

## Vitamin D dan Pertumbuhan Linear Anak: Tinjauan Literatur Terstruktur tentang Status dan Suplementasi

Rizana Fajrunni'mah<sup>\*1</sup>, Dwirini R. Gunarti<sup>2</sup>, Yupi Supartini<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknologi Laboratorium Medis, Politeknik Kesehatan Kemenkes Jakarta III, Indonesia

<sup>2</sup> Departemen Biokimia dan Biologi Molekuler, Fakultas Kedokteran, Universitas Indonesia, Indonesia

<sup>3</sup> Jurusan Keperawatan, Politeknik Kesehatan Kemenkes Bandung, Indonesia

Email: <sup>1</sup>[rizana.fajrunnimah@poltekkesjakarta3.ac.id](mailto:rizana.fajrunnimah@poltekkesjakarta3.ac.id), <sup>2</sup>[dwirini.retno@ui.ac.id](mailto:dwirini.retno@ui.ac.id)

### Abstrak

Vitamin D berperan dalam metabolisme tulang dan proses biologis yang mendukung pertumbuhan anak, tetapi bukti mengenai perannya dalam pertumbuhan linear masih menunjukkan hasil yang beragam. Tinjauan literatur terstruktur ini bertujuan mengkaji bukti mengenai status dan suplementasi vitamin D dalam pertumbuhan linear anak. Penelusuran dilakukan melalui PubMed, ScienceDirect, Scopus, dan Google Scholar terhadap artikel penelitian asli berbahasa Inggris yang diterbitkan pada tahun 2015–2025 dan melibatkan anak usia 0–15 tahun. Sebanyak 442 rekaman diperoleh pada tahap identifikasi; setelah penghapusan 204 duplikat dan proses penyaringan, 23 artikel diperiksa dalam bentuk teks lengkap dan 19 publikasi dimasukkan dalam sintesis. Dari 12 publikasi mengenai status vitamin D atau indikator terkait vitamin D, dua menunjukkan hubungan dengan pertumbuhan linear atau stunting, tujuh tidak menunjukkan hubungan utama yang konsisten, dan tiga memberikan temuan khusus, deskriptif, atau terbatas pada subkelompok tertentu. Pada studi suplementasi, manfaat terhadap pertumbuhan ditemukan pada kondisi tertentu, terutama pada anak dengan status vitamin D awal yang sangat rendah, sedangkan beberapa intervensi lain menunjukkan peningkatan konsentrasi 25-hydroxyvitamin D [25(OH)D] tanpa perbaikan pertumbuhan linear. Variasi usia, desain penelitian, definisi defisiensi vitamin D, metode pemeriksaan, dosis, durasi suplementasi, dan luaran pertumbuhan turut membatasi perbandingan antarstudi. Secara keseluruhan, bukti yang tersedia belum mendukung status atau suplementasi vitamin D sebagai penentu tunggal pertumbuhan linear dan stunting pada anak.

**Kata kunci:** *pertumbuhan anak; stunting; suplementasi; vitamin D*

### Abstract

*Vitamin D plays an important role in bone metabolism and biological processes that support child growth, but evidence regarding its role in linear growth remains inconsistent. This structured literature review aimed to examine evidence on vitamin D status and vitamin D supplementation in relation to linear growth in children. Searches were conducted in PubMed, ScienceDirect, Scopus, and Google Scholar for original English-language articles published between 2015 and 2025 involving children aged 0–15 years. A total of 442 records were identified; after removing 204 duplicates and completing the screening process, 23 full-text articles were assessed and 19 publications were included in the synthesis. Of 12 publications evaluating vitamin D status or related indicators, two reported an association with linear growth or stunting, seven did not show a consistent main association, and three reported specific, descriptive, or subgroup-dependent findings. In supplementation studies, growth benefits were observed under certain conditions, particularly among children with very low baseline vitamin D status, whereas several other interventions increased 25-hydroxyvitamin D [25(OH)D] concentrations without improving linear growth. Differences in age, study design, definitions of vitamin D deficiency, measurement methods, supplementation dose and duration, and growth outcomes limited comparability across studies. Overall, the available evidence does not support vitamin D status or supplementation as a single determinant of linear growth and stunting in children.*

**Keywords:** *child growth; stunting; supplementation; vitamin D*

## 1. PENDAHULUAN

Mikronutrien diperlukan untuk mendukung berbagai proses metabolik dan fisiologis yang berperan dalam pertumbuhan dan perkembangan anak (Bailey et al., 2015; Biesalski Hans & Jana, 2018; Cena &

Calder, 2020; Kiani et al., 2022). Salah satu mikronutrien yang penting bagi kesehatan tulang adalah vitamin D. Vitamin D berperan dalam homeostasis kalsium dan fosfat serta proses mineralisasi tulang, sehingga status vitamin D yang tidak adekuat berpotensi memengaruhi pertumbuhan pada masa anak (Sizar et al., 2023; Zmijewski, 2019).

Vitamin D yang bersirkulasi terutama dalam bentuk 25-hydroxyvitamin D [25(OH)D], yang selanjutnya dapat dikonversi menjadi bentuk aktif 1,25-dihydroxyvitamin D [1,25(OH)<sub>2</sub>D] (Bikle, 2014, 2021). Bentuk aktif vitamin D bekerja melalui *vitamin D receptor* (VDR) pada berbagai jaringan, termasuk jaringan tulang (Bikle, 2021). Vitamin D juga dilaporkan berinteraksi dengan jalur pertumbuhan yang melibatkan *growth hormone* (GH) dan *insulin-like growth factor-1* (IGF-1), yang berperan dalam aktivitas osteoblas, pembentukan tulang, dan pertumbuhan jaringan (Bikle, 2020; Goltzman, 2018; Taib & Ismail, 2021). Mekanisme tersebut memberikan dasar biologis bagi kemungkinan keterlibatan vitamin D dalam pertumbuhan linear anak.

Meskipun demikian, hasil penelitian mengenai hubungan status vitamin D dengan pertumbuhan anak masih menunjukkan temuan yang beragam. Beberapa studi melaporkan hubungan antara status vitamin D dan gangguan pertumbuhan atau stunting (Marasinghe et al., 2015; Mokhtar et al., 2018), sedangkan penelitian lain tidak menemukan hubungan yang bermakna dengan pertumbuhan linear (Chowdhury et al., 2020; Ernawati et al., 2021). Demikian pula, peningkatan kadar vitamin D setelah suplementasi tidak selalu diikuti oleh perbaikan pertumbuhan anak. Beberapa penelitian menunjukkan manfaat pada kondisi tertentu (Ganmaa et al., 2017), sementara penelitian lain menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi 25(OH)D tidak disertai perubahan pertumbuhan yang bermakna (Ganmaa et al., 2023).

