

STUNTING SAAT BALITA SEBAGAI FAKTOR RISIKO PENYAKIT DIABETES MELITUS DI KEMUDIAN HARI : TINJAUAN LITERATUR

Yuliana Zahra^{1*}, Ratna Djuwita², Fikri Wijaya³

Program Magister Epidemiologi Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia¹, Departemen Epidemiologi Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia², Pusat Informasi Kesehatan Masyarakat Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia³

*Corresponding Author : yulianazahra@gmail.com

ABSTRAK

Stunting merupakan kondisi gagal tumbuh akibat kekurangan gizi kronis, terutama pada 1000 hari pertama kehidupan. Kekurangan gizi ini menyebabkan perubahan permanen pada metabolisme tubuh, termasuk cara tubuh memproses glukosa dan insulin. Stunting saat balita memberikan dampak jangka panjang berupa resistensi insulin yang pada akhirnya meningkatkan risiko diabetes melitus saat dewasa. Penelitian ini bertujuan untuk menelaah dampak stunting saat balita terhadap risiko diabetes melitus di kemudian hari dari berbagai penelitian. Penelitian ini merupakan tinjauan literatur yang menggunakan metode PICO (*Population, Intervention, Comparators and Outcome*) dengan menelusuri basis data elektronik yaitu Cochrane Library, PubMed, Scopus dan Google Scholar serta dengan *hand searching* pada penelitian relevan lainnya. Tiga artikel didapatkan setelah melalui tahapan inklusi dan eksklusi yang ditetapkan. Hasil telaah menunjukkan adanya hubungan stunting saat balita dengan risiko diabetes melitus saat usia remaja dan dewasa. Akan tetapi, dua studi yang dilakukan di Brazil menunjukkan hubungan yang tidak bermakna secara statistik. Pada balita yang stunting, respons tubuh terhadap insulin menjadi tidak optimal, sehingga produksi insulin meningkat seiring waktu, yang pada akhirnya dapat meningkatkan risiko terjadinya diabetes melitus dalam jangka panjang. Hasil ini memperkuat bahwa pencegahan stunting sangat penting tidak hanya untuk pertumbuhan anak, tetapi juga untuk mencegah risiko penyakit tidak menular di masa depan, termasuk diabetes melitus. Diperlukan lebih banyak data epidemiologi yang meneliti hubungan antara stunting saat balita dan risiko diabetes melitus agar pemahaman mengenai hubungan ini semakin akurat.

Kata kunci : balita, diabetes melitus, stunting

ABSTRACT

Stunting is a condition of growth failure due to chronic malnutrition, especially during the first 1,000 days of life. This nutritional deficiency leads to permanent metabolic changes, including how glucose and insulin are processed. Early childhood stunting has long-term effects, such as insulin resistance, which ultimately increases the risk of diabetes mellitus in adulthood. This study aims to examine the impact of early childhood stunting on the risk of diabetes mellitus later in life based on various studies. This research is a literature review that employs the PICO (Population, Intervention, Comparators, and Outcome) method by searching electronic databases, including the Cochrane Library, PubMed, Scopus, and Google Scholar, as well as conducting hand-searching for other relevant studies. Three articles were selected after undergoing the established inclusion and exclusion criteria. The review showed an association between early childhood stunting and the risk of diabetes mellitus in adolescence and adulthood. However, two studies conducted in Brazil showed a statistically insignificant association. In stunted children, the body's response to insulin is not optimal, leading to increased insulin production over time, which ultimately raises the long-term risk of diabetes mellitus. These findings reinforce the importance of preventing stunting, not only for children's growth but also to reduce the risk of non-communicable diseases in the future, including diabetes mellitus. More epidemiological data are needed to enhance the accuracy of understanding the relationship between early childhood stunting and the risk of diabetes mellitus.

Keywords : *childhood, diabetes mellitus, stunting*

PENDAHULUAN

Stunting pada masa kanak-kanak masih menjadi salah satu ancaman terbesar dalam upaya pembangunan manusia saat ini. Secara global pada tahun 2022, sekitar 22,3% atau 148,1 juta anak di bawah usia 5 tahun mengalami stunting (*United Nations Children's Fund et al., 2023*). Stunting merupakan dampak serius dari gizi yang buruk selama masa kehamilan dan masa kanak-kanak yang ditandai dengan tinggi badan anak lebih dari minus dua standar deviasi (-2 SD) dari median standar pertumbuhan anak seusianya berdasarkan *World Health Organization (WHO) Child Growth Standards* (DeBoer et al., 2012; *United Nations Children's Fund et al., 2023; World Health Organization, 2018*). Stunting pada anak disebabkan oleh adanya kekurangan gizi pada 1000 hari pertama kehidupan dan berkaitan dengan banyak faktor, termasuk status sosial ekonomi, asupan makanan, infeksi, status gizi ibu, penyakit menular, kekurangan zat gizi mikro, dan adanya faktor lingkungan (*World Health Organization, 2018*).

