

Perubahan pengetahuan gizi, beban glikemik diet, dan kadar glukosa darah sewaktu pada siswa SMA setelah edukasi gizi multikomponen berbantuan booklet

Changes in nutrition knowledge, dietary glycemic load, and random blood glucose levels among high school students following multicomponent nutrition education supported by a booklet

SAGO: Gizi dan Kesehatan
2026, Vol. 7(2) 646-657
© The Author(s) 2026



DOI: <http://dx.doi.org/10.30867/gikes.v7i2.3365>
<https://ejournal.poltekkesaceh.ac.id/index.php/gikes>



Poltekkes Kemenkes Aceh

Naella Hoirotul Rohmah¹, Annasari Mustafa^{2*}, Etik Sulistyowati³,
Sutomo Rum Teguh Kaswari⁴

Abstract

Background: Dietary patterns characterized by frequent consumption of foods with high glycemic indices (GI) and glycemic loads (GL) are potential contributors to dysglycemia among adolescents.

Objective: To analyze changes in nutritional knowledge, dietary GL, and RBG levels after multicomponent booklet-supported nutritional education.

Methods: This pre-experimental study employed a one-group pretest–posttest design involving 25 students with elevated RBG levels (>144 mg/dL). Participants received multicomponent booklet-supported nutrition education for four weeks before the study. Nutritional knowledge was assessed using a questionnaire, dietary GL using a 24-hour food recall, RBG using an EasyTouch glucometer on fingertip capillary blood, and dietary GI using a Semi-Quantitative Food Frequency Questionnaire (SQ-FFQ). Data were analyzed using the Wilcoxon signed-rank test.

Results: The largest nutritional status category was underweight (48%), and none of the participants reported a family history of DM. The glycemic load (BG) of the diet decreased by 30.92 points, from an average of 120.50 to 89.58 ($p=0.005$), with the median decreasing from 102.40 (IQR 83.80) to 71.00 (IQR 55.90). Blood glucose levels decreased by 52.64 mg/dL, from an average of 168.68 to 116.04 mg/dL ($p<0.001$), with a median decrease from 157.00 mg/dL (IQR 34.00) to 111.00 mg/dL (IQR = 23.00). Nutritional knowledge improved but did not show a statistically significant change ($p=0.691$).

Conclusion: After the four-week multicomponent booklet-supported nutrition education program, dietary GL and RBG decreased, whereas the change in nutrition knowledge was not significant.

Keywords:

Adolescents, dietary glycemic load, nutrition education, random blood glucose, school-based intervention

Abstrak

Latar Belakang: Pola makan yang ditandai dengan seringnya konsumsi makanan berindeks glikemik (IG) dan beban glikemik (BG) tinggi dianggap sebagai faktor yang berpotensi berkontribusi terhadap disglukemia di kalangan remaja.

Tujuan: Menganalisis perubahan pengetahuan gizi, beban glikemik (BG) diet, dan kadar glukosa darah sewaktu (GDS) setelah edukasi gizi multikomponen berbantuan booklet.

Metode: Studi pra-eksperimental ini menggunakan desain one-group pretest-posttest yang melibatkan 25 siswa dengan kadar glukosa darah sewaktu (GDS) tinggi (>144 mg/dL). Peserta menerima edukasi gizi multikomponen

¹ Program Studi Sarjana Terapan Gizi dan Dietetik, Jurusan Gizi Politeknik Kesehatan Malang, Malang, Indonesia. E-mail: naella659@gmail.com

² Program Studi Pendidikan Profesi Dietisien, Jurusan Gizi Politeknik Kesehatan Malang, Malang, Indonesia. E-mail: annasarimustafa@gmail.com

³ Program Studi Diploma 3 Gizi, Jurusan Gizi Politeknik Kesehatan Malang, Malang, Indonesia. E-mail: etik114@gmail.com

⁴ Program Studi Sarjana Terapan Gizi dan Dietetik, Jurusan Gizi Politeknik Kesehatan Malang, Malang, Indonesia. E-mail: sutomo_rum@poltekkes-malang.ac.id

Penulis Koresponding:

Annasari Mustafa: Program Studi Pendidikan Profesi Dietisien, Jurusan Gizi Politeknik Kesehatan Malang, Jl. Besar Ijen No.77 C, Kasin, Kecamatan Klojen, Kota Malang, Jawa Timur 65112, Indonesia. E-mail: annasarimustafa@gmail.com

berbantuan booklet selama empat minggu. Pengetahuan gizi dinilai menggunakan kuesioner, beban glikemik (BG) diet dinilai menggunakan recall konsumsi pangan 24 jam, kadar GDS diukur menggunakan glukometer EasyTouch pada darah kapiler ujung jari, serta indeks glikemik (IG) diet dinilai menggunakan Semi-Quantitative *Food Frequency Questionnaire* (SQ-FFQ). Data dianalisis menggunakan uji *Wilcoxon signed-rank* ($\alpha=0,05$; interval kepercayaan 95%).

Hasil: Kategori status gizi terbanyak adalah underweight (48%), dan tidak ada peserta yang melaporkan riwayat DM dalam keluarga. Beban glikemik (BG) diet menurun sebesar 30,92 poin, dari rerata 120,50 menjadi 89,58 ($p=0,005$), dengan median menurun dari 102,40 (IQR 83,80) menjadi 71,00 (IQR 55,90). Kadar glukosa darah sewaktu (GDS) menurun sebesar 52,64 mg/dL, dari rerata 168,68 menjadi 116,04 mg/dL ($p<0,001$), dengan median menurun dari 157,00 mg/dL (IQR 34,00) menjadi 111,00 mg/dL (IQR 23,00). Skor pengetahuan gizi meningkat, tetapi perubahan tersebut tidak signifikan secara statistik ($p=0,691$).

Kesimpulan: Setelah program edukasi gizi multikomponen berbantuan booklet selama empat minggu, BG diet dan kadar GDS menurun, sedangkan perubahan pengetahuan gizi tidak signifikan secara statistik.

Kata Kunci:

edukasi gizi, glikemik diet, glukosa darah sewaktu, intervensi berbasis sekolah, remaja

Pendahuluan

Diabetes melitus (DM) merupakan salah satu penyakit kronis dengan prevalensi yang terus meningkat, termasuk di Indonesia. Penyakit ini ditandai oleh hiperglikemia akibat gangguan sekresi atau kerja insulin yang dapat menyebabkan gangguan metabolisme karbohidrat, lemak, dan protein serta meningkatkan risiko komplikasi mikrovaskular dan makrovaskular (Banday et al., 2020). Berdasarkan Survei Kesehatan Indonesia (SKI) 2023, prevalensi DM pada penduduk usia ≥ 15 tahun berdasarkan pemeriksaan kadar gula darah mencapai 11,7%, meningkat dibandingkan dengan 10,9% pada Riset Kesehatan Dasar 2018 (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2023). Sementara itu, International Diabetes Federation (International Diabetes Federation, 2025) memperkirakan terdapat 20,4 juta orang dewasa usia 20–79 tahun dengan diabetes di Indonesia pada tahun 2024, dan jumlah tersebut diproyeksikan meningkat menjadi 28,6 juta pada tahun 2050. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa diabetes masih menjadi salah satu masalah kesehatan masyarakat yang perlu mendapat perhatian di Indonesia.

