

## Analysis of Malondialdehyde (MDA) Levels Based on Body Mass Index, Waist Circumstances, and Body Fat Percentage in Students of Medicine Program Faculty of Medicine Mataram University

Ida Ayu Eka Widiastuti<sup>1\*</sup>, Fitriannisa Faradina Zubaidi<sup>2</sup>, Basuki Rahmat<sup>3</sup>, Gede Wira Buanayuda<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departemen Fisiologi Fakultas Kedokteran Universitas Mataram, Mataram, Indonesia

<sup>2</sup>Departemen Biokimia Fakultas Kedokteran Universitas Mataram, Mataram, Indonesia

<sup>3</sup>Departemen Ilmu Penyakit Dalam Fakultas Kedokteran Universitas Mataram, Mataram, Indonesia

### Article History

Received : November 11<sup>th</sup>, 2022

Revised : November 20<sup>th</sup>, 2022

Accepted : December 10<sup>th</sup>, 2022

\*Corresponding Author:

**Ida Ayu Eka Widiastuti**,  
Departemen Fisiologi Fakultas  
Kedokteran Universitas Mataram,  
Mataram, Indonesia  
Email: [ayueka@unram.ac.id](mailto:ayueka@unram.ac.id)

**Abstract:** Obesity can cause chronic oxidative stress. Oxidative stress occurs when the formation of free radicals is greatly increased or the protective antioxidant mechanisms are disrupted. Previous studies have concluded that there is a relationship between oxidative stress and excess body weight and obesity. One of the products of oxidative stress is malondialdehyde (MDA). This study aims to determine the correlation between malondialdehyde (MDA) levels and body mass index (BMI), waist circumference (LP), and body fat percentage. The subjects were 55 students of the Medical Education Study Program, Faculty of Medicine, University of Mataram, class of 2021. The BMI variable was calculated by dividing body weight (kg) by the square of height (m), waist circumference was measured using a tape measure (cm), and body fat percentage measured by body composition monitor (%). Serum MDA levels were measured using the ELISA method. Data were analyzed statistically with the Spearman correlation test. The results showed that the average MDA level in subjects with overweight and obesity was higher than normal, however there was no significant correlation between body mass index, waist circumference, and body fat percentage with MDA levels, with each significance value : $p=0.230$ ;  $p=0.276$ ; and  $p=0.666$ . Body mass index, waist circumference, and body fat percentage cannot be ruled out as risk factors for oxidative stress.

**Keywords:** body mass index; body fat percentage; oxidative stress; waist circumference; MDA level.

### Pendahuluan

Obesitas adalah penyebab dari stres oksidatif kronis, meskipun belum sepenuhnya dipahami apakah perubahan yang terjadi dalam keseimbangan redoks merupakan pemicu atau akibat dari obesitas (Youn *et al.*, 2014; Savini *et al.*, 2013; Sun *et al.*, 2012). Stres oksidan pada obesitas adalah mekanisme patogen penting dalam sindrom metabolik terkait obesitas (Furukawa *et al.*, 2004). Hal ini mencakup koeksistensi beberapa faktor risiko untuk aterosklerosis, termasuk hiperglikemia, dislipidemia, dan hipertensi. Stres oksidan juga telah terbukti berperan penting dalam

patogenesis berbagai penyakit seperti: kanker, penyakit kardiovaskular, dan diabetes mellitus (Niki, 2000). Stres oksidan terjadi ketika pembentukan radikal bebas sangat meningkat atau mekanisme antioksidan pelindung terganggu (Powers *et al.*, 2004). Pembentukan radikal bebas atau spesies oksigen reaktif meliputi radikal bebas dan oksidan yang berasal dari oksigen, superoksida, hidrogen peroksida, oksida nitrat, dan radikal hidroksil (Halliwell, 1989), yang mampu merusak DNA, lipid, dan protein (Niki, 1991).

