

Analisis Perbandingan Sepatu Berbahan Carbon Plate dan Non-Plate Carbon Ketika Digunakan Pada Track Lari Aspal dan Gravel

Name: Ilham Nayakiza Adzani¹, Aisyah Dwi Trissyani², Dinda Nimatul Magfiroh³, Carera Budi Herawati⁴, Mochamad Lisandro Firdaus⁵

Email correspondence: ilham.nazakia@gmail.com

^{1,2,3,4,5}Fakultas Olahraga dan Kesehatan, Universitas PGRI Banyuwangi, Banyuwangi, Indonesia

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan tingkat kenyamanan sepatu lari berpelat karbon dan tanpa pelat karbon pada lintasan aspal dan kerikil. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh pesatnya inovasi dalam teknologi sepatu lari serta masih terbatasnya data mengenai efektivitas kenyamanan sepatu tersebut pada berbagai jenis permukaan lintasan.

Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain eksperimen. Data dikumpulkan melalui observasi dan kuesioner kenyamanan dari 20 responden (80 data), kemudian dianalisis menggunakan uji Two-Way ANOVA. Variabel dalam penelitian ini meliputi jenis sepatu dan jenis lintasan sebagai variabel independen, serta tingkat kenyamanan sebagai variabel dependen.

Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh interaksi yang signifikan antara jenis sepatu dan jenis lintasan terhadap tingkat kenyamanan ($p < 0,001$). Sepatu berpelat karbon memberikan tingkat kenyamanan tertinggi pada lintasan aspal, namun mengalami penurunan yang signifikan pada lintasan kerikil karena sifat pelat yang kaku dan kurang adaptif terhadap permukaan yang tidak rata. Sebaliknya, sepatu tanpa pelat karbon menunjukkan kinerja yang lebih baik pada lintasan kerikil karena fleksibilitasnya dalam mendistribusikan tekanan.

Penelitian ini merekomendasikan penggunaan sepatu berpelat karbon untuk permukaan yang padat seperti aspal, dan sepatu tanpa pelat karbon untuk permukaan yang lebih kasar seperti kerikil.

Kata kunci: Pelat Karbon, Sepatu Lari, Kenyamanan, Aspal, Kerikil

ABSTRACT

This study aims to analyze and compare the comfort levels of carbon-plated and non-carbon-plated running shoes on asphalt and gravel tracks. It is driven by the rapid innovation in running shoe technology and the lack of data regarding their comfort effectiveness across different terrains. The research employed a quantitative approach with an experimental design. Data were collected through observations and comfort questionnaires from 20 respondents (80 data points), analyzed using the Two-Way ANOVA test. Variables included shoe type and track type as independent variables, and comfort level as the dependent variable. The results show a significant interaction effect between shoe type and track type on comfort ($p < 0.001$). Carbon-plated shoes offer the highest comfort on asphalt but show a drastic decline on gravel due to the plate's stiffness, which is less adaptive to uneven surfaces. Conversely, non-carbon-plated shoes perform better on gravel due to their flexibility in distributing pressure. This study recommends carbon-plated shoes for solid surfaces like asphalt and non-carbon-plated shoes for rougher terrains like gravel.

Keywords: Carbon Plate, Running Shoes, Comfort, Asphalt, Gravel

PENDAHULUAN

Olahraga adalah suatu kegiatan yang menggunakan unsur fisik untuk memperoleh kegembiraan dan memulihkan kesehatan fisik dan mental (Pranata & Kumaat, 2022). Dengan menjaga aktivitas fisik dengan berolahraga secara rutin menjaga asupan gizi dan beristirahat dengan baik maka akan meningkatkan kesehatan dan mencegah timbulnya penyakit termasuk penyakit jantung, diabetes, obesitas, cedera dll (Majid, 2020). Menurut Salahudin & Satriawan, (2022) Olahraga lari merupakan kegiatan yang populer dan memiliki manfaat kesehatan yang signifikan. Dalam pelaksanaan cabang olahraga atletik khususnya pada nomor lari terdapat dua faktor yang perlu di perhatikan yaitu factor internal dan juga factor eksternal. Kedua hal tersebut adalah kondisi fisik dan sarana prasarana yang akan digunakan untuk melakukan lari.

Menurut Gunadi & Kuncoro, (2020) Pelaksanaan cabang olahraga atletik terutama melakukan gerakan nomor lari banyak dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain adalah kemampuan kondisi fisik (physical ability). Selain itu sarana dan prasarana dalam olahraga juga dapat menentukan performa seseorang dalam melakukan aktifitas olahraga. Terdapat hubungan yang positif antara ketersediaan sarana dan prasarana olahraga dengan perilaku hidup sehat Lestari et al., (2025). Sujana, (2018) juga mengemukakan bahwa sarana dan prasarana olahraga juga berpengaruh secara signifikan terhadap kesegaran jasmani. Salma Cahaya & Lestari, (2018) berpendapat lari menjadi salah satu olahraga yang murah dan mudah untuk dilakukan. Meskipun mudah untuk dilakukan kapanpun dan dimana saja, lari memiliki efek kesehatan bagi tubuh jika rutin dilakukan oleh individu.

Menurut Widodo, (2021) banyak faktor yang memengaruhi performance seorang atlet. Faktor yang dimaksud yaitu berasal dari dalam dirinya (psikis) seperti : mood tidak bagus, kecemasan atau kenyamanan sedangkan dari luar diri (fisik) seperti : penonton, tempat pertandingan dan cuaca. Kemampuan atlet secara umum yaitu kemampuan fisik, teknik, taktik dan mental (psikis) nya. Sedangkan faktor eksternal adalah faktor yang dapat mempengaruhi prestasi atlet yang berasal dari luar diri atlet, seperti sarana dan prasarana, pelatih, pembina, keluarga, dana, organisasi, iklim, cuaca, makanan yang bergizi dan lain sebagainya. Dalam olahraga lari ketersediaan sarana dan prasarana yang memadai juga sangat diperlukan utamanya untuk meningkatkan performa dan kenyamanan saat berlari, sarana yang dibutuhkan diantaranya yaitu baju, kaos kaki, dan sepatu. Terdapat berbagai jenis merk dari baju, kaos kaki, serta sepatu yang dapat digunakan untuk melakukan aktifitas lari. Setiap merk tentunya terdapat sebuah keunggulan maupun kekurangan serta ciri khas dan kelebihan masing-masing. Julianto, (2024) mengemukakan bahwa sepatu lari modern kini dilengkapi dengan berbagai teknologi canggih, seperti midsole yang ringan dan penyerap guncangan, serta sol yang dirancang untuk memberikan traksi optimal di berbagai jenis permukaan.

Pentingnya memahami keinginan konsumen dalam produk yang diinginkannya telah menjadi perhatian pada berbagai industri, termasuk pada industri olahraga. Hal ini disebabkan karena meningkatnya minat dan kesadaran berolahraga pada tiap individu dalam masyarakat berkembang pesat ditandai dengan berkembangnya pusat-pusat olahraga seperti gimnastik, lapangan futsal, lapangan sepakbola, jogging track di sekitaran rumah, dan masih banyak lainnya (Kawung et al., 2018). Dari berbagai jenis sepatu yang ada pastinya memiliki jenis bahan yang berbeda, baik dari jenis insole, midsole, outsole, maupun upper. Karena setiap Sepatu yang dibuat memiliki keunggulannya masing-

masing. Sepatu lari telah mengalami banyak perkembangan signifikan dalam beberapa tahun terakhir, salah satunya dengan munculnya teknologi sol carbon plate. *Carbon plate* diklaim mampu meningkatkan performa berlari dengan memberikan responsivitas dan efisiensi energi yang lebih baik. Sepatu merupakan salah satu jenis alas kaki yang dibuat ataupun dirancang untuk melindungi kaki serta memberikan kenyamanan kepada pemakainya. Pemilihan sepatu yang tepat dapat memberikan kenyamanan, performa, dan keamanan saat berolahraga (Gerion & Manggu, 2024).