Salah satu faktor yang berkaitan dengan respons glukosa darah adalah kualitas dan jumlah karbohidrat dalam makanan, yang dapat digambarkan melalui indeks glikemik (IG) dan beban glikemik (BG). IG menggambarkan respons glukosa darah terhadap konsumsi pangan yang mengandung karbohidrat, sedangkan beban glikemik mempertimbangkan IG dan jumlah karbohidrat yang dikonsumsi sehingga memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai dampak glikemik pangan (Atkinson et al., 2021). Tinjauan sistematis dan meta-analisis uji terkontrol

menunjukkan bahwa pola makan dengan IG atau BG yang lebih rendah dapat memperbaiki kontrol glikemik dibandingkan pola makan dengan IG atau BG yang lebih tinggi, terutama pada individu dengan diabetes atau gangguan metabolisme glukosa. Selain itu, penelitian eksperimental menunjukkan bahwa perbedaan IG pangan dapat menghasilkan perbedaan respons glukosa darah postprandial setelah konsumsi makanan campuran (Chiavaroli et al., 2021). Pada remaja, edukasi gizi berbasis sekolah juga berpotensi meningkatkan pengetahuan dan perilaku terkait konsumsi pangan, sehingga pendekatan edukasi dapat menjadi salah satu strategi untuk mendukung pemilihan makanan yang lebih sehat (Indriasari et al., 2021).

Salah satu upaya pencegahan gangguan metabolisme glukosa pada remaja adalah edukasi gizi berbasis sekolah. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa edukasi gizi pada remaja dapat meningkatkan pengetahuan dan mendukung perbaikan kualitas konsumsi pangan (Raut et al., 2024; Al Rahmad & Annisa, 2025), sedangkan *umbrella review* menunjukkan bahwa intervensi makan sehat berbasis sekolah, terutama yang bersifat multikomponen, dapat meningkatkan pengetahuan dan perilaku makan sehat pada remaja (Samad et al., 2024). Namun, penelitian sebelumnya lebih banyak menilai pengetahuan, sikap, atau perilaku konsumsi pangan, sementara perubahan beban glikemik dan kadar glukosa darah sewaktu belum banyak dinilai secara bersamaan. Oleh karena itu, penelitian ini menilai perubahan pengetahuan gizi, beban glikemik konsumsi pangan, dan kadar glukosa darah sewaktu setelah edukasi gizi multikomponen berbantuan booklet.

Penelitian ini bertujuan menganalisis perubahan skor pengetahuan gizi sebagai luaran primer serta beban glikemik konsumsi pangan dan kadar glukosa darah sewaktu sebagai luaran sekunder setelah pemberian edukasi gizi multikomponen berbantuan booklet selama empat minggu pada siswa SMAN 1 Lawang.

Metode

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan desain pra-eksperimental menggunakan rancangan studi satu kelompok pra-pascaintervensi (*one-group pretest-posttest*) untuk mengamati perubahan pengetahuan, beban glikemik (BG) konsumsi pangan, dan kadar glukosa darah sewaktu (GDS) siswa setelah pemberian edukasi gizi berbantuan booklet. Rancangan ini memiliki beberapa ancaman terhadap validitas internal karena tidak menggunakan kelompok kontrol, antara lain *history*, yaitu pengaruh kejadian atau informasi lain yang terjadi selama periode penelitian; *maturation*, yaitu perubahan alami pada peserta selama penelitian; *testing effect*, yaitu pengaruh pengukuran awal terhadap hasil pengukuran berikutnya; dan *Hawthorne effect*, yaitu perubahan perilaku peserta karena mengetahui bahwa dirinya sedang mengikuti penelitian. Selain itu, terdapat potensi *regression to the mean*, terutama karena peserta dipilih berdasarkan kadar GDS awal yang tinggi, sehingga perubahan kadar GDS pada pengukuran pascaintervensi tidak seluruhnya dapat diatribusikan pada edukasi gizi.

Penelitian dilaksanakan di SMAN 1 Lawang, Kabupaten Malang, pada April–Mei 2026. Populasi penelitian adalah seluruh siswa kelas X. Skrining awal dilakukan terhadap 422 siswa untuk mengidentifikasi siswa dengan kadar glukosa darah sewaktu (GDS) >144 mg/dL sebagai kriteria operasional pemilihan subjek. Hasil skrining menunjukkan bahwa 25 siswa memenuhi kriteria tersebut dan selanjutnya seluruhnya diikutsertakan sebagai subjek penelitian menggunakan teknik total sampling. Dengan demikian, jumlah subjek penelitian ditentukan berdasarkan kesesuaian dengan kriteria inklusi pada populasi terjangkau, bukan melalui pemilihan sebagian sampel dari populasi tersebut. Nilai GDS >144 mg/dL digunakan sebagai kriteria operasional skrining dan tidak dimaksudkan sebagai diagnosis diabetes melitus.

Data karakteristik responden diperoleh melalui formulir skrining. Tingkat pengetahuan gizi

diukur menggunakan kuesioner yang dikembangkan sendiri oleh peneliti berdasarkan materi mengenai indeks glikemik, beban glikemik, dan diabetes melitus. Kuesioner awal terdiri atas 20 butir pertanyaan dan diuji coba pada 30 siswa SMA yang memiliki karakteristik serupa dengan subjek penelitian. Validitas butir diuji menggunakan korelasi Pearson dengan kriteria signifikansi $p < 0,05$. Hasil uji menunjukkan bahwa 16 butir pertanyaan (Q5–Q20) valid, sedangkan 4 butir (Q1–Q4) dinyatakan tidak valid dan dikeluarkan dari instrumen. Reliabilitas instrumen diuji menggunakan metode Guttman split-half dan diperoleh koefisien 0,888, sehingga instrumen dinyatakan reliabel. Setiap jawaban benar diberi skor 1 dan jawaban salah diberi skor 0. Kuesioner yang sama digunakan pada pengukuran pra- dan pascaintervensi, sehingga terdapat potensi *testing effect* karena responden dapat mengingat pertanyaan atau jawaban pada pengukuran sebelumnya.

Data konsumsi pangan diperoleh menggunakan *Semi-Quantitative Food Frequency Questionnaire* (SQ-FFQ) dan *24-hour dietary recall*. SQ-FFQ dilakukan satu kali pada tahap baseline sebelum intervensi untuk menggambarkan pola konsumsi pangan dan menghitung indeks glikemik (IG) diet. Nilai IG diet tidak diukur kembali setelah intervensi. Sementara itu, *24-hour dietary recall* dilakukan sebanyak dua kali, yaitu satu kali sebelum intervensi dan satu kali setelah intervensi, pada hari sekolah. Wawancara recall dilakukan oleh peneliti yang merupakan mahasiswa gizi menggunakan buku foto makanan yang dilengkapi informasi ukuran dan berat pangan sebagai alat bantu estimasi porsi. Untuk makanan campuran, setiap bahan penyusun makanan diidentifikasi dan diuraikan secara terpisah untuk menentukan jumlah karbohidrat dan nilai IG masing-masing bahan pangan.

