

PENINGKATAN KEJADIAN DIABETES MELLITUS TIPE 2 PADA REMAJA: SISTEMATIK REVIEW

¹Angga Miftakhul Nizar, ²Shrimarti Rukmini Devy*, ³Diah Indriani, ⁴Ossi Dwi Prasetyo

^{1,2,3} Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Airlangga

^{1,4} STIKES Hutama Abdi Husada Tulungagung

*Email: shrimarti-r-d@fkm.unair.ac.id

Kata Kunci:

diabetes melitus tipe 2, remaja, perilaku sedentari

Abstrak

Latar belakang : Insiden diabetes melitus tipe 2 (T2DM) pada remaja telah meningkat secara signifikan selama dua dekade terakhir. **Tujuan:** Tinjauan sistematis ini bertujuan untuk menyintesis bukti epidemiologis terbaru tentang tren, faktor risiko, dan implikasi T2DM di kalangan remaja. **Metode:** Tinjauan sistematis dilakukan dengan menganalisis 15 studi yang ditinjau sejawat yang diterbitkan antara tahun 2020 dan 2023, termasuk analisis tren global, tinjauan sistematis, studi kohort longitudinal, dan penelitian observasional regional. Studi dipilih berdasarkan relevansinya dengan populasi remaja (usia 10–19 tahun) dan fokusnya pada insiden T2DM, faktor risiko, perkembangan penyakit, atau hasil klinis. **Hasil:** Temuan menunjukkan peningkatan yang konsisten dalam insiden T2DM pada remaja, terutama di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah. Faktor-faktor utama yang berkontribusi meliputi obesitas sentral, gaya hidup tidak aktif, pola makan tidak sehat, dan predisposisi genetik. Perkembangan pubertas muncul sebagai faktor risiko fisiologis spesifik pada kelompok etnis tertentu. Tinjauan ini juga menyoroti komplikasi jangka panjang yang signifikan seperti hasil mikrovaskular dan kardiometabolik serta mengidentifikasi tantangan utama dalam manajemen penyakit, terutama yang berkaitan dengan pengendalian berat badan dan kepatuhan pengobatan. **Kesimpulan:** Beberapa studi menekankan pentingnya intervensi dini selama tahap pradiabetes untuk mencegah perkembangan penyakit. Diabetes tipe 2 pada remaja adalah masalah kesehatan multifaktorial yang berkembang dan membutuhkan strategi pencegahan dan manajemen terintegrasi. Kolaborasi multisektoral, termasuk penyedia layanan kesehatan, keluarga, sekolah, dan pembuat kebijakan kesehatan masyarakat, sangat penting untuk mengurangi beban kesehatan dan sosial ekonomi dari diabetes tipe 2 pada populasi remaja. Penelitian di masa mendatang harus fokus pada studi longitudinal dan representatif untuk mengevaluasi intervensi yang ditargetkan di berbagai lingkungan.

INCREASING INCIDENCE OF TYPE 2 DIABETES MELLITUS IN ADOLESCENT POPULATION: A SYSTEMATIC REVIEW

Keywords:

type 2 diabetes mellitus, adolescent, sedentary behavior

Abstract

Introduction: The global incidence of type 2 diabetes mellitus (T2DM) in adolescents has risen significantly over the past two decades, posing a major public health concern. **Objective:** This systematic review aims to synthesize recent epidemiological evidence on the trends, risk factors, and implications of T2DM among adolescents worldwide. **Methods:** A systematic review was conducted by analyzing 15 peer-

*reviewed studies published between 2020 and 2023, including global trend analyses, systematic reviews, longitudinal cohort studies, and regional observational research. Studies were selected based on their relevance to adolescent populations (ages 10–19) and their focus on T2DM incidence, risk factors, disease progression, or clinical outcomes. **Results:** The findings indicate a consistent increase in adolescent T2DM incidence, particularly in low and middle-income countries. Key contributing factors include central obesity, sedentary lifestyle, unhealthy diets, and genetic predispositions. Pubertal development emerged as a specific physiological risk factor in certain ethnic groups. The review also highlights significant long-term complications such as microvascular and cardiometabolic outcomes and identifies major challenges in disease management, especially related to weight control and treatment adherence. **Conclusion:** Several studies emphasize the importance of early intervention during the prediabetes stage to prevent disease progression. Adolescent T2DM is a growing, multifactorial health issue that requires integrated prevention and management strategies. Multisectoral collaboration, including healthcare providers, families, schools, and public health policymakers, is essential to reduce the health and socioeconomic burden of T2DM in youth populations. Future research should focus on longitudinal, representative studies to evaluate targeted interventions in diverse settings.*

1. PENDAHULUAN

Diabetes Mellitus (DM) adalah salah satu penyakit kronis yang paling cepat berkembang di seluruh dunia, yang tidak hanya memengaruhi populasi dewasa tetapi juga anak-anak dan remaja (Carydias *et al.*, 2022). Selama dua dekade terakhir, insiden diabetes tipe 1 (T1DM) dan tipe 2 (T2DM) pada remaja telah menunjukkan peningkatan global yang konsisten (Ramli, Didik Kurniawan, and Rahman, 2021). Menurut Studi Beban Penyakit Global (2021,) diperkirakan lebih dari 3,4 juta remaja di seluruh dunia hidup dengan diabetes tipe 1 (T1DM), dan lebih dari 14 juta terkena diabetes tipe 2 (T2DM), dengan angka tertinggi dilaporkan di Asia dan Afrika (Perng *et al.*, 2023). Angka-angka ini menunjukkan bahwa DM bukan lagi penyakit yang terutama menyerang orang dewasa, tetapi telah menjadi masalah kesehatan masyarakat yang signifikan di kalangan populasi yang lebih muda. (Lydia *et al.*, 2022).

