

Literatur Review Vitamin D Terhadap Stres Oksidatif (MDA)

Literature Review of Vitamin D on Oxidative Stress (MDA)

¹Devi Ardila, ²Chessy Sripratiwi, ³Dindi Paizer, ⁴Ahmad Nur Siddiq, ⁵Erike Septa Prautami,
⁶Elis Anggeria

^{1,2,3,4,5} Universitas Sriwijaya, Palembang

⁶ Universitas Prima Indonesia

Email: devi_ardila@fkm.unsri.ac.id

Submisi: 1 Mei 2025; Penerimaan: 15 Juni 2025; Publikasi 30 Juni 2025

ABSTRAK

Vitamin D memiliki banyak manfaat dan fungsi bagi metabolisme tubuh. Prevalensi defisiensi vitamin D masih tinggi di Indonesia. Defisiensi vitamin D dapat memperburuk peradangan dan stres oksidatif, serta meningkatkan kerentanan terhadap gangguan metabolik dan infeksi. Defisiensi vitamin D sering dikaitkan dengan peningkatan kadar malondialdehyde (MDA). Malondialdehyde (MDA), produk akhir dari peroksidasi lipid, berfungsi sebagai biomarker yang andal untuk menilai tingkat stres oksidatif in vivo. Tujuan penulisan tinjauan literatur ini adalah untuk menganalisis korelasi antara tingkat vitamin D dengan stres oksidatif (MDA). Analisis literatur terkait diperoleh dari pencarian di basis data jurnal medis dan kesehatan, yaitu PubMed-MEDLINE dan Google Scholar, yang diterbitkan antara tahun 2010 hingga 2025. Delapan artikel diperoleh dan dimasukkan dalam tinjauan literatur ini. Berdasarkan tinjauan literatur, korelasi antara vitamin D dengan stres oksidatif (MDA) menunjukkan efeknya. Vitamin D dapat mengurangi tingkat stres oksidatif (MDA) pada beberapa penyakit seperti penyakit hati non-alkoholik, fibrosis kistik (CF), dan kasus tertentu seperti obesitas yang dapat terjadi pada lansia dan anak-anak.

Kata kunci: Vitamin D, Stres Oksidatif dan MDA

ABSTRACT

Vitamin D has many benefits and functions for body metabolism. The prevalence of vitamin D deficiency is still high in Indonesia. Vitamin D deficiency can improve inflammation and oxidative stress, and increase susceptibility to metabolic disorders and infections. Vitamin D deficiency is often associated with increased levels of malondialdehyde (MDA). Malondialdehyde (MDA), the end product of lipid peroxidation, functions as a reliable biomarker to assess the level of oxidative stress in vivo. The purpose of writing this literature review is to analyze the correlation of vitamin D levels with oxidative stress (MDA). Analysis of related literature was obtained from a search in the medical and health journal databases, namely PubMed-MEDLINE and Google Scholar and published in 2010-2025. 8 articles were obtained and included in this literature review. Based on the literature review, the correlation of vitamin D to oxidative stress (MDA) showed its effect. Vitamin D can reduce oxidative stress levels (MDA) in several diseases such as non-alcoholic liver disease, cystic fibrosis (CF), and certain cases such as obesity that can occur in the elderly and children.

