



Pengembangan Program Concurrent Training Berbasis Periodisasi untuk Peningkatan Kekuatan, Daya Tahan, dan Komposisi Tubuh Mahasiswa PJKR

Suriah Hanafi¹

¹Fakultas Ilmu Keolahragaan dan Kesehatan, Universitas Negeri Makassar

suriah.hanafi@unm.ac.id

Abstrak

Concurrent training yang menggabungkan latihan kekuatan dan daya tahan secara bersamaan telah berkembang sebagai pendekatan efisien dalam peningkatan kebugaran fisik secara menyeluruh. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menguji efektivitas program concurrent training berbasis periodisasi terhadap peningkatan kekuatan otot, daya tahan kardiorespirasi, dan komposisi tubuh pada mahasiswa Program Studi Pendidikan Jasmani, Kesehatan, dan Rekreasi (PJKR). Penelitian menggunakan desain eksperimen semu (quasi-experimental) dengan rancangan pretest-posttest control group design selama 12 minggu. Sebanyak 48 mahasiswa dipilih secara purposive sampling dan dibagi menjadi dua kelompok: kelompok eksperimen (n=24) yang menjalani program concurrent training berbasis periodisasi linier dan kelompok kontrol (n=24) yang menjalani program latihan konvensional. Variabel kekuatan otot diukur menggunakan 1-Repetition Maximum (1RM), daya tahan kardiorespirasi menggunakan VO₂max (bleep test), dan komposisi tubuh menggunakan pengukuran persentase lemak tubuh (skinfold caliper) serta indeks massa tubuh (IMT). Hasil analisis menunjukkan peningkatan signifikan pada kelompok eksperimen dibandingkan kelompok kontrol pada seluruh variabel yang diukur ($p < 0,05$). Program concurrent training berbasis periodisasi terbukti efektif dalam meningkatkan kekuatan otot (18,7%), VO₂max (12,4%), dan menurunkan persentase lemak tubuh (9,3%) secara bersamaan. Temuan ini memberikan implikasi praktis bagi pengembangan kurikulum pendidikan jasmani berbasis bukti ilmiah.

Kata Kunci: concurrent training; periodisasi; kekuatan otot; kardiorespirasi; komposisi tubuh.

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu keolahragaan dan ilmu pendidikan jasmani di era kontemporer menuntut adanya inovasi dalam metode pelatihan fisik yang tidak hanya efektif secara fisiologis, tetapi juga efisien dalam penggunaan waktu dan sumber daya. Salah satu pendekatan yang semakin mendapatkan perhatian luas dari para akademisi dan praktisi olahraga adalah concurrent training, yaitu metode latihan yang menggabungkan latihan kekuatan (resistance training) dan latihan daya tahan (endurance training) dalam satu sesi atau program latihan yang terintegrasi (Wilson et al., 2022). Pendekatan ini menawarkan solusi komprehensif bagi individu yang ingin meningkatkan berbagai komponen kebugaran fisik secara bersamaan tanpa harus memilih antara satu modalitas latihan dengan modalitas lainnya.

Mahasiswa program studi Pendidikan Jasmani, Kesehatan, dan Rekreasi (PJKR) merupakan kelompok populasi yang secara profesional dituntut untuk memiliki kebugaran fisik yang optimal dan penguasaan berbagai metode latihan yang dapat diaplikasikan dalam konteks pendidikan maupun kepelatihan. Kompetensi fisik mahasiswa PJKR bukan semata-mata kebutuhan personal, melainkan

merupakan prasyarat pedagogis yang akan berpengaruh langsung terhadap kualitas pembelajaran pendidikan jasmani yang akan mereka sampaikan kepada peserta didik di masa mendatang (Susanto & Wijaya, 2023). Oleh karena itu, pengembangan program latihan yang terstruktur, berbasis bukti ilmiah, dan sesuai dengan karakteristik populasi mahasiswa menjadi kebutuhan yang mendesak untuk dipenuhi.

Fenomena interferensi (*the interference effect*) merupakan tantangan utama dalam penerapan *concurrent training*, di mana adaptasi kekuatan otot dapat terhambat akibat sinyal molekuler yang bertentangan yang dipicu oleh latihan daya tahan, terutama melalui aktivasi jalur AMPK yang dapat menghambat jalur mTOR yang esensial bagi hipertrofi otot (Fyfe et al., 2023). Namun demikian, serangkaian penelitian terbaru menunjukkan bahwa efek interferensi ini dapat diminimalkan secara signifikan melalui manipulasi variabel program latihan yang tepat, termasuk pengaturan urutan modalitas latihan, volume, intensitas, frekuensi, dan yang paling krusial adalah penerapan sistem periodisasi yang terstruktur (Methenitis et al., 2024).

Periodisasi dalam konteks *concurrent training* merujuk pada perencanaan sistematis dan progresif dari parameter beban latihan dalam rentang waktu tertentu, yang dirancang untuk mengoptimalkan adaptasi fisiologis sambil mencegah terjadinya *overtraining* dan meminimalkan efek interferensi (Issurin, 2022). Model periodisasi linier, yang ditandai dengan peningkatan intensitas latihan secara bertahap diikuti penurunan volume yang proporsional, telah terbukti efektif dalam konteks *concurrent training* pada berbagai populasi, termasuk mahasiswa dengan tingkat kebugaran awal yang bervariasi (Schumann & Rønnestad, 2023). Sementara itu, model periodisasi undulating atau non-linier menawarkan variasi stimulus yang lebih dinamis dan dapat menghindarkan *plateau* adaptasi yang sering terjadi pada program periodisasi linier konvensional.

Tinjauan sistematis dan meta-analisis yang dilakukan oleh Murlasits et al. (2018) terhadap 21 studi tentang *concurrent training* menemukan bahwa program yang mengintegrasikan periodisasi yang terstruktur menghasilkan peningkatan kekuatan otot rata-rata 15-25% lebih besar dibandingkan program tanpa periodisasi dalam rentang waktu 8-16 minggu. Temuan ini dikonfirmasi oleh penelitian longitudinal yang dilakukan oleh Eddens et al. (2023) yang menunjukkan bahwa penambahan periodisasi dalam program *concurrent training* tidak hanya meningkatkan adaptasi kekuatan secara signifikan, tetapi juga mengoptimalkan adaptasi kapasitas aerobik dan komposisi tubuh secara bersamaan. Relevansi temuan ini bagi konteks pendidikan tinggi olahraga sangat besar, mengingat mahasiswa PJKR memerlukan peningkatan multikomponen yang seimbang.

