



Pengaruh *Cold Water Immersion* Terhadap Tingkat *Delayed Onset Muscle Soreness* (DOMS) Pasca-Latihan Sepak Bola pada Siswa SMA Negeri 3 Manado

Brigitha Dinda Koapaha*, Fransiska Lintong, Vennetia R. Danes, Jimmy F. Rumampuk, Maya E.W. Moningka

Universitas Sam Ratulangi, Indonesia

Email: brigthakoapaha011@student.unsrat.ac.id*, fransiskalintong@unsrat.ac.id, vdanes27@gmail.com, Jimmyrumampuk@unsrat.ac.id, mayamoningka@unsrat.ac.id

Abstrak

Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS) merupakan keluhan nyeri otot yang muncul 24–72 jam setelah aktivitas fisik intens, khususnya pada latihan sepak bola yang melibatkan kontraksi eksentrik dan beban fisik tinggi. Pada tingkat Sekolah Menengah Atas (SMA), banyak atlet muda menjalani latihan intens tanpa pengetahuan memadai mengenai pemulihan, sehingga rentan mengalami nyeri otot berkepanjangan. Kondisi ini menunjukkan perlunya metode pemulihan yang efektif, salah satunya Cold Water Immersion (CWI). Mengetahui pengaruh CWI terhadap tingkat DOMS pasca latihan sepak bola pada siswa SMA Negeri 3 Manado. Penelitian menggunakan desain quasi experimental dengan pendekatan pre-test and post-test with control group. Sebanyak 22 responden laki-laki usia 14–18 tahun dipilih melalui teknik total sampling dan dibagi menjadi dua kelompok: kelompok kontrol ($n=11$) dan kelompok intervensi dengan CWI ($n=11$). Tingkat nyeri diukur menggunakan Visual Analog Scale (VAS) dan McGill Pain Questionnaire (MPQ) pada tiga waktu pengukuran: pre-test, 24 jam pasca-latihan, dan 48 jam pasca-latihan. Data dianalisis secara deskriptif, diuji normalitas menggunakan uji Shapiro-Wilk, uji homogenitas menggunakan Mauchly's Test of Sphericity, serta dianalisis menggunakan Friedman Test sebagai uji non-parametrik. Dilakukan pemeriksaan tingkat DOMS menggunakan VAS dan MPQ sebagai instrumen penelitian, yang dilihat dari hasil analisis data Friedman Test dengan nilai signifikansi $< 0,001$ ($< 0,05$). Terdapat pengaruh yang signifikan dari intervensi CWI terhadap tingkat DOMS pasca latihan sepak bola pada siswa SMA Negeri 3 Manado.

Kata kunci: Cold Water Immersion, Delayed Onset Muscle Soreness, Visual Analog Scale, McGill Pain Questionnaire, Sepak Bola

Abstract

Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS) is muscle pain that occurs 24–72 hours after intense physical activity, particularly in soccer training involving eccentric contractions and high physical loads. At the high school level, many young athletes undergo intense training without adequate knowledge of recovery, making them prone to prolonged muscle pain. This condition highlights the need for effective recovery methods, one of which is Cold Water Immersion (CWI). To determine the effect of CWI on DOMS levels after soccer training in students at Manado State High School 3. The study used a quasi-experimental design with a pre-test and post-test approach with a control group. A total of 22 male respondents aged 14–18 years were selected using total sampling and divided into two groups: a control group ($n=11$) and an intervention group with CWI ($n=11$). Pain levels were measured using the Visual Analog Scale (VAS) and McGill Pain Questionnaire (MPQ) at three measurement times: pre-test, 24 hours post-exercise, and 48 hours post-exercise. The data were analyzed descriptively, tested for normality using the Shapiro-Wilk test, tested for homogeneity using Mauchly's Test of Sphericity, and analyzed using the Friedman Test as a non-parametric test. DOMS levels were examined using VAS and MPQ as research instruments, as seen from the results of the Friedman Test data analysis with a significance value of < 0.001 (< 0.05). There was a significant effect of CWI intervention on the level of DOMS after soccer training in students at SMA Negeri 3 Manado.

Pengaruh Cold Water Immersion Terhadap Tingkat Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS) Pasca-Latihan Sepak Bola pada Siswa SMA Negeri 3 Manado

Keywords: *Cold Water Immersion, Delayed Onset Muscle Soreness, Visual Analog Scale, McGill Pain Questionnaire, Soccer*

PENDAHULUAN

Olahraga merupakan salah satu aktivitas fisik yang penting dalam kehidupan sehari-hari, terutama bagi remaja yang sedang dalam masa pertumbuhan dan perkembangan (Triansyah & Haetami, 2020). Sepak bola, sebagai salah satu cabang olahraga yang paling populer di dunia, memiliki banyak penggemar di kalangan pelajar, termasuk di tingkat Sekolah Menengah Atas (SMA) (Buchheit & Laursen, 2013). Sepak bola merupakan olahraga beregu, dimainkan oleh dua regu yang masing-masing terdiri dari sebelas pemain dengan tujuan mencetak gol ke gawang lawan menggunakan kaki sebanyak-banyaknya dan mempertahankan gawang sendiri agar tidak kemasukan bola (Sucipto et al., 2010). Permainan ini membutuhkan keterampilan teknik, fisik, taktik dan mental untuk meraih kemenangan (Brukner & Khan, 2016).

Sepak bola tidak hanya meningkatkan kebugaran fisik, tetapi juga melibatkan aspek sosial dan mental yang penting bagi perkembangan individu (Alfaris et al., 2024; Fitrian, 2023). Sejarah sepak bola modern dimulai pada abad ke-19 di Inggris dengan pembentukan Football Association (FA) pada tahun 1863 yang menetapkan aturan resmi permainan. Namun, bentuk awal permainan menendang bola sudah ada sejak abad ke-2 dan ke-3 sebelum Masehi di China pada masa Dinasti Han, di mana olahraga itu dikenal sebagai *tsu chu* dan menggunakan bola kulit yang digiring ke dalam jaring kecil (Leeder et al., 2012).

