
HUBUNGAN SATURASI OKSIGEN (SpO_2) SAAT LATIHAN DENGAN KEMAMPUAN VO_2MAX STUDENT ATHLETE SMA DI BANJARMASIN

Oleh

Akhmad Ridhani^{1*}, Bernadus Sadu², Utomo Wicaksono³, Dadan Prayogo⁴, Uswatun Hasanah⁵, Juliani Saputri⁶, Sally Pobas⁷

^{1,2,3,4,5,6} Sarjana Fisioterapi, STIKes Suaka Insan

⁷ Sarjana Keperawatan, STIKes Suaka Insan

Email: ^{1*}aridhani21@gmail.com

Article History:

Received: 04-06-2025

Revised: 11-06-2025

Accepted: 07-07-2025

Keywords:

Saturasi Oksigen, VO_2Max ,
Siswa Atlet, Kapasitas
Aerobik, Fisiologi Olahraga

Abstract: Kemampuan VO_2max merupakan indikator utama kebugaran kardiovaskular yang sangat dipengaruhi oleh efisiensi sistem respirasi, salah satunya ditunjukkan melalui nilai saturasi oksigen (SpO_2) saat latihan. Meskipun VO_2max telah banyak dikaji, hubungan langsungnya dengan SpO_2 selama aktivitas fisik intens pada populasi remaja atlet masih belum banyak dieksplorasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara SpO_2 saat latihan dengan kemampuan VO_2max pada siswa putra SMA yang aktif mengikuti kegiatan olahraga di Kota Banjarmasin. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain observasional cross-sectional. Data dikumpulkan dari 42 siswa melalui pengukuran SpO_2 menggunakan pulse oximeter saat mengikuti beep test dan estimasi VO_2max berdasarkan level akhir tes. Data yang telah dikategorikan dianalisis menggunakan uji Chi-Square. Hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan yang sangat signifikan antara status SpO_2 dan VO_2max , di mana seluruh siswa dengan $SpO_2 < 95\%$ memiliki VO_2max dalam kategori rendah, sedangkan hampir seluruh siswa dengan $SpO_2 \geq 95\%$ memiliki VO_2max tinggi. Temuan ini menunjukkan bahwa SpO_2 saat latihan dapat menjadi indikator fungsional dalam mengevaluasi kapasitas aerobik remaja. Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu fisiologi olahraga dan praktik evaluasi kebugaran, serta merekomendasikan penggunaan pemantauan SpO_2 sebagai alat bantu praktis dan prediktif dalam pembinaan atlet usia sekolah.

PENDAHULUAN

Kemampuan maksimal tubuh dalam menyerap, mengedarkan, dan memanfaatkan oksigen selama aktivitas fisik berat, yang dikenal dengan istilah maximal oxygen uptake atau

$VO_2\max$, telah lama diakui sebagai parameter utama kebugaran kardiovaskular. $VO_2\max$ tidak hanya mencerminkan kapasitas aerobik seseorang, tetapi juga menjadi prediktor jangka panjang terhadap risiko penyakit metabolik dan kardiovaskular di masa depan (Laakso et al., 2024). Dalam populasi remaja, khususnya siswa yang aktif sebagai atlet, $VO_2\max$ menjadi indikator penting dalam menilai efektivitas latihan dan potensi performa olahraga. Studi longitudinal oleh Laakso et al. (2024) menunjukkan bahwa remaja dengan nilai $VO_2\max$ tinggi memiliki risiko penyakit jantung yang jauh lebih rendah di usia dewasa dibandingkan mereka yang memiliki nilai $VO_2\max$ rendah saat remaja.

