

Potensi Suplementasi Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera*) dalam Meningkatkan Kapasitas Antioksidan Sistemik pada Atlet Dayung

Potential of Moringa oleifera Leaf Extract Supplementation to Enhance Systemic Antioxidant Capacity in Rowing Athletes

Widya Anjarwati¹, Afianti Sulastr^{2*}, Lisna Anisa Fitriana³

¹Program Studi Keperawatan, Fakultas Pendidikan Olahraga dan Kesehatan, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

*Korespondensi: afiantisulastr@upi.edu

Abstract

Endurance athletes such as rowers are at high risk of experiencing oxidative stress due to increased production of free radicals during intensive training. Moringa oleifera contains bioactive compounds such as flavonoids and vitamin C that act as natural antioxidants and may enhance the body's antioxidant capacity. This study aimed to evaluate the potential of Moringa oleifera supplementation on total antioxidant status (TAS) in rowing athletes. A pretest posttest control group design was used, involving 12 rowers divided into two groups: the treatment group received Moringa oleifera capsules for 30 days (n = 8), while the placebo group received no active supplement (n = 4). Supplementation was administered twice daily (2 capsules per dose) before breakfast and dinner. After the intervention, venous blood was collected from the cubital vein, and serum was analyzed using spectrophotometry at 660 nm to determine TAS levels, expressed in mmol Trolox equivalent per liter. The TAS level in the Moringa oleifera group (0.7801 ± 0.2171 mmol/L) was higher than in the placebo group (0.6085 ± 0.3468 mmol/L). Although the difference was not statistically significant ($p = 0.312$), the effect size (Cohen's $d = 0.653$) indicated a moderate effect that is biologically relevant and supports the potential benefit of Moringa supplementation. Moringa oleifera supplementation shows potential in enhancing systemic antioxidant capacity in rowing athletes. Further studies with larger sample sizes, and additional oxidative stress biomarkers are needed to strengthen the evidence of its effectiveness.

Keywords: Antioxidants, Athletes, Moringa oleifera, Rowing

Pendahuluan

Latihan intensitas tinggi yang dijalani secara konsisten oleh atlet dayung berkontribusi terhadap peningkatan pembentukan reaktif (*Reactive Oxygen Species*). Dalam kondisi fisiologis normal, ROS terbentuk sebagai bagian dari proses metabolisme oksigen. Namun, pada situasi stres fisiologis akibat aktivitas fisik berat, produksinya dapat meningkat secara signifikan. Ketidakseimbangan antara pembentukan ROS dan kemampuan sistem antioksidan tubuh dalam menetralkannya akan memicu stres oksidatif. Kondisi ini berpotensi merusak komponen seluler seperti membran lipid, protein, dan materi genetik, yang pada akhirnya dapat mempengaruhi fungsi fisiologis, menurunkan performa, serta memperlambat proses pemulihan pasca latihan (1). Pada olahraga dengan intensitas

tinggi seperti dayung, manajemen stres oksidatif menjadi aspek penting mempertahankan performa atlet.

Tubuh memiliki mekanisme pertahanan antioksidan yang bekerja secara endogen melalui sistem enzimatik maupun non enzimatik. Komponen enzimatik meliputi superoksida dismutase, katalase, dan glutathione peroksidase, sedangkan komponen non enzimatik mencakup molekul seperti vitamin C, vitamin E, dan glutathione. Sistem ini berperan dalam menjaga keseimbangan redoks dengan menekan akumulasi radikal bebas. Akan tetapi pada kondisi latihan fisik yang ekstrem, kapasitas sistem tersebut dapat menjadi tidak memadai. Oleh sebab itu, dukungan antioksidan eksogen melalui asupan gizi atau suplementasi menjadi relevan untuk membantu mempertahankan stabilitas oksidatif serta mendukung proses

pemulihan jaringan (2). Selain itu, antioksidan eksogen juga dapat membantu mengurangi peradangan dan memperbaiki fungsi mitokondria yang penting untuk menjaga produksi energi pada sel otot.

