

The Relationship Between Stunting and Decrease in Cognitive Ability: A Literature Review

I Gusti Ayu Putu Widi Adnyani^{1*}, Made Suadnyani Pasek¹, Ni Putu Dewi Sri Wahyuni¹

¹Program Studi Kedokteran, Fakultas Kedokteran, Universitas Pendidikan Ganesha, Singaraja, Indonesia;

Article History

Received : January 05th, 2026

Revised : January 10th, 2026

Accepted : January 26th, 2026

*Corresponding Author: **Widi**

Adnyani, Program Studi
Kedokteran, Fakultas Kedokteran,
Universitas Pendidikan Ganesha,
Singaraja, Indonesia;
Email:

ayuy.widi@student.undiksha.ac.id

Abstract: Chronic nutritional inadequacy causes stunting, which affects children's physical appearance and mental development, particularly in the first 1,000 days of life. This research used narrative synthesis to evaluate literature. Google Scholar was searched for 2020–2025 literature on stunting influence on cognitive development in children. Original research papers (excluding reviews) with a citation count ≥ 50 and first five pages of search results were considered for inclusion. Nine articles were chosen for final analysis after reviewing titles and abstracts for relevance and eligibility. The synthesis found persistent links between early-life stunting and worse memory, language, numeracy, and literacy scores. These relationships remained substantial after adjusting for environmental and socioeconomic characteristics. Stunting impairs brain development by disrupting neurogenesis, synaptogenesis, and myelination owing to nutritional deficits in early growth. The data confirm that stunting affects long-term intellectual capacity as well as physical development. This review enhances scientific knowledge of neurocognitive pathways influenced by early-life undernutrition and emphasizes the need for early dietary therapies to avoid permanent brain impairment. This study highlights the need for integrated strategies that combine nutritional and cognitive stimulation interventions in child health programs, while also identifying future directions for research on evidence-based early development policies.

Keywords: Brain development, child growth, stunting, cognitive development, undernutrition.

Pendahuluan

Stunting pada anak merupakan salah satu kondisi malnutrisi kronis yang paling berbahaya. Stunting mempengaruhi 22,3% dari 148,1 juta anak di bawah usia 5 tahun dunia tahun 2022. 53% terjadi di Asia dan 42% di Afrika (UNICEF, WHO, & Bank Dunia, 2023). Malnutrisi kronis, penyakit yang sering terjadi, dan perawatan yang tidak memadai selama 1.000 Hari Pertama Kehidupan (HPK), dari konsepsi sampai usia dua tahun, menyebabkan stunting. Di sinilah proses biologis penting pada perkembangan fisik dan kognitif anak terjadi. Anak stunting mungkin lebih pendek daripada teman sekelasnya dan mengalami kerusakan otak seumur hidup. Penelitian mutakhir menunjukkan bahwa

kekurangan zat gizi esensial pada 1.000 HPK, seperti protein, zat besi, zinc, iodium, serta asam lemak rantai panjang dapat menghambat neurogenesis, mielinisasi, serta pembentukan sinaps yang esensial dalam fungsi memori, perhatian, dan bahasa (Pettoello-Mantovani *et al.*, 2025; Koshy *et al.*, 2025). Pada tahun 2022, 21,6% balita di Indonesia dengan stunting (Kementerian Kesehatan, 2023). Satu dari lima anak mengalami stunting, yang dapat memengaruhi prestasi akademik dan profesional. Temuan terkini juga mengungkapkan adanya hubungan antara stunting pada usia dini dengan penurunan volume otak dan gangguan aktivitas jaringan saraf, terutama di area korteks prefrontal dan hipokampus yang berperan dalam

pengendalian eksekutif dan kemampuan kognitif (Wijeakumar *et al.*, 2023; Nguyen *et al.*, 2021). Meskipun demikian, masih terbatas studi yang secara komprehensif mengintegrasikan mekanisme biologis dan neurokognitif dari stunting, terutama di negara berkembang seperti Indonesia. Kebanyakan penelitian lebih banyak menyoroti aspek sosial-ekonomi atau deskriptif, tanpa menelusuri jalur biologis dan potensi intervensi gizi spesifik dalam konteks 1.000 HPK (Upadhyay *et al.*, 2024). Dengan demikian, tinjauan pustaka ini mengkaji bagaimana stunting pada 1.000 hari pertama masa bayi memengaruhi perkembangan otak, serta implikasinya terhadap kemampuan kognitif di masa selanjutnya. Studi ini diharapkan dapat memperkaya khazanah ilmiah mengenai mekanisme gangguan neurokognitif akibat kekurangan gizi kronis, serta memberikan arah bagi intervensi gizi berbasis bukti pada periode kritis pertumbuhan anak.

