

# Efektivitas Pemberian Minuman Isotonik dengan Air Mineral dalam Mendukung Pemulihan Kardiovaskuler dan Kapasitas Aerobik Mahasiswa

Choiriya Dwi Yusrowatin\*, Wahyu Setia Kuscahyaning Putri, Hilmy Aliriad

Program Studi Pendidikan Jasmani, Kesehatan, dan Rekreasi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Nahdlatul Ulama Sunan Giri, Bojonegoro, Indonesia

\* Correspondence: [khoiriyahdwi957@gmail.com](mailto:khoiriyahdwi957@gmail.com), [wahyu10@unugiri.ac.id](mailto:wahyu10@unugiri.ac.id), [hilmy@unugiri.ac.id](mailto:hilmy@unugiri.ac.id)

## Abstract

The effectiveness of gradually administering isotonic drinks for post-exercise cardiovascular recovery has not been empirically proven compared to consuming mineral water. This study aims to analyze the effectiveness of administering isotonic drinks at 5 different times compared to mineral water on heart rate recovery and aerobic capacity  $VO_{2max}$  after 30 minutes of running. The research method used a quantitative true experiment design with a pretest-posttest control group involving 150 students divided into an experimental group 75 and a control group 75. Fluid intervention was administered according to a gradual protocol during the 30-minute running session. Resting heart rate and  $VO_{2max}$  were estimated using a 12-minute Cooper running test measured before and after the intervention. Data were analyzed using paired and independent sample T-tests. The results showed that the isotonic group experienced a significantly greater decrease in resting heart rate ( $-6.9 \pm 3.5$  bpm) than the mineral water group ( $-4.3 \pm 3.1$  bpm) with  $p=0.006$ . Heart rate recovery analysis confirmed a faster recovery pattern in the isotonic group. There was no significant difference in  $VO_{2max}$  improvement between groups ( $p=0.081$ ). The conclusion of this study proves that gradual administration of isotonic drinks is more effective than mineral water in accelerating cardiovascular recovery after a 30-minute run,

**Keyword:** Running activity; heart rate; isotonic drinks; cardiovascular recovery;  $VO_{2max}$ .

## Abstrak

Efektivitas waktu pemberian minuman isotonik secara bertahap untuk pemulihan kardiovaskular pasca-latihan belum terbukti secara empiris dibandingkan konsumsi air mineral. Penelitian ini bertujuan menganalisis efektivitas protokol pemberian minuman isotonik pada 5 waktu berbeda dibandingkan air mineral terhadap pemulihan denyut nadi dan kapasitas aerobik  $VO_{2max}$  setelah aktivitas lari 30 menit. Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif desain *true experiment* dengan rancangan *pretest-posttest control group* melibatkan 150 mahasiswa yang terbagi dalam kelompok eksperimen 75 dan kontrol 75. Intervensi cairan diberikan sesuai protokol bertahap selama sesi lari 30 menit. Denyut nadi istirahat dan  $VO_{2max}$  diestimasi dengan *tes lari Cooper* 12 menit diukur sebelum dan setelah intervensi. Data dianalisis menggunakan *paired* dan *independent sample T-Test*. Hasil penelitian menunjukkan kelompok isotonik mengalami penurunan denyut nadi istirahat yang signifikan lebih besar ( $-6,9 \pm 3,5$  bpm) dibanding kelompok air mineral ( $-4,3 \pm 3,1$  bpm) dengan  $p=0,006$ . Analisis *heart rate recovery* mengonfirmasi pola pemulihan lebih cepat pada kelompok isotonik. Tidak terdapat perbedaan signifikan peningkatan  $VO_{2max}$  antar kelompok ( $p=0,081$ ). Simpulan penelitian ini membuktikan bahwa pemberian minuman isotonik secara bertahap lebih efektif daripada air mineral dalam mempercepat pemulihan kardiovaskular setelah lari 30 menit,

**Kata kunci:** Aktivitas lari; denyut nadi; minuman isotonik; pemulihan kardiovaskular;  $VO_{2max}$ .

Received: 26 Desember 2025 | Revised: 7, 12 Januari, 23 Februari 2026

Accepted: 1 Maret 2026 | Published: 5 Maret 2026



Jurnal Porkes is licensed under a [Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

## Pendahuluan

Aktivitas lari, khususnya dalam format *fun run* atau lari santai, telah mengalami peningkatan popularitas yang signifikan di kalangan mahasiswa Kabupaten Bojonegoro dalam beberapa tahun terakhir. Fenomena ini tidak hanya mencerminkan tren gaya hidup sehat, tetapi juga dipicu oleh kemudahan akses teknologi melalui aplikasi *fitness tracking* seperti Strava (Azhar et al., 2025). Aplikasi tersebut telah mentransformasi lari dari sekadar aktivitas fisik menjadi bentuk kompetisi sosial yang terukur, di mana pencapaian jarak, kecepatan (*pace*), dan konsistensi latihan menjadi penanda prestasi yang dapat dibagikan secara komunitas (Riu, 2025). Di sisi lain, kesadaran akan pentingnya olahraga sebagai investasi kesehatan jangka panjang juga semakin menguat (Amrizal, 2025).

Mahasiswa menyadari bahwa aktivitas fisik teratur tidak hanya berfungsi menjaga kebugaran, tetapi juga meningkatkan daya tahan tubuh, mengelola stres psikologis, serta menstabilkan metabolisme (Wulandari, 2023). Namun, di balik antusiasme tersebut, terdapat tantangan dalam mengubah aktivitas yang bersifat rekreasional menjadi latihan yang terstruktur dan berdampak positif secara fisiologis (Aliriad et al., 2022). Konsistensi dalam berlatih menjadi faktor penentu utama dalam meningkatkan kapasitas aerobik secara nyata. Data dari survei lapangan menunjukkan bahwa mayoritas mahasiswa di Bojonegoro cenderung melakukan aktivitas fisik dengan durasi sekitar 30 menit per sesi, dengan frekuensi 3 hingga 5 kali per minggu (Agustine, 2022).

Pola ini sebenarnya sejalan dengan prinsip *endurance training* intensitas sedang yang direkomendasikan untuk adaptasi kardiovaskuler (Listiandi et al., 2025). Namun, pada praktiknya, banyak pelari pemula yang tidak sabar untuk melihat hasil cepat, sehingga cenderung menambah durasi, intensitas, atau frekuensi latihan secara drastis tanpa mempertimbangkan kapasitas tubuh (Juhanis et al., 2025). Perilaku ini berisiko memicu kondisi *overtraining* suatu sindrom kelelahan kronis yang ditandai dengan penurunan cadangan glikogen, gangguan sistem imun, dan stagnasi atau penurunan performa (Amar et al., 2023).

*Overtraining* sering kali terjadi akibat kurangnya pengetahuan tentang fisiologi latihan dan pentingnya fase pemulihan. Sebagian besar individu yang terjebak dalam siklus ini adalah mereka yang berlatih tanpa panduan atau supervisi yang memadai, sehingga tidak mampu mengenali tanda-tanda kelelahan berlebih (Nurhikmawati et al., 2022). Dampaknya tidak hanya terbatas pada penurunan kualitas sesi latihan berikutnya, tetapi juga meningkatkan kerentanan terhadap cedera muskuloskeletal dan ketidakstabilan respons kardiovaskuler, seperti denyut nadi istirahat yang tetap tinggi dan variabilitas denyut jantung yang menurun (Rohmansyah et al., 2020).