Salah satu tanaman yang dikenal kaya akan kandungan antioksidan alami adalah kelor (*Moringa oleifera*). Tanaman ini mengandung berbagai senyawa bioaktif seperti flavonoid (quercetin, kaempferol), senyawa fenolik vitamin C, beta-karoten, serta asam askorbat yang berperan dalam menetralkan ROS. Penelitian sebelumnya baik *in vivo* maupun *in vitro* menunjukkan bahwa ekstrak daun kelor memiliki aktivitas antioksidan yang kuat dan mampu meningkatkan parameter biokimia yang berkaitan dengan kapasitas antioksidan tubuh (3,4). Selain itu dukungan potensi *Moringa oleifera* pada model hewan dengan aktivitas fisik ketahanan juga menemukan hasil bahwa pemberian ekstrak daun kelor yang dikombinasikan dengan latihan ketahanan (*endurance exercise*) mampu meningkatkan ekspresi protein subunit *Oxidative Phosphorylation* (OXPHOS) pada otot rangka, sehingga dapat merangsang biogenesis pada mitokondria (5). Meskipun demikian, masih sedikit studi yang secara khusus mengevaluasi efek suplementasi daun kelor terhadap status antioksidan pada atlet terutama dengan pendekatan berbasis pengukuran kuantitatif seperti *Total Antioxidant Status* (TAS).

Total antioxidant status (TAS) merupakan parameter biokimia yang digunakan untuk mengukur kapasitas total serum dan menetralkan radikal bebas. Pengukuran TAS memberikan gambaran menyeluruh mengenai efektivitas sistem antioksidan tubuh baik dari komponen endogen maupun eksogen. Oleh karena itu TAS menjadi indikator yang relevan dalam menilai respon tubuh terhadap intervensi suplementasi antioksidan. Evaluasi TAS pada populasi atlet dapat memberikan informasi penting mengenai efektivitas suatu suplemen dalam meningkatkan perlindungan oksidatif di bawah kondisi stres fisiologis akibat latihan.

Penelitian ini bertujuan untuk melanjutkan serta mengkaji potensi suplementasi *Moringa oleifera* pada tingkat sistematis manusia, terkhususnya terhadap nilai TAS serum pada atlet dayung. Dengan

menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis analisis biokimia TAS studi ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah terhadap pengembangan strategi gizi berbasis bahan alam yang mendukung pemulihan dan performa atlet. Hipotesis utama yang diajukan adalah bahwa suplementasi *Moringa oleifera* dapat meningkatkan nilai TAS pada atlet setelah menjalani periode intervensi. Temuan dari studi ini diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah untuk pemanfaatan daun kelor sebagai alternatif suplemen antioksidan dalam konteks olahraga berintensitas tinggi.

Metode Penelitian

Alat

Analisis kapasitas antioksidan total (*Total Antioxidant Status*) dilakukan menggunakan mikropelat 96 sumur dan pembaca mikropelat (*micropelat reader*) dengan panjang gelombang 660 nm (Thermo Fisher Scientific, USA).

Bahan

Bahan uji berupa serum darah yang diperoleh dari atlet dayung yang mengikuti intervensi. Kit komersial untuk analisis TAS (Cat No. NBP3 – 25821) diperoleh dari Novus Biologicals, USA. Reagen yang digunakan terdiri dari Buffer Solution (Reagen 1) dan Chromogenic Agent (Reagen 2). Standar referensi yang digunakan adalah larutan Trolox dengan rentang konsentrasi 0-2 mmol/L. Semua bahan kimia lain yang digunakan adalah grade analitik.

Subjek Penelitian

Pada tahap awal skrining, terdapat 30 atlet dayung yang terdaftar pada PODSI KBB. Setelah melalui proses seleksi ketat berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi, diperoleh 16 subjek yang memenuhi syarat. Subjek tersebut kemudian dibagi ke dalam dua kelompok intervensi (kapsul ekstrak kelor) dan kelompok kontrol (*placebo*) secara acak menggunakan desain *Randomized Controlled Trial* (RCT).