Perhitungan IG diet dilakukan berdasarkan kontribusi masing-masing pangan terhadap konsumsi karbohidrat, sedangkan beban glikemik (BG) diet dihitung dengan mempertimbangkan jumlah karbohidrat dan nilai IG pangan yang dikonsumsi. Perhitungan IG dan BG menggunakan rumus yang diadaptasi dari Hosseini et al. (2024).

$$GI = \sum_{foods} C \times F \times GI / \sum_{foods} C \times F$$

Selanjutnya, perhitungan GL dilakukan menggunakan rumus (Hosseini et al., 2024) :

$$GL = \sum_{foods} C \times F \times GI/100$$

Keterangan:

- C = Kandungan karbohidrat (gram) dari masing-masing bahan pangan yang dikonsumsi.
F = Frekuensi konsumsi masing-masing bahan pangan dalam periode tertentu (misalnya per hari, per minggu, atau dikonversi ke frekuensi harian pada SQ-FFQ)
GI = Nilai indeks glikemik masing-masing bahan pangan berdasarkan tabel indeks glikemik standar.
GL = Beban glikemik total konsumsi pangan.

Kadar glukosa darah sewaktu (GDS) diukur menggunakan glukometer EasyTouch pada darah kapiler ujung jari dan dinyatakan dalam mg/dL. Pemeriksaan dilakukan oleh tim peneliti bersama tim kesehatan sekolah, masing-masing satu kali sebelum dan sesudah intervensi. Waktu pemeriksaan, interval sejak makan terakhir, aktivitas fisik, kondisi sakit atau stres, serta penggunaan obat tidak dicatat secara sistematis selama pengukuran.

Intervensi diberikan selama empat minggu dalam bentuk program edukasi gizi multikomponen berbantuan booklet yang terdiri atas 23 halaman. Materi intervensi disusun berdasarkan literatur mengenai diabetes melitus, indeks glikemik, dan beban glikemik. Pada minggu pertama, peserta mengikuti edukasi gizi menggunakan booklet melalui metode ceramah dan diskusi selama ±60 menit. Pada minggu kedua, dilakukan pendampingan pemilihan bahan makanan berdasarkan indeks glikemik dan beban glikemik melalui praktik penyusunan menu. Pada minggu ketiga, dilakukan pendampingan lanjutan melalui grup WhatsApp untuk memperkuat materi dan mendukung pemilihan pangan. Pada minggu keempat, dilakukan pendampingan pemilihan makanan di kantin sekolah. Seluruh 25 peserta mengikuti rangkaian intervensi hingga selesai. Kepatuhan membaca booklet tidak dipantau dan tidak dilakukan penilaian *fidelity* intervensi. Dengan demikian, perubahan luaran dalam penelitian ini mencerminkan paparan terhadap program edukasi gizi multikomponen secara keseluruhan dan tidak dapat diatribusikan secara terpisah pada booklet.

Data dianalisis menggunakan perangkat lunak IBM SPSS Statistics versi 22. Analisis univariat

digunakan untuk menggambarkan karakteristik responden dan variabel penelitian. Uji normalitas dilakukan menggunakan Shapiro–Wilk terhadap nilai selisih antara pengukuran sebelum dan sesudah intervensi. Jika nilai selisih berdistribusi normal, perbedaan sebelum dan sesudah intervensi dianalisis menggunakan *paired t-test*, sedangkan jika tidak berdistribusi normal, digunakan uji Wilcoxon signed-rank. Tingkat kemaknaan ditetapkan pada $\alpha=0,05$. Analisis dilakukan menggunakan nilai kontinu variabel penelitian, bukan kategori. Untuk hasil Wilcoxon, median dan *interquartile range* (IQR), statistik uji, nilai p, dan ukuran efek dilaporkan. Estimasi perubahan dan interval kepercayaan 95% dilaporkan apabila telah dihitung. Data hilang dan pencilan (outlier) diperiksa sebelum analisis dan penanganannya dilaporkan sesuai kondisi data.

Penelitian ini telah memperoleh persetujuan etik dari Komisi Etik Penelitian Kesehatan Poltekkes Kemenkes Malang nomor DP.04.03/F.XIII.31/0239/2026. Peserta mengikuti penelitian berdasarkan persetujuan orang tua/wali dan persetujuan (assent) peserta, serta berhak mengundurkan diri kapan saja. Kerahasiaan identitas dan data peserta dijaga selama penelitian. Peserta dengan hasil GDS tinggi diberi informasi dan diarahkan untuk pemeriksaan lanjutan di fasilitas pelayanan kesehatan.

Hasil

Karakteristik Responden

Karakteristik responden berdasarkan jenis kelamin, usia, status gizi, dan riwayat diabetes melitus dalam keluarga disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik responden

Karakteristik	Kategori	f	%
Jenis kelamin	Laki-laki	6	24,0
	Perempuan	19	76,0
Usia	15–16 tahun	25	100,0
	Overweight	3	12,0
	Normal	10	40,0
*Status gizi	Underweight	12	48,0
	Ada	0	0,0
Riwayat Diabetes melitus	Tidak ada	25	100,0

*Status gizi berdasarkan IMT/U (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2020)

Berdasarkan Tabel 1, sebagian besar responden berjenis kelamin perempuan (76,0%).

Rerata usia responden adalah $15,44 \pm 0,58$ tahun, dengan median 15 tahun (rentang 14–16 tahun). Rerata berat badan sebesar $48,98 \pm 11,81$ kg dan tinggi badan sebesar $1,55 \pm 0,10$ m, sedangkan median berat badan dan tinggi badan masing-masing sebesar 48 kg dan 1,55 m. Berdasarkan status gizi, kategori terbanyak adalah underweight (48,0%) berdasarkan standar IMT/U. Seluruh responden tidak memiliki riwayat diabetes melitus dalam keluarga. Data mengenai aktivitas fisik, riwayat penyakit selain diabetes melitus dalam keluarga, dan penggunaan obat tidak dikumpulkan

secara sistematis dalam penelitian ini. Kondisi makanan terakhir sebelum pemeriksaan glukosa darah sewaktu juga tidak distandarkan atau dicatat secara sistematis.

