

Artikel Review

Pengaruh Absorpsi Kalsium oleh Vitamin D Pada Penderita Obesitas

Nabila Jemima Aji, Anna Fitriani*

Program Studi S1 Ilmu Gizi, Fakultas Ilmu-Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka, Indonesia

*Corresponding author: annafitriani@uhamka.ac.id

ABSTRACT

Background: Obesity continues to increase every year due to lifestyle changes that affect food intake and physical activity in everyone. In addition to being at risk for degenerative diseases, obese people are also at risk of developing bone diseases such as osteomalacia, osteopenia, and rickets. Obese people need stronger bone strength to support their bodies compared to people who have normal weight. To form stronger bones requires a high intake of calcium. Vitamin D plays a very important role in optimizing the absorption of calcium in the body. **Objective:** To determine the effect of calcium absorption by vitamin D on obesity. **Results:** Obesity affects the bioavailability of vitamin D in the body due to high adipose tissue and low exposure to sunlight. Low levels of vitamin D in the body will reduce calcium absorption. **Conclusion:** Vitamin D levels in obese patients directly affect calcium absorption in the body. However, further and in-depth research is needed to prove that obese people have direct risk factors for bone diseases such as osteomalacia, rickets, and osteoporosis due to low absorption of calcium from the influence of low levels of vitamin D in the body.

Keywords: calcium, obesity, vitamin d

ABSTRAK

Latar belakang: Obesitas terus mengalami peningkatan setiap tahunnya akibat perubahan gaya hidup sehingga mempengaruhi asupan makan dan aktivitas fisik pada setiap orang. Selain berisiko terkena penyakit degeneratif, penderita obesitas juga berisiko terkena penyakit pada tulang seperti, osteomalasia, osteopenia, dan riketsia. Penderita obesitas membutuhkan kekuatan tulang yang lebih kuat untuk menopang tubuhnya dibandingkan dengan orang yang memiliki berat badan normal. Untuk membentuk tulang yang lebih kuat dibutuhkan asupan kalsium yang tinggi. Vitamin D sangat berperan untuk mengoptimalkan absorpsi kalsium dalam tubuh. **Tujuan:** Untuk mengetahui pengaruh absorpsi kalsium oleh vitamin D pada obesitas. **Hasil:** Obesitas mempengaruhi bioavailabilitas vitamin D dalam tubuh akibat tingginya jaringan adiposa dan rendahnya paparan terhadap sinar matahari. Rendahnya kadar vitamin D dalam tubuh akan menurunkan absorpsi kalsium. **Simpulan:** Kadar vitamin D pada penderita obesitas memang secara langsung mempengaruhi absorpsi kalsium dalam tubuh. Namun penelitian lebih lanjut dan mendalam diperlukan untuk membuktikan bahwa penderita obesitas memiliki faktor risiko langsung terhadap penyakit pada tulang seperti osteomalasia, riketsia, dan osteoporosis akibat rendahnya absorpsi kalsium dari pengaruh rendahnya kadar vitamin D dalam tubuh.

Kata kunci: kalsium, obesitas, vitamin d

PENDAHULUAN

Obesitas termasuk salah satu masalah kesehatan yang terus meningkat setiap tahunnya. Peningkatan kejadian obesitas tidak hanya terjadi di negara maju, namun juga di negara berkembang (1,2). Diperkirakan angka kejadian obesitas di negara berkembang akan melampaui angka kejadian obesitas di negara maju akibat adanya transisi ekonomi (1).

Prevalensi obesitas di Indonesia semakin meningkat dari tahun ke tahun. Menurut Hasil Riset Kesehatan Dasar (RISKESDAS) tahun 2018 prevalensi penderita obesitas usia >18 tahun di Indonesia mengalami peningkatan yang cukup pesat yaitu mencapai 21,8% jika dibandingkan dengan tahun 2013 yang hanya sebesar 14,8% (3). Semakin tinggi angka prevalensi obesitas, semakin tinggi pula angka morbiditas dan mortalitas di Indonesia (4). Obesitas juga banyak terjadi pada anak-anak akibat berkembangnya mitos anak yang gemuk merupakan simbol dari anak yang sehat. Anak yang obesitas cenderung tetap obesitas hingga dewasa dan berisiko terkena penyakit tidak menular (2,5).

Seseorang yang obesitas mengalami penumpukan jaringan lemak dan berisiko dengan berbagai penyakit tidak menular, seperti penyakit jantung koroner, hipertensi, diabetes mellitus, serta stroke (6-8). Selain itu, penderita obesitas juga rentan terkena penyakit yang menyerang tulang seperti, osteomalasia, osteopenia, dan riketsia akibat beratnya beban pada tulang untuk menopang tubuh (6,7). Oleh karena itu, orang yang obesitas membutuhkan kekuatan tulang yang lebih besar dibandingkan dengan orang yang memiliki berat badan ideal (7).

Pada penderita obesitas, tulang yang lebih kuat dibutuhkan untuk menopang

tubuh dalam melakukan aktivitas sehari-hari. Pembentukan tulang yang kuat membutuhkan asupan kalsium yang lebih banyak. Kalsium adalah salah satu mineral yang penting bagi tubuh, antara lain untuk metabolisme tubuh, penghubung antar syaraf, kerja jantung, pergerakan otot, dan terutama bagi pembentukan tulang dan gigi (9).