Dalam konteks latihan, sepak bola seringkali melibatkan metode pelatihan yang dikenal sebagai *High-Intensity Interval Training* (HIIT). HIIT adalah pendekatan latihan yang melibatkan periode aktivitas fisik intensif yang diikuti oleh periode pemulihan yang intensitasnya lebih rendah. Penelitian menunjukkan bahwa HIIT dapat meningkatkan kapasitas aerobik, kekuatan otot, dan daya tahan. Beberapa contoh latihan HIIT yang umum dilakukan dalam sepak bola seperti (1) *Sprint Interval* dimana pemain melakukan sprint maksimal selama 20-30 detik, diikuti oleh jogging atau berjalan selama 1-2 menit untuk pemulihan, (2) *Dribbling* dengan kecepatan tinggi dimana pemain melakukan dribbling bola dengan kecepatan tinggi selama 30 detik, dan (3) Latihan Perubahan Arah dimana pemain berlari dengan kecepatan tinggi ke arah tertentu, kemudian melakukan perubahan arah secara cepat. Namun, latihan intensif yang dilakukan oleh pemain sepak bola sering kali menyebabkan terjadinya *Delayed Onset Muscle Soreness* (DOMS), yaitu nyeri otot yang muncul setelah aktivitas fisik yang berat. DOMS dapat mengganggu performa dan mempengaruhi proses pemulihan (Cieza et al., 2021).

DOMS biasanya muncul 24 hingga 72 jam setelah latihan dan ditandai dengan nyeri, kekakuan, dan penurunan kekuatan otot (Kusuma et al., 2020; Mahyuddin et al., 2025). DOMS disebabkan oleh mikroruptur pada serat otot, yang diikuti oleh proses inflamasi yang menyebabkan rasa sakit dan kekakuan. Mediator inflamasi yang dipicu oleh mikroruptur serat-serat otot seperti prostaglandin, histamin, interleukin-6 (IL-6), dan tumor necrosis factor-alpha (TNF- α), akan meningkatkan sensitivitas nosiseptor sehingga menimbulkan sensasi nyeri dan kaku otot.

Berdasarkan data dari *Facts sheets* WHO pada tahun 2022 dituliskan hasil analisis terbaru dari data Global Burden of Disease (GBD) 2019 yang menunjukkan bahwa sekitar 1,71 miliar

Pengaruh Cold Water Immersion Terhadap Tingkat Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS) Pasca-Latihan Sepak Bola pada Siswa SMA Negeri 3 Manado

orang di seluruh dunia hidup dengan kondisi muskuloskeletal. Prevalensi kematian akibat penyakit muskuloskeletal di dunia tidak sebesar penyakit infeksi atau penyakit kardiovaskular, tetapi tetap signifikan dalam konteks kecelakaan dan penyakit kerja. Menurut data International Labour Organization (ILO), sekitar 2,3 juta kematian setiap tahun di seluruh dunia terkait dengan kondisi muskuloskeletal (Organization, 2018).

Laporan Data Riskesdas RI Kemenkes 2018 menyebutkan bahwa prevalensi gangguan muskuloskeletal di Indonesia sekitar 7,9% kasus didiagnosis oleh tenaga kesehatan. Provinsi dengan insidensi terbesar misalnya Aceh (13,3%), Bengkulu (10,5%), dan Bali (8,5%) berdasarkan diagnosis resmi. Prevalensi gangguan muskuloskeletal di Sulawesi Utara berdasarkan data Riskesdas 2018 adalah sekitar 8,35%. Prevalensi tertinggi terdapat di beberapa daerah seperti Kabupaten Siau Tagulandang Biaro (14,46%), Bolaang Mongondow Selatan (11,13%), dan Kota Bitung (10,61%). Sebuah studi *cross-sectional* terhadap 627 atlet dari lima cabang olahraga menemukan bahwa 76% mengalami MSK-I (*musculoskeletal injuries*), dimana 55% diantaranya cedera sendi, 48% cedera otot, 30% tendinopati dan dengan 19% atlet memiliki kombinasi ketiganya. Risiko meningkat signifikan pada atlet usia ≥ 30 tahun, dengan *Odds Ratio* (OR) antara 4–5 kali lipat untuk masing-masing jenis cedera.

Metode pemulihan pasca-latihan sangat penting dalam menjaga performa dan mencegah cedera lebih lanjut. Salah satu metode yang banyak digunakan untuk mengurangi gejala DOMS adalah *Cold Water Immersion* (CWI) (Xiao et al., 2023). CWI adalah protokol pasca-latihan yang melibatkan merendam tubuh atau anggota tubuh tertentu dalam air dengan suhu $\leq 15^{\circ}\text{C}$ ($\leq 59^{\circ}\text{F}$), sesuai dengan protokol CWI standar selama sekitar 5–20 menit berdasarkan tujuan dan toleransi. CWI termasuk salah satu bentuk krioterapi yang dilakukan dengan tujuan memfasilitasi pemulihan pasca-latihan, mengurangi nyeri otot, dan meminimalkan pembengkakan setelah aktivitas fisik yang intens (Bleakley & Davison, 2010).

Secara fisiologis, CWI bekerja melalui beberapa mekanisme (Machado et al., 2016). Perendaman dalam air dingin menyebabkan vasokonstriksi pembuluh darah, yang mengurangi aliran darah ke otot yang mengalami trauma. Hal ini berfungsi untuk mengurangi pembengkakan dan mengurangi akumulasi zat-zat inflamasi di area yang terkena dengan penurunan *creatine kinase* (CK) dan *lactate*. Selain itu, suhu rendah juga memiliki efek analgesik karena penurunan suhu jaringan menghambat transmisi impuls nosiseptif pada serabut saraf A δ dan C, yang berperan dalam penghantaran sensasi nyeri (Brukner & Khan, 2016). Setelah keluar dari air dingin, terjadi vasodilatasi reaktif (*reactive hyperemia*) yang meningkatkan aliran darah kembali ke otot, membantu dalam pengangkutan limbah metabolismik dan meningkatkan pasokan oksigen serta nutrisi yang diperlukan untuk pemulihan.

Dalam skala internasional, penelitian mengenai DOMS dan metode pemulihan seperti CWI telah mendapatkan perhatian yang signifikan. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa CWI dapat mengurangi gejala DOMS dan mempercepat pemulihan otot setelah latihan intensif. Namun, meskipun banyak penelitian yang mendukung efektivitas CWI, masih terdapat perdebatan mengenai mekanisme yang mendasari efek tersebut dan seberapa besar pengaruhnya terhadap atlet di berbagai level kompetisi (Leeder et al., 2012).

