

TINJAUAN MINI EFEK SPIRULINA PLATENSIS TERHADAP METABOLISME LIPID DAN GLUKOSA PADA OBESITAS

Dinda Rima Mutmainah M, Faizah Fulyani, Adriyan Pramono*

Magister Ilmu Gizi, Departemen Ilmu Gizi, Fakultas Kedokteran, Universitas Diponegoro, Semarang, Jawa Tengah, Indonesia

*Korespondensi : Adriyanpramono@fk.undip.ac.id

ABSTRACT

Background: Obesity refers to the condition characterized by the excessive or abnormal accumulation of fat or adipose tissue within the body, which adversely affects health due to its correlation with a higher risk of developing diabetes mellitus, cardiovascular disease, hypertension, and hyperlipidemia. The condition mentioned earlier represents a substantial public health issue that has indicated a progressive decline during the course of the last five decades. The management of obesity requires the implementation of detailed and comprehensive treatment approaches, which may entail long-term therapeutic interventions.

Objectives: A reduction in body weight ranging from 5% to 10% has been shown to have a substantial positive impact on both the well-being of individuals and the overall economic burden experienced by a nation.

Methods: The research design used in this study is to use the Literature review method. This technique is carried out with the aim of expressing various theories that are relevant to the problem being faced or being researched as reference material in the discussion of research results. In this study, the authors chose a randomized controlled trial.

Results: The result of the research from the article review found that the causes of obesity based. Factors that cause the incidence of obesity consist of environmental factors, namely physical activity only as a trend and various food choices, health service factors, namely the influence of counseling, genetic factors namely age, parental fatness, gene mutation, and behavioral factors, namely diet and lack of health, physical activity.

Conclusion: Obesity is caused by many factors including environmental factors, health services, genetics, and behavior.

Keywords : Obesity, hypertension, health, cardiovascular.

ABSTRAK

Latar belakang: Obesitas mengacu pada kondisi yang ditandai dengan penumpukan lemak atau jaringan adiposa yang berlebihan atau tidak normal di dalam tubuh, sehingga berdampak buruk bagi kesehatan karena berkorelasi dengan risiko terkena diabetes melitus, penyakit kardiovaskular, hipertensi, dan hiperlipidemia. Kondisi yang disebutkan sebelumnya merupakan masalah kesehatan masyarakat yang signifikan dan telah menunjukkan penurunan yang progresif selama lima dekade terakhir. Penatalaksanaan obesitas memerlukan penerapan pendekatan pengobatan yang rinci dan komprehensif, yang mungkin memerlukan intervensi terapeutik jangka panjang.

Tujuan: Penurunan berat badan mulai dari 5% hingga 10% telah terbukti memberikan dampak positif yang besar terhadap kesejahteraan individu dan beban perekonomian secara keseluruhan yang dialami suatu Negara.

Metode: Desain Penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan metode tinjauan pustaka. Teknik ini dilakukan dengan tujuan untuk mengemukakan berbagai teori yang relevan dengan masalah yang sedang dihadapi atau yang sedang diteliti sebagai bahan acuan dalam pembahasan hasil penelitian.

Hasil: Penelitian dari telaah artikel ditemukan bahwa penyebab obesitas berdasarkan faktor-faktor kejadian obesitas terdiri dari faktor lingkungan yaitu aktivitas fisik, tren pemilihan makanan beragam, faktor pelayanan kesehatan yaitu ketersediaan fasilitas kesehatan, faktor genetik, faktor usia dan mutasi gen.

Simpulan: Obesitas disebabkan oleh banyak faktor termasuk faktor lingkungan, pelayanan kesehatan, genetic dan perilaku.

Kata Kunci : Obesitas, hipertensi, kesehatan, kardiovaskular

PENDAHULUAN

Obesitas mengacu pada kondisi yang ditandai dengan penumpukan lemak atau jaringan adiposa yang berlebihan atau tidak normal di dalam tubuh, yang berdampak buruk bagi kesehatan karena

berkorelasi dengan risiko lebih tinggi terkena diabetes melitus, penyakit kardiovaskular, hipertensi, dan hiperlipidemia. Kondisi yang disebutkan sebelumnya merupakan masalah kesehatan masyarakat yang signifikan dan telah

menunjukkan penurunan yang progresif selama lima dekade terakhir. Obesitas adalah kondisi multifaset dengan berbagai faktor yang berkontribusi. Setelah merokok, penyakit ini merupakan penyebab kematian kedua terbanyak yang dapat dicegah. Penatalaksanaan obesitas memerlukan penerapan pendekatan pengobatan yang rinci dan komprehensif, yang mungkin memerlukan intervensi terapeutik jangka panjang. Penurunan berat badan mulai dari 5% hingga 10% telah terbukti memberikan dampak positif yang besar terhadap kesejahteraan individu dan beban perekonomian secara keseluruhan yang dialami suatu negara.¹

Sejumlah penelitian telah dilakukan untuk menyelidiki proses metabolisme glukosa pada orang yang tergolong obesitas. Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa orang yang kelebihan berat badan atau obesitas menunjukkan peningkatan jumlah *sodium-glucose cotransporter 1* (SGLT-1) dan *glucose transporter 5* (GLUT-5) di duodenum. Temuan ini dikaitkan dengan kadar glukosa postprandial yang lebih tinggi, resistensi insulin, dan hiperinsulinemia.² Selain itu, analisis komparatif yang dilakukan antara individu yang diklasifikasikan sebagai obesitas dan mereka yang diklasifikasikan sebagai kurus mengungkapkan bahwa obesitas ditandai dengan adanya peradangan yang terus-menerus, yang berpotensi berperan dalam perkembangan resistensi insulin dan perkembangan diabetes tipe 2. Penelitian ini bertujuan untuk menguji potensi perubahan respon inflamasi terhadap perbedaan tingkat hiperglikemia dan insulinemia pada orang yang kelebihan lemak. Temuan penelitian menunjukkan bahwa hiperinsulinemia, hipoglikemia, dan hiperglikemia berhubungan dengan penurunan kadar berbagai penanda inflamasi. Selain itu, diamati bahwa peserta yang mengalami obesitas menunjukkan penekanan yang lebih nyata terhadap penanda tertentu dibandingkan dengan peserta yang kurus.³

Sebuah studi kohort dilakukan untuk mengetahui efek puasa selama 12 dan 36 jam terhadap metabolisme glukosa dan perubahan metabolisme pada individu yang tidak mengalami obesitas, obesitas, dan didiagnosis menderita diabetes tipe 2. Penelitian mengungkapkan bahwa kadar glukosa, insulin, dan C-peptida puasa menunjukkan penurunan yang signifikan secara statistik pada semua kelompok peserta setelah periode puasa 36 jam dibandingkan dengan periode puasa 12 jam. Setelah periode puasa 36 jam, terdapat peningkatan signifikan dalam sensitivitas insulin pada semua kelompok. Namun, penting untuk dicatat bahwa individu yang tidak mengalami obesitas menunjukkan fluktuasi glukosa yang lebih besar dan penurunan respons insulin dini, sementara efek ini tidak ditemukan pada kelompok lain.