Keywords: Vitamin D, Stress Oksidatif dan MDA

Pendahuluan

Vitamin D merupakan zat gizi mikro yang penting bagi kesehatan manusia dan memengaruhi banyak proses fisiologis (Wimalawansa, 2024). Selain itu juga memiliki beberapa manfaat seperti mengatur status inflamasi yang menunjukkan efek yang berbeda pada berbagai jenis sel inflamasi (Lin et al., 2005; Zahra et al., 2019). Vitamin D tidak hanya berperan dalam menjaga metabolisme kalsium yang normal, tetapi juga memiliki peran penting dalam berbagai fungsi non-klasik tubuh (Mokhtari et al., 2017; Zahra et al., 2019). Kekurangan vitamin D merupakan masalah kesehatan masyarakat global, yang memengaruhi sekitar 1 miliar orang di seluruh dunia. Hampir 50% dari beberapa populasi mengalami kekurangan vitamin D. Prevalensi kekurangan vitamin D tertinggi ditemukan di kalangan orang dewasa yang lebih tua, individu dengan obesitas, penghuni panti jompo, dan pasien yang dirawat di rumah sakit. Individu dengan obesitas memiliki prevalensi kekurangan vitamin D 35% lebih tinggi, terlepas dari garis lintang atau usia (Kaur et al., 2025). Namun banyak penduduk Indonesia yang mengalami defisiensi vitamin D. Prevalensi hipovitaminosis D di Indonesia diperkirakan sebesar 33% dan lebih tinggi pada perempuan 60% dibandingkan pada laki-laki 40%. Rata-rata kadar vitamin D dalam serum darah adalah 22,74 ng/mL dengan interval prediksi 15,96 ng/mL hingga 29,52 ng/mL (Octavius et al., 2023).

Defisiensi vitamin D dapat memperburuk kondisi peradangan dan stres oksidatif, serta meningkatkan kerentanan terhadap gangguan metabolik dan infeksi. Selain itu, kekurangan zat ini juga berkontribusi terhadap peningkatan risiko kematian dini (Wimalawansa, 2024). Hubungan antara penurunan kadar vitamin D dan memburuknya status kesehatan bersifat asosiatif, sehingga bukti yang menunjukkan bahwa vitamin D secara langsung berkontribusi terhadap

penurunan kesehatan masih tergolong lemah (Rebelos et al., 2023). Kondisi kekurangan vitamin D sering dikaitkan dengan peningkatan kadar malondialdehid (MDA) serta penurunan aktivitas enzim antioksidan seperti superoksida dismutase (SOD). Sejumlah studi telah menunjukkan bahwa suplementasi vitamin D₃ berpotensi membalikkan stres oksidatif pada tingkat intraseluler. Namun demikian, vitamin D bersifat tidak stabil dan rentan mengalami degradasi oksidatif. Dalam hal ini, lipotida—yang mengandung kombinasi lipid dan protein—dapat berfungsi sebagai sistem pelindung yang mencegah oksidasi vitamin D (Untari et al., 2023).