Carbon plate merupakan pelat serat karbon yang disisipkan di dalam midsole sepatu lari. Teknologi ini berfungsi untuk meningkatkan efisiensi lari dengan mengurangi energi yang hilang selama langkah kaki. Toshiya et al., (2022) juga berpendapat bahwasannya sepatu *carbon plate* dapat meningkatkan daya dorong dengan cara tolak menolak plate selama fase lepas landas dan menggeser pusat gravitasi tubuh dengan perpindahan ke depan, hal ini menjadikannya sepatu utama untuk pelari jarak jauh. Sepatu dengan carbon plate sering digunakan oleh pelari profesional karena memberikan dorongan tambahan dan meningkatkan kecepatan. Arrahman, (2018) menyampaikan bahwa teknologi yang modern telah mengolah karet (rubber) menjadi outsole sepatu karena karet memiliki sifat yang tahan terhadap air, minyak, dan kondisi cuaca. Sepatu non-carbon plate yang banyak digunakan oleh masyarakat maupun pelari biasanya memiliki sol dengan jenis bahan rubber (karet). Sepatu dengan bahan rubber sol adalah sepatu yang memiliki sol (bagian bawah sepatu yang bersentuhan dengan tanah) terbuat dari karet.

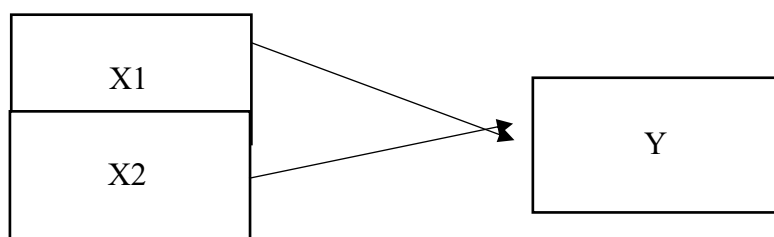
Tingkat kenyamanan berolahraga sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk lingkungan, motivasi, dan fasilitas yang tersedia. Navalgund & Dedhia, (2025) juga berpendapat bahwa kenyamanan adalah perasaan fisiologis dari pemakai yang memakai pakaian di bawah kondisi lingkungan yang tepat. Kenyamanan berolahraga adalah kondisi di mana individu merasa nyaman dan tidak tertekan saat melakukan aktivitas fisik. Bartkowiak et al., (2016) menyampaikan bahwa fisiologis kenyamanan bergantung pada yang digunakan. Suhu yang terlalu panas atau terlalu dingin dapat mengurangi performa dan meningkatkan risiko cedera. Menurut Ismiyasa et al., (2017) pemilihan yang sesuai dan peralatan yang tepat sangat penting untuk mendukung kenyamanan saat berolahraga. Dengan pemilihan jenis sole sepatu yang tepat pelari dapat meningkatkan performa dan juga kenyamanan saat berlari. Selain itu dengan pemilihan jenis sol sepatu yang sesuai dapat membantu mencegah cedera dengan memberikan dukungan dan stabilitas yang optimal. Sol yang dirancang dengan baik dapat melindungi kaki dan pergelangan kaki dari tekanan berlebih, sementara bantalan yang cukup membantu meredam benturan dan mengurangi beban pada sendi.

Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan tingkat kenyamanan sepatu lari berbahan carbon plate dan non-carbon plate pada dua jenis permukaan lintasan yang berbeda yaitu aspal dan gravel. Hasil penelitian ini dapat diharapkan dapat memberikan informasi yang bermanfaat serta menjadi dasar rekomendasi bagi atlet untuk memilih sepatu yang sesuai dengan medan lari mereka.

METODE

Pada penelitian ini jenis penelitian yang digunakan yaitu jenis deskriptif dengan pendekatan kuantitatif (Sugiyono, 2017). Dalam penelitian ini menggunakan desain komparatif.

Desain penelitian :



Gambar1. Desain Komparatif

Sumber : (Maksum, 2012)

Keterangan

X1 : *Carbon plate*

X2 : *Non-carbon plate*

Y : Tingkat Kenyamanan

Populasi yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah seseorang penghobi olahraga lari yang sedang melakukan aktifitas lari di GOR tawang alun kabupaten Banyuwangi. Pada penelitian ini peneliti menggunakan teknik *incidental sampling* adalah teknik pengambilan sampel yang dilakukan secara kebetulan atau berdasarkan siapa saja yang secara tidak sengaja ditemui oleh peneliti dan bersedia menjadi responden.

Pada penelitian ini peneliti mengambil metode angket untuk digunakan sebagai alat mengumpulkan data. Adapun instrumen penelitian yang digunakan oleh peneliti dalam penulisan ini meliputi observasi, non-tes (angket), dan dokumentasi.

Instrumen penelitian ini diukur dengan memakai angket (kuesioner). Angket mengenai perbandingan tingkat kenyamanan sepatu carbon plate dan non-carbon plate yang berupa pernyataan tertulis untuk dijawab oleh responden.

Tabel 1. Kisi-kisi angket Terkait Kenyamanan Material Sole Sepatu Lari

Variabel	Indikator	Sub Indikator	Item Favourable	Item Unfavourable	Total
Kenyamanan	Fisik	Model Sepatu	1, 2	3, 4	4
		Tekstur Material	5, 6	7, 8	4
		Outsole	9,11	10,12	4
	Psikologis	Kesesuaian Material	9,11	10,12	4
		Outsole Sepatu Lari	21, 22	23,24	4
		Perasaan Saat Memakai	13	14	2
Fisiologis	Tingkat Efisiensi Energi	13	14	2	

Keleluasaan Berlari	15, 16	17, 18	4
Tingkat Kinerja Otot	19	20	2

Tabel 2. Alternatif Jawaban dan Skor Kuisisioner

Alternatif Jawaban	Pernyataan Faourable (+)	Pernyataan Unfafourable (-)
Sangat Tinggi	5	5
Tinggi	4	4
Cukup	3	3
Rendah	2	2
Sangat Rendah	1	1

Teknik analisis data merupakan metode terstruktur untuk memproses, memahami, dan menarik kesimpulan dari data guna mengidentifikasi pola, keterkaitan, atau tren dalam suatu penelitian. Analisis data adalah proses mengorganisir dan mengategorikan data guna mempermudah pemahaman serta pengelompokannya (Arikunto, 2016). Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah Uji normalitas, Uji homogenitas, Uji *Two-way ANOVA*.