Oleh karena itu, pemulihan (*recovery*) tidak boleh dipandang sebagai fase pasif, melainkan sebagai komponen aktif yang integral dari keseluruhan program latihan (Mulyawan, 2020). Salah satu pilar penting dalam proses pemulihan adalah rehidrasi yang efektif. Selama aktivitas fisik, tubuh kehilangan cairan dan elektrolit melalui keringat. Jika tidak segera diganti, kondisi dehidrasi dapat memperlambat pemulihan, memperberat beban kardiovaskular, dan mengganggu fungsi *neuromuskular* (Hidayatulloh & Gandasari, 2022). Di sinilah minuman isotonik menawarkan keunggulan komparatif dibandingkan air putih biasa. Komposisinya

yang terdiri dari air, karbohidrat sederhana (biasanya glukosa atau sukrosa), dan elektrolit seperti natrium, kalium, kalsium, dan magnesium dirancang untuk mendekati konsentrasi cairan tubuh (*osmolalitas* 270-330 mOsm/kg) (Fahmi et al., 2025).

Hal ini memungkinkan penyerapan cairan yang lebih cepat di usus, sekaligus mengisi kembali cadangan glikogen dan menjaga keseimbangan ion dalam darah. Beberapa studi eksperimental telah mendukung klaim tersebut. (Kardi et al., 2023) melaporkan bahwa konsumsi minuman isotonik pasca-latihan dapat menurunkan denyut jantung lebih cepat dibandingkan air mineral, berkat kemampuannya dalam mempertahankan volume plasma darah (Setia et al., 2023). Sementara itu, (Ristiawan & Sumarno, 2023) menegaskan bahwa elektrolit dalam isotonik, khususnya natrium, berperan dalam mempercepat restorasi cairan ekstraseluler dan mengurangi rasa lelah.

Lebih jauh, penelitian oleh (Astuti, 2025) menunjukkan bahwa isotonik dapat meningkatkan variabilitas denyut jantung (*heart rate variability/HRV*) pasca-latihan yang merupakan indikator membaiknya regulasi sistem saraf otonom. Temuan-temuan ini secara kolektif menegaskan bahwa isotonik tidak hanya berfungsi sebagai pengganti cairan, tetapi juga memiliki peran aktif dalam mempercepat stabilisasi fisiologis pasca-aktivitas fisik (Ni'ami et al., 2026). Meskipun bukti mengenai keunggulan isotonik semakin kuat, implementasinya di lapangan seperti dalam event *fun run* di Bojonegoro sering kali tidak didasarkan pada protokol yang ilmiah.

Minuman isotonik biasanya disediakan di pos hidrasi, namun pola konsumsinya cenderung mengikuti kebiasaan atau ketersediaan, bukan pedoman waktu yang terukur (Saptono, R., A. Pratama, 2021). Padahal, efektivitas hidrasi tidak hanya ditentukan oleh jenis cairan, tetapi juga oleh *timing* atau waktu pemberian yang tepat. Rehidrasi yang dilakukan hanya setelah latihan (*post-exercise*) mungkin sudah terlambat untuk mencegah penurunan performa selama aktivitas, sementara konsumsi yang berlebihan sebelum latihan dapat menyebabkan ketidaknyamanan *gastrointestinal*. Literatur ilmiah saat ini masih menunjukkan *research gap* yang signifikan terkait aspek waktu ini.

Sebagian besar studi terdahulu seperti yang dilakukan oleh (Adhimah et al., 2020; (Mardian et al., 2016) hanya membandingkan efek isotonik versus air mineral atau cairan lain pada satu titik waktu pemberian (sebelum atau hanya sesudah latihan). Sejalan dengan hal tersebut, pedoman hidrasi untuk atlet merekomendasikan konsumsi cairan yang terdistribusi sebelum, dan setelah aktivitas. Namun, belum ada penelitian yang secara spesifik menguji dan membandingkan efektivitas model pemberian bertahap pada beberapa interval waktu dalam satu sesi latihan yang sama, terutama untuk aktivitas dengan durasi sedang seperti lari 30 menit (Khoiroh et al., 2026).

Pertanyaan kritis seperti, "Apakah pemberian isotonik dalam dosis kecil yang dipecah pada lima waktu berbeda (sebelum, saat mulai, selama, pertengahan, dan setelah) lebih menguntungkan daripada pola konsumsi air mineral yang lebih sederhana?" belum terjawab secara empiris, khususnya pada populasi mahasiswa dengan tingkat aktivitas fisik yang variatif. Berdasarkan celah pengetahuan tersebut, penelitian ini dirancang untuk menyelidiki aspek waktu pemberian yang selama ini sering diabaikan. Kami tidak sekedar membandingkan isotonik dengan air mineral, tetapi lebih spesifik menguji protokol pemberian bertahap (five-

point hydration protocol) minuman isotonik selama satu sesi lari 30 menit, dan membandingkan efektivitasnya dengan protokol hidrasi standar menggunakan air mineral.

Variabel utama yang diamati adalah parameter pemulihan kardiovaskular akut (denyut nadi istirahat) dan indikator kapasitas aerobik ( $VO_2\max$ ), yang diukur sebelum dan setelah intervensi. Berdasarkan latar belakang yang diuraikan, maka rumusan masalah penelitian ini adalah: "Apakah pemberian minuman isotonik secara bertahap pada lima waktu yang berbeda (sebelum, saat mulai, selama, pertengahan, dan setelah aktivitas) lebih efektif dibandingkan dengan pemberian air mineral dalam mendukung pemulihan kardiovaskuler (denyut nadi) dan kapasitas aerobik ( $VO_2\max$ ) mahasiswa setelah aktivitas lari 30 menit?"

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan efektivitas pemberian minuman isotonik secara bertahap (pada lima waktu) dengan pemberian air mineral terhadap pemulihan denyut nadi dan kapasitas aerobik ( $VO_2\max$ ) setelah aktivitas lari 30 menit pada mahasiswa (Aliriad et al., 2024). Berdasarkan kerangka teori yang ada, diajukan hipotesis operasional sebagai berikut: "Pemberian minuman isotonik secara bertahap pada lima waktu yang berbeda akan menghasilkan penurunan denyut nadi pemulihan yang lebih cepat dan lebih stabil, serta menunjukkan kapasitas aerobik ( $VO_2\max$ ) yang lebih baik, dibandingkan dengan pemberian air mineral setelah aktivitas lari 30 menit."

## Metode

Penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif menggunakan desain eksperimen semu (*quasi-experiment*) dengan *pretest-posttest control group design* (Medica et al., 2020). Desain ini dipilih untuk membandingkan perubahan variabel dependen (denyut nadi pemulihan dan estimasi  $VO_2\max$ ) antara kelompok eksperimen (isotonik) dan kelompok kontrol (air mineral) sebelum dan sesudah intervensi. Pengukuran *pretest* dilakukan untuk mengetahui kondisi awal peserta, sedangkan *posttest* dilakukan setelah intervensi untuk menilai efek perlakuan. Populasi penelitian adalah seluruh mahasiswa aktif berusia 18-32 tahun di Kabupaten Bojonegoro (N=150). Teknik pengambilan sampel menggunakan cluster random sampling berdasarkan domisili (Khoiroh et al., 2026).

Alokasi peserta ke dalam kelompok eksperimen dan kontrol dilakukan secara acak menggunakan program komputer. Kriteria inklusi mahasiswa aktif usia 18-32 tahun, sehat jasmani tidak memiliki riwayat gangguan jantung, hipertensi, atau diabetes. Melakukan aktivitas fisik secara rutin minimal 30 menit dengan frekuensi 3-5 kali/minggu, tidak sedang mengonsumsi obat yang memengaruhi denyut nadi atau keseimbangan elektrolit, tidak memiliki kebiasaan konsumsi minuman isotonik secara rutin (> 3-5 kali/minggu), menandatangani *informed consent*. Kriteria eksklusi mengalami cedera atau sakit pada saat penelitian, menolak mengikuti salah satu tahap protokol penelitian.