Analisis Tingkat Pengetahuan, Indeks Glikemik, Beban Glikemik, dan Kadar Glukosa Darah Sewaktu
Distribusi tingkat pengetahuan, indeks glikemik, beban glikemik konsumsi pangan, serta kadar glukosa darah sewaktu responden sebelum dan sesudah intervensi disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Distribusi tingkat pengetahuan, beban glikemik konsumsi pangan, serta kadar glukosa darah sewaktu sebelum dan sesudah intervensi

Variabel	Kategori	Sebelum		Sesudah		Nilai p
		f	%	f	%	
Tingkat Pengetahuan	Baik	21	84,0	24	96,0	0,691
	Cukup	3	12,0	1	4,0	
	Kurang	1	4,0	0	0,0	
Beban Glikemik Konsumsi Pangan	Tinggi (>120)	10	40,0	5	20,0	0,005
	Sedang (80–120)	9	36,0	4	16,0	
	Rendah (<80)	6	24,0	16	64,0	
Kadar Glukosa Darah Sewaktu	Meningkat	25	100,0	4	16,0	<0,001
	Normal	0	0,0	21	84,0	
	Rendah	0	0,0	0	0,0	

*Uji Wilcoxon signed-rank. Kategori kadar GDS digunakan sebagai kategori deskriptif berdasarkan Reynolds et al. (2020) dan tidak dimaksudkan sebagai penetapan diagnosis klinis.

Tingkat Pengetahuan Gizi

Berdasarkan Tabel 2, proporsi responden dengan tingkat pengetahuan kategori baik meningkat dari 84,0% sebelum intervensi menjadi 96,0% setelah intervensi. Rerata skor pengetahuan meningkat dari $87,73 \pm 10,99$ menjadi $89,06 \pm 10,86$, dengan peningkatan rerata sebesar 1,34 poin. Median skor pengetahuan tetap sebesar 93,3, dengan IQR meningkat dari 10,0 pada pretest menjadi 16,7 pada posttest. Berdasarkan perubahan skor individu, sebanyak 10 responden (40,0%) mengalami peningkatan skor, 7 responden (28,0%) memiliki skor tetap, dan 8 responden (32,0%) mengalami penurunan skor. Hasil uji Wilcoxon signed-rank menunjukkan bahwa perubahan skor pengetahuan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan secara statistik ($p=0,691$).

Secara praktis, peningkatan rerata sebesar 1,34 poin menunjukkan bahwa perubahan skor pengetahuan setelah edukasi relatif kecil. Meskipun proporsi responden dalam kategori pengetahuan baik meningkat, sebagian besar responden telah memiliki skor pengetahuan yang tinggi sejak awal sehingga ruang peningkatan skor

relatif terbatas. Kondisi ini menunjukkan adanya kemungkinan ceiling effect, tetapi hal tersebut tidak dapat dipastikan hanya berdasarkan hasil penelitian ini.

Indeks Glikemik Konsumsi Pangan

Penilaian pola konsumsi pangan berdasarkan indeks glikemik (IG) dilakukan menggunakan metode SQ-FFQ pada tahap awal penelitian (*baseline*) untuk menggambarkan konsumsi pangan responden selama tiga bulan sebelum intervensi. Karena SQ-FFQ hanya dilakukan pada *baseline*, IG diet tidak digunakan sebagai luaran perubahan sebelum dan sesudah intervensi.

Tabel 3. Indeks glikemik konsumsi pangan

Indeks Glikemik Konsumsi Pangan	f	%
Tinggi (>70)	17	68,0
Sedang (55–70)	7	28,0
Rendah (<55)	1	4,0

Nilai IG diet responden pada *baseline* memiliki rerata sebesar $74,05 \pm 6,35$, dengan median 75,4 (IQR 70,8–78,7) dan rentang 54,5–

83,5. Nilai tersebut menunjukkan bahwa pola konsumsi pangan responden pada baseline cenderung berada pada kategori IG tinggi. Perhitungan IG diet dilakukan dengan memberikan bobot pada nilai IG masing-masing pangan berdasarkan kontribusinya terhadap konsumsi karbohidrat total. Sumber pangan utama yang berkontribusi terhadap dietary IG yaitu nasi putih sebesar 96%.

Dengan demikian, hasil IG diet dalam penelitian ini digunakan untuk menggambarkan karakteristik pola konsumsi pangan responden pada baseline dan tidak dapat digunakan untuk menyimpulkan adanya perubahan IG setelah intervensi.

Beban Glikemik Konsumsi Pangan

Setelah intervensi, proporsi responden dengan BG kategori rendah meningkat dari 24,0% menjadi 64,0%. Rerata BG menurun dari $120,51 \pm 54,49$ menjadi $89,58 \pm 59,04$, sedangkan median menurun dari 102,40 (IQR 83,8) menjadi 71,00 (IQR 55,9). Sebanyak 19 responden (76,0%) mengalami penurunan BG dan 6 responden (24,0%) mengalami peningkatan. Uji Wilcoxon menunjukkan perbedaan signifikan ($p=0,005$) dengan ukuran efek $r=0,56$.

Penurunan BG perlu diinterpretasikan secara hati-hati karena dapat dipengaruhi oleh perubahan jumlah dan jenis karbohidrat serta porsi yang belum dapat ditentukan dari analisis BG saja. Selain itu, penggunaan satu kali recall 24 jam dapat menimbulkan variasi akibat perbedaan konsumsi harian, sehingga perubahan tersebut belum tentu mencerminkan perubahan pola konsumsi secara menetap.

Kadar Glukosa Darah Sewaktu

Distribusi kadar glukosa darah sewaktu (GDS) sebelum dan sesudah edukasi diperoleh melalui pengukuran menggunakan glukometer pada pengukuran pretest dan posttest. Pengukuran dilakukan tanpa memperhatikan waktu makan terakhir responden. Sebelum edukasi, rerata kadar GDS sebesar $168,68 \pm 22,80$ mg/dL dengan median 157 mg/dL (IQR 34 mg/dL) dan rentang 145–230 mg/dL. Setelah edukasi, rerata kadar GDS menurun menjadi $116,04 \pm 23,06$ mg/dL dengan median 111 mg/dL (IQR 23 mg/dL) dan rentang 84–185 mg/dL. Berdasarkan perubahan nilai individu, 24 responden (96,0%) mengalami penurunan kadar GDS, dan 1 responden (4,0%) mengalami

peningkatan kadar GDS. Hasil uji Wilcoxon signed-rank menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara kadar GDS sebelum dan sesudah edukasi ($p<0,001$).

Pembahasan

Karakteristik Responden

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar responden berjenis kelamin perempuan, berada pada kelompok usia 15–16 tahun, dan kategori status gizi terbanyak adalah *underweight*. Selain itu, seluruh responden tidak memiliki riwayat diabetes melitus dalam keluarga. Proporsi perempuan yang lebih besar dalam penelitian ini menunjukkan karakteristik sampel, tetapi tidak dapat digunakan untuk menyimpulkan bahwa perempuan memiliki risiko gangguan metabolisme glukosa yang lebih tinggi, karena penelitian ini tidak mengukur komposisi tubuh dan status pubertas serta tidak menganalisis kadar glukosa berdasarkan jenis kelamin.

Masa remaja merupakan periode yang ditandai oleh perubahan pola makan dan gaya hidup yang dapat berkaitan dengan metabolisme glukosa. Meskipun *underweight* merupakan kategori status gizi yang paling banyak ditemukan, kondisi tersebut tidak dapat secara langsung diinterpretasikan sebagai faktor risiko gangguan metabolisme glukosa dalam penelitian ini, karena hubungan antara status gizi dan kadar glukosa tidak dianalisis secara khusus. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa *underweight* pada masa remaja dapat berkaitan dengan risiko gangguan metabolik pada masa dewasa, antara lain melalui rendahnya massa otot dan perubahan fungsi metabolik (Katanoda et al., 2019).

