



Pengaruh Latihan Kombinasi terhadap Perubahan Kadar Leptin pada Perempuan Obesitas

Krisna Wijaya Kusuma, Sugiharto*, Desiana Merawati, Olivia Andiana

Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang No. 5 Malang, Jawa Timur, Indonesia

*Penulis korespondensi, Surel: sugiharto@um.ac.id

Paper received: 21-6-2023; revised: 14-8-2023; accepted: 30-8-2023

Abstract

Leptin plays a role in regulating metabolism, energy balance, and body weight. One effort that can be done to reduce leptin levels in obese people is exercise. This study aimed to prove the effect of combination exercise on changes in leptin levels in obese women. A total of 14 obese women aged 20-25 years; BMI ≥ 25 kg/m²; (BFP) $\geq 30\%$ joined the study which was divided into 2 groups, namely the control group (K1; n = 7) and the combination exercise intervention group (K2; n = 7). Exercise is done with moderate intensity (60-70% HRmax) for 45 minutes of aerobic exercise and (60-70% 1RM), 4 sets, 12-15 reps for resistance training, frequency 3x/week, for 8 weeks. Leptin levels were measured pretest and posttest using the ELISA Kit method and analyzed using the Paired Sample T-Test at a significance level of 5%. The results of the Paired Sample T-Test mean leptin levels between the pretest and posttest on K1 were 1528.59 pg/mL (pretest) and 1554.63 pg/mL (posttest); p=0.859, whereas for K2 it was 1520.71 pg/mL (pretest) and 1260.84 pg/mL (posttest); p=0.000. Generally, it can be concluded that combined exercise is effective in significantly reducing leptin levels in obese women.

Keywords: leptin; combination exercise; obesity

Abstrak

Leptin berperan mengatur metabolisme keseimbangan energi dan berat badan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk menurunkan kadar leptin pada penderita obesitas adalah latihan. Tujuan studi ini untuk membuktikan pengaruh latihan kombinasi terhadap perubahan kadar leptin pada perempuan obesitas. Total sebanyak 14 perempuan obesitas berusia 20-25 tahun; IMT ≥ 25 kg/m²; (BFP) $\geq 30\%$ ikut tergabung dalam penelitian yang terbagi menjadi 2 kelompok, yaitu kelompok kontrol (K1; n = 7) dan kelompok intervensi latihan kombinasi (K2; n = 7). Latihan dilakukan dengan intensitas sedang (60-70% HRmax) untuk latihan aerobik selama 45 menit dan (60-70% 1RM), 4 set, 12-15 repetisi untuk latihan resistance, frekuensi 3x/minggu, selama 8 minggu. Kadar leptin diukur pretest dan posttest menggunakan metode ELISA Kit dan dianalisis dengan uji Paired Sample T-Test taraf signifikansi 5%. Hasil uji Paired Sample T-Test rata-rata kadar leptin antara pretest dan posttest pada K1 1528,59 pg/mL (pretest) dan 1554,63 pg/mL (posttest); p=0,859, sedangkan pada K2 1520,71 pg/mL (pretest) dan 1260,84 pg/mL (posttest); p=0,000. Secara garis besar dapat disimpulkan bahwa latihan kombinasi yang dilakukan efektif untuk menurunkan kadar leptin pada perempuan obesitas secara signifikan.

Kata kunci: leptin; latihan kombinasi; obesitas

1. Pendahuluan

Leptin merupakan salah satu hormon yang diproduksi oleh jaringan adiposa untuk mengukur massa lemak dan menjaga keseimbangan pengeluaran energi (Procaccini et al., 2012). Leptin berfungsi untuk mengurangi nafsu makan, massa jaringan adiposa, memelihara homeostasis berat badan, dan meningkatkan energi yang dikeluarkan melalui sinyal spesifik pada hipotalamus (Limanan, 2013). Leptin tersebut memiliki pengaruh terhadap tingginya asupan makanan melalui kontrol nafsu makan pada batang otak dan hipotalamus (Lee, 2010). Telah diketahui melalui beberapa penelitian bahwa individu dengan kategori obesitas

memiliki kadar leptin yang tinggi dibandingkan individu yang memiliki berat badan normal (Cahyaningrum, 2015). Tingginya kadar leptin turut berdampak pada sensitivitas otak terhadap kuantitas leptin, hal tersebut menimbulkan gangguan pada kemampuan mengontrol nafsu makan dan resistensi atau pengeluaran energi dari leptin (Kaur, 2014).