Sebuah tinjauan sistematis dan meta-analisis oleh Salama *et al.* (2023) menunjukkan peningkatan tajam insiden T1DM di kalangan anak-anak dan remaja selama periode 2020-2022, dengan insiden global diperkirakan mencapai 24,8 per 100.000 orang-tahun, dibandingkan dengan 19,5 per 100.000 pada periode pra-pandemi (Pulungan, Afifa, and Annisa, 2018). Selain itu, data dari Studi SEARCH for Diabetes in Youth di Amerika Serikat menunjukkan peningkatan tahunan insiden T1DM sebesar 1,9% dan T2DM sebesar 4,8% antara tahun 2001 dan 2017, dengan perbedaan etnis yang mencolok, terutama di antara kelompok Afrika-Amerika, Hispanik, dan Asia (Serbis *et al.* 2023).

Tren serupa telah diamati di berbagai negara. Misalnya, data dari *German Diabetes Prospective Follow-up Registry* (DPV) menunjukkan bahwa pada tahun 2020, insiden T1DM pada anak-anak dan remaja meningkat dari 27,0 menjadi 29,3 per 100.000 orang-tahun, dengan insiden tertinggi diamati pada laki-laki (Ramirez-Luzuriaga *et al.*, 2023). Di Iran,

sebuah studi epidemiologi retrospektif menemukan bahwa kelompok usia remaja (15–19 tahun) mengalami perubahan persentase tahunan rata-rata (AAPC) tertinggi sebesar 8,58%, yang menunjukkan peningkatan lebih cepat dibandingkan dengan kelompok usia lainnya (Weiner *et al*, 2023) Faktor-faktor yang diyakini berkontribusi terhadap tren ini meliputi pola makan yang tidak sehat, meningkatnya obesitas pada anak-anak dan remaja, rendahnya aktivitas fisik, stres psikososial, dan perubahan akses terhadap layanan kesehatan selama pandemik (Setiyorini, 2018).

Meningkatnya kejadian diabetes melitus (DM) di kalangan remaja menimbulkan kekhawatiran tentang dampak jangka panjangnya, termasuk timbulnya komplikasi metabolik dan vaskular lebih dini, serta beban biaya perawatan kesehatan jangka panjang (Damayanti, 2024). Oleh karena itu, pemahaman yang lebih komprehensif tentang pola epidemiologi terkini, faktor-faktor yang memengaruhi, dan variasi insiden antar negara dan kelompok demografis sangat dibutuhkan (Hasyir, 2019). Namun, hingga saat ini, hanya sedikit tinjauan sistematis yang secara khusus berfokus pada tren pasca-2020 dalam insiden DM di kalangan remaja, terutama yang mengintegrasikan data dari berbagai wilayah global menggunakan pendekatan metodologis yang ketat (Medina *et al.*, 2023; Cioana *et al.*, 2022).

Berdasarkan latar belakang tersebut, studi ini bertujuan untuk melakukan tinjauan sistematis terhadap bukti epidemiologis terbaru yang melaporkan tren peningkatan kejadian diabetes melitus di kalangan remaja secara global (Simbolon, Siregar, and Talib, 2020). Dengan merujuk pada studi yang dipublikasikan sejak tahun 2020, tinjauan ini akan memberikan gambaran komprehensif tentang perkembangan insiden, faktor penentu utama yang teridentifikasi, dan implikasi kebijakan kesehatan masyarakat yang harus segera ditangani untuk mengekang peningkatan angka kasus DM pada kelompok usia muda.

2. METODE

Tinjauan sistematis ini dilakukan mengikuti pedoman *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) 2020. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan menyintesis bukti epidemiologis terbaru mengenai peningkatan kejadian diabetes melitus tipe 2 (T2DM) pada populasi remaja. Tinjauan ini berfokus pada studi yang dipublikasikan antara tahun 2020 dan 2025 untuk memastikan relevansi data dan keselarasan dengan tren terkini.

Kriteria Kelayakan

Inklusi: Studi yang diterbitkan antara Januari 2020 dan Juli 2025, studi observasional (kohort, *cross-sectional*, ekologis) dan tinjauan sistematis/meta-analisis yang membahas insiden, prevalensi, faktor risiko, atau tren peningkatan T2DM pada remaja berusia 10–19 tahun, studi berbasis populasi atau klinis yang menyajikan data epidemiologi atau temuan signifikan terkait T2DM pada remaja, artikel yang ditulis dalam bahasa Inggris dan diterbitkan dalam jurnal yang ditinjau oleh rekan sejawat.

Eksklusi: Laporan kasus, editorial, opini, surat kepada editor, dan tinjauan naratif yang tidak memiliki metodologi sistematis, studi yang hanya berfokus pada manajemen klinis tanpa data tentang prevalensi, insiden, atau determinan, studi pada populasi dewasa (>19 tahun) tanpa data terpisah untuk remaja.

Strategi Pencarian

Pencarian literatur sistematis dilakukan di tiga basis data elektronik utama, *PubMed*, *Scopus*, dan *Web of Science* - pada Juli 2025. Kata kunci dan operator Boolean disesuaikan agar selaras dengan fokus tinjauan sebagai berikut: ("Diabetes Melitus Tipe 2" ATAU "T2DM") DAN ("remaja" ATAU "pemuda" ATAU "remaja" ATAU "orang muda") DAN ("insiden" ATAU "prevalensi" ATAU "tren" ATAU "epidemiologi" ATAU "faktor risiko"). Pencarian difilter untuk tahun publikasi ≥ 2020 dan dibatasi pada artikel akses terbuka atau yang sepenuhnya dapat diakses. Selain itu, daftar referensi studi yang relevan diperiksa secara manual untuk sumber yang memenuhi syarat lebih lanjut.