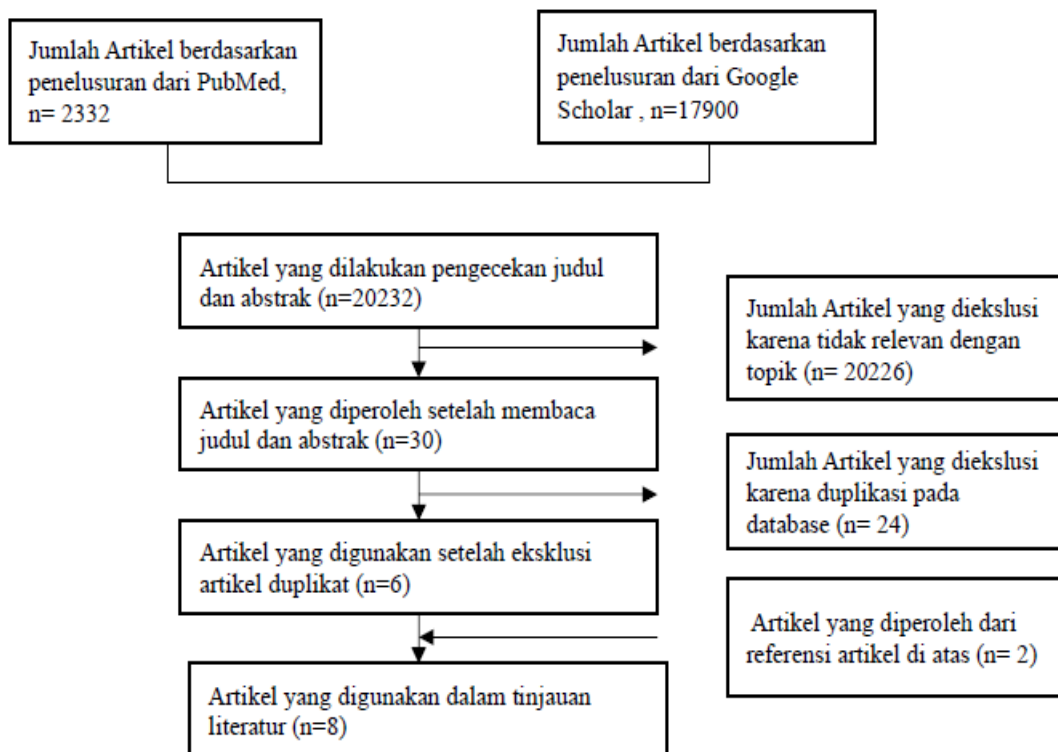
Stres oksidatif merupakan kondisi patologis yang ditandai oleh ketidakseimbangan antara produksi spesies reaktif oksigen (ROS) dan nitrogen (RNS) dengan sistem antioksidan endogen. Akumulasi ROS/RNS dapat menyebabkan oksidasi biomolekul seperti lipid membran, protein struktural, dan asam nukleat, yang berujung pada disfungsi seluler. Faktor eksogen seperti radiasi UV, polutan, logam berat, dan xenobiotik turut memperparah kondisi ini (Sulaiman & Sangging, 2024). Teori radikal bebas menyatakan bahwa akumulasi kerusakan yang disebabkan oleh radikal bebas dan stres oksidatif dapat mengganggu berbagai proses biokimia dan seluler, yang pada akhirnya menyebabkan disfungsi fisiologis dan berkontribusi terhadap perkembangan berbagai penyakit (Mulianto, 2020). Tingginya kadar malondialdehid (MDA) dan rendahnya kadar aktivitas superoksida dismutase (SOD) merupakan indikator stres oksidatif (Untari et al., 2023). Malondialdehid (MDA), produk akhir peroksidasi lipid, berfungsi sebagai biomarker yang reliabel untuk menilai tingkat stres oksidatif secara *in vivo* (Sulaiman & Sangging, 2024). Malondialdehid (MDA) merupakan salah satu biomarker stres oksidatif yang paling banyak digunakan, terutama dalam penelitian terkait berbagai kondisi patologis seperti penyakit kanker,

gangguan psikiatri, penyakit pernafasan seperti paru obstruktif kronik (PPOK), asma, serta penyakit kardiovaskular (Khoubnasabjafari et al., 2015). Menurut Mulianto (2020) Malondialdehid (MDA) merupakan produk akhir dari peroksidasi lipid yang bersifat sebagai aldehyd reaktif dan spesies elektrofil berdaya tinggi. Senyawa ini berkontribusi terhadap stres toksik pada sel dengan membentuk ikatan kovalen dengan protein, menghasilkan senyawa yang dikenal sebagai *advanced lipoxidation end products* (ALEs). Selain itu, MDA juga dapat bereaksi dengan basa nitrogen pada DNA, seperti deoksiguanosin dan deoksiadenosin, membentuk aduk M1G yang bersifat mutagenik dan berpotensi menyebabkan kerusakan genetik (Eberhardt, 2001; Mulianto, 2020). Saat ini sudah banyak dilakukan penelitian yang berkaitan

dengan vitamin dengan terjadinya stress oksidatif (kadar MDA).