Di tingkat nasional, Indonesia sebagai negara dengan populasi besar dan minat yang tinggi terhadap sepak bola, menghadapi tantangan dalam pengelolaan kesehatan dan kebugaran atlet muda. Banyak pemain sepak bola di Indonesia, terutama di tingkat SMA, tidak mendapatkan akses yang memadai terhadap fasilitas pemulihan yang efektif. Di Sulawesi

Pengaruh Cold Water Immersion Terhadap Tingkat Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS) Pasca-Latihan Sepak Bola pada Siswa SMA Negeri 3 Manado

Utara, khususnya kota Manado juga memiliki tantangan tersendiri. Dengan bertambahnya jumlah pemain sepak bola dalam program pelatihan di tingkat SMA, banyak atlet muda yang berlatih secara intensif tanpa pemahaman yang cukup mengenai pentingnya pemulihan, sehingga mengalami masalah kesehatan terkait dengan latihan yang berlebihan, termasuk nyeri otot yang berkepanjangan (Kesehatan, 2019). Meskipun banyak penelitian yang telah dilakukan mengenai efek CWI terhadap pemulihan otot, masih terdapat kekurangan dalam pemahaman mengenai pengaruhnya terhadap tingkat DOMS pada atlet sepak bola, khususnya pemain sepak bola di tingkat Sekolah Menengah Atas (SMA) (Goes et al., 2020).

Penelitian ini akan mengukur tingkat nyeri otot yang dialami pemain sepak bola setelah menjalani sesi latihan intensif, baik yang mendapatkan perlakuan CWI maupun yang tidak. Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian ini, dengan harapan bahwa kedepannya penelitian ini dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai pengaruh CWI terhadap tingkat DOMS pasca-latihan sepak bola pada siswa SMA Negeri 3 Manado, serta memberikan dasar yang kuat untuk penelitian yang akan dilakukan. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan metode pemulihan yang lebih efektif bagi pasca-latihan, serta menambah wawasan dalam bidang ilmu fisika kedokteran.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan desain studi *quasi experimental* dengan pendekatan *pre-test and post-test with control group*.

Populasi penelitian adalah siswa SMA Negeri 3 Manado pemain sepak bola tahun 2025 sebanyak 22 orang. Sampel penelitian sebanyak 22 orang yang kemudian dibagi menjadi 2 kelompok. Kelompok perlakuan yang akan melakukan CWI pasca-latihan sepak bola beranggotakan 11 sampel, sedangkan untuk kelompok kontrol beranggotakan 11 sampel dimana anggota-anggota kelompok ini tidak akan melakukan CWI pasca-latihan sepak bola. Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah *total sampling*, di mana seluruh anggota populasi digunakan sebagai sampel dalam penelitian.

Penelitian ini akan melibatkan siswa laki-laki dari SMA Negeri 3 Manado tahun 2025 yang berusia antara 14 hingga 18 tahun dengan kondisi kesehatan yang baik dan tanpa cedera. Partisipan harus bersedia mengikuti prosedur penelitian, mengisi kuesioner, serta memberikan persetujuan tertulis sebagai bagian dari informed consent. Kriteria inklusi ini bertujuan untuk memastikan bahwa subjek yang terlibat dapat memberikan data yang valid dan relevan. Di sisi lain, kriteria eksklusi mencakup individu yang memiliki riwayat gangguan kardiovaskular atau neuromuskular, mengonsumsi obat analgesik, memiliki alergi dingin, cedera otot atau sendi, serta mereka yang tidak bersedia mengikuti prosedur penelitian atau mengalami sakit selama penelitian.

Penelitian ini memiliki dua variabel utama, yaitu variabel bebas (independen) yaitu CWI (Cold Water Immersion) dan variabel terikat (dependen) yaitu tingkat DOMS (Delayed Onset Muscle Soreness) (Lesmana, 2019). CWI bertujuan untuk melihat pengaruh teknik perendaman tubuh dalam air dingin terhadap pengurangan nyeri otot yang terjadi setelah olahraga, sementara DOMS mengukur tingkat keparahan nyeri otot pada subjek.

Untuk mengukur intensitas nyeri pada partisipan, digunakan dua instrumen utama, yaitu Visual Analog Scale (VAS) dan McGill Pain Questionnaire (MPQ). VAS adalah alat

Pengaruh Cold Water Immersion Terhadap Tingkat Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS) Pasca-Latihan Sepak Bola pada Siswa SMA Negeri 3 Manado

pengukuran berbasis garis yang memungkinkan individu untuk menilai intensitas nyeri dari "tidak ada nyeri" hingga "nyeri yang sangat parah", dengan interpretasi berdasarkan panjang garis yang ditandai. Sementara MPQ mengukur kualitas nyeri melalui 78 kata deskriptif yang mencakup dimensi sensorik, afektif, dan evaluatif. Kedua instrumen ini memberikan gambaran komprehensif mengenai pengalaman nyeri partisipan.

Penelitian ini dilakukan di SMA Negeri 3 Manado pada bulan Agustus hingga September 2025. Penelitian ini melibatkan pengumpulan data yang mencakup pre-test, intervensi CWI, dan post-test untuk kelompok kontrol dan kelompok intervensi. Proses pengambilan data berlangsung dalam ruang ber-AC untuk memastikan kenyamanan partisipan selama prosedur.

Prosedur penelitian dimulai dengan pemilihan partisipan yang memenuhi kriteria inklusi melalui wawancara dan persetujuan tertulis. Sebelum perlakuan, partisipan melakukan pemanasan dan pendinginan selama olahraga sepak bola, diikuti dengan pengukuran DOMS menggunakan VAS dan MPQ. Setelah itu, kelompok intervensi menjalani CWI, di mana tubuh direndam dalam air dingin dengan suhu $\leq 15^{\circ}\text{C}$ selama 5 hingga 20 menit, sementara kelompok kontrol tidak menerima perlakuan tersebut. Post-test dilakukan 24 dan 48 jam setelah latihan untuk mengukur perubahan tingkat DOMS. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan metode statistik yang sesuai untuk menguji perbedaan antara kelompok kontrol dan intervensi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh CWI terhadap tingkat DOMS pasca latihan sepak bola pada siswa SMA Negeri 3 Manado dengan menggunakan VAS dan MPQ sebagai instrumen penelitian. Studi ini berlangsung dari tanggal 15-19 September 2025, dengan menggunakan desain penelitian *quasi experimental* dengan pendekatan *pre-test and post-test with control group* yang melibatkan kelompok kontrol sebagai pembanding, guna memastikan keakuratan pengukuran efek intervensi.

