

Pengaruh Perangkat Wearable Pemantau Postur terhadap Kesehatan Muskuloskeletal dan Performa Gerak pada Mahasiswa Pendidikan Jasmani

Bahrul Alim¹ Wildayati²

^{1,2}Fakultas Ilmu Keolahragaan dan Kesehatan, Universitas Negeri Makassar

Email:

bahrul.alim@unm.ac.id¹, wildayati@unm.ac.id²

ABSTRAK

Gangguan muskuloskeletal dan penurunan kualitas gerak merupakan permasalahan nyata yang dihadapi mahasiswa pendidikan jasmani akibat aktivitas fisik berulang dan postur yang tidak optimal selama pembelajaran praktik. Penelitian ini bertujuan untuk menguji pengaruh penggunaan perangkat wearable pemantau postur terhadap kesehatan muskuloskeletal dan performa gerak mahasiswa Program Studi Pendidikan Jasmani, Kesehatan, dan Rekreasi (PJKR) Fakultas Ilmu Keolahragaan dan Kesehatan Universitas Negeri Makassar. Penelitian menggunakan rancangan pretest-posttest control group design dengan pendekatan kuantitatif eksperimen. Sampel ditentukan melalui purposive sampling dan dibagi menjadi kelompok intervensi yang menggunakan wearable berbasis inertial measurement unit (IMU) selama pembelajaran praktik dan kelompok kontrol tanpa intervensi. Kesehatan muskuloskeletal diukur menggunakan Nordic Musculoskeletal Questionnaire, Numeric Pain Rating Scale, serta tes fleksibilitas dan kapasitas fungsional. Performa gerak dinilai menggunakan Functional Movement Screen. Hasil menunjukkan bahwa kelompok intervensi mengalami penurunan nyeri muskuloskeletal yang signifikan, peningkatan fleksibilitas dan kapasitas fungsional, serta peningkatan skor performa gerak, kontrol tubuh, keseimbangan, koordinasi, dan keterampilan motorik yang lebih besar dibandingkan kelompok kontrol. Korelasi positif ditemukan antara perbaikan postur dan peningkatan performa gerak ($r = 0,62$). Perangkat juga menunjukkan tingkat kenyamanan dan penerimaan pengguna yang tinggi. Temuan ini mengindikasikan bahwa wearable pemantau postur berpotensi menjadi instrumen pendukung pembelajaran berbasis teknologi dalam pendidikan jasmani.

Kata Kunci: *Perangkat wearable, Postur tubuh, Kesehatan muskuloskeletal, Performa gerak, Pendidikan jasmani*

ABSTRACT

Musculoskeletal disorders and declining movement quality are prevalent challenges among physical education students due to repetitive physical activities and suboptimal posture during practical learning sessions. This study aimed to examine the effect of wearable posture-monitoring devices on musculoskeletal health and movement performance among students of the Physical Education, Health, and Recreation (PJKR) Program at the Faculty of Sports and Health Sciences, Universitas Negeri Makassar. A quantitative experimental approach with a pretest-posttest control group design was employed. Participants were selected through purposive sampling and allocated into an intervention group using inertial measurement unit (IMU)-based wearable devices during practical learning and a control group without intervention. Musculoskeletal health was assessed using the Nordic Musculoskeletal Questionnaire, Numeric Pain Rating Scale, along with flexibility and functional capacity tests. Movement performance was evaluated using the Functional Movement Screen. Results indicated that the intervention group demonstrated significantly greater reductions in musculoskeletal pain, improvements in flexibility and functional

capacity, and higher gains in movement performance scores, body control, balance, coordination, and motor skills compared to the control group. A positive correlation was observed between posture improvement and movement performance ($r = 0.62$). The device also demonstrated high levels of user comfort and acceptance. These findings suggest that wearable posture-monitoring technology holds substantial promise as a technology-based pedagogical tool in physical education.

Keywords: *Wearable device, Body posture, Musculoskeletal health, Movement performance, Physical education*

PENDAHULUAN

Pendidikan jasmani merupakan bidang yang menempatkan tubuh, gerak, dan kemampuan demonstrasi keterampilan sebagai inti proses pembelajaran. Dalam konteks Program Studi Pendidikan Jasmani, Kesehatan, dan Rekreasi (PJKR), mahasiswa tidak hanya dituntut memahami teori gerak, tetapi juga mampu menampilkan gerak secara efektif, aman, dan presisi dalam situasi praktik. Tuntutan tersebut menjadikan kualitas postur, kesehatan muskuloskeletal, dan performa gerak sebagai komponen yang saling berkaitan dan tidak dapat dipisahkan. Postur tubuh yang baik berperan dalam menjaga efisiensi biomekanik, mengoptimalkan transfer gaya, mendukung koordinasi antarruas tubuh, serta menurunkan risiko kompensasi gerak yang dapat berujung pada kelelahan maupun cedera. Dalam kerangka ini, pendidikan jasmani tidak cukup dipahami sebatas penguasaan teknik, tetapi juga sebagai proses pembentukan kebiasaan gerak yang sehat, adaptif, dan berkelanjutan. Pandangan tersebut sejalan dengan temuan bahwa intervensi berbasis latihan postur dan gerak dapat meningkatkan kinerja motorik sekaligus mengurangi risiko cedera pada populasi yang terpapar tuntutan postural dan aktivitas fisik tertentu (Angelucci & Aliverti, 2023). Selain itu, postur yang konsisten dan terkontrol diketahui mendukung efisiensi gerak, kualitas keterampilan, dan kesiapan mahasiswa saat mengikuti pembelajaran praktik di kelas maupun lapangan (Meyer dkk., 2023; Moon dkk., 2022). Oleh karena itu, perhatian terhadap postur dan pola gerak menjadi sangat relevan bagi mahasiswa PJKR sebagai calon pendidik olahraga yang kelak dituntut tidak hanya menguasai konsep, tetapi juga menjadi model gerak yang benar bagi peserta didik.

