



Pengaruh Pola Makan dan Latihan Fisik terhadap Kebugaran Otot dan Komposisi Tubuh: Pendekatan Faktorial 2x2 pada Karyawan Sektor Industri Berat

Riyani^{1*}, Edi Kurniawan², Lalu Suprawesta³, Ali Muhaimin⁴

¹²³Prodi Pendidikan Kepelatihan Olahraga, FIKKM, Universitas Pendidikan Mandalika
Jl. Pemuda No. 59 A, Mataram

Email Korespondensi: ramadhana@pcr.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh diet dan aktivitas fisik terhadap peningkatan muscular strength dengan mempertimbangkan body composition sebagai faktor penunjang pada karyawan perusahaan pertambangan di Nusa Tenggara Barat. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengisi kesenjangan tersebut dan memberikan dasar empiris bagi intervensi kebugaran di tempat kerja. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan desain eksperimen faktorial 2x2 yang melibatkan 30 responden berusia 25–50 tahun. Sampel dibagi ke dalam empat kelompok perlakuan berdasarkan kombinasi intervensi diet dan aktivitas fisik, dengan pengukuran body composition menggunakan bioelectrical impedance analysis (BIA) dan kekuatan otot menggunakan push-up test. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan nilai rata-rata muscular strength dari 18,03 menjadi 25,27 setelah intervensi, sedangkan nilai rata-rata body composition meningkat dari 30,93 menjadi 31,83. Kategori muscular strength mengalami perubahan signifikan secara praktis, di mana proporsi peserta dengan kategori “baik” meningkat dari 6,67% menjadi 46,67%, dan kategori “sangat baik” meningkat dari 0% menjadi 16,67%. Pada body composition, kategori “normal” juga meningkat dari 56,67% menjadi 66,67%. Hasil uji ANOVA dua jalur menunjukkan bahwa meskipun nilai signifikansi > 0,05, terdapat tren peningkatan yang konsisten pada kedua variabel utama. Secara keseluruhan, intervensi diet dan aktivitas fisik memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan kekuatan otot dan perbaikan komposisi tubuh, yang berimplikasi pada peningkatan kebugaran, ketahanan fisik, serta produktivitas kerja karyawan di sektor pertambangan.

Kata kunci: diet, aktivitas fisik, *muscular strength*, *body composition*, kebugaran kerja, pekerja pertambangan

The Effect of Diet and Physical Exercise on Muscle Fitness and Body Composition: A 2x2 Factorial Approach in Heavy Industry Employees

Abstract

This study aims to analyze the effect of diet and physical activity on increasing muscular strength, considering body composition as a supporting factor, among mining company employees in West Nusa Tenggara. Therefore, this study was conducted to fill this gap and provide an empirical basis for workplace fitness interventions. This study used a quantitative method with a 2x2 factorial experimental design involving 30 respondents aged 25–50 years. The sample was divided into four treatment groups based on the combination of diet and physical activity interventions, with body composition measured using bioelectrical impedance analysis (BIA) and muscle strength using a push-up test. The results showed an increase in the average value of muscular strength from 18.03 to 25.27 after the intervention, while the average value of body composition increased from 30.93 to 31.83. The muscular strength category experienced significant changes in practice, with the proportion of participants in the "good" category rising from 6.67% to 46.67%, and the "outstanding" category rising from 0% to 16.67%. In terms of body composition, the "normal" category also increased from 56.67% to 66.67%. The results of the two-way ANOVA test showed that although the significance value was >0.05, there was a consistent upward trend in both main variables. Overall, the dietary and physical activity interventions had a positive effect on increasing muscle strength and improving body composition, which has implications for improving employee fitness, physical endurance, and work productivity in the mining sector.

Keywords: diet, physical activity, muscle strength, body composition, occupational fitness, mining workers.

