksimum yaitu masing-masing $45,16 \pm 1,297$; $45,20 \pm 1,50$; $45,21 \pm 1,36$; $45,10 \pm 1,50$ ml/kg BB/menit ($p > 0,05$) tetapi bila dibandingkan dengan VO_2 maksimum sebelum pemberian minuman berenergi, peningkatan ini tidak berbeda secara statistik seperti ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 5. Diagram VO_2 maksimum kelompok kontrol dengan kelompok perlakuan setelah LMT (Mean ± SEM, n=10, Anova $p \leq 0,05$).

Secara farmakologi kofein bekerja dengan cara meningkatkan proses lipolisis yaitu perubahan lemak menjadi asam lemak bebas yang digunakan

sebagai sumber energi pada olahraga yang bersifat *endurance*, dengan demikian dapat menghemat pemakaian glikogen. Penghematan glikogen sebagai sumber energi akan memperbaiki *endurance* dan menunda kelelahan yang dapat dilihat dari nilai VO_2 maksimum subjek dan mekanisme inilah terutama yang menjelaskan bagaimana kafein memberi keuntungan pada penampilan seorang atlet (Constill, 1977).

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh peningkatan VO_2 maksimum tetapi peningkatan ini tidak signifikan. Salah satu faktor penyebab yang dapat menjelaskan hal ini adalah dosis yang digunakan terlalu kecil. Menurut teori pendudukan reseptor (*reseptor occupancy*), intensitas efek obat berbanding lurus dengan fraksi reseptor obat yang diduduki atau diikatnya dan intensitas efek mencapai maksimal bila seluruh reseptor diduduki oleh obat.

Jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Graham, *et al.*, (1998) yang meneliti efek kafein terhadap atlet lari dan bersepeda, ternyata terjadi peningkatan VO_2 maksimum, tetapi pada penelitian itu Graham, *et al.*, (1998) menggunakan dosis kafein 9 mg/kg BB dimana dosis ini jauh lebih besar dibandingkan dengan dosis yang digunakan pada penelitian ini ($\pm 2,43$ mg/kg BB). Hasil penelitian ini sama dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Sandra *et al.*, (2006) dengan menggunakan dosis kafein 3 mg/Kg BB dan juga penelitian yang dilakukan oleh Sikiru, *et al.*, (2008) yang meneliti efek kafein dosis 5 mg/kg BB terhadap VO_2 maksimum. Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya maka faktor dosis sangat menentukan peningkatan VO_2 maksimum.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan perhitungan statistik dengan menggunakan uji anova maka dapat disimpulkan:

- a. Pemberian minuman berenergi yang mengandung kafein dengan dosis 50 mg tidak meningkatkan denyut jantung/menit sebelum LMT, tetapi pemberian minuman berenergi yang mengandung kafein 150 mg terjadi peningkatan denyut jantung/menit secara signifikan.
- b. Pemberian minuman berenergi yang mengandung kafein 50 mg dan 150 mg tidak dapat meningkatkan TDD sebelum dan setelah LMT. Pemberian

minuman berenergi yang mengandung kofein 50 mg dan 150 mg tidak dapat meningkatkan TDS sebelum LMT, tetapi terjadi peningkatan TDS setelah LMT.

- c. Pemberian minuman berenergi yang mengandung kofein 50 mg dan 150 mg tidak dapat meningkatkan VO_2 maksimum pada LMT.