Di Indonesia, upaya pembinaan olahraga usia sekolah semakin berkembang, termasuk di wilayah Kalimantan seperti Banjarmasin. Sekolah-sekolah menengah atas (SMA) telah mulai menerapkan program latihan fisik dan pengembangan atletik untuk mendukung bakat-bakat muda di berbagai cabang olahraga. Namun, tantangan utama yang dihadapi dalam konteks lokal adalah keterbatasan alat ukur performa fisiologis yang sederhana, cepat, dan dapat digunakan di lingkungan sekolah. Pengukuran $VO_2\max$ secara langsung memerlukan alat dan fasilitas laboratorium seperti cardiopulmonary exercise testing (CPET), yang tidak tersedia secara umum di lingkungan sekolah. Oleh karena itu, pendekatan alternatif yang sederhana dan non-invasif, seperti pemantauan saturasi oksigen (SpO_2) selama latihan, menjadi penting untuk diteliti lebih lanjut.

SpO_2 adalah parameter fisiologis yang menunjukkan persentase hemoglobin yang terikat oksigen di dalam darah, yang biasanya diukur menggunakan pulse oximeter. Dalam konteks latihan fisik, nilai SpO_2 dapat mencerminkan efisiensi sistem respirasi dan kardiovaskular dalam mendistribusikan oksigen ke jaringan tubuh. Penurunan SpO_2 saat aktivitas fisik intens, yang dikenal dengan istilah desaturasi, sering dikaitkan dengan kapasitas paru-paru yang terbatas, distribusi oksigen yang tidak efisien, atau adanya gangguan pada sirkulasi perifer (Kmiz et al., 2021). Studi tersebut juga mengungkapkan bahwa pada atlet wanita dewasa, SpO_2 dapat turun hingga di bawah 94% saat latihan intensitas tinggi, dan kondisi ini berkorelasi negatif dengan performa aerobik.

Namun, studi yang secara spesifik mengeksplorasi hubungan antara SpO_2 saat latihan dengan $VO_2\max$ pada remaja, khususnya siswa SMA yang aktif sebagai atlet, masih sangat terbatas. Sebagian besar penelitian terdahulu lebih memfokuskan pada hubungan $VO_2\max$ dengan faktor-faktor seperti indeks massa tubuh, kebiasaan olahraga, dan kualitas tidur. Misalnya, Mutiara, Muslichah, dan Sakti (2024) menemukan bahwa kualitas tidur memiliki hubungan positif terhadap nilai $VO_2\max$ pada atlet pelajar di Surabaya, sementara Yudiansyah dan Bustam (2024) menunjukkan bahwa rutinitas latihan berdampak signifikan terhadap peningkatan $VO_2\max$ pada remaja laki-laki. Namun, kedua penelitian ini tidak memasukkan variabel fisiologis real-time seperti SpO_2 dalam pengamatan mereka.

Studi oleh Kmiz et al. (2021) dan "Validation of Aerobic Capacity and Pulse Oximetry" (2024) menunjukkan bahwa pemantauan SpO_2 saat latihan dapat menjadi indikator penting dalam menilai ambang ventilasi dan kapasitas aerobik seseorang. Meski sebagian besar studi tersebut dilakukan pada populasi dewasa atau atlet profesional, prinsip yang sama dapat diterapkan pada remaja, terutama mengingat masa remaja adalah fase kritis dalam perkembangan sistem kardiovaskular dan respirasi. Oleh karena itu, masih terdapat research gap terkait pemanfaatan data saturasi oksigen selama aktivitas fisik dalam mengestimasi atau memprediksi $VO_2\max$ pada remaja pelajar di Indonesia.

Lebih jauh lagi, pemanfaatan pulse oximeter dalam konteks sekolah sangat menjanjikan karena alat ini relatif murah, portabel, dan mudah dioperasikan. Dalam konteks pengukuran kebugaran seperti beep test 20 meter, alat ini dapat digunakan untuk merekam saturasi oksigen selama atau segera setelah sesi lari intens, dan memberikan gambaran seberapa baik tubuh siswa dalam mempertahankan oksigenasi selama stres fisik. Studi oleh Bogdanis et al. (2024) bahkan menyarankan bahwa integrasi pulse oximeter dengan pengukuran lapangan dapat meningkatkan akurasi estimasi $VO_2\max$ pada anak-anak dan remaja. Namun, implementasi metode ini masih jarang dilakukan, apalagi dalam konteks pelajar di daerah tropis seperti Banjarmasin.