Komposisi tubuh merupakan salah satu komponen kebugaran yang paling kompleks dan paling erat kaitannya dengan kesehatan jangka panjang dan performa fisik. Penelitian yang dilakukan oleh Carbone et al. (2024) menegaskan bahwa *concurrent training* yang terstruktur dengan baik mampu menginduksi perubahan komposisi tubuh yang signifikan, yaitu penurunan massa lemak dan peningkatan massa otot tanpa lemak (*lean mass*) secara simultan. Hal ini berbeda dengan latihan kekuatan saja yang cenderung meningkatkan massa tubuh total, atau latihan daya tahan saja yang meskipun dapat menurunkan massa lemak namun juga berpotensi menurunkan massa otot jika tidak diimbangi dengan asupan protein yang adekuat (Konopka & Harber, 2024). Dengan demikian, *concurrent training* berbasis periodisasi menawarkan profil adaptasi yang paling komprehensif bagi mahasiswa PJKR.

Di Indonesia, penelitian tentang *concurrent training* di lingkungan pendidikan tinggi olahraga masih sangat terbatas. Sebagian besar penelitian yang ada masih berfokus pada modalitas latihan tunggal (kekuatan saja atau daya tahan saja) dan jarang yang mengintegrasikan prinsip periodisasi secara sistematis dalam desain intervensinya. Nugroho et al. (2023) dalam studinya pada mahasiswa ilmu keolahragaan di Indonesia menemukan bahwa pemahaman tentang periodisasi latihan di kalangan mahasiswa masih relatif rendah, meskipun mereka merupakan calon pendidik dan pelatih olahraga. Kondisi ini mencerminkan adanya kesenjangan antara perkembangan ilmu keolahragaan berbasis bukti di tataran global dengan implementasinya di ranah pendidikan tinggi olahraga nasional.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Rahmat & Hasan (2022) pada mahasiswa PJKR di Universitas Negeri Surabaya menunjukkan bahwa program latihan gabungan selama 8 minggu mampu meningkatkan kebugaran jasmani secara umum, namun penelitian tersebut tidak menggunakan sistem periodisasi yang terstruktur dan tidak mengukur variabel kekuatan otot secara spesifik menggunakan metode pengukuran yang valid seperti 1RM. Di sisi lain, penelitian Kurniawan et al. (2024) menemukan bahwa mahasiswa PJKR yang terpapar program *concurrent training* berbasis periodisasi menunjukkan peningkatan motivasi berlatih yang lebih tinggi dibandingkan kelompok yang menjalani program

latihan monoton, yang secara tidak langsung berkontribusi terhadap tingkat kepatuhan (adherence) terhadap program latihan.

Urgensi pengembangan program concurrent training berbasis periodisasi yang terstandarisasi dan telah teruji secara ilmiah untuk konteks mahasiswa PJKR di Indonesia sangat tinggi. Program semacam ini tidak hanya akan bermanfaat bagi peningkatan kebugaran mahasiswa secara individual, tetapi juga akan menjadi model pembelajaran yang dapat diaplikasikan dalam perkuliahan mata kuliah yang berkaitan dengan pelatihan fisik, seperti Teori dan Metodologi Kepeleatihan, Fisiologi Olahraga Terapan, dan Fitness Wellness (Hidayat & Pratama, 2023). Selain itu, tersedianya bukti empiris tentang efektivitas program semacam ini di populasi mahasiswa Indonesia akan memperkaya literatur ilmiah olahraga nasional dan memberikan kontribusi nyata bagi pengembangan kurikulum pendidikan jasmani berbasis bukti.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, penelitian ini dirancang dengan tujuan utama untuk mengembangkan dan mengevaluasi efektivitas program concurrent training berbasis periodisasi linier selama 12 minggu terhadap peningkatan kekuatan otot, daya tahan kardiorespirasi (VO_{2max}), dan komposisi tubuh (persentase lemak tubuh dan indeks massa tubuh) pada mahasiswa PJKR. Hipotesis penelitian ini adalah bahwa program concurrent training berbasis periodisasi linier akan menghasilkan peningkatan yang signifikan dan lebih besar pada seluruh variabel tersebut dibandingkan program latihan konvensional, sesuai dengan prediksi teoritis berdasarkan mekanisme fisiologis yang mendasarinya (Schumann & Rønnestad, 2023; Fyfe et al., 2023).

METODE

Penelitian ini menggunakan desain quasi-experimental dengan rancangan pretest-posttest control group design. Desain ini dipilih karena memungkinkan peneliti untuk melakukan perbandingan yang valid antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol dengan pengendalian variabel confounding yang memadai, meskipun randomisasi penuh tidak dapat dilakukan mengingat keterbatasan administratif dalam lingkungan pendidikan tinggi (Creswell & Creswell, 2023). Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kebugaran Fisik dan Lapangan Atletik Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Makassar, dimulai dari bulan Februari hingga April 2025.

Populasi penelitian adalah seluruh mahasiswa aktif Program Studi PJKR semester III dan V yang berjumlah 186 orang. Pemilihan semester tersebut didasarkan pada pertimbangan bahwa mahasiswa pada level ini telah memiliki pengetahuan dasar tentang latihan fisik namun belum terpapar secara intensif pada program latihan terstruktur sebagai bagian dari kurikulum formal. Sampel penelitian dipilih menggunakan purposive sampling dengan kriteria inklusi sebagai berikut: (1) mahasiswa aktif PJKR semester III atau V; (2) berjenis kelamin laki-laki; (3) tidak memiliki riwayat cedera muskuloskeletal dalam 6 bulan terakhir; (4) tidak sedang menjalani program latihan terstruktur secara mandiri; (5) bersedia menandatangani informed consent dan berkomitmen mengikuti seluruh rangkaian program latihan. Berdasarkan perhitungan ukuran sampel menggunakan rumus Cohen (1988) dengan effect size sedang ($d=0,5$), $\alpha=0,05$, dan $power=0,80$, diperoleh ukuran sampel minimal 21 per kelompok; peneliti menetapkan 24 subjek per kelompok sebagai antisipasi drop out, sehingga total sampel berjumlah 48 orang.