Konsekuensi atau dampak stunting pada masa kanak-kanak dapat terjadi baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang, termasuk meningkatnya risiko morbiditas dan mortalitas, terganggunya perkembangan serta kemampuan belajar, serta lebih rentan terhadap infeksi dan penyakit tidak menular. Selain itu, anak dengan stunting memiliki kecenderungan untuk terjadi penumpukan lemak dalam tubuh, peningkatan risiko obesitas, tingkat oksidasi lemak yang lebih rendah, pengeluaran energi yang lebih sedikit, serta berisiko mengalami resistensi insulin. Akibatnya, mereka lebih rentan terhadap penyakit tidak menular saat dewasa salah satunya yakni diabetes melitus (DeBoer et al., 2012; Dewey & Begum, 2011; Li et al., 2023; Soliman et al., 2021).

Diabetes melitus merupakan penyakit kronis yang terjadi ketika pankreas tidak menghasilkan cukup insulin atau ketika tubuh tidak dapat menggunakan insulin yang diproduksi secara efektif (*International Diabetes Federation, 2021*). Insulin adalah hormon yang mengatur glukosa darah. Hiperglikemia, juga disebut peningkatan glukosa darah atau peningkatan gula darah, adalah efek umum dari diabetes yang tidak terkontrol dan seiring waktu menyebabkan kerusakan serius pada banyak sistem tubuh, terutama saraf dan pembuluh darah (*International Diabetes Federation, 2021; Perkumpulan Endokrinologi Indonesia, 2021*). Pada akhir tahun 2021, *International Diabetes Federation (IDF)* dalam Atlas edisi ke-10 mengkonfirmasi bahwa diabetes termasuk salah satu di antara kegawatdaruratan kesehatan global dengan pertumbuhan paling cepat di abad ke-21 ini. Pada tahun 2021, lebih dari setengah miliar manusia dari seluruh dunia hidup dengan diabetes, atau tepatnya 537 juta orang, dan jumlah ini diproyeksikan akan mencapai 643 juta pada tahun 2030, dan 783 juta pada tahun 2045 (*International Diabetes Federation, 2021*).

Malnutrisi selama kehamilan, khususnya pada trimester kedua, dapat mengganggu fungsi fetoplasenta, sehingga menghambat transportasi nutrisi dari ibu ke janin. Akibatnya, sistem metabolisme energi pada balita yang mengalami stunting menjadi tidak optimal, yang kemudian berkontribusi terhadap resistensi insulin. Kondisi ini meningkatkan risiko terjadinya diabetes melitus di usia dewasa (Siswati, 2018). Penelitian yang dilakukan oleh Fekadu et al. pada orang dewasa yang menderita diabetes melitus menunjukkan adanya keterkaitan yang signifikan antara diabetes dengan riwayat kekurangan gizi serta keterbatasan akses terhadap air bersih selama masa kanak-kanak (Soliman et al., 2021). Penelitian yang dilakukan oleh Hult et al. (2010) juga menyebutkan bahwa kurang gizi pada janin dan bayi dikaitkan dengan peningkatan risiko gangguan toleransi glukosa secara signifikan pada orang Nigeria berusia 40 tahun. Selain itu, penelitian oleh Barker menunjukkan bahwa bayi yang mengalami malnutrisi berisiko mengalami peningkatan resistensi insulin pada masa dewasa (Barker, 1997). Resistensi insulin ini menandakan tingginya risiko diabetes melitus di masa dewasa (Siswati, 2018). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menelaah dampak stunting yang terjadi pada saat balita terhadap risiko diabetes melitus saat dewasa dari berbagai penelitian.

METODE

Penelitian ini merupakan tinjauan literatur dengan menggunakan metode PICO (*Population, Intervention, Comparators and Outcome*). Proses tinjauan literatur dilakukan dengan menelusuri basis data elektronik skala besar dengan banyak jurnal akademik dan artikel terkini, yaitu Cochrane Library, PubMed, Scopus dan Google Scholar. Pencarian dibatasi pada artikel yang terbit di tahun 2004 sampai 2024 dengan menggunakan kata kunci “*childhood*” OR “*preschool*” OR “*toddler*” OR “*balita*”, “*stunting*” OR “*short strature*” OR “*nutritional status*”, “*diabetes*” OR “*diabetes mellitus*” OR “*metabolic*”.