Seleksi Studi

Proses seleksi studi dilakukan secara sistematis dan transparan, dengan mematuhi pedoman PRISMA 2020. Dua peninjau independen melakukan seleksi dalam tiga fase utama: identifikasi, penyaringan, dan inklusi menggunakan perangkat lunak Rayyan QCRI untuk mengelola referensi dan meminimalkan bias seleksi.

Fase 1: Identifikasi

Pencarian awal mengidentifikasi 284 catatan dari tiga basis data: PubMed ($n = 110$), Scopus ($n = 95$), Web of Science ($n = 79$). Pencarian dibatasi pada publikasi berbahasa Inggris dari tahun 2020 hingga Juli 2025, menggunakan kombinasi kata kunci berikut: ("Diabetes Melitus Tipe 2" ATAU "T2DM") DAN ("remaja" ATAU "pemuda" ATAU "remaja" ATAU "orang muda") DAN ("insiden" ATAU "prevalensi" ATAU "tren" ATAU "epidemiologi" ATAU "faktor risiko"). Sebelum penyaringan, 245 catatan duplikat dihapus, menghasilkan 39 catatan untuk evaluasi lebih lanjut.

Fase 2: Penyaringan Judul dan Abstrak

39 catatan yang tersisa disaring berdasarkan judul dan abstrak. Studi dikecualikan jika tidak relevan, berfokus pada populasi dewasa saja, tidak ditinjau oleh rekan sejawat, atau terdiri dari editorial, komentar, atau artikel manajemen klinis tanpa data epidemiologi. Setelah penyaringan ini, 20 artikel dipertahankan untuk tinjauan teks lengkap.

Fase 3: Tinjauan Teks Lengkap

Penyaringan teks lengkap dilakukan pada 20 artikel. Artikel dikecualikan jika ukuran hasil tidak relevan, atau jika abstrak tersedia dalam bahasa Inggris, tetapi teks lengkapnya tidak. Berdasarkan kriteria ini, 5 artikel dikecualikan.

Secara total, 15 studi memenuhi semua kriteria inklusi. Ini termasuk studi observasional, analisis tren, tinjauan sistematis, atau meta-analisis yang berfokus pada insiden, prevalensi, tren global, atau faktor risiko T2DM pada remaja berusia 10–19 tahun. Semua studi yang disertakan juga dinilai secara metodologis valid berdasarkan JBI *Critical Appraisal Tool* atau AMSTAR 2.

Ekstraksi Data

Ekstraksi data dilakukan secara sistematis dan terstruktur untuk memastikan konsistensi dan keandalan di seluruh studi yang disertakan. Dua peninjau secara independen mengekstrak data menggunakan formulir ekstraksi data yang telah diuji coba. Perbedaan diselesaikan melalui diskusi atau dengan melibatkan peninjau ketiga sebagai penengah.

Penilaian Kritis

Kualitas metodologis artikel yang termasuk dalam tinjauan sistematis ini dinilai menggunakan alat penilaian kritis *Joanna Briggs Institute* (JBI) dan AMSTAR 2 (untuk tinjauan sistematis). Penilaian dilakukan secara independen oleh dua peneliti dan diselesaikan

melalui konsensus. Tujuan dari tahap ini adalah untuk mengidentifikasi potensi sumber bias dan untuk mengevaluasi validitas internal dan eksternal dari setiap studi yang disertakan. Penilaian mencakup indikator-indikator berikut: kejelasan tujuan penelitian, keselarasan antara desain studi dan tujuan, kejelasan populasi dan metode pengambilan sampel, kualitas data dan instrumen pengukuran, pengelolaan potensi bias, relevansi temuan terhadap populasi remaja, pelaporan analisis statistik dan keterbatasan studi, transparansi mengenai konflik kepentingan dan pendanaan. Setiap penelitian dikategorikan ke dalam salah satu dari tiga tingkat kualitas: tinggi (≥ 7 kriteria terpenuhi), sedang (4–6 kriteria terpenuhi), rendah (≤ 3 kriteria terpenuhi). Sebagian besar studi yang disertakan menunjukkan kualitas metodologis yang tinggi, khususnya studi berskala besar seperti studi GBD dan studi kohort jangka panjang oleh (Xu, Sun, and Xiang, 2025), (Xie *et al.*, 2022), and (Ghormli, 2022). Sebaliknya, beberapa studi dengan desain naratif atau observasional yang tidak memiliki kontrol bias eksplisit seperti (Nada Soliman, Andrea Huseeth-Zosel, Ashraf Soliman, 2022). Semua penelitian dinilai memiliki kualitas sedang. Tidak ada penelitian yang diklasifikasikan sebagai berkualitas rendah, yang menunjukkan bahwa semua artikel memenuhi standar minimum untuk dimasukkan dalam sintesis kualitatif tinjauan ini.

Sintesis Data

Sintesis data dalam tinjauan ini dilakukan menggunakan pendekatan meta-analitik naratif dan deskriptif, dengan mempertimbangkan heterogenitas metodologis di seluruh studi yang disertakan. Sintesis tersebut mencakup data epidemiologi, faktor risiko, dan hasil jangka panjang diabetes melitus tipe 2 (T2DM) pada populasi remaja.

Tren Epidemiologi Global dan Regional

Studi global dan regional berskala besar, seperti yang dilakukan oleh (Xu *et al.*, 2025) (Xie *et al.*, 2022). Secara konsisten menunjukkan peningkatan kejadian diabetes melitus tipe 2 (T2DM) di kalangan remaja selama dekade terakhir. Variasi yang signifikan diamati berdasarkan wilayah geografis dan tingkat perkembangan nasional. (Xu *et al.*, 2025) Dengan menggunakan data GBD 2021, disajikan tren global dan regional beban T2DM pada remaja, yang mengungkapkan peningkatan signifikan khususnya di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah. (Xie *et al.*, 2022) Temuan ini dikuatkan oleh data GBD 2019 yang menyoroti pola serupa dan menawarkan wawasan tambahan tentang kerentanan demografis (Xu *et al.*, 2025) (Xie *et al.*, 2022).