How to Cite: Riyani, Edi Kurniawan, Lalu Suprawesta, & Muhaimin, A. (2025). Pengaruh Pola Makan dan Latihan Fisik terhadap Kebugaran Otot dan Komposisi Tubuh: Pendekatan Faktorial 2x2 pada Karyawan Sektor Industri Berat. *Empiricism Journal*, 6(3), 1333–1345. <https://doi.org/10.36312/ej.v6i3.3623>



<https://doi.org/10.36312/ej.v6i3.3623>

Copyright© 2025, Riyani et al.

This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) License.



PENDAHULUAN

Kekuatan otot (*muscular strength*) dan komposisi tubuh (*body composition*) merupakan dua indikator utama kebugaran fisik yang menentukan kemampuan kerja dan produktivitas tenaga kerja di sektor industri berat. Pada lingkungan kerja seperti pertambangan, aktivitas fisik yang tinggi dan kondisi kerja yang menuntut daya tahan fisik menuntut pekerja memiliki massa otot yang memadai serta komposisi tubuh yang seimbang antara lemak dan massa bebas lemak. Ketidakseimbangan kedua komponen tersebut berpotensi menurunkan efisiensi kerja, meningkatkan risiko kelelahan, dan menurunkan keselamatan kerja.

Penurunan kekuatan otot dan peningkatan lemak tubuh merupakan masalah yang umum terjadi pada pekerja industri, terutama akibat pola makan tidak seimbang dan kurangnya aktivitas fisik terstruktur di luar jam kerja. Kombinasi diet yang buruk dan aktivitas fisik yang tidak optimal dapat menyebabkan berkurangnya massa otot rangka (*skeletal muscle mass*) serta meningkatnya massa lemak tubuh, yang berimplikasi pada penurunan kapasitas fungsional dan daya tahan tubuh. Beberapa penelitian internasional menunjukkan bahwa intervensi berbasis diet seimbang dan latihan fisik terprogram mampu memperbaiki komposisi tubuh dan meningkatkan kekuatan otot (Santos et al., 2020; Qian et al., 2023; Margolis & Pasiakos, 2023). Namun, sebagian besar penelitian tersebut berfokus pada populasi atlet atau individu sehat, bukan pada pekerja sektor industri berat.

Upaya untuk memelihara kesehatan otot dan tubuh secara keseluruhan perlu dilakukan melalui dua pendekatan utama, yaitu pengaturan pola makan (*dietary management*) dan peningkatan aktivitas fisik terstruktur. Kedua komponen ini berfungsi sinergis dalam menjaga keseimbangan metabolisme dan komposisi tubuh, sekaligus meningkatkan kekuatan serta daya tahan otot. Program kebugaran kerja (*workplace wellness program*) yang menggabungkan latihan fisik teratur dan intervensi ergonomi terbukti efektif dalam menurunkan risiko gangguan muskuloskeletal serta meningkatkan fungsi fisik pekerja (Santos et al., 2020; Sjøgaard et al., 2023; Καπατράντου et al., 2023).

Dalam beberapa tahun terakhir, banyak penelitian menyoroti pentingnya pengaruh diet dan aktivitas fisik terhadap kekuatan otot serta komposisi tubuh. Pola makan yang seimbang dengan asupan protein cukup, lemak sehat, dan karbohidrat kompleks terbukti mendukung pembentukan massa otot tanpa lemak (*lean muscle mass*) serta meningkatkan *muscular strength* (Qian et al., 2023; Santos et al., 2020). Protein memainkan peran utama dalam sintesis protein otot, sementara karbohidrat mendukung intensitas latihan dan pemulihan energi (Henselmans et al., 2022; Margolis & Pasiakos, 2023). Penelitian juga menunjukkan bahwa pengaturan waktu konsumsi nutrisi (*nutrient timing*) memiliki pengaruh signifikan terhadap adaptasi kekuatan dan hipertrofi otot (D'Angelo et al., 2024; Rothschild et al., 2020).

