

PENGARUH DIET GIZI SEIMBANG TERHADAP KOMPOSISI TUBUH DAN BIOMARKER INFLAMASI PADA DUA KELOMPOK GEN FTO RS9939609 WANITA OBESE

PUTRI NOVITASARI



**PROGRAM STUDI ILMU GIZI
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University;



PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul “Pengaruh Diet Gizi Seimbang terhadap Komposisi Tubuh dan Biomarker Inflamasi pada Dua Kelompok Gen FTO rs9939609 Wanita Obese” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir disertasi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Desember 2025

Putri Novitasari
I1604211021



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

RINGKASAN

PUTRI NOVITASARI. Pengaruh Diet Gizi Seimbang terhadap Komposisi Tubuh dan Biomarker Inflamasi pada Dua Kelompok Gen FTO rs9939609 Wanita Obese. Dibimbing oleh RIMBAWAN, HARDINSYAH, dan HADI RIYADI.

Genetik, efek perilaku, dan lingkungan merupakan faktor-faktor terkait dengan risiko obesitas. Obesitas dapat menyebabkan perkembangan peradangan kronis derajat rendah (Baek & Yoon 2024). Kasus obesitas pada wanita cenderung lebih banyak dibandingkan pria dan masa dewasa muda diketahui mengalami penambahan berat badan lebih cepat dibanding kelompok usia mana pun (Cheng *et al.* 2016; Rachmi *et al.* 2017; Firdaus *et al.* 2020; Cooper *et al.* 2021; Harun *et al.* 2022). Salah satu gen terpenting yang terkait dengan obesitas adalah gen FTO (*fat mass and obesity-related*) rs9939609 (Frayling *et al.* 2007). Salah satu strategi gizi bagi individu obesitas untuk menurunkan berat badan adalah dengan modifikasi diet. Indonesia memiliki panduan konsumsi makanan sehari-hari dan berperilaku sehat yang tertulis sesuai Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 41 Tahun 2014 tentang Pedoman Gizi Seimbang. Belum pernah ada yang mengaitkan polimorfisme gen FTO rs9939609 dengan intervensi Diet Gizi Seimbang yang merupakan acuan di Indonesia dengan modifikasi rendah kalori, juga pengaruhnya terhadap komposisi tubuh dan biomarker inflamasi, pada wanita muda obese khususnya pada etnis Sunda. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh diet gizi seimbang terhadap komposisi tubuh dan biomarker inflamasi pada dua kelompok gen FTO rs9939609 wanita muda obese di Kota Bandung.

Penelitian ini dilaksanakan dalam dua tahapan, yaitu penelitian pendahuluan dan penelitian utama. Penelitian dilakukan di Kota Bandung. Penelitian pendahuluan dilakukan pada bulan Agustus – November 2023 menggunakan desain *mixed-method* dengan pendekatan *concurrent triangulation*. Penelitian utama dilakukan pada bulan November 2023 – Januari 2024 berupa penelitian eksperimental dengan desain penelitian Uji Terkontrol Acak (*Randomized Controlled Trial*) dengan desain paralel dengan 28 hari intervensi. Setelah randomisasi, terdapat 4 kelompok yang terdiri dari 2 kelompok menerima intervensi Diet Gizi Seimbang rendah kalori (alel A *carriers* + Diet [DAC]; dan alel homozigot T + Diet [DTH]) dan 2 kelompok lain menjadi kontrol (alel A *carriers* [CAC]; dan alel homozigot T [CTH]). Seluruh kelompok diberikan edukasi gizi.