Berdasarkan latar belakang dan kesenjangan penelitian di atas, studi ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara saturasi oksigen (SpO_2) saat latihan dengan kemampuan $VO_2\max$ pada siswa putra yang tergabung dalam kegiatan olahraga di SMA di Kota Banjarmasin. Penelitian ini akan mengkaji apakah terdapat hubungan signifikan antara status SpO_2 (normal $\geq 95\%$ dan tidak normal $< 95\%$) dengan kategori $VO_2\max$ (tinggi dan rendah), dengan pendekatan kuantitatif analitik menggunakan uji chi-square.

Kontribusi penelitian ini terbagi dalam dua aspek utama. Secara teoretis, penelitian ini diharapkan memperluas literatur mengenai integrasi antara sistem respirasi dan kardiovaskular dalam menentukan performa aerobik pada remaja, dan memperkuat validitas penggunaan pulse oximeter sebagai alat ukur pendukung dalam evaluasi kebugaran. Sementara secara praktis, hasil penelitian ini dapat memberikan dasar bagi pelatih olahraga, guru pendidikan jasmani, serta fisioterapis sekolah dalam memantau kondisi fisiologis siswa selama latihan fisik. Lebih jauh lagi, jika ditemukan hubungan signifikan antara SpO_2 dan $VO_2\max$, maka metode ini dapat diintegrasikan dalam program pembinaan olahraga usia sekolah secara luas di Indonesia, termasuk wilayah-wilayah yang memiliki keterbatasan fasilitas laboratorium olahraga.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan studi kuantitatif dengan pendekatan observasional analitik dan menggunakan desain potong lintang (cross-sectional). Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan peneliti untuk mengamati hubungan antara variabel bebas (saturasi oksigen saat latihan) dan variabel terikat (kemampuan $VO_2\max$) pada satu titik waktu tanpa melakukan manipulasi atau intervensi. Desain ini dinilai tepat untuk mengidentifikasi asosiasi antara dua variabel kategorikal dalam populasi yang homogen, seperti siswa SMA yang aktif berolahraga. Selain efisien secara waktu dan biaya, desain cross-sectional juga umum digunakan dalam penelitian kebugaran dan fisiologi olahraga, karena mampu memberikan gambaran awal terhadap fenomena yang ingin dikaji (Setia, 2016).

Populasi dalam penelitian ini adalah siswa laki-laki tingkat SMA di Kota Banjarmasin yang mengikuti kegiatan olahraga ekstrakurikuler secara aktif. Teknik pengambilan sampel dilakukan secara non-probabilitas dengan metode purposive sampling. Adapun kriteria inklusi dalam penelitian ini yaitu: (1) siswa laki-laki berusia 15–18 tahun, (2) aktif mengikuti latihan fisik minimal dua kali seminggu dalam tiga bulan terakhir, (3) tidak memiliki riwayat penyakit kardiovaskular atau paru kronik, dan (4) bersedia mengikuti seluruh rangkaian pengukuran dengan memberikan persetujuan tertulis. Jumlah responden sebanyak 42 siswa ditentukan dengan mempertimbangkan efisiensi analisis statistik untuk data kategorikal dua

variabel dan memperhatikan ketentuan minimal per sel kontingensi sebagaimana direkomendasikan oleh McHugh (2013).

Teknik pengumpulan data menggunakan dua alat utama. Saturasi oksigen (SpO_2) diukur menggunakan alat pulse oximeter digital merek Jumper JPD-500D yang ditempatkan pada jari telunjuk responden saat menjalani tes kebugaran. Pulse oximeter ini dipilih karena bersifat non-invasif dan telah divalidasi untuk digunakan dalam kondisi latihan fisik intensitas sedang hingga tinggi (He et al., 2021). Untuk mengukur kemampuan VO_2max , digunakan tes Multistage Fitness Test (MSFT) atau yang dikenal sebagai beep test 20 meter. Level akhir dan shuttle yang dicapai peserta dikonversikan menjadi nilai VO_2max (dalam satuan mL/kg/menit) menggunakan rumus Léger et al. (1988). Rumus ini telah digunakan secara luas dan terbukti valid dalam penelitian kebugaran remaja (Bogdanis et al., 2024). Data yang diperoleh dikategorikan sebagai berikut: $SpO_2 \geq 95\%$ sebagai "normal", dan $< 95\%$ sebagai "tidak normal"; $VO_2max \geq 42$ mL/kg/menit sebagai "tinggi", dan < 42 mL/kg/menit sebagai "rendah".