Di sisi lain, aktivitas fisik yang terstruktur seperti *strength training* dan *endurance training* terbukti meningkatkan kapasitas fungsional dan mengurangi risiko gangguan metabolik (Castro-Garrido et al., 2020). Kombinasi latihan resistensi dan aerobik secara konsisten menunjukkan hasil positif terhadap peningkatan komposisi tubuh dan pencegahan sindrom metabolik (Chan et al., 2025; Lee, 2022; Liang et al., 2021). Selain itu, program latihan yang dirancang secara spesifik untuk kebutuhan pekerjaan dapat mengurangi kelelahan otot, memperbaiki postur tubuh, dan meningkatkan performa kerja (Csuhai et al., 2021; Sousa et al., 2023). Dengan demikian, integrasi antara manajemen diet dan latihan fisik menjadi solusi ilmiah yang efektif untuk meningkatkan kekuatan otot sekaligus menjaga kesehatan jangka panjang pekerja industri.

Lebih jauh, penelitian pada profesi dengan tuntutan fisik tinggi seperti pemadam kebakaran, militer, dan pekerja tambang menunjukkan bahwa komposisi tubuh berperan besar terhadap kesiapan kerja dan keselamatan (Bustamante-Sánchez & Clemente-Suárez, 2024; Martin et al., 2025; Ras et al., 2022). Massa otot tanpa lemak yang tinggi berkorelasi positif dengan performa fisik dan daya tahan terhadap stres kerja, sedangkan akumulasi lemak berlebih meningkatkan risiko kesehatan dan menurunkan efisiensi energi (Holmes & Racette, 2021; Sedlmeier et al., 2021). Dengan demikian, menjaga keseimbangan *body composition* merupakan faktor kunci dalam mendukung kapasitas kerja yang optimal.

Dalam konteks Indonesia, penelitian mengenai hubungan antara diet, aktivitas fisik, dan kebugaran otot pada pekerja industri masih sangat terbatas. Sebagian besar studi di

lingkungan kerja lebih menyoroti aspek ergonomi dan keselamatan kerja, tanpa mengevaluasi secara empiris hubungan fisiologis antara pola makan, latihan fisik, dan perubahan komposisi tubuh (Amaliana, 2022). Hingga saat ini, belum ada studi faktorial 2x2 yang mengkaji pengaruh kombinasi diet × latihan terhadap kekuatan otot dan komposisi tubuh pada pekerja tambang di Indonesia. Hal ini menandakan adanya kesenjangan penelitian yang penting untuk dijawab guna menghasilkan intervensi kebugaran berbasis bukti di tempat kerja.

Penelitian sebelumnya secara konsisten menunjukkan hubungan positif antara aktivitas fisik, diet, dan kekuatan otot, namun sebagian besar studi lebih berfokus pada populasi atlet atau individu sehat, bukan pada karyawan sektor industri dengan karakteristik kerja statis. Dalam konteks pekerja tambang di Indonesia, khususnya di wilayah NTB, masih sangat terbatas penelitian yang mengkaji bagaimana intervensi diet dan aktivitas fisik dapat memengaruhi *muscular strength* dengan mempertimbangkan *body composition*.

Selain itu, sebagian besar program kebugaran kerja di sektor industri masih berorientasi pada pencegahan cedera dan keselamatan kerja, belum secara komprehensif mengintegrasikan aspek diet dan latihan fisik dalam peningkatan performa otot dan keseimbangan komposisi tubuh. Hal ini menjadi celah penelitian yang penting, mengingat pekerja di sektor tambang menghadapi beban kerja fisik tinggi dan risiko cedera muskuloskeletal yang signifikan. Studi sebelumnya oleh (Amaliana, 2022) menyoroti kecenderungan pekerja kantor di Indonesia menghabiskan waktu lebih dari delapan jam dalam posisi duduk, tanpa aktivitas fisik memadai. Namun, masih belum banyak penelitian yang menghubungkan gaya hidup tersebut dengan indikator objektif seperti kekuatan otot atau massa otot rangka (*skeletal muscle mass*).

