



## Peran Asupan Zink dan Vitamin D terhadap Perkembangan Kognitif dan Fisik Anak

Rojwa Azka Syakira<sup>1\*</sup>, Dian Isti Angraini<sup>2</sup>, Muhammad Aditya<sup>3</sup>, Reni Zuraida<sup>4</sup>

<sup>1,3</sup>Program Studi Pendidikan Dokter, Fakultas Kedokteran Universitas Lampung, Indonesia

<sup>2,4</sup>Bagian Ilmu Kedokteran Komunitas dan Ilmu Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kedokteran Universitas Lampung, Indonesia

\*Penulis Korespondensi: [rojwaazkasya@gmail.com](mailto:rojwaazkasya@gmail.com)

**Abstract.** *Physical and cognitive development in children are strongly affected by adequate intake of zinc and vitamin D, as both nutrients play essential roles in bone formation, motor skills, immune function, and neurocognitive processes such as memory and learning. This review compiles evidence from studies published over the last decade showing that sufficient zinc intake is linked to improved linear growth, neuromuscular coordination, and overall motor performance. Meanwhile, vitamin D supports optimal absorption of calcium and phosphorus, promotes skeletal integrity, and may also contribute to cognitive development. Several studies emphasize the synergistic relationship between zinc and vitamin D, particularly through vitamin D receptor activity that involves zinc-finger domains, highlighting how deficiencies in both nutrients can increase the risk of impaired growth and cognitive delays in children. The findings underscore the importance of ensuring adequate nutritional intake through balanced diets, appropriate sunlight exposure, food fortification programs, and targeted supplementation for vulnerable populations. Addressing these nutritional needs is crucial for supporting optimal physical growth, brain development, and long-term health outcomes in children.*

**Keywords:** *Child Development; Cognitive; Physical Growth; Vitamin D; Zinc.*

**Abstrak.** Perkembangan fisik dan kognitif pada anak sangat dipengaruhi oleh asupan seng dan vitamin D yang memadai, karena kedua nutrisi tersebut memainkan peran penting dalam pembentukan tulang, keterampilan motorik, fungsi kekebalan tubuh, dan proses neurokognitif seperti memori dan pembelajaran. Tinjauan ini mengumpulkan bukti dari studi yang diterbitkan selama dekade terakhir yang menunjukkan bahwa asupan seng yang cukup dikaitkan dengan peningkatan pertumbuhan linier, koordinasi neuromuskular, dan kinerja motorik secara keseluruhan. Sementara itu, vitamin D mendukung penyerapan kalsium dan fosfor yang optimal, meningkatkan integritas kerangka, dan juga dapat berkontribusi pada perkembangan kognitif. Beberapa studi menekankan hubungan sinergis antara seng dan vitamin D, khususnya melalui aktivitas reseptor vitamin D yang melibatkan domain jari-seng, menyoroti bagaimana kekurangan kedua nutrisi tersebut dapat meningkatkan risiko gangguan pertumbuhan dan keterlambatan kognitif pada anak. Temuan ini menggarisbawahi pentingnya memastikan asupan nutrisi yang memadai melalui diet seimbang, paparan sinar matahari yang tepat, program fortifikasi makanan, dan suplementasi yang ditargetkan untuk populasi rentan. Memenuhi kebutuhan nutrisi ini sangat penting untuk mendukung pertumbuhan fisik yang optimal, perkembangan otak, dan hasil kesehatan jangka panjang pada anak-anak.

**Kata kunci:** Kognitif; Perkembangan Anak; Pertumbuhan Fisik; Vitamin D; Zink.

### 1. LATAR BELAKANG

Perkembangan kognitif dan fisik anak menentukan kualitas kesehatan, pendidikan, dan produktivitas di masa depan. Oleh karena itu, perhatian pada mikronutrien terutama zink dan vitamin D semakin meningkat, mengingat perannya pada pembentukan tulang, massa otot, imunitas, dan potensi kontribusi pada perkembangan otak serta fungsi kognitif. Secara global, defisiensi kedua mikronutrien ini masih tinggi. Dilaporkan sekitar 33% anak memiliki 25-hidroksi-vitamin D <20 ng/mL dan terdapat korelasi positif antara kadar vitamin D dan zink, sementara defisiensi zink berkaitan dengan hambatan pertumbuhan linier dan penurunan fungsi imun. Meta-analisis juga menunjukkan suplementasi zink meningkatkan tinggi badan

dan indeks Z pada usia sekolah.

