

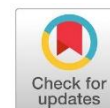
PERAN *DIETARY INFLAMMATORY INDEX* DAN KOMPOSISI LEMAK TUBUH DALAM MENINGKATKAN KADAR TNF ALPHA PADA INDIVIDU OBESITAS: TINJAUAN NARATIF

Dian Novita^{1*}, Adriyan Pramono¹, Ninik Rustanti¹, Etika Ratna Noer¹, Nyoman Suci Widyastiti²

¹Departemen Ilmu Gizi, Fakultas Kedokteran, Universitas Diponegoro, Semarang, Jawa Tengah, Indonesia

²Departemen Pendidikan Dokter Spesialis, Fakultas Kedokteran, Universitas Diponegoro, Semarang, Jawa Tengah, Indonesia

*Korespondensi : diannovitasmandu@gmail.com



ABSTRACT

Background: Obesity is a global health issue associated with low-grade chronic inflammation due to increased production of pro-inflammatory cytokines, particularly Tumor Necrosis Factor Alpha (TNF- α). TNF- α plays a role in the development of insulin resistance and metabolic disorders in obese individuals. Additionally, diet contributes to inflammation, which can be measured using the Dietary Inflammatory Index (DII). A higher DII score indicates a pro-inflammatory diet, which is linked to elevated TNF- α levels. Body fat distribution, especially visceral fat accumulation, also contributes to the increased production of pro-inflammatory cytokines;

Objective: This study aimed to explore the relationship between a pro-inflammatory diet, body fat composition, and TNF- α levels in obese individuals;

Method: This study employs a narrative review approach by gathering data from various national and international articles. The search was conducted through multiple databases, including Google Scholar, PubMed, ScienceDirect, and ResearchGate. Data were retrieved using selected keywords such as Dietary Inflammatory Index, body fat composition, TNF- α , and obesity in adults;

Results: The review results indicate that a high DII diet, characterized by high consumption of sugar, saturated fats, and low fiber intake, contributes to increased inflammation. Meanwhile, body fat distribution, particularly visceral fat, also triggers TNF- α production, exacerbating chronic inflammatory conditions;

Conclusion: The interaction between diet and body fat composition indicates that obese individuals with a pro-inflammatory diet have a higher risk of persistent systemic inflammation. Therefore, intervention strategies that prioritize an anti-inflammatory diet and proper body fat management are crucial in reducing TNF- α levels and preventing obesity-related health complications;

Keywords: Body fat composition; dietary inflammatory index; inflammation; obesity in adults; TNF- α

ABSTRAK

Latar Belakang: Obesitas merupakan salah satu masalah kesehatan masyarakat yang ditandai dengan akumulasi lemak tubuh berlebih dan berisiko menimbulkan komplikasi metabolik. Salah satu mekanisme penting yang mendasari komplikasi tersebut adalah inflamasi kronis tingkat rendah, yang ditandai dengan peningkatan kadar sitokin pro-inflamasi seperti TNF- α . Pola makan yang bersifat pro-inflamasi diketahui dapat meningkatkan respon inflamasi tubuh, termasuk kadar TNF- α . Selain itu, komposisi lemak tubuh terutama tingginya massa lemak juga berperan dalam meningkatkan produksi sitokin tersebut. Meski masing-masing faktor ini sudah pernah diteliti, masih sedikit penelitian yang melihat hubungan antara pola makan, lemak tubuh, dan kadar TNF- α secara bersamaan pada orang yang obesitas;

Tujuan: Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi hubungan antara pola makan pro-inflamasi, komposisi lemak tubuh dan kadar TNF- α pada individu obesitas;

Metode: Studi ini menggunakan pendekatan tinjauan naratif dengan mengumpulkan data dari berbagai artikel nasional dan internasional. Pencarian dilakukan melalui beberapa database seperti Google Scholar, PubMed, dan Science Direct dan Researchgate. Data dicari dengan menggunakan beberapa kata kunci terpilih seperti Dietary Inflammatory Index, body fat composition, TNF- α , dan obesity in adults;

Hasil: Hasil kajian menunjukkan bahwa pola makan dengan nilai DII tinggi yang ditandai dengan konsumsi tinggi gula, lemak jenuh, dan rendah serat, berkontribusi terhadap peningkatan peradangan. Sementara itu, distribusi lemak tubuh terutama lemak visceral juga memicu produksi TNF- α yang memperparah kondisi inflamasi kronis;

Simpulan: Interaksi antara pola makan dan komposisi lemak tubuh ini menunjukkan bahwa individu obesitas dengan pola makan pro-inflamasi memiliki risiko lebih tinggi terhadap inflamasi sistemik yang berkelanjutan. Oleh karena itu,

strategi intervensi yang mengedepankan pola makan anti-inflamasi dan pengelolaan komposisi lemak tubuh sangat penting dalam mengurangi kadar TNF- α dan mencegah komplikasi kesehatan terkait obesitas;

Kata Kunci: Dietary inflammatory index; inflamasi; komposisi lemak tubuh; obesitas dewasa; TNF- α

PENDAHULUAN

Obesitas merupakan masalah kesehatan global yang ditandai dengan penimbunan lemak tubuh secara berlebihan.¹ Prevalensinya terus meningkat dan berdampak serius pada kesehatan masyarakat.^{1,2} Obesitas ditandai dengan peradangan kronis tingkat rendah, dengan jaringan adiposa memproduksi sitokin pro-inflamasi seperti *tumor necrosis factor-alpha* (TNF- α). Ekspresi TNF- α dalam jaringan adiposa meningkat seiring dengan obesitas dan berkorelasi positif dengan adipositas dan resistensi insulin. Sitokin ini mengganggu pensinyalan insulin, yang menyebabkan resistensi insulin di berbagai jaringan.^{2,3}

