

Analisis Postur Tubuh, Suhu dan Kekeruhan Air Terhadap Peningkatan Performa Renang Gaya Bebas Atlet Renang Kalimantan Barat Berbasis Digitalisasi

¹Myranti Puspitaningsya Junaedi, ²Vika Ariesti Audini, ²Ivan Andri Gunawan, ²Ghifari Theo Lazuardi, ²Flore Cita Pratiwi

¹Program Studi Fisioterapi Universitas Panca Bhakti, Jl. Kom Yos Sudarso No. 1 Pontianak 78117, Indonesia

²Program Rekayasa Infrastruktur dan Lingkungan Universitas Panca Bhakti, Jl. Kom Yos Sudarso No. 1 Pontianak 78117, Indonesia

*Corresponding Author e-mail: myranti.puspita@upb.ac.id

Received: July 2025; Revised: July 2025; Published: August 2025

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara postur servikal, suhu air, dan kekeruhan terhadap performa renang gaya bebas pada atlet renang Kalimantan Barat. Penelitian dilaksanakan pada 17–18 Juli 2025 di Kolam Renang Tirtayudha Tanjungpura XIII dengan melibatkan tujuh atlet yang dipilih secara purposive sampling dari Klub Bintang Khatulistiwa. Pengumpulan data meliputi pengukuran kekeruhan air, suhu air, postur leher menggunakan posture grid dan perangkat lunak Apecs, serta uji kecepatan renang gaya bebas 50 meter. Analisis data dilakukan menggunakan uji korelasi Spearman dan regresi linear. Hasil penelitian menunjukkan adanya korelasi negatif yang signifikan antara postur leher dan kecepatan renang ($r = -0,949$; $p = 0,04$), yang mengindikasikan bahwa keselarasan kepala-leher yang optimal dapat menurunkan hambatan hidrodinamik dan meningkatkan efisiensi gerakan. Suhu air juga memiliki korelasi positif signifikan dengan kecepatan ($r = 0,529$; $p = 0,042$), di mana peningkatan suhu dalam batas fisiologis mampu menurunkan viskositas air, mendukung fungsi otot, dan mempercepat performa. Sebaliknya, kekeruhan air pada rentang rendah (1–2 NTU) tidak berhubungan signifikan dengan kecepatan ($p = 0,789$). Temuan ini menegaskan peran penting postur servikal dan suhu air dalam mendukung performa renang, sementara kekeruhan pada level rendah tidak berpengaruh. Penelitian lanjutan disarankan untuk melibatkan sampel lebih besar dan variasi kondisi eksperimen yang lebih luas.

Kata kunci: Postur Servikal, Suhu Air, Kekeruhan air, Performa Renang, Gaya Bebas

Analysis of Body Posture, Water Temperature, and Turbidity on Freestyle Swimming Performance Improvement of West Kalimantan Athletes Using a Digitalized Approach

Abstract

This study investigates the relationship between cervical posture, water temperature, and turbidity with freestyle swimming performance among athletes in West Kalimantan. The research was conducted on July 17–18, 2025, at the Tirtayudha Tanjungpura XIII Swimming Pool, involving seven purposively selected swimmers from the Bintang Khatulistiwa Club. Data collection included measurements of water turbidity, water temperature, cervical posture using posture grid and Apecs software, and 50-meter freestyle speed tests. Statistical analysis employed the Spearman rank correlation and linear regression to examine associations between variables. Findings revealed a significant negative correlation between cervical posture and swimming speed ($r = -0.949$, $p = 0.04$), indicating that optimal head-neck alignment reduces hydrodynamic drag and improves propulsion efficiency. Water temperature also demonstrated a positive significant correlation with speed ($r = 0.529$, $p = 0.042$), where higher but physiologically optimal temperatures enhanced muscle function and reduced water viscosity, contributing to faster performance. In contrast, water turbidity within the range of 1–2 NTU showed no significant correlation with swimming velocity ($p = 0.789$), suggesting limited impact on biomechanics. These findings highlight the critical influence of cervical posture and water temperature on freestyle swimming performance, while low-level turbidity remains negligible. Future studies are recommended to expand sample size and experimental conditions to validate and generalize these results.

