Vol. 7, No. 3, Desember 2025, pp 561-571
https://doi.org/10.36590/jika.v7i3.1587
http://salnesia.id/index.php/jika
jika@salnesia.id, p-ISSN: 2337-9847, e-ISSN: 2686-2883
Penerbit: Sarana Ilmu Indonesia (salnesia)

ARTIKEL PENELITIAN

Polimorfisme Gen Adrb2 dan Aktivitas Fisik dengan *Energy Balance* pada Pasien Obesitas

ADRB2 Gene Polymorphism and Physical Activity with Energy Balance in Obesity Patients

Hendi Hafizth[1*], Delmi Sulastri[2], Arni Amir[1]

[1]Program Studi Ilmu Biomedis Program Magister, Fakultas Kedokteran, Universitas Andalas, Kota Padang, Indonesia

[2]Departemen Ilmu Gizi, Fakultas Kedokteran, Universitas Andalas, Kota Padang, Indonesia

Abstract

Obesity is recognized as a major global health problem due to its negative impact on quality of life and its strong association with various metabolic disorders. Energy imbalance, defined as a condition in which energy intake consistently exceeds energy expenditure, is considered a central mechanism in the development of obesity. This study aimed to examine the relationship between physical activity, ADRB2 gene polymorphism zygosity (rs1042713), and energy balance among individuals with obesity. A quantitative cross-sectional design was implemented, involving 48 obese participants selected using a total sampling technique. Data were obtained through structured interviews, anthropometric measurements, and genetic testing. Statistical analyses were conducted using the Chi-square test, Fisher's exact test, and logistic regression analysis. The results indicated a statistically significant association between physical activity and energy balance status (p-value = 0,003). No significant association was identified between ADRB2 gene zygosity and energy balance (p-value = 1,000). The findings highlight the important role of physical activity in preventing excess energy accumulation among obese individuals, while the genetic variation examined did not show a significant contribution in this study. Limitations include the cross-sectional design, which precludes causal inference, and the relatively small sample size, which limits the generalizability of the results. Promotion of an active lifestyle remains a fundamental strategy in adult obesity management.

Keywords: *energy balance, obesity, physical activity*

Article history:
Submitted 03 Juli 2025
Accepted 30 Desember 2025
Published 31 Desember 2025

PUBLISHED BY:
Sarana Ilmu Indonesia (salnesia)
Address:
Jl. Dr. Ratulangi No. 75A, Baju Bodoa, Maros Baru, Kab. Maros, Provinsi Sulawesi Selatan, Indonesia

Email:
info@salnesia.id, jika@salnesia.id
Phone:
+62 85255155883

Abstrak

Obesitas diakui sebagai masalah kesehatan global utama karena dampaknya yang merugikan terhadap kualitas hidup serta hubungannya yang kuat dengan berbagai gangguan metabolik. Ketidakseimbangan energi, yang didefinisikan sebagai kondisi ketika asupan energi secara konsisten melebihi pengeluaran energi, dianggap sebagai mekanisme utama dalam perkembangan obesitas. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji hubungan antara aktivitas fisik, zigositas polimorfisme gen ADRB2 (rs1042713), dan keseimbangan energi pada individu dengan obesitas. Penelitian ini menggunakan desain cross-sectional dengan pendekatan kuantitatif, melibatkan 48 partisipan obesitas yang dipilih melalui teknik total sampling. Data diperoleh melalui wawancara terstruktur, pengukuran antropometri, dan pemeriksaan genetik. Analisis statistik dilakukan menggunakan uji *Chi-square, Fisher's exact test,* dan analisis regresi logistik. Hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan yang signifikan secara statistik antara aktivitas fisik dan status keseimbangan energi (*p-value* = 0,003). Tidak ditemukan hubungan yang signifikan antara zigositas gen ADRB2 dan keseimbangan energi (*p-value* = 1,000). Temuan ini menegaskan peran penting aktivitas fisik dalam mencegah akumulasi energi berlebih pada individu obesitas, sementara variasi genetik yang diteliti tidak menunjukkan kontribusi yang signifikan dalam penelitian ini. Keterbatasan penelitian meliputi desain *cross-sectional* yang tidak memungkinkan penarikan kesimpulan kausal serta ukuran sampel yang relatif kecil sehingga membatasi generalisasi hasil. Promosi gaya hidup aktif tetap menjadi strategi mendasar dalam pengelolaan obesitas pada orang dewasa.