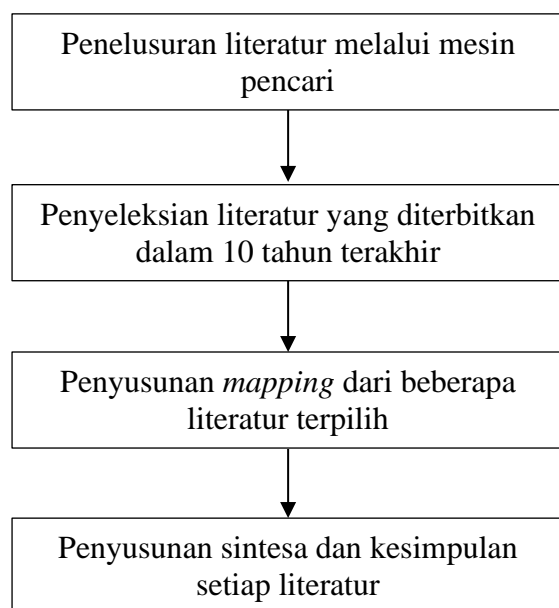
Selain kalsium, vitamin D juga sangat berperan untuk mengoptimalkan pembentukan kekuatan tulang. Vitamin D berperan sebagai pengatur metabolisme kadar kalsium dalam tubuh (6). Menurut beberapa penelitian, penderita obesitas memiliki kadar vitamin D yang lebih rendah dibandingkan dengan yang tidak obesitas, karena kebanyakan serum vitamin D tersebut disimpan ke dalam jaringan lemak (10-12). Selain itu, orang obesitas yang umumnya kurang menyukai aktivitas di luar rumah untuk mendapatkan sinar matahari yang juga bisa menyebabkan bioavailabilitas vitamin D menurun (13). Rendahnya bioavailabilitas vitamin D akan mengganggu absorpsi kalsium. Asupan kalsium yang terganggu, akan memengaruhi pembentukan kekuatan tulang.

Artikel ini bertujuan untuk memberikan informasi mengenai hubungan antara vitamin D dan kalsium dengan obesitas, serta apakah obesitas secara langsung dapat meningkatkan risiko munculnya penyakit pada tulang akibat rendahnya absorpsi kalsium.

TINJAUAN LITERATUR

Penelusuran literatur dilakukan dengan menggunakan mesin pencari *American Journal of Clinical Nutrition*, *PubMed*, *Google Scholar*, *Elsevier*, dan *Cambridge Core* yang diperoleh sebanyak 42 jurnal. Untuk mengakses jurnal berbahasa Inggris

melalui *American Journal of Clinical Nutrition* didapat 4 jurnal, *PubMed* 17 jurnal, *Elsevier* 6 jurnal, dan *Cambridge Core* 7 jurnal. Sedangkan untuk mengakses jurnal berbahasa Indonesia melalui *Google Scholar* didapat 8 jurnal. Kata kunci yang digunakan diantaranya obesitas dan vitamin D, obesitas dan kalsium, kalsium dan vitamin D. Jurnal yang ditelusuri harus yang diterbitkan dalam 10 tahun terakhir pada jurnal nasional maupun internasional dengan jumlah jurnal atau artikel yang di *review* berjumlah 15. Setelah dilakukan *mapping* dan sintesa jurnal, didapatkan hasil bahwa 12 dari 15 jurnal menyatakan adanya hubungan signifikan antara kadar vitamin D dalam tubuh dengan IMT atau jaringan adiposa. Sedangkan 2 dari 3 jurnal terakhir menyatakan adanya hubungan yang lemah. Alur penelitian digambarkan sebagai berikut:



Obesitas

Obesitas berperan dalam meningkatkan morbiditas dan mortalitas (4). Kegemukan atau obesitas terjadi karena konsumsi makanan yang melebihi kebutuhan. Bila kelebihan ini terjadi dalam jangka waktu yang lama, dan tidak diimbangi dengan

aktivitas yang cukup untuk membakar kelebihan energi, dalam jangka panjang kelebihan energi tersebut akan diubah menjadi lemak dan ditimbun di dalam jaringan adiposa di bawah kulit (14,15). Aktivitas fisik yang kurang merupakan faktor yang paling berisiko menyebabkan obesitas (4,8,16,17).

Secara fisiologis, obesitas didefinisikan sebagai suatu keadaan dengan akumulasi lemak yang berlebihan di jaringan adiposa (9). Pengklasifikasian obesitas menggunakan Indeks Massa Tubuh (IMT) yang dihitung dengan cara berat badan dalam kilogram dibagi tinggi badan dalam meter kuadrat. Menurut Kemenkes tahun 2018, pada klasifikasi nasional seseorang dinyatakan obesitas jika memiliki nilai IMT >25 (18).