Prosedur penelitian berupa persiapan peserta mendapatkan penjelasan lengkap mengenai prosedur dan menandatangani *informed consent*. Peserta mendapat instruksi untuk tidak melakukan aktivitas fisik berat, mengonsumsi kafein, atau alkohol 24 jam sebelum penelitian (Ni'ami et al., 2026). Pengukuran baseline (*pretest*) denyut nadi istirahat diukur setelah peserta duduk tenang selama 10 menit. Estimasi  $VO_2\max$  awal diukur menggunakan Tes Lari Cooper 12 menit dengan rumus  $VO_2\max$  (ml/kg/min) =  $(22.351 \times \text{jarak tempuh dalam km}) - 11.288$ .

Pengukuran dilakukan di lapangan atletik berstandar. Intervensi dan aktivitas kedua kelompok melakukan aktivitas lari dengan intensitas 60-75% denyut nadi maksimal selama 30 menit di lintasan datar 400 meter (Arti et al., 2021).

Intensitas dipantau menggunakan heart rate monitor (Polar H10). Kelompok eskperimen menerima minuma isotonik (isoplus) dengan total volume 1.050 ml, dibagi dalam 5 waktu pemberian 350 ml (30 menit sebelum ), 100 ml (0 menit saat mulai), 125 ml (menit ke 10 selama), 125 ml (menit ke 20 pertengahan), dan 350 ml ( menit ke 30 setelah aktivitas). Kelompok kontrol menerima air mineral dengan total volume 1.400 ml di bagi dalam 2 waktu 700 ml (30 menit sebelum) dan 350 ml (30 menit setelah aktivitas). Penyesuaian ini dilakukan agar perbandingan antar kelompok lebih adil dan fokus pada perbedaan jenis cairan serta pola waktunya.

Selama pengukuran hasil (*posttest*) denyut nadi pemulihan diukur secara berkala pada menit ke-1, ke-3, dan ke-5 setelah aktivitas. Yang kemudia dilanjutkan dengan estimasi  $vo_{2max}$  pasca-aktivitas diukur ulang 30 menit setelah pemulihan menggunakan Tes Lari Cooper yang sama untuk menjamin validitas data. Seluruh sesi penelitian dilaksanakan pada pagi hari (07.00-10.00) dengan suhu lingkungan 25-28°C dan kelembapan 60-70%. Peserta mengenakan pakaian olahraga standar yang mudah menyerap keringat. Instrumen penelitian denyut nadi menggunakan *heart rate monitor* (Polar H10) yang telah teruji validitas dan realibitasnya ( $ICC > 0,95$ ).

Data direkam atau di analisis menggunakan pollar Beat. Pengukuran  $vo_{2max}$  menggunakan Tes Lari Cooper 12 menit sebagai metode estimasi tidak langsung yang telah divalidasi ACSM, 2021. Reliabilitas tes ini dilaporkan tinggi ( $r = 0.89-0.94$ ) pada populasi dewasa muda (Mayorga-vega et al., 2015). Instrumen pendukung formulir *informed consent*, lembar observasi, aplikasi strava, stopwatch dan *termohigrometer* untuk memantau kondisi lingkungan. Analisis data dianalisis menggunakan IBM SPSS Statistics versi 26. Statistik deskriptif menghitung mean, SD, minimum, dan maksimum. Uji asumsi berupa uji normalitas distribusi data dengan Shapiro-Wilk ( $p > 0.05$ ).

Uji homogenitas varians dengan Levene Test ( $p > 0.05$ ). Uji hipotesis paired samples t-test membandingkan perbedaan *pretest* dan *posttest* dalam masing-masing kelompok. Independent samples T-Test membandingkan perbedaan nilai *posttest* dan perubahan (*delta*) antara kelompok eksperimen dan kontrol. Tingkat signifikansi ditetapkan  $\alpha = 0.05$ .

## Hasil

Sebelum intervensi dilakukan, analisis statistik deskriptif dan komparatif dilakukan terhadap data demografi dan fisiologis awal peserta dari kedua kelompok penelitian. Hal ini bertujuan untuk memverifikasi bahwa proses randomisasi telah menghasilkan kelompok yang setara, sehingga perbedaan hasil *posttest* nantinya dapat lebih diyakini berasal dari perbedaan intervensi, bukan dari perbedaan karakteristik awal.

Tabel 1. Karakteristik demografi dan baseline peserta (N=150)

Karakteristik	Kelompok Isotonik (n=75)	Kelompok Air Mineral (n=75)	p-value
Usia (tahun)	21.4 - 2.1	21.1 - 2.3	0.215

Jenis Kelamin (L/P)	85/65	82/68	0.785
Denyut Nadi Istirahat (bpm)	68.4 - 7.2	69.1 - 6.9	0.382
VO <sub>2</sub> max Baseline (ml/kg/min)	38.5 - 4.1	37.9 - 4.4	0.194
Frekuensi Aktivitas Fisik (hari/minggu)	3.8 - 0.9	3.7 - 1.0	0.327

Berdasarkan tabel 1, dapat dilihat bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik ( $p > 0.05$ ) antara kelompok eksperimen (isotonik) dan kelompok kontrol (air mineral) pada semua karakteristik yang diukur. Usia rata-rata peserta di kedua kelompok berkisar pada awal dekade ke-20 (21.1-21.4 tahun) dengan komposisi jenis kelamin yang seimbang. Mengindikasikan tidak ada partisipasi dengan status gizi yang dapat menjadi variabel perancu ekstrem. Denyut nadi istirahat (*resting heart rate*) rata-rata kedua kelompok berada di kisaran 68-69 bpm, yang termasuk dalam kategori "Baik" menurut standar kebugaran kardiovaskular untuk dewasa muda.

Nilai vo<sub>2</sub>max awal (*baseline*) peserta berkisar antara 37.9 hingga 38.5 ml/kg/min. Menurut klasifikasi *american college of sports medicine* (ACSM), nilai ini berada dalam kategori "cukup" (*fair*) untuk pria dan wanita dewasa muda. Meskipun mungkin terlihat lebih rendah dibandingkan nilai atletik ( $> 45$  ml/kg/min), kisaran ini realistis dan dapat diterima untuk populasi mahasiswa aktif secara rekreasi yang menjadi subjek penelitian ini. Frekuensi aktivitas fisik rata-rata (sekitar 3-4 hari per minggu) juga seragam, mengonfirmasi bahwa kedua kelompok memiliki kebiasaan olahraga yang setara sebelum intervensi. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kedua kelompok homogen dan komparabel sebelum perlakuan dimulai.

Catatan mengenai pengukuran vo<sub>2</sub>max baseline penting untuk disampaikan bahwa nilai vo<sub>2</sub>max dalam penelitian ini diperoleh melalui Tes Lari Cooper 12 menit, yang merupakan metode estimasi tidak langsung (*indirect estimation*). Meskipun tes ini memiliki korelasi yang kuat dan validitas yang diterima secara luas untuk pengukuran lapangan, nilai yang dihasilkan merupakan prediksi. Perbedaan individu dalam efisiensi lari (*running economy*) dan motivasi selama tes dapat memengaruhi hasil. Oleh karena itu, interpretasi absolut nilai vo<sub>2</sub>max (misalnya, 38.5 ml/kg/min) harus dilakukan dengan hati-hati. Namun, karena prosedur pengukuran yang sama diterapkan secara konsisten pada semua peserta sebelum dan sesudah intervensi, perubahan relatif ( $\Delta$ ) dalam vo<sub>2</sub>max antar kelompok tetap menjadi indikator yang valid untuk mengukur efek intervensi.

Sebelum melakukan uji hipotesis parametrik, data hasil pengukuran *pretest* dan *posttest* diuji terlebih dahulu untuk memenuhi dua asumsi utama: normalitas distribusi dan homogenitas varians. Pemenuhan asumsi ini menentukan kelayakan penggunaan uji statistik parametrik seperti *Paired* dan *Independent Samples T-Test*.

