

PENGARUH VITAMIN E DAN OLAHRAGA TERHADAP STRES OKSIDATIF: STUDI PADA MENCIT YANG TERPAPAR MINYAK GORENG BERULANG

Effect of Vitamin E and Exercise to Oxidative Stress: A Study with Mice Exposed to Reheated Cooking Oil

Innawati Jusup

Fakultas Kedokteran UNDIP

ABSTRAK

Latar belakang: Penggunaan minyak goreng berulang mengakibatkan dihasilkannya senyawa yang bersifat destruktif, yaitu SOR (Senyawa Oksigen Reaktif). Gugus radikal bebas ini dapat berikatan dengan membran lipid, menghasilkan lebih banyak radikal bebas yang akan merusak sel-sel lainnya. Peningkatan aktivitas radikal bebas ditandai dengan peningkatan kadar MDA. Kerusakan sel dapat diproteksi dengan antioksidan. Vitamin E dan olahraga merupakan antioksidan eksogen dan endogen alami yang dapat memproteksi tubuh dari oksidan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh vitamin E dan olahraga dapat mencegah stress oksidatif mencit yang terpapar minyak goreng pedagang kaki lima.

Metode: Penelitian ini menggunakan *post test only control group design*. Lima belas ekor mencit dibagi menjadi 3 kelompok. Kelompok kontrol negatif hanya diberikan diet standar selama 14 hari, sedangkan kelompok kontrol positif diberi diet standar dan minyak goreng berulang sebanyak 0,5ml/100gram/hari selama 14 hari. Kelompok perlakuan diberi diet standar, minyak goreng berulang sebanyak 0,5ml/100gram/hari, berolahraga renang tiap 2 hari pagi dan sore selama 2 menit, serta vitamin E 52 IU/kgBB/hari, selama 14 hari.

Hasil: Mencit tampak sehat sebelum dan sesudah perlakuan, tidak nampak efek samping, tidak ada *drop out*. Terdapat perbedaan bermakna antara kelompok K2 dengan P ($p=0,000$). Terdapat perbedaan bermakna rerata kadar MDA darah mencit kelompok K1 dengan K2 dan P. Antara K1 dengan P kadar MDA tidak berbeda secara signifikan ($p>0,05$) berarti tambahan vitamin E dan olahraga dapat membuat kadar MDA mencit setara normal.

Simpulan: Vitamin E dan olahraga dapat mencegah stress oksidatif, terbukti dari kadar MDA mencit yang terpapar minyak goreng berulang yang setara dengan kelompok kontrol.

Kata kunci: Vitamin E, olahraga, MDA, minyak goreng berulang.

ABSTRACT

Background: The use of reheated cooking oil lead to the production of destructive material, ie SOR (Reactive Oxygen Species). The free radicals can bind to lipids membrane, generating more free radicals that will damage other cells. Increased free radical activity is characterized by elevated levels of MDA. Cell damage may be protected by antioxidants. Vitamin E and exercise are exogenous and endogenous natural antioxidant that can protect the body from oxidants. This study aimed to determine the effect of vitamin E and exercise can prevent oxidative stress-exposed mice reheated cooking oil.

Methods: This study used a post-test only control group design. Fifteen mice were divided into 3 groups. Negative control group (K1) was only given a standard diet for 14 days, whereas the positive control group (K2) fed a standard diet and reheated cooking oil as much as 0.5 ml/100gram/day for 14 days. The treatment group (P) was given a standard diet, reheated cooking oil as much as 0.5 ml/100gram/day, exercise every 2 days in the morning and evening for 2 minutes, and vitamin E 52 IU/kg/day, for 14 days.

Results: Mice were apparently healthy before and after treatment, no visible side effects, no drop outs. There are significant differences between the groups with P K2 ($p = 0.000$). There are significant differences in the mean levels MDA mice with K2 and K1 group P. Between P K1 with MDA levels did not differ significantly ($p > 0.05$) means extra vitamin E and exercise can make the equivalent normal mice MDA.

Conclusion: Vitamin E and exercise can prevent oxidative stress, as evidenced by MDA-exposed mice reheated cooking oil which is equivalent to the control group.