Penelitian dimasukkan dalam studi berdasarkan kriteria PICO sebagai berikut : *Population* adalah balita usia 24 sampai 59 bulan, *Intervention* berupa stunting saat balita, *Comparators* adalah status gizi normal atau tidak stunting saat balita, dan *Outcome* adalah diabetes melitus. Kriteria inklusi yang ditetapkan pada proses tinjauan literatur ini yaitu 1) artikel yang berfokus pada balita usia 24-59 bulan yang mengalami stunting, 2) artikel yang berfokus pada dampak stunting saat balita terhadap risiko penyakit diabetes melitus saat ia dewasa, 3) artikel yang menggunakan bahasa Inggris dan bahasa Indonesia, dan 4) artikel yang berjenis *research article*. Kriteria eksklusi pada penelitian ini yaitu 1) artikel yang menggunakan sampel berusia diatas 5 tahun, 2) artikel yang berjenis *non-peer reviewed research* atau *commentaries*, dan 3) artikel yang berbayar. Pada tahap awal, literatur yang dipilih adalah artikel yang telah memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi tersebut.

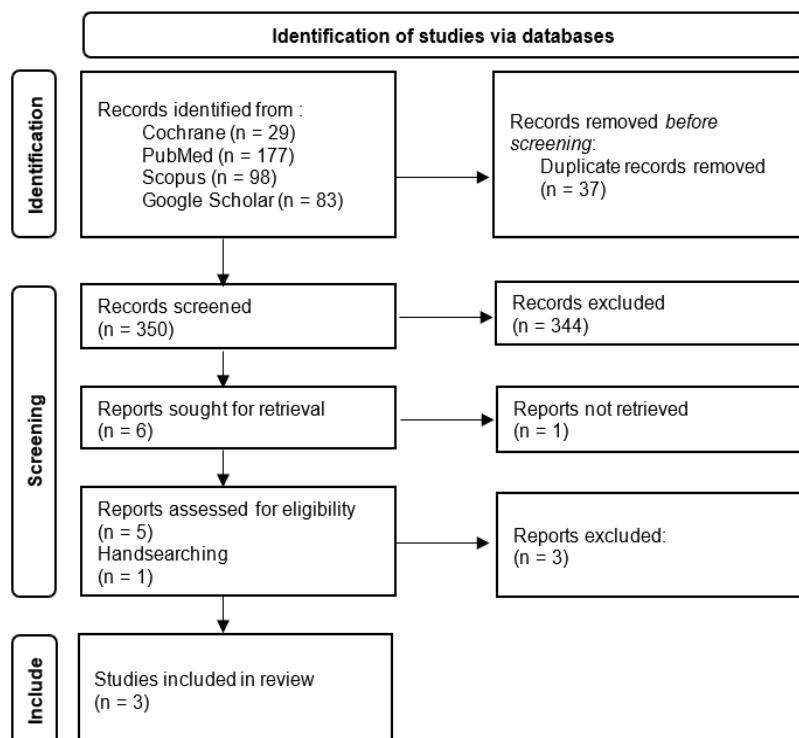
Alur ekstraksi artikel yang terpilih digambarkan dalam diagram PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis*) yang secara garis besar dibagi menjadi tahapan identifikasi (*identification*), penyaringan (*screening*), dan hasil yang diterima (*include*). Artikel yang didapat dari setiap basis data disimpan dan diidentifikasi menggunakan aplikasi Zotero untuk selanjutnya dilakukan pengecekan terhadap kesamaan judul dan penulis (duplikasi). Setelah itu dilakukan penyaringan pada artikel berdasarkan judul dan tinjauan pada abstrak. Selanjutnya artikel akan ditinjau dengan membaca teks lengkapnya (*full text*). Artikel yang tidak memiliki akses ke teks lengkapnya akan dikeluarkan. Pada tahap akhir, artikel yang tidak lengkap dan tidak layak akan dihapus dari daftar.