Prosedur penelitian meliputi pengambilan sampel darah awal (*pre-test*), pemberian intervensi (pengonsumsi kapsul) selama 30 hari, serta pengambilan sampel darah akhir (*post-test*). Pada pemeriksaan laboratorium, ditemukan adanya hemolisis pada beberapa sampel

darah dari kelompok *placebo* sehingga sampel tersebut di eksklusikan dari analisis data. Dengan demikian, jumlah akhir subjek yang dianalisis berjumlah 12 subjek, yang terdiri dari 8 subjek pada kelompok ekstrak kelor dan 4 subjek pada kelompok *placebo*.

Kriteria Subjek dan Sampel Penelitian

Kriteria inklusi pada penelitian ini mencakup atlet yang terdaftar aktif dalam tim pelatihan selama periode penelitian, berada dalam kondisi sehat secara klinis tanpa riwayat cedera, penyakit kardiovaskular, gangguan sistem pernafasan, maupun penyakit darah kronis (seperti thalassemia atau anemia aplastik), bersedia mengikuti seluruh rangkaian intervensi dan menandatangani *informed consent*, serta memiliki sampel darah dengan kondisi yang utuh atau tidak mengalami hemolisis.

Sementara itu, kriteria eksklusi meliputi atlet yang sedang mengonsumsi suplemen lain atau obat-obatan yang mempengaruhi variabel penelitian, memiliki riwayat alergi bahan herbal (khususnya daun kelor), mengalami cedera atau gangguan kesehatan di tengah periode penelitian, atlet yang mengundurkan diri atau tidak menyelesaikan prosedur hingga akhir (*drop out*), serta memiliki sampel darah dengan kondisi yang tidak utuh atau mengalami hemolisis.

Dosis dan Aturan Pengkonsumsian

Suplementasi diberikan selama 30 hari dengan total dosis 2.000 mg per hari yang dikonsumsi sebanyak dua kali sehari dengan masing-masing 2 kapsul (sediaan 500 mg per kapsul) sebelum makan pagi dan makan malam.

Gambar 1. Suplementasi Ekstrak Kelor



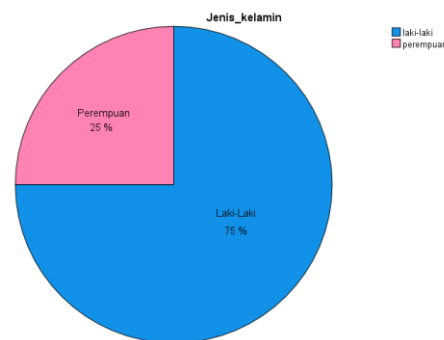
Prosedur Pengambilan Sampel Darah

Pengukuran hasil intervensi dilakukan melalui uji laboratorium dengan menggunakan sampel darah yang diambil dengan teknik venipunktur. Prosedur ini melibatkan pengambilan darah sebanyak 3-5 ml pada vena median cubital pada area fossa antecubiti (lipatan siku) dengan tahapan

aseptik menggunakan alkohol 70% serta pemasangan tourniquet sebelum sampel dikumpulkan dan area penusukan ditutup plester.

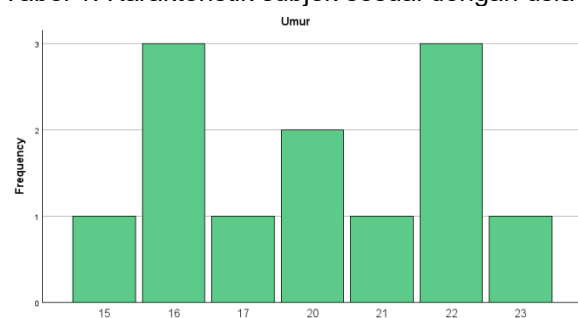
Karakteristik Subjek

Penelitian ini dilaksanakan di Mess Atlet Dayung, Situ Ciburuy Padalarang Kabupaten Bandung Barat dalam naungan manajemen PODSI KBB (Persatuan Olahraga Dayung Seluruh Indonesia). Gambar 2. Karakteristik subjek sesuai dengan jenis kelamin