Tidak adanya riwayat diabetes melitus dalam keluarga pada seluruh responden menunjukkan bahwa faktor keturunan tidak ditemukan dalam karakteristik sampel ini. Namun, kondisi tersebut tidak meniadakan kemungkinan adanya faktor lain yang berkaitan dengan kadar glukosa darah, seperti pola konsumsi pangan dan aktivitas fisik. Oleh karena itu, karakteristik responden dalam penelitian ini perlu dipandang sebagai gambaran kondisi sampel dan tidak digunakan untuk menyimpulkan hubungan kausal dengan gangguan metabolisme glukosa.

Pengetahuan Gizi

Penelitian ini menunjukkan adanya peningkatan proporsi responden dengan tingkat pengetahuan dalam kategori baik setelah diberikan edukasi gizi menggunakan media booklet. Meskipun demikian, hasil uji Wilcoxon signed-rank menunjukkan bahwa peningkatan skor pengetahuan belum signifikan secara statistik. Kondisi ini mungkin dipengaruhi oleh tingginya tingkat pengetahuan awal responden, sehingga ruang peningkatan skor setelah intervensi relatif terbatas dan memungkinkan adanya *ceiling effect*. Zakiah et al. (2025) menjelaskan bahwa skor awal yang tinggi dapat menyebabkan perubahan setelah intervensi menjadi lebih sulit terdeteksi secara statistik. Selain itu, pelaksanaan posttest setelah masa ujian sekolah mungkin turut memengaruhi konsentrasi dan kemampuan responden dalam mengingat materi, meskipun faktor tersebut tidak diukur secara langsung dalam penelitian ini. Kesiapan psikologis dan kondisi lingkungan belajar dapat berperan dalam penerimaan dan pengingatan informasi (Villarreal Arroyo et al., 2023). Ukuran sampel yang relatif kecil juga mungkin membatasi kekuatan statistik penelitian dalam mendeteksi perubahan yang terjadi. Dengan demikian, peningkatan pengetahuan yang diamati belum dapat dipastikan sebagai manfaat edukasi dalam mempertahankan pengetahuan karena aspek tersebut tidak diukur secara khusus dalam penelitian ini.

Perubahan pengetahuan dan perilaku merupakan proses bertahap yang dapat memerlukan paparan informasi dan penguatan secara berulang untuk menghasilkan perubahan yang lebih berkelanjutan (Zakiah et al., 2025). Meskipun penelitian ini memberikan edukasi selama empat minggu melalui intervensi multikomponen, peningkatan pengetahuan belum signifikan secara statistik. Temuan ini sejalan dengan Oddo et al., (2022) yang juga tidak menemukan perubahan pengetahuan yang signifikan, tetapi penelitian tersebut menggunakan edukasi satu kali pertemuan. Perbedaan durasi dan desain intervensi menunjukkan bahwa ketidaksignifikanan hasil tidak dapat semata-mata dikaitkan dengan durasi edukasi. Karakteristik responden, intensitas intervensi, dan kondisi saat pengukuran juga mungkin memengaruhi hasil.

Pola Konsumsi Berdasarkan Indeks Glikemik

Pola konsumsi pangan dengan indeks glikemik (IG) tinggi pada responden menunjukkan bahwa sebagian besar pangan yang dikonsumsi berpotensi memberikan respons peningkatan glukosa darah yang lebih cepat setelah makan. Dalam penelitian ini, IG diet digunakan untuk menggambarkan kualitas karbohidrat dari keseluruhan pola konsumsi pangan pada baseline, sedangkan beban glikemik (BG) mempertimbangkan kualitas sekaligus jumlah karbohidrat yang dikonsumsi. Muhammad (2023) melaporkan bahwa konsumsi makanan dan minuman dengan IG tinggi berkaitan dengan peningkatan risiko diabetes melitus tipe 2. Namun, temuan tersebut merupakan hubungan risiko jangka panjang, sedangkan IG diet dalam penelitian ini hanya menggambarkan pola konsumsi pada baseline. Oleh karena itu, hasil penelitian ini tidak dapat digunakan untuk menyimpulkan bahwa pola konsumsi pangan dengan IG tinggi telah menyebabkan resistensi insulin atau perkembangan diabetes melitus pada responden. Peningkatan glukosa darah setelah konsumsi pangan dengan IG tinggi merupakan respons akut, sedangkan perkembangan gangguan metabolisme glukosa merupakan proses jangka panjang yang dipengaruhi oleh berbagai faktor.

Hasil penilaian pola konsumsi menunjukkan bahwa sebagian besar responden memiliki pola konsumsi pangan dengan kategori indeks glikemik tinggi. Berdasarkan hasil SQ-FFQ, sebanyak 17 dari 25 responden (68,0%) memiliki pola konsumsi pangan dengan indeks glikemik tinggi. Pangan sumber karbohidrat yang paling sering dikonsumsi adalah nasi putih, yang dikonsumsi lebih dari satu kali per hari oleh 24 responden (96,0%), dengan rata-rata porsi konsumsi sebesar 260 gram/hari. Selain nasi putih, beberapa pangan dengan indeks glikemik tinggi lainnya, seperti roti putih, biskuit, dan es krim, juga dikonsumsi secara rutin dengan frekuensi mingguan.

Tingginya konsumsi pangan berindeks glikemik tinggi menunjukkan bahwa sebagian besar responden masih mengonsumsi sumber karbohidrat yang mampu meningkatkan kadar glukosa darah dengan cepat. Apabila berlangsung dalam jangka panjang, kebiasaan tersebut dapat meningkatkan risiko resistensi insulin dan diabetes melitus tipe 2. Penelitian Adi & Loaloka (2022) menunjukkan bahwa konsumsi pangan dengan indeks glikemik tinggi berhubungan dengan

peningkatan risiko diabetes melitus tipe 2. Sejalan dengan temuan tersebut, Livesey et al. (2019) melaporkan bahwa diet dengan indeks glikemik dan beban glikemik tinggi berhubungan dengan peningkatan risiko diabetes melitus tipe 2, sedangkan modifikasi kualitas karbohidrat dapat meningkatkan sensitivitas insulin pada anak dan remaja. Penelitian lain oleh Reynolds et al. (2019) menunjukkan bahwa peningkatan kualitas karbohidrat, seperti konsumsi pangan rendah indeks glikemik dan tinggi serat, berhubungan dengan penurunan risiko penyakit metabolik dan perbaikan respons glukosa darah.