Salah satu penyebab obesitas sering dikaitkan dengan tingkat resistensi leptin. Hal ini dikarenakan meningkatnya kadar leptin sebagai akibat dari peningkatan massa lemak pada individu obesitas (Sumadewi, 2017). Individu obesitas memiliki lebih tinggi kadar leptin daripada dengan individu dengan berat badan normal (Procaccini et al., 2015). Sirkulasi kadar leptin dalam darah orang normal diketahui berkisar antara 1-3 ng/mL, sedangkan pada penderita obesitas mencapai 100 ng/mL (Hoda et al., 2012). Hal ini menyebabkan tingginya kadar leptin pada sebagian besar individu yang terkategori obesitas tidak lagi memiliki kemampuan merangsang kehilangan massa lemak (Halim & Suzan, 2020).

Melakukan aktivitas fisik secara teratur merupakan salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah obesitas pada penderita (WHO, 2020). Aktivitas fisik berupa latihan dapat memberikan tindakan yang bermanfaat untuk meningkatkan asupan energi dan menjaga keseimbangan energi (Westerterp, 2018), termasuk penurunan leptin serum (Ramkrapes et al., 2021). Latihan intensitas sedang secara signifikan menurunkan kadar leptin diikuti dengan penurunan massa lemak (Dieli-Conwright et al., 2018). Teknis penelitian ini melibatkan kombinasi latihan dengan metode latihan *resistance* dan aerobik. Pemilihan latihan tersebut dikarenakan kombinasi antara latihan bersifat aerobik dan latihan kekuatan otot dapat meningkatkan aktivitas fisik dan mendapatkan hasil yang lebih baik dalam mengatasi masalah obesitas (Nurhadi et al., 2022). Latihan kombinasi yang dilakukan penderita obesitas turut mengacu pada beberapa hal seperti latihan dilaksanakan dalam waktu minimal 3 kali seminggu, intensitas latihan yang dilakukan sedang, lama latihan 45 menit, dan bersifat aerobik ditambah dengan latihan *resistance*.

Penurunan leptin setelah latihan akut dapat memberi sinyal pada tubuh untuk meningkatkan asupan energi dan menjaga keseimbangan energi (Park & Ahima, 2015; Rosenbaum, M., & Leibel, 2014). Hasil penelitian dari membandingkan mengenai penurunan kadar leptin tubuh dengan menerapkan latihan aerobik dan latihan beban menyatakan bahwa latihan aerobik lebih baik dalam menurunkan kadar leptin tubuh dibandingkan dengan latihan *resistance* (Willis et al., 2012). Hasil dari penelitian lain didapat yaitu efektivitas latihan beban untuk menurunkan berat badan dan kadar leptin lebih baik daripada metode latihan aerobik (Lestari & Nasrulloh, 2019). Kadar leptin, berat badan dan lemak tubuh dapat turun secara signifikan melalui latihan kombinasi aerobik dan latihan beban (Padli et al., 2020). Berdasarkan uraian sebelumnya, membuat peneliti memiliki ketertarikan untuk membuktikan pengaruh latihan kombinasi terhadap perubahan kadar leptin pada perempuan obesitas.