Metode penelitian

sehingga peneliti melakukan analisis naratif dengan literatur review untuk membahas hal ini. Pada penelitian digunakan metode dengan *narrative review*. Proses pencarian literatur dilakukan melalui basis data elektronik seperti PubMed-MEDLINE dan Google Scholar dengan menggunakan artikel berbahasa Inggris yang dipublikasikan setelah tahun 2000. Kata kunci yang digunakan antara lain: *vitamin D*, *oxidative stress*, dan *malondialdehyde*, guna memperoleh informasi yang relevan dan akurat. Data yang diperoleh dianalisis secara kualitatif melalui penyusunan narasi untuk mengevaluasi korelasi antara kadar vitamin D dan stres oksidatif. Penelitian ini tidak melibatkan responden.



Gambar 1. Diagram alur penelusuran literatur

Hasil Penelitian dan Pembahasan

Berdasarkan hasil penelusuran literatur menghasilkan 30 artikel, yang selanjutnya diseleksi berdasarkan tahun publikasi, judul, abstrak, serta kesesuaian dengan kriteria inklusi. Setelah proses penyaringan, diperoleh 8 artikel yang dianggap relevan. *Literature review* ini bertujuan untuk mengkaji hubungan antara vitamin D dan Stres Oksidatif.

Tabel 1 Literatur terkait korelasi vitamin D dengan Stress Oksidatif

No	Peneliti/Tahun	Judul Penelitian	Subjek Penelitian	Metode Penelitian	Kesimpulan
1	Zahra, N. et al. 2019.	Hubungan antara kadar vitamin D dengan kadar malondialdehid (mda) plasma pada lansia	40 subyek Penelitian yang merupakan lansia berusia ≥ 60 tahun dan berjenis kelamin wanita.	<i>Cross-Sectional</i>	Terdapat hubungan yang signifikan antara kadar vitamin D dengan kadar MDA plasma pada lansia ($p:0,021$) dengan kekuatan korelasi cukup ($r:-0,364$)
2	Untari, Untari, et.al. 2023	The Effect of Liprotide-Encapsulated Vitamin D3 on MDA and SOD in Rats Deficient Vitamin D and Calcium	24 tikus Wistar yang dibagi secara acak menjadi 4 kelompok	Penelitian eksperimental post-test-only control group menggunakan 24 tikus Wistar yang dibagi secara acak menjadi 4 kelompok. Kelompok K(-), K(+), dan P diberi diet AIN-93M yang kekurangan vitamin D dan kalsium selama 14 hari.	Vitamin D3 yang dikapsulasi liprotida berpotensi meningkatkan aktivitas SOD dan menurunkan kadar MDA.
3	Kumar, et.al. 2024	Unraveling the Relationship Between Vitamin D and Oxidative Stress: A Cross-Sectional Study	Total 108 peserta dengan usia yang sama (35 hingga 50 tahun) dari kedua jenis kelamin (54 laki-laki dan 54 perempuan)	<i>Cross-Sectional</i>	Hasilnya menunjukkan peran perlindungan potensial vitamin D terhadap kerusakan oksidatif, yang dapat memiliki implikasi untuk pencegahan penyakit terkait stres oksidatif. Kadar vitamin D serum yang lebih tinggi dikaitkan dengan berkurangnya stres oksidatif, tercermin dari lebih rendahnya MDA.
4	Queiroz DJM, et.al. 2023	Vitamin D levels and their association with oxidative stress and inflammation markers in patients	Total 48 pasien dengan fibrosis kistik termasuk anak-anak,	<i>Cross-Sectional</i>	Terdapat prevalensi hipovitaminosis D yang tinggi, dengan kadar 25(OH)D dikaitkan dengan stres oksidatif yang lebih