Pelaksanaan penelitian dimulai dengan tahapan administratif dan etis, yakni pengajuan izin kepada pihak sekolah, penyampaian informasi penelitian kepada calon responden, dan pengumpulan informed consent. Prosedur pengukuran dilakukan di lapangan sekolah yang memiliki permukaan datar dan standar panjang lintasan sesuai protokol beep test. Sebelum tes dimulai, dilakukan pemanasan bersama dan pengecekan kondisi fisik peserta. Saat latihan berlangsung, pulse oximeter digunakan untuk memantau SpO_2 secara real-time pada menit ke-3 dan saat peserta mencapai batas maksimalnya. Setelah itu, level terakhir beep test dicatat dan dikonversikan ke dalam estimasi VO_2max . Data hasil pengukuran dicatat dalam form rekap lapangan, kemudian dimasukkan ke dalam perangkat lunak spreadsheet untuk proses pengolahan data.

Analisis data dilakukan dengan menggunakan uji statistik Chi-Square (χ^2) untuk menguji hubungan antara variabel SpO_2 dan VO_2max yang telah dikategorikan secara nominal. Pemilihan uji ini sesuai dengan sifat data yang berskala nominal dan bertujuan untuk menguji asosiasi dua variabel kategorikal independen. Pengolahan data dilakukan dengan bantuan perangkat lunak IBM SPSS Statistics versi 25.0, yang menyediakan fasilitas analisis kontingensi 2x2 dan memungkinkan peneliti untuk menginterpretasikan nilai signifikansi secara sistematis. Hasil uji statistik digunakan untuk menguji hipotesis mengenai hubungan antara saturasi oksigen selama latihan dengan kemampuan VO_2max pada siswa SMA yang aktif berolahraga.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara status saturasi oksigen (SpO_2) saat latihan dengan kemampuan VO_2max pada siswa atlet SMA putra di Kota Banjarmasin. Jumlah partisipan yang terlibat sebanyak 42 siswa, seluruhnya memenuhi kriteria inklusi dan tidak ada data yang hilang (missing data = 0%).

Data diklasifikasikan ke dalam dua kategori untuk masing-masing variabel. Saturasi oksigen diklasifikasikan sebagai "Normal" jika $SpO_2 \geq 95\%$ dan "Tidak Normal" jika $SpO_2 < 95\%$. Sementara itu, kemampuan VO_2max dikategorikan sebagai "Tinggi" jika nilai $VO_2max \geq 42$ mL/kg/menit dan "Rendah" jika < 42 mL/kg/menit. Pengolahan data menggunakan SPSS menghasilkan tabulasi silang (crosstab) sebagai berikut:

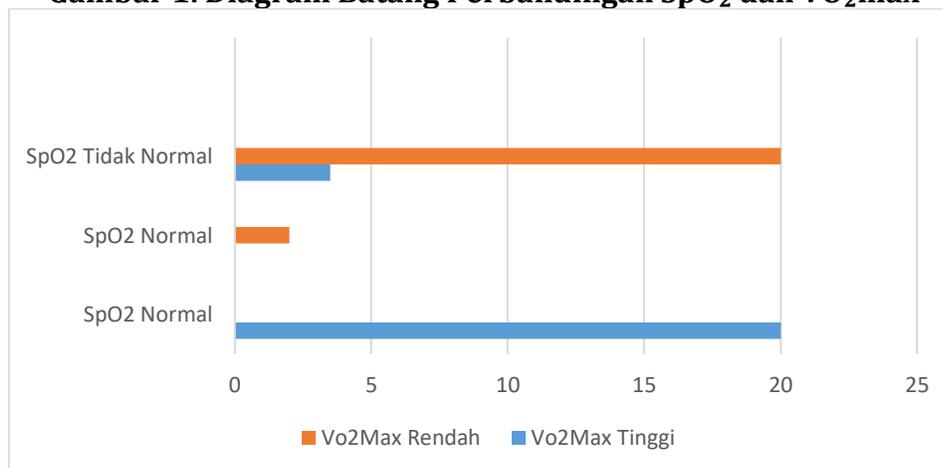
Tabel 1. Tabulasi Silang SpO₂ Saat Latihan dan Kemampuan VO₂max