Keywords: Cervical Posture, Water Temperature, Water Turbidity, Swimming Performance, Freestyle Stroke

How to Cite: Junaedi, M. P., Audini, V. A., Gunawan, I. A., Lazuardi, G. T., & Pratiwi, F. C. (2025). Analisis Postur Tubuh, Suhu dan Kekeruhan Air Terhadap Peningkatan Performa Renang Gaya Bebas Atlet Renang Kalimantan Barat Berbasis Digitalisasi: Analisis Postur Tubuh, Suhu dan Kekeruhan Air Terhadap Peningkatan Performa Renang Gaya Bebas Atlet Renang Kalimantan Barat Berbasis Digitalisasi. *Journal of Authentic Research*, 4(Special Issue), 1021–1030. <https://doi.org/10.36312/jar.v4iSpecialIssue.3518>



<https://doi.org/10.36312/jar.v4iSpecialIssue.3518>

Copyright© 2025, Junaedi et al.

This is an open-access article under the [CC-BY-SA](#) License.



PENDAHULUAN

Renang merupakan salah satu cabang olahraga air yang sangat menekankan efisiensi biomekanika dan kondisi lingkungan sebagai faktor utama penentu performa atlet. Dalam gaya bebas, kecepatan renang dipengaruhi oleh interaksi kompleks antara postur tubuh, teknik pernapasan, kekuatan otot, serta faktor eksternal seperti suhu dan kualitas air. Studi biomekanika menunjukkan bahwa posisi tubuh yang tepat mampu mengurangi hambatan hidrodinamik sehingga menghasilkan gerakan yang lebih efisien di dalam air (Cortesi et al., 2015). Postur servikal, misalnya, berperan penting dalam menjaga keseimbangan dan keselarasan tubuh sehingga dapat menurunkan resistensi aliran air sekaligus memaksimalkan propulsi. Selain faktor postur, kondisi lingkungan seperti suhu air juga berpengaruh signifikan. Air dengan suhu yang lebih hangat dalam batas fisiologis dapat menurunkan viskositas, meningkatkan kontraksi otot, dan memperbaiki metabolisme energi tubuh (Pendergast et al., 2015). Sebaliknya, air bersuhu rendah cenderung memperlambat respons neuromuskular dan meningkatkan konsumsi energi. Faktor eksternal lain yang sering dikaji adalah tingkat kekeruhan air. Meskipun tidak selalu memengaruhi hidrodinamika secara langsung, kekeruhan dapat mengganggu persepsi visual perenang, yang berpotensi memengaruhi koordinasi motorik dan orientasi spasial (Willmott et al., 2021). Dengan demikian, pemahaman menyeluruh mengenai keterkaitan antara postur tubuh, suhu, dan kekeruhan air terhadap performa renang sangat penting untuk mendukung pencapaian prestasi atlet.

Meskipun berbagai penelitian telah menekankan pentingnya biomekanika dan kondisi lingkungan terhadap performa renang, permasalahan yang masih muncul adalah kurangnya integrasi antara faktor internal dan eksternal dalam satu kerangka analisis. Sebagian besar penelitian terdahulu hanya menitikberatkan pada aspek biomekanika atau kondisi lingkungan secara terpisah. Sebagai contoh, studi di Amerika Serikat lebih menekankan pada pengaruh suhu air terhadap fisiologi perenang, di mana peningkatan suhu dalam kisaran 28–30 °C terbukti mampu meningkatkan efisiensi energi dan kecepatan gerak (Craig & Dvorak, 1966). Sementara itu, penelitian di Eropa lebih banyak berfokus pada aspek teknik renang, termasuk posisi kepala dan sudut masuk tangan, yang dikaitkan dengan pengurangan drag (Barbosa et al., 2010). Di sisi lain, penelitian di negara dengan intensitas kompetisi tinggi seperti Tiongkok menyoroti peran proprioepsi dan adaptasi neuromuskular sebagai kompensasi atas kondisi eksternal, misalnya kekeruhan atau gangguan visualisasi dalam air (Liu et al., 2025). Kondisi tersebut menimbulkan urgensi untuk mengkaji hubungan antara postur tubuh, suhu, dan kekeruhan secara simultan, khususnya dalam konteks renang gaya bebas. Pendekatan ini akan memberikan pemahaman lebih komprehensif dan aplikatif, karena dalam situasi kompetisi nyata, faktor biomekanika dan kondisi lingkungan tidak dapat dipisahkan. Penelitian dengan pendekatan integratif diharapkan mampu menghasilkan strategi pelatihan dan pengelolaan lingkungan yang lebih tepat guna untuk mendukung peningkatan performa atlet renang.