HASIL

Berdasarkan hasil penelusuran literatur secara sistematis didapatkan sebanyak 387 artikel. Dari hasil identifikasi sebanyak 37 artikel dikeluarkan karena kesamaan judul dan penulis. Pada tahap penyaringan (*screening*), dilakukan tinjauan pada judul dan abstrak. Sebanyak 344 artikel dikeluarkan karena tidak sesuai dengan PICO penelitian yang sudah dijelaskan pada bagian metode. Selanjutnya artikel yang ditinjau secara *full text* yakni sebanyak 6 artikel. Satu artikel dikeluarkan karena tidak tersedia akses ke teks lengkapnya. Tahap akhir, semua artikel yang sudah memenuhi kriteria akan dilakukan penilaian terhadap desain studi, kecukupan sampel, variabel yang digunakan dan adanya potensi bias. Pada tahap ini didapatkan dua artikel dengan teks lengkap dan sesuai dengan kriteria inklusi yang telah ditetapkan. Tiga artikel harus dikeluarkan karena responden dalam penelitian bukan balita dengan stunting. Selain itu, didapatkan satu artikel yang diperoleh dengan menggunakan metode *hand searching*. *Hand searching* merupakan proses manual untuk memeriksa dan mengidentifikasi studi relevan lainnya dengan membaca jurnal penting, konferensi dan sumber lainnya serta memeriksa daftar referensi artikel yang teridentifikasi. Penjelasan mengenai proses penelusuran artikel dapat dilihat pada gambar 1.

Tinjauan literatur dilakukan terhadap 3 artikel. Informasi nama penulis, tahun terbit, judul penelitian, tempat penelitian, desain penelitian, sampel dan waktu pengukuran variabel serta hasil penelitian dirangkum pada tabel 2. Tahun publikasi berada pada rentang 2016 – 2024,

dengan lokasi tersebar di dua negara yakni Brazil dan Indonesia. Dua penelitian yang dilakukan di Brazil menggunakan desain studi *prospective cohort study*, sedangkan satu penelitian lainnya di Indonesia menggunakan desain studi *retrospective cohort study*. Semua penelitian menggunakan sampel baik laki-laki maupun perempuan. Pada penelitian yang dilakukan oleh Grillo et al dan De Lucia Rolfe et al. stunting diukur saat usia 2 tahun, sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Laksmi et al. perubahan status gizi stunting diukur pada usia 0-2 tahun dan usia 3-5 tahun. Pengukuran terkait diabetes melitus yang diteliti berupa kadar glukosa darah dan kadar *glycated haemoglobin* (HbA1c). Hasil temuan tinjauan literatur dapat dilihat pada tabel 1.



Gambar 1. Alur Pencarian Artikel menggunakan PRISMA

Tabel 1. Hasil Temuan Tinjauan Literatur

Penulis (Tahun)	Judul Penelitian	Tempat Penelitian	Desain Sampel, dan Waktu Pengukuran Variabel	Hasil Penelitian
(Grillo et al., 2016)	<i>Childhood stunting and the metabolic components in young adults from a Brazilian birth cohort study</i>	Pelotas, Southern Brazil	<ul style="list-style-type: none"> • Desain penelitian : <i>Prospective cohort study</i> • Sampel : laki-laki dan perempuan berjumlah 4296 responden • Waktu pengukuran status stunting : usia 2 tahun • Waktu pengukuran <i>random blood glucose</i> : usia 23 tahun 	<p>Distribusi prevalensi <i>high fasting glucose</i> berdasarkan <i>height-for-age Z-scores</i> pada usia 2 tahun sebagai berikut :</p> <ul style="list-style-type: none"> • $< -2 = 19,7\%$ • $\geq -2 = 16,1\%$ <p>χ^2 test : P-value > 0,05</p> <p><i>Mean glycaemia</i> (mg/dl) berdasarkan <i>height-for-age Z-scores</i> usia 2 tahun pada laki-laki dan perempuan sebagai berikut :</p> <p>Laki-laki</p> <ul style="list-style-type: none"> • $< -2 = 100,2$ mg/dl (95% CI 98,4–102,2 mg/dl) • $\geq -2 = 99,5$ mg/dl (95% CI 98,7–100,3 mg/dl)