Kata Kunci: obesitas, keseimbangan energi, aktivitas fisik

*Penulis Korespondensi:
Hendi Hafizth, email: drhendi21@gmail.com

*This is an open access article under the **CC–BY** license*

Highlight:

- Ekstrak bunga lawang (*Illicium verum*) terbukti mengandung senyawa aktif seperti saponin, alkaloid, flavonoid, tanin, dan trans-anetol yang memiliki potensi biologis sebagai agen antibakteri.
- Meskipun konsentrasi ekstrak yang lebih tinggi meningkatkan diameter zona hambat, efektivitasnya dikategorikan lemah terhadap bakteri *Klebsiella pneumoniae* ESBL jika dibandingkan dengan kontrol positif meropenem.
- Rendahnya aktivitas antibakteri diduga karena struktur membran luar bakteri Gram-negatif yang kaya akan lipopolisakarida (LPS), sehingga menghalangi penetrasi senyawa lipofilik dari ekstrak bunga lawang

PENDAHULUAN

Prevalensi obesitas menunjukkan tren peningkatan yang tajam dalam empat dekade terakhir dan telah berkembang menjadi salah satu tantangan kesehatan global yang paling kompleks (Loos dan Yeo, 2022). Obesitas diklasifikasikan sebagai kondisi dengan indeks massa tubuh (IMT) ≥30 kg/m², sedangkan kelebihan berat badan berada pada rentang IMT 25,0–29,9 kg/m² (Lin dan Li, 2021). Secara global, lebih dari 1 miliar penduduk dunia mengalami obesitas, terdiri atas sekitar 650 juta orang dewasa, 340 juta remaja, dan 39 juta anak-anak. Organisasi kesehatan dunia memproyeksikan bahwa pada tahun 2025 sekitar 167 juta anak dan orang dewasa akan terdampak kelebihan

berat badan atau obesitas. Pada tahun 2023, diperkirakan sekitar 20% populasi dunia memiliki IMT di atas 30 kg/m².

Kondisi serupa juga terlihat di Indonesia. Data Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) tahun 2018 mengindikasikan bahwa sekitar satu dari tiga orang dewasa mengalami kelebihan berat badan atau obesitas. Di tingkat provinsi, Sumatera Barat menempati urutan ke-20 dalam prevalensi obesitas dengan angka 20,4%, serta prevalensi kelebihan berat badan sebesar 13,1%. Kota Padang tercatat sebagai daerah dengan prevalensi obesitas tertinggi keempat, yaitu 21,82%, dan prevalensi kelebihan berat badan sebesar 13,32%. Data tersebut memperlihatkan bahwa obesitas tidak hanya menjadi permasalahan kesehatan di tingkat global, tetapi juga merupakan isu yang signifikan pada skala nasional dan daerah.

Obesitas diketahui sebagai faktor risiko utama dari berbagai penyakit kronis seperti stroke, penyakit jantung koroner, diabetes melitus tipe 2, hipertensi, demensia, *fatty liver disease*, serta beberapa jenis kanker termasuk kanker endometrium, payudara, ovarium, prostat, kantong empedu, ginjal, dan usus besar. Penyakit-penyakit tersebut secara signifikan menurunkan kualitas hidup dan harapan hidup penderitanya (WHO, 2023). Penanggulangan obesitas menjadi prioritas dalam upaya peningkatan status kesehatan masyarakat global dan nasional.

Aktivitas fisik merupakan salah satu komponen penting dalam menjaga keseimbangan energi dan mencegah obesitas. Sejumlah studi menyatakan bahwa individu yang aktif secara fisik memiliki risiko lebih rendah mengalami kenaikan berat badan dan obesitas (WHO, 2020). Kondisi saat ini justru menunjukkan kecenderungan meningkatnya perilaku sedentari, seperti durasi duduk yang berkepanjangan di depan layar, rendahnya tingkat aktivitas fisik, serta kebiasaan menggunakan kendaraan bermotor meskipun untuk jarak yang relatif dekat. Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) merekomendasikan agar orang dewasa berusia 18–64 tahun melakukan aktivitas fisik aerobik dengan intensitas sedang selama 150–300 menit per minggu atau aktivitas fisik dengan intensitas tinggi selama 75–150 menit per minggu guna menjaga kesehatan dan mencegah risiko penyakit tidak menular.

Selain faktor lingkungan dan gaya hidup, faktor genetik juga memainkan peran penting dalam perkembangan obesitas. Beberapa studi menyebutkan bahwa sekitar 40–70% variasi obesitas ditentukan oleh faktor genetik (Dubern, 2019). Salah satu gen yang sering diteliti adalah ADRB2, karena gen ini mengkode reseptor β2-adrenergik yang terlibat dalam metabolisme energi melalui regulasi pelepasan lipid oleh katekolamin. Aktivasi reseptor β2-adrenergik oleh katekolamin (epinefrin dan norepinefrin) akan merangsang jalur *adenylyl cyclase–cAMP–protein kinase A* yang selanjutnya mengaktifkan hormon sensitif lipase (HSL), sehingga meningkatkan proses lipolisis pada jaringan adiposa. Polimorfisme pada gen ADRB2, khususnya rs1042713, diduga dapat memengaruhi sensitivitas reseptor terhadap katekolamin, yang pada akhirnya berdampak pada efisiensi lipolisis dan keseimbangan energi tubuh. Selain ADRB2, gen ADRB3 dan GHRL juga dikaji karena keterkaitannya dengan regulasi keseimbangan energi tubuh (Faizin, 2023).