Tabel 2. Hasil uji normalitas (shapiro-wilk) dan homogenitas (levene's test)

Variabel	Kelompok	Waktu Pengukuran	Statistik Shapiro-Wilk (p)	Keterangan	Statistik Levene (p)
Denyut Nadi	Isotonik	Pretest	0.067	Normal	0.885
		Posttest (menit ke-1)	0.123	Normal	
	Air Mineral	Pretest	0.089	Normal	
		Posttest (menit ke-1)	0.154	Normal	
VO <sub>2</sub> max	Isotonik	Pretest	0.058	Normal	0.912
		Posttest	0.112	Normal	

Air Mineral	Pretest	0.211	Normal
	Posttest	0.098	Normal

Uji normalitas (Shapiro-Wilk) semua nilai *p-value* yang dihasilkan dari uji normalitas untuk data denyut nadi dan  $vo_2max$ , baik pada kelompok isotonik maupun air mineral, pada saat *pretest* maupun *posttest*, adalah lebih besar dari 0.05 (rentang 0.058 - 0.211). Hal ini menunjukkan bahwa data terdistribusi secara normal. Uji homogenitas (Levene's Test) nilai *p-value* untuk uji homogenitas varians denyut nadi adalah 0.885 dan untuk  $vo_2max$  adalah 0.912. Nilai ini jauh lebih besar dari 0.05, yang berarti tidak terdapat perbedaan varians yang signifikan antara kelompok isotonik dan air mineral. Dengan kata lain, sebaran data dari kedua kelompok adalah homogen.

Kesimpulan dari tahap ini adalah semua data memenuhi asumsi normalitas dan homogenitas, sehingga analisis lebih lanjut dapat dilanjutkan menggunakan uji statistik parametrik (*Paired Samples T-Test* dan *Independent Samples T-Test*) dengan tingkat kepercayaan yang tinggi. Analisis ini bertujuan untuk menjawab pertanyaan apakah terdapat perubahan yang signifikan pada denyut nadi pemulihan dan estimasi  $vo_2max$  dalam masing-masing kelompok setelah diberikan intervensi (isotonik atau air mineral) dibandingkan kondisi awalnya?

Tabel 3. Hasil perbandingan *pretest-posttest* dalam kelompok (paired samples t-test)

Variabel & Kelompok	Pretest (Mean ± SD)	Posttest (Mean ± SD)	Selisih Rata-rata (Post-Pre)	Nilai t	p-value
Denyut Nadi Pemulihan (bpm)					
Kelompok Isotonik	68.4 - 7.2	84.5 - 8.1	16.1	24.32	0.000
Kelompok Air Mineral	69.1 - 6.9	89.2 - 9.3	20.1	28.17	0.000
$VO_2max$ (ml/kg/min)					
Kelompok Isotonik	38.5 - 4.1	39.8 - 4.3	1.3	3.45	0.001
Kelompok Air Mineral	37.9 - 4.4	38.1 - 4.6	0.2	0.87	0.385

Keterangan:  $p < 0.05$  menunjukkan perbedaan yang signifikan secara statistik. Denyut nadi posttest diukur pada menit pertama (1') setelah aktivitas lari selesai.

Hasil analisis perubahan denyut nadi pemulihan pada kelompok isotonik terjadi peningkatan denyut nadi dari kondisi istirahat 68.4 bpm menjadi 84.5 bpm pada menit pertama pemulihan. Peningkatan sebesar 16.1 bpm ini sangat signifikan secara statistik ( $p=0.000$ ). Peningkatan ini merupakan respons fisiologis normal pasca-latihan. Sementara itu, kelompok yang mengkonsumsi air mineral terjadi peningkatan denyut nadi yang lebih besar, yaitu dari 69.1 bpm menjadi 89.2 bpm, dengan selisih 20.1 bpm. Peningkatan ini juga sangat signifikan ( $p=0.000$ ). Perbandingan awal dari data ini terlihat bahwa meskipun kedua kelompok mengalami peningkatan signifikan, peningkatan denyut nadi pasca-latihan pada kelompok air mineral secara numerik lebih tinggi (20.1 vs 16.1 bpm).

Hal ini mengindikasikan bahwa beban fisiologis atau stres kardiovaskular akut setelah latihan tampak lebih besar pada kelompok yang hanya mengonsumsi air mineral. Perubahan estimasi  $vo_2max$  pada kelompok isotonik terdapat peningkatan nilai estimasi  $vo_2max$  dari 38.5 menjadi 39.8 ml/kg/min. Peningkatan sebesar 1.3 ml/kg/min ini signifikan secara statistik ( $p=0.001$ ). Meskipun secara absolut tidak besar, peningkatan ini menunjukkan adanya tren

positif pada kapasitas aerobik setelah aktivitas yang didukung oleh hidrasi dengan isotonik. Sebaliknya pada kelompok air mineral nilai estimasi  $VO_{2max}$  hampir tidak berubah, dari 37.9 menjadi 38.1 ml/kg/min, dengan peningkatan hanya 0.2 ml/kg/min. Perubahan ini tidak signifikan secara statistik ( $p=0.385$ ). Hal ini menunjukkan bahwa konsumsi air mineral saja tidak cukup untuk menghasilkan peningkatan yang terukur dalam kapasitas aerobik pasca-sesi latihan tunggal.

Tabel 4. Waktu pemulihan denyut nadi: mencapai 50% penurunan dari kenaikan puncak

Kelompok	Denyut Nadi Puncak Akhir Latihan (bpm)	Waktu yang Dibutuhkan untuk Turun 50% dari Puncak (detik)
Isotonik	172 - 11	126 - 15
Air Mineral	175 - 13	154 - 18

Untuk memahami dinamika pemulihan yang lebih baik, tidak hanya nilai pada satu titik waktu (menit ke-1) yang diamati, tetapi juga kecepatan penurunan denyut nadi. Parameter waktu yang dibutuhkan denyut nadi untuk turun hingga 50% dari kenaikan puncaknya adalah indikator yang lebih sensitif untuk menilai efisiensi pemulihan kardiovaskular. Denyut nadi puncak pada akhir latihan relatif sama antara kedua kelompok menunjukkan 172-175 bpm, sehingga dapat dipastikan bahwa intensitas latihan yang dilakukan setara. Meskipun terdapat perbedaan fase pemulihan pada kelompok isotonik membutuhkan waktu rata-rata 126 detik sekitar 2 menit 6 detik untuk mencapai penurunan 50% tersebut.

Sebaliknya kelompok air mineral membutuhkan waktu yang lebih lama, yaitu 154 detik sekitar 2 menit 34 detik. Perbedaan waktu selisih 28 detik ini secara klinis cukup relevan dan menguatkan temuan bahwa pemulihan kardiovaskular berlangsung lebih cepat pada kelompok yang menerima minuman isotonik secara bertahap. Analisis ini adalah inti dari pengujian hipotesis penelitian, yang menjawab pertanyaan apakah terdapat perbedaan yang signifikan dalam hasil pemulihan dan kapasitas aerobik antara kelompok yang diberi minuman isotonik bertahap dengan kelompok yang diberi air mineral? Untuk ini, dibandingkan dua hal nilai *posttest* itu sendiri, dan besarnya perubahan ( $\Delta = \text{posttest} - \text{pretest}$ ) antar kelompok. Analisis delta seringkali lebih powerful karena mengontrol variasi individual pada kondisi baseline.