Hasil survei pendahuluan menunjukkan sebagian besar pendidikan terakhir partisipan di SMA dan berstatus sebagai mahasiswa. Diketahui bahwa sebagian besar partisipan memiliki aktivitas fisik sedang. Rata-rata asupan energi dan protein masuk kategori defisit tingkat sedang, karbohidrat dan serat kategori defisit tingkat tinggi, sedangkan kecukupan asupan lemak lebih dari 100%. Rata-rata asupan vitamin dan mineral sebagian besar pada kategori kurang. Partisipan diketahui cukup sering mengonsumsi makanan tinggi lemak, padat karbohidrat, tinggi natrium, juga minuman bergula. Hampir setengah total partisipan memiliki riwayat keluarga sakit kronis, mengalami kelebihan berat badan sejak kecil atau sebelum duduk di bangku sekolah dasar, dan memiliki ayah dan/atau ibu yang pernah/ sedang mengalami obese yang ketika ditanyakan lebih lanjut, sebagian besar ayah dari partisipan memiliki obesitas sentral berdasarkan kriteria lingkaran pinggang WHO. Terjadi hubungan negatif lemah antara asupan energi dengan lingkaran

pinggang dan persen lemak; asupan lemak dengan persen lemak; asupan karbohidrat dengan berat badan, lingkar pinggang, dan persen lemak; asupan serat dengan lingkar pinggang. Hal ini disebabkan oleh kualitas diet tidak seimbang, ditandai dengan tingginya konsumsi lemak, gula, dan natrium, namun rendah asupan mikronutrien dan serat.

Hasil penelitian utama menunjukkan bahwa varian FTO rs9939609 berada dalam kesetimbangan *Hardy-Weinberg* ($P > 0,05$) dan frekuensi alel minor adalah 0,329. Rata-rata $\pm$ SD berat badan indeks massa tubuh, lingkar pinggang, lingkar pinggul, lemak visceral, persen lemak, laju metabolisme istirahat (RMR), lemak subkutan (total, *trunk*, *arms*, dan *legs*) partisipan dengan varian AA/AT lebih rendah dibanding kelompok varian TT, namun tidak signifikan. Rasio lingkar pinggang-pinggul dan persen otot skeletal (total, *trunk*, *arms*, dan *legs* skeletal) partisipan kelompok AA/TA lebih besar namun tidak signifikan dibanding kelompok TT. Partisipan wanita muda obese di Kota Bandung memiliki asupan energi dan zat gizi yang tidak berbeda antar kelompok varian FTO rs9939609 namun ada kecenderungan bahwa varian TT memiliki asupan energi dan zat gizi lebih tinggi. Aktivitas fisik partisipan antar kelompok varian FTO rs9939609 tidak berbeda dan rata-rata keduanya masuk ke dalam kategori aktivitas fisik 'sedang'. Pada varian FTO rs9939609 tipe TT, ditemukan hubungan antara persen lemak subkutan (total dan *trunk*) serta persen otot skeletal dengan IL-6. Indeks massa tubuh dan lemak visceral ditemukan memiliki hubungan signifikan dengan hs-CRP. Namun, pada varian AA/TA, tidak ada yang signifikan. Partisipan dengan varian AA/TA cenderung memiliki kadar IL-6 $>$ median dan ADP $\leq$ median.

Setelah pemberian intervensi diet gizi seimbang selama 28 hari, diperoleh hasil bahwa berat-badan dan rasio lingkar pinggang-pinggul mengalami penurunan signifikan di kelompok 1 (Alel A *carriers* + Diet Gizi Seimbang), sedangkan berat badan, IMT, dan lemak visceral mengalami penurunan signifikan di kelompok 2 (Homozigot T + Diet Gizi Seimbang). Kedua kelompok kontrol (kelompok 3 dan 4) justru mengalami peningkatan berat badan, IMT, lemak visceral, dan lemak subkutan (total, *trunk*, *arms*, *legs*) walaupun kenaikannya tidak signifikan. Selama periode intervensi, terdapat perbedaan asupan lemak dan karbohidrat pada kelompok partisipan, dimana kedua grup yang diberikan diet gizi seimbang signifikan lebih rendah asupan lemaknya dan signifikan lebih tinggi asupan karbohidratnya dibandingkan kedua kelompok kontrol. Sedangkan untuk asupan energi dan protein, tidak ada beda antar kelompok pada sebelum dan selama periode intervensi. Perbedaan biokimia darah dalam kelompok antara sebelum dan setelah periode intervensi, didapatkan hasil tidak ada beda. Walaupun begitu, penelitian ini berhasil menunjukkan bahwa distribusi lemak tubuh spesifik, massa otot, serta jalur inflamasi berperan lebih dominan dalam memengaruhi perubahan IL-6, hs-CRP, dan adiponektin.