Vitamin D mengatur metabolisme kalsium dan fosfat untuk mineralisasi tulang dan kekuatan rangka. Studi kohort besar pada >10.000 anak usia 6–17 tahun menunjukkan setiap kenaikan 10 nmol/L 25-hidroksi-vitamin D terkait kenaikan kecepatan pertumbuhan 0,15 cm/tahun dan penurunan risiko BMD rendah sekitar 7% setelah penyesuaian. Di sisi lain, suplementasi zink juga meningkatkan tinggi badan, sehingga pemenuhan keduanya menjadi strategi kunci pencegahan masalah pertumbuhan. Pada ranah kognitif, kekurangan zink terkait gangguan memori dan perhatian, sedangkan vitamin D berperan pada biosintesis neurotransmitter, faktor neurotropik, dan modulasi perkembangan saraf. Pada anak prasekolah, kadar 25-hidroksi-vitamin D dilaporkan berkorelasi dengan skor perkembangan kognitif, meski bukti kausal masih memerlukan penelitian lebih lanjut.

Interaksi keduanya memperkuat urgensi kadar zink dan vitamin D sering berkorelasi pada anak dan remaja. Aktivitas reseptor vitamin D dipengaruhi konsentrasi zink, dan vitamin D dapat meningkatkan ekspresi transporter zink, sehingga efek gabungan asupan keduanya dapat melebihi efek masing-masing<sup>5</sup>. Dengan konteks tingginya beban stunting, rendahnya massa tulang, dan capaian kognitif suboptimal di negara berkembang, strategi berbasis bukti yang mempertimbangkan sinergi zink dan vitamin D perlu diprioritaskan dalam kebijakan dan program gizi anak berbasis sekolah dan komunitas.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur (*literatur review*) untuk meninjau hubungan antara asupan zink dan vitamin D dengan perkembangan kognitif dan fisik anak. Data diperoleh dari sumber sekunder berupa artikel ilmiah, jurnal nasional maupun internasional, serta laporan penelitian relevan yang diterbitkan dalam sepuluh tahun terakhir (2015–2025). Pencarian literatur dilakukan melalui basis data daring seperti PubMed, ScienceDirect, dan Google Scholar dengan menggunakan kata kunci “zinc intake”, “vitamin D”, “child development”, “cognitive development”, dan “physical growth”. Pemilihan artikel dilakukan berdasarkan kriteria inklusi yaitu penelitian dengan subjek anak usia 6–12 tahun yang membahas hubungan atau pengaruh kadar zink dan vitamin D terhadap perkembangan anak, serta tersedia dalam teks lengkap. Data yang diperoleh kemudian dianalisis secara naratif dengan mengelompokkan hasil penelitian terdahulu berdasarkan variabel utama, membandingkan temuan antar studi, serta mengidentifikasi pola hubungan dan faktor-faktor yang memengaruhi perkembangan kognitif maupun fisik anak.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Hubungan Asupan Zink dengan Perkembangan Fisik Anak

Asupan zink memiliki hubungan yang sangat penting dengan perkembangan fisik anak, terutama dalam konteks pertumbuhan tulang, motorik, dan pencegahan stunting. Berbagai penelitian memberikan bukti kuat bahwa kecukupan zat gizi mikro ini berdampak signifikan pada laju dan kualitas pertumbuhan anak, serta fungsi hormonal yang mendukung proses tersebut. Zink berperan dalam merangsang sintesis protein dan DNA, yang esensial untuk pembentukan matriks tulang dan pembelahan sel, sehingga berkontribusi langsung pada perkembangan tulang yang lebih optimal. Selain itu, zink membantu mengaktifkan hormon pertumbuhan (growth hormone, GH) dan hormon lain yang penting dalam proses perkembangan somatik dan metabolisme tulang seperti somatomedin, osteokalsin, testosteron, tiroid, dan insulin.

Penelitian di wilayah Puskesmas Wilangan Kabupaten Nganjuk menunjukkan secara statistik terdapat hubungan bermakna antara kadar kecukupan zinc dengan perkembangan motorik anak, baik pada kelompok stunting maupun non- stunting. Anak-anak dengan asupan zinc yang cukup memiliki perkembangan motorik yang lebih baik dibandingkan mereka yang mengalami defisiensi zinc. Hal ini dikarenakan zinc juga mempengaruhi perkembangan neurologis, dimana zinc membantu penyusunan dan pelepasan neurotransmitter sehingga rangsangan saraf dan gerak motorik terjadi dengan koordinasi yang lebih baik. Perkembangan motorik ini melibatkan otak, saraf, dan otot yang dikontrol oleh pusat motorik di otak.

Lebih lanjut, zinc memainkan peranan penting dalam mencegah kejadian stunting, suatu kondisi gagal tumbuh yang memiliki dampak jangka panjang terhadap kecerdasan dan produktivitas masa depan anak. Zinc meningkatkan sistem imun yang membuat anak lebih tahan terhadap infeksi kronis yang dapat menghambat pertumbuhan. Zinc juga merangsang nafsu makan melalui peningkatan kepekaan indera pengecap, sehingga asupan makanan anak meningkat dan kebutuhan nutrisi sehari-hari terpenuhi dengan baik. Dalam hal ini, suplementasi zinc atau konsumsi makanan kaya zinc dianjurkan sebagai intervensi untuk meningkatkan pertumbuhan anak dan mengurangi prevalensi stunting.