Daftar Pustaka

- Agundez, J.A., Gallardo, L., Martinez, C., Gervasini, G., Benitez, J. (1998) *Modulation of CYP1A2 Enzyme Activity by Indoleamines. Inhibition by Serotonin and Triptamine* 8(3): 251-8.
- Arnaud, M.J. (1987). The Pharmacological of Caffeine. *Prog Drug Res.* 31: 273-312.
- Astorin, T., Robergs, R., Ghiasvand, Markds, D., Burns, S. (2000). Incidence of the Oxygen Plateau at VO_2 max during Exercise Testing to Volitional Fatigue. *Journal of The American Society of Exercise Physiologist.* 3:2.
- Bangsbo, J., Jacobsen, K., Nordberg, N., Christensen, N.J., and Graham, T.E. (1992). Acute and habitual caffeine ingestion and metabolic responses to steady-state exercise. *Journal of Applied Physiology.* 72(4): 1297-1303.
- Barone, J.J., and Roberts, H.R. (1996). Caffeine consumption. *Food Chem. Toxicol.* 34: 119-129.
- Batram, D.S., Graham, T.E., Richter, E.A., and Dela, F. (2005). The effect of caffeine on glucose kinetics in humans-influence of adrenaline. *Journal of Physiology.* 569 (1): 347-355.
- Brenner, I., Shek, P.N., Zamecnik, J., Shephard, R.J. (1998). Stress hormones and the immunological responses to heat and exercise. *International J Sports Med.* 19(2): 130-143.
- Clarkson, P.M., Haynes, E.M. Exercise and mineral status of athletes: Calcium, magnesium, phosphorus, and iron. *Med Sci Sports Exercise* 27(6): 831-43.
- Chesley, A., Howlett, R.A., Heigenhauser, G.J.F., Hultman, E., Spriet, L.L. (1998). Regulation of Glycogenolytic flux During Intense Aerobic Exercise After Ingestion. *Am J Physiol.* 275(21): 596-603.
- Collomp, K., Anselme, F., Audran, M., Gay, J.P., Chanal, J.L., Prefaut, C. (1996). Effect of Moderate Exercise on the Pharmacokinetics of Caffeine. *Eur J Clin Pharmacol.* 40(3): 279-82.
- Constill, D.L., Coyle, E., Dalsky, G., Evans, W., Fink, W., Hoopes, D. (1977). Effects of Elevated Plasma FFA and Insulin on Muscle Glycogen Usage During Exercise. *J Appl Physiol.* 43(4): 695-699.
- Daniels, J.W., Mole, P.A., Shafforth, J.D., Stebbins, C.L. (1998). Effect of caffeine on blood pressure, heart rate, and forearm blood flow during dynamic leg exercise. *J Appl Physiol.* 85(1): 154-159.