Kata kunci: diet gizi seimbang, FTO rs9939609, obesitas, wanita dewasa muda

SUMMARY

PUTRI NOVITASARI. The Effect of a Balanced Nutrition Diet on Body Composition and Inflammatory Biomarkers in Two FTO rs9939609 Genotype Groups of Obese Women. Supervised by RIMBAWAN, HARDINSYAH, and HADI RIYADI.

Genetics, behavioural effects, and environment are factors associated with obesity risk. Obesity can lead to low-grade chronic inflammation (Baek & Yoon 2024). Obesity prevalence in women tends to be higher than in men and young adults are known to gain body weight faster than any other age group (Cheng *et al.* 2016; Rachmi *et al.* 2017; Firdaus *et al.* 2020; Cooper *et al.* 2021; Harun *et al.* 2022). One of the most important genes associated with obesity is the FTO (fat mass and obesity-related) gene rs9939609 (Frayling *et al.* 2007). One of the nutritional strategies for obese individuals to lose weight is diet modification. Indonesia has guidelines for daily food consumption and healthy behaviour written in the Republic of Indonesia Minister of Health Regulation No. 41 of 2014 about Guidelines for Balanced Nutrition. No one has ever linked the FTO gene rs9939609 polymorphism to the Balanced Nutrition Diet intervention which is the reference in Indonesia modified with low calorie, as well as its effect on body composition and inflammation markers, in obese young women, especially in Sundanese ethnicity. This study aimed to examine the effect of a balanced nutritional diet on body composition and biomarkers of inflammation among two groups of the FTO rs9939609 gene in obese young women in Bandung City.

This research was carried out in two stages, namely preliminary research and main research. The research was conducted in Bandung City. Preliminary research was conducted in August – November 2023 using a mixed-method design with a concurrent triangulation approach. The main research was conducted from November 2023 – January 2024 using an experimental research type with a Parallel Randomized Controlled Trial research design with 28 days of intervention. After randomisation, there were 4 groups consisting of 2 groups receiving the low-calorie Balanced Nutrition Diet intervention (A allele carriers + Diet [DAC]; and homozygous T allele + Diet [DTH]) and 2 other groups being controls (A allele carriers [CAC]; and homozygous T allele [CTH]). The entire groups were given nutrition education.

Preliminary survey results show that most of the subjects' last education was in high school and their status is as college students. It is known that most of the subjects had moderate physical activity. The average energy and protein intake is in the moderate level deficit category, carbohydrates, and fibre in the high level deficit category. In contrast, the adequacy of fat intake is more than 100%. The average intake of vitamins and minerals is mostly in the deficient category. Subjects are known to often consume foods high in fat, dense in carbohydrates, high in sodium, and sugary drinks. Nearly half of the total subjects had a family history of chronic disease, were overweight/obese since childhood or before attending elementary school, and had fathers and/or mothers who had/were obese, so when asked further, most fathers had central obesity. There was a negative weak relationship between energy intake and waist circumference and fat percentage; fat intake and fat percentage; carbohydrate intake and body weight, waist



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

circumference, also fat percentage; fibre intake and waist circumference. This may be attributed to the poor quality of the diet, characterized by high consumption of fat, sugar, and sodium, but low intake of micronutrients and fiber.