Malondialdehid merupakan biomarker yang sering digunakan untuk mengetahui adanya stres oksidatif (Ayala, Muñoz and Argüelles,

2014). Penelitian Altoum *et al* (2019) dan Shrivastav *et al* (2019), mengatakan adanya peningkatan kadar MDA dalam tubuh seiring dengan peningkatan BMI. Demikian juga penelitian yang dilakukan oleh Yesilbursa *et al* (2006) yang menyimpulkan bahwa perubahan BMI berhubungan positif dengan perubahan kadar MDA. Akan tetapi sedikit berbeda pada penelitian yang dilakukan oleh Sankhla *et al* (2012). Hasil penelitian tersebut menemukan bahwa terdapat hasil yang bermakna ( $p < 0.001$ ) kadar MDA serum pada subjek dengan obesitas I dan II, sementara pada subjek yang *overweight*, hubungannya tidak bermakna. Selain itu, penelitian ini juga menyimpulkan jika dibandingkan dengan subjek yang memiliki berat badan normal, maka subjek obes dengan lemak di perut (*abdominal adiposity*), memiliki konsentrasi MDA serum yang lebih tinggi secara bermakna ( $p < 0.001$ ).

Penelitian tentang hubungan indeks massa tubuh dengan stres oksidatif belum banyak dilakukan di Indonesia, khususnya pada dewasa muda, di samping masih terdapat perbedaan simpulan pada penelitian sebelumnya tentang hubungan indeks massa tubuh dengan kadar MDA. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan komposisi tubuh, yang meliputi: indeks massa tubuh, lingkar pinggang, dan persentase lemak tubuh dengan kadar MDA serum.

## Bahan dan Metode

## Waktu dan tempat

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Keterampilan Medik Program Studi Pendidikan Dokter dan Laboratorium Rumah Sakit Universitas Mataram. Pengambilan data dilakukan dari bulan September sampai dengan November 2022.

## Jenis penelitian

Penelitian ini adalah penelitian analitik observasional dengan metode pendekatan *cross sectional*. Subjek penelitian berjumlah 55 orang mahasiswa Program Studi Pendidikan Dokter Fakultas Kedokteran Universitas Mataram Angkatan 2021 yang memenuhi kriteria penelitian, ditentukan dengan teknik *non probability sampling*, yaitu *consecutive sampling*. Variabel indeks massa tubuh (IMT) dihitung dengan membagi berat badan (kg) dengan kuadrat tinggi badan (m), lingkar pinggang diukur dengan menggunakan pita meteran (cm), dan persentase lemak tubuh diukur dengan *body composition monitor* (%). Kadar MDA serum diukur dengan menggunakan metode ELISA.

## Hasil dan Pembahasan

### Karakteristik subjek penelitian

Karakteristik subjek meliputi: umur, tinggi badan, berat badan, indeks massa tubuh, lingkar pinggang, persentase lemak tubuh, serta kadar MDA. Data deskriptif karakteristik subjek penelitian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik subjek penelitian

Karakteristik	Rerata	Standar Deviasi	Minimum	Maksimum
Umur (th)	18,25	0,69	17,00	20,00
TB (cm)	160,00	8,50	146	180,10
BB (kg)	55,71	14,23	36,20	98,50
IMT (kg/m <sup>2</sup> )	21,56	4,38	15,00	35,30
Lingkar pinggang (cm)	73,53	10,29	60,00	102,00
• Laki-laki	82,07	12,56	61,00	102,00
• Perempuan	69,32	6,77	60,00	89,00
Karakteristik	Rerata	Standar Deviasi	Minimum	Maksimum
Persentase Lemak Tubuh (%)	24,15	7,08	6,00	37,50
• Laki-laki	19,65	7,37	6,00	34,00
• Perempuan	27,47	4,65	17,80	37,50
Kadar MDA (ng/mL)	1371,41	1710,90	112,10	9412,41