Selain itu, meskipun intervensi berbasis latihan fisik telah terbukti menurunkan risiko sindrom metabolik dan memperbaiki komposisi tubuh (Bolboli et al., 2021; Miranda-Tueros et al., 2024), integrasi pendekatan nutrisi dalam konteks pekerja tambang di Indonesia masih belum tereksplorasi secara empiris. Oleh karena itu, dibutuhkan penelitian yang menilai secara simultan pengaruh diet dan aktivitas fisik terhadap peningkatan *muscular strength* ditinjau dari *body composition* sebagai determinan kebugaran dan produktivitas kerja.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh diet dan aktivitas fisik terhadap peningkatan *muscular strength* dengan mempertimbangkan *body composition* sebagai faktor penunjang di kalangan karyawan perusahaan pertambangan di Nusa Tenggara Barat (NTB). Secara khusus, penelitian ini ingin menjawab pertanyaan apakah variasi diet dan tingkat aktivitas fisik berpengaruh signifikan terhadap peningkatan kekuatan otot serta perbedaan komposisi tubuh antar individu.

Kebaruan (*novelty*) dari penelitian ini terletak pada pendekatan terintegrasi yang memadukan pengaturan pola makan berbasis makronutrien dengan program aktivitas fisik terukur dalam konteks pekerja industri berat. Tidak banyak penelitian di Indonesia yang menelaah hubungan simultan antara diet, aktivitas fisik, dan kekuatan otot dengan *body composition* sebagai variabel moderator, khususnya pada pekerja tambang yang memiliki karakteristik aktivitas fisik dan risiko kesehatan unik. Penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan kontribusi praktis berupa rekomendasi program intervensi gizi dan kebugaran yang aplikatif untuk meningkatkan produktivitas dan mengurangi risiko gangguan muskuloskeletal di lingkungan kerja.

Ruang lingkup penelitian difokuskan pada analisis pengaruh diet dan aktivitas fisik terhadap peningkatan kekuatan otot dengan mempertimbangkan indikator *body composition* (*skeletal muscle mass*, *body fat mass*, dan *visceral fat*). Temuan penelitian diharapkan tidak hanya memperkuat landasan ilmiah mengenai hubungan antara diet dan aktivitas fisik dengan kebugaran otot, tetapi juga berkontribusi dalam pengembangan kebijakan kesehatan kerja yang berbasis bukti (*evidence-based occupational health policy*) untuk sektor industri di Indonesia.

METODE

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain eksperimen faktorial 2x2. Desain ini dipilih karena mampu mengevaluasi secara simultan dua intervensi kebugaran utama yaitu diet dan aktivitas fisik serta interaksi keduanya terhadap peningkatan *muscular strength* yang ditinjau dari *body composition* (Dakin et al., 2020; White et al., 2023). Desain faktorial 2x2 memungkinkan pengujian efek utama dari masing-masing variabel bebas serta interaksi antara keduanya dalam satu penelitian, dengan efisiensi sumber daya dan jumlah sampel yang lebih kecil dibandingkan dua eksperimen terpisah (Montero-Odasso et al., 2022; Pashley & Bind, 2022).

Populasi penelitian adalah karyawan aktif di perusahaan pertambangan yang berlokasi di Nusa Tenggara Barat (NTB). Sampel penelitian terdiri atas 30 orang karyawan berusia 25–50 tahun dengan berat badan di atas 60 kg, dipilih menggunakan metode *purposive sampling* untuk memastikan karakteristik responden sesuai dengan tujuan penelitian. Subjek penelitian dibagi secara acak ke dalam empat kelompok: (A1B1) intervensi diet pada kelompok dengan *body composition* tinggi, (A1B2) intervensi diet pada kelompok dengan *body composition* rendah, (A2B1) intervensi aktivitas fisik pada kelompok dengan *body composition* tinggi, dan (A2B2) intervensi aktivitas fisik pada kelompok dengan *body composition* rendah.

