

Faktor Predisposisi, Klasifikasi Subgrup, Biomarker dan Mekanisme Pencegahan Obesitas : Tinjauan Pustaka

Mira Andini^{1*}, Budirman², Besse Uswatun Hasanah³

¹Jurusan Gizi, Poltekkes Kemenkes Makassar, Makassar, Indonesia

²Jurusan Kesehatan Lingkungan, Poltekkes Kemenkes Makassar, Makassar, Indonesia

³Jurusan Teknologi Laboratorium Medis, Poltekkes Kemenkes Makassar, Makassar, Indonesia

*Corresponding author: mira_andini@poltekkes-mks.ac.id

Info Artikel: Diterima bulan April 2025 ; Disetujui bulan Juni 2025 ; Publikasi bulan Juni 2025

ABSTRACT

Obesity has emerged as a critical public health challenge globally, driven by multifactorial predisposing elements such as sociodemographic, behavioral, genetic, and obesogenic environmental factors. This systematic literature review synthesizes evidence on obesity subgroups (e.g., metabolically healthy obese [MHO], metabolically unhealthy obese [MUO]), biomarkers (microRNAs, adipokines, oxidative stress markers, gut microbiota, and lipid accumulation product indices), and prevention strategies. A systematic search of PubMed, Scopus, and Web of Science databases (2010–2023) identified peer-reviewed studies addressing obesity's etiology, classification, and interventions. Key findings highlight the interplay between early-life nutritional deficiencies and later metabolic dysregulation, the role of visceral adipose tissue (VAT) in refining obesity phenotypes, and the diagnostic potential of biomarkers like miR-222 and leptin. Prevention strategies, including school-based nutrition education, taxation of ultra-processed foods, and bariatric surgery for severe cases, demonstrate varying efficacy across populations. This review emphasizes the need for multidimensional approaches tailored to regional contexts, particularly in low- and middle-income countries where the double burden of malnutrition persists. By integrating evidence on genetic-environmental interactions and novel biomarkers, this study provides actionable insights for policymakers and healthcare practitioners to mitigate obesity's escalating burden.

Keywords : Predisposing factors, subgroup classification, biomarkers, prevention mechanisms, obesity

ABSTRAK

Obesitas telah muncul sebagai tantangan kesehatan masyarakat yang kritis secara global, didorong oleh elemen predisposisi multifaktorial seperti sosiodemografi, perilaku, genetik, dan faktor lingkungan obesogenik. Tinjauan literatur sistematis ini mensintesis bukti tentang subkelompok obesitas (misalnya, obesitas yang sehat secara metabolik [MHO], obesitas yang tidak sehat secara metabolik [MUO]), biomarker (mikroRNA, adipokin, penanda stres oksidatif, mikrobiota usus, dan indeks produk akumulasi lipid), dan strategi pencegahan. Pencarian sistematis pada database PubMed, Scopus, dan Web of Science (2010-2023) mengidentifikasi studi yang telah ditinjau oleh rekan sejawat yang membahas etiologi, klasifikasi, dan intervensi obesitas. Temuan-temuan utama menyoroti interaksi antara defisiensi nutrisi di awal kehidupan dan disregulasi metabolisme di kemudian hari, peran jaringan adiposa visceral (VAT) dalam menyempurnakan fenotipe obesitas, dan potensi diagnostik biomarker seperti miR-222 dan leptin. Strategi pencegahan, termasuk pendidikan gizi berbasis sekolah, pajak makanan ultra-proses, dan bedah bariatrik untuk kasus yang parah, menunjukkan kemanjuran yang berbeda-beda di seluruh populasi. Tinjauan ini menekankan perlunya pendekatan multidimensi yang disesuaikan dengan konteks regional, terutama di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah di mana beban ganda malnutrisi masih ada. Dengan mengintegrasikan bukti-bukti interaksi genetik-lingkungan dan biomarker baru, penelitian ini memberikan wawasan yang dapat ditindaklanjuti bagi para pembuat kebijakan dan praktisi kesehatan untuk mengurangi beban obesitas yang terus meningkat.

Kata Kunci: Faktor predisposisi, klasifikasi subkelompok, biomarker, mekanisme pencegahan, obesitas

PENDAHULUAN

Selama beberapa dekade terakhir, obesitas telah menjadi masalah kesehatan masyarakat yang semakin meningkat di seluruh dunia, dan kondisi terkaitnya berbeda di setiap wilayah. Sebagai contoh, di Cina, Rusia, dan Afrika Selatan, obesitas dikaitkan dengan hipertensi, angina, diabetes dan artritis, sedangkan di India, dikaitkan dengan hipertensi. Di Indonesia, beban ganda malnutrisi—di mana kekurangan gizi terjadi bersamaan dengan obesitas—diperparah oleh urbanisasi, pemasaran industri makanan, dan kebijakan kesehatan masyarakat yang tidak memadai. Kajian ini mengkontekstualisasikan temuan global dalam situasi tersebut. Obesitas juga dapat menyebabkan berbagai macam penyakit lainnya.¹⁻² Secara umum, obesitas didefinisikan sebagai akumulasi berlebihan atau distribusi lemak tubuh yang tidak normal dan dapat mempengaruhi kesehatan.³ Obesitas diklasifikasikan, terutama, berdasarkan indeks massa tubuh (IMT, kg/m²), yang merupakan kriteria yang sangat terbatas.⁴ Obesitas diperumit oleh penyakit lain seperti diabetes melitus tipe 2 (T2DM), steatosis hepatis, penyakit kardiovaskular, stroke, dislipidemia, hipertensi, masalah kandung empedu, osteoarthritis, *sleep apnea*, dan masalah pernapasan lainnya serta beberapa jenis kanker (endometrium, payudara, ovarium, prostat, hati, kandung empedu, ginjal, dan usus besar), yang kesemuanya dapat meningkatkan risiko kematian. Kasus-kasus yang

berkaitan dengan penyakit kelenjar hipofisis, tiroid, dan adrenal dianggap sebagai patologi yang berdiri sendiri, namun dapat mengindikasikan obesitas.⁵⁻⁶