2. Metode

Metode penelitian ini adalah *true experimental* dan menerapkan jenis rancangan *the randomized pretest-posttest control group design*. Rancangan ini melakukan penelitian yang mengaitkan hubungan sebab-akibat pada kelompok eksperimen atau kelompok yang diberi perlakuan dengan kelompok yang tidak menerima perlakuan atau disebut kelompok kontrol, yang selanjutnya dilakukan komparasi antara kedua kelompok tersebut (Sani, 2016), dengan menggunakan subjek sebanyak 14 perempuan obesitas berusia 20-25 tahun, IMT ≥ 25 kg/m², BFP $\geq 30\%$, tekanan darah sistolik dan diastolik normal, denyut jantung istirahat normal yang

terbagi menjadi 2 kelompok, yaitu kelompok kontrol (K1; $n = 7$), kelompok intervensi latihan kombinasi (K2; $n = 7$).

Latihan dilakukan dengan intensitas sedang (60-70% HRmax) untuk latihan daya tahan menggunakan *treadmill* selama 45 menit dan (60-70% 1RM) untuk latihan kekuatan, dan menggunakan beban eksternal yang dilakukan 4 set, masing-masing 12-15 repetisi, dengan frekuensi 3x/minggu, selama 8 minggu. Pemanasan dan pendinginan dilakukan menggunakan *treadmill* masing-masing selama 5 menit, sedangkan latihan inti dibagi menjadi 3 bagian, yaitu latihan aerobik, *upper body*, dan *lower body*. Latihan aerobik menggunakan *treadmill* selama 45 menit dan latihan *resistance* menggunakan peralatan gym. Latihan *upper body* meliputi *chest press*, *shoulder press*, *lateral pulldown*, *rowing*, dan *triceps push down*. Sedangkan bagian *lower body* meliputi *leg press*, *leg curl*, *leg extension* dan *hip abduction*. Latihan dilakukan pada pagi hari antara pukul 06:00-10:00 WIB.

Sampel darah diambil dari vena cubiti sebanyak 4 ml dengan pengambilan sebanyak 2 kali, yaitu *pretest* dan *posttest* yang dilakukan pada pagi hari antara pukul 06:00-10:00 WIB. Sampel darah disentrifugasi selama 15 menit dengan kecepatan 3.000 rpm. Serum yang diperoleh dipisahkan dan segera dilakukan analisis kadar leptin menggunakan metode ELISA Kit (Cat.No.:E-EL-H6017; Elabscience, Inc., USA). Analisis data menggunakan IBM SPSS statistic 25, untuk mengetahui perbedaan kadar leptin antara *pretest* dan *posttest* pada masing-masing kelompok menggunakan uji *Paired Sample T-Test*, sedangkan untuk mengetahui perbedaan kadar leptin *pretest* dan *posttest* antar kelompok menggunakan uji *Independent Sample T-Test* dengan taraf signifikan ($p \leq 0.05$).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Penelitian

Hasil analisis karakteristik subjek penelitian yang meliputi usia, tinggi badan (TB), berat badan (BB), Indeks Massa Tubuh (IMT), *Body Fat Percent* (BFP), *Fat Mass* (FM) pada kelompok kontrol (K1) dan kelompok latihan kombinasi (K2) tidak menunjukkan perbedaan bermakna yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik subjek penelitian pada kedua kelompok

No	Variabel	n	K1		K2		p-value
			Mean	SD	Mean	SD	
1	Usia (tahun)	7	23.43	1.13	23.71	1.25	0.663
2	TB (m)	7	155.06	3.92	154.74	3.96	0.884
3	BB (kg)	7	66.10	7.09	68.17	6.64	0.583
4	IMT (kg/m ²)	7	29.31	4.25	28.57	2.08	0.688
5	BFP (%)	7	34.23	2.87	33.26	3.08	0.553
6	FM (kg)	7	24.31	3.01	23.93	1.57	0.771

Keterangan: IMT: indeks massa tubuh; BFP: persentase lemak tubuh; FM: massa lemak; K1: kelompok kontrol; K2: kelompok latihan beban.