Berdasarkan hasil analisis deskriptif terhadap 12 atlet yang menjadi subjek penelitian, karakteristik subjek berdasarkan jenis kelamin di dominasi oleh atlet berjenis kelamin laki-laki yaitu sebanyak 9 orang (75%), sedangkan atlet berjenis kelamin perempuan sebanyak 3 orang (25%).

Tabel 1. Karakteristik subjek sesuai dengan usia



Sementara itu, karakteristik berdasarkan usia menunjukkan bahwa subjek penelitian berada pada rentang usia 15 hingga 23 tahun. Kelompok usia terbanyak ditempati oleh atlet berusia 16 tahun dan 22 tahun, masing-masing sebanyak 3 orang (25%) diikuti oleh atlet berusia 20 tahun sebanyak 2 (16,67%) serta atlet berusia 15, 17, 21, dan 23 tahun masing-masing sebanyak 1 orang (8,33%).

Prosedur Penelitian

Desain penelitian yang digunakan adalah *Pretest-Posttest Control Group Design*. Sampel serum yang telah disentrifugasi disimpan pada suhu -20°C hingga saat analisis. Sebelum digunakan, serum dicairkan dan disesuaikan suhunya ke suhu ruang. Sebanyak 10 μL sampel serum atau larutan standar Trolox dimasukkan ke dalam masing-masing sumur mikropelat. Ditambahkan 200 μL Buffer Solution (Reagen 1), lalu diukur absorbansi awal (A1) pada 660 nm.

Selanjutnya, 20 μL Chromogenic Agent (Reagen 2) ditambahkan dan pelat di inkubasi pada suhu 37°C selama 5 menit dalam kondisi gelap. Setelah inkubasi, absorbansi akhir (A2) diukur pada panjang gelombang yang sama. Nilai perubahan absorbansi ($\Delta A = A2 - A1$) dihitung untuk semua sampel dan standar. Konsentrasi TAS dihitung berdasarkan persamaan regresi linear dari kurva standar Trolox dan dinyatakan dalam mmol ekuivalen Trolox per liter (mmol Trolox Eq./L).

Persetujuan Etik

Penelitian ini telah memperoleh persetujuan etik dari Universitas Jenderal Achmad Yani, nomor 057/KEPK/FITKes-Unjani/VIII/2025.

Validasi Data dan Analisis Data

Validasi data diawali dengan uji normalitas *Shapiro-Wilk*. Hasil pengujian pada data *pre-test* menunjukkan bahwa kelompok ekstrak kelor terdeteksi tidak terdistribusi normal ($p = 0,028$) sedangkan pada kelompok *placebo* terdistribusi normal ($p = 0,712$). Berdasarkan data uji normalitas pada salah satu kelompok tersebut, pengujian kesetaraan titik awal (*baseline*) dialihkan menggunakan uji non parametrik *Mann-Whitney U*. Hasil analisis *pre-test* menghasilkan nilai $p = 0,396$ ($p > 0,05$) dengan nilai *Matched Pairs R* sebesar 0,245. Hasil ini memvalidasi bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan pada rerata *pre-test* antara kelompok ekstrak kelor ($0,5716 \pm 0,2140$) dengan kelompok *placebo* ($0,3708 \pm 0,2674$), sehingga kondisi awal kedua kelompok tervalidasi homogen dan setara sebelum intervensi diberikan.