Vitamin D

Vitamin D merupakan vitamin larut lemak yang dapat disintesis oleh tubuh dengan bantuan sinar matahari (15,19). Sinar *UV-B* matahari akan menyintesis vitamin D menjadi bentuk aktif D_3 (*kolekalsiferol*) (13,20,21). Selain itu vitamin D juga dapat diperoleh dari asupan makanan dalam bentuk vitamin D_3 (*kolekalsiferol*) dan vitamin D_2 (*ergosterol*) (22). Secara alami, vitamin D_3 dapat ditemukan pada produk hewani, terutama pada minyak hati ikan (13,19,22). Selain itu, vitamin D juga terdapat pada mentega, kuning telur, hati, salmon, susu, dan lain-lain (13,15,23). Sedangkan vitamin D_2 dapat ditemukan pada tumbuh-tumbuhan (22).

Didalam tubuh, bentuk vitamin D dari makanan akan diubah menjadi previtamin D (*7-dehidrokolekalsiferol* dan *ergokalsiferol*) dengan bantuan sinar matahari (24). Previtamin D akan diubah menjadi $25(OH)D$ didalam hati dan masuk

kedalam ginjal untuk diubah menjadi bentuk aktif $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ (19,21,25).

Kadar vitamin D yang adekuat berperan penting untuk perkembangan tulang sejak di dalam kandungan maupun pada saat masa anak-anak, dan juga untuk menjaga kesehatan tulang pada dewasa. Kelompok yang memiliki risiko tinggi terjadi kekurangan vitamin D diantaranya yaitu pada lansia, ibu hamil dan anak-anak (19,21,24). Kadar vitamin D yang cukup dapat mempengaruhi produk kalsium-fosfat yang cukup juga, sehingga memungkinkan mineralisasi tulang yang efektif (26). Defisiensi vitamin D dengan kadar $25(\text{OH})\text{D} < 15 \text{ ng/mL}$ menyebabkan disorganisasi kondrosit, hipertrofi, gangguan pada mineralisasi tulang, serta menyebabkan riketsia pada anak dan osteomalasia pada dewasa (6,13,15,21). Selain itu, defisiensi vitamin D juga dapat meningkatkan risiko osteoporosis, penyakit jantung, serta diabetes mellitus tipe 2 (26).

Defisiensi vitamin D dapat terjadi akibat penurunan paparan sinar matahari, rendahnya asupan makanan sumber vitamin D (10,23), dan tingginya kadar kolesterol (21,26). Seseorang yang mengalami malnutrisi juga dapat mengalami risiko defisiensi vitamin D. Anak yang mengalami malnutrisi akan berisiko mengalami infeksi. Infeksi pada saluran pencernaan akan meningkatkan terjadinya diare dan muntah, sehingga penyerapan vitamin D akan terganggu yang akan menyebabkan rendahnya kadar vitamin D dalam tubuh (27).

Kalsium

Kalsium merupakan mineral yang paling banyak terdapat di dalam tubuh. Sekitar 99% kalsium terdapat pada tulang dan gigi, sedangkan sisanya terdapat pada darah dan cairan ekstraseluler (13).

Meskipun hanya 1% kalsium berada dalam cairan ekstraseluler dan intraseluler, kalsium mempunyai fungsi yang sangat penting bagi tubuh (28). Selain berfungsi untuk pembentukan tulang dan gigi (15), kalsium dalam darah berperan untuk mempertahankan keseimbangan asam basa yang diatur oleh vitamin D, hormon kalsitonin, dan PTH (*Parathyroid Hormone*) (13,28,29). Selain itu, kalsium juga berperan untuk absorpsi vitamin B₁₂, pengatur enzim pemecah lemak, lipase pankreas, ekskresi insulin oleh pankreas, serta pembentukan dan pemecahan asetilkolin (16).

Tulang tidak hanya berfungsi sebagai penopang tubuh, tetapi juga berperan untuk menjaga homeostasis kadar kalsium dalam plasma dan cairan ekstraseluler (9). Sumber asupan kalsium dapat diperoleh dari produk susu dan sayuran. Produk susu seperti susu, yoghurt, dan keju mengandung tinggi kalsium (13,15). Selain dari produk olahan susu, kalsium juga dapat diperoleh dari sayuran (brokoli, bayam, wortel, kentang), dan juga buah-buahan (jeruk, stroberi, semangka, pisang) (30).

Hubungan Kalsium dengan Vitamin D

Vitamin D dibentuk di epidermis kulit dengan bantuan sinar matahari (*UV-B*) yaitu vitamin D₃ (*7-dehidrokolesterol*) dan akan mengalami dua kali hidrosilasi sebelum menjadi vitamin D aktif, yaitu $1,25(\text{OH})_2\text{D}$ atau *kalsitriol* (21,31). Fungsi dari *kalsitriol* adalah meningkatkan kadar kalsium dan fosfat plasma. Vitamin D meningkatkan penyerapan kalsium di dalam usus untuk mempertahankan kadar kalsium dalam tubuh (9,13,21,32).

Asupan kalsium dapat meningkatkan penggunaan $25(\text{OH})\text{D}$ untuk proses metabolisme dalam tubuh (25). Tulang berfungsi sebagai tempat penyimpanan dan

sumber kalsium ketika kalsium dalam darah menurun. Kadar kalsium dalam darah yang rendah dapat menstimulasi kelenjar paratiroid untuk membentuk PTH (*Parathyroid Hormone*). Kemudian, PTH akan mengaktivasi vitamin D agar dapat menstimulasi ginjal untuk mereabsorpsi kalsium sehingga semakin banyak kalsium yang diedarkan ke pembuluh darah (21,25).