SpO ₂ Saat Latihan	VO ₂ max Tinggi (≥42)	VO ₂ max Rendah (<42)	Total
Normal (≥ 95%)	20	2	22
Tidak Normal (< 95%)	0	20	20
Total	20	22	42

Tabel 1 menunjukkan bahwa dari 22 siswa yang memiliki SpO₂ dalam kategori normal, sebanyak 20 siswa (90,9%) memiliki kemampuan VO₂max dalam kategori tinggi. Sebaliknya, dari 20 siswa dengan SpO₂ tidak normal, seluruhnya (100%) memiliki VO₂max dalam kategori rendah. Ini mengindikasikan distribusi yang sangat ekstrem dan pola hubungan yang sangat kuat antara kedua variabel.

Uji statistik menggunakan Chi-Square menghasilkan nilai Pearson Chi-Square = 34.714, dengan nilai signifikansi (p) = 0.000. Karena p < 0.05, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan secara statistik antara status SpO₂ saat latihan dan kemampuan VO₂max. Dengan demikian, hipotesis nol (H₀) ditolak, dan hipotesis alternatif (H₁) diterima, yang berarti bahwa status saturasi oksigen saat latihan berhubungan dengan kemampuan VO₂max siswa atlet SMA.

Gambar 1. Diagram Batang Perbandingan SpO₂ dan VO₂max



Keterangan: Tidak ada siswa dalam kategori SpO₂ tidak normal yang memiliki VO₂max tinggi.

Hasil ini memperkuat temuan sebelumnya bahwa saturasi oksigen selama latihan merupakan indikator efisiensi distribusi oksigen dalam tubuh yang berkaitan erat dengan kemampuan aerobik. Kmiz et al. (2021) menjelaskan bahwa SpO₂ < 95% selama latihan mengindikasikan batasan fisiologis dalam sistem ventilasi atau perfusi otot, yang berpotensi menurunkan performa VO₂max. Studi ini mendukung pernyataan tersebut dan menunjukkan relevansinya pada populasi remaja atlet, khususnya dalam konteks sekolah di daerah tropis. Jika dibandingkan dengan penelitian oleh Mutiara et al. (2024), yang mengeksplorasi hubungan kualitas tidur dan VO₂max, studi ini menambahkan dimensi fisiologis langsung yang belum banyak dibahas, yakni SpO₂ sebagai parameter fungsional saat latihan. Hal ini menjawab kesenjangan dalam literatur sebelumnya yang banyak menyoroiti faktor gaya hidup dan psikologis namun belum secara spesifik menilai pengaruh respons respirasi saat aktivitas fisik terhadap kapasitas aerobik pada siswa.

Temuan ini juga memiliki implikasi praktis dalam pemantauan performa atlet pelajar. Dengan penggunaan alat sederhana seperti pulse oximeter, pelatih atau guru pendidikan jasmani dapat memperoleh indikator awal mengenai potensi kebugaran kardiovaskular siswa. Ini sangat penting terutama di lingkungan pendidikan yang tidak memiliki akses ke laboratorium uji kebugaran yang canggih. Secara keseluruhan, hasil ini tidak hanya mendukung tujuan utama penelitian tetapi juga membuka peluang untuk integrasi pengukuran SpO₂ sebagai bagian dari evaluasi kebugaran rutin di sekolah.