				T-test and ANOVA : P-value = 0,4785 Perempuan <ul style="list-style-type: none">• $< -2 = 95,9 \text{ mg/dl}$ (95% CI 93,6–98,1 mg/dl)• $\geq -2 = 94,7 \text{ mg/dl}$ (95% CI 94,0–95,4 mg/dl) T-test and ANOVA : P-value = 0,2754
(De Rolfe et al., 2018)	Lucia	<i>Associations of stunting in early childhood with cardiometabolic risk factors in adulthood</i>	Pelotas, Southern Brazil	<p>Hubungan antara stunting pada usia 2 tahun dengan <i>glycaemia</i> pada usia 23 tahun</p> <p>Laki-laki</p> <ul style="list-style-type: none">• Unadjusted : $\beta = 0,85$ (95% CI -1,13 - 2,83)• Adjusted : $\beta = 0,92$ (95% CI -1,47 - 3,32) <p>Perempuan</p> <ul style="list-style-type: none">• Unadjusted : $\beta = 1,19$ (95% CI -0,87 - 3,26)• Adjusted : $\beta = 1,59$ (95% CI -0,93 - 4,11) <p><i>Adjusted P interaction = 0,496</i></p> <p>Rata-rata <i>random glucose</i> pada usia 30 tahun sebagai berikut : Laki-laki : $92,52 \pm 30,30 \text{ mg/dL}$ Perempuan : $86,65 \pm 20,50 \text{ mg/dL}$ P-value < 0,0001</p> <p>Hubungan antara stunting pada usia 2 tahun dengan <i>random glucose</i> pada usia 30 tahun sebagai berikut :</p> <ul style="list-style-type: none">• Crude : $\beta = 0,12$ (95% CI 0,02 - 0,23) <p>P-value 0,02</p> <ul style="list-style-type: none">• Adjusted : $\beta = 0,08$ (95% CI -0,03 - 0,19) <p>P-value 0,15</p> <p>Hubungan antara stunting pada usia 2 tahun dengan <i>glycated haemoglobin</i> (HbA1c) pada usia 30 tahun berdasarkan jenis kelamin (disesuaikan dengan variabel pendapatan keluarga saat lahir, etnis ibu, dan berat badan lahir) sebagai berikut :</p> <p>Laki-laki</p> <ul style="list-style-type: none">• Crude : $\beta = 0,12$ (95% CI 0,02 - 0,26) <p>p-value 0,09</p> <ul style="list-style-type: none">• Adjusted : $\beta = 0,09$ (95% CI -0,06 - 0,23) <p>p-value 0,26</p> <p>Perempuan</p> <ul style="list-style-type: none">• Crude : $\beta = -0,13$ (95% CI -0,28 - 0,03)

(Laksmi et al., 2024)	<i>The Effect of Indonesia Childhood Nutritional Status Changes with Pre-Diabetes And Diabetes Risk among Adolescents: A Retrospective Cohort Study</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Desain penelitian : <i>Retrospective cohort study</i> • Sampel : laki-laki dan perempuan berjumlah 373 responden • Waktu pengukuran status stunting : perubahan status gizi pada usia 0-2 tahun dan usia 3-5 tahun • Waktu pengukuran HbA1c : usia 17-19 tahun 	<p>p-value 0,11 • Adjusted : $\beta = -0,15$ (95% CI -0,31 - 0,01)</p> <p>p-value 0,07</p> <p>Prevalensi prediabetes saat usia remaja sebesar 12,6%. Prevalensi diabetes saat usia remaja sebesar 15,0%.</p> <p>Pengaruh perubahan status gizi anak (stunting) terhadap risiko diabetes saat remaja aOR = 2,71 (95% CI : 1,15-6,43) dengan p-value 0,02.</p>
-----------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelaahan terhadap artikel sesuai dengan kriteria inklusi dan eksklusi, ketiga penelitian ini melakukan pengukuran kadar glukosa darah dan HbA1c diwaktu yang berbeda-beda yakni pada usia 17-19 tahun, 23 tahun dan 30 tahun. Hasil telaah menunjukkan adanya hubungan stunting saat balita dengan risiko diabetes melitus saat usia remaja dan dewasa. Akan tetapi, berbeda dengan penelitian yang dilakukan di Indonesia, dua studi yang dilakukan di Brazil menunjukkan hubungan yang tidak bermakna secara statistik.