Subjek penelitian kemudian dibagi menjadi dua kelompok berdasarkan hasil tes kebugaran awal (pretest) menggunakan teknik matched-pairs assignment untuk memastikan kesetaraan kondisi awal antara kedua kelompok. Kelompok eksperimen (KE, $n=24$) menjalani program concurrent training berbasis periodisasi linier, sementara kelompok kontrol (KK, $n=24$) menjalani program latihan konvensional yang merupakan program latihan fisik standar yang selama ini diterapkan dalam mata kuliah kebugaran jasmani di program studi tersebut. Kedua kelompok melakukan sesi latihan tiga kali per minggu selama 12 minggu dengan durasi setiap sesi 75-90 menit.

Program concurrent training berbasis periodisasi linier yang dikembangkan dalam penelitian ini dibagi menjadi tiga fase mesosiklus yang masing-masing berlangsung empat minggu. Fase pertama (minggu 1-4) merupakan fase adaptasi atau hipertrofi awal, dengan volume latihan tinggi (3-4 set \times 12-15 repetisi untuk latihan kekuatan; intensitas 60-70% 1RM) dan komponen daya tahan berupa lari kontinu dengan intensitas sedang (60-70% HRmax, 30-35 menit). Fase kedua (minggu 5-8) merupakan fase kekuatan dasar, dengan penurunan volume dan peningkatan intensitas (3-4 set \times 8-10 repetisi; intensitas 70-80% 1RM) serta komponen daya tahan yang beralih ke interval training dengan intensitas lebih tinggi (75-85% HRmax, 25-30 menit). Fase ketiga (minggu 9-12) merupakan fase kekuatan dan

daya tahan puncak, dengan intensitas tertinggi (3-5 set × 4-6 repetisi; intensitas 80-90% 1RM) dan komponen daya tahan berupa high-intensity interval training (HIIT) dengan intensitas 85-95% HRmax selama 20-25 menit. Urutan modalitas latihan dalam setiap sesi adalah latihan kekuatan lebih dahulu diikuti latihan daya tahan, berdasarkan bukti penelitian bahwa urutan ini lebih mengoptimalkan adaptasi kekuatan dibandingkan urutan sebaliknya (Eklund et al., 2022).

Variabel terikat dalam penelitian ini terdiri dari tiga komponen utama. Pertama, kekuatan otot diukur menggunakan tes 1-Repetition Maximum (1RM) pada empat gerakan utama: bench press, back squat, deadlift, dan shoulder press; nilai komposit 1RM dihitung dari rerata keempat gerakan tersebut. Kedua, daya tahan kardiorespirasi diukur menggunakan VO2max melalui protokol bleep test (multi-stage fitness test) yang telah tervalidasi untuk populasi mahasiswa di Indonesia (Nurfianto, 2022). Ketiga, komposisi tubuh diukur melalui pengukuran persentase lemak tubuh menggunakan metode skinfold caliper di empat titik pengukuran (biceps, triceps, subscapular, suprailiac) sesuai protokol Durnin & Womersley, dan pengukuran IMT berdasarkan berat badan (timbangan digital, ketelitian 0,1 kg) dan tinggi badan (stadiometer, ketelitian 0,1 cm). Seluruh pengukuran dilakukan tiga kali oleh penguji yang sama dan nilai rata-rata digunakan sebagai data final untuk meminimalkan kesalahan pengukuran.

Analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak SPSS versi 27.0. Uji normalitas data menggunakan Shapiro-Wilk test dan uji homogenitas varians menggunakan Levene's test sebagai prasyarat analisis parametrik. Perbedaan antar kelompok dan antar waktu pengukuran dianalisis menggunakan mixed ANOVA (between-within subjects ANOVA) dengan faktor kelompok (eksperimen vs. kontrol) sebagai variabel between-subjects dan faktor waktu (pretest vs. posttest) sebagai variabel within-subjects. Jika terdapat interaksi yang signifikan, analisis post hoc dilakukan menggunakan paired t-test untuk perbandingan intra-kelompok dan independent samples t-test untuk perbandingan antar kelompok pada masing-masing waktu pengukuran, dengan koreksi Bonferroni untuk mengendalikan tingkat kesalahan tipe I. Effect size dihitung menggunakan Cohen's d untuk memberikan gambaran tentang besaran efek praktis dari intervensi. Tingkat signifikansi yang digunakan dalam seluruh analisis adalah $\alpha = 0,05$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis karakteristik awal (baseline) kedua kelompok subjek penelitian menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan pada seluruh variabel yang diukur sebelum intervensi dilaksanakan. Tabel 1 menyajikan deskripsi statistik karakteristik subjek penelitian pada kedua kelompok.

Tabel 1. Karakteristik Awal Subjek Penelitian

Variabel	KE Mean ± SD	KK Mean ± SD	t	p
Usia (tahun)	20,42 ± 1,18	20,58 ± 1,24	0,49	0,628
Berat Badan (kg)	67,83 ± 8,24	68,42 ± 7,96	0,27	0,791
Tinggi Badan (cm)	170,25 ± 5,43	169,87 ± 5,71	0,25	0,806
IMT (kg/m ²)	23,41 ± 2,37	23,68 ± 2,51	0,41	0,684
% Lemak Tubuh	18,73 ± 3,42	19,12 ± 3,61	0,41	0,682
1RM Komposit (kg)	78,54 ± 12,38	77,92 ± 11,74	0,19	0,851
VO2max (ml/kg/min)	42,37 ± 4,86	41,94 ± 5,12	0,32	0,752

Keterangan: KE = Kelompok Eksperimen; KK = Kelompok Kontrol; SD = Standar Deviasi

Berdasarkan Tabel 1, hasil uji t independen menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan antara kedua kelompok pada semua variabel baseline ($p > 0,05$), yang mengkonfirmasi bahwa kedua kelompok berada dalam kondisi yang sebanding sebelum intervensi dilaksanakan. Hal ini penting untuk memastikan bahwa perbedaan yang ditemukan setelah intervensi dapat diatribusikan secara valid kepada perbedaan perlakuan yang diberikan, bukan kepada perbedaan kondisi awal subjek (Creswell & Creswell, 2023). Tidak ada subjek yang mengalami drop out selama periode penelitian; semua 48 subjek menyelesaikan program dengan tingkat kehadiran rata-rata 96,8% untuk kelompok eksperimen dan 95,4% untuk kelompok kontrol, yang menunjukkan tingkat kepatuhan yang sangat baik terhadap kedua program latihan.

Analisis mixed ANOVA menunjukkan terdapat interaksi yang signifikan antara faktor kelompok dan faktor waktu untuk variabel kekuatan otot (1RM komposit) ($F(1,46) = 38,74, p < 0,001, \eta^2 = 0,457$), yang mengindikasikan bahwa pola perubahan kekuatan otot dari pretest ke posttest berbeda secara signifikan antara kedua kelompok. Tabel 2 menyajikan perbandingan nilai 1RM komposit dan masing-masing gerakan antara kedua kelompok pada pretest dan posttest.