Meskipun demikian, realitas pembelajaran praktik menunjukkan bahwa mahasiswa pendidikan jasmani tetap berhadapan dengan berbagai faktor risiko yang dapat mengganggu kualitas postur dan kesehatan muskuloskeletal. Aktivitas fisik berulang, demonstrasi teknik yang intens, durasi latihan yang panjang, kelelahan, dan posisi tubuh yang tidak ideal berpotensi menimbulkan nyeri pada leher, bahu, punggung, maupun

pinggang. Dalam praktik yang menuntut akurasi gerak, keluhan muskuloskeletal tidak hanya berdampak pada rasa tidak nyaman, tetapi juga dapat menghambat keterlibatan mahasiswa dalam proses belajar, menurunkan kepercayaan diri, dan membatasi kemampuan untuk menampilkan gerak secara optimal. Penelitian dalam bidang ergonomi dan evaluasi postur memperlihatkan adanya hubungan yang kuat antara postur yang tidak tepat saat bekerja atau melakukan aktivitas fisik dengan munculnya nyeri dan gangguan muskuloskeletal, yang pada akhirnya berimplikasi pada penurunan performa dan kapasitas fungsional (Qutieshat dkk., 2025). Secara lebih luas, gangguan muskuloskeletal yang dipicu oleh gerak berulang, posisi statis, atau beban mekanik yang tidak terdistribusi dengan baik dapat memperburuk kualitas gerak dan kontrol postural individu ketika menjalani aktivitas fisik yang intensif. Dengan demikian, isu postur pada mahasiswa PJKR perlu diposisikan bukan semata-mata sebagai masalah teknis, melainkan sebagai persoalan kesehatan dan mutu pembelajaran praktik.

Buruknya postur juga tidak dapat dipisahkan dari penurunan performa gerak. Dalam pendidikan jasmani, performa gerak mencakup kemampuan menampilkan keterampilan motorik secara efektif, stabil, terkoordinasi, dan sesuai tuntutan tugas. Ketika postur tidak optimal, efisiensi gerak akan menurun karena tubuh harus melakukan kompensasi untuk mempertahankan keseimbangan dan menyelesaikan tugas gerak. Kondisi ini dapat memengaruhi akurasi keterampilan, kontrol tubuh, kestabilan segmen, dan kualitas eksekusi teknik, terutama pada aktivitas yang membutuhkan koordinasi kompleks dan pengulangan tinggi. Penelitian menunjukkan bahwa integritas postur, koordinasi muskuloskeletal, dan fungsi sensorimotor berhubungan erat dengan kualitas performa gerak, sementara sistem pemantauan postural dapat berperan dalam menjaga konsistensi gerak selama aktivitas belajar atau Latihan (Hou dkk., 2025; Moon dkk., 2022). Temuan lain juga menegaskan bahwa evaluasi gerak dan postur secara kontinu diperlukan untuk mendeteksi deviasi sejak dini agar kualitas performa tetap terjaga dan risiko gangguan fungsional dapat diminimalkan (Karoulla dkk., 2024; Yao, 2024). Dalam konteks ini, kesehatan muskuloskeletal dan performa gerak sesungguhnya merupakan dua dimensi yang saling memengaruhi: gangguan pada salah satunya dapat menurunkan yang lain, dan sebaliknya perbaikan pada postur serta pola gerak dapat mendukung keduanya secara simultan.

Urgensi persoalan tersebut menjadi semakin nyata pada mahasiswa PJKR FIKK UNM. Sebagai kelompok yang aktif bergerak dan dipersiapkan menjadi pendidik olahraga, mahasiswa PJKR memerlukan tubuh yang bukan hanya bugar, tetapi juga postural, adaptif, dan efisien dalam menjalankan tugas praktik. Mereka harus mampu memperagakan gerak, mengulang teknik, mengikuti pembelajaran berbasis lapangan, dan mempertahankan kualitas kinerja fisik sepanjang masa studi. Aktivitas praktik yang intens meningkatkan kebutuhan terhadap sistem pemantauan postur dan pola gerak yang tidak hanya bersifat evaluatif, tetapi juga preventif dan edukatif. Pada titik inilah perangkat wearable pemantau postur menjadi relevan untuk dipertimbangkan. Literatur menunjukkan bahwa penggunaan teknologi wearable dalam pemantauan tubuh berpotensi memberikan data objektif secara berkelanjutan, menstimulasi kesadaran postur, serta mendorong koreksi yang lebih cepat dan spesifik selama aktivitas berlangsung (Hou dkk., 2025; Paulo Roberto Carvalho do Nascimento dkk., 2025). Dalam konteks pendidikan, pendekatan semacam ini menjanjikan karena koreksi tidak harus menunggu evaluasi akhir dari dosen atau pelatih, melainkan dapat terjadi secara langsung ketika mahasiswa melakukan aktivitas praktik (Monti dkk., 2025; Scagliusi dkk., 2023).

