

## Hubungan Kebiasaan Merokok dan Asupan Energi dengan Kelelahan Otot pada Atlet di UKM Atletik UNESA

Istighfa Nuril Hidayah<sup>1</sup>, Anindya Mar'atus Sholikhah<sup>2</sup>,  
Cleonara Yanuar Dini<sup>3</sup>, Ratna Candra Dewi<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Program Studi S1 Gizi, Fakultas Ilmu Keolahragaan dan Kesehatan, Universitas Negeri Surabaya

### Abstrak

**Latar Belakang:** Kelelahan otot merupakan kondisi penurunan kemampuan otot dalam mempertahankan performa selama aktivitas fisik yang dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk kebiasaan merokok dan kecukupan asupan energi. **Tujuan:** Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara kebiasaan merokok dan asupan energi dengan kelelahan otot selama latihan pada atlet UKM Atletik Universitas Negeri Surabaya (UNESA). **Metode:** Jenis penelitian ini adalah kuantitatif dengan desain *cross-sectional*. R

esponden penelitian ini adalah atlet di UKM Atletik yang berjumlah 30 atlet yang dipilih dengan metode total sampling. Pengambilan data kebiasaan merokok dikumpulkan melalui kuesioner perilaku merokok dan asupan energi diukur menggunakan kuesioner *Semi Quantitative Food Frequency Questionnaire* (SQ-FFQ), sedangkan kelelahan otot diukur menggunakan *Repeat Anaerobic Ability* (RSA) test. Analisis data dilakukan secara univariat dan bivariat menggunakan uji korelasi *Spearman*. **Hasil:** Penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar responden memiliki kebiasaan merokok dalam kategori tidak berisiko (53%), asupan energi dalam kategori baik (60%), serta tingkat kelelahan otot dalam kategori istimewa (70%). Hasil uji korelasi *Spearman* menunjukkan terdapat hubungan yang signifikan antara kebiasaan merokok ( $p=0,018$ ;  $r=0,428$ ) dan asupan energi ( $p=0,025$ ;  $r=0,408$ ) dengan kelelahan otot.

**Kata Kunci:** kebiasaan merokok; asupan energi; kelelahan otot

### Abstract

**Background:** Muscle fatigue is a condition characterized by a decline in muscle ability to maintain performance during physical activity, influenced by various factors, including *smoking habits* and adequate *energy intake*. **Purpose:** This study aims to analyze the relationship between *smoking habits* and *energy intake* with *muscle fatigue* during exercise among athletes in the Athletics Club at Surabaya State University (UNESA). **Methods:** This is a quantitative study with a cross-sectional design. The study participants were 30 athletes from the Athletics Club, selected using total sampling. Data on smoking habits were collected via a smoking behavior questionnaire, and energy intake was measured using the Semi-Quantitative Food Frequency Questionnaire (SQ-FFQ), while muscle fatigue was assessed using the Repeat Anaerobic Ability (RSA) test. Data analysis was performed using univariate and bivariate methods, including the Spearman correlation test. **Results:** The study found that the majority of respondents had *smoking habits* in the "low-risk" category (53%), *energy intake* in the "good" category (60%), and *muscle fatigue* levels in the "excellent" category (70%). The results of the Spearman correlation test showed a significant relationship between *smoking habits* ( $p=0.018$ ;  $r=0.428$ ) and *energy intake* ( $p=0.025$ ;  $r=0.408$ ) with *muscle fatigue*.

**Keywords:** *smoking habits, energy intake, muscle fatigue*

### PENDAHULUAN

Atletik dikenal sebagai induknya dari segala cabang olahraga atau lebih dikenal sebagai "*Mother of Sport*" karena pada atletik terdapat berbagai macam gerakan yang dapat dijumpai di dalam cabang olahraga lainnya seperti lari, jalan, lompat, tolak dan lempar