Obesitas seringkali merupakan hasil interaksi kompleks antara faktor genetik dan lingkungan. Keseimbangan energi, yakni perbandingan antara energi yang dikonsumsi dan dikeluarkan tubuh, menjadi kunci utama dalam manajemen obesitas. Jika energi yang masuk melebihi energi yang digunakan, maka terjadi keseimbangan energi positif yang menyebabkan penumpukan lemak tubuh (Romieu et al., 2017).

Sejumlah penelitian telah mengevaluasi hubungan antara gen ADRB2 dan obesitas, dengan hasil yang masih menunjukkan perbedaan. Beberapa studi menemukan

adanya hubungan yang signifikan, sementara yang lain tidak menunjukkan kaitan yang berarti (Veerabathiran et al., 2023). Selain itu, sebagian besar penelitian lebih menekankan pada hubungan genetik dengan obesitas secara umum, dan masih terbatas yang secara spesifik menganalisis keterkaitan antara aktivitas fisik, polimorfisme gen ADRB2, dan keseimbangan energi pada pasien obesitas dewasa, khususnya di Indonesia. Interaksi antara aktivitas fisik, faktor genetik, dan keseimbangan energi masih menjadi isu yang relevan dan memerlukan kajian lebih mendalam. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi hubungan antara aktivitas fisik serta zigositas gen ADRB2 (rs1042713) dengan keseimbangan energi pada pasien obesitas.

METODE

Penelitian ini merupakan studi observasional dengan rancangan *comparative cross-sectional* yang bertujuan untuk menganalisis hubungan antara aktivitas fisik dan polimorfisme gen ADRB2 terhadap keseimbangan energi pada pasien obesitas. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Prodia pada bulan Agustus hingga September 2024. Populasi penelitian mencakup seluruh pasien obesitas yang telah menjalani pemeriksaan Prodia Nutrigenomic (PNG). Metode pengambilan sampel menggunakan teknik total sampling, sehingga seluruh subjek yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi dimasukkan sebagai sampel penelitian. Dari total populasi tersebut, sebanyak 48 subjek memenuhi kriteria dan bersedia berpartisipasi dalam penelitian, sehingga jumlah sampel akhir adalah 48 orang. Sebanyak 6 orang dari populasi awal tidak diikutsertakan karena tidak memenuhi kriteria inklusi, dan eksklusi dan data yang diperoleh tidak lengkap. Kondisi ini berpotensi menimbulkan bias seleksi.

Kriteria inklusi adalah subjek berusia 18–65 tahun, memiliki komorbid seperti DM tipe 2 atau hipertensi, mampu berdiri tanpa bantuan, serta mampu berkomunikasi. Sementara itu, kriteria eksklusi meliputi kehamilan, penyakit keganasan, penyakit infeksi, serta sedang menjalani diet atau konsumsi obat/jamu penurun berat badan. Variabel independen terdiri dari aktivitas fisik dan polimorfisme gen ADRB2. Aktivitas fisik dinilai menggunakan International *Physical Activity Questionnaire* (IPAQ), kemudian dikelompokkan ke dalam tiga kategori berdasarkan total skor MET-menit per minggu, yaitu rendah (<600 MET-menit/minggu), sedang (600–2999 MET-menit/minggu), dan tinggi (≥3000 MET-menit/minggu). Analisis polimorfisme gen ADRB2 (rs1042713) dilakukan dengan metode *PCR sequencing*, selanjutnya hasilnya diklasifikasikan menurut status zigositas menjadi kelompok mutan dan non-mutan.

Variabel dependen adalah *energy balance* yang ditentukan berdasarkan selisih antara asupan energi dan pengeluaran energi. Asupan energi diperoleh melalui *food recall* 24 jam dan dikategorikan menjadi rendah dan tinggi berdasarkan Angka Kecukupan Gizi (AKG). Pengeluaran energi dihitung menggunakan Total Daily Energy Expenditure (TDEE) berdasarkan komposisi tubuh, dan *energy balance* diklasifikasikan menjadi defisit energi (asupan < pengeluaran) dan surplus energi (asupan > pengeluaran). Data primer dikumpulkan melalui wawancara, pemeriksaan antropometri, dan pemeriksaan genetik. Alat ukur yang digunakan antara lain microtoise, timbangan BIA (Omron), kuesioner IPAQ, dan *food recall*. Data sekunder diperoleh dari rekam medis pasien. Pengolahan data dilakukan melalui proses editing, entry, cleaning, tabulasi, dan analisis dengan menggunakan perangkat lunak SPSS. Uji statistik dilakukan sesuai dengan distribusi data untuk melihat hubungan antar variabel.