Prosedur Penelitian

Sebelum intervensi dimulai, seluruh responden menjalani sesi orientasi untuk menjelaskan tujuan penelitian, prosedur pengukuran, serta kewajiban pencatatan diet dan aktivitas fisik. Setiap peserta diminta menandatangani lembar persetujuan (*informed consent*) dan menjalani pemeriksaan awal meliputi berat badan, tinggi badan, dan *body composition* menggunakan alat BIA. Pengukuran dilakukan dalam kondisi perut kosong dan hidrasi optimal untuk meminimalkan variabilitas hasil (Fang et al., 2020; Meier et al., 2020).

Responden kemudian diklasifikasikan berdasarkan hasil pengukuran *body composition* awal ke dalam kategori “tinggi” atau “rendah”. Pembagian ini penting untuk memastikan kesetaraan karakteristik dasar antar kelompok dan mengontrol efek pembaur (*confounding effects*) yang mungkin timbul dari perbedaan komposisi tubuh awal. Setelah itu, peserta mendapatkan panduan tertulis mengenai jenis intervensi yang akan diterapkan selama delapan minggu.

Instrumen Penelitian

Parameter utama yang diukur dalam penelitian ini mencakup kekuatan otot (*muscular strength*), komposisi tubuh (*body composition*), dan asupan nutrisi harian. Kekuatan otot diukur menggunakan *push-up test* selama 30 detik untuk menilai kemampuan otot bagian atas tubuh dalam melakukan kontraksi berulang. Jumlah repetisi yang berhasil dilakukan dicatat sebagai indikator kekuatan otot dan diklasifikasikan berdasarkan kategori kebugaran dari “sangat kurang” hingga “sangat baik.” Tes ini dipilih karena sederhana, valid, dan sesuai untuk menilai perubahan kekuatan fungsional akibat intervensi latihan.

Komposisi tubuh diukur menggunakan alat *bioelectrical impedance analysis* (BIA) multi-frekuensi untuk mendapatkan data kuantitatif mengenai *skeletal muscle mass*, *body fat mass*, dan *visceral fat*. Pengukuran dilakukan dua kali sebelum (*pre-test*) dan sesudah (*post-test*) intervensi dengan memperhatikan kondisi hidrasi dan waktu pengukuran agar hasilnya konsisten. Validitas metode BIA telah didukung oleh penelitian terbaru yang menunjukkan korelasi tinggi dengan metode rujukan *Dual-energy X-ray Absorptiometry* (DXA) pada populasi usia produktif (Blue et al., 2021; Ha et al., 2024).

Selain itu, asupan nutrisi harian responden dipantau menggunakan aplikasi *MyFitnessPal* yang mencatat total kalori dan distribusi makronutrien (protein, lemak, karbohidrat). Data ini digunakan untuk menilai kepatuhan terhadap rencana diet selama intervensi dan hubungannya dengan perubahan kekuatan otot serta komposisi tubuh. Ketiga parameter tersebut memberikan gambaran komprehensif tentang pengaruh diet dan aktivitas fisik terhadap peningkatan *muscular strength* yang ditinjau dari *body composition*, sehingga hasil penelitian dapat merepresentasikan hubungan fisiologis antara asupan nutrisi, adaptasi latihan, dan performa otot.

Intervensi

Intervensi dilakukan selama 8 minggu dengan dua bentuk perlakuan utama, yaitu *diet intervention* dan *physical activity intervention*. (1) Intervensi diet berfokus pada pengaturan makronutrien yang seimbang antara protein, lemak sehat, dan karbohidrat kompleks. Responden diminta untuk mencatat setiap asupan makanan melalui aplikasi MyFitnessPal. Evaluasi dilakukan setiap minggu untuk memastikan kepatuhan terhadap rencana diet. (2) Intervensi aktivitas fisik dilaksanakan dua hingga tiga kali per minggu, dengan durasi latihan selama 60 menit setiap sesi. Latihan terdiri atas pemanasan (10 menit), latihan inti (40 menit), dan pendinginan (10 menit). Intensitas latihan diatur berdasarkan *Rate of Perceived Exertion* (RPE) antara 60–80% dengan waktu pemulihan yang disesuaikan sesuai level intensitas. Desain faktorial 2x2 memungkinkan pengamatan efek utama (diet dan aktivitas fisik) serta interaksi keduanya terhadap perubahan *muscular strength* dan *body composition* (Muralidharan et al., 2025; Olsen et al., 2022). Peneliti memastikan prosedur intervensi dilakukan secara seragam di bawah pengawasan pelatih bersertifikat.