Sejumlah tinjauan terdahulu telah mengevaluasi vitamin D dan pertumbuhan anak, tetapi cakupan kajiannya berbeda. Huey et al. (2020) terutama mengevaluasi efek suplementasi oral vitamin D terhadap pertumbuhan linear pada anak berusia di bawah lima tahun dan menemukan bahwa suplementasi memberikan sedikit atau tidak ada perbedaan pada beberapa indikator pertumbuhan. Sementara itu, penelitian lain memfokuskan meta-analisis pada studi observasional mengenai status vitamin D dan indikator *undernutrition* dan tidak menemukan hubungan yang bermakna antara status vitamin D rendah dan stunting (Song et al., 2021). Tinjauan lain lebih khusus menilai suplementasi vitamin D pada masa kehamilan dan bayi serta dampaknya terhadap pertumbuhan dan komposisi tubuh anak (Ma et al., 2021). Dengan demikian, bukti sebelumnya cenderung dikaji secara terpisah berdasarkan jenis studi, intervensi, atau kelompok usia.

Masih diperlukan sintesis yang menempatkan bukti mengenai status vitamin D dan suplementasi vitamin D dalam satu kerangka pertumbuhan linear anak, sehingga hasil studi observasional dapat dibandingkan dengan temuan intervensi serta ditafsirkan dengan mempertimbangkan perbedaan usia, status vitamin D awal, dosis dan durasi suplementasi, metode pemeriksaan, dan karakteristik populasi. Pendekatan tersebut juga memungkinkan stunting ditempatkan sebagai salah satu luaran gangguan pertumbuhan linear, bukan sebagai kondisi yang terpisah dari proses pertumbuhan itu sendiri. Oleh karena itu, tinjauan literatur terstruktur ini bertujuan mengkaji dan mensintesis bukti mengenai status vitamin D dan suplementasi vitamin D dalam pertumbuhan linear pada anak.

## 2. METODE PENELITIAN

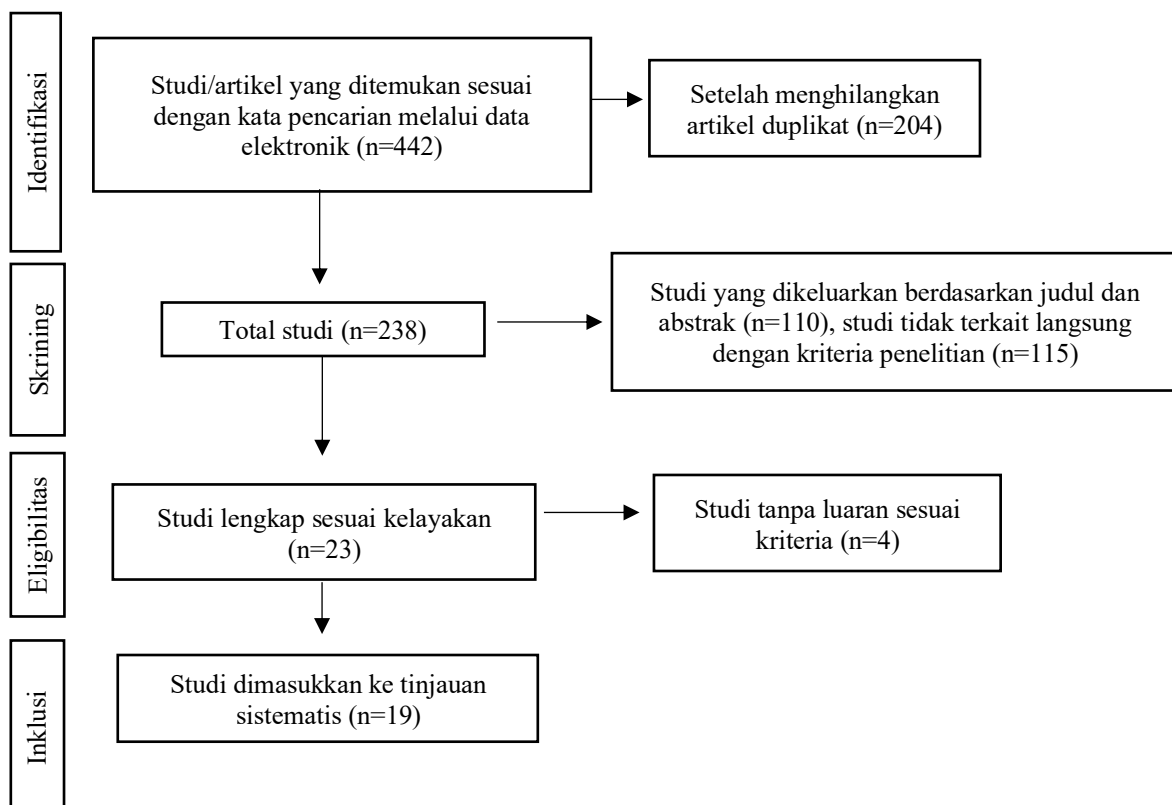
Penelitian ini merupakan tinjauan literatur dengan penelusuran terstruktur untuk mengidentifikasi dan menganalisis penelitian mengenai hubungan vitamin D dengan pertumbuhan anak. Penelusuran literatur dilakukan melalui empat basis data, yaitu PubMed, ScienceDirect, Scopus, dan Google Scholar. Artikel yang dipertimbangkan dibatasi pada penelitian asli berbahasa Inggris yang diterbitkan antara Januari 2015 dan Desember 2025. Strategi pencarian menggunakan kombinasi istilah yang berkaitan dengan vitamin D dan pertumbuhan linear, meliputi “vitamin D”, “25-hydroxyvitamin D”, “25(OH)D”, “growth”, “linear growth”, “stunting”, dan “stunted”. Operator Boolean AND dan OR digunakan sesuai dengan karakteristik masing-masing basis data.

Artikel dimasukkan apabila memenuhi kriteria: (1) merupakan penelitian asli; (2) melibatkan anak usia 0–15 tahun; (3) mengevaluasi status vitamin D, asupan vitamin D, dan/atau suplementasi vitamin D; (4) melaporkan luaran pertumbuhan linear atau indikator antropometri yang relevan, termasuk

panjang/tinggi badan, height-for-age z-score (HAZ), length-for-age z-score (LAZ), atau stunting, dan (5) menggunakan desain observasional atau intervensi. Rentang usia 0–15 tahun dipilih untuk mencakup fase pertumbuhan dari bayi, prasekolah, usia sekolah hingga remaja awal, sehingga bukti mengenai vitamin D dapat dibandingkan pada berbagai tahap pertumbuhan anak. Artikel dikeluarkan apabila berupa artikel tinjauan, editorial, laporan kasus, tidak tersedia dalam teks lengkap, tidak melaporkan luaran pertumbuhan yang relevan, atau tidak membahas vitamin D secara langsung dalam kaitannya dengan pertumbuhan anak.