Beban Glikemik Konsumsi Pangan

Edukasi gizi berbantuan booklet diikuti oleh penurunan beban glikemik (BG) konsumsi pangan yang signifikan. Setelah intervensi, proporsi responden dengan kategori BG rendah meningkat, sedangkan kategori sedang dan tinggi menurun. Temuan ini menunjukkan adanya perubahan konsumsi pangan selama periode intervensi, tetapi perubahan tersebut belum dapat secara langsung dikaitkan dengan peningkatan pengetahuan atau keterampilan pemilihan pangan. Hal ini karena perubahan skor pengetahuan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan secara statistik, sedangkan keterampilan responden dalam memilih pangan berdasarkan indeks glikemik tidak diukur secara langsung.

Penurunan BG dapat dipengaruhi oleh perubahan jumlah dan jenis sumber karbohidrat yang dikonsumsi serta perubahan ukuran porsi. Namun, penelitian ini belum dapat menentukan komponen mana yang paling berkontribusi terhadap penurunan BG karena analisis tidak secara khusus menguraikan perubahan asupan energi, karbohidrat total, jenis karbohidrat, dan porsi makanan secara terpisah. Selain itu, pengukuran konsumsi pangan setelah intervensi menggunakan satu kali recall konsumsi pangan 24 jam sehingga hasil dapat dipengaruhi oleh variasi konsumsi dari hari ke hari. Dengan demikian, perubahan BG yang ditemukan dapat mencerminkan variasi konsumsi harian dan belum tentu menunjukkan perubahan pola konsumsi yang menetap.

Kemungkinan lain adalah adanya perubahan perilaku selama periode penelitian sebagai respons terhadap keterlibatan responden dalam penelitian atau karena responden mengetahui bahwa konsumsi pangan sedang diamati (*reactivity*). Oleh

karena itu, meskipun terjadi penurunan BG yang signifikan setelah intervensi, hasil tersebut perlu diinterpretasikan secara hati-hati dan tidak dapat dipastikan sepenuhnya sebagai akibat edukasi gizi menggunakan booklet.

Conte et al. (2020) menjelaskan bahwa beban glikemik (BG) merupakan konsep yang mempertimbangkan kualitas dan jumlah karbohidrat yang dikonsumsi, sehingga dapat memberikan gambaran mengenai respons glikemik setelah konsumsi pangan. Konsumsi makanan dengan BG yang lebih rendah secara umum dikaitkan dengan respons glukosa darah postprandial yang lebih rendah karena jumlah karbohidrat yang tersedia untuk dicerna dan diserap lebih sedikit dan/atau karbohidrat tersebut berasal dari pangan dengan indeks glikemik yang lebih rendah. Dengan demikian, konsumsi pangan dengan BG lebih rendah berpotensi menghasilkan peningkatan glukosa darah yang lebih rendah setelah makan.

Respons glukosa darah setelah konsumsi pangan tidak hanya ditentukan oleh nilai IG dan jumlah karbohidrat, tetapi juga dipengaruhi oleh karakteristik makanan secara keseluruhan. Kecepatan pengosongan lambung dan penyerapan glukosa dapat dipengaruhi oleh bentuk dan tekstur makanan, kandungan serat, lemak, protein, serta komposisi makanan secara keseluruhan. Oleh karena itu, hubungan antara BG dan respons glukosa darah tidak tepat dijelaskan sebagai efek langsung BG rendah terhadap perlambatan pengosongan lambung. Faktor-faktor tersebut dapat memengaruhi kecepatan pencernaan dan penyerapan karbohidrat serta pada akhirnya memengaruhi respons glukosa darah setelah makan.

Selain itu, booklet dalam program edukasi gizi multikomponen memberikan kesempatan kepada responden untuk mempelajari kembali materi secara mandiri. Namun, perubahan yang ditemukan tidak dapat diatribusikan secara khusus kepada booklet karena intervensi juga mencakup ceramah, praktik menu, pendampingan melalui WhatsApp, dan pendampingan kantin. Temuan ini sejalan dengan Eliza et al. (2024) yang menunjukkan adanya perubahan setelah edukasi gizi berbantuan booklet. Dalam penelitian ini, booklet berperan sebagai salah satu media pendukung dalam program edukasi gizi multikomponen, sehingga kontribusi masing-masing komponen terhadap perubahan luaran tidak dapat dipisahkan.

Kadar Glukosa Darah

Sejalan dengan penurunan beban glikemik, kadar glukosa darah sewaktu (GDS) menurun secara signifikan setelah intervensi. Proporsi responden dengan GDS >144 mg/dL menurun dari 100,0% menjadi 16,0%. Namun, hasil ini tidak dapat langsung diinterpretasikan sebagai perbaikan kontrol glikemik jangka panjang karena tidak terdapat kelompok kontrol, GDS awal digunakan dalam seleksi responden, dan waktu pemeriksaan tidak distandarkan berdasarkan waktu makan terakhir. Penurunan juga dapat dipengaruhi variasi biologis, konsumsi harian, dan *regression to the mean*. Hasil ini sejalan dengan temuan Rismayanti et al. (2021), yang melaporkan penurunan kadar glukosa setelah edukasi kesehatan, meskipun perbedaan populasi dan desain penelitian perlu dipertimbangkan.

Meskipun demikian, masih terdapat 4 siswa (16,0%) dengan kadar glukosa darah sewaktu (GDS) >144 mg/dL setelah intervensi. Hasil tersebut perlu diinterpretasikan sebagai hasil skrining dan tidak dapat digunakan untuk menetapkan diagnosis atau kontrol glikemik karena GDS dapat dipengaruhi oleh waktu dan jenis makanan sebelum pemeriksaan. Tantri & Wati (2024) menunjukkan bahwa kadar GDS dapat berkaitan dengan asupan zat gizi, indeks glikemik, dan beban glikemik makanan. Sementara itu, Situmorang et al. (2023) menunjukkan bahwa respons glukosa dapat berbeda berdasarkan jenis dan jumlah pemanis yang dikonsumsi. Namun, faktor-faktor tersebut tidak diukur secara spesifik pada saat pemeriksaan GDS dalam penelitian ini. Oleh karena itu, siswa dengan hasil GDS yang tetap tinggi memerlukan pemeriksaan glukosa yang terstandar dan/atau pemeriksaan konfirmasi sesuai indikasi klinis.

Pada penelitian selanjutnya, disarankan penggunaan glukosa plasma puasa, HbA1c, atau *oral glucose tolerance test* (OGTT) sesuai dengan tujuan pengukuran melalui pemeriksaan laboratorium terstandar. Tozzo et al. (2024) menjelaskan bahwa HbA1c mencerminkan paparan glukosa dalam jangka waktu lebih panjang dan tidak secara langsung dipengaruhi oleh konsumsi makanan sesaat sebelum pemeriksaan. Namun, interpretasi HbA1c perlu mempertimbangkan kondisi hematologis tertentu yang dapat memengaruhi hasil pengukuran. Penggunaan kombinasi parameter glikemik dapat memberikan gambaran status glikemik yang lebih komprehensif.