Penelitian yang dilakukan oleh Grillo et al. (2016) di Pelotas Brazil yang menggunakan data *Brazilian birth cohort study* melakukan pengukuran stunting pada saat usia 2 tahun berdasarkan indikator *height-for-age Z-scores*. Pengukuran komponen sindrom metabolismik termasuk didalamnya pengukuran *random blood glucose* dilakukan pada saat individu berusia 23 tahun. Hasil penelitian menunjukkan bahwa prevalensi *high fasting glucose* ditemukan lebih tinggi pada kelompok individu dengan riwayat stunting (19,7%) dibandingkan dengan kelompok individu dengan riwayat tidak stunting (16,1%). Akan tetapi, perbedaan tersebut tidak signifikan secara statistik. Dari uji regresi linear, hasil penelitian menunjukkan bahwa stunting pada usia 2 tahun secara statistik tidak berhubungan dengan kadar glikemia pada usia 23 tahun baik pada laki-laki maupun perempuan. Analisis dilakukan dengan menyesuaikan variabel indeks aset rumah tangga, pendapatan keluarga, tingkat pendidikan ibu, kebiasaan merokok ibu selama kehamilan, durasi menyusui, berat badan lahir, tinggi badan ibu, indeks massa tubuh ibu sebelum kehamilan, dan warna kulit. Hasil ini menunjukkan bahwa perbedaan yang ditemukan bisa saja terjadi secara kebetulan (*chance variation*).

Selanjutnya penelitian oleh De Lucia Rolfe et al. (2018) juga menggunakan data *Brazilian birth cohort study* dan melakukan pengukuran stunting pada saat usia 2 tahun berdasarkan indikator *height-for-age Z-scores*. Akan tetapi, pengukuran kadar glukosa darah dilakukan pada saat usia 30 tahun. Dari uji regresi linear, hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara stunting pada usia 2 tahun dengan kadar *random glucose* pada saat dewasa usia 30 tahun. Namun, hubungan ini menghilang setelah disesuaikan dengan variabel perancu yakni jenis kelamin, pendapatan keluarga saat lahir, etnis ibu, dan berat badan lahir. Selain itu, pada penelitian ini juga tidak ditemukan hubungan yang signifikan antara stunting pada usia 2 tahun dan kadar HbA1c pada usia 30 tahun, baik pada pria maupun wanita, dengan atau tanpa menyesuaikan variabel pendapatan keluarga saat lahir, etnis ibu, dan berat badan lahir.

Hasil yang berbeda didapatkan dalam penelitian yang dilakukan di Indonesia. Dalam penelitiannya Laksmi et al. (2024) mengukur perubahan status gizi responden selama masa balita berdasarkan indikator *Z score* TB/U. Perubahan status gizi diukur pada usia 0-2 tahun dan usia 3-5 tahun. Pengukuran diabetes menggunakan indikator HbA1c yang diukur saat individu memasuki usia remaja yakni 17-19 tahun. Dengan menggunakan uji regresi logistik multinomial yang disesuaikan (*adjusted*) dengan variabel kesehatan psikologis, kebiasaan merokok, status gizi, konsumsi minuman bersoda, dan konsumsi gorengan didapatkan nilai aOR sebesar 2,71 (95% CI : 1,15-6,43) dengan *p-value* sebesar 0,02. Hasil ini memperlihatkan bahwa remaja yang pada saat balita tetap mengalami stunting selama masa *follow-up* berisiko 2,71 kali lebih besar mengalami diabetes melitus selama masa remaja dibandingkan dengan remaja yang memiliki status gizi normal saat balita dan hubungan ini bermakna secara statistik. Hasil ini menunjukkan dampak jangka panjang dari stunting pada masa balita terhadap besarnya risiko diabetes melitus pada saat remaja.

Hubungan antara stunting pada masa balita dan risiko diabetes melitus di kemudian hari ini dapat dijelaskan melalui hipotesis *thrifty phenotype* atau hipotesis Barker. Hipotesis ini menyatakan bahwa gizi buruk selama kehidupan janin dan awal bayi dapat merusak perkembangan dan fungsi sel Beta di Pulau Langerhans, yang meningkatkan risiko diabetes melitus di kemudian hari. Protein dan asam amino berperan penting dalam proses ini, meskipun kemungkinan adanya kekurangan nutrisi lainnya juga tidak dapat dikecualikan. Interaksi kompleks antara jenis dan waktu kekurangan gizi pada awal kehidupan diduga menjadi dasar patogenesis berbagai kelainan yang sering disebut sebagai “Syndrome X” (diabetes melitus, hipertensi dan hiperlipidemia). Selain itu, faktor seperti obesitas, penuaan, dan kurangnya aktivitas fisik juga mempengaruhi waktu munculnya dan tingkat keparahan diabetes melitus (Achadi et al., 2012; Barker, 2012; Hales & Barker, 2013).