No	Peneliti/Thun	Judul Penelitian	Subjek Penelitian	Metode Penelitian	Kesimpulan
		with cystic fibrosis	remaja dan orang dewasa di wilayah timur laut Brasil.		besar jika dikombinasikan dengan penanda inflamasi. Kadar vitamin D yang lebih baik dapat menjadi alternatif untuk mengurangi kerusakan yang disebabkan oleh stres oksidatif dan inflamasi berlebih pada pasien CF.
5	Sunil J Wimalawansa, 2019	Vitamin D Deficiency: Effects on Oxidative Stress, Epigenetics, Gene Regulation, and Aging	Artikel ini tidak memiliki subjek penelitian karena merupakan meta analisis	Meta-analysis	Vitamin D merupakan salah satu pengendali utama peradangan sistemik, stres oksidatif, dan fungsi pernapasan mitokondria, dan dengan demikian, proses penuaan pada manusia.
6	Eugene Chang, 2019	1,25-Dihydroxyvitamin D Decreases Tertiary Butyl-Hydrogen Peroxide-Induced Oxidative Stress and Increases AMPK/SIRT1 Activation in C2C12 Muscle Cells	Artikel ini tidak memiliki subjek penelitian karena merupakan meta analisis	Meta-analysis	Hasilnya menunjukkan efek penghambatan kuat yang diamati dari 1,25(OH)2D pada stres oksidatif otot dan dinamika mitokondria mungkin setidaknya terlibat dalam aktivasi AMPK dan aktivasi SIRT1 pada sel otot.
7	Asghari, Somayyeh et al. 2021	Vitamin D status and systemic redox biomarkers in adults with obesity	140 subjek dengan obesitas dan 90 kontrol berat badan normal yang sesuai usia dan jenis kelamin dipilih	Case-control	Temuan menunjukkan adanya hubungan kuat antara tingkat keparahan defisiensi 25(OH)D dengan parameter terkait oksidatif/antioksidatif, terlepas dari obesitas.
8	Mahdi, S. et al. 2019	The effect of vitamin D supplementation on oxidative stress parameters: A systematic review and meta-analysis of clinical trials	Artikel ini tidak memiliki subjek penelitian karena merupakan meta analisis	Systematic review and meta-analysis of clinical trials	Suplementasi Vitamin D dapat mengurangi stres oksidatif dan peroksidasi lipid dengan meningkatkan sebagian besar parameter stres oksidatif

Stres Oksidatif memainkan peran penting dalam kerusakan sel di mana produksi Reaktif Oxygen Species (ROS) menekan sistem pertahanan antioksidan sel, yang mengakibatkan terjadinya kerusakan sel (Sepidarkish et al., 2019; Siti et al., 2015). Dalam kondisi fisiologis, sistem pertahanan antioksidan menjaga keseimbangan oksidan-antioksidan dengan menyesuaikan perubahan kadar oksidan (Sepidarkish et al., 2019; Sies, 2007).

Namun, vitamin D menangkal aktivitas nikotinamida adenin dinukleotida fosfat (NADPH) oksidase yang menghasilkan ROS, dan meningkatkan kapasitas antioksidan dengan meningkatkan aktivitas enzim antioksidan seperti superoksida dismutase (Kim et al., 2020).

Vitamin D dapat mengurangi konsentrasi MDA pada pasien dengan penyakit hati non-alkohol (Sepidarkish et al., 2019; Sharifi et al., 2014). Hasil

penelitian lain menunjukkan semakin tinggi kadar Vitamin D pada lansia berkorelasi dengan menurunnya aktivitas peroksidasi lipid yang ditandai dengan menurunnya kadar malondialdehid (MDA) plasma (Zahra et al., 2019). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa vitamin D memiliki aktivitas oksidan (Sepidarkish et al., 2019; Zahra et al., 2019).

Penelitian yang dilakukan oleh Pereira et al. pada tahun 2015, yang menunjukkan bahwa anak-anak dengan kadar 25(OH)D yang tidak mencukupi dan mengalami peningkatan signifikan kadar MDA plasma (penanda akhir lipoperoksidasi) serta aktivitas myeloperoksidase, yaitu enzim utama pada makrofag di dinding arteri. Kedua indikator ini telah dikaitkan dengan inisiasi dan propagasi spesies reaktif yang menargetkan sel-sel inflamasi (Pereira-Santos et al., 2015; Zahra et al., 2019).