Studi ini memiliki beberapa keterbatasan, yaitu meliputi desain pra-eksperimental tanpa kelompok

kontrol, jumlah sampel yang relatif kecil, dan pelaksanaan pada satu sekolah sehingga generalisasi hasil terbatas. Pemilihan responden berdasarkan GDS awal yang tinggi berpotensi menimbulkan *selection bias* dan *regression to the mean*. Pengukuran GDS menggunakan glukometer juga dipengaruhi oleh waktu makan terakhir dan variasi biologis, sedangkan aktivitas fisik, tidur, stres, dan penggunaan obat tidak diukur. Penilaian konsumsi pangan hanya menggunakan satu kali *recall* 24 jam setelah intervensi sehingga rentan terhadap *recall bias* dan variasi konsumsi harian. Perubahan respons responden juga dapat dipengaruhi oleh testing effect dan *social desirability bias*.

Selain itu, intervensi bersifat multikomponen sehingga pengaruh booklet tidak dapat dipisahkan dari ceramah, praktik menu, WhatsApp, dan pendampingan. Tidak adanya pengukuran *fidelity* dan kepatuhan terhadap intervensi juga membatasi interpretasi hubungan antara intervensi dan perubahan luaran. Masa tindak lanjut yang relatif singkat turut membatasi penilaian keberlanjutan perubahan.

Kesimpulan

Beban glikemik konsumsi pangan dan kadar GDS menurun setelah empat minggu program edukasi gizi multikomponen berbantuan booklet, sedangkan skor pengetahuan hanya mengalami peningkatan kecil dan tidak signifikan secara statistik. Terdapat perubahan pada beberapa luaran selama periode intervensi, tetapi temuan tersebut belum dapat membuktikan efektivitas program atau perbaikan kontrol glikemik jangka panjang karena tidak terdapat kelompok kontrol, peserta dipilih berdasarkan GDS awal yang tinggi, dan waktu makan sebelum pemeriksaan tidak distandarkan. Booklet dapat digunakan sebagai media pendukung dalam program edukasi gizi di sekolah, sedangkan siswa dengan hasil GDS tinggi perlu mendapatkan pemeriksaan glukosa terstandar dan/atau pemeriksaan konfirmasi oleh tenaga kesehatan.

Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan desain dengan kelompok kontrol, sampel yang lebih besar dan beragam, tindak lanjut yang lebih panjang, pengukuran glikemik yang terstandar, serta pengukuran faktor perancu seperti aktivitas fisik, tidur, stres, dan penggunaan obat. Evaluasi *fidelity* dan kepatuhan terhadap intervensi juga diperlukan untuk memperjelas kontribusi masing-masing komponen program.

Deklarasi Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan, baik yang bersifat finansial maupun nonfinansial, terkait dengan pelaksanaan penelitian, penyusunan manuskrip, kepengarangan, maupun publikasi artikel ini. Penelitian ini dilakukan secara independen tanpa adanya pengaruh dari pihak atau institusi mana pun yang berpotensi menimbulkan konflik kepentingan.

Penulis bertanggung jawab atas seluruh tahapan penelitian, mulai dari perencanaan, pengumpulan dan analisis data, hingga penyusunan serta persetujuan naskah akhir. Penelitian telah memperoleh persetujuan etik dari Komisi Etik Penelitian Kesehatan Poltekkes Kemenkes Malang nomor DP.04.03/F.XIII.31/0239/2026 dan seluruh responden telah memberikan persetujuan tertulis (*informed consent*) sebelum penelitian dilaksanakan. Kerahasiaan identitas responden dijaga dengan menggunakan kode pada setiap data penelitian dan seluruh data hanya digunakan untuk kepentingan penelitian.

Penulis menggunakan ChatGPT (OpenAI) hanya sebagai alat bantu penyuntingan bahasa dan tata bahasa manuskrip, sedangkan seluruh isi, analisis, interpretasi data, dan kesimpulan merupakan tanggung jawab penulis.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak sekolah beserta seluruh siswa yang telah berpartisipasi dalam penelitian ini. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada dosen pembimbing dan seluruh pihak yang telah memberikan arahan, dukungan, serta bantuan selama proses perencanaan, pelaksanaan, hingga penyusunan manuskrip ini. Dukungan dan kerja sama yang diberikan sangat menunjang kelancaran penelitian ini.

Daftar Rujukan

- Adi, A. A., & Loaloka, M. S. (2022). Hubungan asupan zat gizi makro dan indeks glikemik serta status gizi dengan kejadian DM tipe II di Rumah Sakit Titus Uly. *Nutriology: Jurnal Pangan, Gizi, Kesehatan*, 3(1), 25–30. <https://doi.org/10.30812/nutriology.v3i1.1996>
- Al Rahmad, A. H., & Annisa, S. F. (2025). Video animasi sebagai media penyuluhan dapat meningkatkan pengetahuan dan sikap remaja tentang bahaya fast food. *Media Penelitian Dan Pengembangan Kesehatan*, 35(1), 11–18. <https://doi.org/10.34011/jmp2k.v35i1.2054>
- Atkinson, F. S., Brand-Miller, J. C., Foster-Powell, K., Buyken, A. E., & Goletzke, J. (2021). International tables of glycemic index and glycemic load values 2021: A systematic review. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 114(5), 1625–1632. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqab233>
- Ayu, W. D. (2022). *Supervisi keperawatan*. Rumah Pustaka. <https://www.google.co.id/books/edition/SUPERVISI KEPERAWATAN Dilengkapi dengan/8QFjEAAAQBAJ>
- Banday, M. Z., Sameer, A. S., & Nissar, S. (2020). Pathophysiology of diabetes: An overview. *Avicenna Journal of Medicine*, 10(4), 174–188. https://doi.org/10.4103/ajm.ajm_53_20
- Chiavaroli, L., Lee, D., Ahmed, A., Cheung, A., Khan, T. A., Blanco Mejia, S., Mirrahimi, A., Jenkins, D. J. A., Livesey, G., Wolever, T. M. S., Rahelić, D., Kahleová, H., Salas-Salvadó, J., Kendall, C. W. C., & Sievenpiper, J. L. (2021). Effect of low glycaemic index or load dietary patterns on glycaemic control and cardiometabolic risk factors in diabetes: Systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *BMJ*, 374, n1651. <https://doi.org/10.1136/bmj.n1651>
- Conte, C., Maggiore, U., Cappelli, G., Ietto, G., Lai, Q., Salis, P., Marchetti, P., Piemonti, L., Secchi, A., Capocasale, E., & Caldara, R. (2020). Management of metabolic alterations in adult kidney transplant recipients: A joint position statement of the Italian Society of Nephrology (SIN), the Italian Society for Organ Transplantation (SITO) and the Italian Diabetes Society (SID). *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 30(9), 1427–1441. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2020.05.004>
- Eliza, E., Telisa, I., Meilina, A., & Sumarman, S. (2024). Pengaruh media edukasi gizi tentang indeks glikemik terhadap kadar glukosa darah pasien diabetes mellitus. *Jurnal SAGO*