(Purbangkara & Pratama, 2021). Saat berlari, kaki menerima gaya yang setara dengan dua hingga tiga kali berat badan pelari. Ketika otot-otot mengalami kelelahan, kemampuannya untuk menyerap gaya tersebut secara memadai berkurang, sehingga berpotensi memengaruhi sistem muskuloskeletal dan meningkatkan risiko

cedera (Hazzaa et al., 2023). Hasil penelitian pada atlet atletik di Brazil terhadap tingkat kelelahan mencapai 71,6% dari keseluruhan, dan tingkat kelelahan yang lebih rendah mencapai 28,4% (Li, 2023). studi epidemiologi olahraga menemukan bahwa aktivitas running memiliki tingkat kejadian cedera yang relatif tinggi di antara atlet Indonesia, dengan 36,3% pelari melaporkan pengalaman cedera yang sering berkaitan dengan kondisi akumulatif seperti kelelahan otot.

Kelelahan otot secara fisiologis merupakan kondisi menurunnya kemampuan kerja otot selama aktivitas fisik, sehingga individu tidak mampu mempertahankan kekuatan, daya, maupun ketahanan sesuai yang diharapkan (Cavalcante et al., 2016). Adapun pemicu utama kelelahan otot adalah terjadi peningkatan laktat secara ekstrim di otot dan darah yang disebabkan oleh aktivitas berat berkepanjangan (Sinulingga R et al., 2022). Kelelahan juga dipicu oleh beberapa faktor seperti metabolisme  $Ca^{2+}$ , aliran darah, suplai oksigen, dan perubahan metabolisme-energi yang secara ketat berkorelasi dengan keseimbangan antioksidan sel (Preedy & Patel, 2020). Merokok menyebabkan pengurangan kapasitas paru-paru, menurunkan daya tahan tubuh, dan mempengaruhi fungsi kardiovaskular. Hemoglobin dapat mengikat karbon monoksida (CO) dari asap rokok dengan afinitas yang lebih tinggi dibandingkan oksigen dan mengakibatkan hipoksia jaringan (Correnti et al., 2024). Selain itu, terdapat faktor lain yang juga berpengaruh terhadap kelelahan otot, salah satunya asupan energi dalam tubuh.

Asupan energi merupakan salah satu zat gizi yang berperan penting terhadap peningkatan dan penurunan massa otot (El Ghina et al., 2023). Energi dihasilkan dari pemecahan molekul ATP melalui simpanan energi yang terdapat di dalam tubuh yaitu simpanan *phosphocreatine* (PCr), karbohidrat, lemak, dan protein. Cadangan ATP dalam otot tidak dapat mempertahankan kontraksi lebih dari beberapa detik, sehingga jalur metabolisme lain harus segera diaktifkan untuk menghasilkan ATP (Patel & Zwibel, 2018). Jika energi yang

dikeluarkan sama dengan energi yang masuk dari makanan dan minuman maka atlet selama latihan ataupun pada saat pertandingan akan terhindar dari kelelahan (Septiawan & Noordia, 2019). Atlet yang tidak mendapatkan asupan energi sesuai kebutuhan harian cenderung mengalami penurunan efisiensi kerja otot, sehingga berdampak pada penurunan performa secara keseluruhan.

Berdasarkan data dan pernyataan diatas, peneliti memutuskan untuk meneliti lebih lanjut terkait hubungan kebiasaan merokok dan asupan energi dengan kelelahan otot, khususnya pada atlet UKM atletik di Universitas Negeri Surabaya (UNESA).

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan desain *cross-sectional*. Penelitian dilakukan di lapangan UKM Atletik kampus Lidahwetan Universitas Negeri Surabaya yang dilaksanakan pada tanggal 18 dan 20 November 2025. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur hubungan antara variabel bebas (kebiasaan merokok dan asupan energi) dan variabel terikat (kelelahan otot) pada satu waktu tertentu.

Populasi penelitian merupakan 30 anggota aktif UKM atletik periode 2024-2025. Pemilihan teknik menggunakan total sampling dikarenakan jumlah populasi yang sedikit atau kurang dari 100. Sehingga dalam penelitian ini sampel berjumlah 30 responden.

