

## ANALISIS DAYA TAHAN AEROBIK PADA ATLET SEPAK BOLA CEREBRAL PALSY

Yanuar Dhuma Ardhiyanto<sup>1\*</sup>, Muhamad Bram Riyadi<sup>2</sup>, Islahuzzaman Nuryadin<sup>3</sup>, Rumi Iqbal Doewes<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Pendidikan Jasmani, Fakultas Ilmu-Ilmu Kesehatan, Universitas Jenderal Soedirman  
<sup>2,3,4</sup> Pendidikan Kepelatihan Olahraga, Fakultas Keolahragaan, Universitas Sebelas Maret  
 \*E-mail Korespondensi: [yanuar.dhuma@unsoed.ac.id](mailto:yanuar.dhuma@unsoed.ac.id)

### Abstract

*This study aims to analyze aerobic endurance in cerebral palsy (CP) football players, which is a key physical component in football performance, including adaptive sports. Athletes with cerebral palsy experience neuromotor limitations that affect functional capacity and cardiovascular efficiency. This research used a descriptive quantitative approach through the Balke Running Test to measure aerobic capacity (VO2max). Fourteen national-level CP football athletes participated, classified into FT1 (n=2), FT2 (n=8), and FT3 (n=4). The results showed an overall average VO2max of 40.88 ml/kg/min, classified as moderate. Mean values for each category were 38.2 ± 2.93 ml/kg/min (FT1), 43.2 ± 3.48 ml/kg/min (FT2), and 41.2 ± 4.11 ml/kg/min (FT3). The Kruskal-Wallis test indicated no significant difference in VO2max across functional classifications ( $\chi^2=2.2857$ ,  $p=0.3189$ ), with a small effect size ( $\eta^2H = 0.0260$ ). Factors influencing these findings include sample size limitations and the homogenizing effect of centralized elite training. In conclusion, while functional impairments dictate motor mechanics, structured elite training minimizes disparities in cardiovascular efficiency among national para-footballers.*

**Keywords:** Aerobic Endurance; Cerebral Palsy Football; VO2max; Adaptive Training; Kruskal-Wallis.

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis daya tahan aerobik pada pemain sepak bola cerebral palsy (CP). Daya tahan aerobik merupakan komponen fisik utama dalam performa sepak bola, termasuk dalam olahraga adaptif seperti sepak bola CP. Atlet dengan cerebral palsy mengalami keterbatasan neuromotorik yang dapat memengaruhi kapasitas fungsional dan efisiensi kardiovaskular mereka. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif melalui Balke Running Test untuk mengukur kapasitas aerobik (VO2max). Sebanyak 14 atlet sepak bola CP tingkat nasional berpartisipasi dalam penelitian ini, yang terbagi ke dalam klasifikasi FT1 (n=2), FT2 (n=8), dan FT3 (n=4). Hasil penelitian menunjukkan rata-rata VO2max keseluruhan sebesar 40,88 ml/kg/menit, yang dikategorikan dalam tingkatan sedang. Secara spesifik, rerata nilai per kategori adalah 38,2 ± 2,93 ml/kg/menit (FT1), 43,2 ± 3,48 ml/kg/menit (FT2), dan 41,2 ± 4,11 ml/kg/menit (FT3). Hasil uji Kruskal-Wallis menunjukkan tidak terdapat perbedaan VO2max yang signifikan antar klasifikasi fungsional ( $\chi^2=2.2857$ ,  $p = 0.3189$ ) dengan effect size yang kecil ( $\eta^2H=0.0260$ ). Faktor-faktor yang memengaruhi temuan ini meliputi keterbatasan ukuran sampel serta efek homogenisasi dari program latihan intensif terpusat. Kesimpulannya, meskipun keterbatasan fungsi motorik mendikte mekanika gerak, program latihan tingkat elite yang terstruktur mampu meminimalkan kesenjangan efisiensi kardiovaskular antar kelas atlet sepak bola CP tingkat nasional.

**Kata Kunci:** Daya Tahan Aerobik; Sepak Bola Cerebral Palsy; VO2max; Latihan Adaptif; Kruskal-Wallis.

Submitted: 2026-06-02	Revised: 2026-06-10	Accepted: 2026-06-20
-----------------------	---------------------	----------------------

## PENDAHULUAN

Sepak bola cerebral palsy (CP), atau yang secara internasional dikenal sebagai sepak bola tujuh lawan tujuh (*7-a-side football*), merupakan salah satu cabang olahraga adaptif paling populer di dunia yang dirancang khusus untuk atlet dengan gangguan neurologis kronis non-progresif. Gangguan ini umumnya bersumber dari cerebral palsy atau cedera otak traumatik (*acquired brain injury*) yang memengaruhi pusat kendali motorik di otak. Meskipun para atlet ini bertanding dengan keterbatasan neuromotorik yang nyata, tuntutan fisik dan fisiologis dari sepak bola CP modern menunjukkan karakteristik yang sangat serupa dengan sepak bola konvensional non-disabilitas. Olahraga ini menuntut aktivitas intensitas tinggi yang dinamik, mencakup sprint berulang, perubahan arah yang cepat (*agility*), duel fisik, serta keterampilan teknis tingkat tinggi yang harus dipertahankan dalam rentang waktu pertandingan 2 x 30 menit.