Faktor Risiko dan Patogenesis

Mengidentifikasi berbagai faktor yang berkontribusi terhadap peningkatan kejadian T2DM, termasuk obesitas, pola makan yang tidak sehat, predisposisi genetik, dan pengaruh sosial-lingkungan. Soliman dkk. menggarisbawahi pentingnya kriteria epidemiologis dalam identifikasi risiko dini pada anak-anak dan remaja, termasuk peran pertumbuhan pubertas (Nada Soliman *et al.*, 2022) (Fonseca *et al.*, 2024) (Ramirez-Luzuriaga *et al.*, 2023) menambahkan wawasan etnografi yang unik, menyoroti masa pubertas sebagai periode kritis peningkatan risiko T2DM pada populasi tertentu. (Ramírez-Luzuriaga *et al.*, 2023).

Komplikasi dan Dampak Sosioekonomi

Menyajikan bukti kuat mengenai konsekuensi klinis dan ekonomi dari meningkatnya kejadian T2DM di kalangan remaja, termasuk peningkatan risiko komplikasi mikrovaskular dan makrovaskular, serta beban keuangan jangka panjang bagi sistem perawatan kesehatan (Rodriguez and O’Sullivan 2023; Ghormli 2022).

Manajemen Penyakit dan Transisi

Menekankan pentingnya manajemen komprehensif pada remaja dengan T2DM, termasuk pengendalian glukosa optimal dan intervensi dini pada faktor risiko yang dapat dimodifikasi. Weiner dkk. Juga menyoroiti fase transisi kritis dari pradiabetes ke T2DM sebagai titik penting untuk strategi pencegahan (Xu et al., 2025) (Weiner et al., 2023).

Peran Diet dan Obesitas

Sebuah studi berbasis populasi nasional oleh (Medina *et al.*, 2023) mengevaluasi konsumsi produk susu sebagai faktor diet potensial yang memengaruhi terjadinya T2DM di kalangan remaja di Brasil, memperkaya pemahaman kontekstual di negara berkembang. (Medina *et al.*, 2023). (Salama *et al.*, 2023) Membahas hambatan terhadap pengelolaan berat badan yang efektif pada remaja dengan T2DM sebagai isu kunci dalam pencegahan dan pengendalian penyakit. (Cioana et al. 2022).

Analisis Moderator

Tinjauan sistematis ini mencakup analisis moderator untuk mengeksplorasi variabel-variabel yang memengaruhi variasi insiden T2DM di kalangan remaja dalam berbagai studi epidemiologi terkini. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi kondisi atau variabel yang memodifikasi hubungan antara faktor risiko dan peningkatan insiden T2DM, sehingga memperjelas heterogenitas temuan.

Perbedaan geografis dan sosioekonomi menunjukkan perbedaan signifikan dalam insiden T2DM berdasarkan wilayah geografis dan status ekonomi. Negara-negara berpenghasilan menengah dan rendah menunjukkan peningkatan yang lebih cepat dibandingkan dengan negara-negara berpenghasilan tinggi, kemungkinan karena perbedaan gaya hidup, akses perawatan kesehatan, dan transisi nutrisi (Xu *et al.*, 2025) (Xie *et al.*, 2022). Dengan demikian, tingkat perkembangan geografis dan ekonomi berperan sebagai moderator penting dalam epidemiologi T2DM pada remaja.

Masa pubertas dan perkembangan fisiologis menekankan pubertas sebagai periode kritis peningkatan risiko T2DM, terutama di antara kelompok etnis tertentu dengan predisposisi genetik yang kuat. Faktor-faktor biologis ini memoderasi hubungan antara obesitas, resistensi insulin, dan kejadian diabetes pada remaja. (Ramírez-Luzuriaga et al., 2023).

Gaya Hidup dan Pola Makan, melaporkan bahwa pola makan, termasuk asupan produk susu, dan tingkat aktivitas fisik berfungsi sebagai moderator yang memengaruhi risiko T2DM. Variasi gaya hidup dan nutrisi berkontribusi pada perbedaan tingkat kejadian antara negara berkembang dan negara maju (Fonseca *et al.*, 2024) (Medina *et al.*, 2023).

Obesitas dan Manajemen Klinis, menyoroiti obesitas sebagai moderator kuat yang mempercepat perkembangan T2DM pada remaja. Mereka juga menekankan pentingnya intervensi manajemen klinis komprehensif untuk menjaga kontrol glukosa darah. Variabilitas keberhasilan intervensi juga memoderasi hasil kejadian diabetes (Salama et al., 2023) (Xu et al., 2025).

Faktor genetik dan etnisitas muncul sebagai moderator utama seperti yang diuraikan oleh (Ramírez-Luzuriaga et al., 2023) (Fonseca et al., 2024) dengan populasi tertentu seperti kelompok penduduk asli Amerika yang menunjukkan risiko lebih tinggi karena interaksi genetik dan lingkungan (Ramírez-Luzuriaga et al., 2023).