Seluruh hasil pencarian dari empat basis data digabungkan dan rekaman duplikat dihapus sebelum proses penyaringan. Seleksi dilakukan dalam dua tahap, yaitu penyaringan berdasarkan judul dan abstrak, dilanjutkan dengan pemeriksaan teks lengkap terhadap artikel yang berpotensi memenuhi kriteria. Sebanyak 442 rekaman diperoleh pada tahap identifikasi dari seluruh basis data. Setelah 204 rekaman duplikat dihapus, sebanyak 238 rekaman menjalani penyaringan judul dan abstrak. Pada tahap ini, 215 rekaman dikeluarkan karena tidak memenuhi kriteria kajian, sehingga 23 artikel diperiksa dalam bentuk teks lengkap. Dari 23 artikel tersebut, 4 artikel dikeluarkan karena tidak melaporkan luaran pertumbuhan yang dapat dievaluasi sesuai dengan kriteria kajian. Dengan demikian, sebanyak 19 studi memenuhi kriteria dan dimasukkan dalam sintesis. Proses seleksi artikel ditampilkan pada Gambar 1.

Hasil studi status vitamin D selanjutnya diklasifikasikan berdasarkan arah temuan menjadi studi yang mendukung adanya hubungan, tidak menunjukkan hubungan, atau menunjukkan temuan khusus/bergantung pada subkelompok. Studi suplementasi dibahas dengan mempertimbangkan status vitamin D awal, dosis, frekuensi dan durasi suplementasi, kelompok usia, serta luaran pertumbuhan yang dilaporkan.



Gambar 1. Proses seleksi tinjauan sistematis yang diadaptasi dari Diagram PRISMA

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Hasil penelitian

Sebanyak 19 artikel memenuhi kriteria dan dimasukkan dalam kajian. Berdasarkan fokus penelitian, artikel dikelompokkan menjadi 12 studi mengenai status vitamin D dan pertumbuhan anak serta 7 studi mengenai suplementasi atau asupan vitamin D dan pertumbuhan anak. Studi yang ditelaah menunjukkan variasi dalam karakteristik subjek, kelompok usia, lokasi geografis, desain penelitian, serta luaran pertumbuhan yang dievaluasi.

#### Status Vitamin D dan Pertumbuhan Anak

Dari 12 studi mengenai status vitamin D, hasil yang diperoleh menunjukkan pola yang tidak konsisten. Beberapa penelitian melaporkan adanya hubungan antara status vitamin D dan pertumbuhan atau stunting. Mokhtar et al. (2018) menemukan bahwa proporsi stunting lebih tinggi pada anak dengan konsentrasi serum 25(OH)D yang lebih rendah, sedangkan Marasinghe et al. (2015) melaporkan hubungan antara kadar vitamin D dan beberapa indikator antropometri.

Sebaliknya, sejumlah penelitian tidak menemukan hubungan bermakna antara status vitamin D dan pertumbuhan. Hasil tersebut dilaporkan pada anak di India (Chowdhury et al., 2020), Indonesia (Ernawati et al., 2021), Malawi (Floridia et al., 2023), beberapa negara Afrika (Mogire et al., 2021), dan Nepal (Avagyan et al., 2016). Studi lain menunjukkan temuan yang lebih spesifik, seperti hubungan yang hanya terlihat pada subkelompok tertentu (Sharif et al., 2020), korelasi negatif antara vitamin D darah tali pusat dan perubahan *length-for-age z-score* (Zhao et al., 2024), tidak adanya korelasi 25(OH)D dengan IGF-1 selama terapi hormon pertumbuhan (Durá-Travé et al., 2020), serta tidak ditemukannya hubungan antara variasi gen VDR dan tinggi badan menurut umur (Angelin et al., 2021). Ringkasan karakteristik dan temuan 12 studi tersebut disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Ringkasan Studi mengenai Status Vitamin D dan Pertumbuhan Anak

| Penulis, Tahun           | Lokasi dan Subjek           | Desain                          | Fokus                                   | Temuan Utama                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (Sharif et al., 2020)    | Iran; anak 10–36 bulan      | Potong lintang                  | Status 25(OH)D dan stunting             | Tidak ditemukan hubungan yang bermakna antara kadar 25(OH)D dan stunting secara keseluruhan; asosiasi ditemukan pada kelompok anak yang menggunakan suplemen nutrisi. Status vitamin D pada awal masa kanak-kanak |
| (Chowdhury et al., 2020) | India Utara; anak 6–9 tahun | Kohort/tindak lanjut terkontrol | Status vitamin D dan pertumbuhan linear | tidak berhubungan dengan pertumbuhan linear pada usia 6–9 tahun.                                                                                                                                                  |
| (Ernawati et al., 2021)  | Indonesia; anak 6–59 bulan  | Potong lintang                  | 25(OH)D stunting dan                    | Konsentrasi 25(OH)D tidak berbeda                                                                                                                                                                                 |

| Penulis, Tahun            | Lokasi dan Subjek                         | Desain                           | Fokus                                       | Temuan Utama                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (Floridia et al., 2023)   | Malawi; bayi diikuti hingga usia 12 bulan | Prospektif                       | Insufisiensi vitamin D dan pertumbuhan bayi | bermakna antara anak dengan tinggi badan normal, stunting, dan stunting berat. Tidak ditemukan hubungan bermakna antara insufisiensi vitamin D pada usia 6 bulan dan pertumbuhan pada usia 6–12 bulan. Proporsi stunting lebih tinggi pada anak dengan konsentrasi                                                                                                                                                                             |
| (Mokhtar et al., 2018)    | Ekuador; anak 6–36 bulan                  | Analisis sekunder potong lintang | 25(OH)D stunting dan                        | 25(OH)D <42,5 nmol/L dibandingkan anak dengan kadar yang lebih tinggi. Kadar vitamin D darah tali pusat berkorelasi negatif dengan perubahan LAZ pada usia 3–6 bulan; kadar lebih rendah saat lahir dikaitkan dengan peningkatan LAZ yang lebih besar. Status vitamin D berhubungan dengan indikator pertumbuhan; kadar vitamin D menurun seiring meningkatnya derajat stunting. Dari 64 anak dengan stunting berat, 20 anak (31,2%) mengalami |
| (Zhao et al., 2024)       | China; bayi 0–6 bulan                     | Kohort                           | Vitamin D darah tali pusat dan pertumbuhan  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| (Marasinghe et al., 2015) | Sri Lanka; anak 2–5 tahun                 | Potong lintang                   | Vitamin D dan status antropometri           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| (Walli et al., 2017)      | Tanzania; anak <5 tahun dengan malnutrisi | Potong lintang                   | Defisiensi vitamin D pada anak malnutrisi   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