Untuk mengetahui tingkat kenyamanan data akan dikategorikan menjadi lima kategori menggunakan nilai mean dan standar deviasi, pengkategorian data menggunakan kriteria sebagai berikut (Winarno, 2013) :

1. Sangat baik : $M + 1,5 SD$ ke atas
2. Baik : $M + 0,5 SD - M + 1,5 SD$
3. Cukup : $M - 0,5 SD - M + 0,5 SD$
4. Kurang : $M - 1,5 SD - M - 0,5 SD$
5. Sangat kurang : $M - 1,5 SD$ ke bawah

Setelah diketahui hasil angket, maka langkah selanjutnya dihitung menggunakan rumus persentase. Rumusan persentase yang digunakan untuk memperoleh frekuensi relatif adalah dengan menggunakan rumus distribusi frekuensi relatif yang dikemukakan oleh bahwa untuk presentase yaitu :

$$P = F / (N) \times 100\%$$

Keterangan :

P = Persentase yang dicari

F = Frekuensi

N = Jumlah responden

Untuk mengetahui tingkat kriteria tersebut, selanjutnya skor yang diperoleh (dalam%) dengan analisis deskriptif presentase dikonsultasikan dengan tabel kriteria.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Studi ini bertujuan untuk menginvestigasi perbandingan tingkat kenyamanan antara sepatu lari dengan carbon plate dan non-plate carbon ketika digunakan pada dua jenis permukaan track lari yang umum: aspal dan gravel. Pemahaman tentang kenyamanan sepatu ini krusial dalam konteks jasmani dan kesehatan, mengingat dampaknya terhadap

performa, resiko cedera, dan pengalaman berlari secara keseluruhan. Data diperoleh melalui kuesioner yang diisi oleh 20 partisipan, di mana setiap individu melakukan uji lari pada keempat kombinasi sepatu dan track, menghasilkan total 80 data observasi. Statistika deskriptif awal memberikan gambaran mengenai rata-rata skor kenyamanan pada setiap kondisi, sebagaimana disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Statistik Deskriptif Skor Kenyamanan

Jenis sepatu	Jenis track	Mean	Std. Deviasi
Carbon plate	Aspal	87.80	10.79
	Gravel	84.15	15.80
Non-plate carbon	Aspal	86.45	10.63
	Gravel	66.00	17.40

Tabel 3 mengindikasikan bahwa sepatu carbon plate secara konsisten memberikan skor kenyamanan yang lebih tinggi dibandingkan sepatu non-carbon plate pada kedua jenis track. Selain itu, track aspal umumnya dinilai lebih nyaman dibandingkan track gravel untuk kedua kategori sepatu. Distribusi kategori kenyamanan dari seluruh 80 data observasi disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Distribusi Kategori Kenyamanan carbon plate pada track aspal

Jenis Sepatu & Lintasan	Kategori	Pengelompokan	Persentase
Carbon / Aspal	Sangat Baik	1	5%
	Baik	4	20%
	Cukup	7	35%
	Kurang Baik	8	40%
	Sangat Kurang Baik	-	-

Data menunjukkan bagaimana performa sepatu carbon ketika digunakan pada lintasan aspal, yang merupakan permukaan paling ideal untuk jenis sepatu ini. Namun, hasil penilaiannya cukup beragam. Dalam kategori sangat baik terdapat 1 responden (5%). Jumlah ini kecil, namun menunjukkan bahwa ada kondisi tertentu di mana sepatu carbon mampu memberikan performa maksimal. Biasanya terjadi pada aspal yang mulus dan rata, teknik lari yang efisien, dan kecepatan tinggi. Pada kategori baik terdapat 4 responden (20%), Penilaian ini menunjukkan bahwa sepatu carbon cukup sering bekerja dengan baik di aspal. Sedangkan pada kategori cukup terdapat 7 responden (35%), Ini adalah salah satu kategori terbesar. Artinya, performa sepatu carbon di aspal umumnya cukup stabil, namun tidak selalu memberikan efek maksimal. Selanjutnya pada kategori kurang baik terdapat 8 responden (40%), hal ini menunjukkan bahwa walaupun aspal adalah lintasan ideal, dalam banyak skenario sepatu carbon ternyata tidak memberikan performa optimal.

Tabel 5. Distribusi Kategori Kenyamanan carbon plate pada track gravel

Jenis Sepatu & Lintasan	Kategori	Pengelompokan	Persentase
Carbon / Gravel	Sangat Baik	2	10%
	Baik	4	20%
	Cukup	3	15%
	Kurang	11	55%
	Sangat Kurang Baik	-	-

Untuk lintasan gravel (berkerikil), performa sepatu carbon cenderung menurun drastis. Menunjukkan bahwa meskipun mungkin ada kondisi tertentu di gravel yang masih bisa diakomodasi, Namun, jumlahnya kecil (hanya 10%), sehingga sifatnya kondisi khusus, bukan umum. Pada kategori baik memperoleh nilai 20% artinya ada sebagian kondisi gravel yang masih bisa ditangani cukup baik oleh sepatu carbon. Seperti, permukaan gravel dengan batu kecil dan padat dan penggunaan pada ritme tertentu (misalnya steady run). Sedangkan pada kategori cukup terdapat 3 responden atau setara 15%, Artinya, dalam kondisi tertentu sepatu carbon masih bisa digunakan, tetapi performa dan kenyamanan mungkin tidak optimal. Factor penyebabnya bisa berupa kerikil yang longgar, permukaan lintasan yang tidak stabil, dan lain-lain. Selanjutnya pada kategori kurang baik terdapat 11 responden (55%), Ini adalah kategori paling besar, mencakup lebih dari setengah total data. Kategori “Kurang Baik” yang sangat dominan mempertegas bahwa gravel adalah lintasan yang kurang ideal untuk sepatu carbon.

Tabel 6. Distribusi Kategori Kenyamanan Non-carbon plate pada track aspal

Jenis Sepatu & Lintasan	Kategori	Pengelompokan	Persentase
Non-Carbon / Aspal	Sangat Baik	1	5%
	Baik	3	15%
	Cukup	10	50%
	Kurang Baik	6	30%
	Sangat Kurang Baik	-	-

Tabel ini menggambarkan kinerja sepatu non-carbon saat digunakan di lintasan aspal, lalu dikategorikan berdasarkan tingkat kualitas performa: Sangat baik, baik, cukup, kurang baik, dan sangat kurang baik. Setiap kategori memiliki jumlah pengelompokan dan persentase yang menunjukkan seberapa besar proporsi performanya. Pada kategori sangat baik hanya 5% performa yang masuk kategori. Artinya, sangat sedikit kondisi/tipe sepatu non-carbon yang bisa tampil sangat optimal di aspal. Pada kategori baik terdapat sekitar 15% performa dinilai baik. Ada beberapa kondisi yang cocok, namun tidak begitu dominan. Sedangkan pada kategori cukup terdapat persentase 50%. Hal ini menunjukkan bahwa setengah kondisi penggunaan sepatu non-carbon di aspal memberikan performa cukup tidak buruk, tetapi juga tidak menonjol. Pada kategori kurang terdapat persentase 30% artinya penggunaan sepatu non-carbon di aspal cukup sering menghasilkan performa yang di bawah optimal.

Tabel 7. Distribusi Kategori Kenyamanan Non-carbon plate pada track gravel

Jenis Sepatu & Lintasan	Kategori	Pengelompokan	Persentase
Non-Carbon / Gravel	Sangat Baik	2	10%
	Baik	4	20%
	Cukup	3	15%
	Kurang Baik	11	55%
	Sangat Kurang Baik	-	-
	Kurang Baik	-	-

Tabel 7 ini menggambarkan bagaimana performa sepatu non-carbon ketika digunakan pada lintasan gravel (kerikil/tanah berbatu). Setiap kategori menunjukkan tingkat kualitas performa, jumlah pengelompokan, dan persentasenya. Sebanyak 10% performa masuk kategori sangat baik. Ini menunjukkan bahwa ada beberapa kondisi di mana sepatu non-carbon tampil sangat optimal di lintasan gravel, lebih tinggi dibanding performa "sangat baik" pada aspal (yang hanya 5%). Artinya, non-carbon relatif lebih cocok pada gravel dibanding aspal untuk performa terbaik. Sedangkan pada kategori baik terdapat 20% performa berada pada kategori baik. Jumlah ini menunjukkan ada proporsi yang cukup stabil di mana sepatu non-carbon bisa bekerja dengan baik di gravel, lebih baik dibanding performa di aspal (15%). Sedangkan pada kategori kurang baik terdapat sebesar 55%. Ini adalah kategori paling besar. Hal ini menunjukkan bahwa lebih dari setengah kondisi penggunaan non-carbon di gravel menghasilkan performa kurang baik.