Kebaruan dari penelitian ini terletak pada integrasi analisis tiga faktor kunci – postur servikal, suhu air, dan kekeruhan – secara bersamaan dalam konteks performa renang gaya bebas. Sebagian besar penelitian sebelumnya hanya menguji salah satu variabel secara terpisah. Misalnya, penelitian oleh Cortesi et al. (2015) berfokus pada pengaruh posisi kepala terhadap drag pasif, sementara Pendergast et al. (2015)

menitikberatkan pada fisiologi manusia dalam lingkungan akuatik tanpa mengaitkannya dengan faktor postur. Selain itu, studi terkait kekeruhan umumnya lebih diarahkan pada aspek kesehatan atau kualitas air (Willmott et al., 2021), bukan pada dampaknya terhadap kinerja renang. Dengan demikian, masih terdapat celah penelitian (research gap) mengenai bagaimana ketiga faktor ini saling berinteraksi dalam memengaruhi kecepatan renang. Penelitian ini juga membawa pembaruan dalam hal metode, yaitu dengan penggunaan digitalisasi postur melalui perangkat lunak Apecs, yang memungkinkan analisis lebih akurat terhadap sudut servikal atlet. Subjek penelitian yang melibatkan atlet lokal Kalimantan Barat juga memberikan konteks baru, karena sebagian besar penelitian terdahulu dilakukan pada atlet di negara dengan fasilitas dan teknologi lebih maju. Dengan demikian, studi ini tidak hanya mengisi kekosongan dalam literatur akademik tetapi juga memberikan kontribusi praktis dalam konteks pembinaan olahraga di daerah.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menganalisis secara komprehensif hubungan antara postur servikal, suhu air, dan kekeruhan terhadap performa renang gaya bebas 50 meter pada atlet renang Kalimantan Barat. Indikator postur tubuh difokuskan pada sudut servikal yang diukur menggunakan posture grid dan perangkat lunak Apecs. Indikator suhu air meliputi kisaran fisiologis kolam renang (26–32 °C), sementara kekeruhan diukur dalam satuan NTU sebagai parameter kualitas air. Dengan pendekatan kuantitatif berbasis uji korelasi Spearman dan regresi linear, penelitian ini membatasi lingkup pada identifikasi keterkaitan langsung antara ketiga variabel independen terhadap variabel dependen berupa kecepatan renang gaya bebas. Batasan penelitian juga mencakup jumlah sampel yang relatif kecil (tujuh atlet), namun dipilih berdasarkan kriteria inklusi tertentu untuk menjaga validitas data. Ruang lingkup penelitian difokuskan pada renang gaya bebas karena gaya ini paling banyak digunakan dalam kompetisi dan paling dipengaruhi oleh faktor hidrodinamik. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi empiris dalam pengembangan strategi pelatihan renang berbasis digitalisasi, serta menjadi acuan dalam pengelolaan kondisi kolam renang yang optimal untuk mendukung peningkatan performa atlet.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain *observational analytic* berbasis *cross-sectional study*. Desain ini dipilih karena memungkinkan peneliti menganalisis hubungan antarvariabel – yakni postur tubuh, suhu air, dan kekeruhan – dengan performa renang gaya bebas pada satu periode waktu tertentu. Metode ini relevan untuk memotret kondisi aktual atlet tanpa melakukan manipulasi atau intervensi langsung terhadap variabel penelitian. Penelitian dilaksanakan pada Juli 2025 di Kolam Renang Tirtayudha Tanjungpura XIII, Kubu Raya, Kalimantan Barat, setelah adanya perubahan lokasi dari kolam renang awal yang tidak dapat digunakan. Pendekatan *cross-sectional* dianggap sesuai karena fokus penelitian lebih pada pengungkapan hubungan dan korelasi variabel, bukan pada pengaruh kausal jangka panjang. Dengan demikian, rancangan ini memberikan gambaran empiris yang komprehensif tentang kontribusi faktor internal (postur servikal) dan eksternal (suhu dan kekeruhan air) terhadap performa renang gaya bebas 50 meter. Pemilihan desain ini juga didukung oleh literatur sebelumnya, di mana studi biomekanika renang umumnya memanfaatkan rancangan serupa

untuk menganalisis interaksi antara faktor tubuh dan lingkungan (Barbosa et al., 2010; Cortesi et al., 2015).