Obesitas poligenik multifaktorial melibatkan beberapa gen polimorfik. Subtipe ini disebabkan oleh faktor lingkungan seperti pola makan, kurangnya latihan fisik, makanan ultra-proses, makanan cepat saji, mikrobioma, dan kontaminan kimiawi yang dapat mengubah ekspresi gen.⁷

Masalah penting lainnya saat ini adalah munculnya obesitas sarkopenik. Obesitas sarkopenik didefinisikan sebagai hilangnya otot rangka dan akumulasi lemak tubuh yang berlebih. Secara klinis, hal ini dapat didiagnosis melalui biopsi otot, computed tomography atau spektroskopi resonansi magnetik, analisis impedansi bioelektrik (BIA), dan sinar-X energi ganda. Pada dasarnya, konsekuensi dari obesitas sarkopenik adalah kerusakan sel hati, baik karsinogen maupun kelainan.⁸ Hal ini sangat lazim terjadi pada populasi usia lanjut meskipun tidak mendapat penekanan di sebagian besar negara.

Faktor Predisposisi Obesitas

Para ahli menyebutkan variasi faktor predisposisi bergantung pada keadaan geografis, kondisi sosial, faktor politik dan ekonomi, dan genetika manusia. Secara keseluruhan, faktor yang paling umum adalah sosiodemografi, perilaku, genetik, dan lingkungan obesogenik.

Faktor Sosiodemografi. Berdasarkan analisis penyebab malnutrisi yang dilakukan oleh United Nations Children's Fund (UNICEF), ada tiga penyebab yang teridentifikasi. Menurut kerangka kerja tersebut, penyebab dasar termasuk kemiskinan, kondisi sosial, dan faktor politik, ekonomi, ekologi, dan faktor lainnya merupakan akar penyebab dari segala bentuk malnutrisi.⁹ Studi literatur yang berbeda secara eksplisit mengidentifikasi faktor sosiodemografi yang sangat berkorelasi dengan obesitas, misalnya, usia yang lebih tua^{10,11}, menikah (status pernikahan)¹², tingkat kemiskinan^{11,13,14-16}, tempat tinggal di perkotaan^{11,13,15,17}, jenis kelamin^{10,18}, belajar di sekolah swasta^{10,18-20}, kemudahan mengakses makanan cepat saji, makanan tinggi energi dan makanan sumber hewani dalam kemasan¹⁰, migrasi dari desa ke kota, penggantian sumber perolehan makanan²¹, tingkat pendidikan yang lebih tinggi^{11,22-23} dan status kehamilan^{11,17}. Bertentangan dengan temuan sebelumnya, sebuah penelitian yang dilakukan pada wanita Perancis menunjukkan bahwa memiliki pendapatan yang lebih tinggi, kelas pekerjaan yang lebih tinggi, dan tingkat pendidikan yang lebih tinggi dapat menurunkan kejadian obesitas²⁴. Penyebab lain dari obesitas terutama di negara-negara berkembang adalah kekurangan gizi di awal kehidupan yang menyebabkan gangguan metabolisme di kemudian hari. Korelasi antara kekurangan gizi pada masa kanak-kanak dan perkembangan obesitas di kemudian hari bersifat idiopatik; tetapi ada hipotesis yang berbeda yang dinyatakan oleh para ahli. Di antaranya, yang pertama adalah ketika ada peningkatan dalam status sosial ekonomi, dan standar hidup serta paparan lingkungan obesogenik di luar rahim yang menyebabkan obesitas. Hal ini mungkin disebabkan oleh ketidakseimbangan antara kebutuhan zat gizi selama dalam kandungan dan setelah lahir. Kedua, respon positif dari kekurangan zat gizi di dalam rahim untuk melindungi organ-organ vital dan paparan lingkungan obesogenik juga dapat menyebabkan obesitas.¹⁰

Faktor Perilaku (Kebiasaan Makan dan Gaya Hidup). Para ahli gizi selalu menggunakan pepatah berikut untuk menjelaskan pengaruh pola makan terhadap kesehatan kita "apa yang Anda makan hari ini, itulah yang akan menentukan hidup Anda esok hari." Kebiasaan makan adalah faktor utama yang menentukan kesehatan kita. Secara ilmiah, mengonsumsi makanan tinggi energi, seperti makanan manis, minuman ringan, makanan berlemak, dan alkohol, sangat berkorelasi dengan obesitas dan penyakit kronis.²⁵⁻²⁷ Para ahli juga menyebutkan bahwa budaya dan kebiasaan makan²⁸, mengonsumsi makanan ultraproces (karbohidrat olahan)²¹, konsumsi alkohol yang berlebihan¹²⁻¹³, dan pola makan yang monoton atau kualitas makanan yang buruk^{25,26,29,30} meningkatkan terjadinya obesitas. Sarapan dan buah mengurangi terjadinya obesitas²⁹, dan dengan kata lain, camilan malam menginduksi obesitas.³¹ Banyak studi literatur yang secara ekstensif mengidentifikasi bahwa latihan fisik yang tidak teratur atau kurangnya aktivitas fisik^{13,12,14,22,28,32} menonton televisi atau waktu yang lama di depan layar^{29,32}, durasi tidur yang pendek atau kerja shift^{14,26,32}, stres, lingkungan yang obesogenik (urbanisasi dan industrialisasi)³², merokok¹³ dan seringnya menggunakan taksi sebagai alat transportasi^{13,35} merupakan faktor penentu kelebihan berat badan/obesitas. Menonton layar elektronik selama lebih dari 2 jam dapat meningkatkan perkembangan obesitas karena selama pengamatan sederhana, otak tidak menggunakan glukosa dan akibatnya, metabolisme karbohidrat menjadi glikogen dan lemak meningkat secara konsisten.^{29,32} Korelasi antara stres dan perkembangan obesitas memiliki perspektif ilmiah yang berbeda. Sebagian besar ahli menyimpulkan bahwa variasi hormon mungkin menjadi penyebabnya. Selama stres, kadar kortisol meningkat yang merupakan penyebab kelebihan produksi lemak perut dengan meningkatkan nafsu makan (asupan harian).³⁵⁻³⁷