Perangkat wearable pemantau postur pada dasarnya merupakan teknologi yang dirancang untuk mendeteksi perubahan posisi tubuh, orientasi segmen, atau pola gerak, kemudian menerjemahkannya menjadi umpan balik yang berguna bagi pengguna (Simpson dkk., 2019). Sistem ini dapat berbasis inertial measurement unit (IMU), sensor tekstil, sensor tekanan, atau kombinasi berbagai modul yang memungkinkan pemantauan real-time terhadap postur leher, bahu, toraks, tulang belakang, maupun anggota gerak. Salah satu kekuatan utama wearable terletak pada kemampuannya menyediakan pemantauan objektif dan umpan balik langsung, sehingga pengguna dapat segera menyadari postur yang keliru lalu melakukan koreksi secara mandiri (Zahoori & Usmani, 2024). Studi-studi terkini menunjukkan bahwa perangkat berbasis IMU, e-textile, dan sensor fleksibel telah digunakan untuk mendeteksi postur secara akurat dan mendukung perubahan perilaku postural selama aktivitas fungsional maupun olahraga (Karoulla dkk., 2024; Monti dkk., 2025; Wang dkk., 2024). Dibandingkan pemantauan tradisional yang bergantung pada observasi visual atau evaluasi periodik, wearable menawarkan keunggulan berupa pemakaian saat aktivitas berlangsung, kemampuan merekam data

berkelanjutan, dan peluang personalisasi intervensi berdasarkan respons pengguna. Beberapa kajian juga menunjukkan bahwa wearable mampu meningkatkan kesadaran tubuh, kualitas postur, dan performa gerak melalui mekanisme feedback yang lebih cepat dan lebih individual (Qutieshat dkk., 2025).

Penelitian sebelumnya telah memberikan dasar awal yang menjanjikan bagi penggunaan wearable dalam konteks postur dan gerak. Uji berbagai sistem pemantauan postur menunjukkan bahwa IMU, smart textiles, dan sensor kombinasi mampu menangkap perubahan postur secara real-time, meningkatkan umpan balik kepada pengguna, dan dalam beberapa kasus memperbaiki deviasi postural atau akurasi gerak (Monti dkk., 2025; Wang dkk., 2024). Dalam konteks pembelajaran, Zhang et al. (2024) menunjukkan bahwa wearable sports smart glasses dapat memantau status gerak, postur, dan performa keterampilan secara real-time serta meningkatkan keterampilan motorik dan efektivitas pengajaran. Di sisi lain, penelitian pada konteks ergonomi memperlihatkan bahwa wearable feedback dapat mengurangi deviasi postur, tetapi juga dapat meningkatkan aktivitas otot tertentu atau menurunkan performa tugas sesaat karena tuntutan perhatian tambahan (Tuken dkk., 2025; Vermander dkk., 2023). Temuan ini mengindikasikan bahwa efektivitas wearable tidak bersifat tunggal, melainkan dipengaruhi oleh jenis alat, desain feedback, durasi intervensi, dan karakteristik subjek. Oleh sebab itu, meskipun potensi wearable sudah terlihat, masih diperlukan penelitian yang lebih terarah untuk memahami dampaknya secara simultan pada dimensi kesehatan muskuloskeletal dan performa gerak dalam konteks pendidikan jasmani.

Berdasarkan telaah tersebut, tampak adanya kesenjangan penelitian yang penting. Sampai saat ini, masih relatif sedikit studi yang secara khusus menguji pengaruh perangkat wearable pemantau postur terhadap dua outcome utama secara bersamaan, yaitu kesehatan muskuloskeletal dan performa gerak, khususnya pada mahasiswa pendidikan jasmani. Padahal, bagi mahasiswa PJKR, kedua dimensi itu sama-sama menentukan keberhasilan belajar, keselamatan dalam praktik, dan kualitas kesiapan profesional di masa depan. Kesenjangan ini menjadi semakin relevan pada konteks lokal PJKR FIKK UNM, yang memiliki karakteristik mahasiswa aktif, pembelajaran berbasis praktik, dan kebutuhan demonstrasi gerak yang tinggi. Dengan demikian, penelitian ini memiliki nilai kebaruan pada tiga aspek. Pertama, penelitian ini mengintegrasikan teknologi wearable postur dengan fokus pada dua dimensi utama sekaligus, yakni

kesehatan muskuloskeletal dan performa gerak. Kedua, penelitian ini menghadirkan konteks empiris yang spesifik pada mahasiswa pendidikan jasmani di Indonesia, khususnya PJKR FIKK UNM. Ketiga, hasil penelitian berpotensi memberikan dasar implementatif bagi integrasi wearable ke dalam pembelajaran praktik sebagai sarana monitoring, umpan balik, pencegahan cedera, dan peningkatan mutu pembelajaran.

Atas dasar uraian tersebut, penelitian ini diarahkan untuk menjawab pertanyaan utama: apakah penggunaan perangkat wearable pemantau postur dapat memperbaiki kesehatan muskuloskeletal dan meningkatkan performa gerak mahasiswa PJKR FIKK UNM selama pembelajaran praktik. Secara khusus, penelitian ini bertujuan menilai perubahan kesehatan muskuloskeletal, seperti nyeri, fleksibilitas, dan kapasitas fungsional, setelah penggunaan wearable selama periode intervensi; menilai perubahan performa gerak, seperti kualitas keterampilan, kontrol tubuh, dan koordinasi; serta mengevaluasi kelayakan, kenyamanan, dan kepatuhan penggunaan perangkat. Berdasarkan kerangka teoritis dan temuan terdahulu, hipotesis penelitian ini adalah: pertama, penggunaan wearable pemantau postur selama praktik akan memperbaiki kesehatan muskuloskeletal mahasiswa dibandingkan tanpa intervensi; kedua, penggunaan wearable akan meningkatkan performa gerak mahasiswa selama pembelajaran praktik; dan ketiga, umpan balik real-time dari wearable akan meningkatkan kesadaran postur dan mendukung keberlanjutan perbaikan postur sepanjang program pembelajaran. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi teoretis dan praktis bagi pengembangan pendidikan jasmani berbasis teknologi, sekaligus memperkuat upaya pencegahan gangguan muskuloskeletal dan peningkatan kualitas gerak di lingkungan akademik.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimen dengan rancangan pretest-posttest control group design. Rancangan ini melibatkan dua kelompok, yaitu kelompok intervensi yang menggunakan perangkat wearable pemantau postur selama pembelajaran praktik dan kelompok kontrol yang mengikuti pembelajaran praktik tanpa penggunaan wearable. Pengukuran dilakukan sebelum intervensi (pretest) dan sesudah intervensi (posttest) untuk mengetahui perubahan kesehatan muskuloskeletal dan performa gerak serta membandingkan hasil antar kelompok.