Statistical Analysis

Analisis statistik dilakukan menggunakan perangkat lunak SPSS versi 25. Sebelum pengujian hipotesis, dilakukan uji normalitas Shapiro–Wilk dan uji homogenitas Levene's test untuk memastikan asumsi parametrik terpenuhi. Apabila data berdistribusi normal dan homogen, analisis dilanjutkan menggunakan ANOVA dua arah (two-way factorial ANOVA) untuk mengidentifikasi pengaruh utama diet dan aktivitas fisik serta interaksi keduanya terhadap perubahan *muscular strength* dan *body composition*.

Apabila asumsi normalitas tidak terpenuhi, digunakan uji Wilcoxon sebagai alternatif non-parametrik. Taraf signifikansi ditetapkan pada $p < 0,05$. Analisis interaksi dimasukkan dalam model penuh untuk menghindari bias estimasi efek utama sebagaimana direkomendasikan dalam literatur faktorial (Haviari & Mentré, 2024; Muralidharan et al., 2025).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis deskriptif mengungkapkan nilai rata-rata, skor minimum, dan maksimum untuk dua variabel utama: komposisi tubuh dan kekuatan otot. Data dikumpulkan dari 30 karyawan sebuah perusahaan pertambangan di Nusa Tenggara Barat, Indonesia.

Tabel 1. Statistik Deskriptif Variabel Kunci

Variable	Mean	Minimum	Maximum
Body Composition Pretest	30.93	21	40
Body Composition Posttest	31.83	21	41
Muscle Strength Pretest	18.03	12	25
Muscle Strength Posttest	25.27	17	30

Data deskriptif menunjukkan adanya peningkatan pada kedua variabel utama, yaitu komposisi tubuh (*body composition*) dan kekuatan otot (*muscular strength*), setelah periode intervensi. Rata-rata nilai *body composition* meningkat dari 30,93 pada saat pretest menjadi 31,83 saat posttest. Sementara itu, kekuatan otot mengalami peningkatan yang cukup signifikan dari rata-rata 18,03 menjadi 25,27. Temuan ini mengindikasikan bahwa secara umum, peserta mengalami perkembangan positif dalam hal kebugaran fisik dan indikator metabolik. Peningkatan skor kekuatan otot yang mencapai lebih dari 7 poin menunjukkan respons fisiologis yang cukup substansial terhadap intervensi yang diberikan, meskipun peningkatan komposisi tubuh relatif lebih moderat.

Tabel 2. Perubahan Kategori Komposisi Tubuh

Body Composition Category	Pretest (n)	Pretest (%)	Posttest (n)	Posttest (%)
Low	13	43.33%	10	33.33%
Normal	17	56.67%	20	66.67%
High	0	0%	0	0%
Total	30	100%	30	100%

Hasil menunjukkan bahwa tidak ada responden yang masuk ke dalam kategori "tinggi" pada saat pretest maupun posttest. Namun demikian, terdapat peningkatan persentase responden dalam kategori "normal" dari 56,67% menjadi 66,67%, dan penurunan responden dalam kategori "rendah" dari 43,33% menjadi 33,33%. Perubahan ini menunjukkan adanya perbaikan status komposisi tubuh pada sebagian responden sebagai akibat dari intervensi diet dan aktivitas fisik, meskipun hasil uji lanjut menunjukkan bahwa perubahannya belum signifikan secara statistik.