- Dekkers, J.C., Van Doornen, L.J., Kemper, H.C. (1996). The role of antioxidant vitamins and enzymes in the prevention of exercise-induced muscle damage. *Sports Med.* 21(3): 213-238.
- Dunthel, J.M., Vallon, J.J., Martin, G., Ferret, J.M., Mathieu, R., Videman, R. (1991). Caffeine and Sports: Role of Physical Exercise Upon Elimination. *Med Sci Sports Exerc* 23(8): 207-228
- Edlund, A., Conradsson, T., Solleli, A. (1995). A role for adenosine coronary vasoregulation in man. Effects of theophylline and enprofylline. *Clin Physiol.* 15(6): 623-636
- Ermita, I.I. (2007). Nutrisi pada atlet.
- Faidon, M., Stavros, A.K. (2005). Caffeine Use in Sports, Pharmacokinetics in Man, and Cellular Mechanisms of Action. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.* Boca Raton. 45(7): 535.
- Fox, S.I. (2003). Muscle: Mechanism of Contraction and Neural Control. In: *Fox SI. Human Physiology*, 8th ed. Kota: McGraw-Hill. p. 343.
- Fredholm, B.B., Battig, K., Holmen, J., Nehlig, A., and Zvartau, E.E. (1999). Actions of caffeine in the brain with special reference to factors that contribute to its widespread use. *Pharmacological Reviews.* 51: 81-125.
- Fulceri, R., Knudsen, J., Giunti, R., Volpe, P., Alessandra, N., Benedetti, A. (1997). Fatty acyl CoA binding protein complexes activate the Ca²⁺ release channel of skeletal muscle sarcoplasmic reticulum. *Biochem J.* 325: 423-428.
- Garrett, B.E., Griffiths, R.R. (1997). The role of dopamine in the behavioral effects of caffeine in animals and human. *Pharmacol Biochem Behav.* 57(3): 533-541
- Graham, T.E., Rush, J.W., Van Soeren, M.H. (1994). Caffeine and exercise: Metabolism and performance. *Can J Appl Phys.* 19(1): 111-138.
- Graham, T.E. and Spriet, L.L. (1991). Performance and metabolic responses to a high caffeine dose during prolonged exercise. *Journal of Applied Physiology.* 71: 2292-2298.
- Goasduff, T., Dreano, Y., Guillois, B., Menez, J.F., Berthou, F. (1996). Introduction of Liver and Kidney CYP1A1/1A2 by Caffeine in Rat. *Biochem Pharmacol.* 52: 1915-1919.
- Ismail, N.E., Suheryanto, R., Kustomo, S., Harsono, W.J.B. (1998). Efektivitas Extra Joss dalam memperbaiki kinerja ketahanan kerja. *Cermin Dunia Kedokteran No. 121.*
- James, J.E. (1997). In habitual caffeine use a preventable cardiovascular risk factor. *Lancet.* 349: 279-281.
- Jack, H. *Caffeine and Sports Performance.* Diperoleh dari http://www.vanderbilt.edu/AnS/psychology/health_psychology/caffeine_sports.htm. Diakses pada tanggal 10 Januari 2010, jam 10.00 WIB.
- Kivity, S., Aharon, Y.B., Man, A., Topilisky, M. (1995). The effect of caffeine on exercise-induced bronchoconstriction. *Ches* 97:1083-1085.
- Klotz, K.N., Hessling, J., Hegler, J.O.C., Kull, B., Fredholm, B.B. (1998) Comparative Pharmacology of Human Adenosine Receptor Subtypes

- Characterization of Stably Transfected Receptors in CHO cells. *Naunyn Schmied Arch Pharmacol.* 357(1):1-9
- Kovacs, E.M.R., Stegen, J.H.C.H., Brouns, F. (1998). Effect of caffeinated drinks on substrate metabolism, caffeine excretion, and performance. *Journal of Applied Physiology.* 85(2): 709-715.
- Le Marchand, L., Franke, A.A., Custer, L., Wilken, L.R., Cooney, R.V. (1997). Lifestyles and Nutritional Correlates of Cytochrome CYP1A2 Activity: Inverse Associations with Plasma Lutein and alpha-tocopherol. *Pharmacogenetics.* 7(1): 9-11
- Lindinger, M.I., Graham, T.E., Spriet, L.L. (1993). Caffeine attenuates the exercise-induced increase in plasma (K⁺) in human. *J Appl Physiol.* 74(3): 1149-1155
- Marangos, P.J., Paul, S.M., Greenlaw, P., Goodwin, F.K., Skolnick, P. (1978). Demonstration of an endogenous, competitive inhibitor (s) of (³H) diazepam binding in bovine brain. *Life Sci.* 22(21): 900-1893.
- Michelle, C.D. *Caffeine in Athletics*. Diperoleh dari http://www.vanderbilt.edu/AnS/psychology/health_psychology/3Caffeine.htm#affect. Diakses pada tanggal 10 Januari 2010, jam 10.30 WIB.
- Mohr, T.M., Van Soeren, M., Graham, T.E., Kjaer, M. Caffeine Ingestion and Metabolic Responses of Tetraplegic Humans During Electrical Cycling. *J Appl Physiol.* 85(3): 979-85
- Nehlig, A., Debry, G. (1994). Caffeine and sports activity: A review. *Int J Sports Med.* 15(5): 215-23
- Ogawa, Y. (1994). Role of ryanodine receptors. *Crit Rev Biochem Mol Bio.* 29(4): 229-74
- Olah, M.E., Stiles, G.L. (1995). Adenosine receptor subtypes: Characterization and therapeutic. *Annu Rev Pharmacol Toxicol.* 35: 581-606
- Sandra, B.R., Paula, F., Ana, C.Lopes., André, V.S.R., Henrique, M.G.P., Estélio, H.M.D., Francisco, R.A.N. (2006). Effects of caffeine (3 mg) on maximal oxygen consumption, plasmatic lactate and reaction time after maximum effort. *International Journal of Sport Science.* VOL II. Pág: 42-52
- Santoso, G (2007). *Metodologi Penelitian*. Prestasi Pustaka Jakarta. Hal 10-30.
- Schmitdt, C., Bellingham, M.C., Richer, D.W. Adenosinergic modulation of respiratory neurons and hypoxic responses in the anaesthetized cat. *J Physiol (London).* 483 (3): 769-81
- Shum, S., Seale, C., Hathaway, D., Chucovich, V., Beard, D. (1997). Acute caffeine ingestion fatalities: management issues. *Vet Hum Toxicol:* 39 (4): 228-30
- Sikiru, L., Danladi, I.M. (2008). Effects Of Two Levels Of Caffeine Doses On Endurance Performance Of Normal Young Black African Subjects. *Doping Journal.* Vol.5:1.
- Sinclair, C.J.D., Geiger, J.D. (2000) Caffeine use in sports: A pharmacological review. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness.* Turin. 40 (1): 71-79.