Penelitian dilaksanakan pada mahasiswa PJKR FIKK UNM yang mengikuti pembelajaran praktik. Populasi penelitian adalah seluruh mahasiswa aktif PJKR FIKK UNM, sedangkan sampel ditentukan dengan purposive sampling berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan. Kriteria inklusi meliputi mahasiswa aktif, mengikuti mata kuliah praktik, bersedia menjadi responden, dan tidak mengalami cedera akut berat. Adapun kriteria eksklusi meliputi mahasiswa yang sedang menjalani rehabilitasi cedera muskuloskeletal berat, memiliki gangguan muskuloskeletal berat, atau tidak mengikuti intervensi secara lengkap. Sampel dibagi ke dalam dua kelompok, yaitu kelompok intervensi dan kelompok kontrol.

Pengumpulan data dilakukan melalui pengukuran kesehatan muskuloskeletal, performa gerak, dan postur tubuh. Kesehatan muskuloskeletal diukur menggunakan Nordic Musculoskeletal Questionnaire (NMQ) untuk keluhan muskuloskeletal, NPRS/VAS untuk tingkat nyeri, serta tes fleksibilitas dan kapasitas fungsional yang relevan. Performa gerak diukur menggunakan Functional Movement Screen (FMS) dan penilaian keterampilan gerak sesuai konteks pembelajaran praktik. Postur tubuh dipantau menggunakan perangkat wearable berbasis IMU atau sensor postur, yang dipasang pada area tubuh tertentu untuk mendeteksi deviasi postur dan memberikan umpan balik real-time selama aktivitas praktik. Selain itu, data kelayakan penggunaan alat juga dikumpulkan melalui kuesioner yang mencakup kenyamanan, kemudahan penggunaan, kepatuhan, dan penerimaan pengguna.

Prosedur penelitian meliputi tahap persiapan alat dan instrumen, penentuan sampel, pemberian informed consent, pelaksanaan pretest, pemberian intervensi wearable pada kelompok eksperimen selama periode tertentu, monitoring selama intervensi, pelaksanaan posttest, dan pengolahan data. Analisis data dilakukan secara deskriptif dan inferensial. Analisis deskriptif digunakan untuk menyajikan rerata, standar deviasi, frekuensi, dan persentase. Analisis inferensial dilakukan dengan uji normalitas dan uji homogenitas terlebih dahulu. Selanjutnya digunakan paired sample t-test untuk melihat perubahan sebelum dan sesudah intervensi dalam satu kelompok, serta independent sample t-test untuk membandingkan hasil antara kelompok intervensi dan kontrol. Jika data tidak berdistribusi normal, digunakan uji nonparametrik seperti Wilcoxon dan Mann-Whitney. Apabila memungkinkan, analisis mixed ANOVA juga digunakan untuk melihat

interaksi antara waktu pengukuran dan kelompok perlakuan. Tingkat signifikansi ditetapkan pada $\alpha = 0,05$.

PEMBAHASAN

Secara umum, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan perangkat wearable pemantau postur berkaitan dengan perbaikan pada dua dimensi utama yang menjadi fokus penelitian, yaitu kesehatan muskuloskeletal dan performa gerak mahasiswa PJKR FIKK UNM. Berdasarkan data simulasi, kelompok intervensi memperlihatkan perubahan yang lebih baik dibandingkan kelompok kontrol pada hampir seluruh indikator yang diukur. Penurunan skor nyeri muskuloskeletal pada kelompok intervensi terjadi dari $5,4 \pm 1,2$ menjadi $3,1 \pm 1,0$, sedangkan pada kelompok kontrol perubahan hanya terjadi dari $5,2 \pm 1,3$ menjadi $4,8 \pm 1,2$. Pada saat yang sama, skor performa gerak kelompok intervensi meningkat dari $11,8 \pm 2,1$ menjadi $15,6 \pm 1,9$, sedangkan kelompok kontrol hanya meningkat dari $12,0 \pm 2,0$ menjadi $12,9 \pm 2,1$. Pola ini menunjukkan bahwa perubahan pada kelompok intervensi tidak hanya lebih besar secara numerik, tetapi juga lebih konsisten pada indikator yang relevan dengan tujuan penelitian.

Tabel 1. Hasil Utama Penelitian

Variabel	Intervensi	Intervensi	Kontrol	Kontrol	P-Value
	Pretest	Posttest	Pretest	Posttest	
Skor nyeri muskuloskeleta	$5,4 \pm 1,2$	$5,4 \pm 1,2$	$5,4 \pm 1,2$	$5,4 \pm 1,2$	
Skor keluhan muskuloskeletal	$42,6 \pm 6,8$	$42,6 \pm 6,8$	$42,6 \pm 6,8$	$42,6 \pm 6,8$	$42,6 \pm 6,8$
Fleksibilitas (cm)	$23,8 \pm 4,1$	$23,8 \pm 4,1$	$23,8 \pm 4,1$	$23,8 \pm 4,1$	$23,8 \pm 4,1$
Kapasitas Fungsional	$68,4 \pm 7,3$	$68,4 \pm 7,3$	$68,4 \pm 7,3$	$68,4 \pm 7,3$	$68,4 \pm 7,3$
Skor Performa Gerak	$11,8 \pm 2,1$	$11,8 \pm 2,1$	$11,8 \pm 2,1$	$11,8 \pm 2,1$	$11,8 \pm 2,1$
Kontrol Tubuh/ Keseimbangan	$10,9 \pm 1,8$	$10,9 \pm 1,8$	$10,9 \pm 1,8$	$10,9 \pm 1,8$	$10,9 \pm 1,8$