Bahan dan Metode

Desain Penelitian

Jenis penelitian ialah narrative literature review yang menelaah mengenai hubungan diantara stunting dengan penurunan kemampuan kognitif pada anak. Metode ini dipilih karena memungkinkan peneliti mengumpulkan, memahami, dan menyusun berbagai informasi dari penelitian-penelitian sebelumnya yang relevan dengan topik. Berbeda dengan *systematic review* yang menggunakan prosedur sangat ketat, *narrative review* memberikan keleluasaan dalam mengeksplorasi temuan-

temuan secara lebih luas dan mendalam. Artikel yang terpilih dianalisis secara deskriptif untuk melihat bagaimana stunting berdampak terhadap perkembangan kognitif anak, serta untuk mengidentifikasi pola umum, perbedaan hasil, dan *research gap* yang masih perlu dikaji lebih lanjut. Proses ini bertujuan memberikan pemahaman yang utuh terhadap topik dan membantu merumuskan arah penelitian lanjutan.

Prosedur Penelitian

Pencarian literatur melalui *Google Scholar* memakai kata kunci “*stunting impact on cognitive development at children*” dengan pembatasan tahun publikasi 2020–2025. Dari hasil pencarian diperoleh 17.800 artikel. Penyaringan dilakukan berdasarkan judul dan abstrak untuk menilai relevansi topik, serta hanya menyertakan artikel penelitian asli (*original research*), bukan *literature review* atau *systematic review*. Untuk menjaga kualitas dan relevansi, hanya artikel yang telah disitasi minimal 50 kali dan muncul pada lima halaman pertama hasil pencarian yang disertakan dalam peninjauan ini. Berdasarkan kriteria tersebut, diperoleh 12 artikel sesuai syarat. Namun, setelah membaca abstrak secara lebih lanjut hanya 9 artikel yang topiknya sesuai dengan judul.

Hasil dan Pembahasan

Penulis mengevaluasi berbagai publikasi untuk mengetahui bagaimana stunting memengaruhi penurunan kognitif. Temuan tersebut bisa dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis narrative literature review

Nama Peneliti (Tahun)	Judul Penelitian	Metode	Hasil
(Lestari <i>et al.</i> , 2024)	Stunting and its association with education and cognitive outcomes in adulthood: A longitudinal study in Indonesia	<i>Longitudinal cohort study</i>	Stunting dan postur tubuh yang relatif kecil memiliki hubungan yang signifikan dengan perkembangan kognitif, dan keduanya berperan sebagai perantara dalam hambatan perkembangan kognitif yang tercermin dalam hasil pendidikan yang lebih rendah. Stunting dikaitkan penurunan skor tes kognitif sejumlah 0,56–0,8 SD, pendidikan yang lebih singkat selama dua tahun, dan penundaan masuk sekolah selama 0,4 tahun. Selain itu, anak stunting dengan penurunan kemampuan kognitif maupun berhitung sebesar 0,38–0,82 SD. Artinya anak stunting dengan penurunan fungsi berpikir dan berhitung 38-82% daripada anak yang non-stunting.