Keywords: Vitamin E, exercise, MDA, reheated cooking oil.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kehidupan masyarakat di Indonesia dekat dengan minyak goreng yang merupakan komoditas sembilan bahan pokok, dilihat dari statistik laju peningkatan kebutuhan setiap tahun. Namun peningkatan konsumsi minyak goreng juga diikuti dengan peningkatan harga sehingga prosedur pemanasan

berulang banyak dijumpai di masyarakat.^{1,2}

Data penelitian di Indonesia memperlihatkan beberapa parameter kualitas buruk pada sampel minyak goreng pemanasan berulang pada sampel pedagang kaki lima (PKL), yang di masyarakat dikenal sebagai minyak jelantah.^{3,4} Konsumsi minyak goreng pemanasan berulang dapat memberikan

pengaruh negatif yaitu peningkatan profil lipid dan oksidan dalam tubuh yang berperan dalam patogenesis berbagai penyakit.^{5,6} Sayangnya, efek berbahaya dari minyak goreng pemanasan berulang belum disadari masyarakat.

Minyak yang biasa dipakai umumnya hasil olahan kelapa sawit yang diekstraksi dari biji kelapa sawit yang mempunyai kadar asam lemak jenuh sebesar 51% dan asam lemak tak jenuh 49%. Minyak hasil olahan kelapa sawit sebenarnya tidak berbahaya bagi kesehatan tetapi praktek pemanasan berulang menghidrolisis, mengoksidasi, dan polimerisasi, serta menguraikan molekul-molekul di dalamnya sehingga menyebabkan akumulasi komponen-komponen yang berbahaya.^{4,7-9} Semakin sering minyak dipanaskan akan menyebabkan kenaikan kadar asam lemak trans (*trans fatty acid*/TFA) & asam lemak jenuh rantai panjang serta timbulnya Senyawa Oksigen Reaktif (SOR) yang berbahaya bagi tubuh.^{8,10}

Menurut Ketaren (2005), minyak goreng sangat mudah untuk mengalami oksidasi.⁹ Asam lemak tak jenuh dalam minyak, mengalami perubahan atau kerusakan secara fisik atau kimia. Semakin sering minyak goreng mengalami pemanasan, semakin banyak asam lemak tak jenuh yang diubah menjadi asam lemak jenuh. Konsumsi asam lemak jenuh, terutama rantai panjang (C>10) berpengaruh terhadap kenaikan kadar kolesterol total dan LDL sehingga meningkatkan risiko terjadinya aterosklerosis.⁵ Kadar kolesterol yang tinggi memiliki hubungan yang erat dengan terjadinya patologi aterosklerosis arteri-arteri vital yang merupakan resiko-resiko terjadinya berbagai penyakit berbahaya seperti penyakit pembuluh darah otak, penyakit pembuluh darah jantung dan penyakit pembuluh darah perifer.⁷

Selain komponen kimia minyak goreng berulang, penggunaan minyak goreng berulang juga mengakibatkan

dihasilkannya senyawa yang bersifat racun dan yang dikenal sebagai SOR (Senyawa Oksigen Reaktif).⁶ Senyawa ini bersifat sangat destruktif, bahkan dapat mengakibatkan terjadinya kanker. Yang termasuk gugus radikal bebas ini antara lain adalah gugus peroksida dan hidrokarbon polisiklik.¹¹ Gugus peroksida berikatan dengan membran lipid yang akan mengeluarkan hasil reaksi berupa lebih banyak radikal bebas yang akan merusak sel sel lainnya.

Jika SOR terbentuk berlebihan, maka pertahanan endogen tidak dapat menghambatnya dengan proses oksidatif sehingga salah satu solusinya adalah penggunaan antioksidan tambahan dari luar tubuh (antioksidan eksogen), salah satunya vitamin E.¹² Vitamin E merupakan vitamin larut lemak yang terdiri dari campuran dan substansi tokoferol (α , β , γ , dan δ) dan tokotrienol (α , β , γ , dan δ) yang mekanismenya mencegah peroksidasi lipid dan menghambat produksi radikal bebas

yang baru serta membatasi kerusakan sampai batas area membran sel.