Hasil Analisis Data

Untuk memastikan validitas temuan, dilakukan uji asumsi statistik. Uji normalitas residual melalui Kolmogorov-Smirnov ($p = 0.200$) dan Shapiro-Wilk ($p = 0.213$), yang hasilnya tertera pada Tabel 8, menunjukkan nilai signifikansi lebih besar dari 0.05. Ini mengindikasikan bahwa asumsi normalitas residual terpenuhi.

Tabel 8. Tests of Normality Residual Skor Kenyamanan

	Sig.
Residual skor kenyamanan	0.200
Standar residual kenyamanan	0.200

Selanjutnya, Levene's Test untuk homogenitas varian menghasilkan nilai signifikansi 0.261 ($p > 0.05$), sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 9 Ini berarti asumsi homogenitas varian juga terpenuhi.

Tabel 9. Levene's Test of Equality of Error Variances

		Sig.
Skor kenyamanan	Based on mean	0.261

Based on median	0.284
--------------------	-------

Dengan terpenuhinya kedua asumsi ini, hasil uji Two-Way ANOVA dapat diinterpretasikan dengan keyakinan. Hasil uji ANOVA disajikan dalam Tabel 9. Adanya efek interaksi yang sangat signifikan antara jenis sepatu dan jenis track terhadap tingkat kenyamanan, $F(1,76)=24.494$, $p < 0.001$, dengan ukuran efek yang sangat besar ($\eta_p^2=0.244$). Temuan ini mengindikasikan bahwa pengaruh jenis sepatu terhadap kenyamanan tidak seragam di semua jenis track, dan sebaliknya. Meskipun demikian, efek utama dari masing-masing faktor juga signifikan, yaitu Jenis Sepatu ($F(1,76)=572.855, p<0.001, \eta_p^2=0.883$) dan Jenis Track ($F(1,76)=195.875, p<0.001, \eta_p^2=0.720$).

Karena interaksi yang signifikan, interpretasi efek utama secara terpisah perlu dilakukan dengan hati-hati dan lebih disarankan untuk berfokus pada analisis Estimated Marginal Means guna memahami sifat interaksi secara detail. Tabel 10 menyajikan Estimated Marginal Means untuk interaksi Jenis Sepatu Jenis Track.

Tabel 10. Estimated Marginal Means Jenis Sepatu Jenis Track

Jenis Sepatu	Jenis Track	Mean
Carbon plate	Aspal	87.80
	Gravel	84.15
Non plate carbon	Aspal	86.45
	Gravel	66.00

Dari tabel 10, jelas terlihat bahwa rata-rata kenyamanan tertinggi dicapai oleh sepatu carbon plate di track aspal ($M = 87.80$), dan rata-rata terendah oleh sepatu non-carbon plate di track gravel ($M = 66.00$).

Tabel 11. Tests of Between-Subjects Effects

Source	F
Jenis Sepatu	572.855
Jenis Track	195.875
Jenis Sepatu *	24.494
Jenis Track	

Tabel 11 menunjukkan adanya efek interaksi yang sangat signifikan antara jenis sepatu dan jenis track terhadap tingkat kenyamanan, $F(1,76)=24.494$, $p < 0.001$, dengan ukuran efek yang sangat besar ($\eta_p^2=0.244$). Temuan ini mengindikasikan bahwa pengaruh jenis sepatu terhadap kenyamanan tidak seragam di semua jenis track, dan sebaliknya. Meskipun demikian, efek utama dari masing-masing faktor juga signifikan, yaitu Jenis Sepatu ($F(1,76)=572.855, p<0.001, \eta_p^2=0.883$) dan Jenis Track ($F(1,76)=195.875, p<0.001, \eta_p^2=0.720$).

Pembahasan

Temuan studi ini memberikan wawasan penting dalam ranah pemilihan perlengkapan dan lingkungan latihan untuk aktivitas lari. Hasil analisis secara tegas menunjukkan adanya interaksi yang signifikan antara jenis sepatu (*carbon plate vs. non-plate carbon*) dan jenis track lari (aspal vs. gravel) terhadap tingkat kenyamanan sepatu (Kiesewetter, 2022). Implikasi ini sangat relevan bagi pelari, pelatih, maupun industri perlengkapan olahraga. Tingkat kenyamanan selalu diperhatikan para pengguna sepatu dengan mengkategorikan karakter bentuk kaki, dan outsole yang digunakan pada sepatu (Batara, 2025).

Dari perspektif kenyamanan, sepatu carbon plate terbukti secara substansial lebih unggul dibandingkan sepatu non-carbon plate pada kedua jenis *track* (Joubert et al., 2024). Ini sejalan dengan tren terkini dalam teknologi sepatu lari yang mengklaim peningkatan efisiensi dan kenyamanan. Sepatu olahraga berkembang dengan pesat bersamaan dengan berkembangnya material dan proses pembuatan sol berbahan karet yang diadopsi untuk berbagai sepatu olahraga (Muhammad et al., 2021). Namun, sifat interaksi menunjukkan bahwa keunggulan sepatu carbon plate ini jauh lebih menonjol ketika digunakan pada track aspal (perbedaan skor 35.60) dibandingkan pada track gravel (perbedaan skor 23.40). Hal ini dapat diinterpretasikan bahwa plate carbon mungkin bekerja lebih optimal dalam mengembalikan energi dan memberikan cushioning pada permukaan yang lebih padat dan rata seperti aspal, yang memungkinkan pelari merasakan sensasi "pantulan" dan mengurangi dampak lebih efektif (Carranza et al., 2020). Bagi praktisi, ini berarti jika tujuan latihan atau kompetisi adalah lari di aspal, investasi pada sepatu carbon plate akan sangat berdampak pada kenyamanan subjektif atlet.

Di sisi lain, studi ini juga menyoroti peran jenis track lari. Track aspal secara konsisten dinilai lebih nyaman dibandingkan track gravel, baik dengan sepatu carbon plate maupun non-carbon plate (Salomon, 2025). Namun, poin krusial dari interaksi adalah penurunan tingkat kenyamanan yang jauh lebih drastis terjadi saat menggunakan sepatu carbon plate ketika beralih dari aspal ke gravel (penurunan 23.35 poin) dibandingkan dengan sepatu non-carbon plate (penurunan 11.15 poin). Penurunan kenyamanan yang lebih tajam pada sepatu carbon plate di track gravel mungkin disebabkan oleh karakteristik plat karbon yang cenderung kaku dan kurang adaptif terhadap permukaan yang tidak rata atau longgar. Pada track gravel yang permukaannya bervariasi dan tidak stabil, kekakuan plat karbon bisa jadi justru mengurangi kemampuan adaptasi kaki terhadap track, sehingga mengurangi kenyamanan. Bagi pelatih dan praktisi, ini menjadi pertimbangan penting: jika sesi latihan atau kegiatan lari lebih sering dilakukan di track gravel atau trail, mungkin ada trade-off antara potensi performa carbon plate dengan kenyamanan yang optimal. Tanah gravel adalah bata merah yang dipecahkan menjadi partikel sangat kecil seperti pasir, namun strukturnya dapat menyatu lebih padat. Sedangkan pada jenis lintasan lari jalan raya aspal mempunyai permukaan yang keras dari bahan material aspal yang kokoh, lintasan ini merupakan rancangan yang digunakan untuk kendaraan dengan mesin seperti mobil dan motor, namun seiring berkembangnya olahraga lari, lintasan jalan raya aspal sering digunakan untuk berlari (Sari et al., 2020).