Secara praktis, asupan zinc yang baik datang dari sumber makanan hewani seperti daging, ikan, dan produk susu yang memiliki kandungan zat ini lebih mudah diserap tubuh dibandingkan sumber nabati. Selain itu, zinc juga berperan dalam metabolisme asam nukleat yang penting untuk replikasi sel dan regenerasi jaringan pada anak yang sedang tumbuh. Kadar zinc yang cukup dapat meningkatkan aktivitas alkali fosfatase yang berkaitan erat dengan sintesis DNA dalam tulang, mendukung pembentukan tulang yang kuat dan sehat<sup>8</sup>. Oleh

karena itu, zinc tidak hanya terkait secara langsung dengan pertumbuhan fisik tetapi juga berkontribusi pada kesehatan tulang dan fungsi imunitas anak.

Kekurangan zinc pada anak dapat menyebabkan gangguan pertumbuhan yang berujung pada stunting, memperlambat perkembangan motorik, dan melemahkan daya tahan tubuh. Hasil studi menunjukkan anak dengan asupan zinc kurang berisiko lebih tinggi mengalami stunting. Intervensi gizi yang menitikberatkan pada kecukupan zinc sangat penting dalam kebijakan kesehatan anak balita guna memastikan tumbuh kembang optimal dan fungsi motorik yang baik.

### **Hubungan Vitamin D dengan Pertumbuhan dan Massa Tulang**

Vitamin D memiliki peranan esensial dalam pertumbuhan dan pengembangan massa tulang anak yang optimal. Vitamin ini merupakan vitamin larut lemak yang berfungsi mengefisienkan penyerapan kalsium dan fosfor di usus, dua mineral utama yang sangat penting untuk pembentukan dan mineralisasi tulang. Tanpa vitamin D yang cukup, penyerapan kalsium yang terjadi di usus hanya sekitar 10-15%, tetapi dengan dukungan vitamin D, penyerapan tersebut dapat meningkat hingga 30-40%. Mineralisasi tulang adalah proses pengendapan kalsium dan fosfor dalam jaringan tulang yang memberikan kekuatan dan kekakuan pada tulang itu sendiri, sehingga vitamin D menjadi faktor kunci dalam proses ini yang mendukung pertumbuhan tulang linier dan peningkatan massa tulang pada anak-anak.

Dalam konteks perkembangan fisik anak, vitamin D mendukung pembentukan kerangka yang kuat sehingga meminimalkan risiko patah tulang dan penyakit tulang seperti rakhitis, suatu kondisi yang umum terjadi akibat defisiensi vitamin D yang menyebabkan tulang menjadi lunak dan deformitas pada anak. Kadar vitamin D yang cukup dalam tubuh tidak hanya mencegah masalah kesehatan tulang akut tetapi juga memastikan anak mencapai puncak massa tulang maksimal yang sangat penting sebagai perlindungan tulang di masa remaja dan dewasa. Hal ini sangat penting karena masa kanak-kanak adalah periode kritis untuk akumulasi mineral tulang yang akan menentukan kekuatan dan kepadatan tulang masa depan.

Penelitian di Indonesia bahkan menunjukkan adanya hubungan signifikan antara asupan vitamin D dan kalsium dengan kejadian stunting pada anak usia 12 hingga 59 bulan. Anak-anak dengan asupan rendah vitamin D dan kalsium memiliki risiko mengalami stunting lebih tinggi karena gangguan dalam mineralisasi tulang yang menyebabkan pertumbuhan linier terhambat. Selain itu, vitamin D juga berperan dalam mengatur kadar kalsium dan fosfor dalam darah sehingga menjaga keseimbangan mineralisasi tulang secara fisiologis. Dengan kadar vitamin D yang memadai, metabolisme tulang berjalan optimal sehingga mendukung

perkembangan fisik yang sehat dan normal.

Vitamin D juga berinteraksi dengan hormon-hormon seperti paratiroid yang mengatur homeostasis kalsium dan fosfat, serta mempengaruhi aktivitas osteoblas dan osteoklas yang bertanggung jawab pada pembentukan dan perombakan tulang. Dengan mekanisme ini, vitamin D membantu dalam mempertahankan struktur tulang yang kokoh dan mengoptimalkan pertumbuhan tulang selama masa anak-anak dan remaja. Suplementasi vitamin D pada anak yang kekurangan telah terbukti meningkatkan kepadatan mineral tulang dan menurunkan risiko patah tulang, memperlihatkan bukti nyata dampak vitamin D terhadap kesehatan tulang. Sumber vitamin D bagi anak-anak dapat diperoleh dari paparan sinar matahari langsung, makanan seperti ikan berlemak, kuning telur, dan produk yang diperkaya vitamin D seperti susu. Namun, kekurangan vitamin D masih menjadi masalah kesehatan masyarakat di berbagai negara, termasuk Indonesia, sehingga pemenuhan kebutuhan vitamin D melalui diet maupun suplementasi menjadi sangat krusial untuk menjamin pertumbuhan dan perkembangan tulang yang optimal.