Transisi pradiabetes ke diabetes: data dari (Weiner et al., 2023). Penelitian menunjukkan bahwa durasi dan perkembangan pradiabetes berperan sebagai moderator dalam perkembangan diabetes tipe 2 (T2DM) di kalangan remaja. Intervensi selama fase prediabetes

ini sangat penting dalam menentukan angka kejadian akhir penyakit tersebut (Weiner et al, 2023).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik studi

Tinjauan ini mencakup 15 studi primer yang menampilkan beragam desain penelitian, mulai dari analisis tren global, tinjauan sistematis, kohort longitudinal, hingga studi observasional regional. (Xu *et al*, 2025) (Xie *et al*, 2022) Keduanya memanfaatkan dataset Global Burden of Disease (GBD), yang menawarkan perspektif epidemiologis jangka panjang yang komprehensif tentang insiden dan prevalensi T2DM pada remaja baik di tingkat global maupun regional. Monteiro da Fonseca dkk. (2021) melakukan tinjauan sistematis yang mengidentifikasi faktor risiko utama, sementara Higgins dkk. (2020) melaporkan data longitudinal dari kohort TODAY, menyoroti hasil jangka panjang di kalangan remaja dengan T2DM. Studi lain seperti yang dilakukan oleh (Ramirez-Luzuriaga *et al*, 2023) (Medina *et al*, 2023). Data populasi regional terintegrasi beserta faktor risiko fisiologis dan budaya. Studi oleh dan (Salama *et al*, 2023) berfokus pada komplikasi dan tantangan manajemen klinis.

Karakteristik Responden

Peserta dalam berbagai penelitian adalah remaja berusia 10–19 tahun, yang mewakili beragam kelompok demografis dari Asia, Amerika Latin, Amerika Serikat, dan komunitas adat Amerika Selatan. Studi GBD oleh (Xu *et al*, 2025) (Xie *et al*, 2022) Data agregat tingkat populasi yang mencakup jutaan orang. Sebaliknya, studi kohort (Higgins *et al*, 2020) mendaftarkan ratusan kasus T2DM yang terkonfirmasi (Salama *et al*, 2023). Sebagian besar penelitian menekankan prevalensi obesitas, riwayat keluarga diabetes, dan variabel sosioekonomi sebagai kontributor utama terhadap peningkatan kejadian T2DM. (Ramirez-Luzuriaga *et al*, 2023) Menambahkan wawasan unik tentang pertumbuhan pubertas dan risiko spesifik etnis selama masa remaja.

Area Fokus Utama

Setelah melalui proses seleksi yang ketat, 15 studi memenuhi kriteria inklusi dan dianalisis. Studi-studi tersebut mencakup penelitian epidemiologi dan sistematis yang membahas insiden, faktor risiko, dan dampak T2DM di kalangan remaja di seluruh dunia.

Tren Global dan Regional dalam Insiden Diabetes Melitus Tipe 2 pada Remaja, data GBD 2021 dari (Xu *et al*, 2025) mengungkapkan peningkatan signifikan dalam kejadian T2DM pada remaja di hampir semua wilayah, dengan peningkatan paling tajam di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah. (Xie *et al*. 2022) Tren ini dikonfirmasi menggunakan data GBD 2019, terutama di Asia dan Amerika Latin.

Faktor Risiko Utama mengidentifikasi obesitas, perilaku kurang gerak, dan predisposisi genetik sebagai pendorong utama kejadian T2DM pada remaja (Nada Soliman *et al*, 2022). Menekankan obesitas sentral dan resistensi insulin sebagai prediktor epidemiologis utama. Data etnografi dari (Ramirez-Luzuriaga *et al*. 2023) lebih lanjut menyoroti pertumbuhan pubertas sebagai faktor risiko pada populasi etnis tertentu.

Dampak sosial dan klinis, beban komplikasi jangka panjang yang terperinci dan konsekuensi sosioekonomi dari peningkatan kejadian T2DM di kalangan remaja. Data kohort (Ghormli, 2022) menunjukkan peningkatan risiko kardiometabolik dan mikrovaskular yang berlanjut hingga awal masa dewasa.

Perkembangan dan Penanganan Penyakit, menyoroti perkembangan pesat dari pradiabetes ke T2DM pada remaja, yang sering diperburuk oleh penanganan penyakit yang kurang optimal. Salama (2022) mengidentifikasi hambatan utama dalam pengelolaan berat badan di kalangan remaja dengan T2DM, yang pada gilirannya berkontribusi pada peningkatan kejadian dan komplikasi.

Faktor Lingkungan dan Pola Makan, ditemukan bahwa konsumsi produk susu berhubungan dengan risiko T2DM di kalangan remaja di Brasil, yang menggarisbawahi peran pola makan budaya dan lingkungan (Medina *et al.*, 2023).

Tinjauan sistematis ini secara konsisten menunjukkan peningkatan global dalam insiden T2DM pada remaja selama dua dekade terakhir. Menggunakan data GBD 2021, Xu *et al.* (2025) mengungkapkan peningkatan substansial dalam beban penyakit di kalangan remaja, dengan perbedaan regional yang dipengaruhi oleh faktor sosial ekonomi dan gaya hidup, sebuah temuan yang didukung oleh Xie *et al.* (2022) yang menggunakan data GBD 2019. Terlepas dari upaya pencegahan, baik prevalensi maupun insiden diabetes tipe 2 pada remaja terus meningkat, terutama di negara-negara berkembang yang mengalami transisi gizi yang cepat. Peningkatan ini terkait erat dengan obesitas, gaya hidup kurang gerak, dan kebiasaan makan yang tidak sehat. (Fonseca *et al.*, 2024) Obesitas sentral diidentifikasi sebagai faktor utama penentu resistensi insulin pada remaja. Meningkatnya angka obesitas sejalan dengan epidemi obesitas remaja global, terutama di lingkungan perkotaan yang ditandai dengan pola makan tinggi kalori dan rendah nutrisi. (Salama *et al.*, 2023).

Selain faktor perilaku, pendorong fisiologis dan genetik juga sangat penting (Ramirez-Luzuriaga *et al.*, 2023). Penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan pubertas yang pesat meningkatkan risiko T2DM, terutama pada kelompok etnis yang memiliki kecenderungan genetik, yang menggarisbawahi bahwa baik lingkungan maupun genetika membentuk risiko penyakit pada remaja. (Akash *et al.* 2021). Dampak klinis dan sosioekonominya sangat besar. (Kablan *et al.* 2025). Komplikasi yang muncul sejak dini seperti neuropati, nefropati, dan retinopati meningkatkan biaya perawatan kesehatan dan menurunkan kualitas hidup pada populasi muda. (Rodriquez, 2023). Tingkat ketidakpatuhan yang tinggi, yang berakar pada masalah psikososial dan dukungan sosial yang lemah, semakin memperburuk perkembangan penyakit. (Salama *et al.* 2023). Intervensi dini yang tidak memadai mempercepat komplikasi. (Ghormli, 2022).