Diet juga berperan penting dalam proses inflamasi. *Dietary Inflammatory Index* (DII) adalah instrumen yang dikembangkan untuk menilai potensi inflamasi dari diet seseorang.⁴ Alat ini mengevaluasi 45 parameter makanan dan hubungannya dengan biomarker inflamasi, dengan skor berkisar dari -8,87 (paling anti-inflamasi) hingga 7,98 (paling pro-inflamasi).⁵ Penelitian telah menunjukkan bahwa diet pro-inflamasi yang dimana diet pro inflamasi ini adalah pola makan yang meningkatkan respon peradangan dalam tubuh yang biasanya mengkonsumsi makanan yang tinggi lemak jenuh, karbohidrat olahan dan rendah konsumsi serat dan juga vitamin, ditunjukkan dengan skor DII yang lebih tinggi, dikaitkan dengan peningkatan kadar penanda inflamasi seperti CRP, IL-6, IL-1 β , dan TNF- α .⁴

Obesitas, khususnya obesitas sentral dikaitkan dengan inflamasi kronik tingkat rendah yang ditandai dengan peningkatan kadar sitokin proinflamasi. Jaringan adiposa visceral (VAT) menunjukkan aktivitas metabolik yang lebih tinggi dibandingkan dengan jaringan adiposa subkutan, sehingga menyebabkan peningkatan sekresi sitokin proinflamasi seperti TNF- α dan IL-6.⁶ Penelitian telah menunjukkan bahwa individu dengan distribusi lemak sentral memiliki kadar TNF- α yang lebih tinggi dibandingkan dengan mereka yang memiliki distribusi lemak perifer.⁷ Ekspresi molekul inflamasi VAT terkait dengan kadar glukosa puasa dan kerja insulin.⁶ Selain itu, diet tinggi kolesterol dapat memperburuk inflamasi dengan meningkatkan kadar TNF- α .⁸ Sementara indeks massa tubuh, lingkaran pinggang, dan persentase lemak tubuh tidak berkorelasi dengan kadar IL-6 pada pria, lemak visceral menunjukkan korelasi signifikan dengan kadar IL-6 pada wanita dengan obesitas sentral.⁷

Indeks Inflamasi Diet (DII) telah dikaitkan dengan obesitas dan hasil kesehatan terkait. Sebuah meta-analisis menemukan bahwa skor DII yang lebih tinggi secara signifikan terkait dengan peningkatan BMI dan risiko obesitas.⁹ DII juga telah berkorelasi dengan peningkatan kadar penanda inflamasi, termasuk TNF- α pada individu dengan obesitas.⁴ Hubungan antara DII dan risiko kardiometabolik, termasuk obesitas, diabetes tipe 2, dan penyakit kardiovaskular, telah dipelajari secara ekstensif, dengan sebagian besar penelitian menunjukkan hubungan positif.¹⁰

Namun, sebagian besar penelitian yang ada hanya berfokus pada hubungan antara pola makan dan inflamasi atau antara komposisi lemak tubuh dan inflamasi secara terpisah. Studi yang mengintegrasikan kedua faktor ini yakni bagaimana interaksi antara DII dan komposisi lemak tubuh dapat berkontribusi terhadap peningkatan TNF- α pada individu obesitas masih terbatas. Selain itu, banyak penelitian menggunakan BMI (*Body Mass Index*) sebagai indikator obesitas, padahal BMI tidak dapat secara akurat mencerminkan distribusi lemak tubuh. Penggunaan metode yang lebih akurat seperti *Dual-Energy X-ray Absorptiometry* (DXA) atau *Bioelectrical Impedance Analysis* (BIA) masih jarang dilakukan dalam studi yang mengaitkan diet inflamasi dan komposisi lemak dengan kadar TNF- α .

Berdasarkan kesenjangan dalam literatur tersebut, diperlukan kajian yang lebih komprehensif untuk memahami bagaimana interaksi antara DII dan komposisi lemak tubuh mempengaruhi kadar TNF- α pada individu obesitas. Tinjauan naratif ini bertujuan untuk mengeksplorasi bukti ilmiah yang ada terkait hubungan antara pola makan proinflamasi, distribusi lemak tubuh, dan peningkatan kadar TNF- α serta mengidentifikasi potensi mekanisme yang mendasari hubungan tersebut.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan *narrative review*. Pencarian artikel dilakukan menggunakan artikel nasional dan internasional dengan menelusuri beberapa database seperti Google Scholar, PubMed, ScienceDirect, dan Researchgate. Data dicari dengan menggunakan beberapa kata kunci terpilih seperti "*Dietary Inflammatory Index*", "*body fat composition*", "TNF- α ", dan "*obesity in adults*".

Kata kunci tersebut digunakan sebagai kata yang terpisah atau dikombinasikan satu sama lain. Pencarian artikel dibatasi pada artikel berbahasa Inggris dan Indonesia yang diterbitkan antara tahun 2013 hingga 2023. Dari hasil pencarian awal diperoleh sebanyak 120 artikel. Setelah dilakukan seleksi berdasarkan judul, abstrak, dan keterkaitan isi dengan topik, sebanyak 60 artikel memenuhi kriteria inklusi. Selanjutnya dilakukan evaluasi mendalam terhadap kesesuaian metode, subjek dan hasil penelitian, sehingga diperoleh 44 artikel yang digunakan dalam *narrative review* ini.