Berdasarkan Tabel 1 di atas dapat diperhatikan bahwa karakteristik subjek cenderung sama karena hasil uji *Independent Samples T-Test* tidak menemukan perbedaan rata-rata yang signifikan dalam data karakteristik subjek yang diteliti pada masing-masing kelompok

($p > 0.05$). Mengacu hal tersebut, dapat dilihat efek pemberian intervensi latihan kombinasi terhadap perubahan kadar leptin antara *pretest* dan *posttest* yang disampaikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisis kadar leptin *pretest* dan *posttest* pada masing-masing kelompok

No	Kelompok	n	Pretest		Posttest		p-value
			Mean	SD	Mean	SD	
1	K ₁	7	1528,59	84,97	1554,63	92,36	0,859
2	K ₂	7	1520,71	76,93	1260,84	79,97	0,000*

Keterangan: K1: kelompok kontrol; K2: kelompok latihan kombinasi. (*) Menunjukkan nilai signifikan dengan *pretest* ($p < 0.05$).

Mengacu Tabel 2 di atas, analisis deskriptif menunjukkan terdapat penurunan rata-rata pada kuantitas kadar leptin pada kondisi *pretest* dan *posttest* di kelompok K2, sedangkan pada K1 cenderung mengalami peningkatan. Uji *Paired Sample T-Test* menunjukkan bahwa terdapat penurunan signifikan rata-rata kadar leptin antara *pretest* dan *posttest* pada K2 ($p = 0.000$; $p < 0.05$), sedangkan pada K1 tidak menunjukkan perbedaan bermakna rata-rata kadar leptin ($p = 0.859$; $p > 0.05$).

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa terdapat penurunan kadar leptin setelah latihan kombinasi selama 8 minggu yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil analisis kadar leptin *pretest* dan *posttest* pada kedua kelompok

No	Kelompok	n	Pretest		Posttest		p-value
			Mean	SD	Mean	SD	
1	K ₁	7	1528,59	84,97	1554,63	92,36	0,334
2	K ₂	7	1520,71	76,93	1260,84	79,97	0,000*

Keterangan: K1: kelompok kontrol; K2: kelompok latihan kombinasi. (*) Menunjukkan nilai signifikan dengan *pretest* ($p < 0.05$).

Analisis deskriptif pada Tabel 3 di atas menunjukkan bahwa rata-rata kadar leptin *pretest* pada K1, dan K2, cenderung sama, sedangkan kadar leptin *posttest* mengalami penurunan dengan penurunan tertinggi terjadi pada K2, sedangkan pada K1 mengalami sedikit peningkatan.

3.2 Pembahasan Penelitian

Penelitian ini menggunakan subjek perempuan obesitas berjumlah 14 orang kemudian dilakukan pembagian acak ke dalam 2 kelompok, yaitu K1 atau kelompok tanpa intervensi dengan $n = 7$ dan K2 yaitu kelompok dengan perlakuan latihan kombinasi intensitas sedang dan $n = 7$. Kriteria subjek dari penelitian ini yaitu perempuan obesitas umur 20-25 tahun, Indeks Massa Tubuh (IMT) ≥ 25 kg/m² dan juga *Body Fat Percent* (BFP) $\geq 30\%$. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata usia kelompok K1 (23.43) tahun dan kelompok K2 (23.71) tahun. Rata-rata IMT kelompok K1 (29.31) kg/m² dan K2 (28.57) kg/m². Rata-rata BFP kelompok K1 (34.23) % dan K2 (33.26) %. Uji *Independent Samples T-Test* memiliki hasil yaitu tidak ada perbedaan yang signifikan pada karakteristik subjek penelitian di kedua kelompok ($p > 0.05$) (Tabel 4.1).