Subjek penelitian ini adalah atlet renang yang tergabung dalam Klub Renang Bintang Khatulistiwa, Kalimantan Barat. Dari total 25 atlet yang aktif, hanya tujuh orang yang dipilih sebagai sampel melalui teknik *purposive sampling*. Kriteria inklusi mencakup atlet yang secara rutin berlatih, memiliki catatan keikutsertaan dalam kompetisi daerah, serta dalam kondisi fisik sehat pada saat pengambilan data. Sementara itu, kriteria eksklusi meliputi atlet yang mengalami cedera muskuloskeletal atau gangguan kesehatan yang dapat memengaruhi performa renang. Penggunaan teknik purposif ini bertujuan untuk memastikan bahwa sampel benar-benar representatif terhadap populasi yang menjadi sasaran penelitian, meskipun jumlahnya terbatas. Secara demografis, sampel terdiri atas atlet remaja hingga dewasa muda, yang merupakan kelompok usia dengan kapasitas fisiologis optimal untuk performa renang kompetitif. Keterbatasan jumlah sampel diakui sebagai salah satu batasan penelitian, namun dipandang cukup untuk analisis awal mengenai hubungan variabel. Ke depan, peningkatan jumlah dan keragaman sampel disarankan agar hasil penelitian dapat lebih digeneralisasi.

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *posture grid* dan kamera digital untuk menganalisis postur leher, perangkat lunak Apece untuk validasi digitalisasi postur, termometer digital untuk mengukur suhu air, serta *turbidity meter* untuk mengukur tingkat kekeruhan air. Stopwatch digunakan untuk mengukur kecepatan renang 50 meter gaya bebas. Validitas instrumen telah banyak dibuktikan dalam penelitian biomekanika dan fisiologi olahraga, di mana *posture grid* dan perangkat lunak digitalisasi terbukti reliabel untuk analisis sudut servikal (Joshi et al., 2025). Pengumpulan data dilakukan dalam dua hari: hari pertama berfokus pada pengukuran kekeruhan, suhu air, serta uji kecepatan renang; hari kedua pada pengukuran postur leher disertai uji ulang kecepatan renang. Prosedur ini dirancang untuk memastikan konsistensi data dan mengurangi *bias* akibat kondisi sesaat. Data tambahan berupa sampel air juga dianalisis di laboratorium untuk validasi tingkat kekeruhan. Dengan prosedur yang sistematis, hasil penelitian diharapkan akurat serta dapat mencerminkan kondisi nyata.

Data yang diperoleh dianalisis secara bertahap menggunakan pendekatan statistik. Pertama, dilakukan uji normalitas untuk memastikan distribusi data. Selanjutnya, hubungan antara variabel independen (postur servikal, suhu air, dan kekeruhan) dengan variabel dependen (kecepatan renang gaya bebas) dianalisis menggunakan uji korelasi Spearman. Uji ini dipilih karena sesuai untuk sampel kecil dan data yang tidak sepenuhnya berdistribusi normal. Untuk variabel yang menunjukkan hubungan signifikan, analisis dilanjutkan dengan regresi linear guna melihat pola prediktif serta besaran kontribusi variabel terhadap performa renang. Misalnya, regresi suhu air terhadap kecepatan digunakan untuk memprediksi seberapa besar peningkatan performa jika terjadi perubahan suhu dalam rentang fisiologis. Hasil analisis ini kemudian diinterpretasikan berdasarkan kerangka teori biomekanika dan fisiologi olahraga yang relevan, serta dibandingkan dengan temuan studi terdahulu. Dengan pendekatan ini, penelitian tidak hanya memaparkan hubungan statistik, tetapi juga memberikan makna praktis terhadap strategi pelatihan dan manajemen lingkungan kolam renang yang mendukung peningkatan performa atlet.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Korelasi Postur Servikal dengan Kecepatan Renang

Hasil penelitian menunjukkan adanya korelasi negatif signifikan antara postur servikal dengan kecepatan renang gaya bebas pada atlet Kalimantan Barat ($r = -0,949$; $p = 0,04$). Temuan ini mengindikasikan bahwa semakin optimal keselarasan kepala dan leher, semakin efisien pula gerakan renang yang dihasilkan. Atlet dengan postur servikal yang stabil cenderung mengurangi drag frontal dan menjaga keseimbangan tubuh, sehingga kecepatan meningkat. Fenomena ini dapat dijelaskan melalui prinsip biomekanika, di mana setiap deviasi kecil pada sudut leher dapat meningkatkan resistensi hidrodinamik, yang berdampak pada efisiensi propulsi. Dengan demikian, hasil ini menegaskan bahwa faktor postural merupakan salah satu determinasi penting dalam performa renang kompetitif.