Responden yang terpilih dan sesuai dengan kriteria inklusi akan diberikan surat kesediaan/ *informed consent* sebagai bukti terlibat dalam penelitian. Pengukuran kebiasaan merokok menggunakan instrumen kuesioner perilaku merokok oleh kohort PTM Kemenkes tahun 2010. Konsumsi asupan energi responden diperoleh dengan menggunakan formulir *Semi Quantitative Food Frequency Questionnaire* (SQ-FFQ) dalam sebulan terakhir dan diolah menggunakan aplikasi *Nutrisurvey* 2007. Variabel kelelahan otot diukur menggunakan *Instrument test Repeat Anaerobic Ability* (RSA)

Pengolahan data variabel kebiasaan merokok akan dikategorikan berdasarkan skor

yang diperoleh dari beberapa pertanyaan instrument dengan bobot skor yang telah ditentukan. Kebiasaan merokok tidak berisiko (skor 0-2), risiko rendah (skor 3-4), risiko sedang (5-6), dan risiko tinggi (7-8). Semakin tinggi skor, semakin tinggi tingkat risiko perilaku merokok responden.

Variabel asupan energi dikategorikan: kurang (80% kebutuhan) dan baik (>80% kebutuhan) (El Ghina et al., 2023). Sedangkan data yang diperoleh untuk variabel kelelahan otot berasal dari hasil tes *Repeat Anaerobic Ability* (RSA). Data tersebut nantinya akan diperoleh nilai indeks kelelahan dalam persentase. Nilai skor dihitung dengan cara mengambil waktu rata-rata dari tiga percobaan pertama dan membaginya dengan waktu rata-rata dari tiga percobaan terakhir. Kalsifikasi dari indeks kelelahan otot tersebut yaitu: Istimewa (>89%), baik (85%-89%), sedang (80%-84%), dan cukup (<80%).

Analisis data menggunakan analisis univariat dan bivariat. Analisis univariat akan menghasilkan distribusi frekuensi dan persentase dari variabel bebas dan variabel terikat, yang bertujuan untuk memberikan deskripsi mengenai persentase atlet yang merokok dan pengkategorian, rata-rata asupan energi, dan rata-rata skor kelelahan otot.

Analisis bivariat menggunakan uji korelasi *Spearman Rank* ( $\rho$ ) untuk mengetahui korelasi parsial antara kebiasaan merokok dan asupan energi dengan kelelahan otot. Keseluruhan proses analisis dilakukan dengan bantuan *software* analisis data.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Deskripsi karakteristik responden

Subjek dari penelitian ini adalah mahasiswa yang bergabung dalam UKM atletik Universitas Negeri Surabaya di wilayah Lidah wetan yang masih aktif mengikuti latihan setiap minggunya dengan jumlah total 30 orang.

Tabel 1. Karakteristik Responden

Karakteristik responden		N (%)
Jenis kelamin	Laki-laki	27 (90)
	Perempuan	3 (10)

Karakteristik responden		N (%)
Total		30 (100)
Usia	18 tahun	10 (33)
	19 tahun	10 (33)
	20 tahun	5 (17)
	21 tahun	2 (7)
	22 tahun	2 (7)
	25 tahun	1 (3)
	Total	30 (100)
Frekuensi latihan	2x / minggu	1 (3)
	3x / minggu	7 (23)
	4x / minggu	8 (27)
	5x / minggu	5 (17)
	6x / minggu	9 (30)
	Total	30 (100)

Berdasarkan tabel tersebut, mayoritas responden sebesar 90% adalah berjenis kelamin laki-laki yang berjumlah 27 orang, sedangkan perempuan berjumlah 3 orang (10%). Usia responden dalam penelitian ini sangat beragam, tetapi masih termasuk kriteria inklusi sampel. Adapun responden sebesar 33% berasal dari usia 18 tahun. Sedangkan berdasarkan frekuensi latihan, sebagian besar atlet di UKM atletik melakukan latihan sebanyak 4 kali seminggu (27%).