Hasil penelitian tersebut yaitu tidak ada perbedaan yang signifikan pada karakteristik subjek penelitian yaitu kelompok kontrol dengan kelompok latihan, sehingga dapat diketahui yaitu peneliti memegang kontrol penuh data mengenai karakteristik dari subjek penelitian. Hal ini berarti jika terjadi penurunan kadar leptin, maka hal tersebut kemungkinan besar disebabkan oleh efek dari latihan kombinasi, bukan disebabkan oleh karakteristik subjek. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa terdapat penurunan rata-rata kadar leptin pada kelompok intervensi latihan kombinasi secara signifikan, sedangkan pada kelompok kontrol tidak menunjukkan adanya penurunan. Hal ini dapat dilihat pada data hasil uji *Paired Sample T-Test* rata-rata kadar leptin antara *pretest* dan *posttest* pada K1 1528,59 (*pretest*) dan 1554,63 (*posttest*); $p=0,859$, sedangkan pada K2 1520,71 (*pretest*) dan 1260,84 (*posttest*); $p=0,000$, yang menunjukkan bahwa terdapat penurunan kadar leptin yang signifikan pada K2 (Tabel 4.2).

Penurunan kadar leptin terjadi pada K2, yaitu kelompok yang diberi intervensi latihan kombinasi dengan intensitas sedang selama 8 minggu. Hal ini membuktikan bahwa latihan kombinasi antara latihan aerobik dengan latihan *resistance* dapat menurunkan kadar leptin maupun berat badan dan lemak tubuh secara signifikan (Padli et al., 2020). Penurunan kadar leptin yang disebabkan oleh latihan kombinasi juga dikaitkan dengan perubahan keseimbangan energi, sensitivitas insulin, dan perubahan hormonal yang berkaitan dengan metabolisme karbohidrat dan lemak (Owecki et al., 2010). Oleh karena itu, untuk mengubah kadar leptin dan hormon yang bergantung padanya, seperti insulin, tiroksin, triiodotironin, dan kortisol, intensitas serta durasi program latihan harus sesuai. Penelitian ini menerapkan latihan kombinasi dengan intensitas sedang yang bertujuan untuk meningkatkan jumlah aliran darah ke jaringan adiposa sehingga terjadi peningkatan asupan oksigen secara maksimal. Peningkatan tersebut menjadi indikator penting dalam peningkatan kesehatan, seiring dengan penurunan lemak tubuh dan berat badan (Karbalamahdi et al., 2019).

Penurunan berat badan ketika melakukan latihan kombinasi dapat menyebabkan penurunan kadar leptin serum pada penderita obesitas. Penurunan leptin juga berkorelasi dengan perubahan IMT, persentase lemak tubuh, dan lingkar pinggang (Sumadewi, 2017). Latihan kombinasi tidak dapat menyebabkan perubahan kadar leptin tanpa adanya penurunan berat badan dan IMT yang signifikan (Karbalamahdi et al., 2019). Akan tetapi, kadar leptin dapat mengalami penurunan pada perempuan yang melakukan latihan terlepas dari adanya penurunan berat badan (Yu et al., 2017).

Penelitian ini, dilakukan pelatihan selama 8 minggu dengan 3 sesi latihan tiap minggunya. Penelitian lain mengamati penurunan leptin sebesar 46% setelah 12 minggu latihan fisik, khususnya aerobik, dengan menggunakan 3-4 sesi tiap minggu (Becic et al., 2018). Dalam studi yang melibatkan pelatihan pada 15 wanita obesitas selama 6 bulan dengan rata-rata IMT = 35,10 kg/m², didapatkan penurunan konsentrasi leptin yang signifikan meskipun tidak ada penurunan berat badan. Pelatihan terdiri dari latihan harian selama 45 menit, dengan intensitas 60-70% HRmax. Sesi latihan diadakan seminggu 3 kali, menunjukkan bahwa efek latihan bergantung pada frekuensi aktivitas. Dengan frekuensi yang lebih rendah, maka akan memerlukan waktu yang lebih lama untuk mencapai hasil yang serupa (Ackel-D'Elia et al., 2014). Frekuensi dan intensitas latihan pada penelitian tersebut serupa dalam penelitian yang peneliti lakukan. Pada penelitian ini, penurunan kadar leptin yang signifikan terdapat pada kelompok intervensi latihan kombinasi (K2). Perubahan tersebut mengarah pada

kesimpulan bahwa perubahan kadar leptin terbesar terjadi pada subjek yang melakukan latihan.

