

Nilai Prediktif Kebugaran Kardiovaskular untuk Deteksi Dini Risiko Kesehatan pada Remaja: *Cross-Sectional Study*

Rinna Ainul Maghfiroh¹, Arif Pristianto^{2*}

^{1,2}Program Studi Fisioterapi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah
Surakarta, Indonesia

*Email korespondensi: ap123@ums.ac.id

Abstrak

Latar belakang: Kebugaran kardiovaskular pada remaja merupakan indikator penting kesehatan jangka panjang, tetapi data skrining awal pada remaja Indonesia masih terbatas. **Tujuan:** Untuk mengetahui hubungan kebugaran kardiovaskular ($VO_2\max$) dengan parameter hemodinamik sederhana, yaitu tekanan darah sistolik (SBP), tekanan darah diastolik (DBP), dan denyut jantung (HR) pada remaja. **Metode:** Studi *cross-sectional* dilakukan pada 78 remaja di Surakarta. $VO_2\max$ diestimasi menggunakan *Cooper 12-Minute Run Test*. HR dan tekanan darah diukur dengan *pulse oximeter* dan *sphygmomanometer* digital yang telah dikalibrasi. Analisis deskriptif, uji normalitas Shapiro–Wilk, dan korelasi Pearson/Spearman digunakan sesuai distribusi data dengan batas signifikansi $p < 0,05$. **Hasil:** Sebagian besar responden berada pada kategori $VO_2\max$ sangat buruk atau buruk (91,0%). Tekanan darah diastolik menunjukkan proporsi kategori hipertensi yang lebih besar dibandingkan tekanan darah sistolik. $VO_2\max$ berhubungan bermakna dengan SBP dan DBP ($r = 0,619$; $p < 0,001$) serta HR ($r = 0,310$; $p = 0,009$). **Kesimpulan:** Kebugaran kardiovaskular yang diukur melalui $VO_2\max$ berhubungan signifikan dengan tekanan darah dan denyut jantung pada remaja, menunjukkan bahwa kapasitas aerobik dapat menjadi indikator penting dalam pemantauan kesehatan kardiovaskular sejak dini. **Kata Kunci:** kebugaran kardiovaskular, $VO_2\max$, remaja, tekanan darah, denyut jantung, fisioterapi.

Abstract

Background: Cardiovascular fitness in adolescents is an important indicator of long-term health; however, data on early cardiovascular screening among Indonesian adolescents remain limited. **Objective:** To determine the relationship between cardiovascular fitness ($VO_2\max$) and simple hemodynamic parameters, including systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP), and heart rate (HR) in adolescents. **Methods:** A cross-sectional study was conducted involving 78 adolescents in Surakarta, Indonesia. $VO_2\max$ was estimated using the Cooper 12-Minute Run Test. Heart rate and blood pressure were measured using a calibrated pulse oximeter and digital sphygmomanometer. Descriptive analysis, Shapiro–Wilk normality testing, and Pearson or Spearman correlation analyses

were performed according to data distribution, with statistical significance set at $p < 0.05$. **Results:** Most participants were classified as having very poor or poor $VO_2\text{max}$ levels (91.0%). Diastolic blood pressure showed a higher proportion of hypertensive categories than systolic blood pressure. $VO_2\text{max}$ was significantly correlated with both SBP and DBP ($r = 0.619$; $p < 0.001$), as well as with HR ($r = 0.310$; $p = 0.009$). **Conclusion:** Cardiovascular fitness, as measured by $VO_2\text{max}$, was significantly associated with blood pressure and heart rate in adolescents, suggesting that aerobic capacity may serve as an important indicator for early cardiovascular health monitoring.

Keywords: cardiovascular fitness, $VO_2\text{max}$, adolescents, blood pressure, heart rate, physiotherapy.

1. PENDAHULUAN

Kebugaran kardiovaskular merupakan salah satu indikator terpenting kesehatan jangka panjang arena berkaitan erat dengan risiko penyakit kardiovaskular, gangguan metabolik, dan mortalitas (Lavie et al., 2022; Quesada et al., 2023). Masa remaja (10–19 tahun) merupakan periode kritis dalam pembentukan kesehatan sepanjang kehidupan, ketika terjadi pertumbuhan fisik yang pesat, maturasi sistem kardiovaskular, serta pembentukan pola perilaku yang menetap hingga dewasa (Namdev & Mishra, 2016). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa rendahnya kebugaran kardiovaskular pada usia muda berhubungan dengan peningkatan risiko hipertensi, diabetes melitus tipe 2, dan penyakit jantung pada masa dewasa, sehingga pemantauan kebugaran sejak remaja menjadi bagian penting dalam upaya pencegahan penyakit tidak menular (Ballin et al., 2025).

Kekhawatiran terhadap kesehatan kardiovaskular remaja semakin meningkat seiring perubahan gaya hidup yang cenderung sedentari. *World Health Organization* (WHO) melaporkan bahwa penyakit kardiovaskular masih menjadi penyebab kematian tertinggi di dunia dengan sekitar 17,9 juta kematian setiap tahun, sementara faktor risikonya sering kali telah muncul sejak usia remaja (Manisha et al., 2025). Di Indonesia, menurut data survei nasional Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) prevalensi ketidakaktifan fisik pada penduduk usia ≥ 10 tahun meningkat dari 26,1% pada tahun 2013 menjadi 33,5% pada tahun 2018. Kondisi ini diikuti dengan meningkatnya prevalensi hipertensi pada kelompok usia 15–17 tahun yang mencapai 8,3% (Harahap & Eliska, 2023). Temuan tersebut menunjukkan bahwa risiko kardiovaskular dapat berkembang lebih awal bahkan pada individu yang tampak sehat secara klinis (Ikhlasia et al., 2025).

Rendahnya kebugaran kardiovaskular pada masa remaja tidak hanya mencerminkan keterbatasan kapasitas fisik saat ini, tetapi juga merepresentasikan awal dari lintasan risiko

kardiometabolik sepanjang kehidupan (Laakso et al., 2023). Fenomena *fitness tracking* menunjukkan bahwa individu dengan tingkat $VO_2\text{max}$ yang rendah pada masa pertumbuhan cenderung mempertahankan status kebugaran yang rendah hingga dewasa, sehingga meningkatkan kerentanan terhadap hipertensi, sindrom metabolik, diabetes melitus tipe 2, dan penyakit kardiovaskular (McMurray et al., 2008; Yli-Piipari et al., 2025). Secara fisiologis, kondisi ini berkaitan dengan terjadinya disfungsi vaskular sejak dini yang ditandai oleh peningkatan kekakuan arteri, penurunan elastisitas pembuluh darah, dan gangguan regulasi hemodinamik. Akibatnya, sistem kardiovaskular harus bekerja lebih keras untuk memenuhi kebutuhan metabolik tubuh, bahkan pada aktivitas sehari-hari (Yuar, 2025). Oleh karena itu, kebugaran kardiovaskular pada masa remaja dapat dipandang bukan hanya sebagai indikator performa fisik, tetapi juga sebagai penanda awal kesehatan vaskular yang berpotensi menentukan risiko penyakit kronis pada masa dewasa.

Kebugaran kardiovaskular umumnya direpresentasikan oleh kapasitas konsumsi oksigen maksimal ($VO_2\text{max}$), yang mencerminkan kemampuan tubuh dalam memenuhi kebutuhan oksigen selama aktivitas fisik (Komala & Febriani, 2025). Selain $VO_2\text{max}$, tekanan darah/*blood pressure* (BP) dan denyut jantung/*heart rate* (HR) merupakan parameter hemodinamik yang banyak digunakan untuk menggambarkan fungsi dan adaptasi sistem kardiovaskular (Nuraeni et al., 2022). Ketiga indikator tersebut saling berkaitan karena mencerminkan kemampuan jantung dan pembuluh darah dalam mempertahankan homeostasis selama aktivitas maupun istirahat. Penelitian yang ada menunjukkan bahwa mempertahankan korelasi yang sangat kuat dengan indikator HR ($r = 0,991$; $p < 0,01$), mengonfirmasi HR sebagai pengganti yang andal untuk memperkirakan kebugaran aerobik (Habibi et al., 2014). Selain itu, kapasitas aerobik ($VO_2\text{max}$) secara intrinsik terkait dengan regulasi tekanan darah; kapasitas aerobik yang lebih tinggi umumnya dikaitkan dengan tingkat sistolik dan diastolik yang optimal akibat peningkatan kepatuhan vaskular (Kresnajati et al., 2022). Oleh karena itu, menyelidiki interaksi antara variabel-variabel ini sangat penting untuk mengidentifikasi remaja yang berisiko mengalami kondisi hipertensi di masa depan.

Hubungan antara denyut jantung dan tekanan darah dengan kebugaran kardiovaskular perlu dipahami bukan sebagai dua indikator yang berdiri sendiri, tetapi sebagai bagian dari satu sistem regulasi tubuh. HR terutama mencerminkan respons jantung terhadap kontrol saraf otonom, sedangkan BP menggambarkan beban kerja pembuluh darah dan elastisitas

arteri (Lokesh & Khurana, 2025). Karena itu, menilai HR dan BP secara bersamaan memberikan gambaran yang lebih utuh tentang status kardiovaskular dibandingkan menilai salah satunya saja. Pada remaja, pendekatan ini penting karena perubahan fungsi kardiovaskular pada fase ini sering masih bersifat subklinis, sehingga mudah terlewat jika hanya menggunakan pemeriksaan rutin (Firdaus & Rahman, 2026).

Meskipun demikian, bukti yang menghubungkan $VO_2\text{max}$ dengan HR dan BP secara terintegrasi pada remaja masih terbatas. Sebagian besar penelitian masih berfokus pada kelompok dengan penyakit yang sudah jelas, padahal deteksi dini justru paling dibutuhkan pada remaja yang tampak sehat. Dalam konteks ini, hubungan antara $VO_2\text{max}$ dan parameter hemodinamik dapat membantu menjelaskan apakah kebugaran aerobik berkaitan dengan efisiensi regulasi jantung dan pembuluh darah sejak usia muda. Oleh karena itu, penelitian ini menilai hubungan $VO_2\text{max}$ dengan HR dan BP pada remaja untuk memperoleh gambaran awal mengenai potensi risiko kardiovaskular yang belum tampak secara klinis.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain observasional *cross-sectional* dan dilakukan pada siswa dengan usia remaja (10 - 19 tahun) di wilayah Surakarta, Indonesia. Penelitian ini dilaksanakan di beberapa sekolah menengah pertama di wilayah Surakarta pada bulan November 2025. Penelitian ini telah mendapatkan persetujuan etika dari Komite Etik Penelitian Kesehatan, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Surakarta (No. 1684/KEPK-FIK/XI/2025). Ukuran sampel dihitung menggunakan software *G*Power* versi 3.1.9.7 dengan *two-tailed t-test*, *effect size* 0,3, *error probability* (α) 0,05, dan *statistical power* ($1-\beta$) sebesar 0,95, sehingga menghasilkan total sampel sebanyak 78 peserta.

Kriteria inklusi adalah remaja berusia 10 - 19 tahun yang bersedia mengikuti penelitian dan menandatangani *Informed Consent*. Kriteria eksklusi meliputi remaja dengan riwayat penyakit kardiovaskular atau paru, remaja yang mengonsumsi obat atau suplemen yang dapat memengaruhi stabilitas hemodinamik, serta remaja dengan cedera muskuloskeletal ekstremitas bawah dalam tiga bulan terakhir.

Hasil $VO_2\text{max}$ yang diukur menggunakan *Cooper 12-Minute Run Test*, denyut jantung (HR) yang diukur dengan *pulse oximeter*, dan tekanan darah (BP) yang dicatat menggunakan *sphygmomanometer* digital yang telah dikalibrasi. Protokol penelitian mengikuti prosedur sistematis, dimulai dengan pengarahan peserta dan pengukuran baseline denyut jantung dan

tekanan darah dalam posisi duduk. Peserta kemudian melakukan tes *Cooper*, yang segera diikuti dengan pengukuran ulang parameter hemodinamik untuk mengevaluasi respons kardiovaskular akut terhadap aktivitas fisik.

Data diproses dan dianalisis menggunakan SPSS *software*. Analisis deskriptif digunakan untuk merangkum karakteristik peserta melalui rata-rata dan standar deviasi. Uji *Shapiro–Wilk* digunakan untuk menentukan normalitas distribusi data untuk indikator kardiovaskular. Bergantung pada distribusi data, korelasi *Pearson Product Moment* atau *Spearman Rank* digunakan untuk mengidentifikasi hubungan yang signifikan antar variabel, dengan tingkat signifikansi ditetapkan pada $p < 0,05$.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Hasil

Karakteristik Responden

Kelompok studi terdiri dari 78 remaja yang tinggal di wilayah Surakarta. Data di bawah ini merangkum profil demografis, kebugaran, dan hemodinamik responden, yang memberikan dasar yang komprehensif untuk analisis statistik.

Tabel 1. Karakteristik Responden (n=78)

Kategori	Subkategori	Frekuensi (n)	Persentase (%)
Usia	13 tahun	78	100
Jenis kelamin	Laki-laki	34	43,6
	Perempuan	44	56,4
VO ₂ max	Sangat buruk	51	65,4
	Buruk	20	25,6
	Cukup	6	7,7
	Sangat baik	1	1,3
	Optimal	51	65,4
Tekanan darah sistolik (SBP)	Normal	15	19,2
	Normal tinggi	8	10,3
	Hipertensi derajat 1	2	2,6
	Hipertensi derajat 2	2	2,6
	Optimal	44	56,4
Tekanan darah diastolik (DBP)	Normal	14	17,9
	Normal tinggi	0	0
	Hipertensi derajat 1	16	20,0
	Hipertensi derajat 2	4	5,7
	Optimal	44	56,4
Denyut jantung (HR)	Normal	55	70,0
	Tidak normal	23	30,0

1) Distribusi Demografis

Populasi penelitian memiliki usia yang homogen, dengan 100% peserta berusia 13 tahun ($n=78$). Distribusi jenis kelamin dalam kelompok ini terdiri dari 44 perempuan (56,4%) dan 34 laki-laki (43,6%), memastikan representasi yang cukup seimbang dari kedua jenis kelamin dalam lingkungan sekolah.

2) Profil Kebugaran Kardiovaskular (VO_{2max})

Evaluasi kapasitas aerobik menunjukkan tren yang signifikan terhadap penurunan kebugaran kardiovaskular di antara para subjek. Mayoritas responden 65,4 % ($n=51$) diklasifikasikan dalam kategori '*sangat buruk*'. Selain itu, 25,6% ($n=20$) dikategorikan sebagai '*buruk*', sementara hanya sebagian kecil yang mencapai klasifikasi '*cukup*' (7,7%) atau '*sangat baik*' (1,3%). Secara keseluruhan, lebih dari 90% remaja tidak memenuhi standar VO_{2max} rata-rata untuk usia 10 - 19 tahun.

3) Status Hemodinamik dan Kardiovaskular

Penilaian hemodinamik, yang mencakup klasifikasi HR dan BP standar;

a) Denyut Jantung (HR)

Data HR awal dan pasca-aktivitas menunjukkan bahwa 70% responden berada dalam kisaran '*normal*'. Namun, sebagian besar (28,6%) menunjukkan nilai detak jantung '*tinggi*', yang berpotensi mencerminkan ambang batas yang lebih rendah untuk stres kardiovaskular selama aktivitas fisik.

b) Tekanan Darah Sistolik (SBP)

Pengamatan pasca-aktivitas menunjukkan bahwa meskipun 65,4% peserta berada dalam kisaran '*optimal/normal*', secara kumulatif 5,2% dari kelompok tersebut menunjukkan '*hipertensi tingkat 1*' atau '*tingkat 2*'. Peserta lainnya tersebar di kategori '*normal*' (19,2%) dan '*normal tinggi*' (10,3%).

c) Tekanan Darah Diastolik (DBP)

Profil diastolik menunjukkan prevalensi pembacaan hipertensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan tren sistolik. Meskipun 74,3% responden menunjukkan tingkat '*optimal/normal*', 20,0% di antaranya diklasifikasikan sebagai '*hipertensi tingkat 1*', dan 5,7% mencapai '*hipertensi tingkat 2*'. Temuan ini menekankan adanya peningkatan resistensi vaskular perifer pada populasi remaja sehat.

Analisis Bivariat

Analisis bivariat dilakukan untuk menentukan hubungan antara kebugaran kardiovaskular (VO_{2max}) dan tiga indikator hemodinamik: SBP, DBP, dan HR.

Tabel 2. Analisis Korelasi antara VO₂ max, dan Parameter Kardiovaskular

Variabel	Koefisien korelasi (r)	Nilai p	Interpretasi
VO ₂ max & SBP	0,619	<0,001	Korelasi Positif yang Kuat
VO ₂ max & DBP	0,619	<0,001	Korelasi Positif yang Kuat
VO ₂ max & HR	0,310	0,009	Korelasi Positif Sedang

a) Stabilitas Hemodinamik (Tekanan Darah)

Analisis mengungkapkan adanya korelasi positif yang kuat dan signifikan secara statistik antara VO₂max dan SBP serta DBP ($r=0,619$; $p<0,001$).

b) Regulasi Otonom Jantung (Denyut Jantung)

Hubungan yang signifikan secara statistik juga teridentifikasi antara VO₂max dan HR ($p=0,009$). Koefisien korelasi ($r=0,310$) menunjukkan adanya hubungan positif sedang.

c) Signifikansi dan Arah

Semua hubungan yang diuji menunjukkan arah positif, yang berarti bahwa tingkat VO₂max yang lebih tinggi dikaitkan dengan nilai yang lebih tinggi pada parameter kardiovaskular terkait kebugaran ini. Selain itu, semua nilai p tetap di bawah ambang signifikansi ($\alpha=0,05$), sehingga menegaskan bahwa hubungan tersebut kuat secara statistik.

b. Pembahasan

Prevalensi Penurunan Kapasitas Aerobik pada Awal Masa Remaja

Penelitian ini menunjukkan bahwa sebagian besar remaja berusia 13 tahun memiliki tingkat kebugaran kardiovaskular yang rendah, dengan 91% responden tergolong dalam kategori VO₂max '*sangat buruk*' dan '*buruk*'. Temuan ini mengindikasikan bahwa kapasitas aerobik pada populasi yang diteliti berada di bawah tingkat yang diharapkan untuk mendukung aktivitas fisik dan kebutuhan metabolik selama masa pertumbuhan. Mengingat VO₂max merefleksikan kemampuan sistem kardiovaskular dalam mengantarkan dan memanfaatkan oksigen selama aktivitas fisik, rendahnya nilai VO₂max menunjukkan keterbatasan kapasitas fungsional yang dapat memengaruhi performa fisik dan kesehatan jangka panjang.

Tingginya proporsi remaja dengan kebugaran rendah kemungkinan mencerminkan perubahan pola hidup yang semakin sedentari pada kelompok usia sekolah (Pristianto et al., 2025). Berkurangnya aktivitas fisik harian dan meningkatnya waktu duduk dapat

menghambat proses adaptasi fisiologis yang diperlukan untuk meningkatkan kapasitas aerobik selama masa pertumbuhan. Padahal, masa remaja merupakan periode penting bagi perkembangan fungsi kardiovaskular, sehingga rendahnya aktivitas fisik pada fase ini berpotensi menghambat pencapaian kapasitas aerobik yang optimal (Fataqurrahmawati & Wijaya, 2026).

Temuan ini memiliki implikasi penting karena kebugaran pada masa remaja cenderung berlanjut hingga usia dewasa melalui fenomena *'fitness tracking'*. Remaja dengan kapasitas aerobik rendah berisiko mempertahankan tingkat kebugaran yang rendah pada periode kehidupan berikutnya, yang pada akhirnya dapat meningkatkan kerentanan terhadap berbagai gangguan kardiometabolik. Oleh karena itu, tingginya prevalensi $VO_2\text{max}$ rendah pada penelitian ini menunjukkan perlunya upaya peningkatan aktivitas fisik dan pemantauan kebugaran secara rutin sebagai bagian dari strategi promotif dan preventif kesehatan remaja (Ginanjar et al., 2026).

Kegunaan Prediktif $VO_2\text{max}$ untuk Stabilitas Hemodinamik

Temuan utama penelitian ini adalah adanya hubungan yang kuat dan signifikan antara $VO_2\text{max}$ dengan tekanan darah sistolik (SBP) maupun diastolik (DBP) ($r=0,619$; $p<0,001$). Hasil ini menunjukkan bahwa tingkat kebugaran kardiovaskular berkaitan erat dengan respons hemodinamik pada remaja. Semakin tinggi nilai $VO_2\text{max}$, semakin baik kemampuan sistem kardiovaskular dalam merespons kebutuhan tubuh selama aktivitas fisik.

Hubungan antara $VO_2\text{max}$ dan SBP mengindikasikan bahwa remaja dengan kapasitas aerobik yang lebih baik memiliki kemampuan jantung yang lebih optimal dalam memompa darah untuk memenuhi kebutuhan oksigen jaringan. Sementara itu, hubungan antara $VO_2\text{max}$ dan DBP menunjukkan bahwa kebugaran aerobik juga berkaitan dengan fungsi pembuluh darah. Individu dengan tingkat kebugaran yang lebih baik cenderung memiliki regulasi vaskular yang lebih efisien, sehingga aliran darah dapat dipertahankan secara lebih optimal selama aktivitas maupun pemulihan (Brand et al., 2022).

Secara keseluruhan, temuan ini menunjukkan bahwa $VO_2\text{max}$ tidak hanya merefleksikan kapasitas fisik, tetapi juga berhubungan dengan fungsi kardiovaskular yang lebih luas. Dengan demikian, rendahnya kebugaran kardiovaskular pada remaja dapat menjadi indikator awal adanya perubahan fungsi hemodinamik yang berpotensi meningkatkan risiko gangguan kardiovaskular di kemudian hari (Mintjens et al., 2018).

Namun, karena penelitian ini menggunakan desain *cross-sectional*, hubungan yang ditemukan perlu diinterpretasikan sebagai nilai prediksi dan bukan hubungan sebab-akibat.

Regulasi Otonom dan Efisiensi Jantung

Selain hubungan dengan tekanan darah, penelitian ini juga menemukan hubungan positif yang signifikan antara $VO_2\text{max}$ dan denyut jantung (HR) dengan kekuatan korelasi sedang ($r=0,310$; $p=0,009$). Temuan ini menunjukkan bahwa tingkat kebugaran kardiovaskular berhubungan dengan respons fisiologis jantung pada remaja. Individu dengan $VO_2\text{max}$ yang lebih tinggi umumnya memiliki efisiensi kerja jantung yang lebih baik, sehingga mampu memenuhi kebutuhan oksigen tubuh secara lebih efektif selama aktivitas fisik. Remaja dengan $VO_2\text{max}$ lebih tinggi umumnya memiliki volume sekuncup yang lebih baik dan regulasi otonom yang lebih efisien, sehingga jantung dapat menyesuaikan kebutuhan sirkulasi dengan lebih tepat saat setelah aktivitas fisik (Komala & Febriani, 2025). Karena pengukuran HR dilakukan pasca-latihan, hubungan ini mencerminkan kemampuan sistem kardiovaskular dalam merespons dan memulihkan diri setelah stress fisik, sehingga HR tetap dapat menjadi indikator fungsional yang relevan bila diinterpretasikan bersama $VO_2\text{max}$ (Mahdiyyah & Prihanto, 2026).

Sintesis Klinis: Nilai Ambang Batas VO_2 sebagai Alat Prediksi

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa sebagian besar remaja memiliki tingkat kebugaran kardiovaskular yang rendah, yang ditunjukkan oleh tingginya proporsi $VO_2\text{max}$ kategori buruk dan sangat buruk. Kondisi tersebut disertai dengan adanya hubungan yang signifikan antara $VO_2\text{max}$ dengan tekanan darah sistolik, tekanan darah diastolik, dan denyut jantung, yang mengindikasikan bahwa kapasitas aerobik berkaitan dengan fungsi hemodinamik pada usia remaja. Temuan ini menunjukkan bahwa kebugaran kardiovaskular tidak hanya merefleksikan kemampuan fisik, tetapi juga berhubungan dengan respons dan adaptasi sistem kardiovaskular terhadap kebutuhan metabolik tubuh. Meskipun sebagian besar responden masih berada pada kondisi yang tampak sehat secara klinis, kombinasi antara rendahnya kebugaran dan perubahan parameter hemodinamik mengindikasikan adanya potensi risiko kardiovaskular yang mulai berkembang sejak usia dini. Oleh karena itu, penilaian $VO_2\text{max}$ bersama tekanan darah dan denyut jantung dapat menjadi pendekatan yang bermanfaat dalam skrining kesehatan remaja untuk mengidentifikasi individu yang memerlukan perhatian dan

intervensi lebih lanjut guna mencegah berkembangnya faktor risiko kardiovaskular pada masa dewasa.

4. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa sebagian besar remaja usia 13 tahun memiliki tingkat kebugaran kardiovaskular yang rendah, dan $VO_2\text{max}$ berhubungan signifikan dengan tekanan darah sistolik, tekanan darah diastolik, serta denyut jantung. Temuan ini mengindikasikan bahwa kapasitas aerobik berkaitan dengan fungsi hemodinamik dan berpotensi menjadi indikator awal kesehatan kardiovaskular pada remaja. Namun, interpretasi hasil perlu mempertimbangkan keterbatasan desain *cross-sectional* dan belum dianalisisnya beberapa faktor perancu (komposisi tubuh, aktivitas fisik, jenis kelamin, pola tidur, status pubertas). Penelitian longitudinal dengan cakupan variabel yang lebih luas diperlukan untuk memperkuat temuan ini. Secara klinis, pengukuran $VO_2\text{max}$ bersama tekanan darah dan denyut jantung dapat dipertimbangkan sebagai bagian dari skrining kesehatan remaja untuk mendukung upaya pencegahan penyakit kardiovaskular sejak dini.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh responden yang telah berpartisipasi dalam penelitian ini. Apresiasi yang sebesar-besarnya juga disampaikan kepada seluruh tim peneliti atas dedikasi, kerja sama, dan kontribusinya selama proses perencanaan, pengumpulan data, analisis, hingga penyusunan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Ballin, M., Ahlqvist, V. H., & Berglind, D., et al. (2025). Cardiorespiratory Fitness in Adolescence and Risk of Type 2 Diabetes in Late Adulthood in One Million Swedish Men: Nationwide Sibling Controlled Cohort Study. *BMJ Medicine*, 4. <https://doi.org/10.1136/bmjmed-2024-001313>.
- Brand, C., Sehn, A. P., & Fochesatto, C. F., et al. (2022). Body Fat Percentage, Cardiorespiratory Fitness and Arterial Blood Pressure in Children and Adolescents: A Longitudinal Analysis. *BMC Cardiovasc Disord*, 22(1): 267. doi: 10.1186/s12872-022-02704-8.
- Fataqurrahmawati, A. W., & Wijaya, A. (2026). Identifikasi Kebugaran Jasmani Terkait Pola Hidup *Sedentary* di Kalangan Remaja pada SMA dan MA di Kecamatan Driyorejo. *Jurnal Pendidikan Olahraga dan Kesehatan (JPOK)*, 14(1).
- Firdaus, M. N., & Rahman, F. (2026). Heart Rate Recovery After Exercise Among Overweight Young Adults: A Cross-Sectional Study. *Majalah Ilmiah Fisioterapi Indonesia (MIFI)*, 14(2), pp 589-594. <https://doi.org/10.24843/mifi.000000976>.

- Ginanjar, A., Maesara, N., & Mutaqin, D. I., et al. (2026). Kebugaran Kardiorespiratori sebagai Penentu Kesehatan Kardiovaskular dan Kardiometabolik pada Atlet Muda: Systematic Literature Review. *Jurnal Edu Research*, 6(4), pp3332-3351.
- Habibi, E., Dehghan, H., & Moghiseh, M., et al. (2014). Study of the Relationship Between the Aerobic Capacity (VO₂ Max) and the Rating of Perceived Exertion Based on The Measurement of Heart Beat in the Metal Industries Esfahan. *J Educ Health Promot*, 23;3:55. doi: 10.4103/2277-9531.134751.
- Ikhlasia, N. F., Syafarina, I., & Latifah, A. L. (2025). Prevalence of Hypertension in Indonesia: 2018 Basic Health Research. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 20(3), pp 425-431. <https://doi.org/10.15294/kemas.v20i3.21153>.
- Komala, R., & Febriani, W. (2025). VO₂Max Sebagai Prediktor Kebugaran Kardiorespirasi: Studi Literatur. *Jurnal Kedokteran Universitas Lampung*, 9(1), 67–73. <https://doi.org/10.23960/jkunila.v9i1.pp67-73>.
- Kresnajati, S., Lin, Y.Y., & Mündel, T., et al. (2022). Changes in Arterial Stiffness in Response to Various Types of Exercise Modalities: A Narrative Review on Physiological and Endothelial Senescence Perspectives. *Cells*, 11(22):3544. doi: 10.3390/cells11223544.
- Laakso, P. T. T., Ortega, F. B., & Huotari, P., et al. (2024). The Association of Adolescent Fitness with Cardiometabolic Diseases in Late Adulthood: A 45-Year Longitudinal Study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 34(1), e14529. <https://doi.org/10.1111/sms.14529>.
- Lavie, C. J., Arena, R., & Kaminsky, L. A. (2022). Making the Case to Measure and Improve Cardiorespiratory Fitness in Routine Clinical Practice. *Mayo Clinic Proceedings*, 97(6), pp 1038–1040. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2022.04.011>.
- Lokesh., & Khurana, D. (2025). Heart Rate Variability and Blood Pressure: Insights into Autonomic Regulation and Cardiovascular Health. *J Ayu Int Med Sci*, 10(4):130-136. doi: 10.21760/jaaims.10.4.18.
- Mahdiyyah, T., & Prihanto, J. B. (2026). Korelasi Tingkat Status Gizi terhadap Tingkat Kebugaran Kardiorespirasi pada Peserta Didik SMP Negeri Surabaya. *SPRINTER: Jurnal Ilmu Olahraga*, 7(1), 215-223. <https://doi.org/10.46838/spr.v7i1.961>.
- Manisha, S., Anuradha, R. K., & Reddy, K. K. (2025). Cardiovascular Disease: A Comprehensive Review of Epidemiology, Risk Factors, and Advances in Management. *World Journal of Biology Pharmacy and Health Sciences*, 21(02), pp 495-500. <https://doi.org/10.30574/wjbphs.2025.21.2.0024>.
- McMurray, R. G., Bangdiwala, S. I., & Harrell, J. S., et al. (2008). Adolescents with Metabolic Syndrome Have a History of Low Aerobic Fitness and Physical Activity Levels. *Dynamic Medicine*, 7, 5. <https://doi.org/10.1186/1476-5918-7-5>.
- Mintjens, S., Menting, M. D., & Daams, J. G., et al. (2018). Cardiorespiratory Fitness in Childhood and Adolescence Affects Future Cardiovascular Risk Factors: A Systematic Review of Longitudinal Studies. *Sports Med*, 48(11):2577-2605. doi: 10.1007/s40279-018-0974-5.
- Namdev, G., & Mishra, M. K. (2016). Association of Sedentary Behavior with Overweight and Obesity Among School Adolescents in Bhopal City. *National Journal of Community Medicine*, 7(6), pp 495-498.
- Nuraeni, A., Mirwanti, R., & Sugiharto, F., et al. (2022). Efikasi Pemantauan Hemodinamik Non-Invasif Pada Pasien Gagal Jantung: Literature Review. *Jurnal Keperawatan Muhammadiyah*, 7(3). <https://doi.org/10.30651/jkm.v7i3.14104>.

- Pristianto, A., Ridwan, Y. U., & Naufal, A. F. (2025). Monopoly Exercise (Monocise) sebagai Inovasi Permainan Berbasis Edukasi. *Jurnal Pembelajaran Pemberdayaan Masyarakat (JP2M)*, 6(3), 831–841. <https://doi.org/10.33474/jp2m.v6i3.23294>.
- Quesada, O., Lauzon, M., & Buttle, R., et al. (2023). Fitness Attenuates Long-Term Cardiovascular Outcomes in Women with Ischemic Heart Disease and Metabolic Syndrome. *American Journal of Preventive Cardiology*, 14. <https://doi.org/10.1016/j.ajpc.2023.100498>.
- Ruiz, J. R., Castro-Piñero, J., & Artero, E. G., et al (2009). Cardiorespiratory Fitness in Childhood and Adolescence Affects Future Cardiovascular Risk Factors: A Systematic Review of Longitudinal Studies. *International Journal of Obesity*, 33(Suppl. 3), S1–S11.
- World Health Organization. (2023). Physical Activity, Insufficient, among School-Going Adolescents Aged 11–17 Years. *Global Health Observatory*. https://www.who.int/data/gho/indicator-metadata-registry/imr-details/4482?utm_source=chatgpt.com.
- Yli-Piipari, S., Park, J., & Yun, S., et al. (2025). Childhood Cardiovascular Disease Risk Profiles Based on Movement Phenotypes: A Longitudinal Cohort Study. *European Journal of Pediatrics*, 184(7), 428. <https://doi.org/10.1007/s00431-025-06269-4>.
- Yuar, A. A. (2025). Comprehensive Review of Antihypertensive Therapy: Pathophysiology, Diagnosis, and Management. *Jurnal Biologi Tropis*, 25(4), 5950–5965. <https://doi.org/10.29303/jbt.v25i4.10470>.