Selain antioksidan eksogen, solusi lain adalah penguatan pertahanan endogen, salah satunya olahraga. Menurut Perry Cunningham (2005), olahraga ketahanan jangka panjang sangat efektif untuk mereduksi kerusakan akibat oksigen reaktif dengan cara peningkatan aktivitas GPx (*Gluthathione Peroxidase*) dan SOD (*Superoxide Dismutase*) sehingga proses penangkapan radikal bebas meningkat dan kadar radikal bebas yang beredar secara sistemik akan berkurang.¹³

Untuk mengkaji keefektifan dari kedua solusi ini, diperlukan pengukuran radikal bebas. Pengukuran radikal bebas ini sendiri dapat dilakukan secara langsung maupun tidak langsung. Pengukuran radikal bebas secara langsung sangat sulit dilakukan, oleh karena itu pengukuran radikal bebas dilakukan secara tidak langsung atau dengan cara menggunakan substansi lain. Substansi yang sudah dikenal dan banyak dipakai sebagai

petanda biologis peroksidasi lipid dan stress oksidatif adalah MDA (Malondialdehid). MDA merupakan salah satu senyawa asam thiobarbiturat yang merupakan produk utama hasil reaksi radikal bebas dengan lipid. MDA adalah aldehid yang reaktif, dan merupakan salah satu bahan dasar pembuatan *Advanced Lipoxidation End-Product* (ALE) yang banyak didapatkan dalam sirkulasi dan dapat menggambarkan kadar radikal bebas yang terdapat sistemik pada tubuh. MDA sendiri terbentuk akibat degradasi radikal bebas OH terhadap asam lemak tak jenuh, yang pada akhirnya akan ditransportasi sebagai radikal bebas yang sangat reaktif.¹⁴⁻¹⁶ Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya kebanyakan berbicara mengenai salah satu solusi di atas. Berdasarkan latar belakang di atas maka penelitian ini bertujuan untuk membuktikan apakah gabungan efek vitamin E dan olahraga dapat mencegah stress oksidatif akibat paparan minyak goreng berulang pada mencit.

Metode Penelitian

Penelitian yang dilakukan dalam lingkup biokimia, berjenis *true experimental* dengan *post test only control group design*. Populasi adalah tikus galur mencit jantan umur 2,5 – 3 bulan, berat badan 20 – 30 gram. Besar sampel ditentukan berdasarkan kriteria *WHO*, yaitu jumlah minimal 5 ekor tiap kelompok.¹⁷ Jumlah sampel 15 ekor, dibagi menjadi 3 kelompok, masing masing berjumlah 5 ekor secara *simple random sampling*. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Histologi dan Biokimia Fakultas Kedokteran UNDIK pada bulan Agustus - Oktober 2011.

Sebelum perlakuan, seluruh hewan coba ditempatkan pada kandang dan diadaptasikan selama 7 hari dengan diberi diet standar dan minum standar *ad libitum* setiap hari. Pada hari ke-8 mencit dikelompokkan secara acak dan dibagi menjadi 3 kelompok (masing-masing terdiri dari 5 ekor mencit), yaitu (1) K1, sebagai kontrol yang mendapat diet

standar; (2) K2, sebagai kontrol positif yang mendapat sonde minyak goreng dan diet standar; (3) P yang diberi diet standar dan minyak goreng berulang sebanyak 0,5ml/100gram/hari, berolahraga renang tiap 2 hari pagi dan sore selama 2 menit, serta vitamin E 52 IU/kgBB/hari. Minyak goreng diperoleh dari beberapa PKL di wilayah kota Semarang disonde pada pagi hari dengan dosis 0,5 ml/ 100 gram. Vitamin E diperoleh dari apotik dan diberikan pada dosis 52 IU/kg BB/hari. Renang dilakukan tiap dua hari pada pagi dan sore dengan durasi 2 menit. Penelitian ini dilakukan selama 14 hari. Pada hari ke-

22 seluruh sampel dikorbankan dengan menggunakan eter dan diambil darahnya melalui jantung, kemudian dilakukan pemeriksaan kadar MDA plasma dengan metode TBARS (Thiobarbituric acid reactive substance) dari Yagi.¹⁸ Prinsip metode ini adalah mereaksikan MDA dengan TBA pada suasana asam dan temperatur 80°C. Reaksi ini menghasilkan senyawa yang berwarna pink. Perubahan warna yang terjadi diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 545nm dengan blanko aquadest. Cocokkan hasil pembacaan absorbansi dengan tabel.