Implikasi praktis dari temuan ini sangat besar. Dalam konteks pendidikan jasmani, guru dan pelatih dapat memberikan rekomendasi yang lebih tepat kepada siswa atau atlet

mengenai pemilihan sepatu berdasarkan jenis track lari yang dominan. Untuk latihan di track atau jalan raya (aspal), sepatu carbon plate akan sangat mendukung kenyamanan. Namun, untuk lari lintas alam atau trail yang sering melewati gravel, pemahaman akan potensi penurunan kenyamanan sepatu carbon plate menjadi krusial.

Distribusi kategori kenyamanan (Tabel 4) yang menunjukkan 70% dari data berada pada kategori "Kurang" dan "Cukup" secara keseluruhan, mengindikasikan bahwa masih banyak ruang untuk peningkatan dalam desain sepatu atau pemahaman pelari tentang faktor-faktor kenyamanan (Kettner et al., 2025). Mungkin ada variabel lain yang belum diukur dalam penelitian ini, seperti bobot pelari, gaya lari, atau durasi lari, yang juga memengaruhi persepsi kenyamanan.

Secara keseluruhan, studi ini memperkaya pemahaman kita tentang faktor-faktor yang memengaruhi kenyamanan berlari, sebuah aspek fundamental dalam menjaga partisipasi aktif dalam olahraga (Yu & Song, 2022). Temuan ini dapat menjadi dasar bagi edukasi pelari, pengembangan kurikulum pendidikan jasmani yang lebih adaptif terhadap teknologi olahraga, dan inovasi lebih lanjut dalam industri sepatu lari.

Perbandingan Tingkat Kenyamanan Sepatu Carbon Plate dan Non-plate Carbon Pada Lintasan Aspal

Sepatu dengan carbon plate (serat karbon di dalam midsole) merupakan bagian dari tren "super shoes" modern yang dirancang untuk meningkatkan performa lari, khususnya efisiensi langkah (running economy) dan energi tolakan saat berlari. Teknologi ini kini menjadi standar pada sepatu lari jarak jauh di seluruh dunia. Penelitian oleh Xu et al., (2025) menemukan bahwa pelat karbon meningkatkan efisiensi lari rata-rata sebesar 1% pada sepatu dengan kekakuan sedang dibandingkan dengan sepatu yang lebih fleksibel.

Lintasan permukaan aspal bersifat keras dan memberikan gaya reaksi tanah yang lebih besar dibanding permukaan lembut. Sepatu dengan plate carbon umumnya memiliki gaya pegas yang lebih besar dibandingkan dengan sepatu tanpa plate carbon, sedangkan aspal memiliki komposisi permukaan lintasan yang lebih keras dan padat maka ketika sepatu carbon plate digunakan pada lintasan aspal gaya pegas yang ditimbulkan akan semakin besar. Hal ini sejalan dengan prinsip gaya pegas pada hukum hooke gaya yang diberikan pada pegas berbanding lurus dengan pertambahan panjang atau pemendekannya (simpangan), selama tidak melewati batas elastisitasnya, dan arah gaya pegas selalu berlawanan dengan gaya luar, mengembalikan pegas ke posisi semula. Ini terjadi karena sifat elastisitas benda, di mana gaya pemulih ini memungkinkan pegas menyimpan dan melepaskan energi (Roberts, 2016).

Dengan adanya gaya pegas yang cukup besar maka seorang pelari akan mendapatkan dorongan dari sepatu dengan plate carbon. Pada sepatu dengan plate carbon, struktur pelat yang kaku meningkatkan kekakuan midsole sehingga menyebabkan terjadinya penyimpanan energi elastis yang lebih besar saat fase kontak kaki dengan permukaan. Energi elastis ini kemudian dilepaskan kembali pada fase tolakan, sehingga pelari memperoleh dorongan tambahan ke arah depan. Dengan adanya dorongan tersebut pelari atau atlet dapat meminimalisir energi yang digunakan ketika berlari.

Sedangkan sepatu non-carbon plate, pada sisi lain, umumnya menggunakan sistem busa tradisional tanpa struktur pelat karbon, sehingga midsole lebih fleksibel dan lembut, serta sering dipakai untuk latihan harian atau lari santai. Hoogkamer et al., (2018) menyatakan bahwa penambahan pelat karbon adalah faktor utama peningkatan kekakuan sepatu, sehingga sepatu tanpa pelat karbon secara biomekanik lebih lembut.

Beberapa responden menyatakan bahwa sepatu non-carbon plate juga cukup nyaman ketika digunakan pada lintasan aspal yang dikarenakan sol dari sepatu tersebut lebih lembut atau lunak sehingga membuat kaki serasa dilindungi dari lintasan yang keras, akan tetapi banyak juga responden yang menyatakan bahwa sepatu dengan carbon plate lebih cocok digunakan pada lintasan yang keras atau padat seperti aspal karena memberikan efek gaya pegas yang menyebabkan dorongan pada kaki saat berlari sehingga pelari mendapatkan efisiensi energi dari hal tersebut. Hoogkamer et al., (2018) menyebutkan bahwa keuntungan mekanis sepatu berpelat karbon paling optimal pada permukaan keras, padat dan rata.

Berdasarkan beberapa pembahasan di atas maka dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan karakteristik dan tingkat kenyamanan antara sepatu carbon plate dan sepatu non-carbon plate saat digunakan pada lintasan aspal. Sepatu dengan carbon plate, dirancang untuk meningkatkan performa lari melalui peningkatan efisiensi energi tolakan. Hal ini terjadi karena struktur pelat karbon yang kaku meningkatkan kekakuan midsole, sehingga memungkinkan terjadinya penyimpanan dan pelepasan energi elastis yang lebih besar pada fase kontak dan tolakan kaki. Pada lintasan aspal yang bersifat keras dan padat, interaksi antara sepatu carbon plate dan permukaan lintasan menghasilkan gaya reaksi tanah serta gaya pegas yang lebih besar, sehingga memberikan dorongan tambahan ke arah depan dan membantu pelari meminimalkan energi yang digunakan saat berlari.

Di sisi lain, sepatu non-carbon plate yang umumnya menggunakan sistem busa tradisional tanpa pelat karbon memiliki midsole yang lebih fleksibel dan lembut. Namun, sepatu jenis ini tidak memberikan efek gaya pegas dan dorongan energi sebesar sepatu carbon plate, sehingga lebih sesuai untuk kebutuhan latihan harian atau lari santai dibandingkan untuk tujuan peningkatan performa.

Perbandingan Tingkat kenyamanan Sepatu Carbon Plate dan Non-plate Carbon Pada Lintasan Gravel

Lintasan gravel adalah permukaan lintasan yang tersusun dari kerikil kecil, batu pecah halus, atau campuran pasir dan batu, yang bersifat tidak rata dan tidak terikat kuat seperti aspal atau beton. Menurut Stasulli, (2015) lintasan gravel dikategorikan sebagai compliant and irregular surface, yaitu permukaan yang memiliki daya deformasi tinggi dan menyebabkan perubahan mekanika langkah lari karena adanya pergeseran material di bawah kaki. Kondisi ini menuntut stabilitas dan kontrol yang lebih besar dari sistem muskuloskeletal pelari. Sementara itu, Dolenc et al., (2015) menjelaskan bahwa permukaan tidak rata seperti gravel meningkatkan kebutuhan kontrol neuromuskular, karena kaki harus terus beradaptasi terhadap variasi sudut tumpuan dan ketidakstabilan permukaan. Hal ini berdampak pada meningkatnya aktivitas otot stabilisator serta perubahan distribusi tekanan plantar. Jadi berdasarkan pernyataan ahli di atas maka lintasan gravel merupakan lintasan dengan karakteristik tidak stabil, tidak rata, dan adaptif, yang secara signifikan memengaruhi kenyamanan, efisiensi gerak, serta interaksi antara sepatu dan permukaan lintasan.