Tabel 2. Perbandingan Nilai 1RM (kg) Pre-Post Intervensi

Gerakan	KE Pre	KE Post	KK Pre	KK Post	p*
Bench Press	72,38±10,42	88,54±11,73	71,92±10,18	76,33±10,84	<0,001
Back Squat	89,25±14,67	109,83±15,21	88,71±13,94	95,17±14,33	<0,001
Deadlift	95,42±16,83	117,25±18,42	94,83±15,97	102,58±16,74	<0,001
Shoulder Press	57,08±8,34	68,42±9,17	56,21±7,98	60,75±8,43	<0,002
1RM Komposit	78,54±12,38	96,01±13,63	77,92±11,74	83,71±12,59	<0,001

*Keterangan: *nilai p untuk interaksi kelompok × waktu dari mixed ANOVA; data disajikan sebagai Mean ± SD*

Data pada Tabel 2 memperlihatkan bahwa kelompok eksperimen mengalami peningkatan 1RM komposit sebesar 22,25 kg atau 18,7% (dari 78,54 ± 12,38 kg menjadi 96,01 ± 13,63 kg), sedangkan kelompok kontrol hanya mengalami peningkatan sebesar 5,79 kg atau 7,4% (dari 77,92 ± 11,74 kg menjadi 83,71 ± 12,59 kg). Perbedaan besaran peningkatan antara kedua kelompok ini secara statistik sangat signifikan ($p < 0,001$) dengan effect size yang besar (Cohen's $d = 1,23$), mengindikasikan bahwa program concurrent training berbasis periodisasi memiliki pengaruh yang jauh lebih besar terhadap perkembangan kekuatan otot dibandingkan program latihan konvensional.

Superioritas kelompok eksperimen dalam peningkatan kekuatan otot ini konsisten dengan prediksi teoritis yang didasarkan pada mekanisme fisiologis periodisasi. Peningkatan kekuatan otot yang signifikan melalui program concurrent training berbasis periodisasi dapat dijelaskan melalui beberapa mekanisme yang saling terkait. Pertama, pada fase adaptasi (minggu 1-4), penggunaan intensitas 60-70% 1RM dengan volume tinggi menginduksi hipertrofi sarkomer yang menjadi landasan bagi peningkatan kekuatan di fase berikutnya. Mekanisme hipertrofi ini dimediasi oleh aktivasi jalur mTORC1 yang distimulasi oleh mechanical tension dan metabolic stress akibat latihan kekuatan dengan repetisi tinggi (Schoenfeld et al., 2022). Kedua, pada fase kekuatan dasar (minggu 5-8), perpindahan ke intensitas yang lebih tinggi (70-80% 1RM) mengoptimalkan adaptasi neuromuskular berupa peningkatan rekrutmen motor unit dan sinkronisasi discharge, yang berkontribusi signifikan terhadap peningkatan kekuatan tanpa perlu peningkatan massa otot yang proporsional (Enoka & Duchateau, 2023).

Temuan peningkatan kekuatan otot sebesar 18,7% pada penelitian ini sejalan dengan hasil meta-analisis yang dilakukan oleh Murlasits et al. (2018) yang melaporkan peningkatan kekuatan rata-rata 15-25% pada program concurrent training dengan periodisasi selama 8-16 minggu. Lebih lanjut, penelitian yang dilakukan oleh Schumann et al. (2022) pada populasi pria muda aktif menemukan peningkatan 1RM squat sebesar 21,3% dan 1RM bench press sebesar 17,8% setelah 12 minggu program concurrent training berbasis periodisasi linier, yang sangat komparabel dengan temuan penelitian ini (peningkatan back squat 23,1% dan bench press 22,3%). Komparabilitas temuan ini memperkuat validitas eksternal dari hasil penelitian ini, meskipun perlu diakui adanya perbedaan karakteristik populasi antara penelitian tersebut dengan sampel mahasiswa PJKR Indonesia dalam penelitian ini.

Peran kritis dari pengaturan urutan modalitas latihan (latihan kekuatan lebih dahulu sebelum latihan daya tahan) juga perlu disoroti dalam konteks peningkatan kekuatan yang ditemukan. Bukti ilmiah terkini yang dikompilasi oleh Eklund et al. (2022) dalam tinjauan sistematis mereka menunjukkan bahwa melakukan latihan kekuatan sebelum latihan daya tahan menghasilkan peningkatan kekuatan yang 8-12% lebih besar dibandingkan urutan sebaliknya. Mekanisme yang mendasari hal ini adalah bahwa kelelahan yang diinduksi oleh latihan daya tahan terlebih dahulu dapat

mengurangi kemampuan untuk merekrut serat otot tipe II secara optimal saat melakukan latihan kekuatan berikutnya, sehingga menghambat adaptasi neuromuskular yang dibutuhkan untuk peningkatan kekuatan. Dengan melakukan latihan kekuatan pada kondisi yang relatif segar (non-fatigued), adaptasi maksimal dapat dicapai.

Analisis mixed ANOVA pada variabel VO₂max juga menunjukkan interaksi yang signifikan antara faktor kelompok dan faktor waktu ($F(1,46) = 29,47, p < 0,001, \eta^2 = 0,390$). Tabel 3 menyajikan perbandingan nilai VO₂max antara kedua kelompok pada pretest dan posttest.

Tabel 3. Perbandingan Nilai VO₂max (ml/kg/min) Pre-Post Intervensi

Parameter	KE Pre	KE Post	KK Pre	KK Post	p*
VO ₂ max (ml/kg/min)	42,37±4,86	47,63±5,14	41,94±5,12	44,18±4,97	<0,001
Kategori (Baik-Sangat Baik) %	41,7%	79,2%	37,5%	54,2%	0,018
Peningkatan (%)	–	+12,4%	–	+5,3%	<0,001

*Keterangan: *nilai p untuk interaksi kelompok × waktu dari mixed ANOVA; data disajikan sebagai Mean ± SD*

Hasil pada Tabel 3 menunjukkan bahwa kelompok eksperimen mengalami peningkatan VO₂max yang substansial sebesar 5,26 ml/kg/menit atau 12,4% (dari 42,37 ± 4,86 menjadi 47,63 ± 5,14 ml/kg/menit), dibandingkan kelompok kontrol yang hanya meningkat 2,24 ml/kg/menit atau 5,3% (dari 41,94 ± 5,12 menjadi 44,18 ± 4,97 ml/kg/menit). Effect size untuk perbedaan ini adalah sedang hingga besar (Cohen's $d = 0,74$). Yang menarik, persentase subjek yang masuk dalam kategori kapasitas aerobik 'Baik' hingga 'Sangat Baik' berdasarkan norma ACSM pada kelompok eksperimen meningkat secara dramatis dari 41,7% menjadi 79,2%, dibandingkan peningkatan yang lebih moderat pada kelompok kontrol (dari 37,5% menjadi 54,2%).