Pada Analisis *post-test* perbedaan rerata kadar Total Antioxidant Status (TAS) diuji menggunakan *Independent Sample T-*

Test. Hasil pengujian *post-test* antara kelompok ekstrak kelor ($0,7801 \pm 0,2171$) dengan kelompok *placebo* ($0,6085 \pm 0,3468$) menunjukkan nilai $p = 0,312$ ($p > 0,05$) yang mengindikasikan tidak adanya perbedaan yang signifikan secara statistik. Meskipun demikian validasi dampak intervensi melalui perhitungan besaran efek menghasilkan nilai Cohens'd sebesar 0,653. Nilai ini memvalidasi bahwa pemberian suplementasi ekstrak kelor tetap memberikan besaran efek dalam kategori sedang terhadap peningkatan kapasitas antioksidan sistemik sampel. Seluruh analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak statistik SPSS versi terbaru.

Hasil

Analisis Kadar TAS Sebelum dan Sesudah Intervensi

Hasil pengukuran dan analisis statistik kadar *Total Antioxidant Status* (TAS) serum pada kelompok *Moringa oleifera* dan kelompok *placebo* disajikan secara rinci pada tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan nilai TAS serum pre-test dan post-test antar kelompok

Kelompok	n	Pretest	P-value	Posttest	P-value	Selisih	Effect Size
Ekstrak Kelor	8	$0,5716 \pm 0,2140$	0,396	$0,7801 \pm 0,2171$	0,312	$+ 0,2085$	0,653
Placebo	4	$0,3708 \pm 0,2674$		$0,6085 \pm 0,3468$		$+ 0,2377$	

Analisis Baseline dan Kadar TAS Awal (Pre-Test)

Pengujian normalitas data *pre-test* menggunakan *Shapiro-Wilk* menunjukkan bahwa data kelompok ekstrak kelor tidak terdistribusi normal ($p = 0,028$), sedangkan kelompok *placebo* terdistribusi normal ($p = 0,712$). Berdasarkan hal tersebut, uji beda *baseline* dilakukan menggunakan uji non-parametrik *Mann-Whitney U*. Hasil uji menunjukkan tidak terdapat perbedaan signifikan pada rerata kadar TAS *pre-test* antara kelompok ekstrak kelor ($0,5716 \pm 0,2140$ mmol/L) dan kelompok *placebo* ($0,3708 \pm 0,2674$ mmol/L) dengan nilai $p = 0,396$ ($p > 0,05$) dan *Matched Pairs* 0,245. Hasil ini mengkonfirmasi bahwa kondisi *baseline* kedua kelompok homogen dan setara sebelum diberikan intervensi.

Analisis Kadar TAS Akhir (Post-Test)

Setelah diberikan intervensi selama 30 hari, rerata kadar TAS pada *post-test* kelompok ekstrak kelor adalah $0,7801 \pm 0,2171$ mmol/L, sedangkan pada kelompok *placebo* sebesar $0,6085 \pm 0,3468$ mmol/L. Hasil analisis pada uji *Independent Sample T-Test* menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan secara statistik antara kedua kelompok ($p = 0,312 : p > 0,05$). Meskipun demikian analisis besaran efek (*effect size*) menggunakan *Cohens'd* menghasilkan nilai sebesar 0,653 yang termasuk dalam kategori efek sedang (*moderate effect size*).

Analisis Selisih Kadar TAS

Hasil perhitungan selisih antar kelompok Moringa oleifera dan kelompok *placebo* disajikan secara rinci pada tabel 3. Tabel 3. Perbandingan selisih antar kelompok

Kelompok	n	Selisih
Ekstrak Kelor	8	+ 0,2085
Placebo	4	+ 0,2377

Untuk mengukur perubahan murni dari titik awal, dilakukan nya analisis selisih nilai dengan hasil perhitungan menunjukkan bahwa kelompok ekstrak kelor mengalami peningkatan rerata kadar TAS sebesar 0,2085 mmol/L, sedangkan pada kelompok *placebo* mengalami peningkatan sebesar 0,2377 mmol/L. Meskipun uji beda statistik tidak menunjukkan signifikansi ($p > 0,05$), pengujian uji *Cohens'd* menghasilkan nilai besaran efek sebesar 0,653 yang tergolong dalam kategori sedang.