Kadar MDA dan aktivitas SOD Pada tikus dengan defisiensi vitamin D dan kalsium, pemberian vitamin D3 yang dienkapsulasi lipotida terbukti secara signifikan menurunkan kadar MDA dan meningkatkan aktivitas SOD dibandingkan dengan vitamin D3 tanpa enkapsulasi. Hasil ini menunjukkan bahwa enkapsulasi vitamin D3 dengan lipotida berpotensi menjadi strategi efektif untuk meningkatkan pertahanan antioksidan dan mengurangi stres oksidatif (Untari et al., 2023). Didukung oleh penelitian lain menunjukkan korelasi terbalik yang signifikan antara kadar vitamin D serum dan MDA ($r = -0,71$, $p < 0,001$), menunjukkan peroksidasi lipid yang lebih rendah dengan kadar vitamin D yang lebih tinggi. Kadar vitamin D serum yang lebih tinggi berhubungan dengan penurunan stres oksidatif, sebagaimana ditunjukkan oleh rendahnya kadar MDA. Temuan ini mengindikasikan potensi peran protektif vitamin D terhadap kerusakan oksidatif, yang dapat berkontribusi pada upaya pencegahan berbagai penyakit terkait stres oksidatif (Kumar et al., 2024).

Pada tahun 2023 Queroz dkk. memperoleh data yang menunjukkan

bahwa kekurangan atau insufisiensi vitamin D ditemukan pada 64,6% pasien. Berdasarkan analisis regresi linier berganda, kadar MDA memiliki hubungan terbalik yang signifikan ($p < 0,05$) dengan kadar 25-hidroksivitamin D dalam darah, terutama saat dikaitkan dengan keberadaan penanda inflamasi. Namun, hubungan ini tidak terlihat ketika hanya stres oksidatif yang dianalisis secara terpisah. Temuan ini menunjukkan tingginya prevalensi hipovitaminosis D, dimana kadar 25(OH)D yang rendah berkaitan dengan peningkatan stres oksidatif jika disertai dengan inflamasi. Oleh karena itu, peningkatan kadar vitamin D dapat menjadi strategi potensial untuk mengurangi kerusakan akibat stres oksidatif dan inflamasi pada pasien dengan cystic fibrosis (CF) (Queiroz et al., 2023). Vitamin D dengan Stres Oksidatif yaitu 1,25(OH)2D terlibat dalam banyak aktivitas genom intraseluler dan reaksi biokimia dan enzimatis, sedangkan konsentrasi 25(OH)D penting dalam mengatasi peradangan, penghancuran mikroba dan parasit yang menyerang, serta meminimalkan stres oksidatif (Petersen & Smith, 2016; Webb et al., 1989; Wimalawansa, 2019).

Pada sel otot C2C12, pengobatan Tertiary Butyl-Hydrogen Peroxide (tBHP) menyebabkan peningkatan kandungan MDA sebanyak 1,82 kali lipat, yang ditekan oleh 1,25(OH)2D dengan cara yang bergantung pada dosis. Hasil ini menggambarkan bahwa 1,25(OH)2D mengembalikan ROS, peroksidasi lipid, kerusakan sel, dan kematian akibat peningkatan tBHP (Chang, 2019). Pada penderita Obesitas, Konsentrasi serum 25(OH)D berkorelasi terbalik dengan BMI, WC, massa lemak, dan lemak visceral. Kadar serum MDA dan TOS, serta aktivitas SOD eritrosit secara signifikan lebih tinggi, pada subjek dengan obesitas dibandingkan dengan control. Sedangkan Penderita obesitas yang kekurangan 25(OH)D menunjukkan kadar serum MDA yang lebih tinggi serta

aktivitas SOD eritrosit dibandingkan dengan subjek obesitas dengan kecukupan 25(OH)D dan kontrol bahkan ketika disesuaikan dengan Indeks massa tubuh (Asghari et al., 2021).