Faktor Genetik. Bukti menunjukkan bahwa riwayat keluarga dengan obesitas dan gen yang diatur secara genetis berbeda merupakan risiko obesitas.¹⁴⁻²⁸ Studi asosiasi genom (GWAS) mengidentifikasi bahwa lebih dari 250 gen/lokus berhubungan dengan obesitas. Dari gen-gen tersebut, gen yang berhubungan dengan massa lemak dan obesitas (FTO) menunjukkan peran penting dalam perkembangan obesitas dan diabetes tipe 2. Sebuah studi yang

dilakukan di antara orang dewasa secara eksplisit mengakui korelasi antara gen-gen ini dengan indeks massa tubuh (IMT), indeks massa lemak (FMI), dan konsentrasi leptin.^{34,37-40} Hampir semua penelitian yang termasuk dalam tinjauan ini menggunakan desain penelitian *cross-sectional*, dan sebagian besar penelitian tersebut menilai obesitas dengan standar WHO (Tabel).

Tabel. Deskripsi karakteristik dari penelitian yang termasuk dalam artikel ini

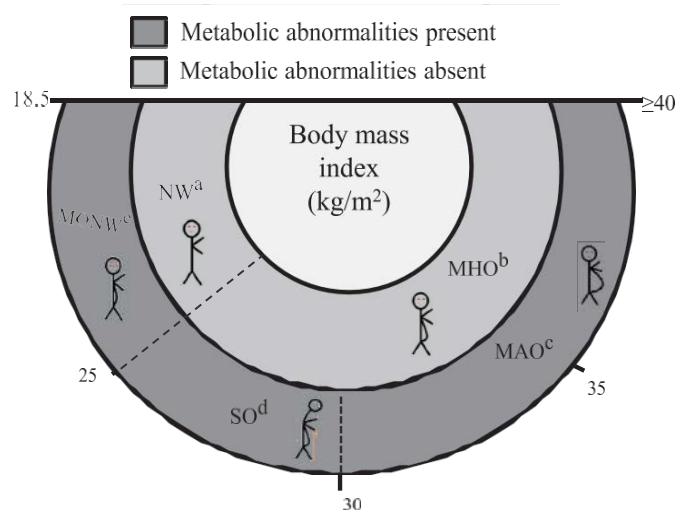
Penulis, negara	Populasi penelitian	Studi desain	Indikator Antropometri	Kriteria	Prevalensi Obesitas	Faktor Resiko
Al-Lahham et al. ¹⁷ Palestina	Anak sekolah (N=1320)	Cross-sectional	Persentil IMT	CDC	15,7%	Tinggal di perkotaan dan ukuran lingkaran pinggang yang besar
Golshevsky et al. ³² Australia	Anak-anak (N=342)	Cross-sectional	Persentil IMT	CDC	Tidak ada	Menonton TV, <i>sleep apnea</i>
Gokosmanoglu et al. ²⁸ , Turkey	Remaja (N=750)	Cross-sectional	IMT	WHO	4%	Jarang melakukan aktivitas fisik, riwayat obesitas pada keluarga, konsumsi roti dan kue
Chomba et al. ⁴¹ Tanzania	Anak sekolah (N=451)	Cross-sectional	Persentil IMT	WHO	12,6%	Perempuan, waktu tidur dan kebiasaan makan yang tidak teratur
Baratin et al. ⁴² Ghanaians	Dewasa (N=5898)	Cross-sectional	IMT	WHO	Tidak ada	Kejadian dalam hidup yang tidak sesuai harapan, stress di tempat kerja
Baalwa et al. ¹³ , Uganda	Dewasa (N=683)	Cross-sectional	IMT	WHO	2,3%	Tinggal di perkotaan, konsumsi alkohol, merokok, kurang aktivitas fisik, tingkat kekayaan dan penggunaan alat transportasi
Addo et al. ¹² Ghana	Dewasa (N=180)	Cross-sectional	IMT	WHO	17,8%	Tidak aktif secara fisik, konsumsi alkohol, menikah, usia tua
Karki et al. ⁴³ Nepal	Anak sekolah (N=575)	Cross-sectional	IMT menurut Umur-JK	WHO	7,1%	Tingkat pendidikan Ibu, tingkat pekerjaan Ibu, konsumsi makanan tinggi energi, perilaku kurang aktivitas
Ganle et al. ²⁵ , Ghana	Anak sekolah (N=285)	Cross-sectional	IMT	WHO	21,2%	Usia 11-16 tahun, tingkat pendidikan keluarga, konsumsi minuman bersoda
Firouzbakht et al. ¹⁶ , Iran	Wanita (N=680)	Cross-sectional	IMT	WHO	51,2%	Modal sosial struktural yang lemah
Adom et al. ¹⁸ Africa	Anak-anak (N=89468)	Systematic review and meta-analysis	IMT	WHO/ CDC/ IOTF	6,1%, 6,9%, 4%	Tempat tinggal dan belajar di sekolah swasta
Al Kibria et al. ¹¹ , India	Wanita (N=657, 168)	Cross-sectional	IMT	WHO	5,1%	Usia tua, pernah hamil, pernah menikah, beragama Islam, tingkat pendidikan, kaya dan tinggal di perkotaan
Al-Raddadi et al. ²² , Saudi Arabia	Dewasa (N=1419)	Cross-sectional	IMT	WHO	34,8%	Tidak ada faktor yang teridentifikasi
Narciso et al. ¹⁴	Remaja (N=)	Systematic review	IMT			Faktor genetik dan sosial ekonomi
Sagbo et al. ²⁹ , Togo	Remaja (N=634)	Cross-sectional	IMT	IOTF	1,9%	Menonton televisi, skor keanekaragaman makanan
Hu et al. ²⁰ , China	Dewasa (N=15364)	Cross-sectional	IMT	WHO	7,9%	Tempat tinggal di perkotaan