Penelitian ini telah memperoleh persetujuan etik dari Komisi Etik Penelitian Fakultas Kedokteran Universitas Andalas dengan nomor etik: 442/UN.16.2/KEP-FK/2025.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik subjek

Berdasarkan Tabel 1, total partisipan dalam penelitian ini berjumlah 48 orang. Sebagian besar subjek berjenis kelamin perempuan, yaitu 41 orang (85,4%), sedangkan laki-laki berjumlah 7 orang (14,6%). Sebaran usia menunjukkan bahwa mayoritas subjek berada pada rentang usia 25–44 tahun sebanyak 32 orang (66,7%). Kelompok usia 45–59 tahun terdiri dari 12 orang (25%). Kelompok usia 15–24 tahun dan ≥60 tahun masing-masing berjumlah 2 orang (4,2%).

Tabel 1. Karakteristik subjek

Karakteristik	n	%
Jenis Kelamin		
Laki-laki	7	14,6
Perempuan	41	85,4
Usia		
15–24 tahun	2	4,2
25–44 tahun	32	66,7
45–59 tahun	12	25
≥ 60 tahun	2	4,2
Tingkat Aktivitas Fisik		
Rendah	24	50
Sedang	24	50
Perilaku Sedentari		
Rendah	8	16,6
Tinggi	40	83,4
Asupan Kalori		
Rendah	44	91,7
Tinggi	4	8,3
Pengeluaran Energi		
Rendah	33	68,8
Tinggi	15	31,3
Gen ADRB2		
Rs1042713	48	100
Genotipe		
Mutan	34	70,8
Non-Mutan	14	29,2
Zigositas		
Mutan	34	70,8
Non-Mutan	14	29,2
Risk		
Tinggi	34	70,8
Rendah	14	29,2
Energy Balance		
Defisit energi	12	25
Surplus energi	36	75

Sumber: Data primer, 2025

Tingkat aktivitas fisik subjek terbagi sama rata antara kategori rendah dan sedang, masing-masing sebanyak 24 orang (50%). Perilaku sedentari mayoritas berada pada kategori tinggi sebanyak 40 orang (83,4%), dan hanya 8 orang (16,6%) yang berada pada kategori rendah. Sebagian besar subjek memiliki asupan kalori dalam kategori rendah, yaitu 44 orang (91,7%), sedangkan hanya 4 orang (8,3%) yang termasuk dalam kategori tinggi. Pengeluaran energi mayoritas subjek berada pada kategori rendah sebanyak 33 orang (68,8%), sementara 15 orang (31,3%) tergolong dalam kategori tinggi. Pemeriksaan gen ADRB2 rs1042713 dilakukan pada seluruh subjek, dan hasil analisis menunjukkan bahwa seluruh partisipan (100%) teridentifikasi membawa varian tersebut.

Berdasarkan genotipe, sebanyak 34 orang (70,8%) termasuk mutan, dan 14 orang (29,2%) non-mutan. Demikian pula pada zigositas, jumlah subjek dengan mutan sebanyak 34 orang (70,8%), dan non-mutan sebanyak 14 orang (29,2%). Tingkat risiko genetik paling banyak berada pada kategori tinggi sebanyak 34 orang (70,8%), sedangkan kategori rendah sebanyak 14 orang (29,2%). Pada indikator energy balance, sebagian besar subjek berada dalam kondisi surplus energi sebanyak 36 orang (75%), sedangkan defisit energi ditemukan pada 12 orang (25%).

Hubungan aktivitas fisik dengan *energy balance* pada pasien obesitas

Hasil analisis pada Tabel 2 menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antara tingkat aktivitas fisik dengan *energy balance* pada pasien obesitas. Sebagian besar pasien obesitas yang tidak aktif secara fisik (95,8%) berada dalam kondisi *surplus* energi, sedangkan hanya 4,2% yang mengalami defisit energi. Sebaliknya, pasien yang aktif secara fisik memiliki proporsi yang lebih seimbang, yaitu 45,8% mengalami defisit energi dan 54,2% mengalami surplus. Nilai *Odds Ratio (OR)* sebesar 0,051 dengan interval kepercayaan 95% antara 0,006 hingga 0,444 dan nilai *p* sebesar 0,003 mengindikasikan bahwa aktivitas fisik berhubungan signifikan dengan *energy balance*.