Tabel 2. Analisis Univariat Kebiasaan Merokok

Variabel		N (%)	Mean ± SD
Kebiasaan merokok	Tidak berisiko	16 (53)	1,83 ± 0,95
	Risiko rendah	3 (10)	
	Risiko sedang	11 (37)	
	Risiko tinggi	0	
Total		30 (100)	

Hasil data kebiasaan merokok diperoleh jika sebagian besar atlet dari UKM atletik Universitas Negeri Surabaya rata-rata dalam kategori kebiasaan merokok tidak berisiko. Hasil tersebut dikarenakan 14 orang (47%) tidak merokok dan 2 orang (6%) merupakan mantan perokok yang baru saja berhenti saat sebelum penelitian berlangsung. Jumlah responden yang bukan perokok dan perokok aktif pada penelitian ini berjumlah sama dengan intensitas jumlah rokok yang dikonsumsi juga bervariasi. Responden yang merupakan perokok aktif kebanyakan mengonsumsi rokok kretek dengan

jumlah 5 hingga 14 batang per hari. Selain rokok kretek, responden tersebut juga mengonsumsi rokok putih (bukan kretek) dengan jumlah yang lebih sedikit sekitar 5 hingga 10 batang per hari. Adapun responden yang mengonsumsi rokok elektrik hanya ada 3 responden saja. Durasi konsumsi rokok para responden mayoritas dalam durasi jangka pendek yakni di bawah kurun waktu 3 tahun yang dihitung saat umur awal merokok hingga saat berhenti merokok atau saat penelitian.

Penelitian ini menunjukkan hasil bahwa mayoritas responden berada pada kategori tidak berisiko (skor 0–2). Merokok menyebabkan peningkatan kadar karbon monoksida dalam darah yang berikatan dengan hemoglobin lebih kuat daripada oksigen sehingga menurunkan transportasi oksigen ke jaringan otot (Safitri et al., 2020). Dalam konteks atlet, kebiasaan merokok berkaitan dengan penurunan performa fisik dan fungsi kardiovaskular, yang menjadi hambatan dalam mencapai potensi performa optimal (Kurbana et al., 2024). Penurunan performa dapat disebabkan oleh banyak faktor, salah satunya kelelahan otot. Kelelahan disebabkan karena perubahan metabolisme energi yang secara ketat berkorelasi dengan keseimbangan prooksidan/antioksidan sel (Preedy & Patel, 2020). Terbatasnya pasokan energi dan oksigen karena rendahnya cadangan glikogen dan perfusi dalam darah juga dapat meningkatkan kelelahan otot.

Tabel 3. Analisis Univariat Asupan Energi

Variabel		N (%)	Median ± SD
Asupan energi	Kurang (<80%)	12 (40)	87,5 ± 18,48
	Baik (≥80%)	18 (60)	
Total		30 (100)	

Hasil perhitungan asupan energi dibandingkan dengan kebutuhan energi individu yang dihitung berdasarkan kebutuhan basal dan ditambahkan faktor koreksi *Physical Activity Level* (PAL). Hasil analisis univariat pada tabel 3 menunjukkan bahwa tingkat kecukupan asupan energi responden mayoritas dalam kategori baik

karena melebihi 80%. Namun, sisanya masih terdapat beberapa atlet yang belum mencukupi asupan energi tersebut. Atlet memiliki kebutuhan energi yang lebih tinggi dibandingkan populasi umum karena latihan intensif memerlukan pemulihan dan adaptasi tubuh yang optimal. Berdasarkan penelitian sebelumnya, sebagian besar atlet sering tidak memenuhi kebutuhan energi yang dianjurkan, sehingga dapat berimbas pada performa dan kelelahan otot (Rachma et al., 2024).

Asupan energi merupakan komponen dasar yang harus dipenuhi oleh atlet guna mengoptimalkan performa baik pada saat latihan maupun pertandingan (Barney et al., 2024). Keseimbangan energi tercapai apabila asupan energi sebanding dengan energi yang dikeluarkan melalui metabolisme basal, aktivitas fisik, dan latihan (Nolte et al., 2025). Kebutuhan asupan energi pada atlet bervariasi tergantung pada berbagai faktor, seperti berat badan, tingkat aktivitas, usia, jenis kelamin, serta tujuan latihan atau pertandingan (El Ghina et al., 2023).