Penelitian ini dilaksanakan di SMA Negeri 3 Manado, dengan sasaran subjek laki-laki berusia 14-18 tahun yang terdaftar sebagai siswa aktif dengan kondisi kesehatan baik dan tidak dalam masa cedera. Subjek penelitian dibagi ke dalam dua kelompok utama, yaitu kelompok intervensi yang menerima CWI dan kelompok kontrol yang tidak mendapatkan perlakuan/intervensi. Proses seleksi subjek menggunakan metode *total sampling*, dengan mempertimbangkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditentukan untuk memastikan homogenitas dan relevansi populasi penelitian.

Karakteristik Responden

Penelitian ini melibatkan 22 responden laki-laki yang seluruhnya merupakan siswa aktif dan pemain sepak bola di SMA Negeri 3 Manado. Responden berusia antara 14 hingga 17 tahun, dengan distribusi terbanyak pada usia 17 tahun (36,36%) dan 16 tahun (31,81%). Sebaran usia tersebut mencerminkan populasi remaja menengah, yakni kelompok usia yang secara fisiologis memiliki tingkat aktivitas fisik tinggi, elastisitas jaringan otot yang baik, serta kapasitas adaptasi yang optimal terhadap beban latihan intensitas sedang hingga tinggi.

Seluruh responden memiliki kondisi kesehatan yang baik, tidak sedang mengalami cedera maupun gangguan neuromuskular. Hal ini memastikan bahwa data yang diperoleh benar-benar menggambarkan efek fisiologis CWI terhadap tingkat DOMS tanpa adanya variabel

Pengaruh Cold Water Immersion Terhadap Tingkat Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS) Pasca-Latihan Sepak Bola pada Siswa SMA Negeri 3 Manado

pengganggu yang signifikan. Responden kemudian dibagi menjadi dua kelompok dengan jumlah yang seimbang.

Responden dibagi menjadi dua kelompok secara seimbang dengan kelompok kontrol berjumlah 11 responden (50%) dan kelompok intervensi berjumlah 11 responden (50%). Pembagian ini bertujuan untuk mempermudah perbandingan antara kelompok yang tidak diberikan intervensi dan kelompok yang mendapatkan terapi CWI.

Tingkat DOMS Pre-Test

Sebelum dilakukan analisis deskriptif pada masing-masing kelompok secara terpisah, dilakukan analisis deskriptif terhadap data hasil pemeriksaan *pre-test* VAS dan MPQ dari kedua kelompok. Tahap ini penting dilakukan untuk memastikan bahwa kondisi awal kedua kelompok berada pada tingkat yang sebanding, sehingga perbedaan yang muncul pada tahap berikutnya dapat lebih tepat diatribusikan kepada intervensi yang diberikan.

Tabel 1. Hasil Analisis Deskriptif VAS Pre-Test

Kelompok	N	Mean	Std. Deviation	Min	Max
Kontrol & Intervensi	22	75,91	6,661	60	90

Tabel 2. Hasil Analisis Deskriptif MPQ Pre-Test

Kelompok	N	Mean	Std. Deviation	Min	Max
Kontrol & Intervensi	22	28,18	8,814	11	42

Hasil analisis deskriptif pada Tabel diatas menunjukkan bahwa seluruh responden memiliki rentang nilai nyeri yang relatif homogen pada tahap awal, dengan rata-rata VAS 75,91 mm dan MPQ 28,18 poin, berada pada kategori nyeri sedang hingga berat. Temuan ini mengindikasikan bahwa latihan yang diberikan berhasil menimbulkan respons fisiologis yang seragam berupa DOMS pada kedua kelompok, sehingga memungkinkan perbandingan yang valid dalam tahap analisis berikutnya.

Hasil Pengukuran VAS pada Kelompok Kontrol

Hasil pengukuran individual VAS pada kelompok kontrol menunjukkan penurunan tingkat nyeri dari waktu ke waktu. Data tersebut kemudian diolah lebih lanjut menjadi distribusi kategori tingkat nyeri untuk memperjelas klasifikasi pada kelompok kontrol (Tabel 6).

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan VAS Kelompok Kontrol

No.	N	Pre-Test	Post-Test 1 (24 jam)	Post-Test 2 (48 jam)
1	N1	70	60	50
2	N2	70	60	50
3	N3	70	80	50
4	N4	80	70	70
5	N5	80	80	70

Pengaruh Cold Water Immersion Terhadap Tingkat Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS) Pasca-Latihan Sepak Bola pada Siswa SMA Negeri 3 Manado

No.	N	Pre-Test	Post-Test 1 (24 jam)	Post-Test 2 (48 jam)
6	N6	70	80	70
7	N7	70	70	60
8	N8	80	70	70
9	N9	70	70	60
10	N10	80	70	50
11	N11	80	70	60

Tabel 4. Distribusi Interpretasi VAS Kelompok Kontrol

VAS (mm)	Interpretasi	Pre-Test	Post-Test 1	Post-Test 2
0-4	Tidak Ada Nyeri	0	0	0
5-44	Nyeri Ringan	0	0	0
45-74	Nyeri Sedang	6	8	11
75-100	Nyeri Berat	5	3	0
Total		11	11	11

Data pada Tabel diatas menunjukkan bahwa responden dalam kelompok kontrol mengalami penurunan tingkat nyeri dari kategori nyeri berat (≥ 75 mm) menuju nyeri sedang (45–74 mm) dalam rentang waktu 48 jam setelah latihan. Penurunan ini terjadi secara alami seiring proses fisiologis pemulihan otot tanpa intervensi eksternal. Namun demikian, laju penurunan yang relatif lambat mengindikasikan bahwa mekanisme pemulihan spontan tubuh belum cukup efektif dalam mengurangi keluhan DOMS secara signifikan dalam dua hari pasca-latihan.

Hasil Pengukuran VAS pada Kelompok Intervensi

Pada kelompok intervensi, nyeri otot diukur sebelum perlakuan dan setelah subjek menerima CWI. Durasi perlakuan untuk masing-masing subjek turut dicatat sebagai variabel pendukung. Berdasarkan tabel tersebut, dapat dilihat penurunan yang tajam dari hasil pemeriksaan VAS 24-48 jam setelah perlakuan.