4. Simpulan

Penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa latihan kombinasi intensitas sedang yang dilakukan 45 menit latihan aerobik dan latihan *resistance* dengan 4 set, 12 repetisi dengan frekuensi latihan 3x per minggu dan dilakukan selama 8 minggu pada perempuan obesitas berusia 20-25 tahun efektif untuk menurunkan kadar leptin secara signifikan.

Daftar Rujukan

- Ackel-D'Elia, C., Carnier, J., Bueno, C. R., Campos, R. M. S., Sanches, P. L., Clemente, A. P. G., Tufik, S., De Mello, M. T., & Dâmaso, A. R. (2014). Effects of different physical exercises on leptin concentration in obese adolescents. *International Journal of Sports Medicine*, 35(2), 164–171. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1345128>
- Becic, T., Studenik, C., & Hoffmann, G. (2018). Exercise Increases Adiponectin and Reduces Leptin Levels in Prediabetic and Diabetic Individuals: Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Medical Sciences (Basel, Switzerland)*, 6(4). <https://doi.org/10.3390/medsci6040097>
- Cahyaningrum. (2015). Leptin sebagai indikator obesitas, Sandubaya Mataram. *Jurnal Kesehatan Prima*, 1(1), 1364–1371.
- Dieli-Conwright, C. M., Courneya, K. S., Demark-Wahnefried, W., Sami, N., Lee, K., Sweeney, F. C., Stewart, C., Buchanan, T. A., Spicer, D., Tripathy, D., Bernstein, L., & Mortimer, J. E. (2018). Aerobic and resistance exercise improves physical fitness, bone health, and quality of life in overweight and obese breast cancer survivors: A randomized controlled trial. *Breast Cancer Research*, 20(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s13058-018-1051-6>
- Halim, R., & Suzan, R. (2020). Korelasi Masa Lemak Dan Lemak Viseral Dengan Kadar Leptin Serum Pada Remaja Overweight Dan Obesitas. In *JAMBI MEDICAL JOURNAL "Jurnal Kedokteran dan Kesehatan"* (Vol. 8, Issue 1, pp. 102–110). <https://doi.org/10.22437/jmj.v8i1.9477>
- Hoda, M. R., Theil, G., Mohammed, N., Fischer, K., & Fornara, P. (2012). The adipocyte-derived hormone leptin has proliferative actions on androgen-resistant prostate cancer cells linking obesity to advanced stages of prostate cancer. *Journal of Oncology*, 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/280386>
- Karbalamahdi, A., Abedi, B., Fatolah, H., & Pazoki, A. (2019). Effect of Aerobic Training and *C. vulgaris* Intake on Lipid Profile and Leptin in Obese Women. *Hormozgan Medical Journal*, 23(2), e91436. <https://doi.org/10.5812/hmj.91436>
- Kaur, J. (2014). A comprehensive review on metabolic syndrome. *Cardiology Research and Practice*, 2014, 5. <https://doi.org/10.1155/2014/943162>
- Lee, R. D. (2010). *Energy Balance and Body Weight. Nutrition Therapy and Pathophysiology*. 2nd ed. Wadsworth - Cengage Learning.
- Lestari, A., & Nasrulloh, A. (2019). Efektivitas Latihan Body Weight Training Dengan Dan Tanpa Menggunakan Resistance Band Terhadap Penurunan Berat Badan Dan Persentase Lemak. *Medikora*, 17(2), 91–101. <https://doi.org/10.21831/medikora.v17i2.29180>
- Limanan, D. (2013). Hantaran Sinyal Leptin dan Obesitas: Hubungannya dengan Penyakit Kardiovaskuler. *EJournal Kedokteran Indonesia*, 1(2). <https://doi.org/10.23886/ejki.1.2063.144-155>
- Nurhadi, F. I., Suherman, W. S., Prasetyo, Y., & Nasrulloh, A. (2022). Pengaruh latihan beban kombinasi dengan latihan aerobik terhadap berat badan dan persentase lemak tubuh pada remaja overweight The effect of weight training combined with aerobic exercise on body weight and body fat percentage in overweight adolescents. 18(2), 8–17.
- Owecki, M., Nikisch, E., Miczke, A., Pupek-Musialik, D., & Sowinski, J. (2010). Serum resistin is related to plasma HDL cholesterol and inversely correlated with LDL cholesterol in diabetic and obese humans. *Neuro Endocrinol Lett*, 31(5), 673–678.
- Padli, Kiram, Y., Syahara, S., & Lesmana, H. S. (2020). Combined effects of weight training and aerobic exercise accompanied by normal and low-calorie diets on fat percentage of young women. *International Journal of Human Movement and Sports Sciences*, 8(5), 283–291. <https://doi.org/10.13189/saj.2020.080517>