Penderita obesitas cenderung banyak berada di dalam ruangan akibat rendahnya tingkat aktivitas fisik yang menyebabkan jarangnya terkena sinar matahari sehingga dapat mempengaruhi kadar vitamin D dalam tubuh (10,13). Apabila vitamin D yang diperoleh tubuh sedikit maka penyerapan kalsium akan kurang optimal (16).

Hubungan Vitamin D dengan Obesitas

Vitamin D dan kejadian obesitas mempunyai hubungan timbal balik (24). Rendahnya serum vitamin D dalam tubuh merupakan salah satu akibat dari obesitas (20). Hal ini disebabkan karena vitamin D larut dalam lemak dan mudah disimpan dalam jaringan adiposa (11). IMT (Indeks Massa Tubuh) dapat menjadi salah satu indikator atau dapat menggambarkan jaringan adiposa total seseorang. Selain IMT, metode lain untuk pengukuran lemak tubuh adalah dengan mengukur lingkar pinggang (2,4).

Penderita obesitas memiliki kadar 25(OH)D yang lebih rendah dibandingkan dengan yang tidak obesitas (12,25). Rendahnya konsentrasi kadar 25(OH)D dalam tubuh dapat disebabkan oleh tingginya jaringan adiposa, peningkatan basal metabolik dan gaya hidup dari penderita obesitas yang cenderung kurang menyukai aktivitas di luar rumah serta kurangnya paparan sinar matahari (10,13). Penyebab lain dari rendahnya kadar

25(OH)D serum pada penderita obesitas adalah kadar lemak yang tinggi menyebabkan bioavailabilitas vitamin D menurun dan kadar 25(OH)D serum terdeteksi rendah di dalam darah (27).

Ada dua teori yang menjelaskan penyebab rendahnya kadar vitamin D pada penderita obesitas yaitu teori sekuestrasi dan teori degradasi.

1. Teori Sekuestrasi: menyatakan bahwa penderita obesitas mengalami kegagalan dalam mengkonversi pre-vitamin D menjadi vitamin D di jaringan kulitnya, karena tingginya jaringan adiposa yang dapat menyita vitamin yang larut lemak sehingga kadar serum 25(OH)D₃ menjadi rendah (27,31).
2. Teori Degradasi: menyatakan bahwa tingginya jaringan adiposa akan merangsang infiltrasi dari sel-sel imun yang teraktivasi kemudian akan menyebabkan inflamasi dan penurunan (degradasi) vitamin D (27).

Keterkaitan vitamin D dengan obesitas memperlihatkan tidak hanya suatu kondisi penimbunan jaringan adiposa, tetapi juga peningkatan kadar leptin (12). Leptin melalui *fibroblast growth faktor-23* (FGF-23), yaitu faktor fosforik yang berperan dalam metabolisme vitamin D di ginjal dapat menekan sintesis 1,25(OH)₂D, bentuk aktif vitamin D yang dibentuk di ginjal (11).

Selain itu, fungsi enzim untuk hidroksilasi yaitu *25-ohase* dan *1- α -hidroksilase* akan menurun pada orang obesitas. Akibatnya, seorang yang mengalami obesitas setidaknya memerlukan dua kali lebih banyak vitamin D dibandingkan dengan seorang dengan berat badan normal untuk mempertahankan kadar serum 25(OH)D sebanyak 30-60 ng/mL (20,25).

Hubungan Kalsium dengan Obesitas

Konsumsi kalsium yang cukup dalam diet harian dapat menurunkan berat badan dan sintesis lemak (9). Seseorang yang mengonsumsi makanan yang mengandung tinggi kalsium (1200–1300 mg/hari) menunjukkan penurunan yang lebih besar pada lingkar pinggang dan rasio pinggang pinggul dibandingkan dengan subjek yang mengonsumsi makanan serupa dengan kandungan kalsium rendah (<500 mg kalsium/hari). Kalsium berperan dalam meningkatkan oksidasi lemak dan menurunkan lingkar pinggang (29).

Berdasarkan penelitian Zemel dkk (2010) menunjukkan bahwa asupan kalsium memiliki hubungan dengan

obesitas (29). Asupan kalsium yang cukup dibutuhkan untuk mengurangi risiko terjadinya obesitas. Peran kalsium terdapat dalam pengaturan metabolisme energi; terutama kalsium intraseluler, yang berperan pada metabolisme lemak dan simpanan trigliserida. Jika asupan kalsium rendah akan terjadi penurunan kalsium plasma. Hal ini akan berakibat pada peningkatan kalsium intraseluler yang akan merangsang terjadinya lipogenesis di dalam jaringan adiposa dan jika dibiarkan akan menyebabkan obesitas sentral (33). Vitamin D juga dibutuhkan untuk membantu penyerapan kalsium, agar tidak terjadinya peningkatan kalsium intraseluler (16).