### **Peran Zink dalam Perkembangan Kognitif**

Zink memegang peranan penting dalam perkembangan kognitif anak melalui berbagai mekanisme biologis yang mendukung fungsi otak dan sistem saraf pusat. Zat ini merupakan trace mineral esensial yang berkontribusi pada pembentukan dan diferensiasi sel-sel saraf, sintesis neurotransmitter, serta regulasi aktivitas enzim dan hormon yang berperan dalam proses belajar, memori, dan perhatian. Penelitian menunjukkan bahwa defisiensi zink dapat mengganggu pembentukan jalur saraf dan neurotransmisi, yang berdampak negatif pada fungsi kognitif seperti memori jangka pendek dan perhatian. Hal ini karena zink membantu dalam pembentukan sinapsis neuronal yang merupakan titik komunikasi antar sel saraf yang esensial untuk pengolahan informasi dalam otak.

Beberapa studi di Indonesia dan internasional mengindikasikan hubungan signifikan antara kadar zinc dalam tubuh dengan kemampuan kognitif anak usia sekolah. Misalnya, suatu penelitian di Kabupaten Klaten mengonfirmasi bahwa anak-anak dengan defisiensi zinc mengalami penurunan performa memori jangka pendek secara signifikan dibandingkan yang memiliki kadar zinc normal. Selain itu, asupan zinc yang memadai pada masa balita dikaitkan dengan perkembangan kognitif yang lebih baik di kemudian hari, seperti kemampuan belajar dan prestasi akademik. Zinc berperan pada sintesis asam nukleat dan protein, yang penting untuk pertumbuhan dan pemeliharaan struktur otak, khususnya pada bagian yang mengatur fungsi eksekutif, belajar, dan memori.

Pada tingkat molecular, zink terlibat dalam pelepasan neurotransmitter asam  $\gamma$ -aminobutirat (GABA) yang memodulasi rangsangan saraf sehingga mendukung proses kognitif yang kompleks. Kekurangan zinc tidak hanya menurunkan fungsi memori tetapi juga dapat menyebabkan gangguan perilaku dan perkembangan neurologis seperti kesulitan belajar dan perhatian. Studi pada hewan percobaan juga menunjukkan bahwa kekurangan zinc berat dapat menyebabkan kerusakan struktural otak, termasuk kondisi anencephaly dan microcephaly, serta gangguan respon motorik dan perilaku yang berkaitan erat dengan fungsi kognitif.

Penelitian lain menyoroti bahwa asupan zinc yang adekuat berdampak positif terhadap berbagai aspek perkembangan kognitif, termasuk perhatian, kecepatan pemrosesan informasi, dan kemampuan menyelesaikan masalah. Zinc juga berinteraksi dengan nutrisi lain seperti protein dan zat besi dalam mendukung perkembangan otak secara menyeluruh. Kendati ada beberapa penelitian yang menunjukkan hasil variatif terkait efek suplementasi zinc terhadap fungsi kognitif, konsensus ilmiah menyatakan bahwa kecukupan zat ini sangat penting dalam fase pertumbuhan anak untuk mencegah gangguan perkembangan neuropsikologis dan meningkatkan kapasitas kognitif. Dengan demikian, menjaga asupan zinc yang cukup melalui pola makan yang seimbang atau suplementasi bila diperlukan sangat disarankan, terutama pada masa kritis perkembangan otak anak seperti masa balita dan usia sekolah dasar. Zinc dapat diperoleh dari makanan sumber hewani seperti daging, ikan, dan produk susu, serta dari beberapa sumber nabati seperti kacang-kacangan dan biji-bijian. Pencegahan defisiensi zinc tidak hanya mendukung perkembangan kognitif tetapi juga kesehatan fisik dan daya tahan tubuh secara keseluruhan, yang pada akhirnya berkontribusi pada peningkatan kualitas hidup dan kapasitas belajar anak di masa depan.