Pemanfaatan teknik metabolomik memungkinkan identifikasi variasi kecil yang melekat dan berkurangnya reaksi metabolik terhadap puasa pada individu dengan obesitas dan diabetes.⁴

Sejumlah penelitian telah dilakukan untuk mengeksplorasi kemungkinan kontribusi makanan fungsional dan nutraceuticals dalam pengelolaan obesitas dan masalah terkaitnya. Analisis sistematis terhadap uji klinis acak mengungkapkan bahwa penggabungan makanan fungsional dan nutraceutical ke dalam pola makan seseorang menunjukkan potensi yang signifikan dalam mengurangi kerentanan terhadap berbagai penyakit kronis, seperti obesitas dan diabetes.⁵ Tinjauan tambahan telah menggarisbawahi dampak potensial dari makanan fungsional tertentu, termasuk kopi, teh hijau, buah beri, kacang-kacangan, minyak zaitun, dan berbagai lainnya, terhadap pengendalian berat badan dan dampak metabolik yang terkait dengan obesitas.⁶ Kemajuan pangan fungsional untuk tujuan pengelolaan obesitas memerlukan penggabungan banyak atribut, termasuk kapasitas untuk menginduksi rasa kenyang, mengurangi nafsu makan, mengatur metabolisme lipid, mempengaruhi siklus hidup adiposit, dan merangsang termogenesis.⁷

Potensi mikroalga untuk mengurangi obesitas telah menjadi subjek penelitian, dengan bukti yang menunjukkan bahwa mikroalga mungkin memiliki sifat anti-obesitas dan manfaat metabolik. Sejumlah spesies mikroalga, seperti *Euglena gracilis*, *Phaeodactylum tricoratum*, *Chlorella vulgaris*, dan *Spirulina platensis*, telah diamati memiliki sifat anti-obesitas. Manfaat yang diamati termasuk penurunan akumulasi jaringan adiposa, peningkatan profil lipid dalam aliran darah, modulasi resistensi insulin dan diabetes, serta perbaikan peradangan sistemik tingkat rendah.⁸⁻¹⁰

Selain itu, penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa mikroalga dapat merangsang peningkatan pengeluaran energi dengan mengaktifkan termogenesis pada jaringan adiposa coklat dan mendorong terjadinya pencoklatan pada jaringan adiposa putih. Selain itu, banyak penelitian telah dilakukan mengenai potensi sifat terapeutik polisakarida alga, termasuk fukoidan, alginat, dan polisakarida yang berasal dari *Spirulina platensis*, dalam konteks obesitas dan gangguan metabolisme terkait. Polisakarida diketahui memiliki dampak penting pada penurunan berat badan dan pengelolaan penyakit metabolik yang berhubungan dengan obesitas. Hasilnya dicapai melalui kapasitasnya untuk meningkatkan komposisi mikrobiota usus, memfasilitasi sintesis asam empedu, dan meningkatkan ekspresi reseptor kolesterol di hati.¹¹

Sejumlah penelitian ilmiah telah dilakukan untuk menguji dampak *Spirulina platensis* terhadap obesitas dan masalah metabolisme yang terkait. Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa *Spirulina platensis* mengandung sifat anti-obesitas dan berpotensi memperbaiki masalah metabolisme yang berhubungan dengan obesitas. Penelitian yang dilakukan pada tikus yang diberi diet dengan kalori berlebihan mengungkapkan bahwa penggunaan *Spirulina platensis* efektif menghindari obesitas dan mengurangi dampak negatif pada reaktivitas usus.¹² Selain itu, pemberian *Spirulina* telah diamati menghasilkan penurunan konsentrasi trigliserida (TG) dan kolesterol total (TC), yang mengarah pada peningkatan profil lipid pada individu yang didiagnosis dengan diabetes tipe 2 dan sindrom metabolik.¹³

Selain itu, studi penelitian yang dilakukan pada studi klinis dan praklinis telah memberikan bukti yang menunjukkan bahwa asupan *Spirulina platensis* dapat berkontribusi pada fasilitasi penurunan berat badan, pengurangan lemak tubuh, lingkar pinggang, indeks massa tubuh, dan nafsu makan. Selain itu, ini telah menunjukkan keuntungan signifikan dalam meningkatkan lipid darah. Suplemen spirulina, bersamaan dengan diet rendah kalori, menghasilkan penurunan berat badan. Temuan ini menunjukkan bahwa *Spirulina* mungkin mempunyai kapasitas untuk membantu upaya penurunan berat badan. Selain itu, hidrolisat protein yang berasal dari *Spirulina platensis* telah menunjukkan sifat anti-obesitas melalui kemampuannya mengatur poros otak-hati pada tikus yang diberi makanan tinggi lemak.^{9,14}

DEFINISI KELEBIHAN BERAT BADAN DAN OBESITAS

Kondisi kelebihan berat badan tergolong memiliki indeks massa tubuh (BMI) 25 atau lebih tinggi, sedangkan obesitas didefinisikan memiliki IMT 30 atau lebih tinggi. Indeks Massa Tubuh (IMT) adalah metrik kuantitatif yang memanfaatkan berat dan tinggi badan seseorang sebagai variabel untuk memperkirakan adanya kelebihan berat badan dan obesitas. Pemanfaatan indeks massa tubuh sebagai ukuran langsung antara berat badan dan tinggi badan digunakan oleh organisasi terkemuka seperti Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) dan Institut Kesehatan Nasional AS (NIH) untuk mengkategorikan individu sebagai kelebihan berat badan atau obesitas, populasi orang dewasa. Insiden global kelebihan berat badan dan obesitas telah mengalami peningkatan yang signifikan, menyebabkan angka kematian tahunan lebih dari 4 juta orang yang disebabkan oleh kondisi ini. Kelebihan berat badan dan obesitas merupakan kontributor signifikan terhadap perkembangan

penyakit kronis, termasuk penyakit kardiovaskular, diabetes, dan gangguan muskuloskeletal.