Tabel 1. Hasil Penelitian dari Beberapa Sumber Terpilih

No.	Sumber	Subjek	Kekuatan Hubungan	Kesimpulan Topik
1.	Alloubani et al., (2019) (26)	Laki-laki dan perempuan dewasa berusia 18 - 60 tahun di Kota Tabuk, pantai barat laut Arab Saudi.	Peningkatan IMT serta rendahnya paparan sinar matahari, asupan vitamin D, dan kalsium akan meningkatkan defisiensi vitamin D dengan nilai OR masing-masing 3.2; 8.5; 9.7; 12.2 dengan nilai $p > 0.05$ (ada hubungan yang signifikan).	<ul style="list-style-type: none"> • Hasil penelitian menunjukkan bahwa defisiensi vitamin D lebih tinggi terjadi pada perempuan dan seseorang yang berpendapatan tinggi. • Faktor risiko defisiensi Vitamin D diantaranya merokok, rendahnya paparan sinar matahari, olahraga, rendahnya asupan vitamin D dan kalsium, kenaikan IMT, kadar kolesterol, LDL, HDL dan gula darah puasa.
2.	Grønberg et al., (2015) (34)	Laki-laki dan perempuan dewasa berusia 28 – 47 tahun di Denmark.	Tidak ada hubungan yang ditemukan antara persentase lemak tubuh dan status vitamin D dalam model regresi linier berganda ($p < 0,001$).	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak ada efek lemak tubuh yang terlihat pada respons status vitamin D setelah suplementasi (10 atau 20 g/hari) atau plasebo. • Tidak ada hubungan dasar antara persentase lemak tubuh dan status vitamin D, dan persentase lemak tubuh tidak berpengaruh pada respons terhadap suplementasi vitamin D.
3.	Oktavia S.N. (2019) (11)	Siswa SMA Pembangunan di Padang, Sumatera Barat.	<p>Ada perbedaan yang signifikan dari tingkat vitamin D rata-rata dalam darah siswa obesitas dibanding siswa normal ($p = 0,025$).</p> <p>Ada perbedaan proporsi kejadian obesitas antara responden yang kekurangan vitamin D dibandingkan dengan mereka yang memiliki tingkat vitamin D cukup ($p = 0,020$).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Vitamin D mempengaruhi konsentrasi Ca, bila kadar vitamin D rendah maka kadar Ca juga rendah yang akan merangsang ekspresi dan aktivitas <i>fatty acid synthase</i> (FAS). FAS merupakan enzim yang berperan dalam lipolisis. Rendahnya kadar vitamin D dalam membantu penyerapan Ca memicu kejadian obesitas. • Tingginya jaringan adiposa membuat vitamin D menumpuk, sehingga vitamin D yang ada di peredaran darah hanya sedikit.
4.	Rosenblum et al., (2012) (33)	Laki-laki dan perempuan dewasa berusia 18 - 65 tahun di Amerika Serikat.	Ada hubungan yang signifikan antara konsentrasi awal 25(OH)D dan IMT ($p = 0,011$).	Pada orang dewasa yang kelebihan berat badan dan obesitas, penurunan sedang dalam asupan energi dan suplementasi kalsium dan vitamin D dalam minuman menyebabkan penurunan lemak intraabdominal.
5.	Walsh et al., (2016) (12)	Laki-laki dan perempuan dewasa berusia 25 - 75 tahun	Seseorang yang obesitas dan <i>overweight</i> memiliki kadar serum 25(OH)D yang lebih rendah dibandingkan dengan yang normal pada	Semakin tinggi IMT seseorang, semakin rendah kadar serum 25(OH)D dalam tubuh.

di South Yorkshire, Inggris. musim semi dengan nilai $p < 0.001$ (**ada hubungan yang signifikan**).