Hasil

Hasil kajian mengenai peran *dietary inflammatory index* dan komposisi lemak tubuh dalam meningkatkan kadar TNF- α pada individu obesitas didapatkan beberapa literatur yang relevan. Hasil penelitian beberapa artikel tersebut dirangkum dalam Tabel 1.

Tabel 1. Ringkasan Artikel Mengenai Peran Dietary Inflammatory Index dan Komposisi Lemak Tubuh dalam Meningkatkan Kadar TNF- α pada Individu Obesitas

Nama author	Judul Penelitian	Rancangan Penelitian	Hasil
Saeedeh Nouri-Majd, Asma Salari-Moghadam dkk 2022	<i>Dietary Inflammatory Potential in relation to General and Abdominal Obesity</i>	<i>Cross-sectional</i>	Menemukan bahwa pola makan yang tinggi pro-inflamasi berkaitan dengan peningkatan kadar sitokin inflamasi di saliva, yang merupakan tanda peradangan sistemik. Kadar sitokin yang lebih tinggi ini juga berhubungan dengan tingkat keparahan periodontitis.
Gordana Kendel Jovanovic, Ines Mrakovcic-Sutic, dkk 2020	<i>The Efficacy of an Energy-Retricted Anti Inflammatory Diet for the Management of Obesity in Younger Adults</i>	<i>Randomized controlled trial</i>	Intervensi dengan diet anti-inflamasi menghasilkan penurunan berat badan dan jaringan adiposa visceral yang signifikan dan menyebabkan perbaikan pada status kardiometabolik dan inflamasi peserta. Diet anti-inflamasi terbukti efektif dalam hal manajemen obesitas
Gholamalizadeh, Maryam Ahmadzadeh, dkk 2022	<i>Associations between the dietary inflammatory index with obesity and body fat in male adolescents</i>	<i>Cross-sectional</i>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa pola makan dengan nilai DII tinggi (pro-inflamasi), yang mencerminkan konsumsi makanan yang memicu peradangan, berhubungan positif dengan risiko obesitas dan peningkatan persentase lemak tubuh pada remaja laki-laki. Sebaliknya, pola makan dengan nilai DII rendah (anti-inflamasi) dapat berkontribusi pada berat badan yang lebih sehat dan kadar lemak tubuh yang lebih rendah.
Correa, Cinthia R. Da Costa, Bruno G, dkk 2024	<i>A higher energy-adjusted Dietary Inflammatory Index is positively associated with total and visceral body fat in young male adults</i>	<i>Cross-sectional</i>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai DII yang lebih tinggi (pro-inflamasi), berhubungan positif dengan peningkatan total lemak tubuh dan akumulasi lemak visceral pada pria dewasa muda
Zheng, Xin Ge, Yi-Zhong Ruan, dkk 2023	<i>Association between the Dietary Inflammatory Index and All-Cause Mortality in Adults with Obesity</i>	<i>Cross-sectional</i>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa DII yang lebih tinggi (pro-inflamasi) meningkatkan risiko kematian pada orang dewasa dengan obesitas sentral. Risiko inilebih signifikan pada pria dibandingkan wanita kemungkinan karena perbedaan fisiologis dalam respon inflamasi. peradangan sistemik yang diukur dengan peningkatan jumlah sel darah puth dan neutrofil, diketahui menjadi faktor yang memediasi hubungan antara DII tinggi dan kematian.

Tabel 1. Ringkasan Artikel Mengenai Peran Dietary Inflammatory Index dan Komposisi Lemak Tubuh dalam Meningkatkan Kadar TNF- α pada Individu Obesitas(Lanjutan...)

Nama author	Judul Penelitian	Rancangan Penelitian	Hasil
Lozano, Chloe P Wilkens, dkk 2022	<i>Associations of the Dietary Inflammatory Index with total adiposity and ectopic fat through the gut microbiota, LPS, and C-reactive protein in the Multiethnic Cohort–Adiposity Phenotype Study</i>	<i>Cohort-study</i>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi skor DII seseorang, semakin besar memiliki lemak tubuh yang lebih banyak. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa mikrobiota usus juga berperan sebagai mediator dalam hubungan antara DII dan adipositas, yaitu mikroba tertentu dapat mempengaruhi metabolisme lemak dan tingkat inflamasi.
Zhang, Lili Peng, Huimin Wang, dkk 2024	<i>Association of dietary inflammatory index with obesity among children and adolescents in the United States NHANES cohort: a population-based study</i>	<i>Cross-sectional</i>	Hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan antara skor DII dan kelebihan berat badan/obesitas, dan obesitas sentral pada remaja. Hasil ini mendukung hipotesis bahwa peradangan yang dipicu oleh kebiasaan makan berperan dalam perkembangan obesitas pada remaja.
Cantero, Irene Abete, Itziar Babio 2018	<i>Dietary Inflammatory Index and liver status in subjects with different adiposity levels within the PREDIMED trial</i>	<i>Cross-sectional</i>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa DII yang lebih tinggi berkaitan dengan tingkat kerusakan hati yang lebih tinggi pada peserta yang mengalami obesitas dibandingkan dengan peserta yang mengalami kelebihan berat badan. Skor DII berkaitan secara positif dengan penanda hati non-invasif dan secara langsung mempengaruhi nilai FLI (kerusakan hati).
Cobos-Palacios, Lidia Muñoz-Úbeda, Mónica Gallardo-Escribano, dkk 2022	<i>Adipokines Profile and Inflammation Biomarkers in Prepubertal Population with Obesity and Healthy Metabolic State</i>	<i>Cross-sectional</i>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa intervensi gaya hidup pada populasi prapubertas berdasarkan konsumsi diet anti inflamasi dan latihan PA (aktivitas fisik) harian menurunkan biomarker pro-inflamasi (CRP, IL-6, dan TNF- α).
Polak-Szczybylo, Ewelina Tabarkiewicz, dkk 2024	<i>Influence of dietary and lifestyle factors on levels of inflammatory markers (IL-6, IFN-γ and TNF-α) in obese subjects</i>	<i>Observasional</i>	Hasil penelitian menunjukkan kadar sitokin IL-6 dan IFN- γ lebih tinggi pada pasien dengan aterosklerosis. Kadar IL-6 dan TNF- α berkorelasi positif dengan jaringan lemak subkutan, yang berarti jika semakin banyak lemak dibawah kulit, semakin tinggi kadar IL-6 dan TNF- α . Pada individu yang mengalami obesitas, kadar sitokin pro-inflamasi menjadi faktor risiko untuk terkena aterosklerosis dan dikaitkan dengan pola makan dan gaya hidup yang tidak sehat.