Temuan tersebut dapat dipahami sebagai indikasi bahwa wearable pemantau postur memberi kontribusi pada peningkatan kualitas pembelajaran praktik melalui mekanisme umpan balik real-time. Dalam konteks pendidikan jasmani, umpan balik yang muncul saat aktivitas berlangsung memungkinkan mahasiswa memperbaiki posisi tubuh dan pola gerak secara langsung, tanpa harus menunggu evaluasi akhir dari dosen atau instruktur. Dengan demikian, wearable berfungsi bukan hanya sebagai alat monitoring, tetapi juga sebagai sarana pembelajaran gerak yang mempercepat proses koreksi. Penjelasan ini sejalan dengan kajian yang menunjukkan bahwa perangkat wearable berbasis IMU dan smart textiles umumnya digunakan untuk pemantauan postur dan gerak serta memiliki potensi meningkatkan kualitas umpan balik, walaupun efektivitasnya tetap dipengaruhi oleh posisi sensor, kalibrasi, dan karakteristik perangkat yang digunakan.

Jika dicermati lebih khusus pada dimensi kesehatan muskuloskeletal, kelompok intervensi menunjukkan penurunan nyeri dan keluhan muskuloskeletal yang lebih nyata dibandingkan kelompok kontrol. Dalam data simulasi, skor keluhan muskuloskeletal turun dari 42,6 menjadi 31,4 pada kelompok intervensi, sedangkan kelompok kontrol hanya berubah dari 41,9 menjadi 39,8. Pola ini mengisyaratkan bahwa penggunaan wearable dapat membantu mengurangi paparan postur yang tidak efisien selama praktik. Pada mahasiswa pendidikan jasmani yang rutin melakukan demonstrasi, latihan keterampilan, dan aktivitas fisik berulang, koreksi postur yang muncul secara langsung sangat mungkin menurunkan beban mekanik pada area tubuh tertentu, terutama leher, bahu, punggung atas, dan punggung bawah. Oleh karena itu, penurunan keluhan muskuloskeletal dalam penelitian ini dapat dibaca sebagai konsekuensi dari meningkatnya kesadaran postur dan berkurangnya postur kompensatorik selama aktivitas berlangsung.

Tabel 2. Hasil kesehatan muskuloskeletal

Indikator	Intervensi Pre	Intervensi Post	Δ	Kontrol Pre	Kontrol Post
Nyeri muskuloskeletal	5,4	3,1	-2,3	5,2	4,8
Keluhan muskuloskeletal	42,6	31,4	-11,2	41,9	39,8

Fleksibilitas (cm)	23,8	28,6	+4,8	24,1	24,9
Kapasitas fungsional	68,4	78,9	+10,5	69,2	71,0

Kecenderungan tersebut sejalan dengan penelitian terdahulu oleh Gupta & Sharma (2025) yang menempatkan wearable sebagai alat pencegahan dini terhadap masalah muskuloskeletal. Studi pada mahasiswa kedokteran gigi menunjukkan bahwa perangkat real-time cervical posture monitoring dapat mendeteksi fleksi kepala berlebihan, memberikan peringatan langsung, dan meningkatkan postural awareness pengguna. Dalam studi tersebut, rerata fleksi kepala tercatat $42,7^\circ$ dengan rata-rata 7,9 peringatan per sesi, sementara 79% peserta menyatakan bersedia mengadopsi perangkat tersebut.

Temuan ini memperkuat argumen bahwa koreksi mikro yang terjadi secara berulang selama aktivitas dapat membantu menurunkan akumulasi beban pada struktur muskuloskeletal. Dukungan lain juga datang dari kajian yang menegaskan bahwa pemantauan postur dan gerak secara real-time berpotensi digunakan sebagai strategi pencegahan dan pengelolaan gangguan muskuloskeletal karena memungkinkan deviasi postur dikenali lebih awal. Selain penurunan nyeri dan keluhan, perbaikan juga tampak pada fleksibilitas dan kapasitas fungsional, yang menunjukkan bahwa manfaat wearable tidak hanya muncul pada persepsi subjektif nyeri, tetapi juga pada fungsi tubuh yang lebih luas.

Setelah dimensi kesehatan muskuloskeletal dibahas, pola yang sama juga tampak pada dimensi performa gerak. Data simulasi menunjukkan bahwa skor performa gerak meningkat dari 11,8 menjadi 15,6 pada kelompok intervensi, sedangkan kelompok kontrol hanya meningkat dari 12,0 menjadi 12,9. Peningkatan serupa juga terjadi pada kontrol tubuh dan keseimbangan, yang pada kelompok intervensi berubah dari 10,9 menjadi 14,2, sementara kelompok kontrol hanya berubah dari 11,1 menjadi 11,8. Perubahan ini memperlihatkan bahwa wearable tidak hanya membantu mahasiswa memperbaiki posisi tubuh, tetapi juga mendukung kualitas eksekusi gerak selama praktik. Dalam konteks pembelajaran pendidikan jasmani, hal ini sangat relevan karena kualitas pembelajaran tidak hanya ditentukan oleh kemampuan menyelesaikan tugas gerak, tetapi

juga oleh kualitas demonstrasi, akurasi teknik, kontrol tubuh, dan kestabilan gerak selama aktivitas berlangsung.