Sub Kelompok Obesitas

Meskipun tidak ada definisi yang jelas untuk mengklasifikasikan subkelompok obesitas, terdapat penanda atau indeks yang berguna untuk membuat dasar seperti jaringan adiposa visceral, dan massa lemak, yang bersama-sama dengan IMT, lingkaran pinggang dan WHtR, semuanya terkait dengan adipositas intra-abdomen yang dapat membantu klasifikasi sub kelompok obesitas.⁴⁵

Baru-baru ini, klasifikasi obesitas dievaluasi dan divalidasi kembali dengan mempertimbangkan morbiditas dan mortalitas pada tingkat populasi. Obesitas selanjutnya diklasifikasikan menjadi empat kategori: (1) normal obesitas (NWO), (2) obesitas metabolik berat normal (MONW), (3) obesitas yang sehat secara metabolik (MHO), dan (4) obesitas yang tidak sehat secara metabolik (MUO).⁴⁶ Pendekatan yang ada saat ini lebih dapat diandalkan daripada pendekatan sebelumnya untuk memprediksi obesitas dan gangguan korelasinya karena hanya menggunakan IMT.

Mayoral, et al, Sub Tipe dan Biomarker Obesitas



Gambar diadaptasi dari Phillips dkk. (2013), yang memvalidasi fenotip metabolik menggunakan absorptiometri sinar-X energi ganda (DEXA). Perbedaan antara fenotipe obesitas. ^a Berat badan normal (NW) yang sehat secara metabolik dan memiliki jaringan adiposa visceral (VAT) yang normal serta IMT yang normal. ^b Individu dengan obesitas yang sehat secara metabolik (MHO) memiliki indeks massa tubuh (IMT) yang tinggi dan profil metabolik yang sehat, ditandai dengan memiliki lemak tubuh yang berlebihan, sensitivitas insulin yang tinggi, indeks massa VAT/total lemak tubuh yang rendah, dan VAT yang rendah. ^c Individu yang mengalami obesitas abnormal metabolik (MAO) memiliki IMT yang tinggi, dikaitkan dengan profil metabolik yang tidak normal, PPN yang tinggi, dan peningkatan asam urat. ^d Obesitas sarkopenis (SO) ditandai dengan hilangnya massa dan fungsi otot rangka, meningkatnya risiko perubahan metabolik terutama pada individu yang lebih tua dan memiliki VAT tinggi dengan IMT antara 25 dan 30 kg/m². (e) Individu dengan berat badan normal obesitas metabolik (MONW) memiliki VAT yang tinggi dan IMT yang normal. Sumber: Ref. 46.

Untuk membedakan ada atau tidaknya komponen metabolik, VAT berguna karena secara mekanis berhubungan dan merupakan prediktor terkuat untuk resistensi insulin, T2DM, hipertensi dislipidemia, dan penyakit kardiovaskular.⁴⁷ Kelemahan dari pengukuran VAT adalah tingginya biaya dan kesulitan dalam melaksanakan prosedur ini. Pemeriksaan ini mungkin tidak akurat, tetapi berguna jika faktor-faktor seperti usia, ras, etnis, dan jenis kelamin juga turut dipertimbangkan. Sebagai contoh, lingkaran pinggang memiliki korelasi yang baik dengan ukuran DEXA untuk persentase massa lemak dan sindrom metabolik.⁴⁸ Indeks sederhana, yang dievaluasi dalam sebuah studi cross-sectional dengan 17.029 individu non-diabetes dari Survei Pemeriksaan Kesehatan dan Gizi Nasional Korea, yang membedakan individu dengan MONW dari MHO adalah indeks glukosa trigliserida (TyG).⁴⁹ Penanda lain dari obesitas visceral: indeks adipositas visceral dan *lipid accumulation product* (LAP) baik untuk mengidentifikasi fenotipe MONW; ini dievaluasi pada 3552 orang dengan berat badan normal di China dan mengidentifikasi orang-orang yang cenderung menderita penyakit metabolik.¹¹

Biomarker

Biomarker adalah indikator biologis untuk gangguan tertentu dalam tubuh kita. Berbagai kategori biomarker dilaporkan secara global. Di antaranya, yang umum dan banyak diterapkan adalah microRNA, biomarker inflamasi, adipositokin, stres oksidatif, mikrobiota usus, tingkat nutrisi, dan profil sel darah.

Mikro-RNA. Sebuah studi yang dilakukan pada anak-anak, mengidentifikasi empat miRNA yang diekspresikan secara berlebihan pada pasien dengan obesitas (miR-222, miR-142-3, miR-140-5p, dan miR-143) dan dua miRNA (miR-122 dan miR-34a) yang diekspresikan secara berlebihan pada anak-anak dengan obesitas dan penyakit hati berlemak nonalkohol (NAFLD) dan/atau resistensi insulin. MiRNA merupakan biomarker diagnostik obesitas dan gangguan lain seperti penyakit kardiovaskular.⁵¹ Studi lain juga melaporkan delapan miRNA yang ditemukan pada populasi obesitas, yaitu, PTEN gen (hsa-miR-130b-3p, hsa-miR-142-5p, hsa-miR-148a-3p, hsa-miR-21-5p, hsa-miR23a-3p, hsa-miR-26b-5p, hsa-miR320a, and hsa-miR-486-5p).⁵²⁻⁵⁴ Deteksi dini dari perubahan kadar miRNA yang merupakan strategi untuk mengkarakterisasi obesitas dan untuk mengatur pola makan. Lebih dari itu, pemeriksaan biomarker pada tahap awal biasanya terkait dengan penyakit atau sindrom metabolik. Sebagai hasilnya, identifikasi miRNA ini adalah strategi untuk pendekatan agnostik serta untuk mencegah terjadinya penyakit tersebut.³⁹

Biomarker Inflamasi. Para peneliti menggambarkan biomarker inflamasi (protein C-reaktif, interleukin-6, dan faktor nekrosis tumor) yang diidentifikasi pada populasi obesitas.⁵²⁻⁵³