Tabel 1. Korelasi Postur Servikal Terhadap Kecepatan Renang

Spearman rho		Kecepatan Renang
Postur Leher	Koefisien Korelasi (r)	-0.949
	Signifikan (2 ekor)	0.04
	Total	7

Sumber : Hasil Analisis, 2025

Temuan ini sejalan dengan studi Cortesi et al. (2015) yang melaporkan bahwa posisi kepala memiliki kontribusi besar dalam mengurangi drag pasif saat berenang. Joshi et al. (2025) juga menemukan bahwa deviasi postur seperti forward head berkaitan dengan penurunan teknik renang, khususnya dalam gaya bebas. Dukungan teoritis ini memperkuat hasil penelitian bahwa biomekanika postur leher merupakan komponen krusial untuk mempertahankan efisiensi gerakan. Namun demikian, perbedaan lingkungan latihan dapat memunculkan variasi. Misalnya, penelitian di Eropa menunjukkan fokus pada teknik masuk tangan dan sudut lengan sebagai determinan utama efisiensi, sementara penelitian ini menekankan pentingnya postur servikal. Perbedaan tersebut dapat dijelaskan oleh heterogenitas metode dan instrumen yang digunakan dalam setiap penelitian. Dengan demikian, studi ini memberikan perspektif tambahan bahwa evaluasi postur servikal berbasis digitalisasi memiliki relevansi signifikan dalam optimasi performa renang.

Korelasi Kekeruhan Air dengan Kecepatan Renang

Analisis statistik menunjukkan tidak terdapat hubungan signifikan antara kekeruhan air pada rentang rendah (1–2 NTU) dengan kecepatan renang gaya bebas ($p = 0,789$). Hal ini menandakan bahwa variabilitas kekeruhan pada level aman tidak cukup memengaruhi hidrodinamika maupun kinerja atlet. Atlet yang terbiasa berlatih di kolam dengan kondisi serupa kemungkinan telah mengembangkan adaptasi neuromuskular dan proprioseptif yang dominan, sehingga ketergantungan pada penglihatan berkurang. Dengan kata lain, koordinasi motorik lebih bergantung pada propriosepsi dibandingkan persepsi visual, sehingga perubahan kecil pada kejernihan air tidak berdampak signifikan terhadap performa.

Tabel 2. Korelasi Tingkat Kekeruhan Air Terhadap Kecepatan Renang

Spearman rho		Kecepatan Renang
Kekeruhan Air	Koefisien Korelasi (r)	0.076
	Signifikan (2 ekor)	0.789
	Total	7

Sumber : Hasil Analisis, 2025

Hasil ini konsisten dengan temuan Barbosa et al. (2010) yang menyatakan bahwa faktor utama dalam menentukan kecepatan renang adalah teknik biomekanika, bukan kualitas optik air. Willmott et al. (2021) juga menekankan bahwa kekeruhan lebih banyak berpengaruh terhadap kenyamanan dan kesehatan perenang, bukan pada performa, selama nilai kekeruhan masih dalam ambang aman. Namun demikian, beberapa penelitian di negara dengan tingkat polusi air tinggi menunjukkan adanya dampak negatif terhadap konsentrasi dan koordinasi perenang. Perbedaan ini dapat dijelaskan melalui perbedaan konteks lingkungan, di mana nilai kekeruhan jauh lebih tinggi dibandingkan kondisi penelitian ini. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kekeruhan rendah tidak relevan secara hidrodinamik dalam menentukan kecepatan atlet.