Pembahasan

Hasil utama dari penelitian ini tidak hanya menunjukkan hubungan yang kuat secara statistik antara status saturasi oksigen saat latihan (SpO₂) dengan kemampuan VO₂max pada siswa atlet SMA, tetapi juga memperlihatkan pola hubungan yang hampir absolut. Fakta bahwa seluruh siswa dengan SpO₂ <95% memiliki VO₂max rendah mengindikasikan bahwa penurunan saturasi oksigen selama aktivitas fisik berintensitas tinggi merupakan indikator kuat keterbatasan fisiologis dalam sistem transportasi oksigen tubuh. Dalam praktiknya, temuan ini memberi landasan ilmiah bahwa SpO₂ bukan sekadar indikator status oksigenasi sesaat, melainkan juga bisa digunakan sebagai variabel prediktif kebugaran aerobik dalam konteks olahraga sekolah.

Secara fisiologis, kapasitas seseorang untuk mempertahankan saturasi oksigen yang stabil selama latihan sangat dipengaruhi oleh kemampuan paru-paru untuk melakukan ventilasi efektif, fungsi alveolus dalam proses difusi gas, dan ketersediaan hemoglobin sebagai pengikat oksigen dalam darah (Kenney et al., 2020; Powers & Howley, 2021). Saat permintaan metabolik meningkat akibat aktivitas fisik, kebutuhan oksigen meningkat secara eksponensial. Pada individu dengan efisiensi respirasi dan kardiovaskular yang baik, sistem tubuh mampu mempertahankan saturasi oksigen mendekati angka normal (>95%). Sebaliknya, jika terjadi ketidakseimbangan antara supply dan demand oksigen, akan terjadi penurunan saturasi, yang menjadi tanda tidak optimalnya fungsi fisiologis selama latihan.

Dalam konteks remaja, sistem pernapasan dan sistem vaskular masih dalam proses maturasi, sehingga kemampuan mereka dalam mempertahankan oksigenasi selama aktivitas maksimal sangat dipengaruhi oleh tingkat kebugaran dan adaptasi terhadap latihan (Tønnessen et al., 2023). Oleh karena itu, pengukuran SpO₂ selama latihan menjadi sangat relevan, karena mampu menggambarkan respons sistemik terhadap beban latihan secara real-time. Hasil ini mengindikasikan bahwa siswa yang memiliki SpO₂ rendah saat latihan berpotensi mengalami keterbatasan dalam pengembangan kapasitas aerobik, dan ini dapat menjadi indikator awal perlunya intervensi peningkatan kebugaran.

Temuan ini juga mendukung hasil penelitian oleh Perales et al. (2021), yang meneliti atlet muda dan menemukan bahwa penurunan saturasi oksigen saat sesi latihan intensif berkorelasi dengan penurunan VO₂max dan peningkatan waktu pemulihan. Dalam praktiknya, pelatih dapat menggunakan data SpO₂ sebagai indikator untuk menghentikan atau menyesuaikan beban latihan, terutama pada fase intensitas tinggi atau pada kelompok atlet muda yang baru mulai berlatih secara rutin. Pulse oximeter yang mudah digunakan dan terjangkau menjadi keunggulan tersendiri untuk diterapkan dalam pemantauan kebugaran di sekolah-sekolah, terutama di wilayah dengan keterbatasan fasilitas laboratorium olahraga.

Kontribusi lain dari penelitian ini adalah pada dimensi praktisnya dalam bidang fisioterapi olahraga dan pendidikan jasmani. Guru olahraga, pelatih, dan fisioterapis dapat menggunakan SpO₂ sebagai indikator monitoring selama tes kebugaran seperti beep test. Ketimbang hanya mencatat level akhir dari tes, menambahkan satu parameter fisiologis objektif seperti SpO₂ dapat memperkaya interpretasi hasil dan mendeteksi siswa dengan risiko rendah kebugaran secara lebih awal. Di sisi lain, hasil ini juga relevan untuk mendukung kebijakan di tingkat pendidikan mengenai pentingnya integrasi pendekatan ilmiah dalam pembinaan olahraga usia sekolah.