Mengelola diabetes tipe 2 pada remaja menghadirkan tantangan unik dibandingkan dengan orang dewasa (Salama *et al.*, 2023; Xu *et al.*, 2025). Perlu dicatat kesulitan dalam mencapai pengendalian berat badan dan glukosa yang efektif karena intervensi yang tidak tepat, kurangnya motivasi, hambatan psikologis, stigma, dan tekanan teman sebaya (Hyder *et al.*, 2020). Menangani masalah-masalah ini membutuhkan pendekatan multidisiplin yang mengintegrasikan pendidikan kesehatan, dukungan psikososial, serta keterlibatan keluarga dan masyarakat. Transisi dari pradiabetes ke diabetes merupakan jendela intervensi yang kritis (Weiner *et al.* 2023) yang memberikan bukti kuat bahwa intervensi dini pada remaja pradiabetes dapat memperlambat atau menghentikan perkembangan menjadi T2DM, menekankan perlunya skrining rutin dan pencegahan proaktif pada remaja berisiko.

Faktor budaya dan pola makan memodifikasi distribusi insiden (Medina *et al.*, 2023). Penelitian menemukan adanya variasi risiko T2DM yang terkait dengan konsumsi produk susu pada remaja Brasil, yang menyoroti perlunya kebijakan pencegahan yang disesuaikan dengan budaya setempat (Nawaz, Bibi, and Rabia, 2021). Oleh karena itu, strategi kesehatan

masyarakat harus peka terhadap konteks budaya dan sosial ekonomi agar dampaknya berkelanjutan. (Khokhar, Farooq ur Rehman, and Masood 2022). Modifikasi gaya hidup dan pemantauan komplikasi harus diintegrasikan ke dalam layanan kesehatan primer untuk menjangkau remaja secara efektif (Khan and Fiaz, 2020).

Keterbatasan masih tetap ada: variasi metodologis dalam pengukuran insiden dan heterogenitas populasi dapat memengaruhi validitas dan generalisasi. (Najeeb *et al*, 2023). Diperlukan studi jangka panjang yang dirancang secara prospektif dengan sampel besar dan representatif untuk memberikan epidemiologi yang lebih akurat dan untuk menguji efektivitas intervensi. (Javaeed *et al*, 2020). Secara keseluruhan, kejadian diabetes melitus tipe 2 pada remaja merupakan masalah kesehatan masyarakat yang kompleks yang membutuhkan tindakan terkoordinasi dari berbagai pemangku kepentingan, mulai dari individu dan keluarga hingga sistem perawatan kesehatan dan pembuat kebijakan, untuk mengurangi beban penyakit, meningkatkan kualitas hidup, dan mengurangi dampak sosial ekonomi.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Tinjauan sistematis ini mengonfirmasi peningkatan global yang konsisten dalam insiden T2DM pada remaja selama dua dekade terakhir, dengan variasi geografis dan sosioekonomi yang signifikan. Peningkatan ini sangat terkait dengan obesitas, perilaku sedentari, dan pola makan tidak sehat sebagai faktor risiko kolektif yang memicu disfungsi metabolik pada remaja. Faktor fisiologis dan genetik seperti pertumbuhan pubertas yang cepat dan predisposisi spesifik etnis semakin memperburuk risiko pada kelompok usia muda. Konsekuensi klinis meluas melampaui kesehatan langsung, berkontribusi pada komplikasi kronis yang muncul lebih awal dan menimbulkan beban sosial dan ekonomi yang cukup besar.

Upaya untuk mencegah dan mengendalikan diabetes melitus tipe 2 (T2DM) pada remaja menghadapi tantangan yang signifikan, termasuk mengadaptasi intervensi gaya hidup dan manajemen klinis untuk memenuhi kebutuhan spesifik remaja. Bukti mengenai transisi pradiabetes ke diabetes menggarisbawahi pentingnya deteksi dini dan tindakan pencegahan. Pendekatan holistik berbasis bukti diperlukan dalam pengaturan perawatan kesehatan primer dan komunitas untuk menjangkau remaja secara efektif. Kebijakan kesehatan masyarakat harus mengadopsi strategi multisektoral dan peka konteks yang memperhitungkan keragaman budaya, sosial, dan ekonomi. Singkatnya, peningkatan kejadian T2DM pada remaja merupakan tantangan kesehatan masyarakat yang multifaset, yang membutuhkan perhatian kolaboratif yang mendesak dari semua pemangku kepentingan. Studi longitudinal dan representatif lebih lanjut sangat penting untuk memahami dinamika risiko dan mengembangkan strategi pencegahan dan pengobatan yang berkelanjutan dan efektif.

5. REFERENSI

- Aho, T., A. Canal, De ;. Neal, D. Morrison, M. Blaivas, M. ;. Lyon, M. G. Wysoki, T. A. Santaro, R. M. Shah, Ac ;. Friedman, R. Kickuth, S. Adams, J. Kirchner, J. Postor, S. Simon, and D. Liermann. 2009. *Emergency Diagnosis of Fournier's Gangrene with Bedside Ultrasound*. Vol. 59.
- Akash, Muhammad Sajid Hamid, Kanwal Rehman, Komal Jabeen, Fareeha Fiayyaz, Shakila Sabir, and Muhammad Ejaz ul Haq. 2021. "Assessment of Knowledge, Attitude and Practice of Pakistani Population about the Risk Factors, Causes, Complications and Management of Diabetes Mellitus." *Journal of the Pakistan Medical Association* 71(1B):286–96. doi:10.47391/JPMA.434.