Korelasi Suhu Air dengan Kecepatan Renang

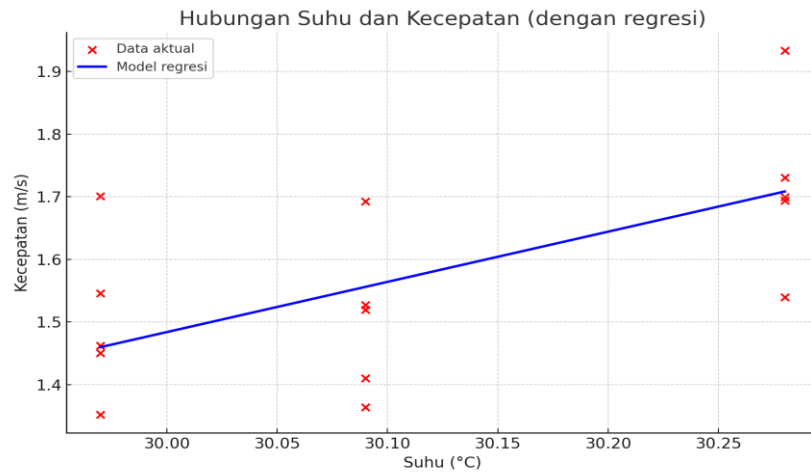
Uji korelasi Spearman menunjukkan adanya hubungan positif signifikan antara suhu air dengan kecepatan renang gaya bebas ($r = 0,529$; $p = 0,042$). Analisis regresi linear memperlihatkan bahwa setiap peningkatan suhu sebesar $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ berkontribusi pada kenaikan kecepatan rata-rata $0,802\text{ m/s}$. Hal ini dapat dijelaskan karena peningkatan suhu dalam rentang fisiologis menurunkan viskositas air, sehingga mengurangi resistensi yang dihadapi tubuh perenang. Selain itu, suhu optimal mendukung fungsi otot dan metabolisme energi, yang pada akhirnya mempercepat performa atlet dalam menempuh jarak 50 meter.

Tabel 3. Korelasi Suhu Air Terhadap Kecepatan Renang

Spearman rho		Kecepatan Renang
Suhu Air	Koefisien Korelasi (r)	0.529
	Signifikan (2 ekor)	0.042
	Total	7

Sumber : Hasil Analisis, 2025

Berdasarkan grafik regresi menunjukkan bahwa suhu air berpengaruh terhadap kecepatan $p=0.013 < 0.05$, dengan setiap kenaikan suhu $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ meningkatkan kecepatan rata-rata sebesar 0.802 m/s . Pada suhu yang lebih tinggi, maka akan mempengaruhi viskositas. Suhu yang tinggi mengakibatkan viskositas air yang menurun sehingga mengurangi hambatan bagi tubuh perenang. Suhu optimal mendukung fungsi otot sehingga meningkatkan performa dengan mempersingkat jarak tempuh dalam renang gaya bebas 50m.



Gambar 1. Hubungan Suhu Air Dengan Kecepatan Renang dengan Regresi

Sumber : Hasil Analisis, 2025

Temuan ini selaras dengan penelitian Craig dan Dvorak (1966), yang membuktikan bahwa peningkatan suhu air dalam batas fisiologis dapat meningkatkan efisiensi gerakan dengan menurunkan viskositas. Pendergast et al. (2015) juga menegaskan bahwa kondisi termal air berperan penting dalam mendukung metabolisme tubuh dan pemulihan otot. Studi terbaru oleh Batista et al. (2024) menambahkan bahwa suhu optimal dapat mempercepat pemulihan pasca latihan intensif, yang mendukung peningkatan performa jangka panjang. Kesamaan ini mengonfirmasi bahwa pengaturan suhu kolam merupakan faktor penting dalam menjaga performa atlet. Perbedaan dapat terjadi jika suhu berada di luar rentang fisiologis, di mana kondisi terlalu dingin atau terlalu panas justru berisiko menurunkan kinerja dan meningkatkan risiko cedera.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menegaskan bahwa postur servikal dan suhu air merupakan faktor signifikan yang memengaruhi kecepatan renang gaya bebas, sedangkan kekeruhan air pada level rendah tidak berpengaruh. Integrasi antara faktor internal (postur) dan eksternal (suhu) menghasilkan pemahaman yang lebih utuh mengenai determinan performa atlet. Hal ini memperlihatkan pentingnya pendekatan holistik dalam analisis olahraga akuatik, karena performa tidak hanya dipengaruhi oleh kondisi tubuh atlet, tetapi juga oleh lingkungan sekitar. Dengan kata lain, strategi pelatihan yang efektif perlu mempertimbangkan optimalisasi biomekanika sekaligus pengelolaan kondisi kolam renang.

Literatur mendukung bahwa pendekatan multidimensi diperlukan untuk meningkatkan prestasi renang. Misalnya, Barbosa et al. (2010) menekankan pentingnya teknik biomekanika, sementara Pendergast et al. (2015) menyoroti aspek fisiologis yang dipengaruhi suhu air. Penelitian Liu et al. (2025) juga menunjukkan bahwa propriocepsi dan adaptasi neuromuskular dapat mengompensasi keterbatasan visual dalam kondisi air tertentu. Dengan membandingkan hasil ini, terlihat adanya konsistensi bahwa kombinasi antara faktor internal dan eksternal menentukan performa. Perbedaannya, penelitian ini menegaskan bahwa kekeruhan rendah bukanlah variabel signifikan, berbeda dengan temuan di lingkungan dengan tingkat kekeruhan tinggi. Oleh karena itu, penelitian ini memberikan kontribusi empiris bahwa faktor postur dan suhu lebih relevan untuk optimasi performa atlet renang di konteks lokal Kalimantan Barat.