Permukaan gravel yang tidak rata meningkatkan kebutuhan adaptasi kaki terhadap permukaan untuk menjaga keseimbangan dan kenyamanan pijakan. Perbedaan tingkat kenyamanan antara sepatu carbon plate dan non-carbon plate saat digunakan di lintasan gravel karena perbedaan desain dan fleksibilitas material. Sepatu carbon plate memiliki kekakuan yang tinggi untuk meningkatkan efisiensi tolakan dan stabilitas pada permukaan keras dan rata. Namun, pada lintasan gravel yang bersifat tidak stabil dan memiliki variasi kontur, kekakuan tersebut dapat mengurangi kemampuan sepatu dalam

menyerap ketidakrataan permukaan, sehingga menurunkan fungsi daya pegas atau dorongan dari pelat karbon pada sepatu sehingga membuat penurunan tingkat kenyamanan bagi penggunanya.

Sebaliknya, Penggunaan sepatu non-carbon plate pada lintasan gravel cenderung memberikan tingkat kenyamanan yang lebih baik dibandingkan sepatu dengan pelat karbon. Hal ini dikarenakan sepatu non-carbon plate memiliki fleksibilitas yang lebih baik, memungkinkan distribusi tekanan yang lebih merata dan adaptasi yang lebih optimal terhadap permukaan gravel, sehingga meningkatkan kenyamanan selama aktivitas lari. Fleksibilitas ini membantu mendistribusikan tekanan plantar secara lebih merata dan mengurangi beban lokal pada area tertentu kaki, yang berkontribusi pada peningkatan kenyamanan subjektif pelari (Corliss, 2022). Selain itu, sepatu tanpa pelat karbon memungkinkan gerakan sendi kaki yang lebih alami, khususnya pada fase mid-stance hingga toe-off, yang penting untuk menjaga stabilitas di permukaan tidak rata (Błażkiewicz & Hadamus, 2024). Jadi, sepatu non-carbon plate lebih sesuai digunakan pada lintasan gravel karena mampu memberikan pijakan yang lebih stabil, responsif terhadap kontur permukaan, serta mengurangi risiko ketidaknyamanan akibat keterbatasan adaptasi mekanis sepatu.

Berdasarkan uraian dan pendapat para ahli, dapat disimpulkan bahwa lintasan gravel memiliki karakteristik permukaan yang tidak stabil, tidak rata, dan adaptif, sehingga menuntut kemampuan stabilisasi, kontrol neuromuskular, serta adaptasi mekanis yang tinggi. Pada lintasan gravel, sepatu dengan carbon plate yang memiliki tingkat kekakuan tinggi cenderung kurang optimal karena keterbatasannya dalam menyesuaikan diri terhadap ketidakrataan permukaan. Kekakuan pelat karbon dapat mengurangi kemampuan sepatu dalam menyerap variasi kontur gravel, sehingga fungsi daya pegas dan dorongan yang dihasilkan tidak bekerja secara maksimal dan berdampak pada penurunan tingkat kenyamanan. Sebaliknya, sepatu non-carbon plate dengan fleksibilitas yang lebih baik mampu beradaptasi secara lebih efektif terhadap permukaan gravel. Fleksibilitas ini memungkinkan distribusi tekanan plantar yang lebih merata, mendukung gerakan kaki yang lebih alami, serta meningkatkan stabilitas dan kenyamanan selama berlari.

KESIMPULAN

Terdapat perbedaan tingkat kenyamanan yang signifikan antara sepatu berbahan carbon plate dan non-carbon plate, serta antara penggunaan pada track aspal dan track gravel. Sepatu berbahan carbon plate secara konsisten memberikan kenyamanan yang lebih tinggi dibandingkan sepatu non-carbon plate, terutama saat digunakan di lintasan aspal. Hal ini menunjukkan bahwa teknologi carbon plate mampu memberikan efisiensi energi dan bantalan optimal pada permukaan yang rata dan padat. Lintasan aspal secara umum lebih nyaman dibandingkan lintasan gravel untuk kedua jenis sepatu. Namun, efek kenyamanan paling optimal tercapai ketika sepatu carbon plate digunakan di lintasan aspal, dengan skor kenyamanan tertinggi dibanding kombinasi lainnya. Penurunan kenyamanan paling drastis terjadi pada sepatu carbon plate ketika digunakan di lintasan gravel, dibandingkan sepatu non-carbon plate, yang cenderung lebih fleksibel dan adaptif terhadap permukaan tidak rata. Temuan ini penting untuk dijadikan dasar rekomendasi dalam pemilihan sepatu lari, terutama bagi pelari yang berlatih di lintasan tertentu, serta dapat menjadi masukan bagi produsen sepatu dalam mengembangkan teknologi yang lebih adaptif terhadap berbagai kondisi lintasan.

REFERENSI

- Arikunto, S. (2016). *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik*. Rineka Cipta.
- Arrahman, A. H. (2018). *Pembuatan Outsole Sepatu Menggunakan Metode Injection Molding*. Institut Bisnis Dan Informatika Stikom Surabaya.
- Bartkowiak, G., Iwona, F., & Greszta, A. (2016). Fabric Selection For The Reference Clothing Destined For Ergonomics Test Of Protective Clothing: Physiological Comfort Point Of View. *Autex Research Journal*, 16(4), 256–261.
- Batara, J. B. (2025). *Analisis Penerapan Prosedur Kerja Untuk Mencegah Terjadinya Kecelakaan Kerja Saat Di Mv. Antartic Dream*.
- Błażkiewicz, M., & Hadamus, A. (2024). Influence Of Perturbation's Type And Location On Treadmill Gait Regularity. *Applied Sciences*, 14(2), 493.
- Carranza, V. R., González-Mohino, F., Santos-Concejero, J., & Rave, J. M. G. (2020). The Effects Of Footwear Midsole Longitudinal Bending Stiffness On Running Economy And Ground Contact Biomechanics: A Systematic Review And Meta- Analysis. *European Journal Of Sport Science*, 22(10), 1–14.
- Corliss, J. (2022). *Tips For Choosing Walking Shoes*. Harvard Health Publishing. <https://www.health.harvard.edu/exercise-and-fitness/tips-for-choosing-walking-shoes#:~:text=The shoe should bend easily,and an easier push-off>.
- Dolenec, A., Stirn, I., & Strojnik, V. (2015). Activation Pattern Of Lower Leg Muscles In Running On Asphalt, Gravel And Grass. *Collegium Antropologicum*, 39(1), 167–172.
- Gerion, E., & Manggu, B. (2024). Pengaruh Kualitas Produk Dan Harga Produk Terhadap Keputusan Pembelian Ulang Sepatu Olahraga Futsal Adidas Di Kabupaten Landak. *7th Prosiding Business And Economics Conference In Utilizing Of Modern Technology 2024*.
- Gunadi, D., & Kuncoro, B. (2020). Implementasi Penerapan Model Latihan Progresif Pada Klub Atletik Adios Utp Surakarta. *Bernas Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(3), 216–221.
- Hoogkamer, W., Kipp, S., Frank, J. H., Farina, E. M., Luo, G., & Kram, R. (2018). Original Research Article A Comparison Of The Energetic Cost Of Running In Marathon Racing Shoes. *Sports Medicine*, 48(4), 1009–1019. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0811-2>
- Ismiyasa, S. W., Adiputra, I. N., Tirtayasa, K., & Purnawati, S. (2017). Aplikasi Ergonomi Pada Seragam Olahraga Dapat Meningkatkan Kenyamanan Dan Memperbaiki Respon Suhu Kulit Ketika Berolahraga Pada Siswa Smp Di Smp “Kesuma Sari” Denpasar Bali. *Jurnal Ergonomi Indonesia (The Indonesian Journal Of Ergonomic)*, 3(1), 49–59.
- Joubert, T., Greyvenstein, B., & Siebert, S. J. (2024). *Transfer Of Potentially Toxic Metals And Metalloids From Terrestrial Plants To Arthropods — A Mini Review*. July, 809–821. <https://doi.org/10.1111/1440-1703.12532>
- Julianto, D. (2024). *Sistem Rekomendasi Sepatu Lari Menggunakan Content Base Filtering*. Stmik Widya Cipta Dharma.
- Kawung, R., Lapian, S. L. H. V. J., & Ogi, I. W. . (2018). Analisis Perbandingan Kualitas Produk Sepatu Olahraga Adidas Dan Nike (Studi Kasus Pada Konsumen Manado Town Square 3). *Jurnal Emba : Jurnal Riset Ekonomi, Manajemen, Bisnis Dan Akuntansi*, 6(4).