Tabel 2. Hubungan aktivitas fisik dengan *energy balance* pada pasien obesitas

Tingkat Aktivitas Fisik	*Energy Balance*		Total	*p-value*
	Defisit	Surplus		
	n (%)	n (%)		
Tidak aktif	1 (4,2)	23 (95,8)	24 (100,0)	0,003*
Aktif	11 (45,8)	13 (54,2)	24 (100,0)	
Total	**12 (25,0)**	**36 (75,0)**	**48 (100,0)**	

Keterangan: *Uji *Chi-square*, signifikansi jika *p-value* < 0,05

Nilai OR yang lebih kecil dari 1 menunjukkan bahwa aktivitas fisik bersifat protektif terhadap terjadinya surplus energi. OR sebesar 0,051 dapat diinterpretasikan bahwa pasien obesitas yang aktif secara fisik memiliki risiko mengalami surplus energi sekitar 94,9% lebih rendah dibandingkan pasien yang tidak aktif secara fisik. Nilai OR yang sangat kecil ini mencerminkan perbedaan proporsi kejadian surplus energi yang cukup ekstrem antara kelompok aktif dan tidak aktif, sebagaimana terlihat pada distribusi data**.** Individu dengan aktivitas fisik yang lebih tinggi memiliki kemungkinan lebih rendah mengalami surplus energi dibandingkan mereka yang tidak aktif. Hasil ini menegaskan pentingnya aktivitas fisik dalam menjaga keseimbangan energi dan mencegah penumpukan energi berlebih yang dapat memperburuk kondisi obesitas

Hubungan zigositas dengan *energy balance* pada pasien obesitas

Pada Tabel 3, ditampilkan hubungan antara zigositas gen ADRB2 dengan energy balance. Hasil menunjukkan bahwa sebagian besar pasien obesitas dengan genotipe mutan (73,5%) berada dalam kondisi *surplus energi*, sementara 26,5% mengalami defisit energi. Pada kelompok non-mutan, sebanyak 78,6% mengalami surplus energi dan 21,4% mengalami defisit. Nilai OR sebesar 1,320 dengan interval kepercayaan 95% (0,298–5,838) dan nilai *p* sebesar 1,000 menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang signifikan secara statistik antara zigositas gen ADRB2 dengan *energy balance*. Tidak signifikannya hubungan ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor (Duniec, 2024; Shabana et al., 2018).

Tabel 3. Hubungan zigositas dengan *energy balance* pada pasien obesitas

Zigositas	*Energy Balance*		Total	*p-value*
	Defisit	Surplus		
	n (%)	n (%)		
Mutan	9 (26,5)	25 (73,5)	34 (100,0)	1,000
Non-Mutan	3 (21,4)	11 (78,6)	14 (100,0)	
Total	**12 (25,0)**	**36 (75,0)**	**48 (100,0)**	

Keterangan: *Uji *Chi-square*, signifikansi jika *p-value* < 0,05

Perbedaan proporsi surplus dan defisit energi antara kelompok mutan dan non-mutan relatif kecil, sehingga tidak menghasilkan perbedaan risiko yang bermakna secara statistik. Ukuran sampel yang terbatas pada masing-masing kelompok zigositas dapat mengurangi kekuatan uji statistik *(statistical power)* untuk mendeteksi perbedaan yang nyata. Hal ini tercermin dari rentang interval kepercayaan yang cukup lebar, yang menunjukkan adanya ketidakpastian estimasi risiko. Keseimbangan energi merupakan hasil interaksi multifaktorial antara faktor genetik dan lingkungan, sehingga pengaruh tunggal polimorfisme gen ADRB2 kemungkinan tidak cukup kuat untuk menunjukkan efek yang signifikan tanpa mempertimbangkan faktor gaya hidup, khususnya aktivitas fisik. Dengan demikian, dalam konteks penelitian ini, variasi genetik ADRB2 tidak berpengaruh secara nyata terhadap kondisi keseimbangan energi pada pasien obesitas.