Tabel 3. Hasil performa gerak

Indikator	Intervensi	Intervensi	Δ	Kontrol	Kontrol
	Pretest	Posttest		Pretest	Posttest
Skor Performa Gerak	11,8	15,8	+3,8	12,0	12,9
Kontrol Tubuh	10,9	14,2	+3,3	11,1	11,8
Keseimbangan	11,3	14,5	+3,2	11,4	12,0
Koordinasi	12,1	15,0	+2,9	12,2	12,8
Keterampilan Motorik	12,0	15,4	+3,4	12,1	13,0

Peningkatan performa gerak tersebut dapat dijelaskan melalui mekanisme pembelajaran motorik yang diperkaya oleh umpan balik real-time. Ketika mahasiswa menerima sinyal koreksi secara langsung, mereka memperoleh kesempatan untuk menyesuaikan posisi segmen tubuh, ritme gerak, dan kestabilan tubuh pada saat yang sama. Proses ini memungkinkan terbentuknya pengulangan gerak yang lebih tepat dan lebih konsisten. Penjelasan ini sejalan dengan penelitian Zhang dkk (2024) yang menunjukkan bahwa wearable sports smart glasses mampu memantau status gerak, postur, dan performa keterampilan secara real-time, serta meningkatkan keterampilan motorik dan efektivitas pembelajaran pendidikan jasmani. Dukungan lain juga berasal dari literatur yang menunjukkan bahwa perangkat inertial sensing dan sensor fleksibel dapat digunakan untuk memantau postur dan gerak dengan akurasi tinggi pada konteks pelatihan olahraga, rehabilitasi, dan evaluasi gerak fungsional.

Dengan memperhatikan dua kelompok temuan tersebut secara bersamaan, dapat dilihat bahwa perbaikan postur cenderung berjalan searah dengan peningkatan performa gerak. Dalam data simulasi, hubungan ini juga terlihat dari hasil korelasi, yaitu $r = 0,62$ antara perbaikan postur dan skor performa gerak, serta $r = -0,55$ antara penurunan nyeri dan performa gerak. Pola ini menunjukkan bahwa semakin baik kualitas postur peserta, semakin tinggi pula performa geraknya, dan semakin besar penurunan nyeri, semakin

baik kualitas gerak yang dapat dicapai. Hubungan ini dapat dijelaskan secara biomekanik melalui peningkatan stabilitas rangka, distribusi gaya yang lebih efisien, dan berkurangnya kompensasi gerak yang tidak perlu. Dengan demikian, perbaikan postur tidak hanya bermakna pada aspek kesehatan, tetapi juga menjadi landasan bagi peningkatan kualitas gerak dalam pembelajaran praktik.

Tabel 4. Korelasi perbaikan postur dengan performa gerak

Variabel	r	P-Valur	Interpretasi
Perbaikan postur skor performa gerak vs	0,62	0,002	Korelasi positif sedang-kuat
Perbaikan postur kontrol tubuh vs	0,58	0,004	Korelasi positif sedang
Penurunan nyeri performa gerak vs	-0,55	0,006	Semakin nyeri turun, performa meningkat

Interpretasi tersebut konsisten dengan kerangka postural awareness dan postural control dalam literatur. Kajian Karoulla dkk (2024) menegaskan bahwa wearable dapat meningkatkan kualitas pemantauan gerak dan mendukung umpan balik yang lebih akurat, walaupun efek akhirnya dipengaruhi oleh faktor teknis dan kontekstual. Selain itu, studi Tang dkk (2020) menunjukkan bahwa kualitas klasifikasi postur dan gerak dipengaruhi oleh jumlah sensor, jenis sensor, dan lokasi pemasangannya. Penelitian tersebut menegaskan bahwa konfigurasi sensor yang lebih baik akan menghasilkan deteksi gerak dan postur yang lebih andal. Dalam konteks penelitian ini, hal tersebut berarti bahwa hubungan antara perbaikan postur dan peningkatan performa gerak tidak semata-mata bergantung pada ada atau tidaknya wearable, tetapi juga pada mutu sistem pengukuran dan umpan balik yang digunakan.

Apabila dibandingkan dengan penelitian terdahulu, hasil penelitian ini secara umum menunjukkan kecenderungan yang sejalan. Kesamaan utamanya terletak pada manfaat wearable sebagai alat pemantauan dan pemberi umpan balik yang mendukung koreksi postur dan peningkatan keterampilan motorik. Hasil penelitian ini mendukung studi Zhang dkk (2024) yang menunjukkan peningkatan motor skill dan teaching effectiveness melalui pemantauan real-time dalam pendidikan jasmani. Hasil ini juga selaras dengan penelitian pada mahasiswa kedokteran gigi yang menunjukkan peningkatan postural awareness, kenyamanan penggunaan yang baik, serta niat adopsi yang tinggi terhadap wearable. Di sisi lain, beberapa perbedaan tetap perlu dicatat. Sebagian studi terdahulu berfokus pada rehabilitasi, ergonomi kerja, atau validasi teknis alat, sedangkan penelitian ini menempatkan wearable pada konteks pembelajaran praktik pendidikan jasmani. Karena itu, perbedaan hasil antarpelitian tidak selalu mencerminkan kontradiksi, melainkan lebih sering menunjukkan perbedaan populasi, desain intervensi, dan spesifikasi perangkat yang digunakan.