- Kettner, C., Stetter, B., & Stein, T. (2025). The Effects Of Running Shoe Stack Height On Running Style And Stability During Level Running At Different Running Speeds. In *Pmc Pubmed Central*.
- Kiesewetter, B. (2022). *Are Epistemic Reasons Normative*. 670–695. <https://doi.org/10.1111/Nous.12379>
- Lestari, P. A., Sinurat, R., & Aluwis. (2025). Hubungan Sarana Dan Prasarana Dengan Minat Siswa Dalam Pelaksanaan Pembelajaran Pendidikan Jasmani Olahraga Dan Kesehatan Di Smp N 1 Rokan Iv Koto. *Pendidikan Olahraga Dan Kesehatan*, 1(3), 109–119.
- Majid, W. (2020). Perilaku Aktivitas Olahraga Terhadap Peningkatan Kebugaran Jasmani Pada Masyarakat. *Prosiding Seminar Nasional*.
- Maksum, A. (2012). *Metodologi Penelitian Dalam Olahraga* (First Edition). Unesa University Press. https://www.researchgate.net/publication/303911963_Metodologi_Penelitian_Dalam_Olahraga
- Muhammad, K., Cakra, E., Waskito, M. A., Studi, P., & Produk, D. (2021). *Perancangan Produk Running Shoes Untuk Pelari Metode / Proses Kreatif Metode Penelitian*. 5–17.
- Navalgund, & Dedhia. (2025). Physiological Comfort In Sportswear: A Comprehensive Review. *International Journal Of Innovative Research In Technology*, 12(4), 3442–3450.
- Pranata, D., & Kumaat, N. A. (2022). Pengaruh Olahraga Dan Model Latihan Fisik Terhadap Kebugaran Jasmani Remaja: Literature Review. *Jurnal Kesehatan Olahraga*, 10(2), 107–116.
- Roberts, T. J. (2016). Contribution Of Elastic Tissues To The Mechanics And Energetics Of Muscle Function During Movement. *Pmc Pubmed Central*, 219(2), 266–275.
- Salahudin, & Satriawan, R. (2022). Olahraga Lari Dalam Pandangan Agama Islam. *Jurnal Pendidikan Olahraga*, 12(1), 17–27.
- Salma Cahaya, R., & Lestari, P. (2018). Interaksi Sosial Pada Komunitas Lari Magelang Runners. *Jurnal Pendidikan Sosiologi*, 2–17.
- Salomon. (2025). *What Are The Differences Between Trail, Road And Gravel Shoes?* Salomon. <https://www.salomon.com/en-us/sg/a/what-are-the-differences-between-trail-road-and-gravel-shoes>
- Sari, N. F., Kristiyanto, A., & Sabarini, S. S. (2020). *Perbedaan Lari Jarak Jauh 5k Pada Lintasan Tartan Dan Lintasan Tanah Gravel Terhadap Risiko Cedera Atlet Putra Club Dragon Dan Pandawa Salatiga*. 1(1), 9–16.
- Stasulli, D. (2015). *Comparing The Biomechanical Demands Of Different Running Surfaces*. Freelapusa. [https://www.freelapusa.com/comparing-the-biomechanical-demands-of-different-running-surfaces/#:~:Text=Not Only Do The Legs,Diminished Ground Coverage And Speed](https://www.freelapusa.com/comparing-the-biomechanical-demands-of-different-running-surfaces/#:~:Text=Not%20Only%20Do%20The%20Legs,Diminished%20Ground%20Coverage%20And%20Speed.).
- Sugiyono. (2017). Metode Kuantitatif. (2017). Metode Kuantitatif. In *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, Dan R&D* (Pp. 13–19).F. In *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, Dan R&D*.
- Sujana, D. (2018). The Influence Of Infrastructure Management On Sports Development At State Polytechnics In Bandung. *Soshum: Jurnal Sosial Dan Humaniora*, 8(1), 23–32.
- Toshiya, U., Haba, T., Nakagawa, Y., & Kawamura, D. (2022). Original Article Effect Of Wearing Carbon Plate Shoes On The Running Economy Of Pronated Feet. *Journal Of International Exercise Sciences*, 1(3), 40–49.

- Widodo, D. M. (2021). *Analisis Faktor Penyebab Kenyamanan Dan Performance Pada Siswi Ekstrakurikuler Lari Saat Dalam Periode Menstruasi*. Universitas Negeri Malang.
- Winarno, M. . (2013). *Metodologi Penelitian Dalam Pendidikan Jasmani*. Malang: Universitas Negeri Malang (Um Press).
- Xu, Y., Zhu, C., Fang, Y., Lu, Z., Song, Y., Hu, C., Sun, D., & Gu, Y. (2025). The Effects Of Different Carbon-Fiber Plate Shapes In Shoes On Lower Limb Biomechanics Following Running-Induced Fatigue. *Pmc Pubmed Central*, 11.
- Yu, G., & Song, Y. (2022). What Affects Sports Participation And Life Satisfaction Among Urban Residents? The Role Of Self-Efficacy And Motivation. *Pmc Pubmed Central*, 13.
- Arikunto, S. (2016). *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik*. Rineka Cipta.
- Arrahman, A. H. (2018). *Pembuatan Outsole Sepatu Menggunakan Metode Injection Molding*. Institut Bisnis Dan Informatika Stikom Surabaya.
- Bartkowiak, G., Iwona, F., & Greszta, A. (2016). Fabric Selection For The Reference Clothing Destined For Ergonomics Test Of Protective Clothing: Physiological Comfort Point Of View. *Autex Research Journal*, 16(4), 256–261.
- Batara, J. B. (2025). *Analisis Penerapan Prosedur Kerja Untuk Mencegah Terjadinya Kecelakaan Kerja Saat Di Mv. Antarctic Dream*.
- Błażkiewicz, M., & Hadamus, A. (2024). Influence Of Perturbation's Type And Location On Treadmill Gait Regularity. *Applied Sciences*, 14(2), 493.
- Carranza, V. R., González-Mohino, F., Santos-Concejero, J., & Rave, J. M. G. (2020). The Effects Of Footwear Midsole Longitudinal Bending Stiffness On Running Economy And Ground Contact Biomechanics: A Systematic Review And Meta- Analysis. *European Journal Of Sport Science*, 22(10), 1–14.
- Corliss, J. (2022). *Tips For Choosing Walking Shoes*. Harvard Health Publishing. <https://www.health.harvard.edu/exercise-and-fitness/tips-for-choosing-walking-shoes#:~:text=The shoe should bend easily,and an easier push-off>.
- Dolenec, A., Stirn, I., & Strojnik, V. (2015). Activation Pattern Of Lower Leg Muscles In Running On Asphalt, Gravel And Grass. *Collegium Antropologicum*, 39(1), 167–172.
- Gerion, E., & Manggu, B. (2024). Pengaruh Kualitas Produk Dan Harga Produk Terhadap Keputusan Pembelian Ulang Sepatu Olahraga Futsal Adidas Di Kabupaten Landak. *7th Prosiding Business And Economics Conference In Utilizing Of Modern Technology 2024*.
- Gunadi, D., & Kuncoro, B. (2020). Implementasi Penerapan Model Latihan Progresif Pada Klub Atletik Adios Utp Surakarta. *Bernas Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(3), 216–221.
- Hoogkamer, W., Kipp, S., Frank, J. H., Farina, E. M., Luo, G., & Kram, R. (2018). Original Research Article A Comparison Of The Energetic Cost Of Running In Marathon Racing Shoes. *Sports Medicine*, 48(4), 1009–1019. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0811-2>
- Ismiyasa, S. W., Adiputra, I. N., Tirtayasa, K., & Purnawati, S. (2017). Aplikasi Ergonomi Pada Seragam Olahraga Dapat Meningkatkan Kenyamanan Dan Memperbaiki Respon Suhu Kulit Ketika Berolahraga Pada Siswa Smp Di Smp “Kesuma Sari” Denpasar Bali. *Jurnal Ergonomi Indonesia (The Indonesian Journal Of Ergonomic)*, 3(1), 49–59.
- Joubert, T., Greyvenstein, B., & Siebert, S. J. (2024). *Transfer Of Potentially Toxic Metals And Metalloids From Terrestrial Plants To Arthropods — A Mini Review*. *July*, 809–821. <https://doi.org/10.1111/1440-1703.12532>