Adipositokin. Adipositokin dapat berperan dalam hubungan yang diamati antara obesitas dan penyakit terkait. Ini memiliki potensi prediktif yang tinggi untuk identifikasi yang merugikan kondisi kardiovaskular, demikian pula dengan *Plasminogen Activator Inhibitor-1* (PAI-1) ditemukan sebagai faktor risiko independen untuk gangguan metabolisme terkait obesitas, meskipun perlu penelitian lebih lanjut tentang mekanisme aksi ini.⁵⁵ Artikel lain juga menunjukkan bahwa adiponektin, omentin, apelin, leptin, resistin, dan protein pengikat asam lemak-4 adalah biomarker yang menjanjikan untuk obesitas.⁵²⁻⁵³

Stres Oksidatif. Stres oksidatif yang tinggi dalam tubuh biasanya dikaitkan dengan hasil pengukuran antropometri yang tinggi, khususnya IMT dan rasio lingkar pinggang:pinggul.^{53,55} Di antara berbagai antioksidan, isoprostan F2 banyak digunakan untuk menilai oksidasi lipid dan dapat memprediksi perubahan biologis dan penyakit kardiovaskular akibat obesitas meskipun spesifisitas dan sensitivitas tidak ditentukan. Juga, glutathione peroksidase memiliki sifat antioksidan dan antiaterosklerosis yang kuat. Selain itu, faktor komplemen 3 dan Monocyte Chemo-atraktan Protein-1 (MCP-1) meningkatkan penumpukan lemak dan juga aterosklerosis, penimbunan lemak berlebih dan risiko kardiovaskular.⁵⁵

Mikrobiota Usus. *Helicobacter pylori* adalah indikator untuk mengetahui perkembangan obesitas; meskipun patofisiologi belum diketahui secara pasti. Sebagian besar penelitian berkorelasi dengan hormon seperti leptin dan ghrelin. Dalam keadaan fisiologi normal, ghrelin mengatur siklus kenyang-lapar dan leptin terlibat dalam pengurangan konsumsi makanan. Sebagai akibat dari tingkat leptin, asupan makanan akan berkurang sehingga pengurangannya mungkin melibatkan asupan makanan yang berlebihan dan kejadian obesitas. Sebaliknya, kurangnya konsentrasi plasma ghrelin berakhir dengan terjadinya adaptasi fisiologis untuk menyeimbangkan energi positif yang terkait dengan obesitas.⁵³⁻⁵⁶

Profil Sel Darah. Kelompok obesitas yang tidak sehat memiliki nilai trombosit kritis (PCT) yang jauh lebih tinggi, dan nilai trombosit-ke-limfosit (PLR), jumlah sel darah putih dan lebar distribusi sel darah merah (RDW) lebih tinggi dan signifikan secara statistik pada populasi obesitas.⁵⁷

Zat Gizi. Kadar asam amino rantai cabang (BCAA), asam lemak tak tersterifikasi, asam organik, asilkarnitin, konsentrasi serum vitamin D dan fosfolipid diidentifikasi sebagai biomarker potensial pada pemeriksaan untuk mengidentifikasi obesitas.⁵⁸⁻⁵⁹

Mekanisme Pencegahan Obesitas

Obesitas adalah gangguan yang terjadi karena perilaku individu dan lingkungan. Oleh karena itu, untuk mencegah obesitas, perlu dilakukan langkah-langkah di antaranya, sebagai berikut.

Pendidikan Gizi. Pendidikan gizi adalah salah satu pendekatan yang umum dipraktikkan di sekolah-sekolah untuk mengurangi obesitas di Amerika Serikat. Menyebarluaskan pendidikan kesehatan dan mengembangkan standar konsumsi makanan di tingkat organisasi juga memiliki dampak yang signifikan⁶⁰; program penurunan berat badan⁶¹ dan di tempat lain, pendekatan pencegahan diabetes juga efektif untuk mengurangi obesitas.⁶² Studi intervensi yang diberi judul “Sekolah Dasar Sehat Masa Depan” yang dilaksanakan di Belanda terutama berfokus pada makan siang, pendekatan pola makan sehat, dan sesi aktivitas fisik serta menurunkan skor-z IMT anak-anak.⁶³ Program lain yang dilakukan di Brooklyn berjudul “*Live Light Live Right Program*” adalah intervensi gaya hidup yang menggunakan penilaian medis, pendidikan gizi, akses ke kelas kebugaran fisik, dan modifikasi perilaku untuk mengurangi Z-Skor IMT.⁶⁴ Bahkan aktivitas fisik yang moderat pun efektif untuk mengendalikan kelebihan berat badan/obesitas di kalangan wanita hamil.^{64,65}

Mengembangkan Rencana Gaya Hidup Nonsedentary. Aktivitas fisik, mengurangi waktu sedentari, mengurangi konsumsi makanan cepat saji, tidur 7-9 jam per hari, menghindari merokok, dan kebiasaan minum alkohol dalam jumlah sedang adalah upaya yang efektif untuk mengurangi obesitas.⁶⁶

Subsidi Makanan Sehat dan Pajak Makanan Cepat Saji. Salah satu hal yang dapat dilakukan oleh Pemerintah untuk mengurangi kejadian obesitas adalah dengan subsidi makanan sehat atau meningkatkan pajak makanan cepat saji. Hal ini telah diterapkan di Inggris; skenario ini menunjukkan bahwa kenaikan harga makanan ringan tinggi gula sebesar 20% menunjukkan penurunan yang signifikan pada asupan energi, IMT, dan prevalensi obesitas. Hasilnya, meningkatkan pajak atau harga makanan tidak sehat adalah pendekatan yang efektif untuk mengendalikan obesitas dan gangguan metabolisme.⁶⁷

Pembedahan. Bedah metabolik dan bariatrik pada populasi anak memberikan dampak yang efektif berbasis bukti untuk mengatasi obesitas tingkat berat dan penyakit penyerta terkait obesitas di Amerika Serikat.⁶⁸

SIMPULAN DAN SARAN

Obesitas menjadi masalah kesehatan masyarakat serius. Faktor predisposisi obesitas yang paling umum adalah sosiodemografi, perilaku, genetik, dan lingkungan obesogenik. Ada banyak biomarker dalam menilai obesitas, diantaranya adalah mikroRNA, adiposit, stres oksidatif, dan mikrobiota. Karena konsekuensi dari obesitas sangat luas dan saling terkait, strategi pencegahan simultan adalah hal yang wajib dilakukan. Tinjauan ini tidak termasuk studi non-Inggris, yang berpotensi menimbulkan bias bahasa. Penelitian di masa depan harus memasukkan literatur lain dan data longitudinal. Penelitian lanjutan sangat dibutuhkan untuk mengetahui efektivitas biaya skrining berbasis indeks TyG di negara dengan sumber daya yang terbatas.