| Penulis, Tahun            | Lokasi dan Subjek                              | Desain         | Fokus                                      | Temuan Utama                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------|------------------------------------------------|----------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (Mogire et al., 2021)     | Beberapa negara Afrika; anak 0–8 tahun         | Potong lintang | Prediktor status vitamin D dan status gizi | defisiensi vitamin D. Status vitamin D berkaitan dengan usia dan musim, tetapi tidak dengan stunting, wasting, atau underweight. Konsentrasi 25(OH)D tidak berhubungan dengan status gizi; pemberian ASI lebih lama dikaitkan dengan kadar 25(OH)D yang lebih tinggi. Tidak ditemukan korelasi antara 25(OH)D dan IGF-1 selama terapi GH; terapi GH tidak mengubah status vitamin D secara bermakna. Tidak ditemukan hubungan antara variasi gen <i>vitamin D receptor</i> (VDR) dan tinggi badan menurut umur (HAZ). |
| (Avagyan et al., 2016)    | Nepal; anak 12–60 bulan                        | Potong lintang | 25(OH)D dan status gizi                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| (Durá-Travé et al., 2020) | Spanyol; anak prapubertas dengan defisiensi GH | Retrospektif   | Vitamin D, GH, dan IGF-1                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| (Angelin et al., 2021)    | Indonesia; anak usia sekolah 8–10 tahun        | Potong lintang | Gen VDR dan pertumbuhan                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

### Suplementasi atau Asupan Vitamin D dan Pertumbuhan Anak

Tujuh studi mengevaluasi suplementasi atau asupan vitamin D dalam kaitannya dengan pertumbuhan. Hasilnya juga menunjukkan variasi. Ganmaa et al. (2017) melaporkan peningkatan pertumbuhan jangka pendek setelah suplementasi vitamin D3 pada anak dengan kadar vitamin D awal yang sangat rendah, sedangkan fortifikasi vitamin D pada kelompok lain dalam penelitian yang sama tidak memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan.

Sebagian besar studi lainnya tidak menunjukkan manfaat yang konsisten terhadap pertumbuhan. Suplementasi vitamin D dapat meningkatkan konsentrasi 25(OH)D tetapi tidak selalu disertai perbaikan pertumbuhan, komposisi tubuh, atau perkembangan pubertas (Ganmaa et al., 2023). Hasil serupa ditemukan pada suplementasi maternal selama kehamilan dan laktasi (Roth et al., 2018) serta pada uji suplementasi vitamin D pada anak (Crowe et al., 2021; Uday et al., 2021). Studi berbasis pola asupan juga menunjukkan bahwa vitamin D dikonsumsi bersama berbagai zat gizi lain, sehingga kontribusi vitamin D terhadap pertumbuhan sulit dipisahkan dari pengaruh zat gizi lainnya (van Stuijvenberg et al., 2015). Ringkasan studi suplementasi dan asupan vitamin D disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Ringkasan Studi mengenai Suplementasi atau Asupan Vitamin D dan Pertumbuhan Anak

| Penulis, Tahun                  | Lokasi dan Subjek                      | Desain                                                                                 | Fokus                                  | Temuan Utama                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (Ganmaa et al., 2017)           | Mongolia; anak usia sekolah            | Dua uji acak tersamar ganda terkontrol plasebo                                         | Suplementasi dan fortifikasi vitamin D | Vitamin D3 800 IU/hari selama 6 bulan meningkatkan pertumbuhan jangka pendek pada anak dengan status vitamin D sangat rendah; susu fortifikasi 300 IU/hari selama 7 minggu tidak memengaruhi pertumbuhan. Suplementasi lebih sering dilaporkan pada anak pedesaan, tetapi tidak menunjukkan hubungan bermakna dengan defisiensi vitamin D maupun pertumbuhan. Asupan vitamin D, kalsium, fosfor, dan beberapa zat gizi lain lebih rendah pada anak stunting; HAZ lebih tinggi pada anak yang terbiasa mengonsumsi susu. Suplementasi meningkatkan konsentrasi 25(OH)D tetapi tidak memengaruhi pertumbuhan, komposisi tubuh, atau perkembangan pubertas. |
| (Barth-Jaeggi et al., 2020)     | Tajikistan; anak 5–59 bulan            | Potong lintang                                                                         | Penggunaan suplementasi vitamin D      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| (van Stuijvenberg et al., 2015) | Afrika Selatan; anak 2–5 tahun         | Potong lintang                                                                         | Asupan vitamin D dan zat gizi terkait  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| (Ganmaa et al., 2023)           | Mongolia; anak usia sekolah 6–13 tahun | Uji acak tersamar ganda terkontrol plasebo; vitamin D3 14.000 IU/minggu selama 3 tahun | Suplementasi vitamin D dan pertumbuhan |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

| Penulis, Tahun       | Lokasi dan Subjek                                  | Desain                                                                                      | Fokus                                                 | Temuan Utama                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (Roth et al., 2018)  | Bangladesh; ibu hamil dan bayi hingga usia 1 tahun | Uji acak tersamar ganda terkontrol plasebo                                                  | Suplementasi maternal dan pertumbuhan bayi            | Suplementasi vitamin D selama kehamilan dan/atau laktasi meningkatkan status biokimia vitamin D, tetapi tidak meningkatkan pertumbuhan janin maupun bayi. Suplementasi vitamin D tidak memberikan pengaruh bermakna terhadap pertumbuhan maupun kejadian rakhitis. Tidak terdapat perbedaan bermakna kadar 25(OH)D antarkelompok; keterlambatan usia tulang lebih berkaitan dengan asupan energi total dibandingkan suplementasi vitamin D. |
| (Crowe et al., 2021) | Afghanistan; anak usia 1–11 bulan                  | Uji acak tersamar ganda terkontrol plasebo                                                  | Suplementasi vitamin D pada anak                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| (Uday et al., 2021)  | Afghanistan; anak usia 1–11 bulan                  | Uji tersamar ganda terkontrol plasebo; vitamin D3 100.000 IU setiap 3 bulan selama 18 bulan | Suplementasi, maturasi skeletal, dan kesehatan tulang |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

Secara keseluruhan, hasil kajian menunjukkan bahwa hubungan antara status vitamin D dan pertumbuhan anak belum konsisten. Demikian pula, peningkatan status vitamin D melalui suplementasi tidak selalu diikuti oleh perbaikan pertumbuhan linear.