Obesitas tidak hanya merupakan persoalan estetika, melainkan juga merupakan kondisi medis yang kompleks dan multifaktorial yang berdampak serius terhadap Kesehatan (Lihi et al., 2025). Kondisi ini terjadi akibat ketidakseimbangan antara asupan energi dan pengeluaran energi yang berlangsung terus-menerus, menyebabkan tubuh menyimpan kelebihan energi dalam bentuk jaringan lemak. Ketidakseimbangan ini tidak hanya dipengaruhi oleh pola makan berlebih atau kurangnya aktivitas fisik, tetapi juga melibatkan faktor-faktor biologis, perilaku, sosial, dan lingkungan yang saling berinteraksi secara dinamis. Kompleksitas ini menjadikan obesitas sebagai masalah kesehatan masyarakat global yang memerlukan pendekatan interdisipliner. Salah satu temuan penting dalam studi ini adalah tingginya proporsi perempuan yang mengalami obesitas. Temuan ini konsisten dengan teori yang menjelaskan bahwa perempuan secara fisiologis cenderung memiliki persentase lemak tubuh lebih tinggi dibandingkan laki-laki. Kondisi tersebut dipengaruhi oleh faktor hormonal, khususnya estrogen, yang berperan dalam meningkatkan penyimpanan lemak subkutan sehingga berkontribusi terhadap meningkatnya risiko obesitas.

Selain faktor hormonal, pola konsumsi makanan juga memegang peranan besar dalam terjadinya obesitas. Asupan kalori yang berlebihan, terutama dari makanan tinggi

lemak jenuh, gula sederhana, dan makanan ultra-proses, merupakan penyebab utama terjadinya surplus energi dalam tubuh. Studi oleh Hall et al. (2019) menunjukkan bahwa diet berbasis makanan ultra-proses meningkatkan asupan kalori harian dan secara signifikan mendorong peningkatan berat badan. Meski dalam beberapa kasus asupan kalori tampak berada dalam batas normal, rendahnya tingkat aktivitas fisik menyebabkan pembakaran energi menjadi tidak optimal. Kelebihan energi yang tidak dimanfaatkan oleh tubuh akan disimpan sebagai cadangan lemak. Akumulasi lemak yang berlangsung secara terus-menerus dalam jangka panjang dapat menyebabkan peningkatan indeks massa tubuh (IMT). Pengelolaan obesitas tidak cukup hanya dengan mengontrol asupan, tetapi juga harus mempertimbangkan aspek pengeluaran energi melalui aktivitas fisik dan metabolisme tubuh.

Aktivitas fisik menjadi salah satu pilar utama dalam pengendalian berat badan dan pencegahan obesitas, karena berperan langsung dalam mengatur keseimbangan energi (Oussaada et al., 2019). Keseimbangan ini tercapai ketika energi yang dikonsumsi dari makanan setara dengan energi yang dikeluarkan melalui metabolisme basal, aktivitas otot, dan proses fisiologis lainnya (Niezgoda et al., 2025). Ketika pengeluaran energi tidak mencukupi, tubuh mengalami surplus energi, yang kemudian disimpan sebagai lemak. Sejumlah studi mendukung pentingnya peran aktivitas fisik dalam konteks ini dimana individu obesitas yang aktif secara fisik memiliki risiko kematian yang lebih rendah dibandingkan mereka yang tidak aktif (Ramadhania et al., 2024). Temuan Rosa dan Riamawati (2019), menemukan bahwa individu yang melakukan aktivitas fisik ringan yang memiliki 5,4 kali lebih tinggi terkena obesitas sentral dibandingkan individu yang melakukan aktivitas fisik berat dan sedang. Hasil penelitian ini pun sejalan, hampir seluruh subjek dengan aktivitas fisik rendah mengalami surplus energi, menggarisbawahi pentingnya pengeluaran energi dalam mencegah penumpukan lemak tubuh.

Durasi aktivitas fisik yang cukup setiap hari berkorelasi negatif dengan Indeks Massa Tubuh (IMT), yang menunjukkan bahwa aktivitas fisik memiliki dampak langsung terhadap akumulasi energi dan status berat badan. Namun demikian, selain faktor gaya hidup, penelitian ini juga menelusuri aspek genetik sebagai potensi determinan keseimbangan energi. Salah satunya adalah variasi zigositas pada gen ADRB2 (rs1042713), yang diketahui memengaruhi regulasi metabolisme lemak melalui mekanisme lipolisis dan respon terhadap hormon adrenergik. Zigositas merujuk pada susunan alel genetik yang dapat berupa homozigot wild type, heterozigot, atau homozigot mutan, yang masing-masing menunjukkan perbedaan sensitivitas fisiologis terhadap pengeluaran energi.