Tabel 1. Hasil pengukuran absorbansi untuk kurva standar

Konsentrasi ($\mu\text{l/ml}$)	Absorbansi
0,01	0,054
0,02	0,106
0,03	0,158
0,04	0,217
0,05	0,273

Data yang didapatkan selanjutnya akan dilakukan uji normalitas data dengan

uji *Shapiro-Wilk* untuk melihat sebaran distribusi data. Apabila data berdistribusi

normal dilakukan uji *one way Anova* untuk menganalisis perbedaan antar kelompok, bila terdapat perbedaan yang bermakna akan dilanjutkan dengan uji *post hoc* untuk uji perbedaan 2 kelompok. Apabila data tidak berdistribusi normal dilakukan uji *Kruskal Wallis* yang dilanjutkan dengan uji *Mann Whitney U*, dengan nilai derajat kemaknaan adalah apabila $p \leq 0,05$ pada interval kepercayaan 95%.

Hasil

Secara klinis mencit sebelum dan sesudah perlakuan tampak sehat, sehingga tidak nampak efek samping, dan semuanya tidak ada yang *drop out*. Analisis data

melalui pentahapan yang berurutan, yaitu dimulai dengan uji homogenitas dengan uji varians data *Levene's Homogeneity of Variance Test*, hasilnya bahwa hewan coba dari semua kelompok penelitian berada pada kondisi awal yang sama ($p > 0,05$). Pada semua variabel tergantung dilakukan uji normalitas data dengan menggunakan uji *Kolmogorov Smirnov* dan didapatkan bahwa semua variabel tergantung berdistribusi normal ($p > 0,05$). Hasil uji tersebut menunjukkan bahwa data yang didapat dari penelitian ini memenuhi syarat untuk dilakukan uji statistik parametrik.

Tabel 2. Rerata dan simpang baku kadar MDA darah pada hewan coba

Kelompok	n	Kadar MDA ($\mu\text{mol/ml}$)				
		Mean	SB	F	Db	P
K1	5	0,007142	0,00077	96.396	14	0,000
K2	5	0,046484	0,00929			
P	5	0,003452	0,00131			

Hasil uji *ANOVA* menunjukkan, kadar MDA darah mencit berbeda bermakna di dalam kelompok (Tabel 2).

Tabel 3. Hasil uji LSD antar kelompok pada variabel kadar MDA darah mencit

Kelompok	K1	K2	P
K1		*	TBN
K2	*		*
P	TBN	*	

Keterangan : TBN = Tidak beda nyata (tidak bermakna)

* = Berbeda nyata (bermakna)

Dari hasil uji LSD didapatkan perbedaan yang bermakna antar rerata kadar MDA darah mencit kelompok kontrol negatif dengan kontrol positif dan kelompok kontrol positif dengan kelompok perlakuan. Meskipun demikian tidak didapatkan perbedaan yang bermakna antara kelompok kontrol negatif dan kelompok perlakuan.

Pembahasan

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan *Post Test Only Control Group Design* karena secara teknis lebih sederhana, ekonomis, dan alamiah. Selain itu, rancangan penelitian ini cukup adekuat karena memenuhi lima kriteria rancangan penelitian, yaitu relevan, obyektif, valid, reliabel, dan ekonomis.

Penelitian ini dimulai dengan pemilihan hewan coba, yaitu dengan randomisasi sederhana. Pengelompokan subyek penelitian dilakukan dengan memilih hewan coba secara acak, sehingga variabel – variabel luar dan sumber invaliditas hampir semuanya terkendali. Pada penelitian ini penurunan kadar MDA benar – benar hanya terjadi karena pemberian perlakuan olahraga dan vitamin E. Faktor lain yang meliputi genetik, jenis kelamin, usia, penyakit yang ada, dapat dikendalikan dengan menggunakan hewan coba 1 galur, dengan semua hewan coba kelamin jantan dengan kondisi sehat. Efek perlakuan olahraga dan vitamin E pada penelitian ini merupakan efek kombinasi yang menghasilkan suatu hasil yang

bersifat sinergis, di mana vitamin E bersifat sebagai antioksidan eksogen yang menurut Elmatris (2011) bersifat mengendalikan peroksida lemak dengan menyumbangkan hidrogen ke dalam reaksi, menyekat aktivitas tambahan yang dilakukan oleh peroksida, sehingga memutus reaksi berantai dan bersifat membatasi kerusakan dan olahraga memperkuat aktivitas kerja GPx sebagai antioksidan endogen yang menurut Cunningham (2005), berperan dalam penghancuran produk akhir oksidasi, dalam hal ini peroksida lipid.^{13,19}