PEMBAHASAN

Obesitas ditandai dengan peradangan kronis tingkat rendah yang menyebabkan peningkatan produksi sitokin pro-inflamasi, khususnya TNF- α pada jaringan adiposa.¹¹ TNF- α memainkan peran penting dalam perkembangan resistensi insulin dan gangguan metabolik yang terkait dengan obesitas. Ini mengganggu pensinyalan insulin dengan menghambat aktivitas tirosin kinase reseptor insulin pada jaringan otot dan lemak.¹² Selain itu, TNF- α memengaruhi metabolisme lipid dengan menghambat ekspresi *apolipoprotein AI* dan *kolesterol-7 α -hidroksilase* pada hepatosit, yang berpotensi menurunkan sekresi lipoprotein densitas tinggi dan ekskresi kolesterol.¹³ Ekspresi TNF- α dalam jaringan adiposa berkorelasi positif dengan adipositas dan resistensi insulin.¹¹ Memahami mekanisme respons inflamasi yang disebabkan oleh obesitas dapat menghasilkan target terapi baru untuk mencegah komplikasi terkait obesitas.

Berdasarkan hasil dari beberapa penelitian yang telah dianalisis, terlihat bahwa aktivitas fisik memiliki hubungan yang cukup kuat dengan persentase lemak tubuh, khususnya pada usia dewasa muda. Umumnya orang-orang yang lebih aktif secara fisik memiliki kadar lemak tubuh yang lebih rendah dibandingkan dengan mereka yang cenderung kurang bergerak.

Misalnya, penelitian yang dilakukan oleh Wijayanti dkk, menunjukkan bahwa mahasiswa yang rutin beraktivitas fisik seperti olahraga atau kegiatan fisik lainnya, cenderung memiliki persentase lemak tubuh yang lebih ideal.¹⁴ Temuan ini juga sejalan dengan hasil dari Putri dan Lestari yang menyatakan bahwa semakin tinggi tingkat aktivitas fisik seseorang, semakin rendah kadar lemak tubuhnya.¹⁵ Kedua penelitian ini menguatkan pandangan bahwa aktivitas fisik bisa membantu mengontrol komposisi tubuh.

Secara fisiologis, hal ini masuk akal karena ketika tubuh aktif bergerak, metabolisme meningkat dan energi yang tersimpan dalam bentuk lemak digunakan. Selain itu, olahraga juga memperbaiki cara kerja hormon insulin dan mempercepat pembakaran kalori. Setiawan dkk menambahkan bahwa aktivitas fisik membantu otot bekerja lebih efisien dalam menggunakan lemak sebagai sumber energi, sehingga cadangan lemak dalam tubuh bisa berkurang secara bertahap.¹⁶

Menariknya, aktivitas fisik bukan hanya berdampak pada komposisi tubuh, tetapi juga bisa mempengaruhi kondisi peradangan dalam tubuh. Ketika seseorang aktif secara fisik, tubuh cenderung menghasilkan zat anti-inflamasi, seperti adiponektin, dan mengurangi zat-zat penyebab peradangan seperti TNF- α . Hal ini dijelaskan oleh

Shaufi dkk yang meneliti kaitan antara olahraga, peradangan, dan metabolisme tubuh.¹⁷

Namun, tidak semua penelitian menemukan hasil yang konsisten. Arian dkk tidak menemukan hubungan yang berarti antara aktivitas fisik dan komposisi tubuh pada pria dan wanita dengan indeks massa tubuh normal. Ketidakesesuaian ini kemungkinan disebabkan oleh perbedaan metode pengukuran aktivitas fisik, durasi intervensi yang pendek, atau karakteristik subjek yang bervariasi.¹⁸

Indeks Peradangan Makanan (DII)