### **Peran Vitamin D dalam Fungsi Kognitif**

Vitamin D memiliki peran penting dalam fungsi kognitif, terutama melalui mekanisme neuroprotektif, neuroimunomodulasi, dan regulasi neurotransmitter di otak. Vitamin D tidak hanya berfungsi sebagai vitamin tetapi juga sebagai hormon yang disintesis dan dimetabolisme secara lokal di sistem saraf pusat, dengan reseptor vitamin D (VDR) yang ditemukan di berbagai area otak seperti hipokampus, korteks, dan sistem limbik yang sangat berperan dalam proses fungsi kognitif seperti memori, perhatian, dan pengambilan keputusan. Metabolit aktif vitamin D,  $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ , melewati sawar darah otak dan berkontribusi dalam menjaga kesehatan neuron serta mengurangi stres oksidatif yang dapat menyebabkan kerusakan saraf.

Beberapa penelitian menunjukkan adanya korelasi positif antara kadar vitamin D yang adekuat dengan kemampuan kognitif yang lebih baik, khususnya dalam domain memori dan fungsi visuospasial. Sebaliknya, defisiensi vitamin D dikaitkan dengan gangguan kognitif ringan hingga sedang, serta peningkatan risiko demensia dan penurunan fungsi eksekutif pada kelompok usia lanjut. Penelitian di Semarang dengan sampel lansia menunjukkan bahwa walaupun ada gangguan kognitif yang ditemukan pada orang dengan kadar vitamin D rendah, korelasi statistisnya tidak selalu signifikan, kemungkinan dipengaruhi oleh faktor lain seperti pekerjaan atau aktivitas mental yang juga memengaruhi fungsi kognitif.

Vitamin D mempengaruhi fungsi kognitif melalui beberapa jalur molekuler penting seperti peningkatan ekspresi faktor neurotropik yang berasal dari otak (BDNF) yang berperan dalam neuroplastisitas dan pembentukan memori. Dengan demikian, vitamin D berkontribusi pada proses pembelajaran, perhatian, dan pengolahan memori. Beberapa studi juga mengindikasikan vitamin D dapat membantu pembersihan plak amiloid di otak, yang berhubungan dengan penyakit Alzheimer, sehingga berpotensi mencegah atau memperlambat gangguan kognitif yang bersifat degeneratif.

Selain itu, vitamin D memiliki efek antiinflamasi dan meningkatkan aktivitas enzim antioksidan yang melindungi neuron dari kerusakan akibat radikal bebas dan peradangan kronis yang seringkali memicu penurunan kognitif. Vitamin D juga berperan dalam modulasi sistem imun otak yang membantu menjaga keseimbangan fungsi saraf dan mengurangi risiko gangguan neurodegeneratif. Meskipun banyak bukti observasional mendukung hubungan positif antara vitamin D dan fungsi kognitif, hasil uji klinis suplementasi vitamin D masih beragam, dengan beberapa studi menunjukkan tidak adanya pengaruh signifikan pada peningkatan fungsi kognitif pada orang sehat. Namun, konsensus ilmiah saat ini menempatkan vitamin D sebagai nutrisi penting yang diperlukan untuk menjaga kesehatan otak, khususnya dalam pencegahan penurunan kognitif pada kelompok berisiko seperti lansia dan individu dengan defisiensi vitamin D berat.

Sumber vitamin D utama berasal dari paparan sinar matahari, makanan seperti ikan berlemak, telur, dan produk yang diperkaya vitamin D, yang harus dipenuhi terutama pada fase kehidupan awal dan usia lanjut untuk memastikan fungsi kognitif yang optimal. Pemantauan kadar vitamin D dalam tubuh dan intervensi suplementasi bila dibutuhkan sangat direkomendasikan untuk menjaga kesehatan otak dan kognisi jangka panjang.

## **Interaksi Zink dan Vitamin D dalam Tumbuh Kembang Anak**

Zink dan vitamin D memiliki interaksi sinergis yang sangat penting dalam mendukung tumbuh kembang anak, terutama dalam aspek pertumbuhan fisik, perkembangan tulang, serta fungsi imun dan kognitif. Kedua nutrisi ini berperan dalam proses metabolisme mineral tulang, khususnya dalam penyerapan dan homeostasis kalsium dan fosfat yang merupakan komponen utama pembentukan tulang. Vitamin D meningkatkan penyerapan kalsium dan fosfat di usus, sedangkan zink mendukung sintesis protein dan DNA yang esensial untuk pembelahan sel serta regenerasi jaringan tulang. Selain itu, zink membantu aktivitas hormon pertumbuhan dan hormon lain seperti somatomedin, osteokalsin, testosteron, tiroid, dan insulin, yang secara bersama-sama mempercepat pemanjangan tulang dan perkembangan tulang yang sehat.