- Bahgat, Fouad Fathy, Ibrahim Majed Fetyani, Ali Hamad Alnasser, Abdulmohsen Mohammed Alkhalaf, Mohammed Omar Baqais, and Syed Shahid Habib. 2022. "The Relationship between Fatigue Severity and Mild Cognitive Impairment in Saudi Patients with Type 2 Diabetes Mellitus." *Journal of the Pakistan Medical Association* 72(6):1255–59. doi:10.47391/JPMA.656.
- Carydias, Elisabeth, Andoneta Tasho, Chara Kani, Flora Bacopoulou, Charikleia Stefanaki, and Sophia L. Markantonis. 2022. "Systematic Review and Meta-Analysis of the Efficacy and Safety of Metformin and GLP-1 Analogues in Children and Adolescents with Diabetes Mellitus Type 2." *Children* 9(10).
- Cioana, Milena, Jiawen Deng, Ajantha Nadarajah, Maggie Hou, Yuan Qiu, Sondra Song, Jie Chen, Angelica Rivas, Laura Banfield, Lehana Thabane, Varun Chaudhary, and M. Constantine Samaan. 2022. "Diabetes & Glucose Metabolism ODP185 Diabetic Retinopathy Prevalence in Pediatric Type 2 Diabetes Mellitus: A Systematic Review and Meta-Analysis." doi:10.1210/jendso/bvac150.
- Clara Devina Damayanti. 2024. "Risk Factors Causing Diabetes Mellitus in Children and Adolescent in Indonesia: A Literature Review." *World Journal of Advanced Research and Reviews* 21(3):1142–45. doi:10.30574/wjarr.2024.21.3.0820.
- Fonseca, Elson Max Fernandes da, Nilton Trajano de Oliveira, Márcio Oliveira de Andrade, Jane Alves Cardoso, Erenilda dos Santos Silva, Renata de Araújo Prediger, Ivson dos Anjos Rodrigues, and José Jefferson de Oliveira. 2024. "Factors That Influence the Increase of Type 2 Diabetes Mellitus in Children and Adolescents: A Systematic Review." *REVISTA DELOS* 17(62):e3018. doi:10.55905/rdelosv17.n62-024.
- Ghornli, Laure El. 2022. "Long-Term Outcomes Among Young Adults With Type 2 Diabetes Based on Durability of Glycemic Control: Results From the TODAY Cohort Study." *Diabetes Care* 45(11):2689–97. doi:10.2337/dc22-0784.
- Hasyir, Jasriadi. 2019. "Implementasi Algoritma Genetika Untuk Optimasi Komposisi Makanan Bagi Penderita Kanker Limfoma." (14).
- Hyder, Sheeraz, Nazia Jameel, Syed Muhammad Zulfiqar Hyder Naqvi, Syed Imtiaz Ahmed Jafry, and Shazia Khokhar. 2020. "Knowledge, Attitude and Practices Regarding Diabetes Mellitus Type 2 among People with Diabetes Visiting Outpatient Department of Taluka Hospital, Miro Khan, Sindh." *Journal of the Pakistan Medical Association* 70(12):2266–69. doi:10.5455/JPMA.41143.
- Iafusco, Dario, Roberto Franceschi, Alice Maguolo, Salvatore Guercio Nuzio, Antonino Crinò, Maurizio Delvecchio, Lorenzo Iughetti, Claudio Maffei, Valeria Calcaterra, and Melania Manco. 2023. "From Metabolic Syndrome to Type 2 Diabetes in Youth." *Children* 10(3).
- Javeed, Arslaan, Maria Shahid, Sana Samad Khan, Sanniya Khan Ghauri, Shafqat Husnain Khan, and Zarghoona Wajid. 2020. "Knowledge, Attitudes, and Practices Related to Diabetes Mellitus among Diabetic Patients with Complications in Rawalakot, Azad Kashmir." *Journal of the Pakistan Medical Association* 70(4):667–73. doi:10.5455/JPMA.9502.
- Kablan, Nilufer, Nuray Alaca, Nejla Gercek, Serkan Elarslan, and Yasar Tatar. 2025. "Immediate Effects of Myofascial Release or Taping on Tissue and Plantar Pressure in Diabetes." *Journal of the Pakistan Medical Association* 75(9):1402–8. doi:10.47391/JPMA.21747.
- Khan, Abdul Rehman, and Humera Fiaz. 2020. "Diabetes Mellitus and Dietary Starch in Perspective of Blood Glycaemic Control." *Journal of the Pakistan Medical Association* 70(7):1232–39.
- Khokhar, Saad Ahmed, Rai Muhammad Farooq ur Rehman, and Seemal Masood. 2022. "Comparison of Efficiency between Rosuvastatin and Atorvastatin in Reducing Low-Density Lipoprotein (LDL-C) in Patients with Diabetes Mellitus." *Journal of the Pakistan Medical Association* 72(11):2288–90. doi:10.47391/JPMA.4823.