Meskipun secara teoritis zigositas gen ADRB2 diperkirakan dapat memengaruhi metabolisme dan keseimbangan energi, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perbedaan zigositas tersebut tidak berhubungan secara signifikan dengan status energi subjek. Temuan ini menunjukkan bahwa pengaruh genetik terhadap obesitas tidak bekerja secara tunggal, melainkan dapat dipengaruhi atau bahkan dikompensasi oleh faktor eksternal seperti tingkat aktivitas fisik, pola makan, dan kondisi lingkungan. Beberapa studi terdahulu memang menunjukkan adanya hubungan antara varian gen ADRB2 dengan peningkatan risiko obesitas dan disfungsi metabolik (Masuo et al., 2006; Ruiz et al., 2011), namun tidak semua hasil konsisten. Qi et al. (2009) bahkan menekankan bahwa deteksi efek genetik terhadap keseimbangan energi membutuhkan ukuran sampel besar karena sifat interaksinya yang kompleks. Selain itu, teori epigenetik menambahkan dimensi baru, bahwa ekspresi gen tidak hanya dipengaruhi oleh susunan DNA tetapi juga oleh faktor lingkungan yang mengubah ekspresi gen

secara kimiawi (Wu dan Yin, 2022). Hal ini menjelaskan mengapa dua individu dengan genotipe yang sama dapat menunjukkan respons metabolik yang sangat berbeda. Dengan demikian, meskipun faktor genetik tetap relevan, hasil penelitian ini menekankan bahwa gaya hidup khususnya aktivitas fisik masih menjadi faktor dominan dalam menjaga keseimbangan energi dan mencegah obesitas (Farzand et al., 2025).

Keterabatasan

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, antara lain desain *cross-sectional* yang tidak memungkinkan penarikan kesimpulan kausal, ukuran sampel yang relatif kecil, serta keterbatasan dalam mengontrol faktor perancu lain seperti variasi pola makan jangka panjang dan faktor genetik lainnya.

KESIMPULAN

Obesitas merupakan kondisi kesehatan yang dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk keseimbangan energi, aktivitas fisik, dan faktor genetik. Hasil penelitian ini menunjukkan adanya hubungan signifikan antara tingkat aktivitas fisik dan status keseimbangan energi, di mana individu dengan aktivitas fisik rendah lebih banyak berada pada kondisi surplus energi. Temuan ini menunjukkan adanya asosiasi, bukan hubungan sebab-akibat, antara aktivitas fisik dan keseimbangan energi pada pasien obesitas. Sebaliknya, zigositas gen ADRB2 (rs1042713) tidak menunjukkan hubungan yang signifikan dengan keseimbangan energi dalam penelitian ini. Hal ini mengindikasikan bahwa faktor genetik tidak berdiri sendiri dan kemungkinan berhubungan oleh interaksi dengan faktor gaya hidup dan lingkungan, khususnya aktivitas fisik. Hasil penelitian ini mendukung pentingnya pendekatan gaya hidup sehat, khususnya peningkatan aktivitas fisik, dalam pengelolaan obesitas. Penelitian selanjutnya dengan desain longitudinal dan ukuran sampel yang lebih besar disarankan untuk memperkuat temuan serta mengeksplorasi interaksi genetik dan lingkungan secara lebih komprehensif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pihak Laboratorium Prodia yang telah memberikan dukungan dan memfasilitasi proses pengumpulan data.

DAFTAR PUSTAKA

Dubern, B., 2019. Genetics and Epigenetics of Obesity: Keys to Understand. La Revue du Praticien 69(9), 1016–1019. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32237628/

Duniec, A.L., 2024. Comprehensive Genetic Analysis of Associations between Obesity-Related Parameters and Physical Activity: A Scoping Review. Genes 15(9), 1-17. Https://Doi.Org/10.3390/Genes15091137

Faizin, N., 2023. Hubungan Obesitas dengan Kejadian Asma pada Anak di Puskesmas Putri Ayu Kota Jambi Tahun 2018-2022. [Skripsi]. Universitas Jambi.

Farzand, A., Rohin, M.A.K., Awan, S.J., Ahmad, A.M.R., Akram, H., Saleem, T., Imran, M.M., 2025. Nutrigenomics of Obesity: Integrating Genomics, Epigenetics, and Diet–Microbiome Interactions for Precision Nutrition. Life 15(11), 1-27. Https://Doi.Org/10.3390/Life15111658

Hall, K.D., Ayuketah, A., Brychta, R., Cai, H., Cassimatis, T., Chen, K.Y., Chung, S.T., Costa, E., Courviller, A., Darcey, V., Fletcher, L.A., Forde, C.G., Gharib, A.M., Guo, J., Howard, R., Joseph, P.V., McGehee, S., Ouwerkerk, R., Raisinger, K., Rozga, I., Stagliano, M., Walter, P.J., Yang, S., Zhou, M., Less, S., 2019. Ultra-Processed Diets Cause Excess Calorie Intake and Weight Gain: an Inpatient Randomized Controlled Trial of Ad Libitum Food Intake. Cell Metabolism 30(1), 67–77. Https://Doi.Org/10.1016/J.Cmet.2019.05.008

Lihi, M., Tukiman, S., Waliulu, S.H., 2025. Epidemiologi Penyakit Tidak Menular. PT Nasya Expanding Management, Pekalongan.