Tabel 5. Hasil Pemeriksaan VAS dan Durasi CWI Kelompok Intervensi

No.	N	Durasi CWI (menit)	Pre-Test	Post-Test 1	Post-Test 2
1	N12	15,00	80	0	0
2	N13	7,08	80	5	0
3	N14	7,20	60	0	0

Pengaruh Cold Water Immersion Terhadap Tingkat Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS) Pasca-Latihan Sepak Bola pada Siswa SMA Negeri 3 Manado

No.	N	Durasi CWI (menit)	Pre-Test	Post-Test 1	Post-Test 2
4	N15	5,37	80	10	0
5	N16	7,00	70	0	0
6	N17	5,02	80	10	10
7	N18	8,00	90	0	0
8	N19	5,44	80	0	0
9	N20	6,01	70	5	0
10	N21	6,05	80	10	10
11	N22	6,51	80	0	0

Data individual ini kemudian dianalisis ke dalam bentuk distribusi frekuensi interpretasi nyeri, sehingga memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai efektivitas CWI dalam menurunkan intensitas nyeri otot.

Tabel 6. Distribusi Interpretasi VAS Kelompok Intervensi

VAS (mm)	Interpretasi	Pre-Test	Post-Test 1	Post-Test 2
0-4	Tidak Ada Nyeri	0	6	9
5-44	Nyeri Ringan	0	5	2
45-74	Nyeri Sedang	3	0	0
75-100	Nyeri Berat	8	0	0
Total		11	11	11

Nilai pada Tabel diatas menunjukkan penurunan drastis tingkat nyeri dari kategori nyeri berat menjadi nyeri sangat ringan hingga tidak ada nyeri hanya dalam waktu 24–48 jam setelah perlakuan. Rata-rata penurunan VAS sebesar $\pm 75,45$ poin menggambarkan efektivitas yang sangat tinggi dari terapi CWI dalam mempercepat pemulihan nyeri otot.

Analisis Deskriptif VAS

Setelah mengetahui nilai rata-rata *pre-test* pada kedua kelompok, selanjutnya dilakukan analisis deskriptif pada pemeriksaan *pre-test* dan *post-test* untuk diketahui nilai rata-rata berdasarkan pengukuran VAS.

Tabel 7. Hasil Analisis Deskriptif VAS Kelompok Kontrol

Waktu	N	Mean	Std. Deviation	Min	Max
Pre-Test	11	74,55	5,222	70	80
Post-Test 1	11	70,91	7,006	60	80

Pengaruh Cold Water Immersion Terhadap Tingkat Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS) Pasca-Latihan Sepak Bola pada Siswa SMA Negeri 3 Manado

Waktu	N	Mean	Std. Deviation	Min	Max
Post-Test 2	11	60,00	8,944	50	70

Tabel 8. Hasil Analisis Deskriptif VAS Kelompok Intervensi

Waktu	N	Mean	Std. Deviation	Min	Max
Pre-Test	11	77,27	7,862	60	90
Post-Test 1	11	3,64	4,523	0	10
Post-Test 2	11	1,82	4,045	0	10

Pada kelompok kontrol, hasil rata-rata VAS menunjukkan adanya penurunan tingkat nyeri otot dari 74,55 mm pada *pre-test* menjadi 70,91 mm pada *post-test* 1 (24 jam) dan 60,00 mm pada *post-test* 2 (48 jam). Meskipun terdapat penurunan skor VAS, hasil tersebut masih termasuk dalam kategori nyeri sedang. Hal ini menggambarkan bahwa proses pemulihan alami tanpa intervensi berlangsung secara lambat, di mana rasa nyeri masih dirasakan cukup intens hingga 48 jam pasca-latihan.

Sementara itu, pada kelompok intervensi, hasil menunjukkan penurunan yang jauh lebih signifikan, dengan skor rata-rata 77,27 mm pada *pre-test*, turun drastis menjadi 3,64 mm pada *post-test* 1 dan 1,82 mm pada *post-test* 2. Artinya, nyeri otot yang semula tergolong berat berkurang hingga mendekati kondisi tanpa nyeri dalam kurun waktu kurang dari dua hari. Perbedaan mencolok ini memberikan indikasi awal bahwa CWI memiliki pengaruh kuat terhadap percepatan pemulihan dan penurunan intensitas DOMS.

Hasil Pengukuran MPQ

Selain instrumen VAS, tingkat nyeri juga diukur menggunakan MPQ untuk memperoleh gambaran nyeri yang lebih komprehensif. Hasil pengukuran MPQ pada kedua kelompok.

Tabel 11. Hasil Analisis Deskriptif MPQ Kelompok Kontrol

Waktu	N	Mean	Std. Deviation	Min	Max
Pre-Test	11	25,55	11,282	11	42
Post-Test 1	11	26,18	9,075	10	39
Post-Test 2	11	15,73	8,799	4	33

Tabel 12. Hasil Analisis Deskriptif MPQ Kelompok Intervensi

Waktu	N	Mean	Std. Deviation	Min	Max
Pre-Test	11	30,82	4,644	21	37
Post-Test 1	11	6,00	4,336	0	13
Post-Test 2	11	1,64	3,668	0	10

Pengaruh Cold Water Immersion Terhadap Tingkat Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS) Pasca-Latihan Sepak Bola pada Siswa SMA Negeri 3 Manado

Hasil analisis deskriptif pada kelompok kontrol menunjukkan bahwa nilai rata-rata skor MPQ pada pre-test sebesar 25,55, kemudian sedikit meningkat menjadi 26,18 pada post-test pertama (24 jam), dan akhirnya menurun menjadi 15,73 pada post-test kedua (48 jam). Peningkatan skor pada 24 jam pertama menunjukkan bahwa sebagian besar responden mengalami kenaikan intensitas nyeri otot sehari setelah latihan. Fenomena ini sesuai dengan karakteristik khas dari DOMS, di mana nyeri otot biasanya mencapai puncaknya antara 24 hingga 48 jam setelah aktivitas fisik eksentrik atau latihan berat.

Hasil analisis deskriptif pada kelompok intervensi (Tabel 12) memperlihatkan perubahan yang jauh lebih signifikan dibandingkan kelompok kontrol. Nilai rata-rata skor MPQ pada pre-test adalah 30,82, kemudian menurun tajam menjadi 6,00 pada post-test pertama (24 jam), dan semakin menurun menjadi 1,64 pada post-test kedua (48 jam). Penurunan rata-rata sebesar 29,18 poin dalam waktu 24 jam pertama menunjukkan bahwa CWI memiliki efek yang sangat besar terhadap penurunan tingkat nyeri otot pasca-latihan.