DAFTAR PUSTAKA

1. Shukla A, Kumar K, Singh A. Association between obesity and selected morbidities: A study of BRICS countries. *PLoS One*; 9 : e94433, 2014.
2. Cabrera-Fuentes HA, Alba-Alba C, Aragonés J, Bernhagen J, Boisvert WA, Bøtker HE, *et al.* Meeting report from the 2nd International Symposium on New Frontiers in Cardiovascular Research. Protecting the cardiovascular system from ischemia: Between bench and bedside. *Basic Res Cardiol*; 111 : 7, 2016.
3. Bray GA. Evaluation of obesity. Who are the obese? *Postgrad Med*; 114 : 19-27, 38, 2003.
4. Romero-Corral A, Somers VK, Sierra-Johnson J, Thomas RJ, Collazo-Clavell ML, Korinek J, *et al.* Accuracy of body mass index in diagnosing obesity in the adult general population. *Int J Obes (Lond)*; 32 : 959-66. 2008.
5. Purnamasari D, Badarsono S, Moersadik N, Sukardji K, Tahapary DL. Identification, evaluation and treatment of overweight and obesity in adults: Clinical practice guidelines of the obesity clinic, Wellness Cluster Cipto Mangunkusumo Hospital, Jakarta, Indonesia. *JAFES*; 26 : 117-21, 2011
6. Álvarez-Castro P, Sangiao-Alvarellos S, Brandón-Sandá I, Cordido F. [Endocrine function in obesity]. *Endocrinol Nutr* Vol 58 : 422-32, 2011.
7. Muñoz Yáñez C, García Vargas GG, Pérez-Morales R. Monogenic, polygenic and multifactorial obesity in children: Genetic and environmental factors. *Austin J Nutr Metab* 2017; 4 : 1052.
8. G. Baffy, "Sarcopenic obesity in liver cancer: it is SO complicated," *HepatoBiliary Surgery and Nutrition*, vol. 8, no. 5, pp. 560–562, 2019.
9. United Nations Children's Fund, Strategy for Improved Nutrition of Children and Women in Developing Countries UNICEF, United Nations Children's Fund, New York, NY, USA, 1990.
10. N.D.Ford, S.A.Patel, and K.M.V.Narayan, "Obesity in low- and middle-income countries: burden, drivers, and emerging challenges," *Annual Review of Public Health*, vol. 38, no. 1, pp. 145–164, 2017.
11. G. M. Al Kibria, K. Swasey, M. Z. Hasan, A. Sharmeen, and B. Day, "Prevalence and factors associated with underweight, overweight and obesity among women of reproductive age in India," *Global Health Research Policy*, vol. 4, no. 1, p. 24, 2019.
12. P.N.O.Addo, K.M.Nyarko, S.O.Sackey, P.Akweongo, and B.Sarfo, "Prevalence of obesity and overweight and associated factors among financial institution workers in Accra Metropolis, Ghana: a cross-sectional study," *BMC Research Notes*, vol. 8, no. 1, 2015.
13. J.Baalwa, B.B.Byarugaba, E.K.Kabagambe, and A.M.Otim, "Prevalence of overweight and obesity in young adults in Uganda," *African Health Sciences*, vol. 10, no. 4, pp. 367–373, 2010.
14. J. Narciso, A. J. Silva, V. Rodrigues *et al.*, "Behavioral, contextual and biological factors associated with obesity during adolescence: a systematic review," *PLoS One*, vol. 14, no. 4, Article ID e0214941, 2019.
15. P. C. d. Santos, K. S. d. Silva, J. A. d. Silva *et al.*, "Change in overweight and obesity over a decade according to socio-demographic factors in Brazilian adolescents," *Ciência & Saúde Coletiva*, vol. 24, no. 9, pp. 3335–3344, 2019.
16. M. Firouzbakht, M. E. Riahi, M. Hajian-Tilaki *et al.*, "Relationship of social capital with overweight and obesity among female health care workers," *Caspian Journal of Internal Medicine*, vol. 10, no. 3, pp. 281–288, 2019.
17. S. Al-Lahham, N. Jaradat, M. Altamimi *et al.*, "Prevalence of underweight, overweight and obesity among