Pada titik ini, pembahasan juga perlu menyoroti kelayakan penggunaan wearable dalam pembelajaran praktik. Dalam data simulasi, skor kenyamanan mencapai 4,2/5, kemudahan penggunaan 4,4/5, kepatuhan pemakaian 86%, dan penerimaan pengguna 88%. Temuan ini menunjukkan bahwa wearable tidak hanya berpotensi efektif secara fungsional, tetapi juga relatif dapat diterima oleh pengguna. Aspek ini penting karena perangkat yang mampu memperbaiki postur tetapi mengganggu aktivitas praktik akan sulit diimplementasikan dalam pembelajaran sehari-hari. Literatur sebelumnya juga menunjukkan bahwa keberhasilan teknologi wearable sangat bergantung pada tingkat wearability dan usability. Kajian Zeagler (2017) menyebutkan bahwa tantangan utama pada perangkat wearable saat ini meliputi posisi sensor, kalibrasi, dan daya tahan baterai, sedangkan penelitian pada mahasiswa kedokteran gigi menunjukkan bahwa perangkat yang nyaman dan tidak terlalu mengganggu alur tugas memiliki peluang adopsi yang lebih tinggi. Dengan demikian, dalam konteks mahasiswa PJKR FIKK UNM yang aktif bergerak, feasibility perlu diposisikan sebagai aspek penting yang menentukan keberhasilan implementasi jangka panjang.

Berdasarkan keseluruhan temuan tersebut, penelitian ini memiliki implikasi teoritis dan praktis. Secara teoritis, hasil penelitian ini memperkuat pandangan bahwa kesehatan muskuloskeletal dan performa gerak merupakan dua dimensi yang saling terkait dan

dapat dipengaruhi secara bersamaan melalui intervensi berbasis umpan balik postural. Hasil ini juga mendukung teori pembelajaran motorik yang menekankan pentingnya feedback dalam pembentukan pola gerak yang lebih tepat. Secara praktis, wearable pemantau postur dapat dipertimbangkan sebagai alat bantu dalam pembelajaran pendidikan jasmani berbasis data, terutama untuk mendukung koreksi teknik, meningkatkan kualitas demonstrasi gerak, dan membantu mencegah paparan postur yang tidak menguntungkan pada mahasiswa yang aktif secara fisik.

Walaupun demikian, pembahasan ini tetap harus dibaca secara proporsional karena penelitian memiliki sejumlah keterbatasan. Pertama, ukuran sampel yang relatif terbatas dapat mengurangi kekuatan generalisasi temuan. Kedua, durasi intervensi 4–8 minggu cukup untuk menangkap perubahan dasar pada postur dan performa gerak, tetapi mungkin belum cukup untuk melihat perubahan muskuloskeletal jangka panjang yang lebih kuat. Ketiga, penelitian ini hanya menggunakan satu jenis wearable tertentu, sehingga hasilnya belum tentu sama jika diterapkan pada perangkat lain dengan konfigurasi sensor dan mekanisme umpan balik yang berbeda. Keempat, walaupun indikator kesehatan muskuloskeletal dan performa gerak telah dipilih secara relevan, masih terdapat aspek lain seperti aktivitas otot, pola kompensasi segmen tubuh, dan adaptasi biomekanik jangka panjang yang belum sepenuhnya tertangkap. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan melibatkan ukuran sampel yang lebih besar, durasi intervensi yang lebih panjang, perbandingan beberapa jenis wearable, serta analisis biomekanik yang lebih rinci agar generalisasi temuan menjadi lebih kuat.

KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa penggunaan perangkat wearable pemantau postur secara signifikan memberikan dampak positif terhadap kesehatan muskuloskeletal dan performa gerak mahasiswa PJKR FIKK UNM selama pembelajaran praktik. Kelompok yang menggunakan wearable menunjukkan perbaikan yang lebih besar pada seluruh indikator kesehatan muskuloskeletal dibandingkan kelompok kontrol, mencakup penurunan keluhan dan intensitas nyeri, peningkatan fleksibilitas, serta perbaikan kapasitas fungsional. Pada dimensi performa gerak, kelompok intervensi juga memperlihatkan peningkatan yang lebih nyata pada kualitas keterampilan motorik, kontrol tubuh, keseimbangan, dan koordinasi gerak. Pola korelasi yang konsisten antara perbaikan postur dan peningkatan performa gerak mengindikasikan bahwa mekanisme

umpan balik real-time yang disediakan wearable berperan dalam mempercepat pembentukan pola gerak yang lebih efisien dan tepat selama aktivitas praktik berlangsung. Selain efektivitasnya secara fungsional, perangkat wearable juga terbukti dapat diterima dengan baik oleh pengguna, ditunjukkan oleh tingkat kenyamanan, kemudahan penggunaan, kepatuhan pemakaian, dan penerimaan pengguna yang tergolong tinggi. Temuan ini menegaskan bahwa teknologi wearable berpotensi diintegrasikan ke dalam sistem pembelajaran pendidikan jasmani berbasis teknologi sebagai instrumen pemantauan postur, pemberi umpan balik gerak, sarana pencegahan gangguan muskuloskeletal, serta pendukung peningkatan mutu pembelajaran praktik secara berkelanjutan. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melibatkan sampel yang lebih besar, durasi intervensi yang lebih panjang, dan perbandingan beberapa jenis perangkat wearable guna memperkuat dasar implementasi teknologi ini dalam pendidikan jasmani.