### 3.2. Pembahasan

#### Peran Biologis Vitamin D dalam Pertumbuhan

Vitamin D merupakan prohormon larut lemak yang memiliki peran penting dalam homeostasis kalsium dan fosfat serta perkembangan tulang. Vitamin D dimetabolisme di hati menjadi 25-hydroxyvitamin D [25(OH)D], yang merupakan bentuk utama dalam sirkulasi dan paling sering digunakan untuk menilai status vitamin D. Selanjutnya, 25(OH)D dikonversi terutama di ginjal menjadi bentuk aktif 1,25-dihydroxyvitamin D [1,25(OH)<sub>2</sub>D] (Bikle, 2014; Keane et al., 2018; Ratzinger et al., 2017). Sebagian besar penelitian dalam kajian ini mengukur total 25(OH)D, meskipun metode pemeriksaan yang digunakan berbeda antarstudi. Hanya beberapa penelitian yang mengukur vitamin D2 dan D3 secara terpisah (Avagyan et al., 2016; Sharif et al., 2020). Perbedaan metode pemeriksaan ini perlu diperhatikan karena dapat berkontribusi terhadap variasi hasil antarpemeriksaan.

Secara biologis, terdapat dasar yang cukup kuat untuk menduga bahwa vitamin D berperan dalam pertumbuhan. Bentuk aktif vitamin D bekerja melalui *vitamin D receptor* (VDR) yang terdapat pada berbagai jaringan, termasuk jaringan tulang (Bikle, 2021). Vitamin D juga berinteraksi dengan jalur hormon pertumbuhan (*growth hormone*/GH) dan *insulin-like growth factor-1* (IGF-1), yang berperan dalam proliferasi kondrosit, aktivitas osteoblas, dan pembentukan tulang (Bikle, 2020; Goltzman, 2018). Defisiensi vitamin D secara teoritis dapat mengganggu proses tersebut dan berkontribusi terhadap hambatan pertumbuhan (Taib & Ismail, 2021). Meskipun mekanisme biologis tersebut mendukung kemungkinan keterlibatan vitamin D dalam pertumbuhan, bukti klinis dalam kajian ini belum memberikan hasil yang konsisten. Tidak ditemukannya hubungan antara variasi gen VDR dan tinggi badan (Angelin et al., 2021), serta tidak adanya korelasi antara 25(OH)D dan IGF-1 pada anak yang mendapat terapi GH (Durá-Travé et al., 2020), menunjukkan bahwa pertumbuhan linear tidak dapat dijelaskan hanya melalui satu jalur yang melibatkan vitamin D.

### **Ketidakkonsistenan Hubungan Status Vitamin D dengan Pertumbuhan**

Hasil kajian menunjukkan adanya perbedaan yang cukup besar antarpelitian. Beberapa studi mendukung adanya hubungan antara rendahnya status vitamin D dan gangguan pertumbuhan. Mokhtar et al. (2018) melaporkan proporsi stunting yang lebih tinggi pada anak dengan konsentrasi 25(OH)D yang lebih rendah, sedangkan Marasinghe et al. (2015) menemukan hubungan antara status vitamin D dengan beberapa indikator antropometri. Sebaliknya, sejumlah penelitian tidak menemukan hubungan yang bermakna antara status vitamin D dan pertumbuhan atau status gizi anak (Avagyan et al., 2016; Chowdhury et al., 2020; Ernawati et al., 2021; Floridia et al., 2023; Mogire et al., 2021). Temuan ini menunjukkan bahwa kadar vitamin D yang rendah tidak dapat secara langsung dianggap sebagai faktor yang menentukan terjadinya stunting.

Salah satu faktor yang dapat menjelaskan ketidakkonsistenan tersebut adalah sifat pertumbuhan anak yang multifaktorial. Status vitamin D sendiri dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti usia, paparan sinar matahari, musim, lokasi geografis, pigmentasi kulit, pola makan, serta penggunaan suplementasi (Bikle, 2021; Keane et al., 2018; Mogire et al., 2021; Reijven & Soeters, 2020). Mogire et al. (2021), menemukan bahwa kadar vitamin D berkaitan dengan usia dan musim, tetapi tidak dengan stunting, wasting, atau underweight. Oleh karena itu, variasi status vitamin D antarwilayah belum tentu mencerminkan perbedaan risiko gangguan pertumbuhan. Variasi kelompok usia juga perlu diperhatikan. Kajian ini mencakup rentang usia yang luas, mulai dari bayi hingga anak usia sekolah. Kebutuhan nutrisi, kecepatan pertumbuhan, paparan sinar matahari, pola makan, serta pengaruh hormonal berbeda pada setiap tahap perkembangan. Perbedaan tersebut dapat menyebabkan hubungan antara vitamin D dan pertumbuhan tidak sama pada setiap kelompok usia.

Perbedaan definisi status vitamin D dan metode pemeriksaan juga dapat memengaruhi hasil. Beberapa penelitian menggunakan *cut-off* klinis standar untuk defisiensi, sedangkan Mokhtar et al. (2018) menggunakan ambang 42,5 nmol/L yang ditentukan melalui analisis sensitivitas. Metode pemeriksaan juga bervariasi, mulai dari *immunoassay*, *chemiluminescence assay*, hingga LC-MS/MS. Variasi tersebut dapat menyebabkan perbedaan klasifikasi status vitamin D dan membatasi perbandingan langsung antarstudi.