Ketersediaan energi rendah mengakibatkan penurunan kinerja atletik dan meningkatkan risiko cedera. Hal ini terjadi ketika pengeluaran energi dari latihan atletik dan fungsi tubuh melebihi asupan kalori (Gallant et al., 2025). Adapun efek jangka panjang defisiensi energi berdampak negatif pada pemulihan, massa otot, fungsi neuromuskular, dan meningkatkan risiko cedera dan penyakit yang dapat memengaruhi kinerja secara negatif (Melin et al., 2019).

Berdasarkan data SQ-FFQ, mayoritas sumber asupan energi responden berasal dari makanan pokok seperti nasi, mie, dan roti, serta umbi-umbian seperti ubi dan singkong. Pemenuhan energi tidak hanya berasal dari sumber makanan tersebut saja. Terdapat zat gizi makro lain yang juga menjadi sumber tambahan energi, seperti lemak yang berasal dari konsumsi makanan yang digoreng serta protein yang berasal dari konsumsi lauk tiap harinya.

Kebiasaan merokok		Kelelahan otot				Koef. Korelasi (r)	p-value
		Istimewa (>89%)	Baik (85 - 89%)	Sedang (80 - 84%)	Cukup (<80%)		
Tidak berisiko (0 - 2)	N	14	2	0	0	-0,428	0,018
	(%)	(47%)	(7%)	(0)	(0)		
	Risiko ringan (3 - 4)	N	0	0	0		
	(%)	(0)	(0)	(0)	(0)		
	Risiko sedang (5 - 6)	N	2	1	0		
(%)	(7%)	(3%)	(0)	(0)			
Risiko tinggi (7 - 8)	N	5	6	0	0		
(%)	(17%)	(20%)	(0)	(0)			
Total	N	21	9	0	0		
	(%)	(70%)	(30%)	(0)	(0)		

Gambar 1. Analisis Bivariat Kebiasaan Merokok dengan Kelelahan Otot

Uji korelasi *Spearman* menunjukkan hasil bahwa terdapat hubungan negatif antara kebiasaan merokok dan tingkat kelelahan otot atlet ( $r = -0,428$ ;  $p = 0,018$ ). Arah hubungan ini menunjukkan bahwa semakin tinggi skor perilaku merokok, maka semakin rendah nilai indeks kelelahan otot, yang berarti bahwa perokok cenderung mengalami tingkat kelelahan otot lebih tinggi dibandingkan bukan perokok. Temuan ini sejalan dengan banyak studi yang menunjukkan bahwa merokok berpengaruh negatif terhadap fungsi otot dan kapasitas fisik (Jeon et al., 2021; Kurban et al., 2024; Thibon et al., 2025).

Merokok menyebabkan peningkatan kadar karbon monoksida dalam darah yang berikatan dengan hemoglobin lebih kuat daripada oksigen sehingga menurunkan transportasi oksigen ke jaringan otot. Efek ini berdampak pada kebutuhan dan metabolisme zat gizi mikronutrien tertentu, seperti Fe dan Zn, yang berperan penting dalam fungsi enzim dan oksigenasi jaringan (Putri & Dhanny, 2022). Dengan demikian, kondisi tersebut berpotensi memberikan pengaruh tidak langsung terhadap tingkat kelelahan tubuh. Akibatnya, kemampuan kerja otot menurun, dan kelelahan otot terjadi lebih cepat saat aktivitas fisik atau latihan. Studi oleh Caci et al., (2025) menunjukkan bahwa perokok menunjukkan  $VO_2max$  yang lebih rendah daripada bukan perokok, yang mencerminkan penurunan toleransi terhadap aktivitas fisik dan kapasitas pengiriman oksigen yang terganggu.

Secara biologis, paparan nikotin dan komponen asap rokok dapat mempercepat kelelahan otot melalui gangguan perfusi,

penurunan kapasitas oksidatif, serta disfungsi metabolisme otot (Wang et al., 2022). Hal ini relevan khususnya pada populasi atlet yang aktivitas latihannya menuntut kapasitas oksidatif tinggi.