Kesimpulan

Berdasarkan penelusuran tentang korelasi vitamin D terhadap stress oksidatif (MDA) menunjukkan pengaruh. Vitamin D dapat menurunkan level stress oksidatif (MDA) pada beberapa penyakit seperti penyakit hati non-alkohol, cystic fibrosis (CF), dan kasus tertentu seperti obesitas yang dapat terjadi pada lansia dan anak-anak.

Batasan

Literatur yang dianalisis mencakup populasi dengan latar belakang usia, kondisi kesehatan, dan faktor geografis yang beragam, seperti pasien dengan penyakit kronis, populasi umum, atau individu dari berbagai negara. Hal ini membatasi generalisasi temuan. Namun diperlukan penelusuran dan pembahasan yang lebih dalam untuk biomarker stress oksidatif dan sampel yang lebih khusus.

References

- Asghari, S., Hamed-Shahraki, S., & Amirkhizi, F. (2021). Vitamin D status and systemic redox biomarkers in adults with obesity. *Clinical Nutrition ESPEN*, 45. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2021.07.032>
- Chang, E. (2019). 1,25-Dihydroxyvitamin D decreases tertiary butyl-hydrogen peroxide-induced oxidative stress and increases AMPK/SIRT1 activation in C2C12 muscle cells. *Molecules*, 24(21). <https://doi.org/10.3390/molecules24213903>
- Eberhardt, M. (2001). *Reactive oxygen metabolites* (2nd ed.). CRC Press;
- Kaur, J., Khare, S., Sizar, O., & Givler, A. (2025). *Vitamin D Deficiency*. Stat Pearls Publishing. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK532266/>
- Khoubnasabjafari, M., Ansarin, K., & Jouyban, A. (2015). Reliability of malondialdehyde as a biomarker of oxidative stress in psychological disorders. *BioImpacts*, 5(3). <https://doi.org/10.15171/bi.2015.20>
- Kim, D. H., Meza, C. A., Clarke, H., Kim, J. S., & Hickner, R. C. (2020). Vitamin D and endothelial function. In *Nutrients* (Vol. 12, Issue 2). <https://doi.org/10.3390/nu12020575>
- Kumar, J., Sharma, A., Dasgupta, A., Podder, A., Naregal, G., Iqbal, M. K., Nazim, S., & Rehman, H. (2024). Unraveling the Relationship Between Vitamin D and Oxidative Stress: A Cross-Sectional Study. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.67818>
- Lin, A. M. Y., Chen, K. B., & Chao, P. L. (2005). Antioxidative effect of vitamin D3 on zinc-induced oxidative stress in CNS. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1053. <https://doi.org/10.1196/annals.1344.028>
- Mokhtari, Z., Hekmatdoost, Z., & Nourian, M. (2017). Antioxidant efficacy of vitamin D. In *Journal of Parathyroid Disease* (Vol. 5, Issue 1).
- Mulianto, N. (2020). Malondialdehyd sebagai Penanda Stres Oksidatif pada Berbagai Penyakit Kulit. *Cermin Dunia Kedokteran*, 47(1).
- Octavius, G. S., Shakila, A., Meliani, M., & Halim, A. (2023). Vitamin D deficiency is a public health emergency among Indonesian children and adolescents: a systematic review and meta-analysis of prevalence. *Annals of Pediatric Endocrinology and Metabolism*, 28(1). <https://doi.org/10.6065/apem.2244170.085>