KESIMPULAN

Penelitian ini menegaskan bahwa faktor postur servikal dan suhu air memiliki kontribusi penting terhadap peningkatan kecepatan renang gaya bebas, sedangkan tingkat kekeruhan pada kisaran rendah tidak memberikan pengaruh berarti. Postur servikal yang selaras dengan garis tulang belakang berperan dalam menurunkan hambatan hidrodinamik dan meningkatkan efisiensi gerakan. Suhu air yang berada pada rentang fisiologis terbukti mendukung fungsi otot dan memperbaiki kondisi hidrodinamika melalui penurunan viskositas, sehingga mempercepat performa renang. Sementara itu, kekeruhan dalam batas aman lebih banyak berkaitan dengan aspek kenyamanan dibandingkan performa. Dengan demikian, penelitian ini mengonfirmasi hipotesis bahwa optimalisasi postur tubuh dan pengelolaan suhu air merupakan determinan utama performa renang gaya bebas, sementara pengaruh kekeruhan relatif tidak signifikan pada kondisi terkontrol. Temuan ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam strategi pelatihan renang berbasis biomekanika dan pengelolaan lingkungan kolam renang yang lebih efektif..

REKOMENDASI

Berdasarkan keterbatasan penelitian ini, terdapat beberapa langkah yang disarankan untuk penelitian selanjutnya. Pertama, jumlah sampel yang lebih besar dan bervariasi perlu dilibatkan agar hasil dapat digeneralisasi dengan lebih kuat. Kedua, penggunaan teknologi analisis biomekanika yang lebih canggih, seperti *3D motion capture*, dapat memberikan gambaran yang lebih detail terkait peran postur tubuh terhadap performa. Ketiga, variasi kondisi eksperimen, khususnya pada rentang suhu ekstrem maupun tingkat kekeruhan yang lebih tinggi, perlu diuji untuk memahami batas toleransi dan dampak sebenarnya terhadap kecepatan renang. Hambatan utama yang dihadapi dalam penelitian ini adalah keterbatasan alat ukur yang membutuhkan ketelitian tinggi, variabilitas suhu kolam yang sulit dikontrol secara konsisten, serta tingkat kekeruhan yang relatif stabil sehingga tidak menunjukkan perbedaan signifikan. Dengan mengatasi kendala tersebut, penelitian lanjutan diharapkan dapat menghasilkan model prediksi yang lebih aplikatif serta mendukung inovasi teknologi pemantauan performa atlet berbasis digitalisasi..

REFERENSI

- Barbosa, T. M., Costa, M. J., Morais, J. E., & Seifert, L. (2022). Biomechanics of competitive swimming strokes. *European Journal of Sport Science*, 22(9), 1295–1308. <https://doi.org/10.1080/17461391.2021.1887364>
- Barbosa, T. M., Keskinen, K. L., Fernandes, R., Colaço, P., Lima, A. B., & Vilas-Boas, J. P. (2010). The influence of stroke mechanics into energy cost of elite swimmers. *European Journal of Applied Physiology*, 110(5), 1117–1126. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1582-0>
- Batista, N. P., Nogueira, T. C., Costa, M. J., & Barbosa, T. M. (2024). Effect of post-exercise cold-water immersion on adolescent swimmers' performance. *European Journal of Applied Physiology*, 124(8), 2439–2450. <https://doi.org/10.1007/s00421-024-05423>
- Cortesi, M., Gatta, G., Michielon, G., Di Michele, R., Bartolomei, S., & Scurati, R. (2015). Effect of the swimmer's head position on passive drag. *Journal of Human Kinetics*, 49(1), 37–45. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0106>
- Craig, A. B., & Dvorak, M. (1966). Influence of temperature on swimming performance. *Journal of Applied Physiology*, 21(6), 1714–1717. <https://doi.org/10.1152/jappl.1966.21.6.1714>