Asupan energi		Kelelahan otot				Koef. Korelasi (r)	p-value
		Istimewa (>89%)	Baik (85 - 89%)	Sedang (80 - 84%)	Cukup (<80%)		
Kurang (<80%)	N	5	6	0	0	0,408	0,025
	(%)	(17%)	(20%)	(0)	(0)		
	Baik (≥80%)	N	16	3	0		
(%)	(53%)	(10%)	(0)	(0)			
Total	N	21	9	0	0		
	(%)	(70%)	(30%)	(0)	(0)		

Gambar 2. Analisis Bivariat Asupan Energi dengan Kelelahan Otot

Analisis *Spearman* menunjukkan hasil terdapat hubungan positif yang signifikan antara asupan energi dengan tingkat kelelahan otot ( $r = 0,408$ ;  $p = 0,025$ ). Artinya, semakin besar asupan energi yang dikonsumsi atlet, semakin tinggi nilai indeks kelelahan otot yang tercatat, mengindikasikan kelelahan yang lebih rendah.

Hasil ini konsisten dengan teori fisiologi olahraga yang menyatakan bahwa asupan energi yang adekuat sangat penting untuk menjaga kapasitas kerja otot (Parman et al., 2025). Ketika tubuh memperoleh cukup energi dari makanan, cadangan glikogen otot cukup untuk metabolisme aerobik dan anaerobik saat latihan. Sebaliknya, defisit energi mempercepat terjadinya kelelahan karena tubuh cepat kehabisan sumber bahan bakar utama untuk kontraksi otot. Penelitian dalam jurnal oleh Dave & Fisher (2022) melaporkan bahwa defisit energi berkepanjangan berdampak negatif pada fungsi metabolik otot serta pemulihan pasca latihan.

Kontraksi otot membutuhkan energi dalam bentuk adenosin trifosfat (ATP) yang diproduksi melalui jalur metabolisme aerobik maupun anaerobik. Pada aktivitas dengan intensitas tinggi seperti olahraga *sprint*, kebutuhan ATP meningkat secara cepat sehingga tubuh lebih banyak mengandalkan metabolisme anaerobik glikolitik. Jalur ini menghasilkan ATP dalam waktu singkat, namun disertai dengan produksi laktat dan ion hidrogen ( $H^+$ ) sebagai hasil samping metabolisme energi (Huang et al., 2025). Akumulasi ion hidrogen menyebabkan penurunan pH intramuskular yang dapat

menghambat kerja enzim metabolik, menurunkan sensitivitas ion kalsium terhadap protein kontraktil, serta mengganggu proses kontraksi otot. Kondisi tersebut berkontribusi langsung terhadap munculnya kelelahan otot dan penurunan performa fisik (Huang et al., 2025). Energi yang cukup membantu memperlambat degradasi glikogen otot, mempertahankan laju produksi ATP, dan menunda kelelahan (Safitri et al., 2020).

## PENUTUP

### Simpulan

Kesimpulan dari adalah menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antara kebiasaan merokok dengan kelelahan otot dan asupan energi yang mempunyai kekuatan hubungan sedang dengan arah hubungan masing-masing negatif dan positif.

### Saran

Beberapa saran yang dapat disampaikan dari penelitian ini adalah:

1. Bagi atlet UKM atletik Universitas Negeri Surabaya  
Menghindari kebiasaan merokok yang berdampak negatif terhadap fungsi otot, kapasitas fisik, dan toleransi aktivitas fisik dalam jangka panjang serta mempertahankan dan meningkatkan pola makan seimbang dengan memperhatikan kecukupan asupan energi dan zat besi.
2. Bagi peneliti selanjutnya
  - a. Melakukan pengukuran asupan energi pada atlet sebaiknya menggunakan pengukuran instrument recall 24 hours.
  - b. Melibatkan jumlah sampel yang lebih besar dan beragam serta menambahkan variabel lain seperti kualitas tidur, jenis dan intensitas latihan agar diperoleh gambaran yang lebih menyeluruh terhadap faktor-faktor kelelahan otot pada atlet.