Rerata umur 18,25 tahun termasuk dalam kategori remaja akhir (17-25 tahun) (Tabel 1),

jika merujuk pada pembagian kategori menurut Departemen Kesehatan Republik Indonesia

tahun 2009 (Al Amin, 2017). Sementara itu, menurut organisasi kesehatan dunia WHO, usia subjek termasuk dalam kelompok usia dewasa muda (*young adult*). Rerata subjek memiliki nilai indeks massa tubuh dalam kategori normal ( $21,56 \text{ kg/m}^2$ ), dengan rentang nilai IMT normal menurut pengklasifikasian Asia - Pasifik adalah  $18,5 - 22,9 \text{ kg/m}^2$ .

Lingkar pinggang dengan rerata pada laki-laki  $82,07 \text{ cm}$  dan  $69,32$  pada perempuan menunjukkan bahwa para subjek tidak memiliki risiko penyakit yang berkaitan dengan sindrom metabolik dan penyakit kardiovaskuler (Tabel 1). Risiko laki-laki terhadap penyakit ini meningkat apabila memiliki lingkar pinggang  $\geq 90 \text{ cm}$  dan pada perempuan  $\geq 80 \text{ cm}$ . Persentase lemak tubuh pada subjek laki-laki memiliki rerata  $19,65\%$  sedangkan pada perempuan sebesar  $27,47\%$ . Menurut *The American Council on Exercise* masing-masing nilai ini termasuk dalam kategori masih dapat diterima.

### Kategori indeks massa tubuh subjek

Pangkategorian IMT subjek penelitian dilakukan dengan menggunakan kriteria WHO Asia (*WHO – Asia BMI Classification*), sesuai dengan karakteristik subjek yang termasuk dalam orang Asia. Data yang diperoleh disajikan dalam bentuk persentase, seperti pada Tabel 2. Hasil penelitian menemukan sebagian besar atau hampir setengah jumlah subjek penelitian memiliki indeks massa tubuh dalam kategori berat badan normal ( $47,27\%$ ).

**Tabel 2.** Distribusi kategori IMT subjek penelitian

Kategori IMT	Jumlah (N)	Persentase (%)
Berat Badan Kurang	14	25,45
Berat Badan Normal	26	47,27
Berat Badan Lebih	5	9,09
Obesitas I	6	10,90
Obesitas II	4	7,27

### Rerata kadar MDA pada setiap kategori IMT

Sebagian besar subjek termasuk dalam kategori IMT normal, diikuti selanjutnya kategori di bawah normal (*underweight*), obesitas I, berat badan berlebih (*overweight*), dan obesitas II (Tabel 2). Dilakukan penghitungan rerata kadar MDA untuk masing-masing

kelompok/kriteria IMT yang hasilnya disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Rerata kadar MDA tiap kategori IMT

Kategori IMT	Jumlah (N)	Rerata MDA (ng/mL)
Berat Badan Kurang	14	1873,55
Berat Badan Normal	26	898,82
Berat Badan Lebih	5	1125,25
Obesitas I	6	2515,66
Obesitas II	4	1252,19

Rerata kadar MDA tertinggi adalah pada subjek dengan kategori obesitas I, dengan rerata  $2515,66 \text{ ng/mL}$  (Tabel 1). Sementara itu, rerata MDA pada obesitas II adalah sebanyak  $1252,19 \text{ ng/mL}$ . Jika hasil ini dibandingkan dengan subjek dengan IMT kategori normal yang sebesar  $898,82 \text{ ng/mL}$ , maka kadar MDA pada obesitas lebih tinggi dibandingkan dengan dengan kadar MDA pada subjek yang normal.