- Palestinian school-age children and the associated risk factors: a cross sectional study," *BMC Pediatrics*, vol. 19, no. 1, p. 483, 2019.
18. T. Adom, A. P. Kengne, A. De Villiers, and T. Puoane, "Prevalence of overweight and obesity among African primary schoollearners: a systematicreviewand meta-analysis," *Obesity Science & Practice*, vol. 5, no. 5, pp. 487–502, 2019.
 19. I. J. Na, "Proceedings of the Bjorntorp Symposium on Stress, Obesity, and Metabolic Syndrome, a satellite symposium to the 39th Annual Scientific Meeting of the European Society of ClinicalInvestigation. April9-10,2005.Athens,Greece," *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol.1083, pp.1–344,2006.
 20. L. Hu, X. Huang, C. You et al., "Prevalence of overweight, obesity, abdominal obesity and obesity-related risk factors in southern China," *PLoS One*, vol. 12, no. 9, Article IDE e0183934, 2017.
 21. B. M. Popkin, C. Corvalan, and L. M. Grummer-Strawn, "Dynamics of the double burden of malnutrition and the changing nutrition reality," *The Lancet*, vol. 395, no. 10217, pp. 65–74, 2020.
 22. R. Al-Raddadi, A. U. Bahijri, H. A. Jambi, G. Ferns, and J. Tuomilehto, "The prevalence of obesity and overweight, associateddemographicandlifestylefactors,andhealthstatus n the adult population of Jeddah, Saudi Arabia," *Therapeutic Advances in Chronic Disease*, vol. 10, 2019.
 23. H. Y. Berhane, M. Jistr" om, S. Abdelmenan et al., "Social stratification, diet diversity and malnutrition among preschoolers: a survey of Addis Ababa, Ethiopia," *Nutrients*, vol. 12, no. 3, p. 712, 2020.
 24. A. Auguste, D. Julien, M. Gwenn, C. Barul,J.-B. Richard, and D. Luce, "Social distribution of tobacco smoking, alcohol drinking andobesity in the French WestIndies," *BMC Public Health*, vol. 19, no. 1, p. 1424, 2019.
 25. J.K.Ganle,P.P.Boakye,andL.Baatiema,"Childhoodobesity inurbanGhana:evidencefromacross-sectional survey of in- school children aged 5-16 years," *BMC Public Health*, vol.19, no. 1, p. 1561, 2019.
 26. A. Hruby, J. E. Manson, L. Qi et al., "Determinants and consequences of obesity," *American Journal of Public Health*, vol. 106, no. 9, pp. 1656–1662, 2016.
 27. S. J. Yoon, H. J. Kim, and M. Doo, "Association between perceived stress, alcohol consumption levels and obesity in Koreans," *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, vol. 25, no. 2, pp. 316–325, 2016
 28. F. Gokosmanoglu, H. Cengiz, C. Varim, S. Yaylaci, A. Nalbant, and C. Karacaer, "The prevalence of obesity and the factors affecting obesity in the students of secondary education," *International Journal of Research in Medical Sciences*, vol. 7, no. 8, pp. 2989–2994, 2019.
 29. H. Sagbo, D. K. Ekouevi, D. T. Ranjandriarison et al., "Prevalence and factors associated with overweight and obesity among children from primary schools in urban areas of Lom´e, Togo," *Public Health Nutrition*, vol. 21, no. 6, pp. 1048–1056, 2018.
 30. C. Ngaruiya, A. Hayward, L. Post, and H. Mowafi, "Obesity as a form of malnutrition: over-nutrition on the Uganda "malnutrition" agenda," *Pan African Medical Journal*, vol.28,no.49,2017
 31. W. E. Barrington and S. A. A. Beresford, "Eating occasions, obesityandrelatedbehaviorsinworkingadults:doesitmatter when you snack?" *Nutrients*, vol. 11, no. 10, p. 2320, 2019.
 32. D. M. Golshevsky, C. Magnussen, M. Juonala, K.-T. Kao, B. E. Harcourt, and M. A. Sabin, "Time spent watching television impacts on body mass index in youth with obesity but only in those with shortest sleep duration," *Journal of Paediatrics and Child Health*, 2019.
 33. C. Andonian, F. Langer, J. Beckmann et al., "Overweight and obesity: an emerging problem in patients with congenital heart disease," *CardiovascularDiagnosisandTherapy*, vol. 9, no. S2, pp. S360–S368, 2019.
 34. E. E. Cinteza and M. Cinteze, "Biomarkers in obesity," *Revista Rom´an´ adeMedicin´ adeLaborator*, vol.26,no.3,pp.353–358, 2018.
 35. E. S. van der Valk, M. Savas, and E. F. C. van Rossum, "Stress and obesity: are there more susceptible individuals?" *Current Obesity Reports*, vol. 7, no. 2, pp. 193–203, 2018.
 36. N. Rasheed, "Stress-associated eating leads to obesity," *In-ternational Journal of Health Sciences (Qassim)*, vol.11, no. 2, pp. 1-2, 2017.
 37. I. Boniecka, H. Wile´ nska, A. Jeznach-Steinhagen, A. Czerwonogrodzka-Senczyna, M. Sekuła, and K. Pa´ snik, "Stressas a factor contributing to obesityin patients qualified forbariatricsurgery— studiesinaselectedgroupofpatients(a pilot study)," *Videosurgery and Other Miniinvasive Techniques*, vol. 1, no. 1, pp. 60–67, 2017.
 38. E. G. Seay, G. Mulholland, and R. C. Dedhia, "Upper airway surgery to rescue the "untitratable" patient with OSA and obesity," *Journal of Clinical Sleep Medicine*, vol. 16, no. 1, pp. 149–151, 2019.
 39. E. Ferris and C. Gregg, "Parallel accelerated evolution in distanthibernatorsrevealscandidateciselementsandgenetic circuits regulating mammalian obesity," *Cell Reports*, vol. 29, no. 9, pp. 2608.e4–2620.e4, 2019.
 40. H. ChoquetandD. Meyre, "Genetics ofobesity:whathavewe learned?" *Current Genomics*, vol.12, no. 3, pp.169–

- 179, 2011.
41. H. Chomba, H. D. Martin, and J. Kimywe, "Prevalence and predictors of obesity among 7- to 17-year-old schoolchildren in Urban Arusha, Tanzania," *Journal of Nutrition and Metabolism*, vol. 2019, Article ID 3106597, 11 pages, 2019.
 42. C. Baratin, E. Beune, D. van Schalkwijk et al., "Differential associations between psychosocial stress and obesity among ghanaians in Europe and in Ghana: findings from the RODAM study," *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*, vol. 55, no. 1, pp. 45–56, 2019.
 43. A. Karki, A. Shrestha, and N. Subedi, "Prevalence and associated factors of childhood overweight/obesity among primary school children in urban nepal," *BMC Public Health*, vol. 19, no. 1, 2019.
 44. A.D.Lorenzo, "New obesity classification criteria as a tool for bariatric surgery indication," *World Journal of Gastroenterology*, vol. 22, no. 2, pp. 681–703, 2016.
 45. Kjaer IG, Kolle E, Hansen BH, Anderssen SA, Torstveit MK. Obesity prevalence in Norwegian adults assessed by body mass index, waist circumference and fat mass percentage. *Clin Obes*; 5 : 211-8, 2015.
 46. Phillips CM, Perry IJ. Does inflammation determine metabolic health status in obese and nonobese adults? *J Clin Endocrinol Metab*; 98 : E1610-9, 2013.
 47. Nachabé R, van der Hoorn JW, van de Molengraaf R, Lamerichs R, Pikkemaat J, Sio CF, et al. Validation of interventional fiber optic spectroscopy with MR spectroscopy, MAS-NMR spectroscopy, high-performance thin-layer chromatography, and histopathology for accurate hepatic fat quantification. *Invest Radiol*; 47 : 209-16, 2012.
 48. Verma SK, Nagashima K, Yaligar J, Michael N, Lee SS, Xianfeng T, et al. Differentiating brown and white adipose tissues by high-resolution diffusion NMR spectroscopy. *J Lipid Res*; 58 : 289-98, 2017.
 49. Xia L, Dong F, Gong H, Xu G, Wang K, Liu F, et al. Association between indices of body composition and abnormal metabolic phenotype in normal-weight chinese adults. *Int J Environ Res Public Health*; 14. pii: E391, 2017.
 50. Wildman RP, Muntner P, Reynolds K, McGinn AP, Rajpathak S, Wylie-Rosett J, et al. The obese without cardiometabolic risk factor clustering and the normal weight with cardiometabolic risk factor clustering: Prevalence and correlates of 2 phenotypes among the US population (NHANES 1999-2004). *Arch Intern Med*; 168 : 1617-24, 2008.
 51. M. Oses, J. M Sanchez, M. P. Portillo, C. M. Aguilera, and I.Labayan, "Circulating miRNAs as biomarkers of obesity and obesity-associated comorbidities in children and adolescents: a systematic review," *Nutrients*, vol.11, no.12, p. 2890, 2019.
 52. K. Aleksandrova, D. Mozaffarian, and T. Pischon, "Addressing the perfect storm: biomarkers in obesity and pathophysiology of cardiometabolic risk," *Clinical Chemistry*, vol. 64, no. 1, pp. 142–153, 2018.
 53. M. N. Meza and J. A. B. Carrillo, "Biomarkers, obesity, and cardiovascular diseases," *Role of Biomarkers in Medicine*, Intechopen, London, UK, 2016.
 54. A. Ortiz-Dosal, P. Rodil-García, and L. A. Salazar-Olivo, "Circulating microRNAs in human obesity: a systematic review," *Biomarkers*, vol. 24, no. 6, pp. 499–509, 2019.
 55. S. Msaad and E. N. Haynes, "Biomarkers of obesity and subsequent cardiovascular events," *Epidemiologic Reviews*, vol. 29, no. 1, pp. 98–114, 2007.
 56. H. Xue, X. Cheng, P. Jia, and Y. Wang, "Road network intersection density and childhood obesity risk in the US: a national longitudinal study," *Public Health*, vol. 178, pp. 31–37, 2019.
 57. E. Erdal and M. Inanir, "Platelet-to-lymphocyte ratio (PLR) and Plateletcrit (PCT) in young patients with morbid obesity," *Revista da Associação Médica Brasileira*, vol. 65, no. 9, pp. 1182–1187, 2019.
 58. F. Cembranel, J. P. Wagner, W. C Giehl et al., "Obesity and 25(OH)D serum concentration are more important than vitamin D intake for changes in nutritional status indicators : a population-based longitudinal study in a state capital city in southern Brazil," *Nutrients*, vol. 11, no. 10, p. 2366, 2019.
 59. S. Rauschert, O. Uhl, B. Koletzko, and C. Hellmuth, "Metabolomic biomarkers for obesity in humans: a short review," *Annals of Nutrition and Metabolism*, vol. 64, no. 3-4, pp. 314–324, 2014.
 60. E. Abiola and M. M. Mello, "Multilevel legal approaches to obesity prevention: a conceptual and methodological toolkit," *PLoS One*, vol. 14, no. 10, Article ID e0220971, 2019.
 61. T.M.Barber,H.Petra,O.Martin,andS.Franks,"Obesity and polycystic ovary syndrome : implications for pathogenesis and novel management strategies," *Clinical Medicine Insights: Reproductive Health*, vol. 13, 2019.
 62. B. Armenta-Guirado, T. Martínez-Contreras, M. C. Candia Plata et al., "Effectiveness of the diabetes prevention program for obesity treatment in real world clinical practice in a middle-income country in Latin America," *Nutrients*, vol.11,no. 10, p. 2324, 2019.

63. N.H.M.Bartelink,P.vanAssema,S.P.J.Kremers et al.,“Can the healthy primary school of the future offer perspective in the ongoing obesity epidemic in young children? A Dutch quasi-experimental study,” *BMJ Open*, vol. 9, no. 10, Article ID e030676, 2019.
64. N. S. Bayoumi, E. Helzner, A. Afable, M. A. Joseph, and S. Dhuper, “A real-world evaluation of a tertiary care childhood obesity intervention to reduce metabolic risk in a hard-to-reach urban population,” *BMC Pediatrics*, vol. 19, no. 1, p. 378, 2019.
65. C. Flannery, M. Fredrix, E. K. Olander, F. M. McAuliffe, M. Byrne, and P. M. Kearney, “Effectiveness of physical activity interventions for overweight and obesity during pregnancy: a systematic review of the content of behaviour change interventions,” *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, vol. 16, no. 1, p. 97, 2019.
66. D. B. Bookwalter, B. Porter, I. G. Jacobson et al., “Healthy behaviors and incidence of overweight and obesity in military veterans,” *Annals of Epidemiology* ,vol.39,pp.26–32.e1,2019.
67. F. D. Pauline, L. Cornelsen, T. Marteau, S. A. Jebb, and R.D.Smith, “Potential impact on prevalence of obesity in the UK of a 20% price increase in high sugar snacks: modelling study,” *BMJ*, vol. 10, p. 14786, 2019.
68. C. F. Bolling, S. C. Armstrong, K. W. Reichard et al., “Metabolic and bariatric surgery for pediatric patients with severe obesity,” *Pediatrics*, vol.144,no.6,ArticleIDe20193224,2019.