Pembahasan

Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa sebelum intervensi diberikan, kadar TAS awal pada kedua kelompok terbukti setara dan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p = 0,396$). Hal ini mengkonfirmasi bahwa kedua kelompok memulai penelitian dari kondisi yang sama, sehingga hasil akhir perubahan kadar TAS murni berasal dari efek pemberian intervensi.

Setelah periode intervensi selama 30 hari, kadar TAS serum pada kedua kelompok menunjukkan peningkatan, di mana kelompok ekstrak daun kelor mencapai $0,7801 \pm 0,2171$ mmol/L dengan selisih kenaikan +0,2085 mmol/L. Peningkatan nilai TAS pada kelompok ekstrak kelor memperkuat temuan Rey *et al* mengenai

peran Moringa oleifera dalam meningkatkan biogenesis mitokondria dan ekspresi subunit protein OXPHOS pada sel otot rangka. Perbaikan fungsi mitokondria di tingkat seluler tidak hanya mengoptimalkan pembentukan energi (ATP) tetapi juga menekan pembentukan *Reactive Oxygen Species* (ROS) akibat latihan fisik intensitas tinggi. Dengan demikian Moringa oleifera terbukti bekerja secara sinergis yang dimulai dari perbaikan bioenergetika sel otot hingga peningkatan perlindungan antioksidan sistemik pada sirkulasi darah atlet (5).

Sementara pada kelompok *placebo* nilai TAS mencapai $0,6085 \pm 0,3468$ mmol/L dengan selisih +0,2377 mmol/L. Kenaikan kadar antioksidan pada kelompok kontrol mengindikasikan adanya adaptasi fisiologis alami sistem pertahanan antioksidan endogen tubuh atlet dalam merespon beban latihan fisik harian yang terprogram.

Meskipun rerata *post-test* akhir kelompok ekstrak kelor lebih tinggi dibandingkan kelompok *placebo*, analisis *Independent Sample T-Test* menunjukkan bahwa perbedaan tersebut tidak signifikan secara statistik ($p = 0,312$). Tidak signifikannya nilai p ini secara teknis dipengaruhi oleh terbatasnya ukuran sampel penelitian ($n = 12$). Sebagaimana dijelaskan oleh Zrineh *et al* bahwa keterbatasan sampel dapat menurunkan daya statistik (*statistical power*) dan memperbesar peluang terjadinya *false negative* yaitu kondisi di mana uji statistik gagal mendeteksi perbedaan antar kelompok (6).

Meskipun demikian, hasil penelitian dalam ranah kesehatan dan gizi olahraga tidak hanya terbatas pada p - value statistik melainkan juga harus mempertimbangkan besaran efek biologis. Perhitungan (*Cohens' d* = 0,653) mengonfirmasi bahwa suplementasi ekstrak daun kelor terbukti memberikan besaran efek dalam kategori sedang terhadap peningkatan status antioksidan sistemik. Menurut Cherubini dan MacDonald, ukuran efek sedang dalam penelitian fungsi endotel dapat menunjukkan perubahan fisiologis yang relevan meskipun tidak signifikan secara statistik. Hal serupa juga dikonfirmasi oleh Davison *et al*. dalam studi mengenai stres oksidatif akibat latihan fisik (7,8).

Hasil ini konsisten dengan berbagai temuan eksperimental yang melaporkan

bahwa ekstrak daun kelor mampu meningkatkan parameter antioksidan pada model stres oksidatif. Studi pada hewan percobaan menunjukkan adanya perbaikan status redoks setelah pemberian *Moringa oleifera*, yang mengindikasikan aktivitas protektif terhadap kerusakan akibat radikal bebas (9,10). Hal ini memperkuat temuan bahwa senyawa bioaktif dalam daun kelor mampu meningkatkan status antioksidan sistemik.