The main research results show that the FTO rs9939609 variant is in Hardy-Weinberg equilibrium ($p > 0,05$) and the minor allele frequency is 0,329. Mean $\pm$ SD weight, body mass index, waist circumference, hip circumference, visceral fat, fat percentage, resting metabolism, and subcutaneous fat (total, trunk, arms and legs) of subjects with the AA/AT variant were lower than those in the TT variant group, even though not significant. The waist-hip ratio and percentage of skeletal muscle (total, trunk, arms and legs skeletal) of subjects in the AA/TA group were greater but not significant compared to those in the TT group. Obese young women subjects in Bandung City had energy and nutrient intakes that did not differ between FTO rs9939609 variant groups, however, there was a tendency for the TT variant to have higher energy and nutrient intakes. The subjects' physical activity between the FTO rs9939609 variant groups did not differ and both means fell into the 'moderate' physical activity category. In the FTO rs9939609 variant TT type, a relationship was found between subcutaneous fat (total and trunk) and skeletal muscle percentage with IL-6. Body mass index and visceral fat were found to have a significant relationship with hs-CRP. However, in the AA/TA variant, there were no significant at all variables. Subjects with the AA/TA variant tend to have IL-6 levels $>$ median and ADP $\leq$ median.

After providing a balanced nutritional diet intervention for 28 days, the results showed that body weight, and waist-hip ratio experienced a significant decrease in group 1 (Allele A carriers + Balanced Nutrition Diet), while there was a significant decrease in body weight, BMI, and visceral fat experienced a significant decrease in group 2 (T Homozygous + Balanced Nutritional Diet). Both control groups experienced an increase in body weight, BMI, visceral fat and subcutaneous fat (total, trunk, arms, legs) although the increase was not significant. During the intervention period, there were differences in fat and carbohydrate intake between subject groups, where the two groups given a balanced nutritional diet had significantly lower fat intake and significantly higher carbohydrate intake than the control group. Meanwhile, for energy and protein intake, there was no difference between groups before and during the intervention period. There were no differences in blood biochemistry in the groups before and after the intervention period. Nevertheless, this study successfully demonstrated that specific body fat distribution, muscle mass, and inflammatory pathways play a more dominant role in influencing changes in IL-6, hs-CRP, and adiponectin.

Keywords: balanced nutrition diet, FTO rs9939609, obesity, young women



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

PENGARUH DIET GIZI SEIMBANG TERHADAP KOMPOSISI TUBUH DAN BIOMARKER INFLAMASI PADA DUA KELOMPOK GEN FTO RS9939609 WANITA OBESE

PUTRI NOVITASARI

Disertasi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Doktor pada
Program Studi Ilmu Gizi

**PROGRAM STUDI ILMU GIZI
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tertutup Disertasi:

- 1 Prof. Dr. Ir. Evy Damayanthi, M.S.
- 2 Dr. dr. Mira Dewi, M.Si.

Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

- 1 Prof. Dr. Ir. Evy Damayanthi, M.S.
- 2 Dr. Erry Yudhya Mulyani, S.Gz., M.Sc.

Judul Disertasi : Pengaruh Diet Gizi Seimbang terhadap Komposisi Tubuh dan Biomarker Inflamasi pada Dua Kelompok Gen FTO rs9939609 Wanita Obese

Nama : Putri Novitasari

NIM : I1604211021

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Rimbawan



Pembimbing 2:
Prof. Dr. Ir. Hardinsyah, M.S.