Lin, X., Li, H., 2021. Obesity: Epidemiology, Pathophysiology, and Therapeutics. Frontiers in Endocrinology 12, 1–9. Https://Doi.Org/10.3389/Fendo.2021.706978

Loos, R.J.F., Yeo, G.S.H., 2022. The Genetics of Obesity: from Discovery to Biology. Nature Reviews Genetics 23(2), 120–133. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34556834/

Masuo, K., Katsuya, T., Kawaguchi, H., Fu, Y., Rakugi, H., Ogihara, T., Tuck, M.L., 2006. Relevance of Beta2-Adrenergic Receptor Polymorphisms to Obesity and Hypertension. Hypertension Research 45(1), 34-42. https://doi.org/10.1016/j.amjhyper.2006.02.015

Niezgoda, N., Chomiuk, T., Kasiak, P., Mamcarz, A., Sliz, D., 2025. The Impact of Physical Activity on Weight Loss in Relation to Lifestyle Factors. Nutrients 17(6), 1-15. https://doi.org/10.3390/nu17061095

Oussaada, S.M., Galen, K.A., Cooiman, M.I., Kleinendorst, L., Hazebroek, E.J., Haelst, M.M., Horst, K.W., Serlie, M.J., 2019. The Pathogenesis of Obesity. Metabolism Clinical and Experimental 92, 26–36. Https://Doi.Org/10.1016/J.Metabol.2018.12.012

Qi, L., Cornelis, M.C., Zhang, C., Dam, R.M., Hu, F.B., 2009. Genetic Predisposition, Western Dietary Pattern, and The Risk of Obesity in Men. The American Journal Of Clinical Nutrition 89(5), 1453–1458. https://doi.org/10.3945/ajcn.2008.27249

Ramadhania, A.R., Hasna, A.N., Winata, R.K., Ridwan, H., Sopiah, P., 2024. Hubungan Aktivitas Fisik dan Pola Makan terhadap Status Indeks Masa Tubuh Normal. Jurnal Ilmiah Kesehatan Masyarakat 3(1), 58-66. https://journal.literasisains.id/index.php/sehatmas/article/view/3057

Romieu, I., Dossus, L., Barquera, S., Blottiere, H.M., Frans, P.W., Gunter, M., Hwalla, N., Hursting, S.D., Leitzmann, M., Margetts, B., Nishida, C., Potischman, N., Seidell, J., Stepien, M., Wang, Y., Westerterp, K., Winichagoon, P., Wiseman, M., Willet, W.C., 2017. Energy Balance and Obesity. Cancer Causes and Control 28(3), 247-258. https://doi.org/10.1007/s10552-017-0869-z

Rosa, S., Riamawati, L., 2019. Hubungan Asupan Kalsium, Air, dan Aktivitas Fisik dengan Kejadian Obesitas Sentral pada Pekerja Bagian Perkantoran. Jurnal Amerta Nutrition 3(1), 33–39. https://e-journal.unair.ac.id/AMNT/article/view/10337

Ruiz, J.R., Larrarte, E., Margareto, J., Ares, R., Labayen, I., 2011. Role of β_2-Adrenergic Receptor Polymorphisms on Body Weight and Body Composition Response to Energy Restriction in Obese Women: Preliminary Results. Obesityweek 19(1), 212–215. https://doi.org/10.1038/oby.2010.130

Shabana, S., Shahid, S.U., Hasnain, S., 2018. Use of A Gene Score of Multiple Low-Modest Effect Size Variants Can Predict The Risk of Obesity Better Than The Individual SNPs. Lipids in Health and Disease 17(155), 1-9. Https://Doi.Org/10.1186/S12944-018-0806-5

Veerabathiran, R., Sivakumar, S., Kalarani, I.B., Mohammed, V., 2023. A Review of Genes Associated with Obesity Susceptibility: Findings from Association Studies. Journal of Health Science and Medical Research 41(6), 1-14. https://www.jhsmr.org/index.php/jhsmr/article/view/959/1016

Wu, F., Yin, R., 2022. Recent Progress in Epigenetics of Obesity. Diabetology and Metabolic Syndrome 14(171), 1-30. Https://Doi.Org/10.1186/S13098-022-00947-1

[WHO] World Health Organization., 2020. Physical Activity [WWW Document]. Https://Www.Who.Int/News-Room/Fact-Sheets/Detail/Physical-Activity. [Diakses Agustus 2025].

[WHO] World Health Organization., 2023. Obesity [WWW Document]. Https://Www.Who.Int/Health-Topics/Obesity/. [Diakses Agustus 2025].