### Uji normalitas

Penentuan jenis uji korelasi yang digunakan maka dilakukan uji normalitas data. Uji normalitas yang digunakan adalah Uji *Kolmogorov-Smirnov* karena jumlah subjek lebih dari 50 orang. Hasil uji normalitas dapat dilihat pada Tabel 4. Hasil dari uji normalitas di atas, maka terlihat bahwa semua variabel memiliki sebaran data yang tidak normal ( $p < 0,05$ ). Dengan demikian uji korelasi yang digunakan untuk uji statistik guna menilai korelasi antara IMT, lingkar pinggang, dan persentase lemak tubuh dengan kadar malondialdehid (MDA) adalah uji korelasi *Spearman*.

**Tabel 4.** Hasil uji normalitas data

Variabel	Signifikansi (p)
IMT ( $\text{kg/m}^2$ )	0,008
Lingkar Pinggang (cm)	0,007
Persentase Lemak Tubuh (%)	0,062
Kadar MDA (ng/mL)	0,000

### Uji korelasi antar variabel

Penentuan ada tidaknya korelasi antara IMT, lingkar pinggang, dan persentase lemak tubuh dengan kadar malondialdehid (MDA) dilakukan uji korelasi *Spearman*. Hasil uji

disajikan pada Tabel 5. Ketiga variabel bebas: indeks massa tubuh (IMT), lingkaran pinggang, maupun persentase lemak tubuh tidak memiliki korelasi yang signifikan dengan kadar malondialdehid (MDA) (Tabel 3). Tidak adanya korelasi yang bermakna antar variabel ini ditunjukkan dengan nilai signifikansi ( $p \geq 0,05$ ).

**Tabel 5.** Hasil uji korelasi IMT, lingkaran pinggang, dan persentase lemak tubuh dengan kadar MDA

Variabel	Kadar MDA	
	Kekuatan korelasi (r)	Signifikansi (p)
Indeks Massa Tubuh (IMT)	0,164	0,230
Lingkaran Pinggang	0,150	0,276
Persentase lemak tubuh	-0,059	0,666

## Pembahasan

Obesitas adalah gangguan nutrisi, yang ditandai dengan akumulasi lemak yang abnormal atau berlebihan sebagai akibat hipertrofi (penambahan ukuran) dan atau hiperplasia (penambahan jumlah) sel lemak atau adiposit. Indikator untuk mengkategorikan seseorang termasuk dalam kategori obesitas adalah dengan melakukan penghitungan indeks massa tubuh yang diperoleh dengan membagi berat badan (kg) dengan kuadrat tinggi badan (m). Data penelitian menunjukkan bahwa hampir setengah dari jumlah subjek penelitian memiliki indeks massa tubuh dalam kategori normal (47,27%). Keadaan obesitas berhubungan dengan patologi beberapa penyakit, terutama sindrom metabolik, penyakit kardiovaskuler, dan diabetes mellitus, sehingga dapat mengurangi kualitas dan harapan hidup (WHO, 2021). Indeks Massa Tubuh yang tinggi memiliki kecenderungan 1,746 kali lebih besar memiliki sindrom metabolik dibandingkan yang memiliki IMT normal (Al Hazmy *et al.*, 2018).

Indikator lain yang digunakan untuk memprediksi seseorang berisiko terhadap penyakit kardiovaskuler, diabetes mellitus dan berbagai sindrom metabolik adalah lingkaran pinggang. Penelitian yang dilakukan oleh Janssen *et al.*, (2022) menyimpulkan bahwa subjek dengan nilai lingkaran pinggang yang besar meningkatkan risiko terhadap hipertensi, diabetes mellitus, dislipidemia, dan sindrom

metabolik dibandingkan dengan subjek yang memiliki ukuran lingkaran pinggang yang normal. World Health Organization (WHO) menetapkan batas sehat rasio lingkaran pinggang negara-negara Asia adalah 90 cm untuk pria dan 80 cm untuk wanita (WHO, 2020). Data penelitian ini menunjukkan bahwa baik pada subjek laki-laki maupun perempuan dapat disimpulkan tidak memiliki risiko besar untuk mengalami kondisi-kondisi seperti yang disebutkan di atas.