- Julianto, D. (2024). *Sistem Rekomendasi Sepatu Lari Menggunakan Content Base Filtering*. Stmik Widya Cipta Dharma.
- Kawung, R., Lapian, S. L. H. V. J., & Ogi, I. W. . (2018). Analisis Perbandingan Kualitas Produk Sepatu Olahraga Adidas Dan Nike (Studi Kasus Pada Konsumen Manado Town Square 3). *Jurnal Emba : Jurnal Riset Ekonomi, Manajemen, Bisnis Dan Akuntansi*, 6(4).
- Kettner, C., Stetter, B., & Stein, T. (2025). The Effects Of Running Shoe Stack Height On Running Style And Stability During Level Running At Different Running Speeds. In *Pmc Pubmed Central*.
- Kiesewetter, B. (2022). *Are Epistemic Reasons Normative*. 670–695. <https://doi.org/10.1111/Nous.12379>
- Lestari, P. A., Sinurat, R., & Aluwis. (2025). Hubungan Sarana Dan Prasarana Dengan Minat Siswa Dalam Pelaksanaan Pembelajaran Pendidikan Jasmani Olahraga Dan Kesehatan Di Smp N 1 Rokan Iv Koto. *Pendidikan Olahraga Dan Kesehatan*, 1(3), 109–119.
- Majid, W. (2020). Perilaku Aktivitas Olahraga Terhadap Peningkatan Kebugaran Jasmani Pada Masyarakat. *Prosiding Seminar Nasional*.
- Maksum, A. (2012). *Metodologi Penelitian Dalam Olahraga* (First Edition). Unesa University Press. https://www.researchgate.net/publication/303911963_Metodologi_Penelitian_Dalam_Olahraga
- Muhammad, K., Cakra, E., Waskito, M. A., Studi, P., & Produk, D. (2021). *Perancangan Produk Running Shoes Untuk Pelari Metode / Proses Kreatif Metode Penelitian*. 5–17.
- Navalgund, & Dedhia. (2025). Physiological Comfort In Sportswear: A Comprehensive Review. *International Journal Of Innovative Research In Technology*, 12(4), 3442–3450.
- Pranata, D., & Kumaat, N. A. (2022). Pengaruh Olahraga Dan Model Latihan Fisik Terhadap Kebugaran Jasmani Remaja: Literature Review. *Jurnal Kesehatan Olahraga*, 10(2), 107–116.
- Roberts, T. J. (2016). Contribution Of Elastic Tissues To The Mechanics And Energetics Of Muscle Function During Movement. *Pmc Pubmed Central*, 219(2), 266–275.
- Salahudin, & Satriawan, R. (2022). Olahraga Lari Dalam Pandangan Agama Islam. *Jurnal Pendidikan Olahraga*, 12(1), 17–27.
- Salma Cahaya, R., & Lestari, P. (2018). Interaksi Sosial Pada Komunitas Lari Magelang Runners. *Jurnal Pendidikan Sosiologi*, 2–17.
- Salomon. (2025). *What Are The Differences Between Trail, Road And Gravel Shoes?* Salomon. <https://www.salomon.com/en-us/sg/a/what-are-the-differences-between-trail-road-and-gravel-shoes>
- Sari, N. F., Kristiyanto, A., & Sabarini, S. S. (2020). *Perbedaan Lari Jarak Jauh 5k Pada Lintasan Tartan Dan Lintasan Tanah Gravel Terhadap Risiko Cedera Atlet Putra Club Dragon Dan Pandawa Salatiga*. 1(1), 9–16.
- Stasulli, D. (2015). *Comparing The Biomechanical Demands Of Different Running Surfaces*. Freelapusa. [https://www.freelapusa.com/comparing-the-biomechanical-demands-of-different-running-surfaces/#:~:text=Not Only Do The Legs,Diminished Ground Coverage And Speed](https://www.freelapusa.com/comparing-the-biomechanical-demands-of-different-running-surfaces/#:~:text=Not%20only%20do%20the%20legs,diminished%20ground%20coverage%20and%20speed).
- Sugiyono. (2017). Metode Kuantitatif. (2017). Metode Kuantitatif. In *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, Dan R&D* (Pp. 13–19).F. In *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, Dan R&D*.

- Sujana, D. (2018). The Influence Of Infrastructure Management On Sports Development At State Polytechnics In Bandung. *Soshum: Jurnal Sosial Dan Humaniora*, 8(1), 23–32.
- Toshiya, U., Haba, T., Nakagawa, Y., & Kawamura, D. (2022). Original Article Effect Of Wearing Carbon Plate Shoes On The Running Economy Of Pronated Feet. *Journal Of Internationl Exercise Sciences*, 1(3), 40–49.
- Widodo, D. M. (2021). *Analisis Faktor Penyebab Kenyamanan Dan Performance Pada Siswi Ekstrakurikuler Lari Saat Dalam Periode Menstruasi*. Universitas Negeri Malang.
- Winarno, M. . (2013). *Metodologi Penelitian Dalam Pendidikan Jasmani*. Malang: Universitas Negeri Malang (Um Press).
- Xu, Y., Zhu, C., Fang, Y., Lu, Z., Song, Y., Hu, C., Sun, D., & Gu, Y. (2025). The Effects Of Different Carbon-Fiber Plate Shapes In Shoes On Lower Limb Biomechanics Following Running-Induced Fatigue. *Pmc Pubmed Central*, 11.
- Yu, G., & Song, Y. (2022). What Affects Sports Participation And Life Satisfaction Among Urban Residents? The Role Of Self-Efficacy And Motivation. *Pmc Pubmed Central*, 13.