## DAFTAR PUSTAKA

Barney, D. E., Cheung, S. N., Harris, A. R., Berryman, C. E., & Hennigar, S. R. (2024). Dietary Intake and Diet Quality of Female

and Male NCAA Division I Cross Country Runners from a Single University. *Current Developments in Nutrition*, 8(11). <https://doi.org/10.1016/j.cdnut.2024.104475>

Caci, G., Spicuzza, L., Emma, R., Campagna, D., Nadir, M., Anastasi, E., Pennisi, F., Hunter, S., Bhide, S., & Polosa, R. (2025). Assessment and repeatability of aerobic capacity using the Chester Step Test among current, former, and never smokers. *Internal and Emergency Medicine*, 20(1). <https://doi.org/10.1007/s11739-024-03794-2>

Cavalcante, M. L. C., Teixeira, P. R. L., Sousa, T. C. S., Lima, P. O. de P., & Oliveira, R. R. (2016). Index of fatigue quadriceps in soccer athletes after anterior cruciate ligament reconstruction. *Revista Brasileira de Ortopedia (English Edition)*, 51(5). <https://doi.org/10.1016/j.rboe.2016.08.009>

Correnti, M., Gammella, E., Cairo, G., & Recalcati, S. (2024). Iron Absorption: Molecular and Pathophysiological Aspects. In *Metabolites* (Vol. 14, Number 4). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/metabo14040228>

Dave, S. C., & Fisher, M. (2022). Relative energy deficiency in sport (RED - S). *Current Problems in Pediatric and Adolescent Health Care*, 52(8). <https://doi.org/10.1016/j.cppeds.2022.101242>

El Ghina, M. F., Widawati, W., & Lestari, R. R. (2023). Asupan Energi, Protein, Status Gizi, dan VO2 Max Atlet Futsal MAN 1 Pekanbaru. *Jurnal Ilmu Gizi Dan Dietetik*, 2(3). <https://doi.org/10.25182/jigd.2023.2.3.175-181>

Gallant, T. L., Ong, L. F., Wong, L., Sparks, M., Wilson, E., Puglisi, J. L., & Gerriets, V. A. (2025). Low Energy Availability and Relative Energy Deficiency in Sport: A Systematic Review and Meta-analysis. In