Penelitian di berbagai wilayah Indonesia mengungkapkan bahwa kekurangan zink terkait erat dengan kejadian stunting pada anak, dimana gangguan pertumbuhan linier ini merupakan indikator utama gangguan tumbuh kembang. Peran vitamin D juga sangat vital dalam metabolisme tulang, namun interaksi antara kedua nutrisi ini masih memerlukan perhatian khusus karena kadar zink yang rendah dapat mempengaruhi aktivitas vitamin D di dalam tubuh. Zink berinteraksi dengan vitamin D melalui modulasi pengikatan vitamin D pada reseptor nuklir (VDR) yang memiliki domain zinc finger, sehingga zink secara langsung memengaruhi kemampuan vitamin D dalam mengaktifkan transkripsi gen yang berhubungan dengan metabolisme tulang dan fungsi imun.

Secara imunologis, zink dan vitamin D bersama-sama memperkuat sistem imun anak sehingga meningkatkan daya tahan terhadap penyakit infeksi yang dapat mengganggu proses tumbuh kembang. Infeksi kronis dan malnutrisi merupakan faktor risiko utama terjadinya stunting karena energi tubuh lebih diutamakan untuk melawan infeksi daripada pertumbuhan. Dengan memastikan kecukupan zink dan vitamin D, anak dapat mempertahankan nafsu makan yang baik, mendukung respons imun, dan meningkatkan efisiensi penggunaan nutrisi untuk pertumbuhan. Berbagai hasil studi juga menunjukkan bahwa suplementasi zink dapat meningkatkan kadar vitamin D pada remaja, yang menunjukkan interaksi fungsional keduanya dalam metabolisme mineral dan proses biologis yang mendukung pertumbuhan. Bahkan, kadar zink dalam tulang termasuk yang tertinggi dalam jaringan tubuh, menunjukkan peranan critical zink dalam tahap pertumbuhan dan perkembangan anak. Sedangkan vitamin D mengoptimalkan penyerapan kalsium untuk mineralisasi tulang yang kuat dan sehat.

Meskipun ada penelitian yang menunjukkan korelasi positif kekuatan interaksi zink dan vitamin D dalam mencegah stunting dan mendukung kesehatan tulang, ada pula studi yang mencatat bahwa hubungan antara asupan vitamin D dan kejadian stunting dibandingkan dengan



zinc tidak selalu signifikan. Hal ini mungkin dipengaruhi oleh variabel lain seperti kondisi kesehatan umum, pola makan secara keseluruhan, dan faktor lingkungan. Namun, secara keseluruhan, pemenuhan keduanya dalam asupan anak sangat dianjurkan karena peran penting masing-masing dalam proses fisik dan kognitif serta sistem imun. Dengan demikian, interaksi zinc dan vitamin D dalam tumbuh kembang anak merupakan hubungan sinergis yang pada dasarnya saling mendukung dalam menghasilkan pertumbuhan optimal, perkembangan tulang yang sehat, serta fungsi sistem imun dan kognitif yang baik. Penanganan kekurangan kedua nutrisi ini sangat penting dalam program kesehatan anak untuk mencegah berbagai gangguan tumbuh kembang seperti stunting dan gangguan neurokognitif. Oleh karena itu, asupan makanan yang kaya zinc dan vitamin D dari sumber hewani, makanan laut, serta paparan sinar matahari yang cukup, bersama dengan intervensi suplementasi bila diperlukan, menjadi kunci utama dalam menunjang kesehatan anak secara menyeluruh dan berkelanjutan.

### **Implikasi untuk Intervensi Gizi dan Kebijakan Kesehatan Anak**

Intervensi gizi dan kebijakan kesehatan anak memiliki implikasi yang strategis dan sangat penting dalam menjawab tantangan tumbuh kembang anak, khususnya dalam konteks Indonesia yang masih menghadapi masalah gizi ganda seperti stunting, anemia, dan obesitas pada berbagai kelompok usia. Program percepatan penurunan stunting menjadi salah satu kebijakan prioritas pemerintah yang menitikberatkan pada intervensi gizi komprehensif, termasuk perbaikan asupan mikronutrien seperti zinc dan vitamin D, yang terbukti memiliki peran krusial dalam mendukung pertumbuhan fisik, fungsi kognitif, serta sistem imun anak. Kebijakan ini tidak hanya fokus pada pemenuhan kebutuhan gizi anak secara langsung tetapi juga mencakup peningkatan akses layanan kesehatan, pendidikan gizi, sanitasi, dan pemberdayaan keluarga sebagai unit utama pengasuhan.