Namun demikian, hasil penelitian ini tetap perlu dipahami dalam konteks batasan metodologis. Salah satu batasan utama adalah penggunaan alat pulse oximeter tipe jari yang meskipun teruji valid, tetap rentan terhadap gangguan bacaan akibat gerakan tangan, suhu tubuh, atau keringat selama latihan. Selain itu, tes VO₂max yang digunakan bersifat estimatif (beep test), bukan pengukuran langsung dengan spirometri atau alat gas analyzer. Faktor motivasi individu selama tes juga bisa memengaruhi hasil, karena keberhasilan mencapai level akhir beep test tidak hanya bergantung pada kondisi fisik tetapi juga pada ketekunan dan ketahanan mental peserta.

Variabel lain seperti kebiasaan tidur, status hidrasi, serta konsumsi nutrisi sebelum tes tidak dikendalikan secara ketat dan bisa berperan sebagai variabel pengganggu (confounding variable). Misalnya, siswa yang mengalami kekurangan tidur sebelum tes bisa menunjukkan SpO₂ dan VO₂max yang lebih rendah tanpa mencerminkan kondisi kebugaran sesungguhnya. Oleh karena itu, penelitian lanjutan yang bersifat eksperimental dengan desain longitudinal atau pre-post intervention sangat dianjurkan untuk mengeliminasi bias semacam ini dan mengevaluasi perubahan nilai SpO₂ dan VO₂max sebelum dan sesudah program latihan.

Untuk memperkuat generalisasi hasil, studi berikutnya dapat melibatkan jumlah partisipan yang lebih besar, mencakup jenis kelamin berbeda, serta mempertimbangkan variasi cabang olahraga. Selain itu, dapat dilakukan eksplorasi hubungan antara SpO₂ dengan variabel fisiologis lain seperti denyut jantung maksimal, laju ventilasi, ambang laktat, atau konsumsi oksigen aktual (VO₂ aktual) melalui uji laboratorium. Kombinasi antara data lapangan dan data laboratorium akan memperkuat dasar ilmiah dalam merancang protokol evaluasi dan pelatihan atlet pelajar.

Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan bukti empiris bahwa saturasi oksigen saat latihan berhubungan erat dengan kapasitas VO₂max siswa SMA atletik, dan membuka ruang baru dalam pemanfaatan teknologi sederhana untuk pengukuran performa kebugaran secara ilmiah. Pendekatan ini berpotensi besar untuk diadopsi di berbagai konteks pendidikan dan pelatihan olahraga remaja di Indonesia dan negara berkembang lainnya.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan terhadap 42 siswa atlet SMA di Banjarmasin, dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan yang sangat signifikan antara saturasi oksigen (SpO₂) saat latihan dengan kemampuan VO₂max. Data menunjukkan bahwa seluruh siswa yang mengalami penurunan SpO₂ (<95%) saat latihan memiliki VO₂max dalam kategori rendah, sementara hampir seluruh siswa dengan SpO₂ normal (≥95%) menunjukkan VO₂max tinggi. Temuan ini mengindikasikan bahwa efisiensi oksigenasi

selama latihan berperan penting dalam menunjang kapasitas aerobik remaja. SpO₂ saat latihan mencerminkan seberapa baik tubuh mengelola kebutuhan oksigen saat beban fisik meningkat, yang pada akhirnya berpengaruh langsung terhadap performa VO₂max. Hasil ini sejalan dengan teori fisiologi olahraga yang menyatakan bahwa kapasitas sistem pernapasan dan kardiovaskular menentukan kemampuan aerobik seseorang. Oleh karena itu, saturasi oksigen dapat digunakan sebagai indikator fungsional yang mendukung evaluasi kebugaran fisik secara objektif.