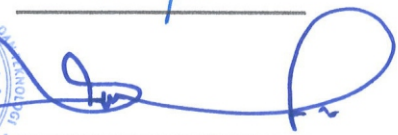
Pembimbing 3:
Prof. Dr. Ir. Hadi Riyadi, M.S.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Rimbawan
NIP 196204061986031002

Dekan Fakultas Ekologi Manusia:
Prof. Dr. Sofyan Sjaf, S.Pt., M.Si.
NIP 197810032009121003


Tanggal Ujian Tertutup : 16 Oktober 2025
Tanggal Sidang Promosi : 24 November 2025

Tanggal Lulus: 18 DEC 2025



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga disertasi ini berhasil diselesaikan. Terima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Prof. Dr. Rimbawan, Prof. Dr. Ir. Hardinsyah, M.S., dan Prof. Dr. Ir. Hadi Riyadi, M.S. selaku komisi pembimbing yang telah membimbing, memberikan banyak ilmu, saran, dukungan yang sangat berarti bagi penulis.
2. Rektor IPB, Dekan FEMA IPB, Pimpinan Sekolah Pascasarjana IPB, Ketua Departemen Gizi Masyarakat, dan Ketua Program Studi S3 Ilmu Gizi, serta seluruh dosen dan staf atas ilmu yang bermanfaat dan bantuan yang diberikan selama menjalani pendidikan S3.
3. Pemerintah Provinsi Jawa Barat yang memberikan beasiswa *Jabar Future Leader Scholarship* tahun 2021.
4. Rektor Universitas Pendidikan Indonesia, Dekan Fakultas Pendidikan Olahraga dan Kesehatan, dan Ketua Program Studi Gizi yang telah memberikan izin untuk melaksanakan tugas belajar.
5. Prof. Dr. Ir. Made Astawan., M.S. dan Dr. dr. Mira Dewi, M.Si. sebagai dosen penguji kualifikasi lisan. Prof. Dr. Ir. Evy Damayanthi, M.S. dan Prof. Dr. Katrin Roosita, S.P., M.Si. sebagai dosen pembahas pada kolokium. Prof. Dr. Ir. Evy Damayanthi, M.S. dan Dr. dr. Mira Dewi, M.Si. sebagai dosen penguji pada Ujian Tertutup. Prof. Dr. Evy Damayanthi M.S. dan Dr. Erry Yudhya Mulyani S.Gz. M.Sc. selaku dosen penguji luar komisi pada sidang promosi. Terima kasih atas sarannya sehingga proses penelitian dapat terlaksana lebih baik.
6. Bakesbangpol Kota Bandung, Dinas Kesehatan Kota Bandung, dan Puskesmas (Cijagra Lama, Ibrahim Adjie, Pamulang, Arcamanik, M. Ramdan) dan kampus-kampus se-Kota Bandung yang telah memberikan izin penelitian dan membantu penulis selama proses pengambilan data penelitian.
7. Sdri. Vetty Nur Aeni, S.Tr. Gz. sebagai asisten peneliti. Kaprodi S1 Ners FPOK UPI Dr. Linda Amalia SKp., MKM dan Enumerator (Imtiyaz, Mario, Sidiq, Sara, Salma, Nida, dan Intan) yang telah membantu selama pengumpulan data. Flebotomist (Teh Mega, Laila, Perucha, Ogi, Ibni, Aldi, dan Ghifari) yang telah membantu saat proses skrining dan pengambilan spesimen darah.
8. Teman seperjuangan S3 Gizi Angkatan 2021 dan seluruh rekan di Prodi Gizi FPOK UPI terima kasih atas semangat, bantuan, dan dukungannya selama pelaksanaan penelitian dan penyelesaian studi.
9. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada suami Sandy Riswanto, anak-anak Rasyid Omar Zain dan Enver Khalif Syam, Orangtua Ibu Kokom Nurmala dan Bapak Sunarto (Alm.), Mertua Ibu Juju dan Bapak Kiswa, Bi Atik Atikah, Kakak Adik Kandung dan Ipar serta seluruh keluarga yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya.