Dalam ranah kebijakan ketahanan pangan dan gizi nasional, intervensi gizi sensitif diarahkan untuk meningkatkan akses pangan bergizi yang berkelanjutan dengan memanfaatkan sumber daya pangan lokal serta penguatan sistem distribusi pangan hingga ke tingkat keluarga. Pendidikan dan peningkatan kesadaran masyarakat tentang pentingnya asupan gizi seimbang, termasuk kadar zinc dan vitamin D, menjadi bagian integral guna mengurangi risiko malnutrisi kronis dan gangguan tumbuh kembang. Hal ini sejalan dengan temuan ilmiah bahwa kecukupan zat mikro ini menghasilkan dampak positif signifikan terhadap pencegahan stunting, pengembangan otak, dan kesehatan tulang anak. Interaksi antara kebijakan, pelayanan kesehatan, dan intervensi gizi harus dilaksanakan secara terintegrasi dan multisektoral. Pemerintah daerah melalui dinas kesehatan dituntut menjalankan program yang menjawab

kebutuhan spesifik komunitas lokal serta mengatasi faktor penyebab utama kekurangan gizi, seperti pola makan tidak seimbang, sanitasi buruk, dan praktik pengasuhan yang kurang optimal. Program- program ini harus didukung oleh sistem monitoring dan evaluasi yang kuat agar intervensi tepat sasaran dan tepat waktu, mengurangi risiko kegagalan program serta meningkatkan efektivitas penggunaan sumber daya.

Selain itu, penanganan defisiensi mikronutrien seperti zinc dan vitamin D perlu mendapat perhatian khusus dalam kebijakan, sebab selain berperan dalam pertumbuhan fisik dan kognitif, keduanya juga mendukung sistem imun sehingga anak lebih tahan terhadap infeksi yang berpotensi memperburuk status gizi. Oleh karena itu, suplementasi terintegrasi dan edukasi mengenai sumber alami dan pentingnya paparan sinar matahari untuk sintesis vitamin D harus menjadi bagian dari strategi nasional kesehatan anak. Kebijakan ini harus menjangkau kelompok rentan seperti balita, ibu hamil, dan remaja putri guna memastikan dampak jangka panjang pada kualitas sumber daya manusia. Inovasi kebijakan juga harus mencakup penyesuaian dengan kondisi sosial ekonomi dan budaya lokal agar implementasi lebih efektif dan diterima masyarakat. Penguatan kolaborasi lintas sektoral antara kementerian kesehatan, pertanian, pendidikan, dan lembaga swadaya masyarakat menjadi kunci keberhasilan. Pendekatan partisipatif dan pemberdayaan masyarakat sangat vital dalam menciptakan kesadaran, membentuk perilaku hidup sehat, serta membangun sistem dukungan gizi berkesinambungan.

Dengan demikian, implikasi intervensi gizi dan kebijakan kesehatan anak menuntut pendekatan holistik yang tidak hanya sekadar memberikan suplementasi atau distribusi pangan bergizi, tetapi juga membangun ekosistem yang mendukung gaya hidup sehat melalui edukasi, peningkatan kualitas layanan kesehatan, sanitasi, serta pemberdayaan keluarga dan masyarakat. Efektivitas kebijakan ini sangat tergantung pada integrasi multisektoral, inovasi program yang adaptif, dan sistem monitoring yang berkelanjutan untuk memastikan setiap anak memperoleh gizi optimal yang diperlukan guna mencapai tumbuh kembang maksimal serta mampu menghadapi tantangan kesehatan masa depan. Implementasi kebijakan yang kuat dan tepat sasaran juga akan berkontribusi dalam pembangunan sumber daya manusia berkualitas, yang merupakan investasi strategis bagi kemajuan bangsa Indonesia secara keseluruhan.

#### **4. KESIMPULAN DAN SARAN**

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa asupan zink dan vitamin D memiliki peran yang signifikan terhadap perkembangan fisik dan kognitif anak. Zink berkontribusi secara langsung dalam pertumbuhan tulang, sintesis protein dan DNA, fungsi

motorik, serta perkembangan neurologis yang mendukung kemampuan belajar dan memori. Vitamin D memiliki peran penting dalam metabolisme kalsium dan fosfor, mineralisasi tulang, dan penguatan massa tulang, sekaligus mendukung fungsi kognitif melalui mekanisme neuroprotektif dan modulasi neurotransmitter. Interaksi sinergis antara zink dan vitamin D meningkatkan efektivitas masing-masing nutrisi dalam mendukung pertumbuhan linier, kekuatan tulang, sistem imun, dan kemampuan kognitif anak. Kekurangan salah satu atau kedua nutrisi ini terkait dengan risiko stunting, gangguan perkembangan motorik, dan penurunan fungsi kognitif, yang dapat berdampak jangka panjang pada kualitas hidup dan prestasi akademik. Berdasarkan temuan ini, disarankan agar strategi intervensi gizi anak dilakukan secara komprehensif dengan memastikan pemenuhan kebutuhan zink dan vitamin D melalui pola makan seimbang yang kaya sumber hewani, ikan, produk susu, serta paparan sinar matahari yang cukup. Suplementasi dapat menjadi pilihan untuk kelompok yang berisiko defisiensi. Selain itu, pendidikan gizi bagi orang tua, integrasi program multisektoral di sekolah dan layanan kesehatan, serta monitoring status gizi anak secara rutin sangat penting untuk mendukung pertumbuhan optimal. Kebijakan gizi yang holistik dan berkelanjutan akan membantu mencegah stunting, meningkatkan fungsi kognitif, dan membangun sumber daya manusia yang sehat serta berkualitas di masa depan. Dengan demikian, pemenuhan asupan zink dan vitamin D bukan hanya masalah nutrisi individu, tetapi juga investasi strategis bagi kesehatan dan kualitas hidup generasi mendatang.