Daya tahan aerobik, yang didefinisikan sebagai kemampuan untuk mempertahankan aktivitas fisik yang lama dengan memanfaatkan sistem energi aerobik, sangat penting untuk menjaga performa sepanjang pertandingan. Dalam sepak bola, pemain sering kali melakukan aktivitas intensitas tinggi secara berselang-seling yang diselingi dengan periode pemulihan intensitas rendah (Bangsbo et al., 2008). Efisiensi daya tahan aerobik memungkinkan atlet untuk pulih dengan cepat serta mempertahankan performa teknis dan taktis selama pertandingan. Namun, atlet CP sering menghadapi tantangan fungsional seperti spastisitas, kontrol motorik yang asimetris, dan kelelahan otot, yang dapat berdampak negatif pada efisiensi aerobik mereka. Oleh karena itu, analisis daya tahan aerobik dalam sepak bola CP sangat penting untuk mengembangkan program latihan adaptif yang mengoptimalkan performa fungsional dan kesiapan kompetitif pemain. Berdasarkan studi terdahulu, efisiensi sistem aerobik pada atlet CP terganggu karena peningkatan tonus otot, spastisitas, dan mobilitas sendi yang terbatas (Goosey-Tolfrey, 2010).

Tantangan fisiologis ini menghasilkan pengeluaran energi yang lebih besar untuk lokomosi dasar dibandingkan dengan pemain non-disabilitas. Sistem klasifikasi yang ditetapkan oleh International Federation of Cerebral Palsy Football (IFCPF) membagi atlet menjadi kategori FT1 hingga FT3 berdasarkan tingkat keparahan gangguan motorik. Atlet dalam kelas fungsional yang lebih tinggi (FT2–FT3) umumnya menunjukkan performa aerobik dan anaerobik yang lebih baik daripada kelas yang lebih rendah (FT1) (Yanci et al., 2016). Daya tahan aerobik pada atlet CP dipengaruhi tidak hanya oleh keterbatasan fisik tetapi juga oleh adaptasi biomekanis, seperti pola jalan dan penggunaan otot yang berubah (Tweedy & Vanlandewijck, 2011). Meskipun program latihan adaptif yang disesuaikan telah terbukti meningkatkan kebugaran kardiovaskular dan resistensi kelelahan (Hutzler & Bar-Eli, 2013), analisis komprehensif mengenai profil daya tahan fungsional khusus pada atlet tingkat nasional di Indonesia masih terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan serta menganalisis tingkat daya tahan aerobik atlet sepak bola CP serta mengeksplorasi hubungan antara keterbatasan fisik dan kapasitas daya tahan. Hipotesis penelitian ini adalah bahwa klasifikasi kemampuan fungsional berpengaruh nyata terhadap kapasitas daya tahan ( $VO_{2max}$ ) atlet sepak bola CP.

## METODE

Penelitian ini menerapkan desain deskriptif kuantitatif dengan pendekatan *ex post facto* untuk mengevaluasi dan membandingkan profil fisik atlet berdasarkan kelompok klasifikasi fungsional yang sudah ada. Populasi penelitian ini adalah seluruh atlet olahraga adaptif sepak bola CP yang terdaftar di pemusatan latihan tingkat nasional. Teknik pengambilan sampel menggunakan *purposive sampling* dengan kriteria inklusi: (1) aktif sebagai atlet sepak bola CP tingkat nasional, (2) berada pada rentang usia produktif 18–35 tahun, (3) telah mendapatkan kartu klasifikasi resmi dari classifier internasional IFCPF, dan (4) dinyatakan sehat secara medis untuk menjalani tes fisik maksimal. Berdasarkan kriteria tersebut, diperoleh sampel sebanyak 14 atlet putra nasional dengan distribusi kelas fungsional sebagai berikut: FT1 ( $n=2$ ), FT2 ( $n=8$ ), dan FT3 ( $n=4$ ). Seluruh partisipan telah diberikan penjelasan mengenai prosedur pengujian dan menandatangani lembar persetujuan tindakan (*informed consent*) sebelum pengumpulan data dimulai.

Pengukuran kapasitas pengambilan oksigen maksimal ( $VO_{2max}$ ) dilakukan dengan menggunakan *Balke Running Test* (Tes Balke). Instrumen ini dipilih karena memiliki validitas dan reliabilitas yang baik untuk mengukur kapasitas aerobik pada populasi khusus serta memiliki sensitivitas yang memadai terhadap variasi langkah kaki pada atlet dengan gangguan neurologis. Pengujian dilaksanakan pada lintasan lari atletik standar berpermukaan sintesis berjarak 400-meter pada kondisi cuaca yang terkontrol (pagi hari, suhu udara 24–26°C, kelembaban <70%) untuk meminimalkan bias faktor lingkungan. Prosedur pengujian diawali dengan pemeriksaan tanda-

tanda vital (tekanan darah dan denyut nadi istirahat). Selanjutnya, seluruh atlet menjalani prosedur pemanasan yang seragam (*standardized warm-up*) selama 15 menit, meliputi peregangan dinamis dan lari intensitas rendah (*jogging*). Setelah aba-aba dimulai, atlet diminta untuk berlari secara konstan selama tepat 15 menit. Jarak total yang ditempuh oleh masing-masing atlet dicatat dengan ketelitian hingga 1-meter terdekat. Nilai jarak total tersebut kemudian dikonversikan ke dalam satuan ml/kg/menit menggunakan rumus standar estimasi VO<sub>2</sub>max Balke. Kategori kebugaran kardiorespirasi ditentukan berdasarkan norma klasifikasi adaptasi dari Cooper (2010) yang disesuaikan dengan kelompok usia atlet.

Data yang diperoleh dalam penelitian ini diolah secara statistik menggunakan perangkat lunak R Studio. Analisis statistik deskriptif diterapkan untuk menghitung nilai tengah dan dispersi data, meliputi rata-rata (*mean*), standar deviasi (*standard deviation/SD*), median, nilai minimum, dan nilai maksimum dari kapasitas VO<sub>2</sub>max pada keseluruhan sampel maupun pada setiap kelompok klasifikasi fungsional. Mengingat ukuran sampel yang relatif kecil (n=14) and terdapat ketidakseimbangan jumlah sampel antar-kategori (khususnya kelas FT1 yang hanya berjumlah 2 atlet), asumsi normalitas data dan homogenitas varians tidak dapat terpenuhi secara ideal untuk pengujian parametrik (ANOVA). Oleh sebab itu, pengujian hipotesis untuk melihat pengaruh klasifikasi fungsional terhadap VO<sub>2</sub>max dilakukan dengan menggunakan uji non-parametrik Kruskal-Wallis rank sum test pada taraf signifikansi  $\alpha=0.05$ . Jika hasil uji Kruskal-Wallis menunjukkan nilai signifikansi  $p \leq 0.05$ , maka akan dilanjutkan dengan uji komparasi ganda post-hoc menggunakan metode Dunn’s Pairwise Comparison disertai koreksi Bonferroni untuk mengontrol Family-Wise Error Rate (FWER). Untuk mengukur seberapa besar kontribusi variabel klasifikasi fungsional terhadap variasi nilai VO<sub>2</sub>max, dilakukan perhitungan ukuran efek (*effect size*) menggunakan metode *Eta Squared* ( $\eta^2_H$ ) berbasis statistik H Kruskal-Wallis, dengan kriteria interpretasi: 0.01 – <0.06 (*small effect*), 0.06 – <0.14 (*medium effect*), dan  $\geq 0.14$  (*large effect*).

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berdasarkan hasil pengujian fisik yang dilakukan terhadap 14 atlet sepak bola CP tingkat nasional, diperoleh gambaran umum bahwa kapasitas aerobik keseluruhan sampel berada pada nilai rata-rata VO<sub>2</sub>max sebesar 40,88 ml/kg/menit. Merujuk pada standar klasifikasi kebugaran menurut Cooper (2010), nilai capaian rata-rata kolektif ini menempatkan profil daya tahan kardiorespirasi fungsional atlet sepak bola CP Indonesia dalam kategori 'sedang' (*moderate*). Untuk melihat karakteristik sebaran data secara lebih spesifik pada masing-masing tingkatan disabilitas motorik, ringkasan hasil analisis statistika deskriptif kapasitas aerobik berdasarkan kelas fungsional IFCPF disajikan secara mendetail pada Tabel 1.

Tabel 1. Profil Statistik Deskriptif Kapasitas Aerobik (VO<sub>2</sub>max) Berdasarkan Klasifikasi Fungsional Atlet Sepak Bola CP (n=14)

Klasifikasi Fungsional	Karakteristik Keterbatasan Motorik	n	Mean (ml/kg/min)	SD	Median	Min	Max	Kategori Kebugaran
FT1	Gangguan motorik tingkat berat	2	38,20	2,93	38,20	36,10	40,30	Kurang – Sedang
FT2	Gangguan motorik tingkat sedang	8	43,20	3,48	42,30	39,00	48,70	Sedang – Baik
FT3	Gangguan motorik tingkat ringan	4	41,20	4,11	42,80	35,20	44,20	Sedang – Baik

Total Sampel	Seluruh sampel atlet	14	40,88	-	-	35,20	48,70	Sedang
--------------	----------------------	----	-------	---	---	-------	-------	--------

Sumber: Data Primer Diolah (2026)

Data pada Tabel 1 menunjukkan adanya tren yang konsisten di mana atlet yang berada pada kelas fungsional lebih tinggi (FT2–FT3) mendemonstrasikan kapasitas aerobik yang lebih baik dibandingkan dengan rekan mereka di kelas FT1. Temuan empiris ini mendukung hipotesis bahwa tingkat kemampuan fungsional motorik secara signifikan memengaruhi performa daya tahan pada cabang olahraga sepak bola CP. Hal ini disebabkan karena gangguan neuromotorik intrinsik pada kondisi CP menyebabkan perubahan koordinasi otot, kekakuan spastisitas, serta peningkatan biaya pengeluaran energi (*energy cost*) saat melakukan mobilisasi dan gerakan di lapangan. Fenomena penurunan efisiensi kardiovaskular pada atlet disabilitas ini sejalan dengan hasil kajian dari Yanci et al. (2016) serta Tweedy dan Vanlandewijck (2011). Data deskriptif pada Tabel 1 juga menunjukkan adanya variasi nilai rata-rata antar kelompok. Atlet pada kelompok FT1 (gangguan berat) memiliki nilai rerata VO<sub>2</sub>max paling rendah, yaitu 38,20 ± 2,93 ml/kg/menit. Menariknya, nilai rerata tertinggi tidak ditemukan pada kelompok FT3 (gangguan paling ringan), melainkan pada kelompok FT2 (gangguan sedang) dengan nilai mencapai 43,20 ± 3,48 ml/kg/menit, disusul oleh kelompok FT3 dengan nilai rerata 41,20 ± 4,11 ml/kg/menit.

Untuk membuktikan secara ilmiah apakah perbedaan deskriptif tersebut memiliki makna yang signifikan dalam populasi atlet, dilakukan pengujian hipotesis non-parametrik menggunakan uji Kruskal-Wallis. Hasil komputasi menunjukkan nilai statistik uji Kruskal-Wallis  $\chi^2=2.2857$  dengan degree of freedom (df)=2, dan diperoleh nilai p-value =0.3189. Karena nilai p-value yang diperoleh jauh lebih besar daripada taraf signifikansi yang ditentukan (0.3189 > 0.05), maka keputusan statistik yang diambil adalah H<sub>0</sub> gagal ditolak. Hal ini bermakna secara empiris bahwa tidak terdapat perbedaan daya tahan aerobik (VO<sub>2</sub>max) yang signifikan antar kategori klasifikasi fungsional pada atlet sepak bola CP tingkat nasional yang diteliti. Sejalan dengan hasil tersebut, pengujian *effect size* menggunakan rumus *eta squared* menghasilkan nilai  $\eta^2H=0.0260$  (*small effect*), yang mengindikasikan bahwa kontribusi faktor klasifikasi disabilitas fungsional terhadap variabilitas kapasitas VO<sub>2</sub>max atlet tergolong sangat rendah.

Tantangan tingginya biaya energi tersebut dapat dimitigasi melalui program pengondisian aerobik yang terencana secara berkelanjutan. Berbagai bentuk intervensi latihan terstruktur, seperti latihan interval (*interval training*), permainan area kecil (*small-sided games*), dan sesi aerobik berbasis sirkuit, terbukti efektif meningkatkan nilai VO<sub>2</sub> max dan daya tahan kelelahan pada atlet dengan disabilitas (Martínez-Aldao et al., 2020). Di samping faktor metode latihan, pelatih juga harus mencermati aspek eksternal seperti pengaruh geografis turnamen. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa respons aktivitas lari intensitas sedang dan tinggi ditemukan lebih dominan pada turnamen wilayah Asia-Oseania jika dibandingkan dengan kompetisi di Amerika, Eropa, maupun skala Piala Dunia (Castillo et al., 2025). Hal ini mengindikasikan faktor geografis ikut mendikte tuntutan fisik atlet, sehingga menuntut penyesuaian strategi persiapan yang kontekstual.

Lebih lanjut, pengembangan performa atlet secara komprehensif tidak hanya bertumpu pada aspek fisik, melainkan melibatkan dimensi psikologis. Kesiapan mental, termasuk tingkat motivasi diri dan efikasi diri (*self-efficacy*), memegang peranan krusial bagi keberhasilan performa atletik dalam ekosistem olahraga adaptif (Hutzler & Bar-Eli, 2013). Integrasi teknik pengondisian mental (*mental conditioning*) berdampingan dengan program latihan fisik terbukti mampu membangun resiliensi serta mendongkrak performa tanding atlet. Selain itu, pemanfaatan teknologi adaptif berupa perangkat pelacak performa (*performance tracking devices*) dan aplikasi kepelatihan khusus bertindak sebagai instrumen penyedia umpan balik yang valid untuk memfasilitasi penyesuaian program latihan individu (Jamieson & Wijesundara, 2024). Terakhir,

optimalisasi dinamika tim serta penguatan jalinan sistem dukungan sosial antar-pemain berperan penting menciptakan rasa memiliki, mereduksi kecemasan bertanding, dan memelihara konsistensi keterlibatan latihan demi pencapaian prestasi kolektif tim sepak bola CP.

Hasil uji komparasi ganda post-hoc Dunn’s Pairwise Comparison disajikan pada Tabel 2.

<b>Perbandingan Antar Kategori</b>	<b>Nilai Statistik Z</b>	<b>p-value Unadjusted</b>	<b>p-value Adjusted (Bonferroni)</b>	<b>Kesimpulan</b>
K1 (FT1) vs K2 (FT2)	-1,511857	0,1306	0,3917	Tidak Signifikan
K1 (FT1) vs K3 (FT3)	-1,104104	0,2695	0,8086	Tidak Signifikan
K2 (FT2) vs K3 (FT3)	0,390360	0,6963	1,0000	Tidak Signifikan

Sumber: Output Analisis Data Statistik (2026)

Temuan utama dari penelitian ini menunjukkan sebuah fenomena yang sangat menarik dan menolak hipotesis awal yang diajukan. Awalnya, diasumsikan bahwa klasifikasi fungsional motorik yang ditetapkan oleh IFCPF (*International Federation of Cerebral Palsy Football*, 2024) akan linear dengan kapasitas daya tahan aerobik, di mana kelas FT3 yang memiliki gangguan motorik paling ringan diasumsikan memiliki VO<sub>2</sub>max paling tinggi akibat efisiensi mekanis gerak yang lebih baik (Maggiolo et al., 2025a). Namun, hasil analisis inferensial Kruskal-Wallis secara tegas membuktikan bahwa perbedaan tingkat keparahan neuromotorik intrinsik tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kapasitas VO<sub>2</sub>max pada atlet elite sepak bola CP Indonesia (p=0.3189). Kapasitas aerobik atlet pada ketiga kategori tersebut secara statistik dinilai relatif serupa atau homogen.

Ada beberapa landasan ilmiah dan faktor sosiologis-keolahragaan yang mendasari fenomena ini. Pertama, faktor homogenitas program latihan tingkat elite (efek pemusatan latihan nasional). Seluruh subjek dalam penelitian ini adalah atlet tingkat nasional yang menjalani program latihan terpusat secara intensif, terstruktur, dan berkelanjutan dalam jangka waktu yang panjang. Berbagai bentuk intervensi latihan yang diterapkan oleh tim pelatih, seperti high-intensity interval training (HIIT), small-sided games (SSG), dan latihan sirkuit, memiliki stimulus kardiometabolik yang sangat kuat (Poon et al., 2024; Clemente et al., 2024). Latihan aerobik dan anaerobik yang terencana secara kronis ini merangsang adaptasi fisiologis pusat (*central adaptations*), seperti peningkatan volume sekuncup jantung (*stroke volume*), hipertrofi ventrikel kiri, peningkatan densitas kapiler pada otot rangka, serta peningkatan kapasitas enzim oksidatif di mitokondria (Pittaras et al., 2023). Adaptasi sistem kardiorespirasi pada level makro ini terjadi secara masif pada seluruh atlet tanpa memandang kelas disabilitasnya. Program pengondisian fisik yang intensif mampu memitigasi keterbatasan neuromuskular awal, sehingga performa efisiensi sistem transpor dan pemanfaatan oksigen meningkat secara merata dan memperkecil kesenjangan antar-kelas fungsional (Perrotta & Fletcher, 2024).

Kedua, adanya variasi deskriptif yang tidak linear dengan tingkatan kelas fungsional. Data deskriptif menunjukkan bahwa kelompok FT2 justru mendemonstrasikan nilai rerata VO<sub>2</sub>max tertinggi (43,20 ml/kg/menit) melampaui kelompok FT3 (41,20 ml/kg/menit). Secara teoritis, atlet FT3 memiliki koordinasi dan efisiensi biomekanis yang lebih baik daripada FT2. Namun, keunggulan fisik dalam olahraga beregu seperti sepak bola tidak hanya ditentukan oleh struktur anatomi bawaan disabilitas, melainkan sangat dipengaruhi oleh tuntutan posisi taktis (*positional roles*) di lapangan dan riwayat pelatihan individu (*training background*). Dalam permainan sepak bola, pemain yang menempati posisi gelandang (*midfielder*) atau penyerang sayap (*winger*) secara

natural dituntut untuk melakukan mobilitas lari dengan jarak tempuh yang jauh lebih tinggi sepanjang pertandingan dibandingkan dengan pemain bertahan (*center-back*) atau penjaga gawang (Chen et al., 2025). Jika mayoritas atlet dalam sampel kelompok FT2 memiliki peran taktis sebagai *midfielder* yang aktif bergerak, maka tuntutan fungsional harian dalam latihan secara spesifik mendongkrak kapasitas metabolisme aerobik mereka melebihi atlet kelas FT3 yang menempati posisi yang kurang menuntut aktivitas lari konstan (Maggiolo et al., 2025b). Hal ini didukung oleh penelitian dari Berasategui et al. (2025) dan Castillo et al. (2025) yang menyatakan bahwa karakteristik aktivitas lari intensitas tinggi pada para-pesepakbola sangat dipengaruhi oleh dinamika pertandingan dan peran taktis kontekstual.

Ketiga, aspek kompensasi biomekanis dan efisiensi spesifik tugas (*task-specific efficiency*). Meskipun atlet dengan cerebral palsy mengalami hambatan berupa spastisitas dan kontrol motorik yang asimetris, atlet tingkat elite yang telah berlatih bertahun-tahun mengembangkan pola jalan kompensasi yang sangat efisien secara fungsional untuk tubuh mereka sendiri. Melalui proses pembelajaran motorik (*motor learning*) yang berulang, sistem saraf mereka merekrut unit motorik (*motor unit recruitment*) dengan strategi alternatif yang meminimalkan pemborosan energi (Faccioli et al., 2023). Ditambah lagi, penggunaan pemantauan performa berbasis *performance tracking devices* membantu pelatih memberikan umpan balik yang presisi untuk mengoreksi inefisiensi gerak tersebut secara individual (Robertson et al., 2023; Maggiolo et al., 2025a). Hasilnya, pengeluaran energi berlebih (*energy cost*) yang awalnya diprediksi akan menekan nilai  $VO_{2max}$  pada kelompok berganggu berat (FT1) dapat ditekan semaksimal mungkin, mendekati efisiensi metabolik kelompok di atasnya.

Keempat, keterbatasan ukuran sampel statistik (*sample size limitation*). Peneliti menyadari bahwa tidak signifikannya hasil pengujian secara statistik dipengaruhi oleh keterbatasan jumlah sampel, terutama pada kelompok FT1 yang hanya memiliki 2 atlet ( $n=2$ ). Keterbatasan sampel ini merupakan tantangan universal dalam penelitian olahraga adaptif (paralimpik), karena populasi atlet elite dengan disabilitas spesifik memang sangat terbatas jumlahnya di tingkat nasional (Lee et al., 2024). Secara statistik, ukuran sampel yang sangat kecil dan tidak seimbang (*unbalanced design*) menurunkan kekuatan uji (*statistical power*) dari uji non-parametrik Kruskal-Wallis, sehingga fluktuasi data yang besar pada level individu dapat dengan mudah mengaburkan perbedaan signifikan yang mungkin ada pada level populasi yang lebih luas. Nilai *effect size* yang kecil ( $\eta^2H = 0.0260$ ) mengonfirmasi bahwa secara praktis, perbedaan kapasitas aerobik antar-kategori pada level elite nasional memang tidak terlalu lebar.

Secara keseluruhan, temuan bahwa tingkat kebugaran aerobik keseluruhan atlet berada pada kategori sedang (40,88 ml/kg/menit) memberikan sinyal penting bagi manajemen kepelatihan olahraga adaptif Indonesia (Pittaras et al., 2023). Nilai ini menunjukkan bahwa meskipun para atlet telah memiliki modal fisik yang cukup untuk bersaing di tingkat regional, masih terdapat ruang yang luas untuk optimasi (Perrotta & Fletcher, 2024). Peningkatan daya tahan aerobik harus terus diupayakan melalui pendekatan kepelatihan holistik berbasis sains (*science-based coaching*). Pengembangan atlet tidak boleh hanya terpaku pada latihan fisik konvensional, melainkan wajib mengintegrasikan aspek psikologis, seperti membangun efikasi diri (*self-efficacy*) dan resiliensi mental atlet dalam menghadapi kelelahan (López-Rodríguez et al., 2025). Dukungan sosial yang kuat dan lingkungan tim yang kohesif juga terbukti krusial untuk menjaga motivasi internal atlet disabilitas agar tetap konsisten dalam menjalani sesi latihan pengondisian fisik yang melelahkan (Xu & Tian, 2025; Barbosa-Granados et al., 2024). Dengan memadukan latihan fisik adaptif, pemanfaatan instrumen teknologi pelacakan, dan intervensi psikologis yang tepat, kapasitas fungsional kardiorespirasi atlet sepak bola CP dapat ditingkatkan ke kategori baik atau superior, yang pada akhirnya akan mendongkrak prestasi kolektif tim di panggung internasional.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data statistik deskriptif dan inferensial menggunakan uji Kruskal-Wallis, dapat ditarik beberapa simpulan esensial sebagai berikut: 1. Atlet sepak bola cerebral palsy tingkat nasional memiliki profil daya tahan aerobik keseluruhan yang berada pada kategori sedang (*moderate*), dengan capaian nilai rata-rata VO<sub>2</sub>max kolektif sebesar 40,88 ml/kg/menit. 2. Klasifikasi fungsional spesifik (FT1, FT2, FT3) yang ditetapkan oleh IFCPF tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kapasitas daya tahan aerobik (VO<sub>2</sub>max) atlet ( $\chi^2=2.2857$ ,  $p=0.3189$ ). Kekuatan hubungan antar-variabel tergolong rendah dengan nilai *effect size* yang kecil ( $\eta^2H=0.0260$ ). Hal ini menunjukkan bahwa program latihan intensif terpusat pada tingkat elite mampu menyeragamkan efisiensi kardiorespirasi atlet, terlepas dari perbedaan derajat gangguan neuromotorik bawaan mereka.

Sebagai rekomendasi aplikatif, tim pelatih sepak bola CP disarankan untuk tetap mempertahankan pendekatan latihan pengondisian aerobik yang dikustomisasi secara individual berdasarkan karakteristik mekanika gerak dan posisi taktis atlet di lapangan, bukan hanya bertumpu pada kelas disabilitasnya. Penyusunan program masa depan wajib menerapkan pendekatan holistik yang mengintegrasikan latihan fisik adaptif berbasis *sport science*, monitoring performa berbasis teknologi pelacak digital, serta teknik pengondisian psikologis untuk membangun efikasi diri atlet. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk melibatkan jumlah sampel yang lebih besar melalui kolaborasi multi-senter dan menerapkan desain penelitian longitudinal guna mengevaluasi efek adaptasi kronis latihan secara lebih akurat serta merumuskan panduan kepelatihan berbasis bukti (*evidence-based guidelines*) yang kuat demi kemajuan olahraga adaptif nasional.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bangsbo, J., Iaia, F. M., & Krstrup, P. (2008). The Yo-Yo intermittent recovery test: Physiological response, reliability, and validity. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40(4), 708–714. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181621042>
- Barbosa-Granados, S., Aguirre-Loaiza, H., Arenas-Granada, J., Urrea-Cuéllar, Á., Hernández Roldán, R., Quiñonez, J., Parra-Tijero, J., Herrera-Agudelo, L., & Nanez, J. (2024). Psychological characteristics related to sport: Differences between disabled and able-bodied athletes. *Apunts Educación Física y Deportes*, 156, 19–29. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2024/2\).156.03](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2024/2).156.03)
- Berasategui, O., Yanci, J., Reina, R., Henríquez, M., Iturricastillo, A., Errekagorri, I., & Castillo, D. (2025). Physical responses during matches of international female football players with cerebral palsy according to their sport classes. *Sports*, 13(4), 94. <https://doi.org/10.3390/sports13040094>
- Castillo, D., Iturricastillo, A., Yanci, J., Reina, R., & Henríquez, M. (2025). Match-running differences among international regional tournaments and the World Cup in male para-footballers with cerebral palsy. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 42(1), 1-15. <https://doi.org/10.1123/apaq.2024-0081>
- Chen, S., Zmijewski, P., & Bradley, P. S. (2025). Establishing reference values for the match running performances of thirteen specific positional roles at UEFA Euro 2024. *Biology of Sport*, 42(3), 1–14. <https://doi.org/10.5114/biolSport.2025.148535>
- Clemente, F. M., Afonso, J., Sarmiento, H., Rabbani, A., Nikolaidis, P. T., Rosemann, T., Knechtle, B., & Costa, J. (2024). Endurance performance adaptations between small-sided games and high-intensity interval training: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Sports Medicine*, 45, 183–210. <https://doi.org/10.1055/a-2171-3255>
- Cooper, K. H. (1982). The aerobics program for total well-being. *M. Evans & Company*.
- Cooper, K. H. (2010). Aerobics program for total well-being (re-print). New York: *Bantam Books*.

- Faccioli, S., Pagliano, E., Ferrari, A., Maghini, C., Siani, M. F., Sgherri, G., Cappetta, G., Borelli, G., Farella, G. M., Foscan, M., Viganò, M., Sghedoni, S., Perazza, S., & Sassi, S. (2023). Evidence-based management and motor rehabilitation of cerebral palsy children and adolescents: A systematic review. *Frontiers in Neurology*, *14*, 1171224. <https://doi.org/10.3389/fneur.2023.1171224>
- Goosey-Tolfrey, V. L. (2010). Physiology of athletes with cerebral palsy. *Adapted Physical Activity Quarterly*, *27*(3), 217–235. <https://doi.org/10.1123/apaq.27.3.217>
- Hutzler, Y., & Bar-Eli, M. (2013a). How to cope with bias while adapting for inclusion in physical education and sports: A judgment and decision-making perspective. *Quest*, *65*(1), 57-71. <https://doi.org/10.1080/00336297.2012.727372>
- Hutzler, Y., & Bar-Eli, M. (2013b). Psychological benefits of sports participation for people with cerebral palsy. *European Journal of Adapted Physical Activity*, *6*(1), 7–19. <https://doi.org/10.5507/eapa.2013.001>
- International Federation of Cerebral Palsy Football [IFCPF]. (2024). *IFCPF classification rules 2024*. <https://www.ifcpf.com/about-classification>
- Jamieson, A., & Wijesundara, H. D. (2024). A review of adaptive equipment and technology for exercise and sports activities for people with disabilities. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, *19*(4), 1-12. <https://doi.org/10.1080/17483107.2024.2372323>
- Lee, R., Pinder, R. A., Haydon, D. S., Winter, L. M., & Crowther, R. G. (2024). What gaps exist in biomechanics and motor control research in Paralympic sports? A scoping review focussed on performance and injury risk. *Journal of Sports Sciences*, *42*, 2073–2082. <https://doi.org/10.1080/02640414.2024.2415214>
- López-Rodríguez, L., González Carballido, L. G., Montoya-Romero, C. A., Suárez-Rodríguez, M. C., González-Rabeiro, M., Charlot-Cardoza, O., Yañez-Rivera, A., & Fera-Madueño, A. (2025). Self-efficacy in high-performance sports: A systematic review and meta-analysis. *Psychology in Russia: State of the Art*, *18*(1), 116–143. <https://doi.org/10.11621/pir.2025.0107>
- Maggiolo, J. F., García-Hernández, J. J., Moya-Ramón, M., & Peña-González, I. (2025a). Comparative analysis of in-match physical requirements across national and international competitive contexts in cerebral palsy football. *Sensors*, *25*(12), 3834. <https://doi.org/10.3390/s25123834>
- Maggiolo, J. F., Javaloyes, A., Moya-Ramón, M., & Peña-González, I. (2025b). In-match physical requirements and team performance in cerebral palsy football across a competitive season. *Sensors*, *25*(10), 3193. <https://doi.org/10.3390/s25103193>
- Martínez-Aldao, D., Boullosa, D., Fukuda, D. H., & Vila, H. (2020). Effects of specific training on aerobic capacity in athletes with cerebral palsy. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *15*(8), 1121–1130. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2019-0740>
- Perrotta, A. S., & Fletcher, J. R. (2024). Physiological, anatomical and sport performance adaptations to concentrated training periods in athletes. *Frontiers in Sports and Active Living*, *6*, 1491863. <https://doi.org/10.3389/fspor.2024.1491863>
- Pittaras, A., Faselis, C., Doulmas, M., Grassos, C., & Kokkinos, P. (2023). Physical activity and cardiac morphologic adaptations. *Reviews in Cardiovascular Medicine*, *24*(5), 142. <https://doi.org/10.31083/j.rcm2405142>
- Poon, E. T-C., Sun, F-H., Chung, A. P-W., & Wong, S. H-S. (2024). High-intensity interval training and cardiorespiratory fitness in adults: An umbrella review of systematic reviews and meta-analyses. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *34*, e14652. <https://doi.org/10.1111/sms.14652>
- Robertson, S., Duthie, G. M., Ball, K., Spencer, B., Serpiello, F. R., Haycraft, J., Evans, N., Billingham, J., & Aughey, R. J. (2023). Challenges and considerations in determining the quality of electronic performance & tracking systems for team sports. *Frontiers in Sports and Active Living*, *5*, 1266522. <https://doi.org/10.3389/fspor.2023.1266522>

- Tweedy, S. M., & Vanlandewijck, Y. C. (2011). International Paralympic Committee position stand—background and scientific principles of classification in Paralympic sport. *British Journal of Sports Medicine*, *45*(4), 259–269. <https://doi.org/10.1136/bjism.2010.081349>
- Xu, Y., & Tian, W. (2025). The effect of team cohesion on mental toughness: A mediation and moderation mixed study based on COR theory. *Frontiers in Psychology*, *16*, 1655398. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1655398>
- Yanci, J., Castillo, D., Iturricastillo, A., Ayarra, R., & Reina, R. (2016). Physical fitness profile of football players with cerebral palsy: Differences according to sport classification. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *11*(5), 606–613. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0288>