Lingkar pinggang, sebuah metrik yang digunakan untuk menilai lemak perut, telah mendapatkan perhatian yang signifikan dan nilai diskriminatif baik dalam lingkungan klinis maupun penelitian sebagai penanda kelebihan berat badan dan obesitas. Dipercaya secara luas bahwa adipositas perut sebagian besar terdiri dari lemak visceral, yang aktif secara metabolik dan mengelilingi organ. Jenis lemak ini terkait erat dengan disregulasi metabolisme, sehingga meningkatkan risiko penyakit kardiovaskular dan masalah kesehatan terkait pada orang yang terkena dampaknya. Menurut pedoman sindrom metabolik yang diterima secara luas, yang mencakup kumpulan kondisi dismetabolik yang meningkatkan kerentanan individu terhadap penyakit kardiovaskular, salah satu komponen yang menunjukkan peningkatan risiko kardiovaskular adalah adipositas perut. Khususnya, bagi pria Eropa, lingkar pinggang ≥ 94 cm dianggap berhubungan dengan peningkatan risiko kardiovaskular, sedangkan bagi wanita Eropa, lingkar pinggang ≥ 80 cm juga menunjukkan hal yang sama. Penting untuk dicatat bahwa titik batas yang berbeda direkomendasikan untuk ras dan etnis lain. Misalnya, pada populasi di Asia Selatan, Tiongkok, dan Jepang, ambang batas lingkar pinggang yang direkomendasikan adalah ≥ 90 cm untuk pria dan ≥ 80 cm untuk wanita.¹⁵

Indeks Adipositas Visceral (VAI) juga menunjukkan spesifisitas dan sensitivitas yang lebih besar dibandingkan dengan Indeks Massa Tubuh. Oleh karena itu, VAI berfungsi sebagai ukuran yang dapat diandalkan untuk mengidentifikasi peningkatan kerentanan pasien terhadap gangguan kardiometabolik.^{16,17} Pemahaman ilmiah saat ini mengenai jalur biokimia dan fisiologis yang terkait dengan fenomena ini masih terbatas. Salah satu alasan potensial untuk peningkatan spesifisitas dan sensitivitas VAI dapat dikaitkan dengan fakta bahwa lemak visceral memiliki konektivitas langsung ke sistem vena portal, tidak seperti jaringan adiposa putih subkutan.¹⁸

POPULASI DALAM RISIKO

Berdasarkan temuan atlas Federasi Obesitas Dunia tahun 2023, diperkirakan mayoritas penduduk global akan mengalami kelebihan berat badan atau obesitas pada tahun 2035, kecuali jika ada tindakan substansial yang diambil untuk mengatasi masalah ini. Menurut laporan tersebut, diperkirakan dalam 12 tahun ke depan, lebih dari 4 miliar orang, yang mencakup sekitar 51% populasi global, akan menderita obesitas atau kondisi kelebihan berat badan. Prevalensi obesitas mengalami peningkatan pesat, terutama pada anak-anak dan negara-negara

berpendapatan rendah. Beban ekonomi masyarakat akibat masalah kesehatan yang terkait dengan obesitas sangatlah besar, diperkirakan akan mencapai lebih dari \$4 triliun per tahun pada tahun 2035, setara dengan 3% dari produk domestik bruto (PDB) dunia.

Di Amerika Serikat, sebagian besar dari 22 negara bagian mempunyai prevalensi obesitas pada orang dewasa sama dengan atau di atas 35%. Pusat Pengendalian dan Pencegahan Penyakit (CDC) menekankan pentingnya menerapkan intervensi berbasis populasi untuk menjamin akses yang adil terhadap makanan bergizi, lingkungan yang aman untuk aktivitas fisik, inisiatif pencegahan dan pengobatan obesitas yang inklusif, dan layanan kesehatan berbasis bukti, termasuk pengobatan dan pengobatan. intervensi bedah. Secara global, prevalensi obesitas melebihi 1 miliar orang, mencakup populasi 650 juta orang dewasa, 340 juta remaja, dan 39 juta anak-anak. Saat ini, lebih dari sepertiga penduduk dunia menderita obesitas, penyakit yang kompleks, multifaktorial, dan dapat dicegah. Berdasarkan tren sekuler yang terus berlanjut, diperkirakan pada tahun 2030, sekitar 38% populasi orang dewasa global akan menunjukkan karakteristik kelebihan berat badan, sementara 20% lainnya akan diklasifikasikan sebagai obesitas.

Prevalensi kelebihan berat badan dan obesitas meningkat di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah, khususnya di daerah perkotaan. Sebuah penelitian yang dilakukan di Tiongkok mengamati total 12.543 peserta selama periode 22 tahun. Temuan penelitian menunjukkan adanya peningkatan signifikan dalam prevalensi obesitas yang disesuaikan dengan usia baik pada pria maupun wanita. Secara khusus, prevalensinya meningkat dari 2,15% menjadi 13,99% pada keseluruhan populasi. Pada perempuan prevalensinya meningkat dari 2,78% menjadi 13,22%, sedangkan pada laki-laki meningkat dari 1,46% menjadi 14,99%.¹⁹ Prevalensi obesitas di kalangan anak-anak Afrika yang berusia di bawah 5 tahun mengalami peningkatan yang signifikan sebesar 24% selama tahun 2000. Menurut data terbaru dari tahun 2019, sebagian besar anak-anak Asia yang berusia di bawah 5 tahun ditemukan menderita obesitas atau kelebihan berat badan. kondisi, dengan lebih dari setengahnya termasuk dalam kategori ini.²⁰ Angka yang diperoleh dari Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) di Afrika sub-Sahara menunjukkan adanya hubungan terbalik antara frekuensi kelebihan berat badan dan obesitas pada orang dewasa dengan terjadinya stunting, kekurangan berat badan, dan wasting pada anak-anak.²¹

MEKANISME OBESITAS

Faktor-faktor mendasar yang berkontribusi terhadap obesitas terus menjadi bahan diskusi dan sudut pandang yang berbeda-beda di kalangan komunitas akademis. Pedoman kesehatan yang berlaku untuk mengatasi obesitas berakar pada prinsip fisiologis mendasar bahwa penumpukan lemak dipengaruhi oleh ketidakseimbangan energi akibat tidak seimbangnya rasio asupan kalori terhadap pengeluaran. Prevalensi obesitas sebagian besar didorong oleh peningkatan asupan energi akibat meningkatnya aksesibilitas terhadap pilihan makanan yang memiliki selera tinggi dan padat kalori. Pilihan diet yang dibuat oleh individu, serta interaksi elemen sosial, ekonomi, dan lingkungan yang berkaitan dengan ketersediaan makanan, memberikan pengaruh besar pada kapasitas pasien untuk mencapai keseimbangan.²²

Etiologi obesitas melibatkan berbagai jenis faktor, meliputi faktor genetik, lingkungan, sosioekonomi, dan perilaku atau psikologis.²³ Obesitas berkorelasi dengan berbagai komplikasi kesehatan, termasuk penyakit kardiovaskular, dislipidemia, dan resistensi insulin, yang telah dikaitkan dengan perkembangan kondisi seperti diabetes, stroke, batu empedu, perlemakan hati, dan berbagai penyakit lainnya. Obesitas mungkin terjadi karena akumulasi metabolit lemak, aktivasi jalur sinyal inflamasi, atau mekanisme lain yang merusak neuron hipotalamus. Faktor-faktor ini berpotensi menjelaskan mekanisme pertahanan biologis yang mendasari peningkatan massa lemak tubuh.²⁴

Resistensi insulin memainkan peranan penting dalam patogenesis diabetes tipe 2 pada individu dengan obesitas. Banyak faktor yang telah disarankan untuk memperjelas mekanisme yang mendasari resistensi insulin dalam konteks obesitas. Faktor-faktor ini termasuk peradangan, disfungsi mitokondria, hiperinsulinemia, lipotoksitas/hiperlipidemia, kecenderungan genetik, retikulum endoplasma (ER), stres, penuaan, stres oksidatif, hati berlemak, hipoksia, lipodistrofi, dan kehamilan.²⁵

METABOLISME LIPID DAN GLUKOSA PADA OBESITAS

Obesitas dikaitkan dengan beberapa masalah metabolisme, seperti resistensi insulin, yang dapat menyebabkan berkembangnya diabetes dan penyakit metabolik terkait lainnya. Konsekuensi metabolik dari obesitas sebagian besar diakibatkan oleh adanya resistensi insulin, suatu kondisi yang ditandai dengan berkurangnya kapasitas insulin untuk memfasilitasi penyerapan glukosa dan metabolisme di jaringan perifer. Masalah metabolisme yang berhubungan dengan obesitas

umumnya dikenal sebagai sindrom metabolik. Sindrom ini mencakup resistensi insulin, yang seringkali menyebabkan kegagalan sel β .²⁶

Metabolisme glukosa

Mekanisme dimana insulin menurunkan kadar glukosa darah melibatkan penghambatan sintesis glukosa hati dan peningkatan penyerapan glukosa ke dalam otot dan jaringan adiposa melalui jalur GLUT4. Dalam beberapa tahun terakhir, jaringan otot telah diakui secara luas sebagai lokasi utama pengambilan glukosa yang diinduksi insulin pada organisme hidup, sementara jaringan adiposa dianggap memberikan kontribusi yang relatif terbatas terhadap keseluruhan pembuangan glukosa dalam tubuh. Sebaliknya, beberapa penyelidikan transgenik menunjukkan potensi peningkatan keterlibatan pengambilan glukosa ke jaringan adiposa dalam regulasi homeostasis glukosa sistemik. Ekspresi GLUT4 yang berlebihan terutama di jaringan lemak meningkatkan sensitivitas insulin seluruh tubuh dan toleransi glukosa, dan menghilangkan GLUT4 secara selektif dari jaringan lemak menghasilkan tingkat resistensi insulin yang sebanding dengan yang terlihat pada penghapusan GLUT4 spesifik otot.

Dalam banyak manifestasi obesitas, terdapat penurunan ekspresi GLUT4, suatu elemen penting yang berkontribusi terhadap gangguan kemampuan insulin untuk mengaktifkan pengangkutan glukosa dalam adiposit. Namun demikian, perlu dicatat bahwa pada otot rangka individu yang kelebihan berat badan atau obesitas, ekspresi GLUT4 tetap tidak berubah. Selain itu, terdapat dugaan bahwa tidak berfungsinya transpor glukosa dapat disebabkan oleh buruknya translokasi, docking, atau fusi vesikel yang mengandung GLUT4 dengan membran plasma. Obesitas dikaitkan dengan penurunan kemampuan jaringan adiposa untuk membuang glukosa secara efektif. Terdapat dugaan dalam literatur bahwa obesitas berhubungan dengan munculnya hiperglikemia, hiperlipemia, hiperinsulinemia, dan resistensi insulin. Molekul seperti asam lemak bebas (FFA), leptin, dan *tumor necrosis factor-alpha* (TNF- α), yang dilepaskan dari jaringan adiposa, telah diamati memberikan efek tidak langsung pada homeostasis glukosa. Ada kemungkinan besar bahwa terdapat lebih banyak bahan kimia yang berasal dari jaringan adiposa yang saat ini masih belum teridentifikasi, namun memberikan pengaruh pada metabolisme tubuh secara keseluruhan.²⁶

Metabolisme lipid

Ada korelasi antara obesitas dan peningkatan lipolisis basal di jaringan adiposa, serta peningkatan kadar asam lemak bebas (FFA) yang bersirkulasi. Adipokin lipolitik yang dikenal sebagai

serum amiloid A (SAA) fase akut telah diamati menginduksi lipolisis basal pada manusia. Ada hipotesis bahwa lipolisis berfungsi sebagai mekanisme umpan balik autokrin, dimana peningkatan sintesis serum amiloid A (SAA) dari adiposit yang lebih besar dilepaskan ke dalam aliran darah, yang berpotensi menyebabkan perkembangan resistensi insulin. SAA melakukan efeknya melalui pengaktifan CLA-1 dan jalur pensinyalan *signal-regulated kinase* (ERK) ekstraseluler, sehingga secara langsung mendorong lipolisis. Di sisi lain, ada kemungkinan bahwa lipolisis yang disebabkan oleh SAA dimediasi secara tidak langsung, khususnya melalui aktivasi sitokin lipolitik seperti IL-6 dan TNF- α .²⁶

Konsentrasi trigliserida plasma (TG) merupakan karakteristik metabolik yang sangat dipengaruhi oleh obesitas. Terdapat anggapan bahwa terdapat resistensi di dalam jaringan terhadap penyerapan glukosa yang dimediasi oleh insulin. Resistensi ini selanjutnya mengakibatkan peningkatan laju produksi lipoprotein densitas sangat rendah (VLDL) dan trigliserida (TG), yang pada akhirnya mengarah pada perkembangan hipertrigliseridemia endogen. Obesitas ditandai dengan penurunan lipolisis kilomikron-trigliserida (TG) yang dimediasi oleh lipoprotein lipase, serta penekanan yang tidak memadai terhadap lipolisis yang dimediasi lipase sensitif hormon di jaringan adiposa. Lipemia postprandial dan peningkatan kadar asam lemak plasma (FA) merupakan kelainan yang diketahui secara luas pada individu dengan obesitas. Kehadiran asam lemak dalam jumlah berlebihan selama fase awal postprandial, yang biasanya diatur oleh insulin, tampaknya memiliki dampak yang signifikan terhadap penyerapan glukosa, mungkin mempengaruhi hingga 50%. Protein SAA juga memberikan pengaruh langsung pada proses metabolisme kolesterol. Berdasarkan sifatnya, molekul ini berfungsi sebagai apolipoprotein dan secara khusus berfungsi sebagai komponen apoprotein dari high-density lipoprotein (HDL). Interaksi antara serum amiloid A (SAA) dan high-density lipoprotein (HDL) berpotensi menghambat sifat anti-aterogenik HDL dan mendorong pemecahannya. Peningkatan serum amiloid A (SAA) yang diturunkan dari jaringan adiposa pada individu dengan obesitas berpotensi menjadi hubungan antara obesitas, penurunan kadar lipoprotein densitas tinggi (HDL), dan peningkatan risiko penyakit arteri koroner.²⁶

POTENSI SPIRULINA

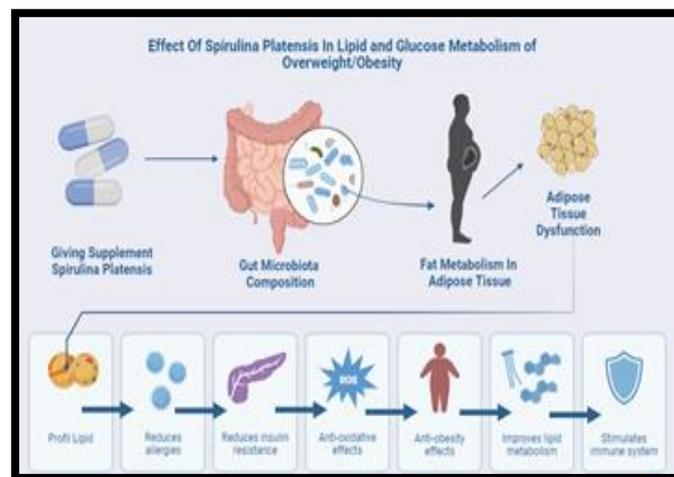
Pangan fungsional yang banyak diteliti untuk memperbaiki kondisi obesitas adalah salah satu sumber daya hayati biota laut Indonesia contohnya yang berasal dari protein nabati yaitu

Arthospira maxima, secara komersial dikenal sebagai *spirulina maxima* adalah *cyanobacteria* yang digunakan sebagai suplemen nutrisi karena kandungan proteinnya yang tinggi, asam lemak *essensial*, vitamin, polifenol, beta karoten dan fikosianin dengan aktivitas pelindung jantung dan antioksidan. Dalam hal ini, penelitian Moura et al, menjelaskan bahwa suplementasi spirulina dapat menurunkan kadar *low density lipoprotein* (LDL) yang lebih efektif daripada latihan aerobik.

Berbagai penelitian telah menyoroti potensi Spirulina kaitannya sebagai *nutraceuticals* pada obesitas. Spirulina diyakini memiliki manfaat dalam pengelolaan obesitas karena memiliki efek yang menguntungkan pada nafsu makan, absorpsi zat gizi, mikrobiota usus, resistensi insulin, stres oksidatif, dan peradangan. Spirulina merupakan pangan fungsional yang mengandung protein tinggi (65–70% berat kering), antioksidan seperti kreatin, mineral K, Na, Ca, Mg, Fe, dan Zn, vitamin, asam amino esensial, asam lemak tak jenuh (omega-3 dan omega-6), dan senyawa fenolik. Spirulina juga mengandung antioksidan, provitamin A, vitamin B12, vitamin K dan β -karoten yang tinggi.²⁷

Protein pada Spirulina memiliki daya cerna yang baik, mencapai lebih dari 89% dibandingkan protein kasein murni, serta kualitas asam amino yang lebih unggul. Studi intervensi gizi menunjukkan bahwa makanan tinggi protein memiliki efek termogenik yang lebih tinggi daripada makanan rendah protein. Tidak hanya itu, makanan dengan protein tinggi juga meningkatkan pengeluaran energi untuk pemeliharaan massa bebas lemak. Pada beberapa individu, protein yang cukup tinggi dapat memberikan stimulasi efek pada anabolisme protein otot dan mendukung retensi massa otot selama pembatasan kalori.²⁸

Kandungan senyawa bioaktif dalam Spirulina, yaitu phycocyanin terbukti dapat mencegah akumulasi lipid. Studi *in vivo* menunjukkan bahwa phycocyanin pada Spirulina dapat menghambat absorpsi lipid di jejunum dan reabsorpsi asam empedu di ileum.²⁹ Phycocyanin akan mengikat asam empedu sehingga mengurangi kelarutan kolesterol dan meningkatkan ekskresi kolesterol melalui feses. Hal ini dapat menekan atau mengurangi penyerapan lemak dalam tubuh.³⁰



Gambar 1. Manfaat *Spirulina Platensis* bagi Kesehatan.

STUDI PADA MANUSIA EFEK *SPIRULINA PLATENSIS* (SENDIRI ATAU DALAM KOMBINASI DENGAN DIET/BERAT BADAN) TERHADAP METABOLISME GLUKOSA DAN LIPID

Spirulina, sejenis alga biru-hijau, dikenal karena nilai gizinya karena mengandung sejumlah besar protein, vitamin, mineral, dan antioksidan.³¹ Beberapa penelitian telah mengkonfirmasi potensi manfaat kesehatan yang terkait dengan Spirulina dalam berbagai kondisi medis, termasuk anemia, diabetes, arthritis, kanker, dan penyakit kardiovaskular.³² Ada pernyataan

mengenai kemungkinan efek menguntungkan dari Spirulina dalam pengobatan terapeutik penyakit metabolik dan non-metabolik kronis. Penelitian ini menilai dampak menguntungkan dari Spirulina platensis terhadap obesitas dan dampak metabolik yang terkait pada orang dewasa dengan obesitas. Investigasi penelitian memberikan bukti sifat anti-obesitas spirulina platensis dan manfaat terapeutiknya terhadap kadar kolesterol total darah dan pengaturan nafsu makan.

Terdapat penurunan yang signifikan ($p < 0,05$) pada kadar kolesterol total (TC) serum, sementara parameter lipid lainnya tetap sama.³³

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa konsumsi suplemen Spirulina dengan dosis 1 g/hari selama 12 minggu dapat memberikan manfaat hipolipidemik yang signifikan, khususnya terkait dengan konsentrasi trigliserida serum pada pasien rawat jalan dislipidemia Kreta.³⁴ Empat puluh pria Jepang dengan hiperlipidemia, hipertensi ringan, dan peningkatan kolesterol diberi Spirulina (4,2 g/hari) selama delapan minggu dalam penelitian lain.³⁵ Intervensi tersebut menghasilkan penurunan kadar kolesterol total, kadar trigliserida, dan peningkatan kadar high-density lipoprotein (HDL). Ada kemungkinan bahwa Spirulina platensis memberikan efek hipolipidemiknya melalui peningkatan aktivitas lipoprotein lipase dan trigliserida lipase hati.

Senyawa kimia *Phycocyanin* telah dikaitkan dengan efek hipolipidemik yang diamati pada Spirulina platensis. Telah diamati bahwa pemberian phycocyanin berpotensi mengembalikan sinyal AKT yang berkurang secara efektif pada tikus dengan diabetes mellitus dan sel SMMC-7721 yang resistan terhadap insulin. Selain itu, aktivitas protein kinase teraktivasi AMP (AMPK) juga meningkat setelah paparan phycocyanin baik in vivo maupun in vitro.³⁶ AMPK α adalah faktor penting dalam pengendalian berbagai proses metabolisme, termasuk glikometabolisme, autophagy, motilitas sel, dan sintesis protein. Temuan penelitian telah menunjukkan bahwa aktivasi AMPK α dapat menyebabkan penurunan berat badan pada tikus dengan obesitas yang disebabkan oleh diet tinggi lemak (HFD). Pengamatan ini menunjukkan bahwa AMPK α memiliki kemampuan meningkatkan metabolisme. Phycocyanin mengaktifkan jalur pensinyalan AKT dan AMPK pada kedua model hewan yang disebabkan oleh diet tinggi glukosa tinggi lemak dan model sel SMMC-7721 yang resistan terhadap insulin. Mengingat dampaknya yang minimal terhadap kesehatan sel, phycocyanin memiliki potensi sebagai bahan nutrisi makanan yang dapat mengatur kadar glukosa darah.³⁶

Sebuah penelitian telah memberikan bukti yang menunjukkan bahwa suplementasi Spirulina 2 g/hari selama tiga bulan menghasilkan peningkatan indeks massa tubuh, berat badan, dan tekanan darah pada individu kelebihan berat badan yang didiagnosis menderita hipertensi, tanpa adanya tanda-tanda hipertensi. Penyakit kardiovaskular.³⁷ *Phycocyanin* (PC), pigmen warna biru yang mengandung sifat antioksidan yang dihasilkan dari spirulina, telah terbukti meningkatkan tekanan darah sistemik dengan menambah *ekspresi sintase oksida nitrat endotel* (eNOS) di aorta setelah distimulasi oleh adiponektin.³⁸

Spirulina terbukti efektif mengurangi infiltrasi makrofag ke dalam lemak visceral dan

menghambat pembentukan lipid hati dan stres oksidatif, yang pada akhirnya menyebabkan penurunan berat badan.³⁹ Terdapat bukti yang menunjukkan bahwa Spirulina berpotensi menurunkan sekresi leptin oleh lemak visceral atau meningkatkan kemampuan tubuh merespons leptin, sehingga mengurangi resistensi leptin. Penggunaan Spirulina platensis menghasilkan perbaikan yang signifikan pada parameter antropometri, seperti berat badan, lingkaran pinggang, lemak tubuh, dan BMI, jika dibandingkan dengan kelompok plasebo. Selain itu, kadar hs-CRP dan TG juga ditemukan meningkat pada kelompok Spirulina platensis.⁸

Suplementasi *Spirulina maxima* selama tiga bulan dengan dosis 2 gram per hari berpotensi menurunkan berat badan dan indeks massa tubuh individu yang menderita hipertensi dan kelebihan berat badan.³⁷ Penurunan berat badan yang diamati pada kelompok intervensi (suplementasi *spirulina platensis*) (-3,22 kg) jauh lebih besar dibandingkan yang diamati pada kelompok plasebo (-1,45 kg). Perbedaan ini disebabkan oleh penurunan asupan kalori selama penelitian yang lebih tinggi pada kelompok SP (-381 kkal) dibandingkan kelompok plasebo (-369 kkal). Diskusi seputar mekanisme yang mendasari tindakan anti-obesitas pada spirulina platensis masih terbatas. Namun, tampaknya proses yang disarankan sebagian besar melibatkan penurunan infiltrasi makrofag ke dalam lemak *visceral*, pencegahan akumulasi lipid hati, perbaikan stres oksidatif, dan pengurangan rasa lapar.^{34,39}