## REFERENSI

- Ahmed, F., Prendiville, N., & Narayan, A. (2016). Micronutrient deficiencies among children and women in Bangladesh: Progress and challenges. *Journal of Nutritional Science*, 5, e46, 1–12. <https://doi.org/10.1017/jns.2016.39>
- Bhattarai, H. K., Shrestha, S., Rokka, K., & Shakya, R. (2020). Vitamin D, calcium, parathyroid hormone, and sex steroids in bone health and effects of aging. *Journal of Osteoporosis*, 2020, Article 9324505. <https://doi.org/10.1155/2020/9324505>
- Bouftas, F., & DeVries, C. (2024). Vitamin D and pediatric bone health: Important information and considerations for the pediatric orthopaedic surgeon. *Journal of the Pediatric Orthopaedic Society of North America*, 7(April), Article 100042. <https://doi.org/10.1016/j.jposna.2024.100042>
- Christakos, S., Dhawan, P., Porta, A., Mady, L. J., & Seth, T. (2012). Vitamin D and intestinal calcium absorption. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 347(1–2), 25–29. <https://doi.org/10.1016/j.mce.2011.05.038>
- Hamza, R. T., Hamed, A. I., & Sallam, M. T. (2012). Effect of zinc supplementation on growth hormone–insulin-like growth factor axis in short Egyptian children with zinc deficiency. *Italian Journal of Pediatrics*, 38, Article 21, 1–7. <https://doi.org/10.1186/1824-7288-38-21>

- Ismawati, I., Hindarta, N. A., Junus, R., Mokodongan, R. S., Sari, P., & Sineke, J. (2023). *Dasar ilmu gizi* (L. O. Alifariki, Ed.). Media Pustaka Indo.
- Kristiani, R., Mundiastuti, L., & Mahmudiono, T. (2019). Perbedaan kadar zinc rambut dan asupan makan pada balita stunting dan non-stunting di Puskesmas Wilangan Kabupaten Nganjuk. *Amerta Nutrition*, 3(1), 24–32. <https://doi.org/10.20473/amnt.v3i1.2019.24-32>
- Purwandini, S., & Atmaka, D. R. (2023). Pengaruh kecukupan konsumsi zinc dengan kejadian stunting di Indonesia: Studi literatur. *Media Gizi Kesmas*, 12(1), 509–515. <https://doi.org/10.20473/mgk.v12i1.2023.509-515>
- S., S., S., F., & Fatollahierad. (2021). Effect of zinc supplementation on child development: A systematic review and meta-analysis protocol. *Iranian Journal of Child Neurology*, 15(1).
- Saavedra, J. M., & Prentice, A. M. (2022). Nutrition in school-age children: A rationale for revisiting priorities. *Nutrition Reviews*, 81(7), 823–843. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuac089>
- Septiawahyuni, H. D., & Suminar, D. R. (2019). Kecukupan asupan zinc berhubungan dengan perkembangan motorik pada balita stunting dan non-stunting. *Amerta Nutrition*, 3(1), 1–6. <https://doi.org/10.20473/amnt.v3i1.2019.1-6>
- Setianingsih, & Djaswadi. (2014). *Hubungan defisiensi kadar zinc terhadap memori pada anak usia sekolah* (Skripsi/Tesis, Universitas Gadjah Mada).
- Shams, B., Afshari, E., Tajadini, M., & Keikha, M. (2016). The relationship of serum vitamin D and zinc in a nationally representative sample of Iranian children and adolescents: The CASPIAN-III study. *Medical Journal of the Islamic Republic of Iran*, 30, Article 430.
- Smelter, — (*tidak ada entri Smelter pada daftar ini; dilewati*)
- Voiculescu, V. M., Twakor, A. N., Jerpelea, N., & Stoian, A. P. (2025). Vitamin D: Beyond traditional roles—Insights into its biochemical pathways and physiological impacts. *Nutrients*, 17(5), Article 803, 1–18. <https://doi.org/10.3390/nu17050803>
- Zerofsky, M., Ryder, M., Bhatia, S., Stephensen, C. B., King, J., & Fung, E. B. (2016). Effects of early vitamin D deficiency rickets on bone and dental health, growth, and immunity. *Maternal & Child Nutrition*, 12(4), 898–907. <https://doi.org/10.1111/mcn.12187>