Semoga disertasi ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Desember 2025

Putri Novitasari



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR SINGKATAN	xvii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	5
1.4 Manfaat	5
1.5 Ruang Lingkup	6
1.6 Kebaruan (<i>novelty</i>)	6
1.7 Hipotesis	6
II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Interaksi Gen-Diet Hubungannya dengan Kerentanan Penyakit	7
2.2 Kaitan Gen FTO (<i>fat mass and obesity-related</i>) dengan Obesitas	7
2.3 Perubahan Metabolik yang terjadi pada Individu Obesitas	8
2.4 Kaitan Gen FTO dengan <i>Waist-Hip Ratio</i> dan Lemak Tubuh	10
2.5 Kaitan Gen FTO dengan Interleukin-6 dan Protein C-Reaktif	11
2.6 Kaitan Gen FTO dengan Adiponektin	11
2.7 Diet Gizi Seimbang	12
2.8 Kajian Terkini tentang Obesitas dan Kebiasaan Makan Etnis Sunda Kota Bandung	13
2.9 Interaksi Gen-Diet terhadap Biokimia Darah	14
III KERANGKA PEMIKIRAN	16
IV METODE	18
4.1 Penelitian Pendahuluan	19
4.2 Penelitian Utama	23
4.3 Prosedur Intervensi	28
4.4 Pengolahan Data	35
4.5 Analisis Statistik	36
4.6 Definisi Operasional	37
V HASIL DAN PEMBAHASAN	39
5.1 Penelitian Pendahuluan	39
5.2 Penelitian Utama	49
VI PEMBAHASAN UMUM	86
6.1 Pembahasan Umum	86
6.2 Kekuatan dan Keterbatasan	89
6.3 Implikasi Hasil Penelitian	91
VII SIMPULAN DAN SARAN	93
7.1 Simpulan	93
7.2 Saran	94

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR PUSTAKA	96
LAMPIRAN	112
RIWAYAT HIDUP	159

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR TABEL

1	Jenis dan cara pengumpulan data penelitian pendahuluan	22
2	Jenis dan cara pengumpulan data penelitian utama	27
3	Menu 28 hari periode intervensi	31
4	Parameter biokimia darah	35
5	Metode analisis statistik yang digunakan	36
6	Karakteristik dan status gizi subjek survei pendahuluan	39
7	Aktivitas fisik subjek survei pendahuluan	41
8	Asupan energi dan zat gizi subjek survei pendahuluan	43
9	Kebiasaan makan subjek survei pendahuluan	46
10	Riwayat kesehatan dan fenotip subjek survei pendahuluan	48
11	Uji korelasi Spearman's antara asupan dengan status gizi subjek	49
12	Karakteristik subjek penelitian utama	50
13	Uji beda komposisi tubuh antar kelompok subjek dengan varian AA/TA dan TT	52
14	<i>Baseline</i> nilai penanda inflamasi subjek antar varian FTO rs9939609	56
15	Uji beda asupan energi dan zat gizi antar kelompok subjek dengan varian AA/TA dan TT	57
16	Uji beda aktivitas fisik antar kelompok subjek dengan varian AA/TA dan TT	58
17	Perbandingan karakteristik dasar dan hasil uji biokimia antara dua kelompok FTO rs9939609	63
18	<i>Baseline</i> komposisi tubuh dalam kelompok berdasarkan kelompok gen FTO rs9939609 dan intervensi	65
19	Perubahan komposisi tubuh antar kelompok setelah intervensi diet berdasarkan varian gen FTO rs9939609	69
20	Asupan energi dan zat gizi sebelum dan selama periode intervensi	72
21	Rata-rata angka kecukupan gizi koreksi berat badan, asupan kelompok diet, dan defisit kalori per hari	73
22	Komposisi zat gizi makro selama periode intervensi	73
23	Efek utama dari polimorfisme FTO rs9939609, intervensi diet seimbang, serta interaksi antara gen dan diet, baik sebelum maupun setelah disesuaikan dengan variabel usia dan tingkat aktivitas fisik.	75
24	Perbedaan nilai biokimia dan asupan gizi subjek antara setelah dan sebelum periode intervensi	80
25	Hasil uji pengaruh antar subjek variabel IL-6	81
26	Hasil uji pengaruh antar subjek variabel hs-CRP	82
27	Hasil uji pengaruh antar subjek variabel ADP	84