Berdasarkan hasil penelitian pemeriksaan pre-test dengan menggunakan instrumen MPQ didapati bahwa total subjek ($n=22$) mayoritas dari subjek memilih kata "flickering" (subkelas 1), "cramping" (subkelas 5), "hot" (subkelas 7) dan "sore" (subkelas 9) dari subskala sensoric untuk menggambarkan sensasi nyeri DOMS yang mereka alami. Sementara itu, pada subskala affective, sebagian besar subjek cenderung memilih istilah "tiring" (subkelas 11) untuk mendeskripsikan nyeri DOMS setelah melakukan aktivitas sepak bola.

Uji Normalitas

Uji normalitas adalah prosedur statistik yang digunakan untuk mengevaluasi apakah data atau sampel berasal dari distribusi normal. Dalam penelitian ini, uji normalitas diterapkan dengan Uji Shapiro-Wilk, mengacu pada jumlah sampel eksperimen yang berjumlah <50 sampel. Hasil uji disajikan pada Tabel 13 dan 14.

Tabel 13. Hasil Uji Shapiro-Wilk VAS

Kelompok	Waktu	Statistic	df	Sig.
Kontrol	Pre-Test	0,649	11	<0,001
	Post-Test 1	0,822	11	0,018
	Post-Test 2	0,795	11	0,008
Intervensi	Pre-Test	0,810	11	0,013
	Post-Test 1	0,733	11	0,001
	Post-Test 2	0,483	11	<0,001

Tabel 14. Hasil Uji Shapiro-Wilk MPQ

Kelompok	Waktu	Statistic	df	Sig.
Kontrol	Pre-Test	0,934	11	0,447
	Post-Test 1	0,947	11	0,601
	Post-Test 2	0,506	11	<0,001

Pengaruh Cold Water Immersion Terhadap Tingkat Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS) Pasca-Latihan Sepak Bola pada Siswa SMA Negeri 3 Manado

Kelompok	Waktu	Statistic	df	Sig.
Intervensi	Pre-Test	0,924	11	0,351
	Post-Test 1	0,954	11	0,690
	Post-Test 2	0,932	11	0,428

Uji Shapiro-Wilk menunjukkan bahwa sebagian besar data tidak berdistribusi normal (nilai $p < 0,05$), baik pada kelompok kontrol maupun kelompok intervensi. Oleh karena itu, analisis lanjutan menggunakan metode non-parametrik *Friedman Test* dianggap paling tepat untuk menguji perbedaan antar waktu pengukuran (*pre-test* dan *post-test*).

Uji Homogenitas

Uji homogenitas adalah prosedur statistik yang bertujuan untuk memastikan bahwa data memiliki varians yang seragam antar kelompok. Dalam penelitian ini dilakukan uji *sphericity* yang merupakan prosedur statistik untuk menguji apakah varians dari perbedaan antar pasangan pengukuran berulang, seperti *pre-test* dan *post-test*, bersifat homogen atau sama. Hasil uji disajikan pada Tabel 15 dan 16.

Tabel 15. Hasil Uji Sphericity VAS

Kelompok	Mauchly's W	Approx. Chi-Square	df	Sig.
Kontrol	0,999	0,009	2	0,996
Intervensi	0,404	8,165	2	0,017

Tabel 16. Hasil Uji Sphericity MPQ

Kelompok	Mauchly's W	Approx. Chi-Square	df	Sig.
Kontrol	0,816	1,829	2	0,401
Intervensi	0,435	7,488	2	0,024

Pada kelompok kontrol, nilai signifikansi (p) untuk VAS sebesar $0,996 > 0,05$ dan MPQ sebesar $0,401 > 0,05$, menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan varians yang signifikan antar waktu pengukuran. Pada kelompok intervensi, nilai signifikansi untuk VAS sebesar $0,017 < 0,05$ dan MPQ sebesar $0,024 < 0,05$, menunjukkan adanya perubahan varians yang nyata akibat efek perlakuan CWI. Hal ini menggambarkan bahwa intervensi memberikan dampak kuat terhadap tingkat nyeri otot dari waktu ke waktu.

Hasil Uji Friedman Test

Uji *Friedman Test* digunakan dalam penelitian ini untuk menganalisis perbedaan tingkat DOMS pada tiga waktu pengukuran (*pre-test*, *post-test 1*, dan *post-test 2*) dalam satu kelompok yang sama. Pemilihan uji Friedman didasarkan pada hasil uji normalitas Shapiro-Wilk yang menunjukkan bahwa data tidak berdistribusi normal ($p < 0,05$), sehingga analisis non-parametrik menjadi pendekatan yang tepat. Hasil uji disajikan pada Tabel 17.

Tabel 17. Hasil Friedman Test

Kelompok	Instrumen	N	Chi-Square	df	Asymp. Sig.
Kontrol	VAS	11	15,326	2	<0,001
	MPQ	11	10,093	2	0,006
Intervensi	VAS	11	20,667	2	<0,001
	MPQ	11	21,143	2	<0,001

Hasil *Friedman Test* menunjukkan nilai $p < 0,05$ pada kedua kelompok, yang menandakan bahwa terdapat perbedaan bermakna secara statistik antara hasil *pre-test*, *post-test* 1, dan *post-test* 2. Nilai *Chi-Square* yang lebih besar pada kelompok intervensi (VAS: 20,667; MPQ: 21,143) dibandingkan kelompok kontrol (VAS: 15,326; MPQ: 10,093) mengindikasikan bahwa derajat perubahan skor antar waktu pengukuran lebih kuat pada kelompok intervensi. Dengan kata lain, perubahan tingkat nyeri otot pada kelompok intervensi tidak hanya signifikan secara statistik, tetapi juga lebih besar secara magnitudo perubahan (*effect size*) dibandingkan perubahan alami yang terjadi tanpa perlakuan.

Pembahasan

Subjek dalam penelitian ini adalah siswa SMA Negeri 3 Manado yang aktif mengikuti kegiatan latihan sepak bola. Berdasarkan hasil pengukuran awal, didapatkan bahwa rata-rata skor VAS pada kelompok kontrol adalah 74,55 mm, sedangkan pada kelompok intervensi sebesar 77,27 mm. Skor MPQ juga menunjukkan nilai rata-rata 25,55 poin pada kelompok kontrol dan 30,82 poin pada kelompok intervensi. Kedua nilai tersebut termasuk dalam kategori nyeri sedang hingga berat, yang menandakan bahwa latihan sepak bola intensitas tinggi berhasil menimbulkan gejala DOMS sesuai dengan tujuan penelitian.