- Lydia, Aida, Ketut Suastika, Pranawa Martosuwignjo, Roy P. Sibarani, Sally Aman Nasution, and Soebagijo Adi Soelistijo. 2022. *Early Recognition of Type 2 Diabetes Complications and Use of SGLT2i in Multidisciplinary Approach: Indonesian Perspective-An Expert Opinion*. Vol. 54.
- Medina, Marcela, Felipe Vogt Cureau, Beatriz D. Schaan, Vanessa Bielefeldt Leotti, Priscila Bárbara Zanini Rosa, Mark A. Pereira, and Michele Drehmer. 2023. "Association between Dairy Products Consumption and the Prevalences of Combined Prediabetes and Type 2 Diabetes Mellitus in Brazilian Adolescents: A Cross-Sectional Study." *British Journal of Nutrition* 130(12):2162–73. doi:10.1017/S0007114523001356.
- Nada Soliman, Andrea Huseh-Zosel, and Ashraf Soliman. 2022. "Epidemiological Criteria and Risk Factors for Type Two Diabetes Mellitus (T2DM) in Children and Adolescents: Can We Modify Them?" *World Journal of Advanced Research and Reviews* 16(1):174–86. doi:10.30574/wjarr.2022.16.1.1010.
- Najeeb, Tabinda, Mohammad Saleh Soomro, Asher Fawwad, Nazish Waris, Ruqaya Nangrejo, Ifikhar Ahmed Siddiqui, Qamar Aziz, and Abdul Basit. 2023. "Association of Hepcidin Levels in Type 2 Diabetes Mellitus Treated with Metformin or Combined Anti-Diabetic Agents in Pakistani Population." *Journal of the Pakistan Medical Association* 73(2):313–18. doi:10.47391/JPMA.6154.
- Nawaz, Humma, Sahar Bibi, and Mahwish Rabia. 2021. "Meta-Analysis of Diabetes Mellitus Prevalence among Tuberculosis Patients in Asia and Africa." *Journal of the Pakistan Medical Association* 71(4):1200–1205. doi:10.47391/JPMA.846.
- Perng, Wei, Rebecca Conway, Elizabeth Mayer-Davis, and Dana Dabelea. 2023. "Youth-Onset Type 2 Diabetes: The Epidemiology of an Awakening Epidemic." *Diabetes Care* 46(3):490–99.
- Pulungan, Aman Bhakti, Ireska Tsaniya Afifa, and Diadra Annisa. 2018. "Type 2 Diabetes Mellitus in Children and Adolescent: An Indonesian Perspective." *Annals of Pediatric Endocrinology and Metabolism* 23(3):119–25.
- Ramirez-Luzuriaga, Maria J., Sayuko Kobes, Madhumita Sinha, William C. Knowler, and Robert L. Hanson. 2023. "Adolescent Growth Spurt and Type 2 Diabetes Risk in Southwestern American Indians." Pp. 1304–14 in *American Journal of Epidemiology*. Vol. 192. Oxford University Press.
- Ramli, Ramli, Didik Kurniawan, and Hamidah Rahman Rahman. 2021. "Prevention Of Type 2 Diabetes Mellitus Among Adolescents In Ternate City, Indonesia." *Saintika Medika* 17(2):100–111. doi:10.22219/sm.Vol17.SMUMM2.15112.
- Rodriguez, Isabella Marranzini, and Katie L. O’Sullivan. 2023. "Youth-Onset Type 2 Diabetes: Burden of Complications and Socioeconomic Cost." *Current Diabetes Reports* 23(5):59–67.
- Salama, Mostafa, Bridget K. Biggs, Ana Creo, Rose Prissel, Alaa Al Nofal, and Seema Kumar. 2023. "Adolescents with Type 2 Diabetes: Overcoming Barriers to Effective Weight Management." *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity* 16:693–711.
- Serbis, Anastasios, Vasileios Giapros, Konstantinos Tsamis, Foteini Balomenou, Assimina Galli-Tsinopoulou, and Ekaterini Siomou. 2023. "Beta Cell Dysfunction in Youth- and Adult-Onset Type 2 Diabetes: An Extensive Narrative Review with a Special Focus on the Role of Nutrients." *Nutrients* 15(9).
- Setiyorini, Erni, Ning Arti Wulandari, and Yeni kArtika Sari. 2018. "Upaya Untuk Meningkatkan Kualitas Hidup Lansia Melalui Perlihat (Persatuan Lansia Ingin Hidup Sehat) Di Desa Jatidowo Kecamatan Rejotangan Kabupaten Tulungagung." *Journal Unusa* 2(2):354-. <http://journal2.unusa.ac.id/index.php/CDJ/article/view/652/553>.
- Simbolon, Demsa, Afriyana Siregar, and Ruzita Abd Talib. 2020. "Physiological Factors and Physical Activity Contribute to the Incidence of Type 2 Diabetes Mellitus in Indonesia." *Kesmas* 15(3):120–27. doi:10.21109/KESMAS.V15I3.3354.

- Urakami, Tatsuhiko. 2023. "Clinical Pediatric Endocrinology Review Treatment Strategy for Children and Adolescents with Type 2 Diabetes-Based on ISPAD Clinical Practice Consensus Guidelines 2022." 32(3):125–36. doi:10.1297/cpe.32.2023-0007.
- Weiner, Alyson, Meng Zhang, Sheng Ren, Beverly Tchang, Rachelle Gandica, and Jaime Murillo. 2023. "Progression from Prediabetes to Type 2 Diabetes Mellitus in Adolescents: A Real World Experience." *Frontiers in Clinical Diabetes and Healthcare* 4. doi:10.3389/fcdhc.2023.1181729.
- Xie, Jinchu, Maoqing Wang, Zhiping Long, Hua Ning, Jingkuo Li, Yukun Cao, Yunfei Liao, Gang Liu, Fan Wang, and An Pan. 2022. "Global Burden of Type 2 Diabetes in Adolescents and Young Adults, 1990-2019: Systematic Analysis of the Global Burden of Disease Study 2019." *BMJ*. doi:10.1136/bmj-2022-072385.
- Xu, Si Te, Mu Sun, and Yu Xiang. 2025. "Global, Regional, and National Trends in Type 2 Diabetes Mellitus Burden among Adolescents and Young Adults Aged 10–24 Years from 1990 to 2021: A Trend Analysis from the Global Burden of Disease Study 2021." *World Journal of Pediatrics*. doi:10.1007/s12519-024-00861-8.