Potensi peningkatan kapasitas antioksidan ini dapat dijelaskan melalui kandungan senyawa bioaktif dalam daun kelor, seperti flavonoid (quercetin dan kaempferol), vitamin C, beta-karoten, serta berbagai senyawa fenolik lainnya (11). Senyawa-senyawa tersebut berperan dalam menekan pembentukan radikal bebas sekaligus meningkatkan aktivitas sistem antioksidan endogen, termasuk enzim superoksida dismutase serta glutathion peroksidase. Selain itu, aktivasi jalur regulasi seluler seperti NRF2/HO-1 turut berkontribusi dalam memperkuat respon antioksidan pada tingkat molekuler (12).

Secara fisiologis, nilai TAS di atas 0,70 mmol/L sering dikaitkan dengan status keseimbangan redoks yang lebih baik pada individu sehat (13,14). Dalam studi ini, kelompok *Moringa oleifera* mencapai rerata TAS sebesar 0,7801 mmol/L yang berada dalam kisaran protektif tersebut.

Lebih lanjut, potensial *Moringa oleifera* sebagai suplemen olahraga juga telah dilaporkan dalam beberapa studi. Abouzeid *et al.* Menunjukkan bahwa suplementasi biji kelor dapat meningkatkan performa lari dan menurunkan kadar stres oksidatif pada pelari jarak jauh (15). Eze *et al.* Juga melaporkan bahwa *Moringa oleifera* dapat meningkatkan metabolisme oksidatif dan kapasitas mitokondria di otot rangka yang relevan dalam konteks pemulihan otot dan peningkatan daya tahan (16).

Namun demikian, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, ukuran sampel yang kecil dapat mempengaruhi kekuatan statistik uji yang digunakan. Kedua, parameter biokimia lain seperti MDA, SOD atau GPx tidak diukur, yang dapat memperkaya interpretasi terhadap status oksidatif tubuh.

Dengan demikian, hasil studi ini mendukung hipotesis bahwa *Moringa oleifera*

berpotensi meningkatkan kapasitas antioksidan tubuh pada atlet. Studi lanjutan dengan jumlah subjek lebih besar, dan pengukuran biomarker oksidatif tambahan sangat direkomendasikan untuk memperkuat bukti ilmiah terkait manfaat suplementasi *Moringa* dalam konteks olahraga berintensitas tinggi.

Kesimpulan

Secara keseluruhan, suplementasi *Moringa oleifera* menunjukkan adanya peningkatan kapasitas antioksidan sistemik pada atlet dayung yang diukur melalui parameter TAS dengan nilai sebesar $0,7801 \pm 0,2171$ mmol/L dan besaran efek kohend's yang diperoleh dengan nilai 0,653 yang mengindikasikan adanya respons biologis potensial. Temuan ini membuka peluang pemanfaatan *Moringa oleifera* sebagai suplemen berbasis bahan alam dalam mendukung adaptasi fisiologis terhadap latihan intensitas tinggi. Penelitian lanjutan dengan jumlah sampel lebih besar diperlukan untuk mengkonfirmasi hasil ini.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Komite Olahraga Nasional Indonesia (KONI) Kabupaten Bandung Barat atas dukungan dan kerja sama dalam pelaksanaan penelitian ini, khususnya dalam penyediaan subjek dan fasilitas yang diperlukan selama intervensi.

Daftar Pustaka

1. Ghimire S, Subedi L, Acharya N, Gaire BP. *Moringa oleifera*: A Tree of Life as a Promising Medicinal Plant for Neurodegenerative Diseases. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2021;69(48):14358–71. Located at: Scopus. doi:10.1021/acs.jafc.1c04581
2. Gopi S, Jacob J, Varma K, Amalraj A, Sreeraj TR, Kunnumakkara AB, et al. Natural sports supplement formulation for physical endurance: a randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Sport Sciences for Health*. 2017;13(1):183–94. Located at: Scopus. doi:10.1007/s11332-017-0352-y
3. Vergara-Jimenez M, Almatrafi MM, Fernandez ML. Bioactive components in *Moringa oleifera* leaves protect against chronic disease. *Antioxidants*. 2017;6(4).