Hal ini sejalan dengan literatur yang menyebutkan bahwa kekurangan gizi pada tahun pertama kehidupan dapat mempengaruhi metabolisme glukosa, yang dikaitkan dengan kondisi hiperinsulinemia serta penurunan sensitivitas terhadap insulin (P. A. Martins & Sawaya, 2006). Dampak ini dapat membawa konsekuensi negatif, terutama dengan meningkatnya indeks massa tubuh dari masa remaja hingga dewasa. Selain itu, berdasarkan hasil penilaian menggunakan HOMAB (*Homeostatic Model Assessment Beta-cell Function*) dan HOMA-S (*Homeostatic Model Assessment for Insulin Sensitivity*) diketahui bahwa ada perubahan dalam produksi serta sensitivitas insulin pada anak yang mengalami stunting. Anak dengan stunting memiliki fungsi sel beta pankreas yang menghasilkan insulin dalam jumlah lebih rendah, tetapi dengan sensitivitas yang lebih tinggi dibandingkan anak dengan gizi normal. Pada individu stunting, respons tubuh terhadap insulin tidak optimal, sehingga produksi insulin meningkat seiring waktu, yang pada akhirnya dapat meningkatkan risiko terjadinya diabetes dalam jangka panjang (V. J. B. Martins et al., 2011).

Selain itu, penurunan fungsi sel beta juga dapat disebabkan oleh berkurangnya jumlah sel beta akibat malnutrisi. Hal ini bisa terjadi akibat peningkatan konsentrasi glukokortikoid yang menyertai kondisi kekurangan gizi. Glukokortikoid dalam kadar normal diperlukan untuk perkembangan dan pemeliharaan struktur pankreas yang sehat, serta untuk pertumbuhan massa sel beta selama periode perkembangan yang krusial. Berdasarkan hal tersebut, dapat diasumsikan bahwa pada masa remaja, penurunan fungsi sel pankreas dapat dikompensasi dengan meningkatnya sensitivitas terhadap insulin. Namun, seiring bertambahnya usia dan meningkatnya lemak abdominal, tubuh mulai memberikan beban yang lebih besar pada individu yang mengalami kekurangan gizi. Akibatnya, pankreas harus bekerja lebih keras, yang pada akhirnya mempercepat kelelahan organ dan memicu timbulnya diabetes melitus (González-Barranco et al., 2003; P. A. Martins & Sawaya, 2006; V. J. B. Martins et al., 2011).

KESIMPULAN

Dari hasil tinjauan literatur yang dilakukan menunjukkan bahwa stunting saat balita dapat meningkatkan risiko penyakit diabetes melitus di kemudian hari. Balita stunting memiliki fungsi sel beta pankreas yang menghasilkan insulin dalam jumlah lebih rendah, tetapi dengan sensitivitas yang lebih tinggi dibandingkan anak dengan gizi normal. Pada balita stunting, respons tubuh terhadap insulin tidak optimal, sehingga produksi insulin meningkat seiring waktu, yang pada akhirnya dapat meningkatkan risiko terjadinya diabetes dalam jangka panjang. Mencegah stunting sangat penting, bukan hanya untuk mendukung pertumbuhan anak, tetapi juga untuk menurunkan risiko penyakit tidak menular di kemudian hari, termasuk diabetes melitus. Diperlukan lebih banyak penelitian epidemiologi dengan desain kohort prospektif guna memperdalam pemahaman tentang keterkaitan antara stunting pada masa balita dan risiko diabetes melitus di masa depan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia dan semua pihak yang telah mendukung penuh terselesaikannya artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Achadi, E., Kusharisupeni, K., Atmarita, A., & Untoro, R. (2012). Status Gizi Ibu Hamil dan Penyakit Tidak Menular pada Dewasa. *Kesmas*, 7(4), 147–153. <https://doi.org/10.21109/kesmas.v7i4.47>
- Barker, D. (1997). *Maternal nutrition, fetal nutrition, and disease in later life*. *Nutrition*, 13(9), 807–813. [https://doi.org/10.1016/S0899-9007\(97\)00193-7](https://doi.org/10.1016/S0899-9007(97)00193-7)
- Barker, D. (2012). Developmental origins of chronic disease. *Public Health*, 126(3), 185–189. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2011.11.014>
- De Lucia Rolfe, E., de França, G. V. A., Vianna, C. A., Gigante, D. P., Miranda, J. J., Yudkin, J. S., Horta, B. L., & Ong, K. K. (2018). *Associations of stunting in early childhood with cardiometabolic risk factors in adulthood*. *PloS One*, 13(4), e0192196. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192196>
- DeBoer, M. D., Lima, A. A. M., Oría, R. B., Scharf, R. J., Moore, S. R., Luna, M. A., & Guerrant, R. L. (2012). *Early childhood growth failure and the developmental origins of adult disease: Do enteric infections and malnutrition increase risk for the metabolic syndrome?* *Nutrition Reviews*, 70(11), 642–653. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2012.00543.x>
- Dewey, K. G., & Begum, K. (2011). *Long-term consequences of stunting in early life*. *Maternal & Child Nutrition*, 7(s3), 5–18. <https://doi.org/10.1111/j.1740-8709.2011.00349.x>
- González-Barranco, J., Ríos-Torres, J. M., Castillo-Martínez, L., López-Alvarenga, J. C., Aguilar-Salinas, C. A., Bouchard, C., Deprés, J. P., & Tremblay, A. (2003). *Effect of malnutrition during the first year of life on adult plasma insulin and glucose tolerance*. *Metabolism - Clinical and Experimental*, 52(8), 1005–1011. [https://doi.org/10.1016/S0026-0495\(03\)00151-3](https://doi.org/10.1016/S0026-0495(03)00151-3)
- Grillo, L. P., Gigante, D. P., Horta, B. L., & de Barros, F. C. F. (2016). *Childhood stunting and the metabolic syndrome components in young adults from a Brazilian birth cohort study*. *European Journal of Clinical Nutrition*, 70(5), 548–553. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2015.220>