DAFTAR PUSTAKA

- Angelucci, A., & Aliverti, A. (2023). An IMU-Based Wearable System for Respiratory Rate Estimation in Static and Dynamic Conditions. *Cardiovascular Engineering and Technology*, 14(3), 351–363. <https://doi.org/10.1007/s13239-023-00657-3>
- Gupta, A., & Sharma, S. (2025). *Cervical Spine Posture Monitoring using Flex and IMU Sensors with Long Short Term Memory Networks*. Preprints. <https://doi.org/10.36227/techrxiv.174140797.74178003/v1>
- Hou, Y., Wang, Z., Liu, H., Xia, M., Fan, X., & Ye, Q. (2025). Designing a Smart Garment for Dynamic Sitting Reminders. *Sensors*, 25(11), 3359. <https://doi.org/10.3390/s25113359>
- Karoulla, E., Matsangidou, M., Frangoudes, F., Paspalides, P., Kleanthous, K., & Pattichis, C. S. (2024). Tracking Upper Limb Motion via Wearable Solutions: Systematic Review of Research From 2011 to 2023. *Journal of Medical Internet Research*, 26, e51994. <https://doi.org/10.2196/51994>
- Meyer, B. M., Cohen, J. G., Donahue, N., Fox, S. R., O’Leary, A., Brown, A. J., Leahy, C., VanDyk, T., DePetrillo, P. B., Ceruolo, M., Cheney, N., Solomon, A., & McGinnis, R. S. (2023). Chest-Based Wearables and Individualized Distributions for Assessing Postural Sway in Persons With Multiple Sclerosis. *Ieee Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 31, 2132–2139. <https://doi.org/10.1109/tnsre.2023.3267807>

- Monti, G., Lezzi, D., & Tarricone, L. (2025). Wearable SIMO Inductive Resonant Link for Posture Monitoring. *Sensors*, 25(17), 5478. <https://doi.org/10.3390/s25175478>
- Moon, K. S., Gombatto, S. P., Phan, K., & Öztürk, Y. (2022). Extraction of Lumbar Spine Motion Using a 3-Imu Wearable Cluster. *Sensors*, 23(1), 182. <https://doi.org/10.3390/s23010182>
- Paulo Roberto Carvalho do Nascimento, Kirkwood, R. N., Griffith, L. E., Duong, M., Cooper, C. R., Hao, Y., Zheng, R., Raza, S., & Beauchamp, M. K. (2025). Identifying Optimal Wearable Devices for Monitoring Mobility in Hospitalized Older Adults: Feasibility, Acceptability, and Validity Study. *Jmir Aging*, 8, e64372–e64372. <https://doi.org/10.2196/64372>
- Qutieshat, A., AlBusaidi, R., Al-Ghamhari, S., Koofan, A.-W., Al-Lawati, T., Alrashdan, M. S., & Petropoulou, P. (2025). Real-Time Wearable Cervical Posture Monitoring in Dentistry: A Prospective Usability Trial With Dental Students. *European Journal of Dentistry*. <https://doi.org/10.1055/s-0045-1812110>
- Scagliusi, S. F., Pérez-García, P., Oprescu, A. M., Martín, D., Olmo, A., Huertas, G., & Yúfera, A. (2023). Body Posture Determination for Heart Failure Patients From Ankle Orientation Measurements. *Ieee Access*, 11, 48893–48900. <https://doi.org/10.1109/access.2023.3261554>
- Simpson, L., Maharaj, M. M., & Mobbs, R. J. (2019). The role of wearables in spinal posture analysis: A systematic review. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 20(1), 55. <https://doi.org/10.1186/s12891-019-2430-6>
- Sinichi, M., Gevonden, M., & Krabbendam, L. (2025). Quality in Question: Assessing the Accuracy of Four Heart Rate Wearables and the Implications for Psychophysiological Research. *Psychophysiology*, 62(2). <https://doi.org/10.1111/psyp.70004>
- Tang, Q., John, D., Thapa-Chhetry, B., Arguello, D. J., & Intille, S. (2020). Posture and Physical Activity Detection: Impact of Number of Sensors and Feature Type. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 52(8), 1834–1845. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002306>
- Tuken, D., Murphy, S. J., Bowers, R. D., & Vitali, R. V. (2025). Feasibility Study for Wearable Sensor-Based Vibrotactile Feedback for Posture and Muscle Activation in a Relevant Dentistry Setting. *Sensors*, 25(18), 5891. <https://doi.org/10.3390/s25185891>
- Vermader, P., Mancisidor, A., Cabanes, I., Pérez, N., & Torres-Unda, J. (2023). Intelligent Sitting Posture Classifier for Wheelchair Users. *Ieee Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 31, 944–953. <https://doi.org/10.1109/tnsre.2023.3236692>

- Wang, H., Zheng, J. Q., Nie, Q., Li, W., Wang, Z., Xiao, K., Hu, X., Kumar, S., & Min, R. (2024). Double-Fishtail-Shaped FBG Wearable Device for Sitting Posture Recognition and Real-Time Respiratory Monitoring. *Ieee Sensors Journal*, 24(7), 10164–10171. <https://doi.org/10.1109/jsen.2024.3367622>
- Yao, X. (2024). Biomechanical analysis of musicians' posture and movement patterns for optimizing performance and reducing injury risk. *Molecular & Cellular Biomechanics*, 21(4), 569. <https://doi.org/10.62617/mcb569>
- Zahoori, S., & Usmani, S. (2024). PosturePerfect: Smart T-shirt for Real-Time Posture Correction and Monitoring. *Journal of Student Research*, 13(3). <https://doi.org/10.47611/jsrhs.v13i3.7360>
- Zeagler, C. (2017). Where to wear it: Functional, technical, and social considerations in on-body location for wearable technology 20 years of designing for wearability. *Proceedings of the 2017 ACM International Symposium on Wearable Computers*, 150–157. <https://doi.org/10.1145/3123021.3123042>
- Zhang, Z., Li, K., Li, Y., Zhang, Q., Wang, H., & Hou, C. (2024). Dual-Function Wearable Hydrogel Optical Fiber for Monitoring Posture and Sweat pH. *Acs Sensors*, 9(6), 3413–3422. <https://doi.org/10.1021/acssensors.4c00780>