Pada keadaan diet tinggi lemak jenuh rantai panjang, kadar MDA akan meningkat seiring dengan meningkatnya kadar SOR dalam darah. Kelompok mencit yang menerima pemberian vitamin E dan olahraga menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$) berupa penurunan kadar MDA darah mencit dibandingkan dengan kelompok yang hanya diberi diet minyak goreng berulang (Tabel 2). Hasil analisis ini sesuai dengan penelitian

Elmatris (2011) dan Cunningham (2005) yang menyatakan bahwa vitamin E dan olahraga jangka panjang mampu menurunkan kadar MDA darah.^{13,19} Almatsier (2003) menyatakan bahwa vitamin E yang berada dalam lapisan fosfolipid membran sel memegang peranan biologik utama dalam melindungi membran sel dan asam lemak dari oksidasi radikal bebas.²⁰ Vitamin E sebagai antioksidan yang larut dalam lemak mudah memberikan ion hidrogen dari gugus hidroksil (OH) pada struktur cincin ke radikal bebas peroksidasi lipid. Reaksi langsung vitamin E dengan radikal bebas peroksidasi lipid membentuk tokoferil quinon yang stabil dan teroksidasi sempurna sehingga menghentikan rangkaian radikal bebas peroksidasi lipid. Akibatnya rangkaian peroksidasi lipid terhambat atau terputus sehingga sel lemak tidak cedera dan mudah dikenali reseptor untuk ditangkap dan dimasukkan dalam lingkup selular maupun subselular yang selanjutnya akan dimetabolisme hampir di

semua sel tubuh terutama di sel hati dan usus secara endositosis dan dicerna dalam lisosom. Oleh karena itu, vitamin E dianggap mempunyai kemampuan menetralkan *intermediate peroxidase* dan mencegah kerusakan molekul – molekul vital dengan cara mengubah radikal menjadi *hydroperoxide*. Selain itu, menurut Krisnansari (2011), vitamin E juga berperan dalam peningkatan kinerja HDL (*High-Density Lipoprotein*) dan pengurangan kecepatan oksidasi terhadap HDL.²¹

Vitamin E di dalam darah akan ditranspor oleh apoprotein yang akan menekan *stress oxidative* penyebab oksidasi asam lemak (kolesterol HDL, kolesterol LDL, dan trigliserida) dengan meningkatkan apoE. HDL yang mengandung ApoE akan mengambil kolesterol bebas dari sel makrofag, kolesterol bebas akan diesterifikasi menjadi kolesterol ester oleh enzim LCAT (*Lecithin Cholesterol Acyl-Transferase*). Selanjutnya sebagian kolesterol ester yang

dibawa oleh HDL akan mengalami dua jalur, yang pertama akan ke hati dan ditangkap oleh scavenger reseptor kelas B tipe 1 yang dikenal sebagai SR-B1. Jalur kedua adalah kolesterol dalam HDL akan dipertukarkan dengan trigliserida dari VLDL (*Very Low-Density Lipoprotein*) dan IDL (*Intermediate-Density Lipoprotein*) dengan bantuan CEPT (*Cholesterol Ester Transfer Protein*).²¹