Peningkatan VO₂max yang signifikan pada kelompok eksperimen dapat diatribusikan kepada progresivitas komponen daya tahan dalam program concurrent training berbasis periodisasi yang dirancang secara sistematis. Periodisasi komponen daya tahan dari latihan kontinu intensitas sedang pada fase pertama, berlanjut ke interval training pada fase kedua, dan puncaknya pada HIIT di fase ketiga, menciptakan stimulus latihan yang semakin progresif dan bervariasi yang mengoptimalkan berbagai aspek sistem kardiorespirasi (Bacon et al., 2023). Secara fisiologis, peningkatan VO₂max ini dimediasi oleh adaptasi sentral maupun perifer. Adaptasi sentral meliputi peningkatan volume stroke jantung dan cardiac output akibat hipertrofi ventrikel kiri dan peningkatan volume darah, sementara adaptasi perifer mencakup peningkatan densitas kapiler otot, peningkatan mitokondrial biogenesis, dan peningkatan aktivitas enzim oksidatif (Plews et al., 2023).

Meskipun terdapat kekhawatiran teoritis tentang kemungkinan interferensi latihan kekuatan terhadap adaptasi daya tahan, temuan penelitian ini konsisten dengan bukti yang semakin kuat bahwa efek interferensi terhadap adaptasi aerobik sebenarnya minimal jika tidak ada sama sekali (Fyfe et al., 2023). Justru, beberapa penelitian menunjukkan bahwa integrasi latihan kekuatan dalam program daya tahan dapat mengoptimalkan ekonomi lari dan efisiensi gerak, yang secara tidak langsung berkontribusi terhadap peningkatan performa aerobik (Rønnestad & Mujika, 2022). Penelitian yang dilakukan oleh Methenitis et al. (2024) pada mahasiswa ilmu keolahragaan menemukan peningkatan VO₂max sebesar 10-14% setelah 12 minggu concurrent training terstruktur, sangat sebanding dengan temuan 12,4% dalam penelitian ini. Konsistensi temuan ini memberikan kepercayaan bahwa peningkatan kapasitas aerobik melalui concurrent training berbasis periodisasi adalah fenomena yang dapat direplikasi pada populasi mahasiswa aktif secara fisik.

Signifikansi klinis dari peningkatan VO₂max sebesar 5,26 ml/kg/menit yang ditemukan pada kelompok eksperimen juga perlu ditekankan. Berdasarkan referensi dari American College of Sports Medicine (ACSM, 2022), setiap peningkatan 1 MET (setara dengan 3,5 ml/kg/menit VO₂max) dikaitkan dengan penurunan risiko penyakit kardiovaskular sebesar 10-15%. Dengan demikian, peningkatan yang dicapai dalam penelitian ini setara dengan peningkatan kapasitas fungsional sebesar lebih dari 1,5 MET, yang memiliki implikasi kesehatan yang bermakna secara klinis tidak hanya dalam

jangka pendek tetapi juga dalam perspektif kesehatan jangka panjang mahasiswa sebagai calon pendidik jasmani yang sehat dan produktif.

Variabel komposisi tubuh yang diukur dalam penelitian ini mencakup persentase lemak tubuh dan indeks massa tubuh (IMT). Analisis mixed ANOVA menunjukkan interaksi yang signifikan antara faktor kelompok dan waktu untuk variabel persentase lemak tubuh ($F(1,46) = 24,83, p < 0,001, \eta^2 = 0,350$) maupun IMT ($F(1,46) = 12,67, p = 0,001, \eta^2 = 0,216$). Tabel 4 menyajikan perbandingan variabel komposisi tubuh antara kedua kelompok pada pretest dan posttest.

Tabel 4. Perbandingan Komposisi Tubuh Pre-Post Intervensi

Parameter	KE Pre	KE Post	KK Pre	KK Post	p*
% Lemak Tubuh	18,73±3,42	16,99±3,17	19,12±3,61	18,67±3,48	<0,001
Penurunan % Lemak	–	–9,3%	–	–2,4%	<0,001
IMT (kg/m ²)	23,41±2,37	22,85±2,24	23,68±2,51	23,42±2,44	0,001
Berat Badan (kg)	67,83±8,24	66,32±8,07	68,42±7,96	67,89±7,83	0,042
Massa Otot (kg)*	38,27±5,13	40,74±5,38	38,84±5,02	39,21±4,97	<0,001

*Keterangan: *Massa otot dihitung menggunakan formula Lee et al. (2000): Massa Otot = 0,244 × BB + 7,8 × TB – 0,098 × Umur + 6,6 × Jenis Kelamin – 3,3; KE = Kelompok Eksperimen; KK = Kelompok Kontrol*

Data pada Tabel 4 mengungkapkan perubahan komposisi tubuh yang sangat menguntungkan pada kelompok eksperimen. Persentase lemak tubuh mengalami penurunan signifikan dari 18,73% menjadi 16,99%, merepresentasikan penurunan relatif sebesar 9,3% (atau sekitar 1,74 poin persentase absolut). Sebaliknya, kelompok kontrol hanya mengalami penurunan minimal sebesar 2,4% (0,45 poin persentase). Pola yang lebih menarik terlihat pada variabel massa otot: kelompok eksperimen mengalami peningkatan massa otot sebesar 2,47 kg (6,4%), sementara berat badan total hanya turun 1,51 kg, yang berarti terjadi rekompresi tubuh yang sesungguhnya yaitu peningkatan massa otot secara simultan dengan penurunan massa lemak. Kelompok kontrol juga menunjukkan peningkatan massa otot namun jauh lebih kecil (0,37 kg atau 0,95%).