- Hales, C., & Barker, D. (2013). Type 2 (non-insulin-dependent) diabetes mellitus: The thrifty phenotype hypothesis. *International Journal of Epidemiology*, 42(5), 1215–1222. <https://doi.org/10.1093/ije/dyt133>
- Hult, M., Tornhammar, P., Ueda, P., Chima, C., Edstedt Bonamy, A.-K., Ozumba, B., & Norman, M. (2010). *Hypertension, Diabetes and Overweight: Looming Legacies of the Biafran Famine*. *PLoS ONE*, 5(10), e13582. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0013582>
- International Diabetes Federation. (2021). *IDF Diabetes Atlas* (10th edn). <https://www.diabetesatlas.org>
- Laksmi, K. D. P., Tanzaha, I., & Baliwati, Y. F. (2024). *The Effect of Childhood Nutritional Status Changes with Pre-Diabetes And Diabetes Risk among Adolescents: A Retrospective Cohort Study*. *Eduvest - Journal of Universal Studies*, 4(5), 3918–3927. <https://doi.org/10.5918/eduvest.v4i5.1204>
- Li, S., Nor, N. M., & Kaliappan, S. R. (2023). *Long-term effects of child nutritional status on the accumulation of health human capital*. *SSM - Population Health*, 24, 101533. <https://doi.org/10.1016/j.ssmph.2023.101533>
- Martins, P. A., & Sawaya, A. L. (2006). *Evidence for impaired insulin production and higher sensitivity in stunted children living in slums*. *The British Journal of Nutrition*, 95(5), 996–1001. <https://doi.org/10.1079/bjn20061754>
- Martins, V. J. B., Toledo Florêncio, T. M. M., Grillo, L. P., Franco, M. do C. P., Martins, P. A., Clemente, A. P. G., Santos, C. D. L., Vieira, M. de F. A., & Sawaya, A. L. (2011). *Long-Lasting Effects of Undernutrition*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 8(6), 1817–1846. <https://doi.org/10.3390/ijerph8061817>
- Perkumpulan Endokrinologi Indonesia. (2021). *Pedoman Pengelolaan dan Pencegahan Diabetes Melitus Tipe 2 Dewasa di Indonesia 2021*. Pengurus Besar Perkumpulan Endokrinologi Indonesia. <https://pbperkeni.or.id>
- Siswati, T. (2018). *Stunting*. Yogyakarta : Husada Mandiri Poltekkes Kemenkes Yogyakarta.
- Soliman, A., De Sanctis, V., Alaaraj, N., Ahmed, S., Alyafei, F., Hamed, N., & Soliman, N. (2021). *Early and Long-term Consequences of Nutritional Stunting: From Childhood to Adulthood*. *Acta Bio Medica : Atenei Parmensis*, 92(1), e2021168. <https://doi.org/10.23750/abm.v92i1.11346>
- United Nations Children's Fund, World Health Organization, & International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank. (2023). *Levels and trends in child malnutrition: UNICEF / WHO / World Bank Group Joint Child Malnutrition Estimates: Key findings of the 2023 edition*. New York : UNICEF and WHO.
- World Health Organization. (2018). *Reducing stunting in children: Equity considerations for achieving the global nutrition targets 2025*. World Health Organization. <https://iris.who.int/handle/10665/260202>