6.	Gallagher et al., (2013) (35)	Perempuan dewasa usia 57 – 90 tahun di Amerika Serikat.	Ada hubungan terbalik yang signifikan antara total massa lemak tubuh dan serum 25(OH)D ($p < 0,0001$).	<ul style="list-style-type: none"> • Respon terhadap vitamin D tergantung pada berat badan. • Perempuan dengan IMT $< 25 \text{ kg/m}^2$ memiliki kadar 25(OH)D yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan yang memiliki IMT $> 25 \text{ kg/m}^2$ setelah suplementasi vitamin D. • Kelompok perempuan dengan IMT normal ($< 25 \text{ kg/m}^2$) menunjukkan respons terhadap vitamin D pada tingkat dosis apa pun dibandingkan dengan kelompok lainnya.
7.	Damayanti et al., (2017) (36)	Pasien kanker payudara berusia 18 - 65 tahun di RSUD Dr. Moewardi Surakarta.	Terdapat hubungan yang lemah antara IMT ($r = 0,188$; $p = 0,266$) dan asupan vitamin D ($r = 0,113$; $p = 0,507$) dengan serum 25(OH)D.	Tidak ada hubungan signifikan antara IMT dan asupan vitamin D dengan serum 25(OH)D, namun variabel usia menunjukkan hubungan yang bermakna ($p = 0,046$) dengan serum 25(OH)D, dengan kekuatan hubungan yang tergolong cukup atau sedang ($r = 0,335$).
8.	Kim Hanseul et al., (2020) (37)	Laki-laki dan perempuan dewasa berusia 30 - 80 tahun di Boston, Massachusetts, Amerika Serikat.	Terdapat hubungan yang signifikan antara kejadian obesitas dengan kadar serum 25(OH)D ($p < 0,0001$).	Kelebihan adipositas mengakibatkan resistensi vitamin D dalam menekan kadar PTH, bahkan ketika vitamin D diberikan dengan dosis tinggi.
9.	Cheng et al., (2010) (38)	Laki-laki dewasa usia ≥ 35 tahun dan perempuan usia ≥ 40 tahun di Inggris.	Terdapat hubungan yang berbanding terbalik antara kadar 25(OH)D dengan SAT (<i>subcutaneous adipose tissue</i>) dan VAT (<i>visceral adipose tissue</i>) dengan nilai $p < 0,0001$.	Semakin tinggi jaringan adiposa (terutama jaringan visceral) pada seseorang, semakin rendah kadar 25(OH)D pada tubuh. Prevalensi defisiensi vitamin D (25(OH)D $< 20 \text{ mg/ml}$) tiga kali lipat lebih tinggi pada mereka yang memiliki SAT dan VAT yang tinggi dibandingkan dengan SAT dan VAT rendah dengan nilai $p < 0,0001$.
10.	Vimaleswarana et al., (2013) (39)	Laki-laki dan perempuan dewasa di Inggris, Amerika Serikat, Kanada, Finlandia, Jerman, dan Swedia.	Terdapat hubungan antara kadar vitamin D dan IMT yang dikonfirmasi dalam konsorsium Investigasi Genetik Sifat Antropometrik (GIANT) ($n = 123,864$). Setiap kenaikan 1 kg/m^2 IMT dikaitkan dengan penurunan kadar 25(OH)D 1,15% lebih rendah ($p = 6.52 \times 10^{-27}$).	BMI yang lebih tinggi mengarah ke status vitamin D atau kadar 25(OH)D yang lebih rendah, memberi bukti bahwa obesitas merupakan faktor risiko kausal untuk defisiensi vitamin D.

-
- | | | | | |
|-----|-------------------------------|---|--|---|
| 11. | Drincic et al., (2013) (40) | Laki-laki dan perempuan dewasa berusia 19 - 68 tahun di Omaha, Nebraska, Amerika Serikat. | Terdapat hubungan yang signifikan antara IMT dan suplementasi vitamin D dengan kadar 25(OH)D dengan nilai $p < 0,001$. | Berat badan dan dosis suplementasi vitamin D secara langsung berhubungan dengan kadar 25(OH)D dan menyiratkan bahwa orang gemuk membutuhkan lebih banyak vitamin D3 daripada orang dengan berat badan normal untuk mencapai kadar yang sama. |
| 12. | Kirsty et al., (2012) (41) | Dewasa muda usia 20 – 40 tahun dan lansia usia ≥ 64 tahun di Irlandia. | Terdapat hubungan negatif antara IMT dengan kadar 25(OH)D pada lansia setelah suplementasi dengan nilai $p = 0,026$. | Status vitamin D berbanding terbalik dengan ukuran awal adipositas dan IMT juga berbanding terbalik dengan perubahan status vitamin D setelah suplementasi pada lansia (≥ 64 tahun), tetapi tidak pada orang dewasa muda (20-40 tahun). |
| 13. | Didriksen et al., (2013) (42) | Perempuan dewasa di Norwegia. | Terdapat hubungan negatif antara kadar 25(OH)D dan IMT pada awal penelitian, yang kemudian menjadi signifikan secara statistik setelah 6 bulan dengan suplementasi vitamin D ($p < 0,001$). | Respon kadar 25(OH)D terhadap suplementasi vitamin D bergantung pada genetik, kadar 25(OH)D awal, dan IMT. |
| 14. | Zhou et al., (2015) (43) | Laki-laki dewasa usia 18 – 69 tahun di China. | Tidak ada perbedaan yang signifikan ($p > 0,05$) dalam kadar awal 25(OH)D antara kelompok obesitas dan berat badan normal. Setelah suplementasi vitamin D, kadar 25(OH)D pada kelompok obesitas berubah menjadi signifikan ($p < 0,05$); namun, peningkatan kadar 25(OH)D pada kelompok obesitas masih lebih rendah jika dibandingkan dengan berat badan normal. | Status awal vitamin D pada kelompok obesitas dan berat badan normal adalah serupa. Namun, suplementasi oral vitamin D menunjukkan penurunan bioavailabilitas vitamin D pada kelompok obesitas. |
| 15. | Nikolova et al., (2020) (44) | Laki-laki dan perempuan dewasa di Bulgaria. | Kadar 25(OH)D berkorelasi secara signifikan hanya dengan kandungan mineral tulang seluruh tubuh dan massa bebas lemak. Vitamin D menunjukkan korelasi yang sangat lemah terhadap % Lemak Tubuh dan Indeks Massa Lemak (FMI) hanya pada laki-laki. | Ada hubungan tingkat vitamin D dengan indeks komposisi tubuh, tetapi hubungan ini umumnya sangat lemah. |
-

SIMPULAN

Secara keseluruhan, sejumlah besar penelitian membuktikan hubungan negatif antara IMT dan jaringan adiposa dengan kadar vitamin D. Rendahnya kadar vitamin D pada penderita obesitas kemungkinan besar disebabkan oleh rendahnya paparan sinar matahari, serta rendahnya asupan dan absorpsi vitamin D.