Temuan beberapa studi juga menunjukkan bahwa hubungan antara vitamin D dan pertumbuhan tidak selalu bersifat linear atau sederhana. Zhao et al. (2024) menemukan korelasi negatif antara kadar vitamin D darah tali pusat dan perubahan *length-for-age z-score* pada usia 3–6 bulan. Temuan tersebut menunjukkan bahwa kadar vitamin D yang lebih tinggi pada awal kehidupan tidak selalu berkaitan dengan peningkatan pertumbuhan linear yang lebih besar. Sementara itu, Walli et al. (2017) melaporkan bahwa 31,2% anak dengan stunting berat mengalami defisiensi vitamin D. Namun, temuan prevalensi tersebut tidak dapat langsung diinterpretasikan sebagai bukti bahwa defisiensi vitamin D merupakan penyebab stunting. Variasi hasil ini semakin menunjukkan bahwa status vitamin D perlu dipahami dalam konteks karakteristik populasi, status gizi, usia, dan faktor lingkungan lainnya. Temuan Sharif et al. (2020) juga mendukung kompleksitas hubungan tersebut. Hubungan antara konsentrasi vitamin D dan stunting tidak terlihat pada keseluruhan populasi, tetapi ditemukan pada kelompok anak yang menggunakan suplemen nutrisi. Hasil ini menunjukkan kemungkinan bahwa karakteristik subkelompok

atau faktor lain yang menyertai penggunaan suplemen dapat memengaruhi hubungan antara vitamin D dan pertumbuhan.

### **Peningkatan 25(OH)D Tidak Selalu Diikuti Peningkatan Pertumbuhan**

Temuan penting lain dari kajian ini adalah adanya perbedaan antara perbaikan status biokimia vitamin D dan perbaikan pertumbuhan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa suplementasi efektif meningkatkan kadar 25(OH)D, tetapi peningkatan tersebut tidak selalu menghasilkan perubahan tinggi badan atau pertumbuhan linear yang bermakna (Ganmaa et al., 2023; Roth et al., 2018). Temuan Ganmaa et al. (2017) memberikan gambaran bahwa status awal vitamin D kemungkinan merupakan salah satu faktor yang menentukan respons terhadap suplementasi. Manfaat terhadap pertumbuhan dilaporkan pada anak dengan kadar vitamin D awal yang sangat rendah, sedangkan pemberian susu yang difortifikasi vitamin D pada kelompok lain tidak memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan. Hal ini menunjukkan bahwa manfaat suplementasi mungkin lebih mudah terlihat pada anak yang benar-benar mengalami kekurangan vitamin D dibandingkan pada anak dengan status vitamin D yang relatif memadai.

Selain status vitamin D awal, dosis, durasi intervensi, usia, kondisi gizi, dan faktor pembatas pertumbuhan lainnya juga dapat memengaruhi respons terhadap suplementasi. Pertumbuhan linear membutuhkan kecukupan energi, protein, mineral, vitamin, fungsi hormonal, dan kondisi kesehatan yang memadai. Oleh karena itu, koreksi satu mikronutrien belum tentu cukup untuk menghasilkan perubahan pertumbuhan apabila terdapat faktor pembatas lainnya.

Hasil studi lainnya juga mendukung pandangan bahwa vitamin D bukan satu-satunya faktor yang menentukan pertumbuhan. Barth-Jaeggi et al. (2020) tidak menemukan dampak bermakna suplementasi vitamin D terhadap pertumbuhan meskipun penggunaan suplemen berbeda antara anak di daerah pedesaan dan perkotaan. Uday et al. (2021) juga menunjukkan bahwa keterlambatan maturasi tulang lebih berkaitan dengan asupan energi total dibandingkan suplementasi vitamin D. Temuan tersebut menegaskan bahwa pertumbuhan linear dan perkembangan skeletal merupakan hasil interaksi berbagai faktor nutrisi dan fisiologis, sehingga koreksi status satu mikronutrien tidak selalu menghasilkan perubahan pertumbuhan yang terukur.

Temuan mengenai konsumsi susu dari van Stuijvenberg et al. (2015) juga perlu ditafsirkan secara hati-hati. Studi tersebut menunjukkan bahwa anak dengan stunting memiliki asupan vitamin D dan beberapa zat gizi yang umum terdapat dalam susu dalam jumlah yang lebih rendah, sementara tinggi badan menurut umur lebih baik pada anak yang terbiasa mengonsumsi susu. Namun, hubungan tersebut tidak dapat secara langsung diatribusikan hanya pada vitamin D karena susu juga mengandung protein, kalsium, fosfor, vitamin B12, dan berbagai zat gizi lain yang berperan dalam pertumbuhan. Dengan demikian, manfaat makanan yang mengandung vitamin D tidak selalu dapat digunakan sebagai bukti efek independen vitamin D.

### **Heterogenitas Studi dan Implikasinya terhadap Interpretasi**

Perbedaan hasil antarpelitian juga dapat dipengaruhi oleh heterogenitas metodologis. Studi dalam kajian ini menggunakan berbagai desain penelitian, kelompok usia, metode pemeriksaan 25(OH)D, batas klasifikasi status vitamin D, dosis dan lama suplementasi, serta indikator antropometri. Perbedaan geografis dan paparan sinar matahari juga berpotensi menghasilkan distribusi kadar vitamin D yang berbeda antarpopulasi. Heterogenitas tersebut membatasi kemungkinan untuk menarik hubungan kausal yang sederhana antara vitamin D dan stunting. Studi potong lintang, misalnya, dapat menunjukkan hubungan antara kadar vitamin D dan status pertumbuhan pada waktu tertentu, tetapi tidak dapat menentukan apakah rendahnya vitamin D mendahului gangguan pertumbuhan. Sebaliknya, studi intervensi memberikan bukti yang lebih kuat mengenai efek suplementasi, tetapi hasil penelitian yang ditelaah menunjukkan bahwa koreksi status vitamin D saja umumnya belum cukup untuk memperbaiki pertumbuhan.

Perbedaan metode pemeriksaan juga menjadi pertimbangan penting. Studi yang ditelaah menggunakan beberapa metode pengukuran vitamin D dan batas konsentrasi yang berbeda untuk

menentukan status defisiensi atau insufisiensi. Variasi tersebut dapat menghasilkan perbedaan klasifikasi status vitamin D dan turut memengaruhi perbandingan hasil antarpelitian.

Secara keseluruhan, heterogenitas temuan lebih tepat dipahami sebagai hasil dari perbedaan populasi, definisi status vitamin D, metode pemeriksaan, desain penelitian, regimen suplementasi, dan outcome yang digunakan. Oleh karena itu, bukti yang tersedia belum mendukung efek yang konsisten dari status atau suplementasi vitamin D terhadap pertumbuhan linear anak pada seluruh kelompok usia dan kondisi klinis. Penelitian selanjutnya perlu mempertimbangkan status vitamin D awal, kelompok usia yang lebih homogen, metode pemeriksaan yang terstandar, dosis dan durasi suplementasi, serta faktor perancu seperti paparan sinar matahari, asupan nutrisi, kondisi geografis, dan faktor hormonal.