Dietary Inflammatory Index (DII) adalah alat yang berasal dari literatur yang dirancang untuk menilai potensi inflamasi dari diet seseorang.¹⁹ Pada penelitian yang dilakukan oleh Saeedeh *et al* menemukan bahwa pola makan yang tinggi pro-inflamasi berkaitan dengan peningkatan kadar sitokin inflamasi di saliva, yang merupakan tanda peradangan sistemik.²⁰ Skor DII yang lebih tinggi menunjukkan diet yang lebih pro-inflamasi, yang telah dikaitkan dengan peningkatan kadar penanda inflamasi seperti TNF- α , IL-1, IL-2, dan IFN- γ pada remaja.^{21,22} Sebaliknya, skor DII yang lebih rendah menunjukkan diet anti-inflamasi yang berkorelasi dengan skor yang lebih sehat pada indeks diet lainnya seperti *Healthy Eating Index-2010*, *Alternative Healthy Eating Index*, dan *Dash*.²³ DII telah digunakan untuk menyelidiki hubungan antara pola makan dan peradangan terkait obesitas, dengan pola makan pro-inflamasi yang dikaitkan dengan kadar penanda inflamasi yang lebih tinggi termasuk CRP, IL-6, IL-1 β , dan TNF- α .²⁴ Intervensi dengan diet anti-inflamasi menghasilkan penurunan berat badan jaringan adiposa visceral yang signifikan dan menyebabkan perbaikan pada status kardiometabolik dan inflamasi subjek yang dilakukan oleh Gordana *et al*.²⁵ Temuan ini menyoroti pentingnya pola makan dengan nilai DII rendah dapat berkontribusi pada berat badan yang lebih sehat dan kadar lemak tubuh yang lebih rendah sehingga memodulasi peradangan dan peran potensialnya dalam pencegahan penyakit kronis dibuktikan dengan penelitian yang dilakukan oleh Gholamalizadeh *et al*.²⁶

Komposisi Lemak Tubuh

Komposisi lemak tubuh mencakup proporsi lemak visceral dan subkutan. Lemak visceral yang terletak di sekitar organ internal. Lebih berhubungan dengan peningkatan inflamasi dibandingkan lemak subkutan. Penelitian menunjukkan bahwa peningkatan jaringan adiposa visceral berkontribusi pada sekresi TNF- α oleh makrofag yang menginfiltrasi jaringan adiposa.²⁷

Obesitas ditandai dengan peningkatan jaringan adiposa yang dapat berupa visceral maupun

subkutan. Kedua jenis jaringan adiposa tersebut berhubungan dengan penanda inflamasi dan stres oksidatif. Pada individu obesitas, jaringan adiposa mengalami aktivasi jalur sinyal dan infiltrasi makrofag, sehingga menyebabkan inflamasi kronis.²⁸ inflamasi ini ditandai dengan peningkatan produksi adipokin pro-inflamasi dan penurunan adipokin anti-inflamasi. secara spesifik, ekspresi *interleukin-6* (IL-6) dan *Tumor Necrosis Factor Alpha* (TNF- α) meningkat pada obesitas, dengan TNF- α menunjukkan ekspresi yang lebih tinggi pada lemak subkutan dibandingkan dengan lemak visceral.^{11,29} Namun pada pasien trauma, distribusi lemak visceral dibandingkan dengan lemak subkutan tidak berdampak signifikan terhadap profil inflamasi atau hasil klinis, yang menunjukkan bahwa tingkat keparahan cedera mungkin menutupi efek inflamasi kronis dari obesitas dalam situasi akut.³⁰ Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Polak *et al* yang menemukan kadar IL-6 dan TNF- α berkorelasi positif dengan jaringan lemak subkutan, yang berarti jika semakin banyak lemak dibawah kulit, semakin tinggi kadar IL-6 dan TNF- α .³¹

Hubungan antara DII, Komposisi Lemak Tubuh, dan TNF- α

Kombinasi pola makan pro-inflamasi dan akumulasi lemak visceral meningkatkan risiko inflamasi kronis. Mekanisme sebagai berikut :

Inflamasi Kronis

Obesitas ditandai dengan hipertrofi adiposit dan infiltrasi makrofag ke jaringan adiposa, sehingga terjadi inflamasi kronik tingkat rendah.³² Keadaan inflamasi ini berhubungan dengan peningkatan produksi sitokin pro-inflamasi, khususnya TNF- α .¹¹ Penelitian yang dilakukan oleh Zhang *et al* menunjukkan bahwa individu obesitas mengekspresikan mRNA TNF- α 2,5 kali lebih banyak di jaringan diposa dibandingkan dengan kontrol kurus, dengan korelasi positif yang kuat antara ekspresi TNF- α dan hiperinsulinemia, indikator resistensi insulin.^{33,34,35} Kadar TNF- α di jaringan adiposa berkorelasi positif dengan dengan adipositas dan resistensi insulin, menunjukkan perannya dalam patogenesis resistensi insulin terkait obesitas. Temuan yang dilakukan pada Cantero *et al* menyatakan bahwa DII yang lebih tinggi berkaitan dengan kerusakan hati yang lebih tinggi pada peserta yang mengalami obesitas dibandingkan dengan peserta yang mengalami berat badan, peradangan berkaitan secara positif dengan penanda hati non-invasif dan secara langsung mempengaruhi nilai FLI.³⁶ Penurunan berat badan pada subjek obesitas meningkatkan sensitivitas insulin dan dikaitkan dengan penurunan ekspresi mRNA TNF- α pada jaringan adiposa. Temuan ini

menyoroti potensi penarget TNF- α sebagai pendekatan terapeutik untuk obesitas dan resistensi insulin.^{37,3}

Diet pro-Inflamasi

Penelitian menunjukkan bahwa pola makan tinggi lemak jenuh dan rendah serat dapat memperburuk peradangan, sementara pola makan seimbang yang kaya antioksidan dapat mengurangi penanda peradangan seperti TNF- α .³⁸ Pola makan tinggi kolesterol telah terbukti meningkatkan kadar TNF- α . Pola makan antiperadangan yang dicirikan oleh rasio lemak tak jenuh tunggal terhadap lemak jenuh yang tinggi, asam lemak omega-3, dan buah-buahan, sayur-sayuran, dan biji-bijian utuh yang melimpah, telah menunjukkan efek menguntungkan pada penanda peradangan.³⁹ Pola makan juga dapat memperbaiki manifestasi klinis pada kondisi seperti Sindrom Ovarium Polistik (PCOS) dengan mengurangi BMI, mengatur siklus menstruasi, dan menurunkan penanda peradangan.⁴⁰ Keseimbangan makronutrien, khususnya rasio protein terhadap beban glikemik dan rasio asam lemak omega-6 terhadap omega-3, memainkan peran penting dalam memodulasi ekspresi gen inflamasi. suplementasi dengan asam lemak omega-3 dan polifenol dapat lebih meningkatkan efek anti-inflamasi dari pola makan tersebut.³⁹ Interaksi ini menciptakan siklus inflamasi, yang mengarah pada peningkatan regulasi adipokin pro-inflamasi dan penurunan regulasi adipokin anti-inflamasi.⁴¹