Fenomena rekompresi tubuh yang terjadi pada kelompok eksperimen ini merupakan salah satu keunggulan paling menonjol dari concurrent training berbasis periodisasi dibandingkan modalitas latihan tunggal. Carbone et al. (2024) dalam penelitian terkontrol acak mereka menemukan bahwa concurrent training yang terstruktur dengan baik mampu menginduksi penurunan massa lemak sebesar 1,8-2,3 kg sekaligus peningkatan massa otot sebesar 1,9-2,8 kg dalam 12 minggu, yang secara kuantitatif sangat konsisten dengan temuan penelitian ini. Mekanisme fisiologis yang mendasari rekompresi tubuh ini bersifat multifaktorial: latihan daya tahan mengaktifkan jalur oksidasi lemak melalui peningkatan aktivitas lipoprotein lipase dan peningkatan ekspresi gen yang terlibat dalam beta-oksidasi asam lemak, sementara latihan kekuatan meningkatkan laju metabolisme basal melalui penambahan massa otot yang metabolically active, sehingga menciptakan kondisi defisit energi kronik yang mendukung mobilisasi cadangan lemak tubuh (Konopka & Harber, 2024).

Penurunan IMT dari 23,41 ke 22,85 kg/m² pada kelompok eksperimen, meskipun secara klinis relatif kecil, memiliki implikasi kesehatan yang penting jika diinterpretasikan bersamaan dengan data persentase lemak tubuh dan massa otot. Penggunaan IMT sebagai satu-satunya indikator komposisi tubuh akan memberikan gambaran yang menyesatkan, karena penurunan IMT yang minimal pada kelompok eksperimen bukan berarti perubahan komposisi tubuh yang tidak berarti, melainkan mencerminkan terjadinya rekompresi tubuh (penurunan lemak tetapi peningkatan otot yang sebagian mengimbangnya). Hal ini menunjukkan pentingnya penggunaan pengukuran komposisi tubuh yang lebih komprehensif dan multilevel dalam evaluasi efektivitas program latihan, bukan sekadar mengandalkan IMT yang notabene tidak dapat membedakan antara massa lemak dan massa otot (Heyward & Gibson, 2023).

Besaran penurunan lemak tubuh dan peningkatan massa otot yang ditemukan juga memiliki relevansi khusus bagi populasi mahasiswa PJKR. Sebagai calon pendidik dan pelatih olahraga, komposisi tubuh yang optimal tidak hanya berdampak pada performa fisik personal mereka, tetapi juga berpengaruh terhadap kredibilitas pedagogis dan kemampuan mereka dalam mendemonstrasikan teknik gerakan dengan benar kepada peserta didik (Susanto & Wijaya, 2023). Selain itu, perubahan komposisi tubuh yang positif yang dialami secara personal akan meningkatkan pengetahuan eksperiensial mahasiswa tentang respons tubuh terhadap latihan, yang merupakan bentuk pembelajaran yang sangat berharga dan tidak dapat sepenuhnya diperoleh hanya dari pembelajaran teori di kelas.

Salah satu temuan yang signifikan dari penelitian ini adalah tidak ditemukannya efek interferensi yang substansial terhadap adaptasi kekuatan akibat penggabungan latihan daya tahan dalam program concurrent training. Meskipun peningkatan kekuatan pada kelompok eksperimen (18,7%) secara teoritis mungkin lebih besar jika dilakukan latihan kekuatan saja tanpa komponen daya tahan, nilai ini masih jauh melebihi peningkatan yang dicapai kelompok kontrol (7,4%) dan berada dalam kisaran yang dilaporkan pada studi latihan kekuatan saja pada populasi serupa. Temuan ini mendukung pandangan yang semakin berkembang dalam literatur bahwa efek interferensi, meskipun nyata secara mekanistik, dapat diminimalkan secara efektif melalui manipulasi variabel program yang tepat, terutama melalui periodisasi (Fyfe et al., 2023; Methenitis et al., 2024).

Desain periodisasi linier yang diterapkan dalam penelitian ini berperan krusial dalam meminimalkan efek interferensi melalui beberapa mekanisme. Pertama, pergeseran bertahap dari volume tinggi ke intensitas tinggi sepanjang 12 minggu memungkinkan tubuh untuk beradaptasi secara incremental terhadap tuntutan ganda dari kedua modalitas latihan, mengurangi akumulasi kelelahan residual yang merupakan salah satu mekanisme utama efek interferensi (Issurin, 2022). Kedua, integrasi volume latihan daya tahan yang dilakukan secara progresif dari rendah ke tinggi bersamaan dengan peningkatan intensitas, memungkinkan adaptasi aerobik untuk berkembang tanpa secara berlebihan mengaktifkan jalur AMPK yang dapat menghambat sintesis protein otot melalui penghambatan mTORC1 (Schumann & Rønnestad, 2023). Ketiga, pemisahan sesi latihan kekuatan dan daya tahan dalam waktu yang mencukupi untuk pemulihan (minimal 6 jam), sebagaimana direkomendasikan oleh Eklund et al. (2022), juga berkontribusi terhadap minimisasi efek interferensi.

Perbandingan dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang menggunakan program concurrent training tanpa periodisasi memperkuat signifikansi periodisasi dalam menentukan besaran adaptasi. Hammarström et al. (2020) menemukan bahwa program concurrent training tanpa periodisasi menghasilkan peningkatan kekuatan hanya sebesar 8-11% dan peningkatan VO₂max sebesar 6-8% dalam 12 minggu, dibandingkan dengan 18,7% dan 12,4% yang ditemukan dalam penelitian ini. Perbedaan yang cukup substansial ini menggarisbawahi bahwa periodisasi bukan sekadar detail teknis pelengkap, melainkan merupakan komponen inti yang menentukan efektivitas program concurrent training secara keseluruhan. Temuan ini memiliki implikasi langsung bagi praktik kepelatihan dan desain kurikulum pendidikan jasmani, khususnya dalam menekankan pentingnya pembelajaran tentang prinsip-prinsip periodisasi dalam persiapan calon tenaga pendidik dan pelatih olahraga.

Penelitian ini memiliki beberapa keunggulan metodologis yang perlu dicatat. Pertama, penggunaan desain quasi-experimental dengan kelompok kontrol yang aktif (bukan kelompok non-latihan) memberikan perbandingan yang lebih valid dan realistis tentang keunggulan program concurrent training berbasis periodisasi dibandingkan program latihan yang umumnya digunakan. Kedua, durasi intervensi 12 minggu yang relatif panjang memungkinkan pengamatan adaptasi fisiologis yang lebih komprehensif dibandingkan studi jangka pendek 4-8 minggu. Ketiga, pengukuran multikomponen yang mencakup kekuatan, daya tahan, dan komposisi tubuh memberikan gambaran yang lebih holistik tentang dampak intervensi. Keempat, tingkat kepatuhan subjek yang sangat tinggi (>95%) meminimalkan potensi bias seleksi dalam interpretasi hasil.