Sebagai tindak lanjut dari temuan ini, disarankan agar pemantauan SpO₂ selama latihan dijadikan bagian dari evaluasi rutin kebugaran di sekolah atau klub olahraga. Penggunaan alat pulse oximeter yang terjangkau dan mudah digunakan memungkinkan guru olahraga, pelatih, atau fisioterapis untuk mendeteksi siswa dengan risiko kebugaran rendah sejak dini. Selain itu, penelitian lanjutan perlu mempertimbangkan variabel tambahan seperti frekuensi latihan, kondisi lingkungan, dan pengukuran VO₂max berbasis laboratorium untuk memperkuat generalisasi hasil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bogdanis, G. C., Vlachopapadopoulou, E., & Koutsouki, D. (2024). Predicting VO₂max in children and adolescents aged between 6 and 17 using physiological characteristics. *Journal of Sports Sciences*. <https://www.researchgate.net/publication/366163537> Predicting VO₂max in Children and Adolescents
- [2] He, Q., Zhao, Y., Liu, Y., & Li, J. (2021). Accuracy of finger pulse oximeters tested in clinical conditions. *BMC Pulmonary Medicine*, 21, 103. <https://doi.org/10.1186/s12890-021-01448-9>
- [3] Kenney, W. L., Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2020). *Physiology of sport and exercise* (7th ed.). Human Kinetics.
- [4] Kmiz, K., Witek, K., & Król, H. (2021). Oxygen saturation behavior by pulse oximetry in female athletes: Breaking myths. *Journal of Clinical Medicine*, 10(3), 456. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34677347/>
- [5] Klausen, K. (2022). Oxygen transport during exercise: Physiological principles and implications. *European Journal of Applied Physiology*, 122(1), 33–46. <https://doi.org/10.1007/s00421-021-04751-3>
- [6] Laakso, M., et al. (2024). The association of adolescent fitness with cardiometabolic diseases in late adulthood. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37668360/>
- [7] Léger, L. A., Mercier, D., Gadoury, C., & Lambert, J. (1988). The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *Journal of Sports Sciences*, 6(2), 93–101. <https://doi.org/10.1080/02640418808729800>
- [8] Lundby, C., Montero, D., & Flück, D. (2023). Regulation of oxygen transport and VO₂max: A century of progress. *Acta Physiologica*, 237(1), e13929. <https://doi.org/10.1111/apha.13929>
- [9] McHugh, M. L. (2013). The Chi-square test of independence. *Biochemia Medica*, 23(2), 143–149. <https://doi.org/10.11613/BM.2013.018>
- [10] Mutiara, F., Muslichah, R., & Sakti, M. H. (2024). Hubungan komposisi tubuh dan kualitas

- tidur dengan $VO_2\max$ pada atlet remaja. *Amerta Nutrition*, 8(3 SP), 422–432. <https://e-journal.unair.ac.id/AMNT/article/view/63214>
- [11] Perales, F., Mezzani, A., & Lucia, A. (2021). Oxygen desaturation during exercise and its association with aerobic capacity in adolescent athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 121(5), 1333–1342. <https://doi.org/10.1007/s00421-021-04568-0>
- [12] Powers, S. K., & Howley, E. T. (2021). *Exercise physiology: Theory and application to fitness and performance* (11th ed.). McGraw-Hill Education.
- [13] Setia, M. S. (2016). Methodology series module 3: Cross-sectional studies. *Indian Journal of Dermatology*, 61(3), 261–264. <https://doi.org/10.4103/0019-5154.182410>
- [14] Tønnessen, E., Hisdal, J., & Rønnestad, B. R. (2023). Effects of adding high-intensity training on $VO_2\max$ in 12-year-old youth athletes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(1), 25. <https://doi.org/10.3390/ijerph20010025>
- [15] Validation of aerobic capacity and pulse oximetry. (2024). *Journal of Sports Medicine and Health Science*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666061X24000123>
- [16] Yudiansyah, Y., & Bustam, I. G. (2024). The impact of exercise routines on adolescents' $VO_2\max$ values. *Masker Medika*, 12(2), 317–323. <https://jmm.ikestmp.ac.id/index.php/maskermedika/article/view/659>

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN