



Pengaruh Tingkat Aktivitas Fisik Harian terhadap Profil Kebugaran Kardiorespirasi dan Kekuatan Otot pada Mahasiswa

Poppy Elisano Arfanda¹

¹ Fakultas Ilmu Keolahragaan dan Kesehatan, Universitas Negeri Makassar

poppy.elisano@unm.ac.id

Abstrak

Aktivitas fisik mahasiswa yang cenderung menurun akibat gaya hidup sedenter dapat berdampak pada kebugaran kardiorespirasi dan kekuatan otot. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh tingkat aktivitas fisik harian terhadap profil kebugaran kardiorespirasi dan kekuatan otot pada mahasiswa. Penelitian menggunakan desain cross-sectional dengan melibatkan 120 mahasiswa berusia 18-24 tahun yang dipilih melalui purposive sampling. Tingkat aktivitas fisik diukur menggunakan International Physical Activity Questionnaire, kebugaran kardiorespirasi diukur dengan tes $VO_2\text{max}$ menggunakan metode bleep test, dan kekuatan otot diukur melalui hand grip strength test dan sit-up test. Data dianalisis menggunakan uji korelasi Pearson dan regresi linear berganda. Hasil penelitian menunjukkan terdapat hubungan positif signifikan antara tingkat aktivitas fisik dengan $VO_2\text{max}$ ($r=0,687$; $p<0,001$), hand grip strength ($r=0,542$; $p<0,001$), dan performa sit-up ($r=0,613$; $p<0,001$). Mahasiswa dengan aktivitas fisik tinggi memiliki $VO_2\text{max}$ 28,3% lebih tinggi dibandingkan kelompok aktivitas rendah. Tingkat aktivitas fisik memberikan kontribusi sebesar 47,2% terhadap variasi kebugaran kardiorespirasi. Kesimpulannya, tingkat aktivitas fisik harian berpengaruh signifikan terhadap profil kebugaran kardiorespirasi dan kekuatan otot mahasiswa.

Kata Kunci: aktivitas fisik, kebugaran kardiorespirasi, kekuatan otot, mahasiswa, $VO_2\text{max}$

PENDAHULUAN

Kebugaran jasmani merupakan salah satu indikator penting kesehatan dan kualitas hidup individu, khususnya pada populasi mahasiswa yang berada dalam masa transisi menuju kehidupan dewasa (Chen et al., 2020). Mahasiswa menghadapi berbagai tuntutan akademik yang tinggi, perubahan gaya hidup, dan peningkatan penggunaan teknologi yang berkontribusi terhadap penurunan aktivitas fisik harian (Warburton & Bredin, 2017). Fenomena ini menjadi perhatian serius mengingat aktivitas fisik yang tidak memadai dapat berdampak negatif terhadap berbagai aspek kesehatan, termasuk kebugaran kardiorespirasi dan kekuatan otot (Bull et al., 2020).

Kebugaran kardiorespirasi, yang sering diukur melalui kapasitas $VO_2\text{max}$, merupakan komponen fundamental dari kebugaran jasmani yang mencerminkan kemampuan sistem kardiovaskular dan respirasi dalam menyuplai oksigen ke otot yang bekerja (Ross et al., 2016). Penelitian menunjukkan bahwa kebugaran kardiorespirasi yang rendah berkaitan dengan peningkatan risiko berbagai penyakit tidak menular seperti penyakit jantung koroner, diabetes mellitus tipe 2, dan sindrom metabolik (Lavie et al., 2019). Sementara itu, kekuatan otot merupakan komponen kebugaran yang tidak kalah penting, berperan dalam kemampuan fungsional, pencegahan cedera, dan pemeliharaan kesehatan muskuloskeletal jangka panjang (Suchomel et al., 2018).

Berbagai studi epidemiologi telah mengidentifikasi adanya hubungan positif antara tingkat aktivitas fisik dengan parameter kebugaran jasmani (Guthold et al., 2020). Namun, data spesifik mengenai profil aktivitas fisik dan kebugaran mahasiswa Indonesia masih terbatas. Penelitian di berbagai negara menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa tidak memenuhi rekomendasi aktivitas fisik minimal yang dianjurkan oleh World Health Organization, yaitu 150 menit aktivitas fisik intensitas sedang atau 75 menit aktivitas fisik intensitas tinggi per minggu (World Health Organization, 2020). Kondisi ini diperparah dengan meningkatnya perilaku sedenter akibat penggunaan perangkat digital dan metode pembelajaran yang sebagian besar dilakukan dalam posisi duduk (Castro et al., 2020).

Memahami hubungan antara tingkat aktivitas fisik harian dengan profil kebugaran kardiorespirasi dan kekuatan otot pada mahasiswa menjadi penting untuk mengembangkan intervensi yang tepat sasaran. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan bukti empiris mengenai seberapa besar pengaruh aktivitas fisik terhadap komponen kebugaran spesifik, sehingga dapat menjadi dasar pengembangan program promosi kesehatan di lingkungan kampus. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh tingkat aktivitas fisik harian terhadap profil kebugaran kardiorespirasi dan kekuatan otot pada mahasiswa, dengan hipotesis bahwa terdapat hubungan positif signifikan antara tingkat aktivitas fisik dengan parameter kebugaran yang diukur.

METODE

Penelitian ini menggunakan desain cross-sectional analitik yang dilaksanakan pada periode Maret hingga Mei 2024 di tiga universitas negeri di wilayah Jakarta dan sekitarnya. Populasi penelitian adalah mahasiswa aktif program sarjana yang berusia 18-24 tahun. Penentuan sampel menggunakan teknik purposive sampling dengan kriteria inklusi meliputi mahasiswa yang sehat secara medis, tidak memiliki riwayat penyakit kardiovaskular atau muskuloskeletal yang mengganggu aktivitas fisik, tidak sedang mengikuti program latihan atletik kompetitif, dan bersedia berpartisipasi dengan menandatangani informed consent (Myers et al., 2015). Kriteria eksklusi meliputi mahasiswa yang sedang hamil, memiliki cedera akut dalam tiga bulan terakhir, atau mengonsumsi obat-obatan yang mempengaruhi performa fisik. Berdasarkan perhitungan menggunakan rumus korelasi dengan tingkat kepercayaan 95% dan power 80%, diperoleh jumlah sampel minimal sebanyak 112 subjek, namun untuk mengantisipasi data yang tidak lengkap atau dropout, penelitian ini melibatkan 120 mahasiswa yang terdiri dari 58 laki-laki dan 62 perempuan (Faul et al., 2007).

Pengumpulan data dilakukan melalui tiga tahap utama. Tahap pertama adalah pengisian kuesioner karakteristik demografis dan International Physical Activity Questionnaire versi pendek yang telah tervalidasi dalam bahasa Indonesia untuk mengukur tingkat aktivitas fisik dalam tujuh hari terakhir (Craig et al., 2003). Kuesioner ini mengklasifikasikan aktivitas fisik menjadi tiga kategori yakni rendah (kurang dari 600 MET-menit/minggu), sedang (600-3000 MET-menit/minggu), dan tinggi (lebih dari 3000 MET-menit/minggu). Tahap kedua adalah pengukuran kebugaran kardiorespirasi menggunakan 20-meter shuttle run test atau bleep test yang merupakan metode tervalidasi untuk estimasi VO_2max pada populasi dewasa muda (Tomkinson et al., 2019). Pengukuran dilakukan di lapangan indoor dengan permukaan datar, dan hasil level serta shuttle terakhir yang dicapai dikonversi menjadi nilai VO_2max menggunakan rumus prediksi Leger. Tahap ketiga adalah pengukuran kekuatan otot yang mencakup hand grip strength test menggunakan dynamometer digital dengan prosedur standar, dimana subjek melakukan tiga kali percobaan pada masing-masing tangan dengan interval istirahat 60 detik dan nilai terbaik yang dicatat (Roberts et al., 2011). Selain itu, kekuatan otot core diukur melalui sit-up test selama 60 detik dengan teknik standar sesuai protokol fitness test yang direkomendasikan. Seluruh pengukuran dilakukan oleh tim terlatih yang telah menjalani standardisasi prosedur untuk meminimalkan bias pengukuran.

Analisis data dilakukan menggunakan software SPSS versi 26 dengan tahapan sebagai berikut. Pertama, dilakukan uji normalitas data menggunakan Kolmogorov-Smirnov test untuk memastikan distribusi data. Statistik deskriptif disajikan dalam bentuk mean dan standar deviasi untuk data numerik, serta frekuensi dan persentase untuk data kategorikal. Perbedaan karakteristik antar kelompok aktivitas fisik dianalisis menggunakan ANOVA satu arah untuk data kontinu dan chi-square test untuk data kategorikal. Hubungan antara tingkat aktivitas fisik dengan parameter kebugaran dianalisis menggunakan uji korelasi Pearson (Smith et al., 2014). Selanjutnya, analisis regresi linear berganda dilakukan untuk mengidentifikasi pengaruh tingkat aktivitas fisik terhadap kebugaran kardiorespirasi dan kekuatan otot setelah mengontrol variabel konfounding seperti usia, jenis kelamin, indeks massa

tubuh, dan durasi tidur. Tingkat signifikansi statistik ditetapkan pada $p < 0,05$. Penelitian ini telah mendapatkan persetujuan etik dari Komite Etik Penelitian Kesehatan dengan nomor 024/KEPK/III/2024 dan seluruh subjek telah memberikan persetujuan tertulis setelah mendapat penjelasan lengkap mengenai prosedur penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini melibatkan 120 mahasiswa dengan rerata usia $20,4 \pm 1,6$ tahun, terdiri dari 58 mahasiswa laki-laki dan 62 mahasiswa perempuan. Berdasarkan tingkat aktivitas fisik yang diukur menggunakan IPAQ, subjek penelitian terdistribusi menjadi tiga kelompok, yaitu kelompok aktivitas fisik rendah sebanyak 42 mahasiswa (35%), kelompok aktivitas fisik sedang sebanyak 48 mahasiswa (40%), dan kelompok aktivitas fisik tinggi sebanyak 30 mahasiswa (25%). Rerata indeks massa tubuh subjek penelitian adalah $22,1 \pm 3,4$ kg/m² dengan sebagian besar subjek berada dalam kategori normal. Karakteristik demografis lainnya menunjukkan bahwa 68% subjek tinggal di asrama atau kos-kosan, 72% menggunakan transportasi umum atau kendaraan pribadi ke kampus, dan hanya 15% subjek yang secara rutin berolahraga terstruktur minimal tiga kali seminggu. Rerata durasi tidur subjek adalah $6,8 \pm 1,2$ jam per hari, dengan 58% subjek melaporkan durasi tidur kurang dari tujuh jam per hari. Tidak terdapat perbedaan signifikan dalam distribusi usia, jenis kelamin, dan indeks massa tubuh antar ketiga kelompok aktivitas fisik ($p > 0,05$), menunjukkan homogenitas karakteristik dasar subjek penelitian yang memungkinkan perbandingan yang lebih valid.

Distribusi Tingkat Aktivitas Fisik Harian

Analisis lebih lanjut terhadap komponen aktivitas fisik menunjukkan bahwa rerata total aktivitas fisik mingguan seluruh subjek adalah 1.847 ± 1.234 MET-menit/minggu, yang berarti sebagian besar subjek berada dalam kategori aktivitas sedang. Kelompok aktivitas fisik rendah memiliki rerata 412 ± 156 MET-menit/minggu, kelompok aktivitas sedang memiliki rerata 1.523 ± 687 MET-menit/minggu, dan kelompok aktivitas tinggi memiliki rerata 3.842 ± 921 MET-menit/minggu. Aktivitas fisik intensitas sedang berkontribusi paling besar terhadap total aktivitas fisik (58%), diikuti oleh aktivitas intensitas ringan (28%), dan aktivitas intensitas tinggi (14%). Jenis aktivitas fisik yang paling sering dilakukan adalah berjalan kaki (82% subjek), naik-turun tangga (68% subjek), dan olahraga rekreasi seperti bersepeda atau bermain badminton (35% subjek). Hanya 22% subjek yang melakukan aktivitas fisik terstruktur seperti latihan di pusat kebugaran atau mengikuti kelas olahraga terorganisir. Analisis berdasarkan jenis kelamin menunjukkan bahwa mahasiswa laki-laki memiliki rerata tingkat aktivitas fisik yang lebih tinggi dibandingkan mahasiswa perempuan (2.156 ± 1.312 vs 1.564 ± 1.086 MET-menit/minggu, $p = 0,008$). Waktu yang dihabiskan dalam perilaku sedenter menunjukkan pola yang mengkhawatirkan, dimana rerata waktu duduk atau berbaring selama jam terjaga adalah $8,4 \pm 2,6$ jam per hari, dengan 45% subjek melaporkan waktu sedenter lebih dari 9 jam per hari (Dempsey et al., 2020).

Profil Kebugaran Kardiorespirasi

Pengukuran kebugaran kardiorespirasi menggunakan bleep test menghasilkan rerata VO_{2max} seluruh subjek sebesar $38,2 \pm 7,8$ mL/kg/menit. Terdapat perbedaan yang sangat signifikan dalam nilai VO_{2max} antar ketiga kelompok aktivitas fisik ($F = 42,65$, $p < 0,001$). Kelompok aktivitas fisik rendah memiliki rerata VO_{2max} sebesar $32,4 \pm 5,6$ mL/kg/menit, kelompok aktivitas sedang memiliki rerata $38,9 \pm 6,2$ mL/kg/menit, dan kelompok aktivitas tinggi memiliki rerata $45,6 \pm 7,4$ mL/kg/menit. Analisis post-hoc menggunakan uji Tukey menunjukkan bahwa perbedaan antar semua kelompok adalah signifikan ($p < 0,01$). Mahasiswa dengan aktivitas fisik tinggi memiliki VO_{2max} rata-rata 28,3% lebih tinggi dibandingkan kelompok aktivitas rendah dan 17,2% lebih tinggi dibandingkan kelompok aktivitas sedang. Berdasarkan klasifikasi kebugaran kardiorespirasi untuk dewasa muda, 38% subjek berada dalam kategori poor to fair, 45% dalam kategori average, dan hanya 17% dalam kategori good to excellent (Kaminsky et al., 2015). Analisis berdasarkan jenis kelamin menunjukkan bahwa mahasiswa laki-laki memiliki rerata VO_{2max} yang lebih tinggi dibandingkan mahasiswa perempuan ($41,8 \pm 8,2$ vs $34,9 \pm 6,1$ mL/kg/menit, $p < 0,001$), namun pola hubungan antara aktivitas fisik dengan VO_{2max} konsisten pada kedua jenis kelamin. Distribusi nilai VO_{2max} menunjukkan bahwa 62% mahasiswa perempuan dan 41% mahasiswa laki-laki memiliki kebugaran kardiorespirasi di bawah rerata untuk kelompok usia mereka.

Profil Kekuatan Otot

Pengukuran kekuatan genggam tangan menggunakan hand grip dynamometer menunjukkan rerata kekuatan genggam tangan dominan seluruh subjek adalah $32,6 \pm 9,4$ kg. Terdapat perbedaan signifikan dalam kekuatan genggam antar kelompok aktivitas fisik ($F=28,42$, $p<0,001$). Kelompok aktivitas fisik rendah memiliki rerata kekuatan genggam $27,8 \pm 7,2$ kg, kelompok aktivitas sedang $33,2 \pm 8,9$ kg, dan kelompok aktivitas tinggi $38,9 \pm 10,1$ kg. Mahasiswa laki-laki menunjukkan kekuatan genggam yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan mahasiswa perempuan ($40,2 \pm 8,6$ vs $25,6 \pm 5,8$ kg, $p<0,001$), namun pola hubungan dengan aktivitas fisik tetap konsisten pada kedua jenis kelamin. Sekitar 32% subjek memiliki kekuatan genggam di bawah persentil ke-25 untuk kelompok usia dan jenis kelamin mereka, mengindikasikan kekuatan otot yang suboptimal (Bohannon, 2019).

Hasil pengukuran kekuatan otot core melalui sit-up test menunjukkan rerata jumlah repetisi dalam 60 detik adalah $31,4 \pm 12,8$ kali. Analisis berdasarkan kelompok aktivitas fisik menunjukkan perbedaan yang sangat signifikan ($F=35,71$, $p<0,001$). Kelompok aktivitas fisik rendah memiliki rerata $23,6 \pm 9,4$ repetisi, kelompok aktivitas sedang $32,8 \pm 11,2$ repetisi, dan kelompok aktivitas tinggi $40,5 \pm 13,6$ repetisi. Mahasiswa dengan aktivitas fisik tinggi mampu melakukan sit-up 71,6% lebih banyak dibandingkan kelompok aktivitas rendah. Tidak terdapat perbedaan signifikan dalam performa sit-up antara mahasiswa laki-laki dan perempuan setelah dikontrol terhadap berat badan ($p=0,127$). Berdasarkan norma kebugaran untuk usia 20-29 tahun, 40% subjek berada dalam kategori poor, 38% dalam kategori fair, 18% dalam kategori good, dan hanya 4% dalam kategori excellent. Data ini menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa memiliki kekuatan otot core yang perlu ditingkatkan untuk mendukung kesehatan muskuloskeletal jangka panjang.

Hubungan Tingkat Aktivitas Fisik dengan Kebugaran Kardiorespirasi

Analisis korelasi Pearson menunjukkan adanya hubungan positif yang sangat signifikan antara tingkat aktivitas fisik harian (dalam MET-menit/minggu) dengan VO_{2max} ($r=0,687$, $p<0,001$). Kekuatan korelasi ini tergolong kuat, mengindikasikan bahwa sekitar 47,2% variasi dalam kebugaran kardiorespirasi dapat dijelaskan oleh tingkat aktivitas fisik harian. Ketika dianalisis berdasarkan komponen aktivitas fisik, aktivitas fisik intensitas tinggi menunjukkan korelasi paling kuat dengan VO_{2max} ($r=0,721$, $p<0,001$), diikuti oleh aktivitas intensitas sedang ($r=0,542$, $p<0,001$), sementara aktivitas intensitas ringan menunjukkan korelasi yang lebih lemah namun tetap signifikan ($r=0,328$, $p<0,001$). Hasil ini mengindikasikan bahwa intensitas aktivitas fisik memiliki peran penting dalam menentukan kebugaran kardiorespirasi (Swain & Franklin, 2006).

Analisis regresi linear berganda dilakukan untuk mengidentifikasi pengaruh independen aktivitas fisik terhadap VO_{2max} setelah mengontrol variabel konfounding. Model regresi yang melibatkan tingkat aktivitas fisik, usia, jenis kelamin, indeks massa tubuh, dan durasi tidur menunjukkan nilai $R^2 = 0,624$, yang berarti 62,4% variasi dalam VO_{2max} dapat dijelaskan oleh kombinasi variabel-variabel tersebut ($F=38,42$, $p<0,001$). Tingkat aktivitas fisik muncul sebagai prediktor paling kuat ($\beta=0,512$, $p<0,001$), diikuti oleh jenis kelamin ($\beta=0,298$, $p<0,001$) dan indeks massa tubuh ($\beta=-0,234$, $p=0,002$). Setiap peningkatan 1000 MET-menit/minggu dalam aktivitas fisik berhubungan dengan peningkatan VO_{2max} sebesar 3,2 mL/kg/menit setelah dikontrol terhadap variabel lain. Usia dan durasi tidur tidak menunjukkan kontribusi signifikan dalam model ini ($p>0,05$). Analisis residual menunjukkan bahwa asumsi linearitas, homoskedastisitas, dan normalitas terpenuhi, mengkonfirmasi validitas model regresi.

Hubungan Tingkat Aktivitas Fisik dengan Kekuatan Otot

Analisis korelasi menunjukkan hubungan positif signifikan antara tingkat aktivitas fisik dengan kekuatan genggam tangan ($r=0,542$, $p<0,001$) dan performa sit-up ($r=0,613$, $p<0,001$). Kekuatan korelasi antara aktivitas fisik dengan performa sit-up lebih tinggi dibandingkan dengan kekuatan genggam, kemungkinan karena sit-up test lebih sensitif terhadap efek aktivitas fisik umum, sementara kekuatan genggam lebih spesifik terhadap aktivitas yang melibatkan ekstremitas atas. Ketika dianalisis berdasarkan jenis aktivitas fisik, aktivitas yang melibatkan resistance atau weight-bearing menunjukkan korelasi lebih kuat dengan kekuatan otot dibandingkan aktivitas aerobik semata. Subjek yang melaporkan melakukan aktivitas resistance training minimal dua kali seminggu memiliki kekuatan genggam 18,5% lebih tinggi dan performa sit-up 24,3% lebih baik dibandingkan mereka yang hanya melakukan aktivitas aerobik (Peterson et al., 2010).

Model regresi linear berganda untuk kekuatan genggam tangan dengan variabel prediktor yang sama menunjukkan nilai $R^2 = 0,568$ ($F=30,24$, $p<0,001$). Jenis kelamin muncul sebagai prediktor terkuat ($\beta=0,524$, $p<0,001$), diikuti oleh tingkat aktivitas fisik ($\beta=0,382$, $p<0,001$) dan indeks massa tubuh ($\beta=0,186$, $p=0,021$). Untuk performa sit-up, model regresi menunjukkan nilai $R^2 = 0,512$ ($F=24,16$,

$p < 0,001$) dengan tingkat aktivitas fisik sebagai prediktor terkuat ($\beta = 0,478$, $p < 0,001$), diikuti oleh indeks massa tubuh ($\beta = -0,312$, $p < 0,001$). Temuan ini mengkonfirmasi bahwa tingkat aktivitas fisik memiliki pengaruh independen yang signifikan terhadap kekuatan otot, meskipun faktor-faktor lain seperti jenis kelamin dan komposisi tubuh juga berperan penting.

Analisis Komparatif Antar Kelompok Aktivitas Fisik

Perbandingan langsung antar ketiga kelompok aktivitas fisik menggunakan ANOVA satu arah dengan uji post-hoc Tukey memberikan gambaran yang lebih komprehensif. Untuk kebugaran kardiorespirasi, perbedaan antara kelompok aktivitas rendah dan sedang adalah 6,5 mL/kg/menit ($p < 0,001$), antara kelompok sedang dan tinggi adalah 6,7 mL/kg/menit ($p < 0,001$), dan antara kelompok rendah dan tinggi adalah 13,2 mL/kg/menit ($p < 0,001$). Pola dose-response yang jelas terlihat dimana peningkatan tingkat aktivitas fisik secara konsisten berhubungan dengan peningkatan kebugaran kardiorespirasi. Untuk kekuatan genggam tangan, perbedaan antara kelompok rendah dan sedang adalah 5,4 kg ($p = 0,002$), antara sedang dan tinggi adalah 5,7 kg ($p < 0,001$), dan antara rendah dan tinggi adalah 11,1 kg ($p < 0,001$). Untuk performa sit-up, perbedaan antar kelompok menunjukkan pola yang serupa dengan 9,2 repetisi antara kelompok rendah dan sedang ($p < 0,001$), 7,7 repetisi antara sedang dan tinggi ($p = 0,002$), dan 16,9 repetisi antara rendah dan tinggi ($p < 0,001$).

Analisis tambahan menggunakan effect size Cohen's d menunjukkan bahwa perbedaan antar kelompok memiliki magnitude yang besar hingga sangat besar. Effect size untuk perbedaan $VO_2\max$ antara kelompok aktivitas rendah dan tinggi adalah $d = 1,89$ (sangat besar), untuk kekuatan genggam adalah $d = 1,24$ (besar), dan untuk performa sit-up adalah $d = 1,48$ (sangat besar). Temuan ini mengkonfirmasi bahwa perbedaan yang diamati tidak hanya signifikan secara statistik tetapi juga memiliki relevansi klinis dan praktis yang substansial (Lakens, 2013).

PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tingkat aktivitas fisik harian memiliki pengaruh signifikan terhadap profil kebugaran kardiorespirasi dan kekuatan otot pada mahasiswa, dengan pola hubungan yang konsisten dan kuat. Temuan utama menunjukkan bahwa mahasiswa dengan aktivitas fisik tinggi memiliki $VO_2\max$ 28,3% lebih tinggi, kekuatan genggam 40,0% lebih tinggi, dan performa sit-up 71,6% lebih baik dibandingkan kelompok aktivitas rendah. Magnitude perbedaan ini memiliki implikasi penting bagi kesehatan jangka panjang mengingat kebugaran kardiorespirasi dan kekuatan otot merupakan prediktor kuat morbiditas dan mortalitas pada berbagai populasi (Kodama et al., 2009).

Hubungan positif yang kuat antara tingkat aktivitas fisik dengan kebugaran kardiorespirasi yang ditemukan dalam penelitian ini konsisten dengan literatur internasional yang menunjukkan bahwa aktivitas fisik regular merupakan determinan utama kapasitas aerobik. Penelitian oleh Nes et al. (2013) pada populasi Norwegia menunjukkan bahwa setiap peningkatan satu unit dalam tingkat aktivitas fisik berhubungan dengan peningkatan 3,5 mL/kg/menit dalam $VO_2\max$, angka yang sangat mirip dengan temuan penelitian ini (3,2 mL/kg/menit per 1000 MET-menit/minggu). Mekanisme fisiologis yang mendasari hubungan ini meliputi adaptasi kardiovaskular seperti peningkatan stroke volume, cardiac output, dan densitas kapiler otot, serta adaptasi respirasi seperti peningkatan kapasitas vital dan efisiensi pertukaran gas (Montero & Lundby, 2017). Temuan bahwa aktivitas intensitas tinggi memiliki korelasi paling kuat dengan $VO_2\max$ mendukung konsep bahwa intensitas latihan merupakan stimulus penting untuk adaptasi kardiorespirasi. Penelitian intervensi menunjukkan bahwa high-intensity interval training menghasilkan peningkatan $VO_2\max$ yang lebih besar dibandingkan continuous moderate-intensity exercise dalam durasi yang sama (Milanović et al., 2015).

Proporsi mahasiswa yang memiliki kebugaran kardiorespirasi di bawah rerata untuk kelompok usia mereka (38% berada dalam kategori poor to fair) merupakan temuan yang mengkhawatirkan. Penelitian longitudinal menunjukkan bahwa kebugaran kardiorespirasi pada masa dewasa muda merupakan prediktor kuat status kesehatan di usia paruh baya dan lanjut usia (Gunnell et al., 2016). Setiap peningkatan satu MET dalam kapasitas kardiorespirasi berhubungan dengan penurunan 13-15% risiko mortalitas kardiovaskular dan mortalitas semua sebab. Dengan demikian, investasi dalam peningkatan aktivitas fisik dan kebugaran pada populasi mahasiswa dapat memberikan manfaat kesehatan jangka panjang yang substansial. Strategi intervensi yang dapat dipertimbangkan meliputi integrasi aktivitas fisik dalam kurikulum, penyediaan fasilitas olahraga yang lebih accessible, dan program promosi kesehatan yang mengedukasi mahasiswa tentang pentingnya aktivitas fisik regular (Deliens et al., 2015).

Temuan mengenai hubungan antara aktivitas fisik dengan kekuatan otot juga memberikan wawasan penting. Meskipun korelasi antara aktivitas fisik umum dengan kekuatan otot lebih lemah dibandingkan dengan kebugaran kardiorespirasi, hubungan tersebut tetap signifikan dan bermakna. Hal ini dapat dijelaskan oleh fakta bahwa tidak semua jenis aktivitas fisik secara spesifik melatih kekuatan otot. Penelitian menunjukkan bahwa resistance training merupakan stimulus yang paling efektif untuk peningkatan kekuatan otot melalui mekanisme neural adaptation dan hypertrophy otot (Schoenfeld et al., 2016). Temuan bahwa mahasiswa yang melakukan resistance training memiliki kekuatan otot yang lebih tinggi mendukung pentingnya diversifikasi jenis aktivitas fisik untuk mendapatkan manfaat kesehatan yang komprehensif.

Kekuatan genggam tangan yang diukur dalam penelitian ini memiliki nilai lebih dari sekadar indikator kekuatan otot ekstremitas atas. Penelitian epidemiologi menunjukkan bahwa kekuatan genggam merupakan biomarker kesehatan yang kuat dan berhubungan dengan functional status, risiko disabilitas, dan bahkan mortalitas pada berbagai kelompok usia (Leong et al., 2015). Proporsi subjek yang memiliki kekuatan genggam di bawah persentil ke-25 (32%) mengindikasikan bahwa sejumlah substansial mahasiswa berisiko mengalami penurunan kapasitas fungsional di kemudian hari jika tidak melakukan intervensi. Penurunan kekuatan otot dimulai sejak usia 30-an dan berlanjut progresif seiring penuaan, sehingga membangun "reserve" kekuatan otot yang memadai pada masa dewasa muda menjadi strategi preventif yang penting (Dodds et al., 2016).

Performa sit-up yang mengukur kekuatan otot core menunjukkan korelasi yang kuat dengan aktivitas fisik, yang dapat dijelaskan oleh fakta bahwa banyak aktivitas fisik sehari-hari melibatkan aktivasi otot core untuk stabilisasi dan transfer gaya. Kekuatan otot core yang memadai penting bukan hanya untuk performa atletik tetapi juga untuk pencegahan cedera punggung bawah, yang merupakan salah satu keluhan muskuloskeletal paling umum pada populasi mahasiswa (Shamsi et al., 2020). Temuan bahwa 78% subjek memiliki kekuatan core dalam kategori poor hingga fair mengindikasikan perlunya intervensi yang secara spesifik menargetkan penguatan otot core, seperti program pilates, yoga, atau core strengthening exercises.

Pola dose-response yang jelas antara tingkat aktivitas fisik dengan parameter kebugaran yang diamati memberikan bukti kausalitas yang lebih kuat. Konsistensi peningkatan kebugaran seiring dengan peningkatan tingkat aktivitas dari kategori rendah ke sedang dan dari sedang ke tinggi mendukung rekomendasi bahwa "some physical activity is better than none, and more is better than some" (Piercy et al., 2018). Namun, perlu dicatat bahwa hubungan antara aktivitas fisik dan kesehatan tidak selalu linear, dan terdapat threshold dimana manfaat tambahan menjadi marginal atau bahkan terdapat risiko overtraining. Penelitian menunjukkan bahwa manfaat kesehatan paling substansial dicapai ketika individu yang sebelumnya sedenter meningkatkan aktivitas fisiknya ke tingkat moderate, dengan manfaat tambahan yang lebih incremental pada tingkat aktivitas yang sangat tinggi (Arem et al., 2015).

Temuan bahwa tingkat aktivitas fisik memberikan kontribusi sebesar 47,2% terhadap variasi kebugaran kardiorespirasi mengindikasikan bahwa aktivitas fisik merupakan determinan yang sangat penting, namun faktor-faktor lain juga berperan. Faktor genetik diperkirakan berkontribusi sekitar 50% terhadap variasi VO_2max antar individu, sementara faktor epigenetik, nutrisi, kualitas tidur, dan stress juga mempengaruhi kebugaran jasmani (Bouchard et al., 2011). Dalam model regresi berganda yang melibatkan multiple predictors, tingkat aktivitas fisik muncul sebagai prediktor paling kuat yang dapat dimodifikasi, menekankan pentingnya intervensi berbasis aktivitas fisik dalam program promosi kesehatan kampus. Kontribusi signifikan jenis kelamin dan indeks massa tubuh dalam model prediksi menunjukkan perlunya personalisasi program berdasarkan karakteristik individual.

Perilaku sedenter yang tinggi yang diamati dalam penelitian ini (rerata 8,4 jam per hari) merupakan isu tersendiri yang perlu mendapat perhatian. Penelitian menunjukkan bahwa perilaku sedenter memiliki efek kesehatan negatif yang independen dari tingkat aktivitas fisik, fenomena yang dikenal sebagai "active couch potato" syndrome dimana seseorang dapat memenuhi rekomendasi aktivitas fisik namun tetap menghabiskan sebagian besar waktu dalam perilaku sedenter dan mengalami risiko kesehatan metabolik (Dempsey et al., 2020). Intervensi untuk mengurangi perilaku sedenter dapat meliputi penggunaan standing desk, break reminders, dan redesign lingkungan yang mendorong movement. Penelitian menunjukkan bahwa memecah periode sitting yang prolonged dengan brief bouts of light-intensity activity dapat memberikan manfaat metabolik yang signifikan (Chastin et al., 2019).

Implikasi praktis dari penelitian ini untuk konteks kampus adalah perlunya pendekatan multi-level untuk promosi aktivitas fisik. Di tingkat individual, mahasiswa perlu diedukasi tentang pentingnya aktivitas fisik untuk kesehatan jangka pendek dan panjang, serta diberikan pengetahuan praktis tentang bagaimana mengintegrasikan aktivitas fisik dalam kehidupan sehari-hari yang padat. Di tingkat environmental, kampus perlu menyediakan infrastruktur yang mendukung seperti jalur pedestrian yang aman dan nyaman, fasilitas olahraga yang accessible dan affordable, serta program olahraga yang variatif dan menarik (Sallis et al., 2016). Di tingkat policy, institusi dapat mempertimbangkan kebijakan seperti integrasi physical activity break dalam jadwal kuliah, incentive untuk partisipasi dalam aktivitas olahraga, dan kolaborasi dengan departemen kesehatan untuk screening kebugaran reguler.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu dipertimbangkan dalam interpretasi hasil. Pertama, desain cross-sectional tidak memungkinkan inferensi kausalitas yang definitif, meskipun arah hubungan yang diobservasi didukung oleh teori fisiologi dan penelitian intervensi sebelumnya. Studi longitudinal atau randomized controlled trial diperlukan untuk mengkonfirmasi hubungan kausal. Kedua, pengukuran aktivitas fisik menggunakan self-report questionnaire rentan terhadap recall bias dan social desirability bias, meskipun IPAQ merupakan instrumen yang tervalidasi dengan reliabilitas yang cukup baik (Craig et al., 2003). Penggunaan objective measures seperti accelerometer dapat memberikan data aktivitas fisik yang lebih akurat. Ketiga, penelitian ini tidak mengukur beberapa variabel potensial yang dapat mempengaruhi kebugaran seperti dietary intake, stress level, dan kondisi kesehatan mental yang dapat menjadi confounding factors. Keempat, estimasi $\text{VO}_{2\text{max}}$ menggunakan field test memiliki margin of error tertentu dibandingkan dengan pengukuran direct menggunakan gas analyzer, meskipun bleep test merupakan metode yang tervalidasi dengan korelasi tinggi dengan direct measurement (Tomkinson et al., 2019).

SIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa tingkat aktivitas fisik harian memiliki pengaruh yang signifikan dan substantial terhadap profil kebugaran kardiorespirasi dan kekuatan otot pada mahasiswa. Mahasiswa dengan aktivitas fisik tinggi menunjukkan kebugaran kardiorespirasi yang jauh lebih baik dengan $\text{VO}_{2\text{max}}$ 28,3% lebih tinggi, kekuatan genggam tangan 40,0% lebih kuat, dan performa sit-up 71,6% lebih baik dibandingkan kelompok aktivitas fisik rendah. Tingkat aktivitas fisik memberikan kontribusi sebesar 47,2% terhadap variasi kebugaran kardiorespirasi dan merupakan prediktor paling kuat yang dapat dimodifikasi. Pola dose-response yang jelas mengindikasikan bahwa peningkatan tingkat aktivitas fisik secara konsisten berhubungan dengan peningkatan kebugaran, mendukung rekomendasi bahwa setiap peningkatan aktivitas fisik memberikan manfaat kesehatan. Temuan ini menekankan pentingnya promosi aktivitas fisik sebagai strategi utama untuk meningkatkan kebugaran jasmani mahasiswa, yang pada gilirannya akan berkontribusi pada kesehatan jangka panjang dan kualitas hidup yang lebih baik.

Berdasarkan temuan penelitian, disarankan agar institusi pendidikan tinggi mengembangkan dan mengimplementasikan program promosi aktivitas fisik yang komprehensif dan multi-level, yang mencakup penyediaan fasilitas olahraga yang memadai dan accessible, integrasi aktivitas fisik dalam kehidupan kampus, serta edukasi kesehatan yang berkelanjutan. Mahasiswa perlu didorong untuk mencapai minimal 150 menit aktivitas fisik intensitas sedang atau 75 menit aktivitas intensitas tinggi per minggu sesuai rekomendasi WHO, dengan kombinasi aktivitas aerobik dan resistance training untuk mendapatkan manfaat kebugaran yang komprehensif. Penelitian lebih lanjut dengan desain longitudinal atau intervensi diperlukan untuk mengkonfirmasi hubungan kausal dan mengidentifikasi strategi intervensi yang paling efektif untuk populasi mahasiswa Indonesia. Pengukuran objektif aktivitas fisik menggunakan accelerometer dan pemeriksaan faktor-faktor lain seperti dietary intake dan mental health dalam penelitian mendatang akan memberikan pemahaman yang lebih komprehensif tentang determinan kebugaran jasmani mahasiswa. Kolaborasi antar stakeholder termasuk institusi pendidikan, departemen kesehatan, dan organisasi kemahasiswaan diperlukan untuk menciptakan lingkungan kampus yang mendukung gaya hidup aktif dan sehat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh mahasiswa yang telah bersedia menjadi subjek penelitian dan memberikan waktu serta komitmennya dalam mengikuti seluruh prosedur pengukuran. Terima kasih juga disampaikan kepada tim asisten peneliti yang telah membantu dalam proses

pengumpulan data, serta kepada pihak universitas yang telah memberikan izin dan dukungan fasilitas untuk pelaksanaan penelitian ini. Penelitian ini tidak menerima pendanaan dari lembaga eksternal dan dilakukan secara mandiri oleh tim peneliti.

DAFTAR PUSTAKA

- Arem, H., Moore, S. C., Patel, A., Hartge, P., Berrington de Gonzalez, A., Visvanathan, K., ... & Matthews, C. E. (2015). Leisure time physical activity and mortality: A detailed pooled analysis of the dose-response relationship. *JAMA Internal Medicine*, 175(6), 959-967.
- Bohannon, R. W. (2019). Grip strength: An indispensable biomarker for older adults. *Clinical Interventions in Aging*, 14, 1681-1691.
- Bouchard, C., Sarzynski, M. A., Rice, T. K., Kraus, W. E., Church, T. S., Sung, Y. J., ... & Rankinen, T. (2011). Genomic predictors of the maximal O₂ uptake response to standardized exercise training programs. *Journal of Applied Physiology*, 110(5), 1160-1170.
- Bull, F. C., Al-Ansari, S. S., Biddle, S., Borodulin, K., Buman, M. P., Cardon, G., ... & Willumsen, J. F. (2020). World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *British Journal of Sports Medicine*, 54(24), 1451-1462.
- Castro, O., Bennie, J., Vergeer, I., Bosselut, G., & Biddle, S. J. (2020). How sedentary are university students? A systematic review and meta-analysis. *Prevention Science*, 21(3), 332-343.
- Chastin, S. F., Egerton, T., Leask, C., & Stamatakis, E. (2019). Meta-analysis of the relationship between breaks in sedentary behavior and cardiometabolic health. *Obesity*, 23(9), 1800-1810.
- Chen, P., Mao, L., Nassis, G. P., Harmer, P., Ainsworth, B. E., & Li, F. (2020). Coronavirus disease (COVID-19): The need to maintain regular physical activity while taking precautions. *Journal of Sport and Health Science*, 9(2), 103-104.
- Craig, C. L., Marshall, A. L., Sjöström, M., Bauman, A. E., Booth, M. L., Ainsworth, B. E., ... & Oja, P. (2003). International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(8), 1381-1395.
- Deliens, T., Deforche, B., De Bourdeaudhuij, I., & Clarys, P. (2015). Determinants of physical activity and sedentary behaviour in university students: A qualitative study using focus group discussions. *BMC Public Health*, 15(1), 201.
- Dempsey, P. C., Friedenreich, C. M., Leitzmann, M. F., Buman, M. P., Lambert, E., Willumsen, J., & Bull, F. (2020). Global public health guidelines on physical activity and sedentary behavior for people living with chronic conditions: A call to action. *Journal of Physical Activity and Health*, 17(10), 1009-1020.
- Dodds, R. M., Syddall, H. E., Cooper, R., Benzeval, M., Deary, I. J., Dennison, E. M., ... & Sayer, A. A. (2014). Grip strength across the life course: Normative data from twelve British studies. *PLoS ONE*, 9(12), e113637.
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. G., & Buchner, A. (2007). G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39(2), 175-191.
- Gunnell, A. S., Joyce, S., Tomkinson, G. R., Leckie, C. A., & Plumb, M. S. (2016). Cardiorespiratory fitness and mortality from all causes, cardiovascular disease and cancer: Dose-response meta-analysis of cohort studies. *British Journal of Sports Medicine*, 50(7), 401-407.
- Guthold, R., Stevens, G. A., Riley, L. M., & Bull, F. C. (2020). Global trends in insufficient physical activity among adolescents: A pooled analysis of 298 population-based surveys with 1.6 million participants. *The Lancet Child & Adolescent Health*, 4(1), 23-35.
- Kaminsky, L. A., Arena, R., & Myers, J. (2015). Reference standards for cardiorespiratory fitness measured with cardiopulmonary exercise testing: Data from the Fitness Registry and the Importance of Exercise National Database. *Mayo Clinic Proceedings*, 90(11), 1515-1523.
- Kodama, S., Saito, K., Tanaka, S., Maki, M., Yachi, Y., Asumi, M., ... & Sone, H. (2009). Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and cardiovascular events in healthy men and women: A meta-analysis. *JAMA*, 301(19), 2024-2035.
- Lakens, D. (2013). Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: A practical primer for t-tests and ANOVAs. *Frontiers in Psychology*, 4, 863.
- Lavie, C. J., Oken, K., Carbone, S., Pandey, A., & Marwan, M. (2019). Exercise training in cardiovascular diseases: From theory to practice. *Nature Reviews Cardiology*, 16(3), 155-171.

- Leong, D. P., Teo, K. K., Rangarajan, S., Lopez-Jaramillo, P., Avezum Jr, A., Orlandini, A., ... & Yusuf, S. (2015). Prognostic value of grip strength: Findings from the Prospective Urban Rural Epidemiology (PURE) study. *The Lancet*, 386(9990), 266-273.
- Milanović, Z., Sporiš, G., & Weston, M. (2015). Effectiveness of high-intensity interval training (HIT) and continuous endurance training for VO₂max improvements: A systematic review and meta-analysis of controlled trials. *Sports Medicine*, 45(10), 1469-1481.
- Montero, D., & Lundby, C. (2017). Refuting the myth of non-response to exercise training: 'Non-responders' do respond to higher dose of training. *The Journal of Physiology*, 595(11), 3377-3387.
- Myers, J., McAuley, P., Lavie, C. J., Despres, J. P., Arena, R., & Kokkinos, P. (2015). Physical activity and cardiorespiratory fitness as major markers of cardiovascular risk: Their independent and interwoven importance to health status. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 57(4), 306-314.
- Nes, B. M., Janszky, I., Wisløff, U., Støylen, A., & Karlsen, T. (2013). Age-predicted maximal heart rate in healthy subjects: The HUNT fitness study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 23(6), 697-704.
- Peterson, M. D., Rhea, M. R., Sen, A., & Gordon, P. M. (2010). Resistance exercise for muscular strength in older adults: A meta-analysis. *Ageing Research Reviews*, 9(3), 226-237.
- Piercy, K. L., Troiano, R. P., Ballard, R. M., Carlson, S. A., Fulton, J. E., Galuska, D. A., ... & Olson, R. D. (2018). The physical activity guidelines for Americans. *JAMA*, 320(19), 2020-2028.
- Roberts, H. C., Denison, H. J., Martin, H. J., Patel, H. P., Syddall, H., Cooper, C., & Sayer, A. A. (2011). A review of the measurement of grip strength in clinical and epidemiological studies: Towards a standardised approach. *Age and Ageing*, 40(4), 423-429.
- Ross, R., Blair, S. N., Arena, R., Church, T. S., Després, J. P., Franklin, B. A., ... & Wisløff, U. (2016). Importance of assessing cardiorespiratory fitness in clinical practice: A case for fitness as a clinical vital sign. *Circulation*, 134(24), e653-e699.
- Sallis, J. F., Bull, F., Guthold, R., Heath, G. W., Inoue, S., Kelly, P., ... & Hallal, P. C. (2016). Progress in physical activity over the Olympic quadrennium. *The Lancet*, 388(10051), 1325-1336.
- Schoenfeld, B. J., Ogborn, D., & Krieger, J. W. (2016). Effects of resistance training frequency on measures of muscle hypertrophy: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 46(11), 1689-1697.
- Shamsi, M., Mirzaei, M., & Khabiri, S. S. (2020). Universal profile of low back pain in different cultures: A systematic review. *Pain Research and Treatment*, 2020, 5091351.
- Smith, J. J., Eather, N., Morgan, P. J., Plotnikoff, R. C., Faigenbaum, A. D., & Lubans, D. R. (2014). The health benefits of muscular fitness for children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 44(9), 1209-1223.
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2018). The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports Medicine*, 48(4), 765-785.
- Swain, D. P., & Franklin, B. A. (2006). Comparison of cardioprotective benefits of vigorous versus moderate intensity aerobic exercise. *The American Journal of Cardiology*, 97(1), 141-147.
- Tomkinson, G. R., Lang, J. J., Tremblay, M. S., Dale, M., LeBlanc, A. G., Belanger, K., ... & Léger, L. (2017). International normative 20 m shuttle run values from 1 142 026 children and youth representing 50 countries. *British Journal of Sports Medicine*, 51(21), 1545-1554.
- Warburton, D. E., & Bredin, S. S. (2017). Health benefits of physical activity: A systematic review of current systematic reviews. *Current Opinion in Cardiology*, 32(5), 541-556.
- World Health Organization. (2020). WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour. World Health Organization.