- Sjogaard, G. (1990). Exercise-induced muscle fatigue. The significance of potassium. *Acta Physiol Scand.* 593: 1-63.
- Spriet, L.L., Maclean, D.A., Dyck, D.J., Hultman, E., Cederblad, G., Graham, T.E. (1992). Caffeine ingestion and muscle metabolism during prolonged exercise in humans. *Am J Physiol.* 262(2): 891-898.
- Spriet, L.L. (1999). Caffeine and performance. *Int J Sports Med.* 5 (1): 584-599.
- Swanson, J.A., Lee, J.W., Hopp, J.W., Berk, L.S. (1997). The Impact of Caffeine Use on Tobacco Cessation and Withdrawal. *Addict Behav.* 22(1) 55-68.
- Vander, et al. (2001). *Human Physiology : The Respiratory System.* In : Human Physiology The Mechanism of Body Function, 8nd ed. Boston : McGraw-Hill.
- Van Soeren, M.H., Sathasivam, P., Spriet, L.L., Graham, T.E. (1993). Caffeine metabolism and epinephrine responses during exercise in users and nonusers. *J Appl Phys* 75(2): 805-812.
- Van Soeren, M.H., and Graham, T.E. (1998). Effect of caffeine on metabolism, exercise endurance, and catecholamine responses after withdrawal. *Journal of Applied Physiology.* 85(4): 1493-1501.
- Vistisen, K., Hendrik, H.E., Loft, S. (1992). Foreign Compound Metabolism Capacity in Man Measured from Metabolites of Dietary Caffeine. *Carcinogenesis* 13(9): 1561-1568.
- Tarnapolosky, M.A. (1994). Caffeine and endurance performance. *Sports Med.* 18(2): 109-125.
- Telo, J.P., Vieira, A.J.S. (1997). Mechanism of free radical oxidation of caffeine in aqueous solution. *J Chem Soc Perkins Trans.* 2:1755-1757
- Trice, L., Haymes, E.M. (1995). Effects of caffeine ingestion on exercise-induced changes during high-intensity, intermittent exercise. *Int J Sport Nutr.* 5(1): 37-44.
- Wang, Y., Lau, C.E. (1998). Caffeine has similar pharmacokinetics and behavioral effects via the i.p. and p.o. routes of administration. *Pharmacol Biochem Behav.* 60(1): 271-278
- Wiles, J.D., Bird, S.R., Hopkins, J., Riley, M. (1998). Effect of caffeinated coffee on running speed, respiratory factors, blood lactate and perceived exertion during 1500 m treadmill running. *Journal Sports Med.* 26(2): 116-20