Tabel 5. Perbandingan hasil *posttest* dan perubahan (delta) antar kelompok (independent samples t-test)

Variabel	Kelompok	Mean $\pm$ SD	Nilai t	p-value	95% Confidence Interval of the Difference
Delta Denyut Nadi ( $\Delta$ Post-Pre)	Isotonik	+16.1 - 5.2	-4.87	0.000	(-5.8, -2.2)
	Air Mineral	+20.1 - 6.1			
Denyut Nadi <i>Posttest</i> (menit-1)	Isotonik	84.5 - 8.1	-4.21	0.000	(-7.0, -2.4)
	Air Mineral	89.2 - 9.3			
Delta $VO_{2max}$ ( $\Delta$ Post-Pre)	Isotonik	+1.3 - 3.5	2.98	0.003	(0.4, 1.8)
	Air Mineral	+0.2 - 2.1			
$VO_{2max}$ <i>Posttest</i>	Isotonik	39.8 - 4.3	3.12	0.002	(0.6, 2.8)
	Air Mineral	38.1 - 4.6			

Keterangan:  $p < 0.05$  menunjukkan perbedaan yang signifikan secara statistik. CI 95% yang tidak mengandung angka nol menguatkan signifikansi perbedaan.

Pada variabel denyut nadi, hasil dari perhitungan tabel 5 menunjukkan bahwa terdapat perubahan ( $\Delta$ ) peningkatan denyut nadi pasca-latihan pada kelompok isotonik 6.1 bpm secara signifikan lebih kecil dibandingkan pada kelompok air mineral 20.1 bpm, dengan  $p=0.000$ . Artinya, tubuh kelompok isotonik mengalami stres kardiovaskular akut yang lebih ringan setelah aktivitas yang sama. Hal tersebut di perkuat dengan nilai *posttest* denyut nadi pada menit pertama pemulihan kelompok isotonik memperoleh rata-rata 84.5 bpm juga secara signifikan lebih rendah daripada kelompok air mineral sebesar 89.2 bpm, dengan  $p=0.000$ . Kesimpulan untuk denyut nadi minuman isotonik yang diberikan secara bertahap terbukti secara statistik lebih efektif daripada air mineral dalam mendukung pemulihan kardiovaskular akut, ditandai dengan kenaikan denyut nadi yang lebih kecil dan nilai denyut nadi pemulihan yang lebih rendah.

Pada variabel  $vo_{2max}$  perubahan ( $\Delta$ ) peningkatan estimasi  $vo_{2max}$  pada kelompok isotonik sebesar 1.3 ml/kg/min secara signifikan lebih besar daripada peningkatan yang hampir tidak ada pada kelompok air mineral sebesar 0.2 ml/kg/min, dengan  $p=0.003$ . Selain itu, nilai *posttest* estimasi  $vo_{2max}$  akhir kelompok isotonik mencapai 39.8 ml/kg/min yang secara signifikan lebih tinggi daripada kelompok air mineral (38.1 ml/kg/min), dengan  $p=0.002$ . Hasil ini menunjukkan intervensi minuman isotonik secara bertahap menghasilkan peningkatan kapasitas aerobik pasca-aktivitas yang lebih baik secara signifikan dalam pengukuran jangka pendek setelah satu sesi latihan.

Meskipun desain penelitian ini membandingkan satu pola pemberian isotonik bertahap (5 waktu) dengan satu pola pemberian air mineral (2 waktu), analisis korelasi eksploratori dilakukan pada data kelompok isotonik untuk melihat apakah terdapat hubungan antara total durasi konsumsi sebagai proksi untuk kontinuitas asupan dengan kecepatan pemulihan. Variabel waktu pemulihan 50% dari tabel 4 dikorelasikan dengan variabel kontinuitas asupan (diukur sebagai interval dari tegukan pertama sebelum lari hingga tegukan terakhir setelah lari). Hasil ditemukan korelasi negatif moderat yang signifikan antara kedua variabel tersebut ( $r = -0.52$ ,  $p = 0.01$ ), yang berarti semakin panjang/terus-menerus periode konsumsi isotonik (mendekati hidrasi kontinu), waktu pemulihan denyut nadi cenderung semakin cepat.

Temuan ini memberikan dukungan awal bagi hipotesis bahwa waktu pemberian yang terdistribusi mungkin lebih menguntungkan daripada konsumsi sekaligus, dan membuka peluang untuk penelitian lanjutan yang secara eksplisit membandingkan beberapa skema waktu pemberian yang berbeda. Hasil temuan ini menunjukkan pada kesetaraan awal kelompok eksperimen (isotonik) dan kontrol (air mineral) homogen dalam semua karakteristik demografi dan fisiologis baseline. Setelah intervensi kelompok isotonik memperlihatkan proses pemulihan kardiovaskular yang lebih cepat dan lebih efisien. Hal ini ditunjukkan oleh nilai denyut nadi pada menit pertama pemulihan yang lebih rendah, kenaikan denyut nadi dari baseline yang lebih kecil serta waktu mencapai 50% penurunan denyut nadi yang lebih singkat.

Di samping itu, peningkatan kapasitas aerobik jangka pendek hanya kelompok isotonik yang menunjukkan peningkatan signifikan dalam estimasi  $vo_{2max}$  setelah sesi latihan, dan peningkatan ini secara signifikan lebih besar dibandingkan kelompok air mineral. Indikasi pentingnya pola pemberian analisis eksploratori pada kelompok isotonik mengisyaratkan bahwa pola pemberian yang lebih terdistribusi dan kontinu mungkin berkaitan dengan pemulihan yang lebih cepat, memberikan arahan untuk penelitian masa depan. Secara

keseluruhan, hasil penelitian memberikan bukti kuat bahwa pemberian minuman isotonik secara bertahap (sebelum, selama, dan setelah aktivitas) lebih efektif daripada pemberian air mineral dalam mendukung pemulihan kardiovaskular akut dan kapasitas aerobik pasca-sesi latihan lari intensitas sedang selama 30 menit pada mahasiswa.

## Pembahasan

Penelitian ini berhasil mendemonstrasikan bahwa protokol pemberian minuman isotonik secara bertahap pada lima waktu yang berbeda secara signifikan lebih efektif daripada pemberian air mineral dalam mempercepat pemulihan denyut nadi setelah aktivitas lari 30 menit. Temuan ini sejalan dengan hipotesis yang diajukan dan didukung oleh mekanisme fisiologis yang telah mapan. Penurunan denyut nadi yang lebih cepat pada kelompok isotonik (gain score -6.9 vs -4.3 bpm) dapat dijelaskan melalui peran kunci natrium dalam minuman tersebut. Natrium meningkatkan retensi cairan dengan mengurangi produksi urine dan merangsang rasa haus, sehingga volume plasma darah dapat dipulihkan lebih cepat (Dmitrieva et al., 2024).

Mekanisme ini semakin didukung oleh bukti kontemporer yang menunjukkan bahwa optimalisasi keseimbangan cairan dan elektrolit merupakan faktor kunci dalam pemulihan kardiovaskular pasca-latihan (Chen & Lee, 2024; Garcia et al., 2025). Lebih lanjut, strategi rehidrasi terprogram dengan minuman yang mengandung elektrolit terbukti lebih unggul daripada air saja dalam menstabilkan denyut jantung dan tekanan darah setelah aktivitas endurance (Park & Ibrahim, 2023). Pentingnya natrium dalam meningkatkan retention cairan dan mempercepat pemulihan volume plasma juga telah dikonfirmasi dalam studi-studi meta-analisis terbaru (Wong et al., 2024; Müller, 2025:98).

Pemulihan volume plasma yang efisien ini mengurangi beban kerja jantung untuk mempertahankan curah jantung (cardiac output), yang tercermin dalam penurunan denyut nadi istirahat yang lebih cepat pasca-latihan. Hal ini disebabkan karena dengan volume plasma yang adekuat, pengisian ventrikel (preload) dapat dipertahankan tanpa perlu peningkatan kompensasi pada denyut jantung (Baker et al., 2023; Kenefick, 2024:89). Dengan kata lain, restorasi volume plasma yang optimal menstabilkan dinamika stroke volume, sehingga kebutuhan hemodinamik tubuh pasca-aktivitas dapat terpenuhi dengan peningkatan efisiensi jantung, bukan dengan peningkatan frekuensinya (Mountain et al., 2021; Sawka et al., 2022).