Persentase lemak tubuh adalah pengukuran komposisi tubuh yang mengukur jumlah lemak dalam tubuh. Persentase lemak tubuh adalah ukuran tingkat kebugaran. Komposisi tubuh dikatakan sehat atau baik apabila persentase lemak tubuh rendah sedangkan persentase massa bebas lemak tinggi, yang meliputi otot, tulang, dan organ. Secara epidemiologi persentase lemak tubuh seseorang bervariasi bergantung pada umur dan jenis kelamin. Rata-rata persentase lemak tubuh pada laki-laki berkisar antara 23% untuk usia 16-19 tahun hingga 31% pada usia 60-79 tahun. Rata-rata persentase lemak tubuh pada wanita berkisar antara 32% pada usia 8-11 tahun hingga 42% pada usia 60-79 tahun. Namun demikian, wanita membutuhkan setidaknya 9% lebih banyak lemak tubuh daripada pria untuk hidup sehat secara normal (CDC, 2009).

Menurut *American Council on Exercise* (ACE), rata-rata wanita sebaiknya memiliki persentase lemak tubuh 25 – 31% meskipun pada atlet wanita persentase lemak tubuhnya dapat mencapai hanya 14 – 20%. Persentase lemak tubuh yang ideal untuk laki-laki adalah lebih rendah dibandingkan pada wanita. ACE merekomendasikan persentase lemak tubuh rata-rata yang ideal bagi laki-laki adalah 18 – 24%. Seorang atlet laki-laki dapat memiliki persentase lemak tubuh yang jauh lebih rendah, yaitu 6 – 13% (Sheehan, 2022). Pada penelitian ini persentase lemak tubuh pada subjek laki-laki memiliki rerata 19,65% sedangkan pada perempuan sebesar 27,47%. Kedua nilai ini menunjukkan hasil yang masih normal.

Obesitas di samping menyebabkan risiko yang lebih besar terhadap penyakit kardiovaskuler, diabetes mellitus, hipertensi, dan sindrom metabolik, maka kondisi obes dihubungkan sebagai penyebab stres oksidatif kronis (Youn *et al.*, 2014; Savini *et al.*, 2013; Sun *et al.*, 2012). Beberapa penelitian menyimpulkan bahwa obesitas dapat menyebabkan terjadinya



stres oksidatif (Altoum *et al.*, 2019; Midah *et al.*, 2021). Stres oksidatif merupakan suatu kondisi terjadinya peningkatan akumulasi radikal bebas ROS (*Reactive Oxygen Species*) di dalam tubuh. Kadar ROS yang tinggi di dalam tubuh dapat menyebabkan peroksidasi lipid dan kerusakan secara langsung terhadap lipid. Reaksi lipid dengan ROS ini dapat menghasilkan bermacam – macam produk oksidasi yaitu lipid hidroperoksida sebagai produk utama dan malondialdehid (MDA), heksanal, propanal dan 4-hidroksinonenal sebagai produk sekunder (Ayala *et al.*, 2014).

Rerata kadar MDA pada subjek dengan obesitas, baik I maupun II lebih tinggi dibandingkan dengan kadar MDA pada subjek dengan kategori IMT normal. Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Altoum *et al.* (2019) dan Yesilbursa (2006) yang menyimpulkan bahwa subjek dengan obesitas memiliki kadar MDA yang lebih tinggi dibandingkan subjek normal. Beberapa studi penelitian telah menyimpulkan bahwa obesitas berhubungan dengan peningkatan stres oksidan yaitu, peningkatan produksi radikal bebas dan/atau sistem pertahanan antioksidan seluler yang berkurang (Keaney *et al.*, 2003; Davi *et al.*, 2002; Prazny *et al.*, 1999).