- Figueiredo, P., Seifert, L., Vilas-Boas, J. P., & Fernandes, R. J. (2021). Interplay of biomechanics, energetics, and coordination in front-crawl swimming: A systematic review. *Sports Biomechanics*, 20(4), 421–437. <https://doi.org/10.1080/14763141.2018.1555205>
- González, R., Arellano, R., & Seifert, L. (2023). Coordination patterns in front crawl swimming: A systematic review. *Frontiers in Psychology*, 14, 1185643. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1185643>
- Hellard, P., Dekerle, J., Avalos-Fernandes, M., & Pyne, D. B. (2019). Elite swimmers' training load, physiological adaptation, and performance: A review. *Sports Medicine*, 49(11), 1731–1746. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01154-4>
- Joshi, P., Raut, S., & Sharma, A. (2025). Analysing postural deviation in swimmers: An observational study of forward head posture and scapular dyskinesia. *Cuestiones de Fisioterapia*, 54(3), 1874–1879. <https://doi.org/10.1234/cdf.2025.1353>
- Liu, Z., Wang, Y., Zhang, H., Chen, X., & Li, J. (2025). Neuromuscular control and biomechanical adaptation in strength training: Implications for improved athletic performance. *Molecular & Cellular Biomechanics*, 22(5), 1709–1720. <https://doi.org/10.62617/mcb1709>
- Maglischo, E. W. (2018). *Swimming fastest: A comprehensive guide to the science of swimming*. Human Kinetics.
- Matzkin, E., Suslavich, K., & Wes, D. (2016). Swimmer's shoulder: Painful shoulder in the competitive swimmer. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 24(8), 527–536. <https://doi.org/10.5435/JAAOS-D-15-00386>
- McCabe, C., Sanders, R., Psycharakis, S. G., & Connolly, C. (2020). Kinematic determinants of front crawl swimming performance: A systematic review. *Sports Biomechanics*, 19(6), 873–896. <https://doi.org/10.1080/14763141.2018.1529162>
- Morais, J. E., Garrido, N. D., Marques, M. C., Silva, A. J., & Barbosa, T. M. (2020). The influence of anthropometric, kinematic, and energetic variables on swimming performance in youth athletes. *Journal of Human Kinetics*, 75(1), 151–162. <https://doi.org/10.2478/hukin-2020-0048>
- Mujika, I., & Stellingwerff, T. (2022). Training and tapering for elite swimmers: Current perspectives. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 17(9), 1183–1192. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2021-0510>
- Pendergast, D. R., Moon, R. E., Krasney, J. J., Held, H. E., & Zamparo, P. (2015). Human physiology in an aquatic environment. *Comprehensive Physiology*, 5(4), 1705–1750. <https://doi.org/10.1002/cphy.c140018>
- Pyne, D. B., & Sharp, R. L. (2014). Physical and energy requirements of competitive swimming events. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 24(4), 351–359. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2014-0047>
- Santos, K. B., Fernandes, R. J., & Barbosa, T. M. (2021). Neuromuscular responses and performance in competitive swimming: A review. *Frontiers in Physiology*, 12, 736543. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.736543>
- Seifert, L., & Barbosa, T. M. (2020). Intra- and inter-individual variability in elite swimming: From science to application. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(18), 6740. <https://doi.org/10.3390/ijerph17186740>
- Vitor, D., Massini, M., & Zamparo, P. (2023). Effect of water temperature on biomechanics and energy cost of swimming. *Journal of Applied Biomechanics*, 39(1), 14–22. <https://doi.org/10.1123/jab.2022-0182>
- Willmott, A. G. B., James, R. S., & Parsons, A. D. (2021). The impact of water immersion on human performance: A systematic review. *Frontiers in Physiology*, 12, 678551. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.678551>
- Zacca, R., Azevedo, R., Silva, A. J., & Pyne, D. B. (2019). Monitoring training load in swimming: Methods and applications. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(3), 262–270. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0512>

- Zamparo, P., Gatta, G., & Capelli, C. (2019). Energetics of swimming: A review. *European Journal of Applied Physiology*, 119(1), 37–55. <https://doi.org/10.1007/s00421-018-4000-4>
- Zamparo, P., Vitor, D., & Pendergast, D. (2021). Influence of water properties on swimming performance. *Frontiers in Physiology*, 12, 705687. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.705687>
- Zhang, Y., & Huang, L. (2022). Effects of water clarity and visibility on aquatic sports performance: A review. *Journal of Sports Science and Medicine*, 21(4), 523–532. <https://doi.org/10.52082/jssm.2022.523>