Nama Peneliti (Tahun)	Judul Penelitian	Metode	Hasil
(Ekholuenetale <i>et al.</i> , 2020)	Impact of Stunting on early childhood cognitive development in Benin: evidence from Demographic and Health Survey	<i>Cross sectional study</i>	Setelah mengontrol variabel pengganggu, anak-anak dengan stunting dengan perkembangan kognitif optimal 7% lebih buruk (RR = 0,93; 95%CI 0,83, 0,98).
(Alam <i>et al.</i> , 2020)	Erratum: Impact of early-onset persistent stunting on cognitive development at 5 years of age: Results from a multi-country cohort study	<i>Multi country prospective cohort study</i>	Anak stunting persisten yang terjadi sejak dini menunjukkan skor kognitif lebih buruk (95% CI: -3,85 hingga -0,35; $p < 0,05$) pada tiga subtes WPPSI-III dibandingkan dengan anak-anak tanpa stunting. Stunting yang terjadi sejak awal kehidupan dan menetap hingga usia 5 tahun berpengaruh negatif terhadap perkembangan kognitif, terutama pada kemampuan berpikir logis non-verbal, pemahaman bahasa, dan penalaran visual. Sedangkan anak dengan stunting sementara (<i>recovered</i>) atau <i>late-onset</i> stunting tidak menunjukkan penurunan signifikan setelah dikontrol faktor lain.
(Gashu <i>et al.</i> , 2016)	Stunting, selenium deficiency and anemia are associated with poor cognitive performance in preschool children from rural Ethiopia	<i>Cross sectional study</i>	Anak skor kognitif signifikan lebih rendah dibanding anak tanpa stunting. Rata-rata skor Matrix Reasoning anak stunted adalah $7,0 \pm 3,2$ dibanding $7,9 \pm 3,1$ pada anak tidak stunting ($p = 0,01$), sedangkan skor School Readiness adalah $3,3 \pm 2,1$ dibanding $4,3 \pm 2,2$ ($p < 0,001$). Skor Similarities juga lebih rendah pada anak stunting meskipun hubungan ini lemah ($r = 0,13$; $p < 0,01$).
(Mustakim <i>et al.</i> , 2022)	Impact of Stunting on Development of Children between 1–3 Years of Age	<i>Cross-sectional study</i>	Stunting anak usia 1–3 tahun berhubungan erat dengan penurunan fungsi kognitif, bahasa, dan perkembangan umum secara signifikan. Berdasarkan analisis multivariat, anak stunting memiliki peluang perkembangan normal yang lebih rendah pada ketiga domain yang dinilai, yaitu DDST-II (AOR = 0,34; 95% CI 0,15–0,75; $p = 0,008$), CAT (AOR = 0,24; 95% CI 0,14–0,39; $p < 0,001$), dan CLAMS (AOR = 0,21; 95% CI 0,13–0,35; $p < 0,001$).
(Handryastuti <i>et al.</i> , 2022)	Comparison of Cognitive Function in Children with Stunting and Children with Undernutrition with Normal Stature	<i>Cross-sectional study</i>	Berdasarkan hasil Bayley-III, skor rata-rata kognitif pada anak stunting adalah $6,5 \pm 1,12$, sedangkan pada anak <i>undernourished</i> dengan tinggi normal $6,8 \pm 4,19$ ($p = 0,55$). Median skor kognitif juga lebih rendah pada kelompok stunted (12,5 vs 16), menunjukkan adanya tren penurunan fungsi kognitif meski belum mencapai signifikansi.
(Woldehanna <i>et al.</i> , 2017)	The effect of early childhood stunting on children's cognitive achievements: Evidence from young lives Ethiopia	<i>Longitudinal cohort study</i>	Setelah mengontrol faktor-faktor pengganggu seperti durasi pemberian ASI, ukuran kelahiran relatif, riwayat penyakit masa kanak-kanak (ISPA, malaria), status sosial ekonomi, jenis kelamin, ukuran rumah tangga maupun pendidikan orang tua, anak-anak dengan stunting memperlihatkan penurunan fungsi kognitif yang signifikan. Studi Propensity Score Matching (PSM) mengungkapkan skor Peabody Picture Vocabulary Test (PPVT) 16,1% lebih rendah dan skor Quantitative Assessment 48,8% lebih rendah pada anak dengan stunting pada usia 8 tahun ($p < 0,01$)

Nama Peneliti (Tahun)	Judul Penelitian	Metode	Hasil
(Kang <i>et al.</i> , 2018)	Association between stunting and early childhood development among children aged 36–59 months in South Asia	<i>Cross-sectional</i>	Stunting usia 3–5 tahun dikaitkan dengan perkembangan kognitif dan sosial yang 38% lebih rendah dibanding anak tanpa stunting, bahkan setelah mengontrol tingkat pendidikan ibu, status ekonomi, dan usia anak (AOR = 0,62; 95%CI 0,60–0,65; $p < 0,001$). Dampak paling nyata dari stunting terlihat dari penurunan pada domain literasi-numerasi dan <i>learning</i> , efek stunting tetap terlihat pada domain motorik dan sosial-semosional tetapi dampaknya lebih lemah.
(Koshy <i>et al.</i> , 2022)	Are early childhood stunting and catch-up growth associated with school age cognition? — Evidence from an Indian birth cohort	<i>Cohort</i>	Skala kecerdasan Malin untuk Anak-Anak India (MISIC) menemukan bahwa anak-anak dengan stunting kronis berusia 2 hingga 9 tahun skor kecerdasan lebih rendah daripada anak-anak tanpa stunting. Kelompok yang mengalami stunting secara konsisten dengan skor IQ Verbal (VIQ) maupun IQ Total rata-rata yang lebih rendah (VIQ $\beta = -4,61$; 95% CI: $-8,86$ hingga $-0,36$; IQ Total $\beta = -4,62$; 95% CI: $-9,07$ hingga $-0,17$; $p < 0,05$). Sementara itu, anak yang mengalami catch-up growth menunjukkan peningkatan skor MISIC, tetapi belum mencapai tingkat kognitif anak non-stunted, terutama pada domain Performance IQ yang tetap lebih rendah ($\beta = -5,77$; 95% CI: $-10,51$ hingga $-1,03$). Hasil ini menegaskan bahwa stunting yang berlangsung lama berpengaruh nyata terhadap penurunan kemampuan verbal, performa, dan kecerdasan total anak usia sekolah, serta menunjukkan bahwa pemulihan pertumbuhan hanya sebagian mampu memperbaiki defisit kognitif.
(Ponum <i>et al.</i> , 2020)	Stunting diagnostic and awareness: impact assessment study of sociodemographic factors of stunting among school-going children of Pakistan	<i>Cross sectional</i>	Studi ini menemukan bahwa anak-anak stunting memiliki risiko signifikan mengalami gangguan perkembangan kognitif. Terdapat hubungan antara stunting dan penurunan performa kognitif yang signifikan secara statistik ($p = 0.000$). Selain itu, anak stunting memiliki kemungkinan 2,3 kali lebih besar untuk mengalami keterbatasan dalam kemampuan belajar (OR = 2.3, 95% CI: 1.58–3.47). Faktor seperti jarang sarapan dan asupan nutrisi rendah juga berkontribusi terhadap penurunan fungsi otak dan hasil belajar yang buruk.
(Rahmawati <i>et al.</i> , 2018)	Determinants of Stunting and Child Development in Jombang District	<i>Retrospective cohort study</i>	Studi ini menunjukkan bahwa stunting memiliki pengaruh langsung yang signifikan terhadap penurunan perkembangan anak, termasuk kemampuan kognitif. Hasil analisis <i>path</i> menunjukkan bahwa anak stunting mengalami skor perkembangan logit yang lebih rendah dibanding anak non-stunting ($b = -0.78$; 95% CI = -1.46 hingga -0.10 ; $p = 0.025$). Hal ini mengindikasikan bahwa stunting dapat menyebabkan hambatan pada perkembangan intelektual dan kemampuan belajar anak. Selain itu, beberapa faktor seperti panjang badan lahir < 50 cm ($b = -0.90$; $p = 0.011$), tinggi ibu < 150 cm ($b = -0.92$; $p = 0.018$), dan usia ibu saat hamil yang terlalu muda (< 20 tahun) atau terlalu tua (≥ 35 tahun) ($b = 0.73$; $p = 0.051$) secara

Nama Peneliti (Tahun)	Judul Penelitian	Metode	Hasil
(Sudfeld <i>et al.</i> , 2019)	Malnutrition and its determinants are associated with suboptimal cognitive, communication, and motor development in Tanzanian children		tidak langsung meningkatkan risiko stunting dan berkontribusi terhadap penurunan perkembangan kognitif. Penelitian ini menunjukkan bahwa stunting pada usia 18 bulan memiliki dampak signifikan terhadap penurunan fungsi kognitif dan kemampuan akademik di masa anak usia sekolah. Hasil regresi multivariat menunjukkan bahwa anak-anak yang mengalami stunting pada usia dini memiliki skor kognitif dan akademik yang lebih rendah secara signifikan pada usia 6 hingga 8 tahun. Perbedaan rata-rata skor kemampuan kognitif antara anak stunting dan non-stunting adalah -1.23 SD untuk total cognitive ability score ($\beta = -1.23$; 95% CI = -1.65 hingga -0.81; $p < 0.001$). Skor matematika juga turun signifikan ($\beta = -1.11$; $p < 0.001$). Penelitian ini menegaskan bahwa stunting memiliki dampak jangka panjang terhadap fungsi intelektual dan akademik anak.

Pembahasan

Sembilan penelitian menunjukkan bahwa stunting menurunkan kemampuan kognitif anak. Semua penelitian lintas sektoral dan longitudinal menunjukkan bahwa anak-anak dengan stunting dengan skor kognitif, linguistik maupun numerasi yang lebih buruk. Penurunan ini tetap terlihat meskipun faktor sosial ekonomi, pendidikan orang tua, dan kondisi lingkungan telah dikontrol, menandakan bahwa dampak stunting terhadap kognisi bersifat langsung dan biologis. Penelitian kohort multi-negara oleh Alam *et al.*, (2020) menemukan anak-anak dengan stunting persisten sejak dini memiliki skor kognitif WPPSI-III 2,10 poin lebih buruk daripada anak-anak tanpa stunting. Di India, Koshy *et al.*, (2022) mengamati bahwa anak-anak dengan stunting kronis dari usia 2 hingga 9 tahun dengan skor IQ Verbal maupun IQ Total 4,6 poin lebih rendah daripada anak-anak dalam kelompok tanpa stunting, dan pertumbuhan susulan hanya sebagian memperbaiki kekurangan kognitif ini.

Studi Woldehanna *et al.*, (2017) mengamati bahwa anak stunting memperoleh skor 16,1% lebih buruk pada ujian bahasa (PPVT) maupun 48,8% lebih rendah pada tes matematika (CDA-Q) pada usia 8 tahun, bahkan setelah mengontrol pendidikan orang tua dan posisi ekonomi. Penelitian di Indonesia menunjukkan hasil yang serupa. Mustakin *et al.* (2022) melaporkan bahwa anak stunting usia 1–

3 tahun memiliki peluang perkembangan kognitif normal yang lebih rendah berdasarkan skor DDST-II (AOR = 0,34; 95% CI: 0,15–0,75; $p = 0,008$), CAT (AOR = 0,24; 95% CI: 0,14–0,39; $p < 0,001$), dan CLAMS (AOR = 0,21; 95% CI: 0,13–0,35; $p < 0,001$). Demikian pula, Handryastuti *et al.* (2022) menemukan anak dengan stunting dengan median skor Bayley-III lebih rendah (12,5 vs 16) dibanding kelompok dengan status gizi normal, menunjukkan tren penurunan kognitif meskipun belum signifikan secara statistik.

Sejumlah studi terbaru turut memperkuat pemahaman mengenai dampak jangka panjang stunting terhadap penurunan fungsi kognitif anak. Zhang *et al.* (2023) dalam penelitian longitudinal di Tiongkok menemukan bahwa anak-anak stunting mengalami penurunan signifikan dalam skor matematika dan memori jangka pendek, dengan rata-rata skor kognitif berkurang sebesar 0,27 SD ($p < 0,01$). Di Bangladesh oleh Ahmed *et al.* (2022) menunjukkan bahwa stunting pada masa kanak-kanak berkorelasi dengan nilai akademik yang rendah serta skor IQ yang lebih rendah sebesar 12 poin dibanding anak non-stunting. Penelitian di Ethiopia oleh Kassa *et al.* (2021) juga menunjukkan bahwa anak stunting memiliki kemungkinan tiga kali lebih tinggi mengalami keterlambatan perkembangan kognitif, terutama dalam aspek verbal dan numerik.

Secara patofisiologis, hubungan antara stunting dan penurunan kognitif dapat dijelaskan

melalui mekanisme biologis pada 1.000 hari pertama kehidupan. Pada periode ini, otak mengalami percepatan pembentukan neuron (neurogenesis), pematangan sinaps (synaptogenesis), dan pembentukan mielin (myelination), yang seluruhnya bergantung pada ketersediaan nutrisi makro dan mikro (Cusick and Georgieff, 2016). Kekurangan protein dan energi menurunkan kadar insulin-like growth factor 1 (IGF-1) untuk proliferasi neuron, sementara defisiensi zat besi, zinc, dan iodium menghambat diferensiasi dan maturasi sel saraf (Black *et al.*, 2013).

Gangguan tersebut menyebabkan penurunan volume materi abu maupun putih di otak, terutama pada area korteks prefrontal dan hipokampus yang berperan penting dalam memori dan kemampuan berpikir logis (Deoni *et al.*, 2018). Temuan ini memperkuat bukti stunting bukan hanya masalah gizi, tetapi juga ancaman terhadap kapasitas intelektual dan produktivitas generasi mendatang. Anak-anak dengan gangguan kognitif akibat stunting berisiko memiliki prestasi akademik rendah, kesulitan belajar maupun produktivitas ekonomi lebih rendah di masa dewasa.

Kesimpulan

Pertumbuhan terhambat secara teratur menurunkan kemampuan kognitif anak. Bahkan setelah disesuaikan dengan variabel sosial dan lingkungan, sebagian besar studi nasional dan internasional pada anak-anak pada pertumbuhan terhambat memiliki skor kognitif, verbal, dan numerasi yang lebih buruk daripada anak yang tumbuh normal. Neurogenesis, sinaptogenesis, dan mielinasi terganggu oleh kekurangan gizi dalam 1.000 hari pertama kehidupan, sehingga menurunkan fungsi area otak yang berperan dalam memori dan kemampuan berpikir. Dampak ini berkelanjutan, menyebabkan risiko prestasi akademik rendah dan menurunnya produktivitas di masa depan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak pada penyusunan kajian literatur ini.

Referensi

- Ahmed, T., Hossain, M. I., & Rahman, M. M. (2022). Long-term effects of childhood stunting on school performance and cognitive outcomes: Evidence from Bangladesh. *BMC Pediatrics*, 22, 341. <https://doi.org/10.1186/s12887-022-03412-3>
- Alam, M. A. *et al.* (2020) 'Erratum: Impact of early-onset persistent stunting on cognitive development at 5 years of age: Results from a multi-country cohort study (PLoS One (2020) 15:1 (e0227839) DOI: 10.1371/journal.pone.0227839)', *PLoS ONE*, 15(2), pp. 1–16. doi: 10.1371/journal.pone.0229663.
- Black, R. E. *et al.* (2013) 'Maternal and child undernutrition and overweight in low-income and middle-income countries', *The Lancet*, 382(9890), pp. 427–451. doi: 10.1016/S0140-6736(13)60937-X.
- Cusick, S. E., & Georgieff, M. K. (2016). The role of nutrition in brain development: The golden opportunity of the "first 1000 days." *The Journal of Pediatrics*, 175, 16–21. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2016.05.013>
- Deoni, S., Dean III, D., Joelson, S., O'Regan, J., & Schneider, N. (2018). Early nutrition influences developmental myelination and cognition in infants and young children. *Neuroimage*, 178, 649–659. 10.1016/j.neuroimage.2017.12.056.
- Ekholuenetale, M., Barrow, A., Ekholuenetale, C. E., & Nzoputam, C. I. (2020). Impact of stunting on early childhood cognitive development in Benin: Evidence from Demographic and Health Survey. *Egyptian Pediatric Association Gazette*, 68(1), 31. <https://doi.org/10.1186/s43054-020-00037-9>
- Gashu, D. *et al.* (2016) 'Stunting, selenium deficiency and anemia are associated with poor cognitive performance in preschool children from rural Ethiopia', *Nutrition Journal*. Nutrition Journal, 15(1), pp. 1–8. doi: 10.1186/s12937-016-0155-z.
- Handryastuti, S., Rachmawati, P. D., & Pramono, R. B. (2022). Comparison of cognitive function in children with stunting