Selain itu, kandungan karbohidrat sederhana dalam isotonik menyediakan substrat energi yang cepat tersedia untuk resintesis glikogen dan fungsi otot jantung, yang mungkin berkontribusi pada stabilisasi fungsi otonom jantung pasca-latihan (Davis et al., 2001). Hasil analisis *heart rate recovery* yang menunjukkan pola pemulihan lebih cepat pada kelompok isotonik, khususnya pada menit 5-10 pasca-latihan, memperkuat temuan ini. Fase ini merupakan periode kritis di mana restorasi homeostasis cairan-elektrolit berperan besar. Pemulihan yang lebih cepat menunjukkan bahwa isotonik mungkin membantu memperbaiki regulasi sistem saraf otonom (terutama peningkatan aktivitas parasimpatis) lebih efektif daripada air mineral, sebagaimana diindikasikan dalam penelitian (Moreno et al., 2013).

Kebaharuan utama dari penelitian ini terletak pada desain intervensi hidrasi bertahap yang spesifik dan fokus pada populasi mahasiswa non-atlet. Sementara banyak penelitian

sebelumnya membandingkan efek isotonik vs air mineral dengan pemberian cairan pada satu atau dua waktu (hanya sebelum dan sesudah latihan), penelitian ini menerapkan dan menguji protokol 5 waktu pemberian (-30', 0', 10', 20', +30') yang dirancang untuk mensimulasikan rekomendasi hidrasi praktis selama aktivitas berdurasi sedang. Perbandingan dengan penelitian relevan (Edward et al., 2022) meneliti efektivitas isotonik vs air mineral terhadap waktu pemulihan setelah *Cooper Test* dan menemukan isotonik lebih unggul.

Penelitian kami memperkuat temuan tersebut, namun dengan kontribusi metodologis baru: kami tidak hanya mengukur "waktu pemulihan" secara umum, tetapi memetakan kurva pemulihan denyut nadi secara dinamis dan mengaitkannya dengan skema pemberian cairan yang terstruktur, memberikan gambaran yang lebih rinci tentang *bagaimana* pemulihan yang lebih cepat itu terjadi. (Hadjarati & Massa, 2023) meneliti efek isotonik pada pemulihan denyut nadi setelah aktivitas pencak silat dan menemukan hasil yang positif. Perbedaan mendasar dengan penelitian kami adalah konteks aktivitas dan protokol cairan. Kami menguji protokol pada aktivitas aerobik kontinu (lari) dengan pola pemberian cairan yang dipecah selama aktivitas, bukan konsumsi tunggal sebelum atau sesudah.

Hal ini menjawab celah (*gap*) mengenai pentingnya *timing* hidrasi selama aktivitas itu sendiri. (Rismawati et al., 2018) menyoroti bahwa pemahaman masyarakat tentang pola waktu pemberian isotonik yang optimal masih bersifat umum. Penelitian ini langsung menjawab celah pengetahuan tersebut dengan memberikan bukti empiris bahwa pola pemberian bertahap selama aktivitas (seperti yang dilakukan dalam event *fun run*) lebih efektif untuk pemulihan kardiovaskular daripada pola sederhana yang mungkin diterapkan secara intuitif. (Laksana, 2023) yang menemukan isotonik lebih efektif menurunkan denyut nadi pemulihan dibanding non-isotonik, penelitian kami melangkah lebih jauh dengan tidak hanya membandingkan jenis cairan, tetapi juga membandingkan dua strategi pemberian (bertahap vs sederhana) menggunakan kelompok kontrol air mineral.

Ini menegaskan bahwa keunggulan isotonik tetap terlihat bahkan ketika dibandingkan dengan strategi hidrasi aktif lainnya. Dengan kata lain, nilai kebaruan penelitian ini adalah pengkajian terintegrasi antara jenis cairan (isotonik) dan strategi pemberiannya (protokol bertahap) dalam satu desain eksperimen, serta penerapannya pada populasi mahasiswa sebagai representasi pelari rekreasi yang aktif namun bukan atlet terlatih. Di sisi lain, hasil penelitian untuk variabel kapasitas aerobik ( $VO_{2max}$ ) menunjukkan temuan yang lebih kompleks. Meskipun Kelompok Isotonik menunjukkan peningkatan kecil yang signifikan secara statistik dalam kelompoknya sendiri (0.8 ml/kg/min), tidak terdapat perbedaan efektivitas yang signifikan jika dibandingkan dengan *gain score* kelompok air mineral (0.3 ml/kg/min,  $p=0.081$ ).

Temuan ini dapat dijelaskan melalui beberapa perspektif  $VO_{2max}$  merupakan parameter fisiologis yang lebih stabil dan kurang responsif terhadap intervensi akut atau jangka pendek seperti pemberian cairan dalam satu sesi latihan. Peningkatan  $VO_{2max}$  yang sesungguhnya memerlukan adaptasi kronis dari sistem kardiovaskular, pernapasan, dan muskular melalui latihan yang berkelanjutan selama beberapa minggu (Bassett & Howley, 2000). Oleh karena itu, peningkatan kecil yang teramati lebih mungkin mencerminkan variasi dalam motivasi, kondisi hari itu, atau efek psikologis/placebo dari minuman yang dikonsumsi, daripada peningkatan kapasitas aerobik *sejati*.

Hasil ini sejalan dengan penelitian (Aslam et al., 2024) yang menyimpulkan bahwa respons  $vo_2max$  tidak terlalu sensitif terhadap intervensi elektrolit jangka pendek. Mereka berargumen bahwa pada aktivitas dengan durasi kurang dari 60 menit, cadangan energi dan kapasitas sistem tubuh umumnya masih memadai, sehingga perbedaan jenis cairan tidak langsung tercermin dalam perubahan  $vo_2max$  yang drastis. Penelitian kami memperkuat argumen ini dalam konteks latihan lari 30 menit. Perbedaan yang tidak signifikan ini justru menggarisbawahi pesan praktis yang penting Untuk tujuan pemulihan kardiovaskular jangka pendek (pemulihan denyut nadi) setelah latihan intensitas sedang, pemilihan strategi hidrasi (isotonik bertahap) terbukti penting.

Namun, untuk peningkatan kapasitas kebugaran aerobik ( $vo_2max$ ), faktor latihan terstruktur yang konsisten tetap menjadi kunci utama, di mana hidrasi berperan sebagai pendukung, bukan driver utama. Secara keseluruhan, penelitian ini berhasil mengidentifikasi dan membuktikan keunggulan strategi hidrasi isotonik bertahap untuk pemulihan kardiovaskular akut, sekaligus memberikan kerangka metodologis dan implikasi praktis yang dapat diterapkan oleh populasi mahasiswa dan komunitas pelari rekreasi.

## Simpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, penelitian ini menyimpulkan beberapa hal utama Hasil penelitian secara konsisten menunjukkan bahwa pemberian minuman isotonik secara bertahap pada 5 waktu yang berbeda (30 menit sebelum, saat mulai, 10 menit selama, 20 menit selama, dan 30 menit setelah aktivitas) secara signifikan lebih efektif dibandingkan pemberian air mineral dalam mendukung pemulihan kardiovaskular akut setelah aktivitas lari 30 menit. Keunggulan ini terbukti melalui Penurunan denyut nadi istirahat yang lebih besar: *Gain score* penurunan denyut nadi pada kelompok isotonik (-6.9-3.5 bpm) secara signifikan lebih baik daripada kelompok air mineral (-4.3 3.1 bpm) dengan  $p=0.006$ .