KESIMPULAN

Dapat disimpulkan terdapat hubungan yang signifikan anatara pola makan dengan nilai DII tinggi, yang ditandai dengan konsumsi makanan tinggi gula, lemak jenuh, dan rendah serat berkontribusi terhadap peningkatan proses inflamasi. Di sisi lain, peningkatan komposisi lemak tubuh, terutama lemak visceral, memicu produksi sitokin pro-inflamasi seperti TNF- α yang dapat memperparah kondisi inflamasi kronis.

Interaksi antara pola makan dan komposisi lemak tubuh ini memperlihatkan bahwa individu obesitas dengan pola makan pro-inflamasi memiliki risiko lebih tinggi terhadap inflamasi sistemik yang berkelanjutan. Oleh karena itu, modifikasi pola makan menuju pola makan anti-inflamasi, dengan nilai DII yang lebih rendah, serta pengelolaan komposisi lemak tubuh, sangat penting dalam mengurangi kadar TNF- α dan mencegah komplikasi kesehatan terkait obesitas.

Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengeksplorasi mekanisme mendalam antara pola makan, lemak tubuh, dan inflamasi, serta merancang intervensi gizi yang efektif untuk mengendalikan peradangan pada individu obesitas.

DAFTAR PUSTAKA

- Masrul M. Epidemi obesitas dan dampaknya terhadap status kesehatan masyarakat serta sosial ekonomi bangsa. *Maj Kedokt Andalas* [Internet]. 2018 Oct 2;41(3):152. DOI: 10.25077/mka.v41.i3.p152-162.2018. Available from: <http://jurnalmka.fk.unand.ac.id/index.php/art/article/view/612>
- Firsta Yosika G, Sukoco P, Pranoto A, Purwoto SP. Penurunan malondialdehyde serum setelah latihan interval dan continuous di pagi hari pada perempuan obesitas. *J Sport J Penelit Pembelajaran* [Internet]. 2020 Aug 25;6(2):288-303. DOI: 10.29407/js_unpgri.vi.14289. Available from: <https://ojs.unpkediri.ac.id/index.php/pjk/article/view/14289>
- Tzanavari T, Giannogonas P, Karalis KP. TNF- α and Obesity. In: *TNF Pathophysiology* [Internet]. Basel: KARGER; 2010. p. 145-156. DOI: 10.1159/000289203. Available from: <https://karger.com/books/book/2686/chapter/5761108>
- Mello RN de, Gois BP de, Kravchychyn ACP, Dâmaso AR, Horst MA, Lima GC, et al. Dietary inflammatory index and its relation to the pathophysiological aspects of obesity: a narrative review. *Arch Endocrinol Metab* [Internet]. 2023 Jun 21;67(6):DOI: 10.20945/2359-3997000000631. Available from: <https://www.aem-sbem.com/article/dietary-inflammatory-index-and-its-relation-to-the-pathophysiological-aspects-of-obesity-a-narrative-review/>
- Belančić A, Kendel Jovanović G, Klobučar Majanović S. Obesity-related low-grade chronic inflammation: implementation of the dietary inflammatory index in clinical practice is the milestone? *Med Flum* [Internet]. 2018 Dec 1;54(4):373-378. DOI: 10.21860/medflum2018_207350. Available from: https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=304678
- Samaras K, Botelho NK, Chisholm DJ, Lord R V. Subcutaneous and Visceral Adipose Tissue Gene Expression of Serum Adipokines That Predict Type 2 Diabetes. *Obesity* [Internet]. 2010 May 6;18(5):884-889. DOI: 10.1038/oby.2009.443. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1038/oby.2009.443>
- Tina AR, Kurniawan LB, Bahrin U. Analisis Hubungan Berbagai Indeks Obesitas dengan Kadar Interleukin-6 pada Subjek Obesitas dan Non-obesitas Sentral. *J Med Heal* [Internet]. 2021 Aug 17;3(2):DOI: 10.28932/jmh.v3i2.3502. Available from: <https://journal.maranatha.edu/index.php/jmh/article/view/3502>
- Trisnadi, Reza Adityas, Wibowo, Joko Wahyu, Thomas S. Pengaruh Diet Tinggi Kolesterol terhadap Kadar TNF α Reza Adityas Trisnadi. 2021;12(April):132-134. DOI: 10.33846/sf12205.
- Kord Varkaneh H, Fatahi S, Tajik S, Rahmani J, Zarezadeh M, Shab-Bidar S. Dietary inflammatory index in relation to obesity and body mass index: a meta-analysis. *Nutr Food Sci* [Internet]. 2018 Sep 10;48(5):702-721. DOI: 10.1108/NFS-09-2017-0203. Available from: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/NFS-09-2017-0203/full/html>
- Hariharan R, Odjidja EN, Scott D, Shivappa N, Hébert JR, Hodge A, et al. The dietary inflammatory index, obesity, type 2 diabetes, and cardiovascular risk factors and diseases. *Obes Rev* [Internet]. 2022 Jan 27;23(1):DOI: 10.1111/obr.13349. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/obr.13349>
- Susantiningih T, Mustofa S. Ekspresi IL-6 dan TNF- α Pada Obesitas IL-6 and TNF- α Expression in Obesity. *JK Unila*. 2018;2(2):174-180. DOI: 10.28932/jmh.v3i2.3502.
- Son M, Wu J. Egg white hydrolysate and peptide reverse insulin resistance associated with tumor necrosis factor- α (TNF- α) stimulated mitogen-activated protein kinase (MAPK) pathway in skeletal muscle cells. *Eur J Nutr* [Internet]. 2019 Aug 28;58(5):1961-1969. DOI: 10.1007/s00394-018-1753-7. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00394-018-1753-7>
- Ren K, Mo Z, Liu X, Tang Z, Jiang Y, Peng X, et al. TGF- β Down-regulates Apolipoprotein M Expression through the TAK-1-JNK-c-Jun Pathway in HepG2 Cells. *Lipids* [Internet]. 2017 Feb;52(2):109-117. DOI: 10.1007/s11745-016-4227-9. Available from: <https://aocs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1007/s11745-016-4227-9>
- Pratiwi AQ. HUBUNGAN PERSENTASE LEMAK TUBUH DAN AKTIVITAS FISIK DENGAN KEBUGARAN WANITA 26-45 TAHUN. *Sport Nutr J* [Internet]. 2022 Dec 5;4(2):24-30. Available from: <https://journal.unnes.ac.id/sju/spnj/article/view/58691>