Jadi, obesitas memang secara langsung dapat mempengaruhi bioavailabilitas vitamin D yang kemudian akan mengganggu absorpsi kalsium dalam tubuh. Namun penelitian lebih lanjut dan mendalam diperlukan untuk membuktikan bahwa penderita obesitas memiliki faktor risiko langsung terhadap penyakit tulang seperti osteomalasia, riketsia dan osteoporosis akibat rendahnya absorpsi kalsium dari pengaruh rendahnya kadar vitamin D dalam tubuh.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis sampaikan kepada semua pihak atas dukungannya dalam proses penyusunan artikel review ini.

KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan tidak memiliki konflik kepentingan dengan organisasi apa pun, yang dapat menimbulkan pertanyaan bias dalam diskusi dan kesimpulan naskah.

REFERENSI

1. Bhurosy T, Jeewon R. Overweight and Obesity Epidemic in Developing Countries: A Problem with Diet, Physical Activity, or Socioeconomic Status? *Sci World J.* 2014;2014.
2. World Health Organization (WHO). Obesity and Overweight [Internet]. 2021. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>

3. Kementerian Kesehatan RI Badan Penelitian dan Pengembangan. Hasil Utama Riset Kesehatan Dasar. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2018.
4. Kementerian Kesehatan RI. Epidemi Obesitas. *Jurnal Kesehatan.* 2018. p. 1–8.
5. Sahoo K, Sahoo B, Choudhury AK, Sofi NY, Kumar R, Bhadoria AS. Childhood Obesity: Causes and Consequences. *J Fam Med Prim Care.* 2015;4(2):187.
6. Paramita, Louisa M. Berbagai Manfaat Vitamin D. *Cermin Dunia Kedokt.* 2017;44(10):736–40.
7. Hou J, He C, He W, Yang M, Luo X, Li C. Obesity and Bone Health: A Complex Link. *Front Cell Dev Biol.* 2020;8(December):1–16.
8. WHO. Overweight and Obesity. WHO Global Strategy on Diet, Physical Activity and Health. 2003.
9. Dewajanti AM, Rumiati F, Pengajar S, Biokimia B, Fisiologi B. Tinjauan Pustaka Peran Kalsium dalam Penurunan Berat Badan pada Obesitas. 2017;
10. Savastano S, Barrea L, Savanelli MC, Nappi F, Di Somma C, Orio F, et al. Low vitamin D status and obesity: Role of nutritionist. *Rev Endocr Metab Disord.* 2017;18(2):215–25.
11. Oktavia SN. Hubungan Kadar Vitamin D Dalam Darah Dengan Kejadian Obesitas Pada Siswa Sma Pembangunan Padang. *J Akad Baiturrahim Jambi.* 2019;8(1):1.
12. Walsh JS, Evans AL, Bowles S, Naylor KE, Jones KS, Schoenmakers I, et al. Free 25-hydroxyvitamin D is low in obesity,