Pola pemulihan yang lebih cepat analisis *heart rate recovery* menunjukkan kurva penurunan denyut nadi yang lebih curam (terutama pada menit 5-10 pemulihan) pada kelompok isotonik, mengindikasikan laju pemulihan sistem kardiovaskular yang lebih efisien. Berbeda dengan efek pada pemulihan kardiovaskular, penelitian ini tidak menemukan bukti yang cukup bahwa protokol pemberian isotonik bertahap lebih unggul daripada air mineral dalam meningkatkan kapasitas aerobik ( $vo_2max$ ) secara langsung setelah satu sesi latihan. Meskipun kelompok isotonik menunjukkan peningkatan kecil yang signifikan secara internal (0.8 ml/kg/min), perbedaannya dengan kelompok air mineral (0.3 ml/kg/min) tidak signifikan secara statistik ( $p=0.081$ ).

Temuan ini menguatkan pemahaman bahwa  $vo_2max$  merupakan parameter yang memerlukan adaptasi kronis melalui latihan berkelanjutan, dan tidak mudah berubah hanya melalui intervensi hidrasi akut. Penelitian ini memberikan kontribusi kebaruan metodologis dengan Menguji dan memvalidasi protokol hidrasi bertahap 5 waktu yang spesifik untuk aktivitas lari 30 menit, yang selama ini lebih sering berdasarkan kebiasaan daripada panduan ilmiah. Memperjelas bahwa strategi pemberian (*timing*) cairan sama pentingnya dengan jenis cairan itu sendiri dalam konteks pemulihan kardiovaskular pasca-latihan.

Memberikan bukti empiris pada populasi mahasiswa non-atlet sebagai representasi pelari rekreasi yang aktif, mengisi celah penelitian yang sebelumnya banyak berfokus pada atlet terlatih.

Secara keseluruhan, penelitian ini berhasil membuktikan bahwa strategi hidrasi yang cerdas yang mempertimbangkan tidak hanya apa yang diminum tetapi juga kapan dan bagaimana meminumnya dapat menjadi intervensi praktis yang efektif untuk mengoptimalkan pemulihan kardiovaskular pasca-aktivitas fisik pada populasi mahasiswa. Temuan ini memperkaya khasanah ilmu fisiologi olahraga terapan dan memberikan panduan konkret bagi peningkatan kualitas pemulihan dalam aktivitas kebugaran sehari-hari.

## Pernyataan Penulis

Penulis menyatakan bahwa artikel penelitian ini merupakan karya asli penulis dan belum pernah dipublikasikan di jurnal manapun dan penulis bertanggung jawab penuh atas keaslian naskahnya. Semua isi dari naskah penelitian ini penulis berkontribusi pada penyelesaian naskah ini.

## Daftar Pustaka

- Aslam, M., Khan, S., & Ali, R. (2024). Efficacy of Carbohydrate-Electrolyte Solutions on Post-Exercise Recovery: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 21(1), Article 35.
- Adhimah, A. F., Harun, I., & Winiastri, D. (2020). Efektivitas Pemberian Minuman Isotonik dan Jeruk Manis Pacitan Peras (Citrus Sinensis) terhadap Vo2Max Atlet Sepak Bola. *Nutri-Sains: Jurnal Gizi, Pangan dan Aplikasinya*, 4(2), 93–104. <https://doi.org/10.21580/ns.2020.4.2.4230>
- Agustine, C. D. (2022). Perubahan Aktivitas Fisik Mahasiswa di Indonesia Sebelum dan Saat Pandemi Covid-19. *Jurnal Ilmu Keolahragaan*, 15(2), 103-114.
- Aliriad, H. (2022). Dampak Olahraga Rekreasi Di Akhir Pekan Terhadap Mahasiswa Universitas Nahdlatul Ulama Sunan Giri Bojonegoro. *JEC (Journal of Education and Counseling)*, 3(1), 30-39. <https://journal.unugiri.ac.id/index.php/JEC/article/view/320>
- Aliriad, H., Hudah, M., Apriyanto, R., & Da'i, M. (2024). Pengaruh Circuit Training dan Kadar Oksigen dalam Minuman Terhadap Nilai VO2MAX. *Jendela Olahraga*, 9(1), 159-167.
- Amar, A. J., Guntoro, T. S., Wanena, T., Wandik, Y., & Putra, M. F. P. (2023). Sport recovery penunjang prestasi yang sering dilupakan. *Multilateral: Jurnal Pendidikan Jasmani dan Olahraga*, 22(4), 19-25. <https://ppjp.ulm.ac.id/journal/index.php/multilateralpjk/article/view/16469>
- Arti, W., Widanti, H. N., & Anjasmara, B. (2021). Efektivitas Latihan Interval Intensitas Sedang Terhadap Perubahan Basal Metabolic Rate pada Perempuan Obesitas. *Physiotherapy Health Science (PhysioHS)*, 3(1), 34-39. <https://ejournal.umm.ac.id/index.php/physiohs/article/view/17160>
- Astuti, S. I. (2025). Struktur, Fungsi, dan Regulasi Sistem Saraf Otonom pada Tubuh Manusia. *Health & Medical Sciences Journal*, 2(3), 1-13 <https://doi.org/10.47134/phms.v2i3.401>

- Azhar, H. F., Aknuranda, I., & Pinandito, A. (2025). Analisis Pengalaman Pengguna Aplikasi “Strava: Run, Bike, Ride” Terhadap Pendorong Perilaku Berolahraga Dalam Upaya Penerapan Gaya Hidup Sehat. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 9(7), 1-12. <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/15083>
- Amrizal, A. (2025). Optimalisasi Kesehatan Masyarakat melalui Pembinaan Dasar Olahraga Pendidikan Jasmani Berkelanjutan bagi Masyarakat. *Jurnal Kabar Masyarakat*, 3(1), 273-284. <https://jurnal.itbsemarang.ac.id/index.php/JKB/article/view/3140>
- Baker, L. B., Munce, T. A., & Kenefick, R. W. (2023). Physiological Determinants of Post-Exercise Hemodynamic Recovery: A Review. *European Journal of Applied Physiology*, 123(6), 1205-1224.
- Bassett, D. R., & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(1), 70–84. <https://doi.org/10.1097/00005768-200001000-00012>
- Chen, L., & Lee, H. (2024). The role of electrolyte balance in post-exercise cardiovascular recovery: A systematic review. *Journal of Sports Science and Medicine*, 23(2), 245-259.
- Dmitrieva, N. I., Boehm, M., Yancey, P. H., & Enhörning, S. (2024). Long-term health outcomes associated with hydration status. *Nature Reviews Nephrology*, 20(5), 275-294. <https://www.nature.com/articles/s41581-024-00817-1>
- Davis, J. M., Burgess, W. A., Slentz, C. A., & Bartoli, W. P. (2001). Effects of ingesting 6% and 12% glucose/electrolyte beverages during prolonged intermittent cycling in the heat. *European Journal of Applied Physiology*, 85(1-2), 177–183. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00418463>
- Edward, E., Suryadi, I., & Kurniawan, D. (2022). Efektivitas pemberian minuman isotonik terhadap waktu pemulihan denyut nadi setelah Cooper Test pada mahasiswa Fakultas Kedokteran. *Jurnal Ilmu Keolahragaan dan Kesehatan*, 10(2), 150-159.
- Fahmi, N. F., Anggraini, D. A., & Sihah, S. (2025). Perbandingan Pemberian Minuman Isotonik Pocari Sweat dan Isoplus Terhadap Kadar Glukosa Darah pada Atlet Futsal. *Jurnal Ilmu Kesehatan Bhakti Husada: Health Sciences Journal*, 16(1), 112–118. <https://doi.org/10.34305/jikbh.v16i01.1472>
- Garcia, R., Silva, M., & Tanaka, K. (2025). Effects of a timed isotonic beverage protocol on heart rate variability after moderate-intensity running. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 35(1), 15-23.
- Hadjarati, H., & Massa, R. S. (2023). The effect of isotonic drink on heart rates recovery after pencak silat activity: a study on female students in an islamic boarding school. *Jurnal Keolahragaan*, 11(1), 58-65. <https://scholarhub.uny.ac.id/jolahraga/vol11/iss1/7/>
- Hidayatulloh, K., & Gandasari, M. F. (2023). Dampak Kehilangan Cairan Terhadap Aktivitas lari 5 Putaran Sebelum dan Sesudah Dehidrasi. *Journal of SPORT (Sport, Physical Education, Organization, Recreation, and Training)*, 7(3), 661-672. <https://jurnal.unsil.ac.id/index.php/sport/article/view/8828>
- Juhanis, Fatoni, Iskandar, & Abriadi. (2025). Evaluasi Hubungan Antara Komponen Kebugaran Jasmani dan Risiko Cedera pada Mahasiswa Aktif Berolahraga. *Jurnal Sehat Rakyat*. 4(2), 250–263. <https://doi.org/10.54259/sehatrakyat.v4i2.4343>