KESIMPULAN

Spirulina dapat berfungsi untuk meningkatkan aktivitas sel B, yang menyebabkan peningkatan produksi insulin dan penurunan kadar glukosa dalam darah. Kandungan zat besi yang tinggi pada spirulina dapat menyebabkan penurunan HbA1c, yang dapat meningkatkan kadar hemoglobin dan mengurangi kadar glukosa darah. Suplementasi spirulina juga dapat meningkatkan sensitivitas insulin melalui aktivitas peningkatan pensinyalan insulin. Namun, temuan ini tidak menunjukkan penurunan kadar glukosa yang signifikan di antara individu yang mengonsumsi suplemen spirulina sehingga diperlukan untuk mengeksplorasi kemungkinan dampak spirulina pada metabolisme glukosa lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

1. Kozlov AI. [Risiko obesitas dan nutrisi terkait karbohidrat bagi penduduk asli utara]. *Vopr Pitan.* 2019;88(1):5–16.
2. Fiorentino TV, De Vito F, Suraci E, Marasco R, Hribal ML, Luzzo F, dkk. Obesitas dan kelebihan

- berat badan berhubungan dengan peningkatan kadar kotransporter natrium-glukosa 1 dan transporter glukosa 5 di duodenum. *Kegemukan*. 2023 6;31(3):724–3.
3. Lundqvist MH, Pereira MJ, Eriksson JW. Respon inflamasi yang bergantung pada glukosa pada orang yang mengalami obesitas dibandingkan dengan orang yang kurus. *Kelenjar endokrin*.3;81(3):464–76.
 4. Tripolt NJ, Hofer SJ, Pferschy PN, Aziz F, Durand S, Aprahamian F, dkk. Metabolisme Glukosa dan Perubahan Metabolomik dalam Respon Puasa Berkepanjangan pada Individu dengan Obesitas, Diabetes Tipe 2, dan Orang Non-Obesitas—Uji Coba Kelompok. *Nutrisi*. 2023 18;15(3):511.
 5. Venkatakrishnan K, Chiu HF, Wang CK. Tinjauan ekstensif terhadap makanan fungsional dan nutraceutical populer terhadap obesitas dan komplikasi terkait dengan fokus khusus pada uji klinis acak. *MakananFungsi*. 2019;10(5):2313–29.
 6. Konstantinidi M, Koutelidakis AE. Makanan Fungsional dan Senyawa Bioaktif: Tinjauan tentang Kemungkinan Perannya dalam Pengelolaan Berat Badan dan Konsekuensi Metabolik Obesitas. *Obat*. 2019 9;6(3):94.
 7. Sunkara R,Verghese M. Makanan Fungsional untuk Manajemen Obesitas. *Ilmu Nutrisi Makanan*. 2014;05(14):1359–69.
 8. Yousefi R, Mottaghi A, Saidpour A. Spirulina platensis secara efektif memperbaiki pengukuran antropometrik dan gangguan metabolisme terkait obesitas pada individu sehat yang mengalami obesitas atau kelebihan berat badan: Sebuah uji coba terkontrol secara acak. *Lengkapi Ada Med*. 2018 Oktober;40:106–12.
 9. DiNicolantonio JJ, Bhat AG, OKeefe J. Efek spirulina pada penurunan berat badan dan lipid darah: ulasan. *Buka Hati*. 2020 8;7(1):e001003.
 10. Gómez-Zorita S,Trepiana J, González-Arceo M, Aguirre L, Milton-Laskibar I, González M, dkk. Efek Anti Obesitas Mikroalga. *Int J Mol Sci*. 2019 Des 19;21(1):41.
 11. Yang Z, Wang H, Liu N, Zhao K, Sheng Y, Pang H, dkk. Polisakarida alga dan turunannya sebagai terapi potensial untuk obesitas dan penyakit metabolik terkait.Fungsi Pangan. 2022;13(22):11387–409.
 12. Diniz AFA, de OliveiraClaudino BF, Duvirgens MV, da Silva Souza PP, Ferreira PB, Júnior FFL, dkk. Konsumsi Spirulina platensis Mencegah Obesitas dan Meningkatkan Efek Buruk pada Reaktivitas Usus pada Tikus yang Diberi Diet Hiperkalori. *Sel Med Oksid Panjang Umur*. 27 Juli 2021;2021:1–14.
 - 13.Bohórquez-Medina SL, Bohórquez-Medina AL, Benites Zapata VA, Ignacio-Cconchoy FL, Toro-Huamanchumo CJ, Bendezu-Quispe G, dkk. Dampak suplementasi spirulina pada gangguan metabolisme terkait obesitas: Tinjauan sistematis dan meta-analisis dari uji coba terkontrol secara acak. *Jurnal NFS*. 2021 November;25:21–30.
 - 14.Zhao B, Cui Y, Fan X, Qi P, Liu C, Zhou X, dkk.Efek anti-obesitas dari hidrolisat protein Spirulina platensis dengan memodulasi sumbu otak-hati pada tikus yang diberi diet tinggi lemak. *PLoS Satu*. 2019 20 Juni;14(6):e0218543.
 - 15.Hruby A, Hu FB. Epidemiologi Obesitas: Gambaran Besar. *Farmakoekonomi*. 2015 Juli 4;33(7):673–89.
 - 16.Glina S. Apakah serum PSA merupakan prediktor hipogonadisme pria? *Metab Endokrinol Lengkungan*. 5 April 2021;65(2):124–5.
 - 17.Ruiz-Castell M,Samouda H, Bocquet V, Fagherazzi G, Stranges S, Huiart L. Perkiraan adipositas visceral dikaitkan dengan risiko kondisi kardiometabolik dalam studi berbasis populasi. *Rep Sains* 2021 27 April;11(1):9121.
 - 18.Hernández-Conde M,Llop E, Fernández-Carrillo C, Perelló C, López-Gómez M, Abad J, dkk. Lemak visceral berhubungan dengan trombosis vena porta sirosis. *Ahli Rev Gastroenterol Hepatol*. 3 Oktober 2019;13(10):1017–22.
 - 19.Chen Y, Peng Q, Yang Y, Zheng S, Wang Y, Lu W. Prevalensi dan peningkatan tren kelebihan berat badan, obesitas umum, dan obesitas perut di kalangan orang dewasa Tiongkok: studi cross-sectional berulang. *Kesehatan Masyarakat BMC*. 2019 Des 15;19(1):1293.
 - 20.Wariri O, Alhassan JAK, Mark G, Adesiyun O, Hanson L. Tren obesitas berdasarkan status sosial ekonomi di kalangan wanita tidak hamil berusia 15–49 tahun: analisis ekuitas multidimensi lintas sektoral dari survei demografi dan kesehatan di 11 sub -Negara-negara Afrika Sahara, 1994–2015. *Kesehatan Internasional*. 2021 3 September;13(5):436–45.
 - 21.Tydeman-Edwards R, Van Rooyen FC, Walsh CM. Obesitas, kekurangan gizi, dan beban ganda malnutrisi di wilayah perkotaan dan pedesaan di Free State bagian selatan, Afrika Selatan. *Heliyon*. 2018 Des;4(12):e00983.
 - 22.Yoo S. Keseimbangan Energi Dinamis dan Pencegahan Obesitas. *J Obes Metab Syndr*. 30 Desember 2018;27(4):203–12.
 - 23.Lin X, Li H. Obesitas: Epidemiologi, Patofisiologi, dan Terapi. *Endokrinol Depan (Lausanne)*. 2021 September 6;12.
 - 24.Obri A, Claret M. Peran epigenetika dalam kontrol keseimbangan energi hipotalamus: implikasi terhadap obesitas. *Stres Sel*. 8 Juli 2019;3(7):208–20.