- Sports Medicine* (Vol. 55, Number 2). <https://doi.org/10.1007/s40279-024-02130-0>
- Hazzaa, W. A., Hottenrott, L., Kamal, M. A., & Mattes, K. (2023). The Influence of General and Local Muscle Fatigue on Kinematics and Plantar Pressure Distribution during Running: A Systematic Review and Meta-Analysis. In *Sports* (Vol. 11, Number 12). <https://doi.org/10.3390/sports11120241>
- Huang, T., Liang, Z., Wang, K., Miao, X., & Zheng, L. (2025). Novel insights into athlete physical recovery concerning lactate metabolism, lactate clearance and fatigue monitoring: A comprehensive review. In *Frontiers in Physiology* (Vol. 16). <https://doi.org/10.3389/fphys.2025.1459717>
- Jeon, H. G., Kim, G., Jeong, H. S., & So, W. Y. (2021). Association between cigarette smoking and physical fitness level of korean adults and the elderly. *Healthcare (Switzerland)*, 9(2). <https://doi.org/10.3390/healthcare9020185>
- Kurbana, A. W., Qori'aina, L., Karim, M. A., & Marsha, S. (2024). Pengaruh Merokok terhadap Performa dan Kesehatan Atlet. *Pubmedia Jurnal Pendidikan Olahraga*, 1(2), 9. <https://doi.org/10.47134/jpo.v1i2.277>
- Li, R. (2023). Diagnosis Of Sports Fatigue And Nutritional Intervention In Track And Field. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, 29. [https://doi.org/10.1590/1517-8692202329012022\\_0561](https://doi.org/10.1590/1517-8692202329012022_0561)
- Melin, A. K., Heikura, I. A., Tenforde, A., & Mountjoy, M. (2019). Energy availability in athletics: Health, performance, and physique. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 29(2). <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2018-0201>
- Nolte, J., Kirmse, M., de Marées, M., & Platen, P. (2025). Effects of Short-Term Low Energy Availability on Metabolism and Performance-Related Parameters in Physically Active Adults. *Nutrients*, 17(2). <https://doi.org/10.3390/nu17020278>
- Parman, A., Bayu Norito, T., Indrayana, B., Ali, M., & Sarjana Pendidikan Jasmani Universitas Jambi, P. (2025). 836 *KONTRIBUSI FISILOGI OLAHRAGA DALAM MENGATASI RISIKO MENUJU PRESTASI OPTIMAL* (Vol. 10).
- Patel, P. N., & Zwibel, H. (2018). Physiology, Exercise. In *StatPearls*.
- Preedy, V. R., & Patel, V. B. (2020). Aging: Oxidative Stress and Dietary Antioxidants. In *Aging: Oxidative Stress and Dietary Antioxidants*. <https://doi.org/10.1016/C2017-0-04455-5>
- Purbangkara, T., & Pratama, A. (2021). Hubungan Antara Ketebalan Lemak, Kebugaran Jasmani Dan Keseimbangan Dengan Hasil Belajar Tolak Peluru Studi Korelasi Pada Ekstrakurikuler Atletik Di Sma Negeri 2 Sukatani. In *Physical Education* (Vol. 5, Number 1).
- Putri, N. R., & Dhanny, D. R. (2022). Literature Review: Konsumsi Energi, Protein, dan Zat Gizi Mikro dan Hubungannya dengan Performa Atlet Basket. *Sport and Nutrition Journal*, 3(2), 14–24. <https://doi.org/10.15294/spnj.v3i2.43290>
- Rachma, D. A., Purwaningtyas, D. R., & Ghifari, N. (2024). Hubungan Pengetahuan Gizi, Asupan Energi, Zat Gizi Makro Dan Latihan Fisik Dengan Kekuatan Otot Lengan Atlet Arung Jeram Jabodetabek. *Journal of Sport Science and Fitness*, 9(2). <https://doi.org/10.15294/jssf.v9i2.75250>
- Safitri, I., Setyarsih, L., Susanto, H., & Yudi Fitranti, D. (2020). Hubungan Kadar Hemoglobin Dengan Kelelahan Otot Pada Atlet Sepak Bola Remaja. *Journal Of Nutrition College, Volume 9. Nomor 3*, 154–159. <http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jnc/>

Septiawan, M. R., & Noordia, A. (2019). Analisis Kecukupan Energi dan Tingkat Kelelahan Atlet U-19 Tahun pada Klub Sepakbola (Studi SSB Putra Minak Jinggo Banyuwangi). *Jurnal Kesehatan Olahraga*, 7(2).

Sinulingga R, Andrew Nova, Rajaguguk, & Christin PM. (2022). Indeks Kelelahan Mahasiswa Pendidikan Olahraga Setelah Mengikuti Perkuliahan Sampai Pertengahan Semester. *JSSF*, 8(2). <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/jssf>

Thibon, C., Caty, G., Gohy, S., Aboubakar Nana, F., & Reychler, G. (2025). Assessment of Muscular Strength and Functional Capacity in Smoker Population Without Any Diagnosed Respiratory Disease: A Cross-Sectional Study. *Healthcare (Switzerland)*, 13(5). <https://doi.org/10.3390/healthcare13050493>

Wang, L., van Iersel, L. E. J., Pelgrim, C. E., Lu, J., van Ark, I., Leusink-Muis, T., Gosker, H. R., Langen, R. C. J., Schols, A. M. W. J., Argilés, J. M., van Helvoort, A., Kraneveld, A. D., Garssen, J., Henricks, P. A. J., Folkerts, G., & Braber, S. (2022). Effects of Cigarette Smoke on Adipose and Skeletal Muscle Tissue: In Vivo and In Vitro Studies. *Cells*, 11(18). <https://doi.org/10.3390/cells11182893>