- Kenefick, R.W. (2024). Drinking Strategies: Planned Drinking and the Impact on Exercise Performance and Physiology. Dalam *Textbook of Sports and Exercise Medicine* (Eds. Kenefick, R.W. & Cheuvront, S.N.). Springer, Cham.
- Kardi, I. S., Ibrahim, I., Ansar, C. S., Nopiyanto, Y. E., & Jalil, R. (2023). Perbedaan Respons Antara Aktivitas Aerobik dan Aktivitas Anaerobik Ditinjau dari Suhu Tubuh, Denyut Nadi, dan Frekuensi Nafas. *Journal Power Of Sports*, 6(2), 74-85.
- Khoiroh, U., & Anam, S. (2026). Analisis Teknik Sampling dalam Penelitian Kuantitatif dan Pengaruhnya Terhadap Kualitas Data. *Jurnal Pendidikan Sosial dan Humaniora*, 5(1), 1418-1424. <https://publisherqu.com/index.php/pediaqu/article/view/3914>
- Listiandi, A. D., Syafei, M., Nanang, M., Kusuma, H., & Yoga, G. (2025). Structured Training Program Assistance to Improve Cardiovascular Endurance ( VO2Max ) for Recreational Runners. *Jurnal Gandrung* 6(1), 2251–2261. <https://ejournal.unibabwi.ac.id/index.php/gandrung/article/view/4384>
- Laksana, A. (2023). Efektivitas Protokol Pemberian Minuman Isotonik Berinterval terhadap Pemulihan Fisiologis Pasca Latihan Aerobik Intensitas Sedang. *Jurnal Ilmu Faal Olahraga dan Kinerja*, 5(2), 88-102.
- Mardian, F., Marijo, & Indraswari, D. A. (2016). *Perbandingan Efektivitas Pemberian Minuman Isotonik dan Jus Pisang Terhadap Daya Tahan Otot Selama Aktivitas Lari 30 Menit*. 5(4), 772–778.
- Mayorga-Vega, D., Aguilar-Soto, P., & Viciano, J. (2015). Criterion-related validity of the 20-m shuttle run test for estimating cardiorespiratory fitness: a meta-analysis. *Journal of sports science & medicine*, 14(3), 536. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4541117/>
- Medica, P., Husada, F., Ustiawaty, J., Andriani, H., Sukmana, D. J., & Mada, U. G. (2020). *Buku Metode Penelitian Kualitatif & Kuantitatif* (Issue March).
- Mulyawan, R. (2020). Pengaruh Recovery Aktif dan Pasif Terhadap Daya Tahan Otot. In *Medikora Journal*. 19(1). Pp. 53–60). <https://doi.org/10.21831/medikora.v19i1.30886>
- Moreno, I. L., Pastre, C. M., Ferreira, C., de Abreu, L. C., Valenti, V. E., & Vanderlei, L. C. M. (2013). Correlation between the sodium content and the retention of fluids ingested after exercise-induced dehydration. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 23(3), 279–286. <https://link.springer.com/article/10.1186/1755-7682-6-35>
- Moreno, I. L., Pastre, C. M., Ferreira, C., de Abreu, L. C., Valenti, V. E., & Vanderlei, L. C. M. (2013). Effects of an isotonic beverage on autonomic regulation during and after exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 10, 1–10. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-10-2>
- Montain, S.J., Cheuvront, S.N., & Carter, R. (2021). Human Water and Electrolyte Balance. *Present Knowledge in Nutrition* (11th ed., pp. 495-510). Academic Press.
- Müller, J. (2025). *Advanced topics in exercise physiology and hydration*. Springer Nature.
- Nurhikmawati, N., Wisudawan, W., Ikram, D., & Rachman, I. (2022). Minuman Berisotonik Berpengaruh Terhadap Sistem Kardiovaskuler Pada Aktivitas Fisik Anggota Medical Sport. *Wal'afiat Hospital Journal*, 2(2), 156–167. <https://doi.org/10.33096/whj.v2i2.84>
- Ni'ami, A. F., Huda, A. S. H., Asyari, M., Avivi, I. M. A., Al Anshary, M. A. S. P., Putra, W. N. W. S., & Putri, W. S. K. (2026). Pengaruh Kafein Kopi terhadap Respons Denyut

- Nadi dan Ketahanan Aerobik pada Aktivitas Lari 30 Menit. *Jurnal Aktivitas Fisik (JPA)*, 5 (1), 10-16 <https://doi.org/10.58343/n51wf323>
- Park, S., & Ibrahim, A. (2023). Programmed rehydration strategies: Comparing electrolyte drinks versus water on hemodynamic recovery. *European Journal of Applied Physiology*, 123(7), 1501-1512.
- Riu, IA (2025). FOMO dalam Komunitas Lari: Studi Fenomenologi tentang Motivasi Peserta Event Lari Virtual di Era Pasca-Pandemi. *Jurnal Ilmu Manajemen, Bisnis Dan Ekonomi (JIMBE)*, 2 (6), 531-538  
<https://malaqbipublisher.com/index.php/JIMBE/article/view/454>
- Rohmansyah, N. A., Rahmadhani, W., Setiyawan, S., & Hiruntrakul, A. (2020). Respon kapasitas daya tahan dan aldosterone: Efek minuman isotonik. *Jurnal Keolahragaan* 8(2). 1-12. <https://doi.org/10.21831/jk.v8i2.32542>
- Rismawati, N. P., Sari, D. K., & Wahyuni, A. (2018). Tingkat Pengetahuan Masyarakat tentang Waktu Pemberian dan Manfaat Minuman Isotonik. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Indonesia*, 13(1), 45-52.
- Ristiawan, B., & Sumarno, S. (2023). Intervensi Hidrasi Selama Latihan Fisik Terhadap Kadar Elektrolit dalam Tubuh pada Pemain Futsal. *Jurnal Sepakbola*, 3(1), 14–23. <https://doi.org/10.33292/sepakbola.v3i1.251>
- Sawka, M. N., Chevront, S. N., & Kenefick, R. W. (2015). Hypohydration and human performance: impact of environment and physiological mechanisms. *Sports Medicine*, 45(Suppl 1), 51-60. <https://link.springer.com/article/10.1007/s40279-015-0395-7>
- Saptono, R. A., & Pratama, D. S. (2021). Pengaruh Konsumsi Minuman Isotonik terhadap Pemulihan Daya Tahan Tubuh Setelah Lari 30 Menit. *Jurnal Olahraga Kesehatan*, 9(2): 115–202.
- Setia, W., Putri, K., & Aliriad, H. (2023). *Impact Of Oxygen Levels In Beverages On The Acceleration Of Pulse Rate Reduction After Physical Activity*. 5(October), 1–11.
- Wong, D., Patel, R., & Kim, S. (2024). A meta-analysis of sodium-assisted rehydration for athletic recovery. *Sports Medicine - Open*, 10(1), 45.
- Wulandari. (2023). Pola Konsumsi, Aktivitas Fisik, dan Kualitas Tidur Terhadap Kebugaran Jasmani pada Atlet Sepak Bola di Kota Palu. *Jurnal Kesehatan Olahraga*, 11(1), 10-20.