DAFTAR GAMBAR

1	<i>Single Nucleotide Polymorphisms</i> (SNPs) dari FTO (Deng <i>et al.</i> 2018)	8
2	Ringkasan komprehensif tentang inflamasi yang diinduksi oleh obesitas (She <i>et al.</i> 2022)	10
3	Beberapa jaringan pensinyalan untuk meregulasi adiponektin (Parida <i>et al.</i> 2019).	12
4	Visual gizi seimbang yaitu 1) Tumpeng Gizi Seimbang dan 2) Piring Makanku, Sajian Sekali Makan (Kementerian Kesehatan RI 2014).	13
5	Kerangka pemikiran pengaruh diet gizi seimbang terhadap komposisi tubuh dan biomarker inflamasi pada dua kelompok gen FTO rs9939609 wanita obese	17
6	Diagram alir partisipan penelitian pendahuluan dan utama	19
7	Tahapan penelitian pendahuluan	20
8	Tahapan penelitian utama	23
9	Hasil sekuensing perbedaan varian gen FTO rs9939609	29
10	Varian FTO rs9939609 subjek penelitian	51
11	Sebaran komposisi tubuh subjek antara kelompok varian FTO	54
12	Sebaran perbandingan jumlah subjek berdasarkan median IL-6, hs-CRP, dan ADP	62
13	Tren perubahan BB, IMT, rasio lingkar pinggang-pinggul, dan lemak visceral setiap kelompok subjek antara sebelum dan setelah periode intervensi (Biru: DAC, Merah: DTH, Hijau: CAC, Jingga: CTH)	67
14	Tren perubahan rata-rata kadar IL-6, hs-CRP, dan ADP setiap kelompok subjek antara sebelum dan setelah periode intervensi	79
15	Persen kepatuhan subjek kelompok intervensi diet	85
16	Usulan mekanisme pada penelitian ini	89

DAFTAR LAMPIRAN

1	Literatur penelitian terdahulu mengenai efek beberapa jenis intervensi diet pada genotipe FTO rs9939609	113
2	Etik penelitian	117
3	Kuesioner penelitian pendahuluan	119
4	Kuesioner penelitian utama	131
5	Prosedur operasional standar ekstraksi DNA genomik dari <i>buffy coat</i> menggunakan <i>genomic DNA mini kit</i> (Geneaid)	136
6	Prosedur <i>genotyping</i> FTO rs9939609 (IDT, Singapore)	138
7	Prosedur sekuensing FTO rs9939609 (Applied Biosystems)	140
8	Prosedur operasional standar pemeriksaan <i>human interleukin-6</i> (IL-6) ELISA Kit (Bioenzy)	142
9	Prosedur operasional standar pemeriksaan <i>human high-sensitivity c-reactive protein</i> (hsCRP) ELISA Kit (Bioenzy)	144
10	Prosedur operasional standar pemeriksaan <i>human adiponectin</i> ELISA Kit (Bioenzy)	146
11	Dokumentasi diet gizi seimbang diberikan pada subjek	148



DAFTAR SINGKATAN

ADP	: Adiponektin
CVD	: <i>Cardiovascular diseases</i>
ELISA	: <i>Enzyme-linked Immunosorbent Assay</i>
FTO	: <i>Fat Mass and Obesity-Related</i>
hsCRP	: <i>high-sensitivity C-Reaktif Protein</i>
IL-6	: Interleukin-6
IMT	: Indeks Massa Tubuh
PAL	: <i>Physical Activity Level</i>
PCR	: <i>Polymerase Chain Reaction</i>
RCT	: <i>Randomised Controlled Trial</i>
WHO	: <i>World Health Organization</i>

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.