#### 4. KESIMPULAN

Bukti mengenai peran vitamin D dalam pertumbuhan linear anak masih menunjukkan hasil yang tidak konsisten. Dari 12 publikasi yang mengevaluasi status vitamin D atau indikator terkait vitamin D, dua studi menunjukkan hubungan dengan pertumbuhan linear atau stunting, tujuh studi tidak menunjukkan hubungan utama yang konsisten, dan tiga studi menunjukkan temuan khusus, deskriptif, atau bergantung pada subkelompok tertentu. Pada studi suplementasi, manfaat terhadap pertumbuhan hanya terlihat pada kondisi tertentu, terutama pada anak dengan status vitamin D awal yang sangat rendah, sedangkan sebagian besar intervensi menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi 25(OH)D tidak selalu diikuti oleh perbaikan pertumbuhan linear.

Perbedaan hasil antarpelitian kemungkinan dipengaruhi oleh variasi usia, status vitamin D awal, paparan sinar matahari, kondisi geografis, pola asupan, metode pemeriksaan, serta dosis dan durasi suplementasi. Pertumbuhan anak juga merupakan proses multifaktorial yang melibatkan kecukupan energi dan zat gizi, fungsi hormonal, serta berbagai faktor lingkungan dan biologis. Dengan demikian, vitamin D lebih tepat dipandang sebagai salah satu faktor yang berkontribusi terhadap pertumbuhan, bukan sebagai faktor tunggal yang menentukan terjadinya hambatan pertumbuhan linear. Oleh karena itu, bukti yang tersedia belum menunjukkan efek yang konsisten dari status maupun suplementasi vitamin D terhadap pertumbuhan linear pada seluruh kelompok anak. Penelitian selanjutnya diperlukan dengan kelompok usia yang lebih homogen, metode pemeriksaan vitamin D yang terstandar, serta pengendalian faktor perancu yang lebih baik untuk memperjelas peran vitamin D dalam pertumbuhan anak.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Angelin, T. C., Bardosono, S., Shinta, D., & Fahmida, U. (2021). Growth, dietary intake, and vitamin D receptor (VDR) promoter genotype in Indonesian school-age children. *Nutrients*, 13(9), 0–9. <https://doi.org/10.3390/nu13092904>
- Avagyan, D., Neupane, S. P., Gundersen, T. E., & Madar, A. A. (2016). Vitamin D status in pre-school children in rural Nepal. *Public Health Nutrition*, 19(3), 470–476. <https://doi.org/10.1017/S136898001500083X>
- Bailey, R. L., West Jr, K. P., & Black, R. E. (2015). The epidemiology of global micronutrient deficiencies. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 66(Suppl. 2), 22–33. <https://doi.org/10.1159/000371618>
- Barth-Jaeggi, T., Zandberg, L., Bahrudinov, M., Kiefer, S., Rahmarulloev, S., & Wyss, K. (2020). Nutritional status of Tajik children and women: Transition towards a double burden of malnutrition. *Maternal and Child Nutrition*, 16(2), 1–11. <https://doi.org/10.1111/mcn.12886>
- Biesalski Hans, K., & Jana, T. (2018). Micronutrients in the life cycle: Requirements and sufficient supply. *NFS Journal*, 11(March), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2018.03.001>
- Bikle, D. D. (2014). Vitamin D Metabolism, Mechanism of Action, and Clinical Applications. *Chem Biol.*, 21(3), 319–329. <https://doi.org/10.1016/j.chembiol.2013.12.016>
- Bikle, D. D. (2020). Vitamin D: Newer concepts of its metabolism and function at the basic and clinical level. *Journal of the Endocrine Society*, 4(2), 1–20. <https://doi.org/10.1210/jendso/bvz038>

- Bikle, D. D. (2021). *Vitamin D: production, metabolism and mechanisms of action*. MDText.com, Inc. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK278935/>
- Cena, H., & Calder, P. C. (2020). Defining a healthy diet: evidence for the role of contemporary dietary patterns in health and disease. *Nutrients*, 12(2), 334. <https://doi.org/10.3390/nu12020334>
- Chowdhury, R., Taneja, S., Kvestad, I., Hysing, M., Bhandari, N., & Strand, T. A. (2020). Vitamin D status in early childhood is not associated with cognitive development and linear growth at 6-9 years of age in North Indian children: A cohort study. *Nutrition Journal*, 19(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s12937-020-00530-2>
- Crowe, F. L., Mughal, M. Z., Maroof, Z., Berry, J., Kaleem, M., Abburu, S., Walraven, G., Masher, M. I., Chandramohan, D., & Manaseki-Holland, S. (2021). Vitamin D for growth and rickets in stunted children: a randomized trial. *Pediatrics*, 147(1). <https://doi.org/10.1542/peds.2020-0815>
- Durá-Travé, T., Gallinas-Victoriano, F., Moreno-González, P., Urretavizcaya-Martinez, M., Berrade-Zubiri, S., & Chueca-Guindulain, M. J. (2020). Vitamin D status and response to growth hormone treatment in prepubertal children with growth hormone deficiency. *Journal of Endocrinological Investigation*, 43, 1485–1492. <https://doi.org/10.1007/s40618-020-01227-3>
- Ernawati, F., Syauqy, A., Arifin, A. Y., Soekatri, M. Y. E., & Sandjaja, S. (2021). Micronutrient deficiencies and stunting were associated with socioeconomic status in Indonesian children aged 6–59 months. *Nutrients*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/nu13061802>
- Floridia, M., Galluzzo, C. M., Orlando, S., Luhanga, R., Mphwere, R., Kavalo, T., Andreotti, M., Amici, R., Ciccacci, F., Marazzi, M. C., & Giuliano, M. (2023). Micronutrient and Nutritional Status of HIV-Exposed and HIV-Unexposed Malawian Infants in the First Year of Life: Assessment of Ferritin, Vitamin A, and D Status and Its Association with Growth. *Nutrients*, 15(14). <https://doi.org/10.3390/nu15143282>
- Ganmaa, D., Bromage, S., Khudyakov, P., Erdenenbaatar, S., Delgererekh, B., & Martineau, A. R. (2023). Influence of vitamin D supplementation on growth, body composition, and pubertal development among school-aged children in an area with a high prevalence of vitamin D deficiency: a randomized clinical trial. *JAMA Pediatrics*, 177(1), 32–41. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2022.4581>
- Ganmaa, D., Stuart, J. J., Sumberzul, N., Ninjin, B., Giovannucci, E., Kleinman, K., Holick, M. F., Willett, W. C., Frazier, L. A., & Rich-Edwards, J. W. (2017). Vitamin D supplementation and growth in urban Mongol school children: Results from two randomized clinical trials. *PLoS ONE*, 12(5), 1–13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175237>
- Goltzman, D. (2018). Functions of vitamin D in bone. *Histochemistry and Cell Biology*, 149(4), 305–312. <https://doi.org/10.1007/s00418-018-1648-y>
- Huey, S. L., Acharya, N., Silver, A., Shen, R., Yu, E. A., Peña-Rosas, J. P., & Mehta, S. (2020). Effects of oral vitamin D supplementation on linear growth and other health outcomes among children under five years of age. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 12. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD012875.pub2>
- Keane, J. T., Elangovan, H., Stokes, R. A., & Gunton, J. E. (2018). Vitamin D and the liver—correlation or cause? *Nutrients*, 10(4), 1–19. <https://doi.org/10.3390/nu10040496>
- Kiani, A. K., Dhuli, K., Donato, K., Aquilanti, B., Velluti, V., Matera, G., Iaconelli, A., Connelly, S. T., Bellinato, F., Gisondi, P., & Bertelli, M. (2022). Main nutritional deficiencies. *Journal of Preventive Medicine and Hygiene*, 63(2), E93–E101. <https://doi.org/10.15167/2421-4248/jpmh2022.63.2S3.2752>
- Ma, K., Wei, S. Q., Bi, W. G., Weiler, H. A., & Wen, S. W. (2021). Effect of Vitamin D Supplementation in Early Life on Children's Growth and Body Composition: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Nutrients*, 13(524), 1–12. <https://doi.org/10.3390/nu13020524> Academic