- Located at: Scopus. doi:10.3390/antiox6040091
4. Taouda H, Mostafa S. Review reporting the use of *Moringa oleifera* (Lam) to manage of diabetes. *Multidisciplinary Reviews*. 2026;9(2). Located at: Scopus. doi:10.31893/multirev.2026102
5. Lesmana R. The Potential Of *Moringa Oleifera* On Mitochondrial Biogenesis Through Increases Total Oxphos Units Expression. Vol. 15. 2020;15.
6. Zrineh A, Al-Usta M, Alwawi A. Sampling Methods and Sample Size Determination in Clinical Research: An Educational Review. *J of Gen and Family Med*. 2026 Jan;27(1):e70096. doi:10.1002/jgf2.70096
7. Cherubini JM, MacDonald MJ. Statistical Inferences Using Effect Sizes in Human Endothelial Function Research. *Artery Research*. 2021;27(4):176–85. Located at: Scopus. doi:10.1007/s44200-021-00006-6
8. Davison GW, Ashton T, McEneny J, Young IS, Davies B, Bailey DM. Critical difference applied to exercise-induced oxidative stress: the dilemma of distinguishing biological from statistical change. *Journal of Physiology and Biochemistry*. 2012;68(3):377–84. Located at: Scopus. doi:10.1007/s13105-012-0149-z
9. Ahmed NF, Sadek KM, Soliman MK, Khalil RH, Khafaga AF, Ajarem JS, et al. *Moringa oleifera* leaf extract repairs the oxidative misbalance following sub-chronic exposure to sodium fluoride in nile tilapia *oreochromis niloticus*. *Animals*. 2020;10(4). Located at: Scopus. doi:10.3390/ani10040626
10. Dagsuyu E, Magaji UF, Sacan O, Yanardag R. *Moringa oleifera* Ethanolic Extract Prevents Oxidative Damage on Lens Caused by Sodium Valproate Used in Epilepsy Treatment. *European Journal of Biology*. 2023;82(2):289–95. Located at: Scopus. doi:10.26650/EurJBiol.2023.1328517
11. Sreelatha S, Padma PR. Antioxidant activity and total phenolic content of *Moringa oleifera* leaves in two stages of maturity. *Plant Foods for Human Nutrition*. 2009;64(4):303–11. Located at: Scopus. doi:10.1007/s11130-009-0141-0
12. Duranti G, Maldini M, Crognale D, Horner K, Dimauro I, Sabatini S, et al. *Moringa oleifera* leaf extract upregulates nrf2/ho-1 expression and ameliorates redox status in c2c12 skeletal muscle cells. *Molecules*. 2021;26(16). Located at: Scopus. doi:10.3390/molecules26165041
13. Prenesti E, Berto S, Gosmaro F, Bagnati M, Bellomo G. Dysmetabolisms can affect total antioxidant capacity (Tac) of human plasma: Determination of reference intervals of tac by way of cuprac-bcs method. *Antioxidants*. 2021;10(1):1–10. Located at: Scopus. doi:10.3390/antiox10010058
14. Silvestrini A, Meucci E, Ricerca BM, Mancini A. Total Antioxidant Capacity: Biochemical Aspects and Clinical Significance. *International Journal of Molecular Sciences*. 2023;24(13). Located at: Scopus. doi:10.3390/ijms241310978
15. Abouzeid N, Saad M, Ungurean BC, Larion A, Zajac A, Kobacy W, et al. The effects of moringa seed supplements on oxidative stress and 10 km running performance. *Journal of Human Sport and Exercise*. 2025;20(3):1012–9. Located at: Scopus. doi:10.55860/qy007e49
16. Eze SM, Mowa CN, Wanders D, Doyle JA, Wong B, Otis JS. *Moringa oleifera* improves skeletal muscle metabolism and running performance in mice. *South African Journal of Botany*. 2024;170:61–70. Located at: Scopus. doi:10.1016/j.sajb.2024.05.005