- but there are no adverse associations with bone health. *Am J Clin Nutr.* 2016;103(6):1465–71.
13. Gandy JW, Madden A, Holdsworth M. *Gizi & Dietetika.* Jakarta: EGC; 2014.
 14. Silbernagl S, Lang F. *Teks & Atlas Berwarna Patofisiologi.* Jakarta: EGC; 2017.
 15. Hardinsyah, Supriasa. *Ilmu Gizi Teori dan Aplikasi.* Jakarta: EGC; 2016. 37 p.
 16. Rosa S, Riamawati L. Hubungan Asupan Kalsium, Air, dan Aktivitas Fisik dengan Kejadian Obesitas Sentral pada Pekerja Bagian Perkantoran. *J Amerta Nutr.* 2019;3(1):33–9.
 17. Suastika K. Update in The Management of Obesity. *Acta Med Indones.* 2006;38:231–7.
 18. Kemenkes RI. *Klasifikasi IMT.* 2019.
 19. Almatsier S. *Prinsip Dasar Ilmu Gizi.* Jakarta: Gramedia Pustaka Utama; 2016. 68 p.
 20. Walsh JS, Bowles S, Evans AL. Vitamin D in obesity. *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes.* 2017;24(6):389–94.
 21. Rodwell VW, Bender DA, Botham KM, Kennelly PJ, Weil PA. *Harper's Illustrated Biochemistry.* 30th ed. Jakarta: EGC; 2018. 573;584-585.
 22. Gil Á, Plaza-Diaz J, Mesa MD. Vitamin D: Classic and Novel Actions. *Ann Nutr Metab.* 2018;72(2):87–95.
 23. Zhao G, Ford ES, Tsai J, Li C, Croft JB. Factors Associated with Vitamin D Deficiency and Inadequacy among Women of Childbearing Age in the United States. *ISRN Obstet Gynecol.* 2012;2012:1–9.
 24. Pannu PK, Calton EK, Soares MJ. *Calcium and Vitamin D in Obesity and Related Chronic Disease.* 1st ed. Vol. 77, *Advances in Food and Nutrition Research.* Elsevier Inc.; 2016. 57–100 p.
 25. Ummah WN. *Hubungan Antara Asupan Kalsium, Lingkar Pinggang dan Kadar Vitamin D Pada Remaja.* Proposal Penelitian. 2016.
 26. Alloubani A, Akhu-Zaheya L, Samara R, Abdulhafiz I, Saleh A, Altowijri A. Relationship between Vitamin D Deficiency, Diabetes, and Obesity. *Diabetes Metab Syndr Clin Res Rev.* 2019;13(2):1457–61.
 27. Sundari LPR. Defisiensi Vitamin D Pada Obesitas. *Sport Fit J.* 2018;6(1):1–5.
 28. Pu F, Chen N, Xue S. Calcium Intake, Calcium Homeostasis and Health. *Food Sci Hum Wellness.* 2016;5(1):8–16.
 29. Song Q, Sergeev IN. Calcium and vitamin D in obesity. *Nutr Res Rev.* 2012;25(1):130–41.
 30. Mahan LK, Raymond JL. *Krause's Food & The Nutrition Process.* Elsevier; 2017. 56068 p.
 31. Pourshahidi LK. Vitamin D and obesity: Current perspectives and future directions. *Proc Nutr Soc.* 2015;74(2):115–24.
 32. Çaykara B, Öztürk G, Mutlu HH, Arslan E. Relationship Between Vitamin D, Calcium, and Phosphorus Levels. *J Acad Res Med.* 2020;10(3):252–7.
 33. Rosenblum JL, Castro VM, Moore CE, Kaplan LM. Calcium and vitamin D supplementation is associated with decreased abdominal visceral adipose tissue in overweight and obese adults. *Am J Clin Nutr.*

- 2012;95(1):101–8.
34. Grønberg IM, Lundby IM, Mølgaard C, Jakobsen J, Ovesen L, Andersen R. Association of Body Fat and Vitamin D Status and The Effect of Body Fat on The Response to Vitamin D Supplementation in Pakistani Immigrants in Denmark. *Eur J Clin Nutr.* 2015;69(3):405–7.
35. Gallagher JC, Yalamanchili V, Smith LM. The Effect of Vitamin D Supplementation on Serum 25OHD in Thin and Obese Women. *J Steroid Biochem Mol Biol.* 2013;136(1):195–200.
36. Damayanti AY, Indarto D, Wasita B, Ardyanto TD. Indeks Massa Tubuh, Asupan Vitamin D, dan Serum 25-Hydroxyvitamin D pada Pasien Kanker Payudara. *J Gizi Klin Indones.* 2017;14(2):56.
37. Kim H, Chandler P, Ng K, Manson JAE, Giovannucci E. Obesity and Efficacy of Vitamin D3 Supplementation in Healthy Black Adults. *Cancer Causes Control.* 2020;31(4):303–7.
38. Cheng S, Massaro JM, Fox CS, Larson MG, Keyes MJ, McCabe EL, et al. Adiposity, Cardiometabolic Risk, and Vitamin D Status: The Framingham Heart Study. *Diabetes.* 2010;59(1):242–8.
39. Vimalleswaran KS, Berry DJ, Lu C, Tikkanen E, Pilz S, Hiraki LT, et al. Causal Relationship between Obesity and Vitamin D Status: Bi-Directional Mendelian Randomization Analysis of Multiple Cohorts. *PLoS Med.* 2013;10(2).
40. Drincic A, Fuller E, Heaney RP, Armas LAG. 25-Hydroxyvitamin D Response to Graded Vitamin D3 Supplementation Among Obese Adults. *J Clin Endocrinol Metab.* 2013;98(12):4845–51.
41. Kirsty Forsythe L, Livingstone MBE, Barnes MS, Horigan G, McSorley EM, Bonham MP, et al. Effect of Adiposity on Vitamin D Status and The 25-Hydroxycholecalciferol Response to Supplementation in Healthy Young and Older Irish Adults. *Br J Nutr.* 2012;107(1):126–34.
42. Didriksen A, Grimnes G, Hutchinson MS, Kjregeraad M, Svartberg J, Joakimsen RM, et al. The Serum 25-Hydroxyvitamin D Response to Vitamin D Supplementation is Related to Genetic Factors, BMI, and Baseline Levels. *Eur J Endocrinol.* 2013;169(5):559–67.
43. Zhou JC, Zhu YM, Chen Z, Mo JL, Xie FZ, Wen YH, et al. Oral Vitamin D Supplementation Has a Lower Bioavailability and Reduces Hypersecretion of Parathyroid Hormone and Insulin Resistance in Obese Chinese Males. *Public Health Nutr.* 2015;18(12):2211–9.
44. Nikolova M, Penkov A. Serum Levels of 25 (OH) Vitamin D in Adults with Obesity Sarcopenia. *Proc Nutr Soc.* 2020;79(OCE2):2022.