25. Ye J. Mekanisme resistensi insulin pada obesitas. *Med Depan*. 2013 9 Maret;7(1):14–24.
26. Singla P. Efek metabolik dari obesitas: Sebuah tinjauan. *Diabetes J Dunia*. 2010;1(3):76.
27. Kuil NJ. Definisi rasional untuk makanan fungsional: Sebuah perspektif. *DepanNutrisi*. 29 2022; 9.
28. Myrie SB, Jones PJH. Makanan fungsional dan obesitas. Dalam: *Makanan Fungsional*. Elsevier; 2011. hal. 234–60.
29. Pemberontak C, Greenway FL, Dhurandhar N V. Makanan fungsional untuk meningkatkan penurunan berat badan dan rasa kenyang. *Perawatan Metab Curr Opin Clin Nutr*. 2014 November;17(6):596–604.
30. Khezri SS, Saidpour A, Hosseinzadeh N, Amiri Z. Efek menguntungkan dari Cuka Sari Apel pada manajemen berat badan, Indeks Adipositas Visceral dan profil lipid pada subjek kelebihan berat badan atau obesitas yang menerima diet kalori terbatas: Sebuah uji klinis acak. *J Fungsi Makanan*. April 2018;43:95–102.
31. Sigamani S, Ramamurthy D, Natarajan H. Tinjauan Potensi Aplikasi Bioteknologi Mikroalga. *J Appl Farmasi Sci*. 2016;179–84.
32. Chu WL, Lim YW, Radhakrishnan AK, Lim PE. Efek perlindungan ekstrak air dari *Spirulina platensis* terhadap kematian sel yang disebabkan oleh radikal bebas. *Komplemen BMC Alternatif Med*. 21 Desember 2010;10(1):53.
33. Zeinalian R, Farhangi MA, Shariat A, Saghafi-Asl M. Efek *Spirulina Platensis* pada indeks antropometrik, nafsu makan, profil lipid dan faktor pertumbuhan endotel vaskular serum (VEGF) pada individu yang mengalami obesitas: uji coba terkontrol plasebo tersamar ganda secara acak. *Komplemen BMC Alternatif Med*. 21 Desember 2017;17(1):225.
34. Mazokopakis EE, Starakis IK, Papadomanolaki MG, Mavroeidi NG, Ganotakis ES. Efek hipolipidemik dari suplementasi *Spirulina* (*Arthrospira platensis*) pada populasi Kreta: studi prospektif. *J Sci Pertanian Pangan*. Februari 2014;94(3):432–7.
35. Torres-Duran PV., Ferreira-Hermosillo A, Juarez-Oropeza MA. Efek antihiperlipemik dan antihipertensi *Spirulina maxima* pada sampel terbuka populasi Meksiko: laporan awal. *Lipid Kesehatan Dis*. 26 Des 2007;6(1):33.
36. Hao S, Li F, Li Q, Yang Q, Zhang W. Phycocyanin Melindungi dari Diabetes yang Diinduksi Diet Tinggi Glukosa Tinggi Lemak pada Tikus dan Berpartisipasi dalam Pensinyalan AKT dan AMPK. *Makanan*. 2022 12 Oktober;11(20):3183.
37. Miczke A, Szulińska M, Hansdorfer-Korzon R, Kręgielska-Narożna M, Suliburska J, Walkowiak J, dkk. Efek konsumsi spirulina pada berat badan, tekanan darah, dan fungsi endotel pada orang Kaukasia hipertensi yang kelebihan berat badan: uji coba acak tersamar ganda, terkontrol plasebo. *Eur Rev Med Farmakol Sci*. 2016;20(1):150–6.
38. Ichimura M, Kato S, Tsuneyama K, Matsutake S, Kamogawa M, Hirao E, dkk. Phycocyanin mencegah hipertensi dan kadar adiponektin serum rendah pada model tikus sindrom metabolik. *Penelitian Nutrisi*. 2013 Mei;33(5):397–405.
39. Fujimoto M, Tsuneyama K, Fujimoto T, Selmi C, Gershwin ME, Shimada Y. Spirulina meningkatkan steatohepatitis non-alkohol, agregasi makrofag lemak visceral, dan serum leptin pada model tikus sindrom metabolik. *Penyakit Pencernaan dan Liver*. 2012 September;44(9):767–74.