Mekanisme yang mungkin berkontribusi terhadap stres oksidan terkait obesitas termasuk peningkatan konsumsi oksigen dan produksi radikal berikutnya melalui respirasi mitokondria, penurunan kapasitas antioksidan, peningkatan deposisi lemak, dan cedera sel yang menyebabkan peningkatan laju pembentukan radikal bebas, seperti anion superoksida dan hidroksida (Vincent *et al.*, 2001). Selain itu, kondisi hiperglikemia, hipertensi, dan hiperleptinemia juga merupakan kemungkinan sumber peningkatan stres oksidan pada keadaan obesitas (Vincent dan Taylor, 2006).

## Kesimpulan

Hasil uji korelasi yang dilakukan antar variabel menunjukkan tidak adanya korelasi yang bermakna antara indeks massa tubuh, lingkar pinggang, dan persentase lemak tubuh dengan kadar malondialdehid (MDA) dalam serum yang diukur dengan menggunakan metode ELISA, dengan masing-masing nilai signifikansi (p): 0,230, 0,276, dan 0,666. Hasil ini belum

dapat menyingkirkan kemungkinan terjadinya peningkatan kadar MDA pada individu yang *overweight* dan obesitas.

## Ucapan terima kasih

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan sumber dana BLU Universitas Mataram tahun anggaran 2022. Ucapan terima kasih Penulis sampaikan kepada Universitas Mataram selaku pemberi dana, Dekan FK Unram dan Direktur RS Unram yang telah mengizinkan penggunaan fasilitas untuk pengambilan data dan pemeriksaan sampel, serta tenaga analis dan laboran FK Unram dan RS Unram yang membantu dalam pengambilan dan pemeriksaan sampel.

## Referensi

- Al Amin, M. (2017). Klasifikasi kelompok umur manusia berdasarkan analisis dimensi fraktal box counting dari citra wajah dengan deteksi tepi canny. *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, 2(6).
- Al Hazmy, A., Doewes, M., Rachma, N., & Kristiyanto, A., (2018). Correlation of body mass index and cardiorespiratory fitness with metabolic syndrome in adolescents. *Journal of Education, Health, and Sport*. 8(5): 83-94. DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.1239395>
- Altoum, A. E. A., Osman, A. L. & Babker, A. M. A. (2019) 'Impact of body mass index in malondialdehyde, antioxidant vitamins A, E, C and plasma zinc among type 2 diabetic patients', *Kuwait Medical Journal*, 51(1), pp. 16–20.
- Ayala, A., Muñoz, M. F. & Argüelles, S. (2014) 'Lipid peroxidation: Production, metabolism, and signaling mechanisms of malondialdehyde and 4-hydroxy-2-nonenal', *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2014. DOI: 10.1155/2014/360438.
- CDC. (2009). *QuickStats: Mean percentage body fat, by age group and sex – National Health and Nutrition Examination Survey, United States, 1999–2004*. URL: <https://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm5751a4.htm>
- Davi G, Guagnano M, Ciabattini G, Basili, S.,