- Gizi dan Kesehatan*, 5(2), 427–436. <https://doi.org/10.30867/gikes.v5i2.1264>
- Hosseini, E., Khodavandloo, M., Sabet, S. A., & Mousavi, S. N. (2024). Relationship between dietary glycemic index and glycemic load and sperm-quality parameters in Iranian men: A cross-sectional study. *BMC Nutrition*, 10(1), 34. <https://doi.org/10.1186/s40795-024-00840-2>
- Indriasari, R., Nadjamuddin, U., Arsyad, D. S., & Iswarawanti, D. N. (2021). School-based nutrition education improves breakfast-related personal influences and behavior of Indonesian adolescents: A cluster randomized controlled study. *Nutrition Research and Practice*, 15(5), 639–647. <https://doi.org/10.4162/nrp.2021.15.5.639>
- International Diabetes Federation. (2025). *IDF diabetes atlas* (11th ed.). <https://idf.org/news-and-resources/resources/idf-diabetes-atlas-11th-edition-2025/>
- Katanoda, K., Noda, M., Goto, A., Mizunuma, H., Lee, J. S., & Hayashi, K. (2019). Being underweight in adolescence is independently associated with adult-onset diabetes among women: The Japan Nurses' Health Study. *Journal of Diabetes Investigation*, 10(3), 827–836. <https://doi.org/10.1111/jdi.12947>
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2020). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2020 tentang standar antropometri anak*. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/152505/permenkes-no-2-tahun-2020>
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2023). *Laporan tematik Survei Kesehatan Indonesia 2023*. <https://repository.badankebijakan.kemkes.go.id/id/eprint/5537/>
- Khatimah, H., Masdalis, M., Lestari, D. T., & Wijayaningsih, K. S. (2025). Pola makan dan aktivitas fisik sebagai faktor risiko diabetes melitus. *Journal of Telenursing (JOTING)*, 7(4), 574–582. <https://doi.org/10.31539/d7d1dz25>
- Livesey, G., Taylor, R., Livesey, H. F., Buyken, A. E., Jenkins, D. J. A., Augustin, L. S. A., Sievenpiper, J. L., Barclay, A. W., Liu, S., Wolever, T. M. S., Willett, W. C., Brighenti, F., Salas-Salvadó, J., Björck, I., Rizkalla, S. W., Riccardi, G., Vecchia, C. L., Ceriello, A., Trichopoulou, A., . . . Brand-Miller, J. C. (2019). Dietary glycemic index and load and the risk of type 2 diabetes: A systematic review and updated meta-analyses of prospective cohort studies. *Nutrients*, 11(6), 1280. <https://doi.org/10.3390/nu11061280>
- Manik, D. S., Irfan, A., & Putra, E. S. (2025). The effect of health education booklets on adolescents' knowledge and attitudes towards diabetes mellitus prevention in grade VIII of SMPN 18, Jambi City. *Proceeding International Conference Health Polytechnic of Jambi*, 6, 114–119. <https://doi.org/10.35910/icohpi.v6i0.1253>
- Muhammad, H. F. L. (2023). *Nutrigenik: Rekomendasi kebutuhan energi dan zat gizi makro berbasis genetik untuk layanan personalized nutrition*. Gadjah Mada University Press.
- Oddo, V. M., Roshita, A., Khan, M. T., Ariawan, I., Wiradnyani, L. A. A., Chakrabarti, S., Izwardy, D., & Rah, J. H. (2022). Evidence-based nutrition interventions improved adolescents' knowledge and behaviors in Indonesia. *Nutrients*, 14(9), 1717. <https://doi.org/10.3390/nu14091717>
- Raut, S., Kc, D., Singh, D. R., Dhungana, R. R., Pradhan, P. M. S., & Sunuwar, D. R. (2024). Effect of nutrition education intervention on nutrition knowledge, attitude, and diet quality among school-going adolescents: A quasi-experimental study. *BMC Nutrition*, 10(1), 35. <https://doi.org/10.1186/s40795-024-00850-0>
- Reynolds, A., Mann, J., Cummings, J., Winter, N., Mete, E., & Te Morenga, L. (2019). Carbohydrate quality and human health: A series of systematic reviews and meta-analyses. *The Lancet*, 393(10170), 434–445. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31809-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31809-9)
- Reynolds, A. N., Li, X. A., & Mann, J. (2020). Blood glucose testing in the community: Who are the users and do they have elevated blood glucose? *Journal of Primary Health Care*, 12(4), 352–357. <https://doi.org/10.1071/HC20055>
- Rismayanti, I. D. A., Sundayana, I. M., Ariana, P. A., & Heri, M. (2021). Edukasi diabetes terhadap penurunan glukosa darah pada penderita diabetes mellitus tipe 2. *Journal of*

- Telenursing (JOTING)*, 3(1), 110–116.
<https://doi.org/10.31539/joting.v3i1.2111>
- Samad, N., Bearne, L., Noor, F. M., Akter, F., & Parmar, D. (2024). School-based healthy eating interventions for adolescents aged 10–19 years: An umbrella review. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 21(1), 117.
<https://doi.org/10.1186/s12966-024-01668-6>
- Situmorang, P. R., Zalukhu, B., & Napitupulu, D. S. (2023). Perbandingan peningkatan kadar gula darah sebelum dan setelah pemberian gula putih, gula aren, dan madu pada mahasiswa TLM di STIKes Santa Elisabeth Medan tahun 2023. *Journal of Indonesian Medical Laboratory and Science (JoIMedLabS)*, 4(2), 136–147.
<https://doi.org/10.53699/joimedlabs.v4i2.154>
- Soviana, E., & Pawestri, C. (2020). Efek konsumsi bahan makanan yang mengandung beban glikemik terhadap kadar glukosa darah. *Darussalam Nutrition Journal*, 4(2), 94–103.
<https://doi.org/10.21111/dnj.v4i2.4047>
- Tantri, A. A., & Wati, D. A. (2024). Hubungan tingkat asupan zat gizi makro, indeks glikemik, beban glikemik dengan glukosa darah sewaktu pada pasien diabetes melitus tipe 2. *Jurnal Riset Gizi*, 12(2), 240–249.
<https://doi.org/10.31983/jrg.v12i2.11757>
- Tozzo, V., Genco, M., Omololu, S. O., Mow, C., Patel, H. R., Patel, C. H., Ho, S. N., Lam, E., Abdulsater, B., Patel, N., Cohen, R. M., Nathan, D. M., Powe, C. E., Wexler, D. J., & Higgins, J. M. (2024). Estimating glycemia from HbA1c and CGM: Analysis of accuracy and sources of discrepancy. *Diabetes Care*, 47(3), 460–466.
<https://doi.org/10.2337/dc23-1177>
- Villarreal Arroyo, Y. P., Peñabaena-Niebles, R., & Berdugo Correa, C. (2023). Influence of environmental conditions on students' learning processes: A systematic review. *Building and Environment*, 231, 110051.
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110051>
- Zakiah, N., Annisa, N., Aryanti, N., & Supyati. (2025). Pengetahuan gizi ibu hamil KEK sebelum dan sesudah edukasi di Kecamatan Pamboang. *Indonesian Journal of Public Health and Nutrition*, 5(2), 265–269.
<https://doi.org/10.15294/ijphn.v5i2.35793>