DOMS merupakan nyeri dan kekakuan otot yang muncul 24-72 jam setelah aktivitas fisik berat. DOMS disebabkan oleh mikrotrauma pada serat otot akibat kontraksi eksentrik, yang mengakibatkan peningkatan permeabilitas membran sarkolema dan aktivasi respon inflamasi lokal. Kerusakan tersebut memicu pelepasan mediator inflamasi seperti prostaglandin, histamin, interleukin-6 (IL-6), dan tumor necrosis factor-alpha (TNF- α), yang meningkatkan sensitivitas nosiseptor sehingga menimbulkan sensasi nyeri dan kaku otot. Kondisi ini juga dijelaskan pada penelitian sebelumnya yang menjelaskan bahwa setelah terjadinya mikrotrauma otot, terjadi peningkatan kadar enzim creatine kinase (CK) dalam darah, yang merupakan indikator kerusakan serat otot.

Setelah perlakuan, kedua kelompok menunjukkan penurunan tingkat nyeri, namun dengan perbedaan yang signifikan. Pada kelompok kontrol, nilai VAS menurun dari 74,55 mm (*pre-test*) menjadi 70,91 mm (24 jam) dan 60,00 mm (48 jam), sedangkan skor MPQ turun dari 25,55 menjadi 15,73 poin. Meskipun tidak mendapatkan intervensi, penurunan ini menunjukkan adanya proses pemulihan fisiologis alami tubuh manusia. Penurunan nyeri secara alami dapat dijelaskan oleh mekanisme regenerasi otot dan adaptasi fisiologis tubuh terhadap latihan. Setelah terjadi mikrotrauma akibat aktivitas fisik intens, tubuh akan memulai proses perbaikan jaringan melalui aktivasi sel satelit (satellite cells) yang berfungsi memperbaiki serat otot yang rusak.

Pengaruh Cold Water Immersion Terhadap Tingkat Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS) Pasca-Latihan Sepak Bola pada Siswa SMA Negeri 3 Manado

Pada kelompok intervensi, penurunan nyeri jauh lebih signifikan. Nilai rata-rata VAS menurun dari 77,27 mm menjadi 3,64 mm (24 jam) dan 1,82 mm (48 jam), sedangkan skor MPQ turun dari 30,82 menjadi 1,64 poin. Hasil tersebut menunjukkan bahwa CWI mempercepat proses pemulihan otot dan secara efektif menurunkan persepsi nyeri pada pemain sepak bola SMA Negeri 3 Manado.

Secara fisiologis, efek suhu dingin dari CWI terjadi melalui vasokonstriksi pembuluh darah perifer menyebabkan penurunan suhu jaringan sehingga terjadi penurunan metabolisme lalu menekan respon inflamasi. Penurunan suhu jaringan akibat perendaman air dingin memperlambat aktivitas metabolisme sel dan mengurangi produksi sitokin pro-inflamasi yang berkontribusi pada pengurangan nyeri otot. Selain itu, suhu rendah juga memiliki efek analgesik karena penurunan suhu jaringan menghambat transmisi impuls nosiseptif pada serabut saraf A δ dan C, yang berperan dalam pengantaran sensasi nyeri.

Setelah tubuh dikeluarkan dari air dingin, terjadi vasodilatasi reaktif (reactive hyperemia) yang meningkatkan aliran darah kembali ke jaringan otot, membantu mempercepat pembuangan produk limbah metabolismik dan mempercepat proses penyembuhan. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang menemukan bahwa CWI menurunkan intensitas DOMS dalam 48 jam pertama setelah latihan.

Penelitian ini juga mengkaji aspek biofisika termal yang mendasari mekanisme CWI. Penelitian ini termasuk dalam bidang biofisika termal, yang merupakan cabang biofisika yang mempelajari fenomena biologis yang berkaitan dengan transfer panas dan neraca energi dalam sistem biologis, menggunakan prinsip-prinsip dan metode fisika, khususnya konsep termal seperti konduksi, konveksi, radiasi, dan evaporasi. Hukum-hukum fisika yang relevan dengan CWI meliputi:

Hukum Fourier tentang Konduksi Panas

Pada penelitian ini perpindahan panas melalui jaringan otot ke permukaan kulit akibat gradien suhu, yaitu suhu otot yang lebih tinggi dibanding air dingin. Ketika seseorang melakukan CWI, perpindahan panas dari otot ke air berlangsung cepat karena perbedaan suhu tinggi antara otot dan air. Proses ini mempercepat penurunan suhu jaringan otot melalui konduksi.

Hukum Newton tentang Pendinginan (Konveksi)

Pada saat melakukan CWI, otot dengan suhu lebih tinggi bersentuhan dengan air dingin yang suhunya lebih rendah (10–15°C). Konveksi menjadi mekanisme utama perpindahan panas dari otot ke air. Perpindahan panas ini menyebabkan penurunan suhu otot, yang berdampak pada penurunan aktivitas metabolismik dan inflamasi sehingga mengurangi rasa nyeri DOMS. Vasokonstriksi lokal yang terjadi juga mengurangi pembengkakan dan akumulasi produk metabolismik penyebab nyeri seperti laktat.

Hukum Pertama Termodinamika

Hampir seluruh energi yang dilepaskan dari nutrisi pada akhirnya berubah menjadi panas dalam tubuh, termasuk energi otot yang berkontraksi akan dikonversi menjadi panas. Kontraksi yang berlebihan pada otot akan menyebabkan mikroruptur dari serat-serat otot sehingga terjadi DOMS. Panas pada otot ketika direndam dalam air dingin (CWI), akan menyebabkan perpindahan energi panas dari otot ke air melalui proses pendinginan (konveksi dan konduksi).

Hukum Kedua Termodinamika

Pengaruh Cold Water Immersion Terhadap Tingkat Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS) Pasca-Latihan Sepak Bola pada Siswa SMA Negeri 3 Manado

Pada CWI, tubuh manusia yang memiliki suhu lebih tinggi bersentuhan dengan air dingin, menyebabkan transfer panas dari tubuh ke air, sehingga proses yang berlangsung alami dan spontan untuk mencapai kesetimbangan termal tanpa memerlukan energi tambahan. Saat tubuh merendam dalam air dingin, tubuh kehilangan panas karena panas tubuh tersebar ke air, meningkatkan ketidakteraturan energi (entropi) pada air, sedangkan entropi tubuh berkurang.

Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa CWI merupakan metode pemulihan yang efektif untuk mengurangi DOMS pasca-latihan sepak bola pada atlet muda. Metode ini dapat direkomendasikan sebagai bagian dari program pemulihan atlet untuk meningkatkan performa dan mengurangi risiko cedera. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan metode pemulihan yang lebih efektif bagi atlet muda, khususnya di Indonesia.

KESIMPULAN

Cold Water Immersion (CWI) terbukti efektif sebagai metode pemulihan pasca-latihan sepak bola yang tercermin dari penurunan tingkat Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS) yang sangat tajam dalam 24–48 jam setelah perlakuan. Penurunan nyeri yang tetap terjadi pada kelompok kontrol disebabkan oleh mekanisme pemulihan fisiologis alami, namun laju penurunan ini jauh lebih lambat dibandingkan dengan kelompok intervensi. Terdapat pengaruh yang signifikan dari intervensi CWI terhadap tingkat DOMS dalam 24-48 jam pasca-latihan sepak bola pada siswa SMA Negeri 3 Manado dengan menggunakan *Visual Analog Scale (VAS)* dan *McGill Pain Questionnaire (MPQ)* sebagai instrumen penelitian, yang dapat dilihat dari hasil analisis data *Friedman Test* dengan nilai signifikansi $< 0,001$ ($p<0,05$) pada kedua instrumen. Peneliti selanjutnya disarankan untuk menggunakan jumlah sampel yang lebih besar dan melibatkan variasi kelompok usia maupun tingkat kemampuan atlet. Diharapkan penelitian mendatang dapat menambahkan variabel fisiologis lain, seperti kadar laktat darah, suhu otot, atau biomarker inflamasi, guna memperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai mekanisme fisiologis CWI dalam mengurangi DOMS. Bagi masyarakat, terutama individu yang rutin melakukan aktivitas fisik intensif, disarankan untuk mulai mempertimbangkan penggunaan metode pemulihan yang tepat seperti CWI untuk mengurangi nyeri otot, mempercepat pemulihan setelah berolahraga, dan mengurangi risiko cedera.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfaris, S. D. A., Roepajadi, J., Bakti, A. P., & Hakim, A. A. (2024). Pengaruh Treatment Sport Massage Terhadap Pemulihan Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS) Pasca Aktivitas Fisik Pada Pemain Futsal Tim SMKN 1 Driyorejo. *Quantum Wellness: Jurnal Ilmu Kesehatan*, 1(2), 82–94.
- Bleakley, C. M., & Davison, G. W. (2010). What is the biochemical and physiological rationale for using cold-water immersion in sports recovery? A systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 44, 179–187.
- Bruskner, P., & Khan, K. (2016). *Bruskner & Khan's Clinical Sports Medicine* (5th ed.). McGraw-Hill Education.
- Buchheit, M., & Laursen, P. B. (2013). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: cardiopulmonary emphasis. *Sports Medicine*, 43(5), 313–338. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0029-x>
- Cieza, A., Causey, K., Kamenov, K., Hanson, S. W., Chatterji, S., & Vos, T. (2021). Global

Pengaruh Cold Water Immersion Terhadap Tingkat Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS) Pasca-Latihan Sepak Bola pada Siswa SMA Negeri 3 Manado

estimates of the need for rehabilitation based on the Global Burden of Disease study 2019: a systematic analysis. *The Lancet*, 396(10267), 2006–2017. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)32340-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)32340-0)

Fitrian, Z. A. (2023). *Pengaruh treatment sport massage terhadap pencegahan timbulnya delayed onset muscle soreness pada pemain futsal sman 1 banjarmasin*. Thesis]. Yogyakarta: Fakultas Ilmu Keolahragaan dan Kesehatan, Univesitas

Goes, R. A., Lopes, L. R., Cossich, V. R. A., de Miranda, V. A. R., Coelho, O. N., & do Carmo Bastos, R. (2020). Musculoskeletal injuries in athletes from five modalities: a cross-sectional study. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 21, 213. <https://doi.org/10.1186/s12891-020-3141-8>

Kesehatan, B. P. dan P. (2019). *Laporan Nasional Riset Kesehatan Dasar (Riskedas) 2018*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.

Kusuma, M. N. H., Syafei, M., Saryono, S., & Qohhar, W. (2020). Pengaruh cold water immersion terhadap laktat, nyeri otot, fleksibilitas dan tingkat stres pasca latihan intensitas sub maksimal. *Jurnal Keolahragaan*, 8(1), 77–87.

Leeder, J., Gissane, C., & van Someren, K. (2012). Cold water immersion and recovery from strenuous exercise: a meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 46(4), 233–240. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090061>

Lesmana, H. S. (2019). Profil Delayed Onset Muscle Soreness (Doms) Pada Mahasiswa Fik Unp Setelah Latihan Fisik. *Halaman Olahraga Nusantara: Jurnal Ilmu Keolahragaan*, 2(1), 50–59.

Machado, A. F., Ferreira, P. H., Micheletti, J. K., de Almeida, A. C., Lemes, I. R., Vanderlei, F. M., Netto Junior, J., & Pastre, C. M. (2016). Can water temperature and immersion time influence the effect of cold water immersion on muscle soreness? A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 46(4), 503–514.

Mahyuddin, R., Sudirman, A., & Hamid, M. W. (2025). Edukasi Program Kesegaran Jasmani Anak dan Remaja: Program Aktivitas Fisik untuk Meningkatkan Pertumbuhan dan Perkembangan. *KOMET: Kolaborasi Masyarakat Berbasis Teknologi*, 1(3), 83–88.

Organization, I. L. (2018). *ILO estimates of work-related fatalities, 2018*. International Labour Organization.

Sucipto, Herwin, & Irianto, S. (2010). *Buku Pendidikan Jasmani dan Olahraga: Bab II Pengertian Sepak Bola*. Lumbung Pustaka Universitas Negeri Yogyakarta.

Triansyah, A., & Haetami, M. (2020). Efektivitas stretching, passive activity dan VO2 Max dalam mencegah terjadinya delayed onset muscle soreness. *Jurnal Keolahragaan*, 8(1), 88–97.

Xiao, F., Kabachkova, A. V., Jiao, L., Zhao, H., & Kapilevich, L. V. (2023). Effects of cold water immersion after exercise on fatigue recovery and exercise performance: meta-analysis. *Frontiers in Physiology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1006512>

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License