Olahraga sendiri berperan dalam proses upregulasi aktivitas GPx dan GSH (*Gluthatione* Tereduksi). Menurut Cunningham (2005), karena sensitivitas GPx terhadap kadar SOR intrasel dan perannya dalam penghancuran produk terakhir oksidasi (termasuk peroksida lipid), maka GPx mungkin merupakan enzim antioksidan paling penting untuk pertahanan sel. GPx sendiri bekerja dengan mengkonversi H₂O₂ hasil dari pengolahan SOR oleh SOD GSH sendiri berfungsi sebagai *scavenging material* yang

mengambil SOR untuk diinaktivasi sendiri atau sebagai substrat untuk GPx.¹³

Dibanding penelitian sebelumnya mengenai efek vitamin E dalam penurunan kadar MDA darah mencit, efek vitamin E dan olahraga lebih nyata. Rerata MDA darah dari mencit yang hanya mendapatkan tambahan vitamin E adalah 0,00603 $\mu\text{mol/ml}$.²² Hal ini disebabkan karena gabungan vitamin E dan olahraga bekerja pada jalur endogen dan eksogen sehingga dihasilkan penurunan kadar MDA lebih besar.^{13,19} Hal ini juga didukung oleh hasil penelitian sebelumnya, didapati bahwa rata – rata berat badan pada mencit yang diberi perlakuan tambahan vitamin E dan olahraga pada keadaan diet minyak berulang berkurang sebesar 20,51% dibanding mencit yang hanya diberi diet minyak goreng berulang.²² Berat badan adalah salah satu pertanda penumpukan jaringan adiposa yang bahan dasarnya merupakan lipid. Menurut Gunawan (2008), berat badan memiliki korelasi kuat dengan riwayat *lipidaemic*

tubuh, salah satunya adalah penguatan jalur antioksidan eksogen tubuh, peningkatan kadar HDL, dan penurunan kadar LDL (*Low-Density Lipoprotein*) yang mengakibatkan pembentukan SOR menurun dan kecepatan inaktivasi SOR meningkat, yang akan mengakibatkan penurunan kadar MDA.²³

Pada kelompok mencit dengan penambahan vitamin E dan olahraga pada diet tinggi minyak berulang, didapati bahwa kadar MDA tidak berbeda secara signifikan ($p>0,05$) dengan kelompok mencit dengan diet standar. Hal ini berarti tambahan vitamin E dan olahraga dapat membuat kadar MDA mencit setara normal. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dibuat oleh Krisnansari et al(2011), dengan penambahan vitamin E dapat membuat kadar LDL menjadi normal dan akan tercermin dalam penurunan kadar MDA. Hasil ini juga didukung oleh penelitian sebelumnya di mana berat badan mencit yang diberi tambahan vitamin E dan olahraga setara dengan mencit yang

hanya menerima pakan standar. Hal ini membuktikan keefektifan efek gabungan vitamin E dan olahraga dalam penurunan kadar MDA darah mencit yang terpapar minyak goreng berulang.²⁴

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dengan menggunakan mencit yang terpapar minyak goreng berulang, dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Nilai rata-rata kadar MDA darah mencit yang tidak terpapar minyak goreng berulang (sebagai kontrol negatif) lebih rendah dibandingkan dengan diberikan perlakuan paparan minyak goreng berulang.
2. Nilai rata-rata kadar MDA darah mencit didapatkan semakin meningkat, dengan pemberian minyak goreng berulang yang semakin meningkat pula. Secara statistik terdapat perbedaan yang

bermakna nilai rata-rata kadar MDA darah mencit pada kelompok yang diberikan minyak goreng berulang.

3. Pemberian vitamin E dan olahraga renang dan penggunaan minyak goreng berulang maka didapatkan penurunan kadar MDA rata-rata darah mencit bila dibandingkan terhadap hanya pemberian minyak goreng berulang saja.
4. Terdapat perbedaan nilai rata-rata kadar MDA darah mencit yang bermakna antara kelompok K1 dan K2, perbedaan kadar MDA darah mencit yang bermakna antara kelompok K2 dan P, namun tidak ada perbedaan kadar MDA darah mencit antara kelompok K1 dan P.
5. Pemberian tambahan vitamin E dan olahraga renang dapat menurunkan kadar MDA setara dengan normal.