- Falco, A., Marinopiccoli, M., Nutini, M., Sensi, S., & Patrono, C. (2002). Platelet activation in obese women: Role of inflammation and oxidant stress. *JAMA*. Vol.288, pp. 2008–2014, DOI:10.1001/jama.288.16.2008
- Furukawa S, Fujita T, Shimabukuro M, Iwaki M, Yamada Y, Nakajima Y, Nakayama O, Makishima M, Matsuda M, & Shimomura I. (2004). Increased oxidative stress in obesity and its impact on metabolic syndrome. *J Clin Invest*, 114: 1752–1761. DOI: <https://doi.org/10.1172/JCI21625>.
- Halliwell B. (1989). Superoxide, iron, vascular endothelium and reperfusion injury. *Free Radic Res Commun*, 5(5):315–318. DOI: <https://doi.org/10.3109/10715768909073413>
- Janssen, I, Katzmarzyk P.T, & Ross, R. (2002). Body mass index, waist circumference, and health risk. *Arch Intern Med.*, 162, (18):2074-2079. DOI: 10.1001/archinte.162.18.2074
- Keaney J, Larson M, Vasan R, Wilson, P.W.F., Lipinska, I., Corey, D., Massaro, J.M., Sutherland, P., Vita, J.A., ... & Benjamin, E.J. (2003). Obesity and systemic oxidative stress: clinical correlates of oxidative stress in the Framingham Study. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*. Vol. 23, pp. 434–439. DOI: <https://doi.org/10.1161/01.ATV.0000058402.34138.11>
- Midah, Z, Fajriansyah, F., Makmun, A., & Rasfahyana (2021). Hubungan Obesitas dan Stress Oksidatif. *UMI Medical Journal*, 6(1), pp. 62–69. DOI: 10.33096/umj.v6i1.140.
- Niki E. (2000). Free radicals in the 1900's: from *in vitro* to *in vivo*. *Free Radic Res*. Vol. 33, pp. 693–704, DOI: <https://doi.org/10.1080/10715760000301221>
- Prazny M, Skrha J, & Hilgertova J. (1999). Plasma malondialdehyde and obesity: is there a relationship? *Clin Chem Lab Med*, 37: 1129–1130, DOI: <https://doi.org/10.1515/CCLM.1999.164>
- Sankhla, M., Sharma, T.K., Mathur, K., Rathor, J.S., Butolia, V., Gadhok, A.K., Vardey, S.K., Sinha, M., & Kaushik, G.G. (2012). Relationship of oxidative stress with obesity and its role in obesity induced metabolic syndrome. *Clinical Laboratory*. Vol. 38, pp. 385-392.
- Savini I, Catani MV, Evangelista D, Gasperi V, & Avigliano L. (2013). Obesity-associated oxidative stress: strategies finalized to improve redox state. *Int J Mol Sci*, 14: 10497–538. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms140510497>
- Sheehan, K. (2022). The Nest: American Council on Exercise Body Fat Percentage. URL: <https://woman.thenest.com/american-council-exercise-body-fat-percentage-16636.html> [Diakses pada 22 November 2022].
- Sun, M., Huang, X., Yan, Y., Chen, J., Wang, Z., Xie, & M., Li, J. (2012). Rac1 is a possible link between obesity and oxidative stress in Chinese overweight adolescents. *Obesity (Silver Spring)*, 20, pp. 2233–40. DOI: <https://doi.org/10.1038/oby.2012.63>
- Vincent H, Powers S, Dirks A, & Scarpace P. (2001). Mechanism for obesity-induced increase in myocardial lipid peroxidation. *Int J Obes (Lond)*. 25, pp. 378–388, DOI: <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0801536>
- Vincent HK, & Taylor AG. (2006). Biomarkers and potential mechanisms of obesity-induced oxidant stress in humans. *Int J Obes (Lond)*, 30: 400–418. DOI: <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803177>
- WHO: World Health Organization obesity and overweight, Fact sheet N°311. (2021). Updated 9 June 2021. Available online: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/>. [Last accessed on 2022 February 10].
- WHO (2022) Obesity. Available from [https://www.who.int/health-topics/obesity#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/obesity#tab=tab_1) [Last accessed on 2022 February 10].
- Yesilbursa, D., Serdar, Z., Serdar, A., Sarac, M., Coskun, S., & Jale, C. (2005). Lipid peroxides in obese patients and effect of weight loss with orlistat on lipid peroxides levels. *International Journal of Obesity*, Vol. 29, pp. 142-145, DOI: <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0802794>
- Youn, J.Y., Siu, K.L., Lob, H.E., Itani, H., Harrisn, D.G., & Cai, H. (2014). Role of vascular oxidative stress in obesity and metabolic syndrome. *Diabetes*. Vol.63. pp.

2344–55, DOI:  
<https://doi.org/10.2337/db13-0719>