- Park, H. K., & Ahima, R. S. (2015). Physiology of leptin: energy homeostasis, neuroendocrine function and metabolism. *Metabolism: Clinical and Experimental*, 64(1), 24–34. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2014.08.004>
- Procaccini, C., Jirillo, E., & Matarese, G. (2012). Leptin as an immunomodulator. *Molecular Aspects of Medicine*, 33(1), 35–45. <https://doi.org/10.1016/j.mam.2011.10.012>
- Procaccini, C., Pucino, V., Mantzoros, C. S., & Matarese, G. (2015). Leptin in autoimmune diseases. In *Metabolism: Clinical and Experimental* (Vol. 64, Issue 1, pp. 92–104). <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2014.10.014>
- Ramkrapes, A. P. B., Duft, R. G., Bonfante, I. L. P., Mateus, K. C. S., Trombeta, J. C. S., Rodrigues, B., Chacon-Mikahil, M. P. T., Tanhoffer, R. A., & Cavaglieri, C. R. (2021). Higher Physical Activity Level Improves Leptin Concentrations in Spinal Cord Injury Subjects. *BioMed Research International*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/9415253>
- Rosenbaum, M., & Leibel, R. L. (2014). Role of leptin in energy homeostasis in humans. *Journal of Endocrinology*, 1, 223. <https://doi.org/10.1530/JOE-14-0358>
- Sani, F. (2016). *Metodologi Penelitian Farmasi Komunitas dan Eksperimental*. Deepublish.
- Sumadewi, K. T. (2017). Korelasi Antara Kadar Leptin dengan IMT, Lingkar Pinggang dan RLPP pada Orang Dewasa Obesitas Usia 19-25 Tahun di Universitas Warmadewa. *WMJ (Warmadewa Medical Journal)*, 1(2), 71. <https://doi.org/10.22225/wmj.1.2.30.71-82>
- Westerterp, K. R. (2018). Exercise, energy balance and body composition. *European Journal of Clinical Nutrition*, 72(9), 1246–1250. <https://doi.org/10.1038/s41430-018-0180-4>
- WHO. (2020). The double burden of malnutrition: priority actions on ending childhood obesity. In *World Health Organization* (pp. 12–63). World Health Organization, Regional Office for South-East Asia.
- Willis, L. H., Slentz, C. A., Bateman, L. A., Shields, A. T., Piner, L. W., Bales, C. W., Houmard, J. A., & Kraus, W. E. (2012). Effects of aerobic and/or resistance training on body mass and fat mass in overweight or obese adults. *Journal of Applied Physiology*, 113(12), 1831–1837. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01370.2011>
- Yu, N., Ruan, Y., Gao, X., & Sun, J. (2017). Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized, Controlled Trials on the Effect of Exercise on Serum Leptin and Adiponectin in Overweight and Obese Individuals. *Hormone and Metabolic Research*, 49(3), 164–173. <https://doi.org/10.1055/s-0042-121605>