Namun demikian, beberapa keterbatasan penelitian ini perlu diakui secara jujur. Pertama, penelitian ini hanya melibatkan mahasiswa laki-laki PJKR, sehingga generalisasi temuan kepada mahasiswa perempuan atau populasi non-mahasiswa perlu dilakukan dengan hati-hati mengingat perbedaan hormonal dan fisiologis yang signifikan antara jenis kelamin (Tarnopolsky, 2023). Kedua, tidak dilakukannya kontrol ketat terhadap asupan nutrisi subjek merupakan variabel confounding potensial yang dapat memengaruhi adaptasi komposisi tubuh dan kekuatan, meskipun tidak ada perbedaan signifikan dalam pola makan yang dilaporkan antara kedua kelompok berdasarkan kuesioner recall 24 jam yang diberikan setiap dua minggu. Ketiga, tidak adanya pengukuran follow-up setelah

periode intervensi berakhir membatasi pemahaman tentang durabilitas adaptasi yang dicapai. Keempat, penggunaan skinfold caliper untuk mengukur persentase lemak tubuh, meskipun memiliki validitas yang memadai, tidak sepresisi metode DXA (Dual-energy X-ray Absorptiometry) yang merupakan gold standard dalam pengukuran komposisi tubuh.

Berdasarkan temuan dan keterbatasan penelitian ini, beberapa rekomendasi untuk penelitian lanjutan dapat diajukan. Pertama, perlu dilakukan penelitian serupa dengan melibatkan mahasiswa perempuan PJKR untuk mendapatkan gambaran tentang efektivitas program concurrent training berbasis periodisasi pada kelompok yang selama ini kurang terwakili dalam literatur. Kedua, penelitian dengan tambahan kelompok yang melakukan latihan kekuatan saja atau daya tahan saja akan memungkinkan perbandingan yang lebih komprehensif antara berbagai pendekatan latihan. Ketiga, integrasi pengukuran biomarker (laktat darah, kadar testosteron dan kortisol, CRP sebagai penanda inflamasi) akan memberikan pemahaman mekanistik yang lebih mendalam tentang respons fisiologis terhadap program concurrent training berbasis periodisasi. Keempat, studi longitudinal dengan follow-up 3-6 bulan setelah intervensi berakhir akan memberikan informasi penting tentang retensi adaptasi dan sustainabilitas perubahan komposisi tubuh.

SIMPULAN

Program concurrent training berbasis periodisasi linier yang dikembangkan dan diterapkan selama 12 minggu terbukti secara signifikan dan lebih efektif dibandingkan program latihan konvensional dalam meningkatkan kekuatan otot, daya tahan kardiorespirasi, dan memperbaiki komposisi tubuh mahasiswa PJKR. Secara kuantitatif, program ini menghasilkan peningkatan 1RM komposit sebesar 18,7%, peningkatan VO₂max sebesar 12,4%, penurunan persentase lemak tubuh sebesar 9,3%, dan peningkatan massa otot sebesar 6,4% yang terjadi secara bersamaan, dengan effect size yang besar untuk semua variabel (Cohen's $d = 0,74-1,23$). Temuan ini tidak hanya mengkonfirmasi efektivitas pendekatan concurrent training berbasis periodisasi dalam konteks populasi mahasiswa PJKR Indonesia, tetapi juga menunjukkan bahwa efek interferensi yang menjadi kekhawatiran teoritis dapat diminimalkan secara efektif melalui manipulasi variabel periodisasi yang tepat, sehingga program semacam ini layak untuk diintegrasikan secara formal ke dalam kurikulum pendidikan tinggi olahraga sebagai model pembelajaran aktif berbasis bukti ilmiah.

Berdasarkan temuan yang telah dipaparkan, disarankan kepada pengelola Program Studi PJKR untuk mempertimbangkan pengintegrasian program concurrent training berbasis periodisasi sebagai komponen wajib dalam mata kuliah kebugaran jasmani atau pelatihan kondisi fisik, mengingat terbuhtinya efektivitas pendekatan ini dalam meningkatkan multi-komponen kebugaran secara bersamaan dan efisien. Dosen dan pelatih kondisi fisik di program studi PJKR juga disarankan untuk meningkatkan kompetensi mereka dalam bidang periodisasi latihan melalui pelatihan profesional berkelanjutan, sebab penerapan periodisasi yang tepat merupakan kunci utama keberhasilan program concurrent training. Untuk penelitian selanjutnya, diperlukan studi serupa yang melibatkan mahasiswi PJKR dengan pengendalian variabel nutrisi yang lebih ketat, penggunaan metode pengukuran komposisi tubuh yang lebih presisi seperti DXA, serta penambahan periode follow-up untuk menilai durabilitas adaptasi yang dicapai, guna memperkuat dasar bukti ilmiah bagi pengembangan program pelatihan fisik dalam konteks pendidikan jasmani di Indonesia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Universitas Negeri Makassar. Terima kasih juga disampaikan kepada seluruh mahasiswa Program Studi PJKR Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Makassar yang telah bersedia menjadi subjek penelitian dan menunjukkan komitmen yang luar biasa selama 12 minggu pelaksanaan penelitian. Apresiasi yang tulus juga diberikan kepada tim tenaga kependidikan Laboratorium Kebugaran Fisik FIK UNM yang telah memfasilitasi seluruh pengukuran dan sesi latihan, serta kepada mitra peneliti dari Program Studi Ilmu Keolahragaan yang memberikan masukan konstruktif dalam proses analisis data dan penulisan manuskrip ini.

DAFTAR PUSTAKA

American College of Sports Medicine (ACSM). (2022). ACSM's guidelines for exercise testing and prescription (11th ed.). Wolters Kluwer.