KEPUSTAKAAN

1. noeltrg. Indonesia Bebas Minyak Curah Tahun 2015 [Internet]. <http://ditjenpdn.kemendag.go.id/>. 2012 [cited 2012 Jan 4]. Available from: <http://ditjenpdn.kemendag.go.id/>
2. Wahyuniarti D. Tinjauan Pasar Minyak Goreng [Internet]. ews.kemendag.go.id. 2011 [cited 2013 Jan 3]. Available from: ews.kemendag.go.id
3. Prasetyawan E. Uji kualitas minyak goreng pada para penjual gorengan di lingkungan kampus universitas jember. 2007. p. 1–10.
4. Aminah S, Isworo JI. Praktek penggorengan dan mutu minyak goreng sisa pada rumah tangga di RT V RW III kedungmundu tembalang semarang. Prosiding Seminar Nasional UNIMUS 2010. 2010;261–7.
5. Murray RK, Granner DK, Rodwell VW. Bioenergetika & Metabolisme Karbohidrat & Lipid. In: Nanda Wulandari, Leo Rendy, Linda Dwijayanthi, Liena, Frans Dany LYR, editor. Biokimia Harper. 29th ed. Jakarta: EGC; 2009. p. 95–239.
6. Kumala M. Peran asam lemak tak jenuh jamak dalam respon imun. 3. GizMind; 2003;11–2.
7. Raman S V, Winner MW, Tran T, Velayutham M, Simonetti OP, Baker PB, et al. In vivo atherosclerotic plaque characterization using magnetic susceptibility distinguishes symptom-producing plaques. JACC. Cardiovascular imaging. 2008 Jan;1(1):49–57.
8. Adam SK, Das S, Jaarin K. A detailed microscopic study of the changes in the aorta of experimental model of postmenopausal rats fed with repeatedly heated palm oil. International journal of experimental pathology. 2009 Jun;90(3):321–7.
9. Ketaren S. Pengantar teknologi minyak dan lemak pangan. Jakarta: UI Press; 2005.
10. Leong XF, Aishah A, Nor Aini U, Das S, Jaarin K. Heated palm oil causes rise in blood pressure and cardiac changes in heart muscle in experimental rats. Archives of medical research. 2008 Aug;39(6):567–72.
11. Pine. Kimia organik 2. Bandung: Institut Tekhnologi Bandung; 2008.
12. Cord M. Oxydative damage and defense. 1998;
13. Stover S. High Intensity Sprint Training Reduces Lipid Peroxidation in Fast-Twitch Skeletal Muscle. Journal of Exercise Physiology. 2005;8(6):18–25.
14. Dalle-Donne I, Rossi R, Colombo R, Giustarini D, Milzani A. Biomarkers of oxidative damage in human disease. Clinical chemistry. 2006 Apr;52(4):601–23.
15. Nair V, Vietti DE, Cooper CS. Degenerative chemistry of malondialdehyde. Structure, stereochemistry, and kinetics of formation of enaminals from reaction with amino acids. Journal of the American Chemical Society. 1981 Jun;103(11):3030–6.
16. Farmer EE, Davoine C. Reactive electrophile species. Current opinion in plant biology. 2007 Aug;10(4):380–6.
17. WHO. Research guidelines for evaluating the safety and efficacy of herbal medicines. Regional Office for The Western Pasific. Manila; 2003.
18. Ngestiningsih D, Jusup I, Johan A, Kumala SR. Petunjuk praktikum biokimia 2. Semarang: Badan penerbit universitas diponegoro; 2009.

19. Elmatris, Alioes Y, Almurdi F binti AG. Efek pemberian vitamin E terhadap penurunan kadar Malondialdehid (MDA) hati mencit strain Jepang akibat paparan minyak goreng berulang. 2010;
20. Almatsier S. Prinsip Dasar Ilmu Gizi. Jakarta: PT. Gramedia; 2003. p. 64–72.
21. Diah Krisnansari, Martha Irene Kartasurya MZR. Suplementasi Vitamin E dan Profil Lipid Penderita Dislipidemia: Studi pada Pegawai Rumah Sakit Profesor Dokter Margono Soekarjo Purwokerto. *Media Medika Indonesiana*. 2011;45(1).
22. Wibawa SR, Puspowardojo IY, Dewi S. Pengaruh vitamin E terhadap kadar MDA darah mencit yang terpapar minyak goreng pedagang kaki lima. 2011;(unpublished)
23. Gunawan E. Sebuah Diet Isoenerjik Tinggi Protein dan Diet Lemak Sedang. 2008;
24. Wibawa SR, Puspowardojo IY, Dewi S. Pengaruh berat badan terhadap kadar MDA. 2011; (unpublished)