- Pereira-Santos, M., Costa, P. R. F., Assis, A. M. O., Santos, C. A. S. T., & Santos, D. B. (2015). Obesity and vitamin D deficiency: A systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews*, 16(4). <https://doi.org/10.1111/obr.12239>
- Petersen, K. S., & Smith, C. (2016). Ageing-associated oxidative stress and inflammation are alleviated by products from grapes. In *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* (Vol. 2016). <https://doi.org/10.1155/2016/6236309>
- Queiroz, D. J. M., Silva, A. S., Júnior, C. C. da S., Persuh, D. C., Diniz, A. da S., de Lima, R. L. F. C., de Paiva, M. P., Cartaxo, C. G. B., Bezerra, P. G. de M., Ribeiro, M. D., & Gonçalves, M. da C. R. (2023). Vitamin D levels and their association with oxidative stress and inflammation markers in patients with cystic fibrosis. *Nutricion Hospitalaria*, 40(2). <https://doi.org/10.20960/nh.04253>
- Rebelos, E., Tentolouris, N., & Jude, E. (2023). The Role of Vitamin D in Health and Disease: A Narrative Review on the Mechanisms Linking Vitamin D with Disease and the Effects of Supplementation. In *Drugs* (Vol. 83, Issue 8). <https://doi.org/10.1007/s40265-023-01875-8>
- Sepidarkish, M., Farsi, F., Akbari-Fakhrabadi, M., Namazi, N., Almasi-Hashiani, A., Maleki Hagiagha, A., & Heshmati, J. (2019). The effect of vitamin D supplementation on oxidative stress parameters: A systematic review and meta-analysis of clinical trials. In *Pharmacological Research* (Vol. 139). <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2018.11.011>
- Sharifi, N., Amani, R., Hajiani, E., & Cheraghian, B. (2014). Does vitamin D improve liver enzymes, oxidative stress, and inflammatory biomarkers in adults with non-alcoholic fatty liver disease? A randomized clinical trial. *Endocrine*, 47(1). <https://doi.org/10.1007/s12020-014-0336-5>
- Sies, H. (2007). Total antioxidant capacity: Appraisal of a concept. In *Journal of Nutrition* (Vol. 137, Issue 6). <https://doi.org/10.1093/jn/137.6.1493>
- Siti, H. N., Kamisah, Y., & Kamsiah, J. (2015). The role of oxidative stress, antioxidants and vascular inflammation in cardiovascular disease (a review). In *Vascular Pharmacology* (Vol. 71). <https://doi.org/10.1016/j.vph.2015.03.005>
- Sulaiman, A. G., & Sangging, P. R. A. (2024). Malondialdehyde (MDA) sebagai Marker Stres Oksidatif Berbagai Penyakit. *Medula*, 14(2), 321–325. <https://www.journalofmedula.com/index.php/medula/article/download/990/785/5958>
- Untari, U., Anjani, G., Fulyani, F., Pramono, A., Mahati, E., Putri, S. R., & Maulana, R. A. (2023). The Effect of Lipotide-Encapsulated Vitamin D3 on MDA and SOD in Rats Deficient Vitamin D and Calcium. *Journal of Biomedicine and Translational Research*, 9(1). <https://doi.org/10.14710/jbtr.v9i1.16289>
- Webb, A. R., Decosta, B. R., & Holick, M. F. (1989). Sunlight regulates the cutaneous production of vitamin D3 by causing its photodegradation. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 68(5). <https://doi.org/10.1210/jcem-68-5-882>
- Wimalawansa, S. J. (2019). Vitamin D deficiency: Effects on oxidative stress, epigenetics, gene regulation, and aging. In *Biology* (Vol. 8, Issue 2). <https://doi.org/10.3390/biology8020030>

- Wimalawansa, S. J. (2024). Physiology of Vitamin D—Focusing on Disease Prevention. *Nutrients*, 16(11), 1666. <https://doi.org/10.3390/nu16111666>
- Zahra, N., Johan, A., & Ngestiningsih, D. (2019). Hubungan Antara Kadar Vitamin D Dengan Kadar Malondialdehid (Mda) Plasma Pada Lansia. *Diponegoro Medical Journal (Jurnal Kedokteran Diponegoro)*, 8(1).