15. Putri AS, Nilasari K, Mariana RR, Kurniawan A. Hubungan Screen Time dan Durasi Tidur terhadap Status Gizi Siswa dan Siswi MAN 2 Kota Malang. *Sport Sci Heal* [Internet]. 2025 Mar 11;6(12):1325–42. Available from: <https://journal3.um.ac.id/index.php/fik/article/view/6567>
16. Brawijaya FPU. Prosiding Seminar Nasional Hasil-Hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat. In 2023.
17. Saufi FM, Nurkadri N, Sitopu GS, Habeahan GF. Hubungan Olahraga Dan Kesehatan Mental. *Cerdas Sifa Pendidik* [Internet]. 2024 May 28;13(1):1–15. Available from: <https://online-journal.unja.ac.id/csp/article/view/33728>
18. Arıkan Ş, REVAN S. Relationship Between Physical Activity Levels and Body Compositions of University Students. *Turkish J Sport Exerc* [Internet]. 2019 May 5; Available from: <https://dergipark.org.tr/en/doi/10.15314/tsed.531201>
19. Chen H, Gao Y, Wei N, Du K, Jia Q. Strong association between the dietary inflammatory index(DII) and breast cancer: a systematic review and meta-analysis. *Aging (Albany NY)* [Internet]. 2021 May 15;13(9):13039-13047. DOI: 10.18632/aging.202985. Available from: <https://www.aging-us.com/lookup/doi/10.18632/aging.202985>
20. Nouri-Majd S, Salari-Moghaddam A, Keshteli AH, Esmailzadeh A, Adibi P. Dietary Inflammatory Potential in relation to General and Abdominal Obesity. *Stankovic S, editor. Int J Clin Pract* [Internet]. 2022 Jan 31;2022:1-7. DOI: 10.1155/2022/5685249. Available from: <https://www.hindawi.com/journals/ijclp/2022/5685249/>
21. Shivappa N, Steck SE, Hurley TG, Hussey JR, Hébert JR. Designing and developing a literature-derived, population-based dietary inflammatory index. *Public Health Nutr* [Internet]. 2014 Aug 14;17(8):1689-1696. DOI: 10.1017/S1368980013002115. Available from: https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S1368980013002115/type/journal_article
22. Shivappa N, Hebert JR, Marcos A, Diaz LE, Gomez S, Nova E, et al. A1. Shivappa N, Hebert JR, Marcos A, Diaz L-E, Gomez S, Nova E, et al. Association between dietary inflammatory index and inflammatory markers in the HELENA study. *Mol Nutr Food Res*. 2017;61(6):1–18. Association between dietary inflammatory index and infla. *Mol Nutr Food Res*. 2017;61(6):1-18. DOI: 10.1002/mnfr.201600707. Association.
23. Wirth MD, Hébert JR, Shivappa N, Hand GA, Hurley TG, Drenowatz C, et al. Anti-inflammatory Dietary Inflammatory Index scores are associated with healthier scores on other dietary indices. *Nutr Res* [Internet]. 2016 Mar;36(3):214-219. DOI: 10.1016/j.nutres.2015.11.009. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0271531715002894>
24. Kotemori A, Sawada N, Iwasaki M, Yamaji T, Shivappa N, Hebert JR, et al. Dietary Inflammatory Index Is Associated With Inflammation in Japanese Men. *Front Nutr* [Internet]. 2021 Apr 9;8:DOI: 10.3389/fnut.2021.604296. Available from: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnut.2021.604296/full>
25. Kendel Jovanović G, Mrakovcic-Sutic I, Pavičić Žeželj S, Šuša B, Rahelić D, Klobučar Majanović S. The Efficacy of an Energy-Restricted Anti-Inflammatory Diet for the Management of Obesity in Younger Adults. *Nutrients* [Internet]. 2020 Nov 22;12(11):3583. DOI: 10.3390/nu12113583. Available from: <https://www.mdpi.com/2072-6643/12/11/3583>
26. Gholamalizadeh M, Ahmadzadeh M, BourBour F, Vahid F, Ajami M, Majidi N, et al. Associations between the dietary inflammatory index with obesity and body fat in male adolescents. *BMC Endocr Disord* [Internet]. 2022 Dec 2;22(1):115. DOI: 10.1186/s12902-022-01001-x. Available from: <https://bmccendocrdisord.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12902-022-01001-x>
27. Wardhana IMW, Wangko S. Interaksi Antara Makrofag Dan Jaringan Adiposa Pada Obesitas. *J Biomedik*. 2013;3(2):DOI: 10.35790/jbm.3.2.2011.866.
28. Schlecht I, Fischer B, Behrens G, Leitzmann MF. Relations of Visceral and Abdominal Subcutaneous Adipose Tissue, Body Mass Index, and Waist Circumference to Serum Concentrations of Parameters of Chronic Inflammation. *Obes Facts* [Internet]. 2016;9(3):144-157. DOI: 10.1159/000443691. Available from: <https://karger.com/OFA/article/doi/10.1159/000443691>
29. Zheng X, Ge YZ, Ruan GT, Lin SQ, Chen Y, Liu CA, et al. Association between the Dietary Inflammatory Index and All-Cause Mortality in Adults with Obesity. *Ann Nutr Metab* [Internet]. 2023;79(5):434-447. DOI:

- 10.1159/000533380. Available from: <https://karger.com/ANM/article/doi/10.1159/000533380>
30. Collier B, Dossett L, Shipman J, Day M, Lawson G, Sawyer R, et al. Visceral Adiposity Is Not Associated With Inflammatory Markers in Trauma Patients. *J Trauma Inj Infect Crit Care* [Internet]. 2010 Jan;68(1):57-61. DOI: 10.1097/TA.0b013e3181c40262. Available from: <https://journals.lww.com/00005373-201001000-00011>
31. Polak-Szczybyło E, Tabarkiewicz J. Influence of dietary and lifestyle factors on levels of inflammatory markers (IL-6, IFN- γ and TNF- α) in obese subjects. *Cent Eur J Immunol* [Internet]. 2024;49(1):19-25. DOI: 10.5114/ceji.2024.138748. Available from: <https://www.termedia.pl/doi/10.5114/ceji.2024.138748>
32. Bai Y, Sun Q. Macrophage recruitment in obese adipose tissue. *Obes Rev* [Internet]. 2015 Feb 13;16(2):127-136. DOI: 10.1111/obr.12242. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/obr.12242>
33. Martins LB, Oliveira MC de, Menezes-Garcia Z, Rodrigues DF, Lana JP, Vieira LQ, et al. Paradoxical role of tumor necrosis factor on metabolic dysfunction and adipose tissue expansion in mice. *Nutrition* [Internet]. 2018 Jun;50:1-7. DOI: 10.1016/j.nut.2017.07.006. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0899900717301521>
34. Okada S, Kozuka C, Masuzaki H, Yasue S, Ishii-Yonemoto T, Tanaka T, et al. Adipose tissue-specific dysregulation of angiotensinogen by oxidative stress in obesity. *Metabolism* [Internet]. 2010 Sep;59(9):1241-1251. DOI: 10.1016/j.metabol.2009.11.016. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0026049509004910>
35. Zhang L, Peng H, Wang Y, Ba H. Association of dietary inflammatory index with obesity among children and adolescents in the United States NHANES cohort: a population-based study. *Ital J Pediatr* [Internet]. 2024 Jan 25;50(1):14. DOI: 10.1186/s13052-024-01586-0. Available from: <https://ijponline.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13052-024-01586-0>
36. Cantero I, Abete I, Babio N, Arós F, Corella D, Estruch R, et al. Dietary Inflammatory Index and liver status in subjects with different adiposity levels within the PREDIMED trial. *Clin Nutr* [Internet]. 2018 Oct;37(5):1736-1743. DOI: 10.1016/j.clnu.2017.06.027. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0261561417302388>
37. Li C, Qu L, Farragher C, Vella A, Zhou B. MicroRNA regulated macrophage activation in obesity. *J Transl Intern Med* [Internet]. 2019 Jul 11;7(2):46-52. DOI: 10.2478/jtim-2019-0011. Available from: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.2478/jtim-2019-0011/html>
38. Galland L. Diet and Inflammation. *Nutr Clin Pract* [Internet]. 2010 Dec 7;25(6):634-640. DOI: 10.1177/0884533610385703. Available from: <https://aspenjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1177/0884533610385703>
39. Sears B. Anti-inflammatory Diets. *J Am Coll Nutr* [Internet]. 2015 Sep 15;34(sup1):14-21. DOI: 10.1080/07315724.2015.1080105. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/07315724.2015.1080105>
40. Marlina U, Maulitanti SD, Annisa Y, Masitha D. Pengaruh Penerapan Diet Anti Inflamasi Pada Perubahan Manifestasi Klinis Dan Penanda Inflamasi Wanita Dengan Polycystic Ovary Syndrome (PCOS). *J Pendidik Indones* [Internet]. 2023 May 25;4(05):475-488. DOI: 10.59141/japendi.v4i05.1821. Available from: <https://japendi.publikasiindonesia.id/index.php/japendi/article/view/1821>
41. KRÁLOVÁ A, KRÁLOVÁ LESNÁ I, FRONĚK J, ČEJKOVÁ S, SEKERKOVÁ A, JANOUSĚK L, et al. Macrophage Phenotypes in the Adipose Tissue of Postmenopausal Women. *Physiol Res* [Internet]. 2015 Nov 30;S427-S433. DOI: 10.33549/physiolres.933150. Available from: http://www.biomed.cas.cz/physiolres/pdf/64_Suppl_3/64_S427.pdf