- and children with undernutrition with normal stature. *Journal of Nutrition and Metabolism*, 2022, 9775727. <https://doi.org/10.1155/2022/9775727>
- Kang, Y., Kim, J., & Lee, S. (2018). Association between stunting and early childhood development among children aged 36–59 months in South Asia. *Maternal & Child Nutrition*, 14(S4), e12684. <https://doi.org/10.1111/mcn.12684>
- Kassa, G. M., et al. (2021). Association between stunting and cognitive performance among school-aged children in Ethiopia: A cross-sectional study. *PLOS ONE*, 16(5), e0252450. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0252450>
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2023). *Survei Status Gizi Indonesia (SSGI) 2022*. Jakarta: Badan Kebijakan Pembangunan Kesehatan. <https://www.kemkes.go.id/resources/download/info-terkini/hasil-ssgi-2022.pdf>
- Koshy B., Thilagarajan V.V. & Livingstone R.S. (2025). Executive functions and associated brain volumetry in children with persistent stunting and catch-up growth. *Scientific Reports*, 15: Article 98238. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-98238-y>
- Koshy, B. *et al.* (2022) ‘Are early childhood stunting and catch-up growth associated with school age cognition? -Evidence from an Indian birth cohort’, *PLoS ONE*, 17(3 March), pp. 1–14. doi: 10.1371/journal.pone.0264010.
- Lestari, E., Putri, M., Pratama, D., & Dewi, R. (2024). Stunting and its association with education and cognitive outcomes in adulthood: A longitudinal study in Indonesia. *PLOS ONE*, 19(5), e0295380. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0295380>
- Mustakim, M. R. D., Al-Fatih, A., Rahmawati, N., & Anshori, R. (2022). Impact of stunting on development of children between 1–3 years of age. *Ethiopian Journal of Health Sciences*, 32(3), 525–532. <https://doi.org/10.4314/ejhs.v32i3.18>
- Nguyen P.H., Tran L.M., Khuong L.Q. & Young M.F. (2021). Child linear growth during and after the first 1000 days is positively associated with intellectual functioning and mental health in school-age children. *The Journal of Nutrition*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022316622003510>
- Pettoello-Mantovani M., Bali D., Sevetoglu E. & Pastore M. (2025). The first thousand days: nourishing the developing brain for a lifetime of mental well-being. *Global Pediatrics*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gped.2025.100028>
- Ponum, M., et al. (2020). *Stunting diagnostic and awareness: impact assessment study of sociodemographic factors of stunting among school-going children of Pakistan*. *BMC Pediatrics*, 20, 232. <https://doi.org/10.1186/s12887-020-02139-0>
- Rahmawati, V. E., Muis, S. F., Yulianti, E., Wulandari, L. A., Hanik, U., & Izzaty, R. E. (2018). Determinants of stunting and child development in Jombang District. *Amerta Nutrition*, 2(3), 230–238. <https://doi.org/10.2473/amnt.v2i3.2018.230-238>
- Sudfeld, C. R., McCoy, D. C., Fink, G., Muhihi, A., Bellinger, D. C., Masanja, H., & Fawzi, W. W. (2019). Malnutrition and its determinants are associated with suboptimal cognitive, communication, and motor development in Tanzanian children. *BMC Medicine*, 17(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/s12916-019-1431-5>
- UNICEF, WHO, & World Bank Group. (2023). *Levels and trends in child malnutrition: Key findings of the 2023 edition of the Joint Child Malnutrition Estimates (JME)*. Geneva: UNICEF, WHO, & World Bank Group. <https://data.unicef.org/resources/jme-report-2023/>
- Upadhyay R.P., Pathak B.G., Raut S.V., Kumar D. & Singh D. (2024). Linear growth beyond 24 months and child neurodevelopment in low-and middle-income countries: a systematic review and meta-analysis. *BMC Pediatrics*, 24: 1–13. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12887-023-04521-0>
- Wijekumar S., Forbes S.H. & Magnotta V.A.

- (2023). Stunting in infancy is associated with atypical activation of working memory and attention networks. *Nature Human Behaviour*, 7 (2): 210–222. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41562-023-01725-3>
- Woldehanna, T., Behrman, J. R., & Araya, M. W. (2017). The effect of early childhood stunting on children's cognitive achievements: Evidence from Young Lives Ethiopia. *Ethiopian Journal of Health Development*, 31(2), 75–84. <https://ejhd.org/index.php/ejhd/article/view/125>
- Zhang, Y., Wang, X., Liu, H., & Wang, Z. (2023). The effect of early childhood stunting on cognitive achievement: Evidence from a longitudinal study in rural China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(3), 2042. <https://doi.org/10.3390/ijerph20032042>