- Marasinghe, E., Chackrewarthy, S., Abeysena, C., & Rajindrajith, S. (2015). Micronutrient status and its relationship with nutritional status in preschool children in urban Sri Lanka. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 24(1), 144–151. <https://doi.org/10.6133/apjcn.2015.24.1.17>
- Mogire, R. M., Morovat, A., Muriuki, J. M., Mentzer, A. J., Webb, E. L., Kimita, W., Ndungu, F. M., Macharia, A. W., Cutland, C. L., Sirima, S. B., Diarra, A., Tiono, A. B., Lule, S. A., Madhi, S. A., Sandhu, M. S., Prentice, A. M., Bejon, P., Pettifor, J. M., Elliott, A. M., ... Atkinson, S. H. (2021). Prevalence and predictors of vitamin D deficiency in young African children. *BMC Medicine*, 19(1). <https://doi.org/10.1186/s12916-021-01985-8>
- Mokhtar, R. R., Holick, M. F., Sempértegui, F., Griffiths, J. K., Estrella, B., Moore, L. L., Fox, M. P., & Hamer, D. H. (2018). Vitamin D status is associated with underweight and stunting in children aged 6-36 months residing in the Ecuadorian Andes. *Public Health Nutrition*, 21(11), 1974–1985. <https://doi.org/10.1017/S1368980017002816>
- Ratzinger, F., Haslacher, H., Stadlberger, M., Schmidt, R. L. J., Obermüller, M., Schmetterer, K. G., Perkmann, T., Makristathis, A., Marculescu, R., & Burgmann, H. (2017). 25(OH)D and 1,25(OH)D Vitamin D fails to predict sepsis and mortality in a prospective cohort study. *Scientific Reports*, 7(January), 1–10. <https://doi.org/10.1038/srep40646>
- Reijven, P. L. M., & Soeters, P. B. (2020). Vitamin D: A magic bullet or a myth? *Clinical Nutrition*, 39(9), 2663–2674. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2019.12.028>
- Roth, D. E., Morris, S. K., Zlotkin, S., Gernand, A. D., Ahmed, T., Shanta, S. S., Papp, E., Korsiak, J., Shi, J., & Islam, M. M. (2018). Vitamin D supplementation in pregnancy and lactation and infant growth. *New England Journal of Medicine*, 379(6), 535–546. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1800927>
- Sharif, Y., Sadeghi, O., Dorosty, A., Siassi, F., Jalali, M., Djazayeri, A., Shokri, A., Mohammad, K., Parsaeian, M., Abdollahi, Z., Heshmat, R., Yarpardar, A., Pouraram, H., & Esmailzadeh, A. (2020). Association of vitamin D, retinol and zinc deficiencies with stunting in toddlers: findings from a national study in Iran. *Public Health*, 181, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2019.10.029>
- Sizar, O., Khare, S., Goyal, A., & Givler, A. (2023). *Vitamin D deficiency*. StatPearls Publishing. <https://europepmc.org/article/nbk/nbk532266>
- Song, C., Sun, H., Wang, B., Song, C., & Lu, H. (2021). Status and Undernutrition Indices in Children: A Systematic Review and Meta-Analysis of Observational Studies. *Front. Pediatr.*, 9(June), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fped.2021.665749>
- Taib, W. R. W., & Ismail, I. (2021). Evidence of stunting genes in Asian countries: A review. *Meta Gene*, 30(June), 100970. <https://doi.org/10.1016/j.mgene.2021.100970>
- Uday, S., Manaseki-Holland, S., Bowie, J., Mughal, M. Z., Crowe, F., & Högler, W. (2021). The effect of vitamin D supplementation and nutritional intake on skeletal maturity and bone health in socio-economically deprived children. *European Journal of Nutrition*, 60, 3343–3353. <https://doi.org/10.1007/s00394-021-02511-5>
- van Stuijvenberg, M. E., Nel, J., Schoeman, S. E., Lombard, C. J., du Plessis, L. M., & Dhansay, M. A. (2015). Low intake of calcium and vitamin D, but not zinc, iron or vitamin A, is associated with stunting in 2- to 5-year-old children. *Nutrition*, 31(6), 841–846. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2014.12.011>
- Walli, N. Z., Munubhi, E. K., Aboud, S., & Manji, K. P. (2017). Vitamin D levels in malnourished children under 5 years in a tertiary care center at Muhimbili National Hospital, Dar es Salaam, Tanzania—A cross-sectional study. *Journal of Tropical Pediatrics*, 63(3), 203–209. <https://doi.org/10.1093/tropej/fmw081>
- Zhao, W., Li, C., Shen, W. Z., Li, K. Y., Cai, Y. X., Li, F., Fu, H., Peng, B., Chen, J., Li, T. Y., & Chen, L. (2024). Cord blood vitamin A and vitamin D levels in relation to physical growth in exclusively breastfed infants aged 0-6 months. *Frontiers in Endocrinology*, 15(July), 1–9.

<https://doi.org/10.3389/fendo.2024.1394408>

Zmijewski, M. A. (2019). Vitamin D and human health. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(1). <https://doi.org/10.3390/ijms20010145>