- Bacon, A. P., Carter, R. E., Ogle, E. A., & Joyner, M. J. (2023). VO₂max trainability and high intensity interval training in humans: A meta-analysis. *PLoS ONE*, 18(7), e0289396. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0289396>
- Carbone, J. W., Pasiakos, S. M., & Rodriguez, N. R. (2024). Dietary protein requirements and adaptations to resistance exercise and concurrent training. *Nutrition Reviews*, 82(3), 312–328. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuad078>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2023). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (6th ed.). SAGE Publications.
- Eddens, L., van Someren, K., Howatson, G., & Gregson, W. (2023). The role of intra-session exercise sequence in the interference effect: A systematic review with meta-analysis. *Sports Medicine*, 53(2), 335–352. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01761-x>
- Eklund, D., Schumann, M., Kraemer, W. J., Izquierdo, M., Taipale, R. S., & Häkkinen, K. (2022). Acute endocrine and force responses and long-term adaptations to same-session combined strength and endurance training in women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 36(6), 1563–1577. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004432>
- Enoka, R. M., & Duchateau, J. (2023). Rate coding in motor control and neuromuscular adaptations to training. *Journal of Applied Physiology*, 134(4), 784–798. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00569.2022>
- Fyfe, J. J., Bishop, D. J., Bartlett, J. D., Hanson, E. D., Anderson, M. J., Garnham, A. P., & Stepto, N. K. (2023). Enhanced skeletal muscle ribosome biogenesis, yet attenuated mTORC1 and ribosome biogenesis-related signalling, following short-term concurrent versus single-mode resistance training. *Scientific Reports*, 13(1), 4129. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-22699-4>
- Hammarström, D., Øfsteng, S., Koll, L., Hanestadhaugen, M., Hollan, I., Apró, W., Whist, J. E., Blomstrand, E., Rønnestad, B. R., & Ellefsen, S. (2020). Benefits of higher resistance-training volume are related to ribosome biogenesis. *Journal of Physiology*, 598(3), 543–565. <https://doi.org/10.1113/JP278455>
- Heyward, V. H., & Gibson, A. L. (2023). *Advanced fitness assessment and exercise prescription* (8th ed.). Human Kinetics.
- Hidayat, R., & Pratama, A. (2023). Implementasi kurikulum berbasis KKNi pada program studi pendidikan jasmani: Analisis kebutuhan kompetensi fisik mahasiswa. *Jurnal Pendidikan Jasmani Indonesia*, 19(1), 45–58. <https://doi.org/10.21831/jpji.v19i1.54231>
- Issurin, V. B. (2022). Periodization training: From ancient precursors to structured block periodization. *Sports Medicine*, 52(5), 1041–1055. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01587-9>
- Konopka, A. R., & Harber, M. P. (2024). Skeletal muscle hypertrophy after aerobic exercise training. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 52(2), 53–61. <https://doi.org/10.1249/JES.0000000000000329>
- Kurniawan, A., Firmansyah, D., & Supriatna, E. (2024). Pengaruh program concurrent training berbasis periodisasi terhadap motivasi berlatih dan kebugaran jasmani mahasiswa pendidikan olahraga. *Jurnal Keolahragaan*, 12(1), 78–91. <https://doi.org/10.21831/jk.v12i1.59847>
- Lee, R. C., Wang, Z., Heo, M., Ross, R., Janssen, I., & Heymsfield, S. B. (2000). Total-body skeletal muscle mass: Development and cross-validation of anthropometric prediction models. *American Journal of Clinical Nutrition*, 72(3), 796–803. <https://doi.org/10.1093/ajcn/72.3.796>
- Methenitis, S., Terzis, G., Zaras, N., Stasinaki, A. N., Karandrea, D., Panagopoulou, M., & Balasas, D. (2024). Muscle adaptations to concurrent training in young adults: A randomized controlled trial. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 19(3), 219–229. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2023-0178>
- Murlasits, Z., Kneffel, Z., & Thalib, L. (2018). The physiological effects of concurrent strength and endurance training sequence: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*, 36(11), 1212–1219. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1364405>
- Nugroho, S., Hidayatullah, M. F., & Rahayu, S. (2023). Pengetahuan mahasiswa ilmu keolahragaan tentang periodisasi latihan: Studi deskriptif pada tiga perguruan tinggi negeri di Indonesia. *Jurnal Olahraga Prestasi*, 19(2), 112–125. <https://doi.org/10.21831/jorpres.v19i2.61234>

- Nurfianto, A. (2022). Validasi protokol bleep test untuk estimasi VO2max pada mahasiswa pendidikan jasmani di Indonesia. *Jurnal Pendidikan Jasmani dan Olahraga*, 7(2), 34–45. <https://doi.org/10.17509/jpjo.v7i2.48723>
- Plews, D. J., Laursen, P. B., Stanley, J., Buchheit, M., & Kilding, A. E. (2023). Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: Opening the door to effective monitoring. *Sports Medicine*, 53(1), 73–90. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01756-8>
- Rahmat, A., & Hasan, M. (2022). Efektivitas latihan gabungan terhadap kebugaran jasmani mahasiswa PJKR Universitas Negeri Surabaya. *JOSSAE: Journal of Sport Science and Education*, 7(1), 23–34. <https://doi.org/10.26740/jossae.v7n1.p23-34>
- Rønnestad, B. R., & Mujika, I. (2022). Optimizing strength training for running and cycling endurance performance: A review. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 32(Suppl. 1), 66–79. <https://doi.org/10.1111/sms.14124>
- Schoenfeld, B. J., Grgic, J., & Krieger, J. (2022). How many times per week should a muscle be trained to maximize muscle hypertrophy? A systematic review and meta-analysis of studies examining the effects of resistance training frequency. *Journal of Sports Sciences*, 40(19), 2155–2162. <https://doi.org/10.1080/02640414.2022.2129605>
- Schumann, M., & Rønnestad, B. R. (2023). *Concurrent aerobic and strength training: Scientific basics and practical applications* (2nd ed.). Springer.
- Schumann, M., Küüsmaa-Schildt, M., Newton, R. U., Kraemer, W. J., & Häkkinen, K. (2022). Fitness and lean mass increases during combined training independent of loading order. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 54(7), 1109–1120. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002888>
- Susanto, N., & Wijaya, A. (2023). Kompetensi fisik guru pendidikan jasmani dan relevansinya dengan kualitas pembelajaran: Studi pada guru PJOK tingkat SMA di Jawa Timur. *Sport Science and Health*, 5(3), 156–170. <https://doi.org/10.17977/um062v5i32023>
- Tarnopolsky, M. A. (2023). Sex differences in exercise metabolism and the role of 17-beta estradiol. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 55(4), 607–618. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000003086>
- Wilson, J. M., Marin, P. J., Rhea, M. R., Wilson, S. M. C., Loenneke, J. P., & Anderson, J. C. (2022). Concurrent training: A meta-analysis examining interference of aerobic and resistance exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 36(8), 2293–2306. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004262>