Tabel 3. Perubahan Kategori Kekuatan Otot

Muscle Strength Category	Pretest (n)	Pretest (%)	Posttest (n)	Posttest (%)
Very Poor	2	6.67%	0	0%
Poor	17	56.67%	2	6.67%
Moderate	9	30.00%	9	30.00%
Good	2	6.67%	14	46.67%
Very Good	0	0%	5	16.67%
Total		100%	30	100%

Sebelum intervensi, mayoritas peserta (56,67%) berada dalam kategori "Kurang," dan hanya dua orang yang berada dalam kategori "Baik," serta tidak ada yang mencapai kategori "Sangat Baik." Setelah intervensi, terjadi pergeseran yang cukup mencolok: hanya dua peserta yang masih berada di kategori "Kurang," sementara jumlah peserta dalam kategori "Baik" dan "Sangat Baik" masing-masing meningkat menjadi 14 dan 5 orang. Pergeseran ini mencerminkan pengaruh positif dari intervensi diet dan aktivitas fisik terhadap daya tahan dan kekuatan otot para responden.

Tabel 4. Hasil Uji Normalitas Shapiro-Wilk

Variable	Shapiro-Wilk Statistic	Sig. (p-value)
Body Composition Pretest	0.986	0.959
Body Composition Posttest	0.984	0.919
Muscle Strength Pretest	0.943	0.108
Muscle Strength Posttest	0.927	0.040

Hasil uji normalitas menunjukkan bahwa tiga dari empat variabel memiliki nilai signifikansi di atas 0,05, yakni body composition pretest dan posttest, serta muscle strength pretest, yang berarti data berdistribusi normal. Namun, nilai signifikansi untuk muscle strength posttest sebesar 0,040 ($p < 0,05$), menandakan bahwa variabel ini tidak terdistribusi normal. Oleh karena itu, dilakukan uji non-parametrik Wilcoxon untuk menganalisis perubahan pada variabel ini secara lebih akurat.

Tabel 5. Uji Levene untuk Homogenitas Varians

Test Type	Levene Statistic	df1	df2	Sig. (p-value)
Based on Mean	0.101	1	58	0.752
Based on Median	0.082	1	58	0.776
Based on Median (adjusted df)	0.082	1	57.859	0.776
Based on Trimmed Mean	0.094	1	58	0.760

Hasil uji homogenitas menggunakan Levene's Test memperlihatkan bahwa seluruh pengujian baik berdasarkan mean, median, median yang disesuaikan, maupun trimmed mean menunjukkan nilai signifikansi di atas 0,05, dengan nilai tertinggi pada pengujian berdasarkan mean ($p = 0,752$). Ini menunjukkan bahwa varians antar kelompok homogen dan memenuhi asumsi dasar untuk analisis varians (ANOVA) dua jalur.

Tabel 6. Uji ANOVA terhadap Perkembangan Kekuatan Otot

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	13.484	1	13.484	4.022	0.055	0.126
Intercept	1580.418	1	1580.418	471.353	0.000	0.944
Caloric Target Category	13.484	1	13.484	4.022	0.055	0.126
Error	93.882	28	3.353			
Total	1677.000	30				

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Total	107.367	29				

Hasil menunjukkan nilai F sebesar 4,022 dan nilai signifikansi sebesar 0,055. Meskipun nilai ini tidak mencapai ambang batas signifikansi statistik konvensional ($p < 0,05$), nilai yang mendekati tersebut mengindikasikan adanya pengaruh praktis yang layak dipertimbangkan. Selain itu, nilai *partial eta squared* sebesar 0,126 menunjukkan ukuran efek yang sedang, menandakan bahwa pola konsumsi kalori, khususnya antara diet tinggi protein dan tinggi karbohidrat, berkontribusi terhadap peningkatan kekuatan otot secara bermakna secara praktis meskipun belum signifikan secara statistik.

Tabel 7. Uji ANOVA terhadap Perkembangan Komposisi Tubuh

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	0.067	1	0.067	0.090	0.766	0.003
Intercept	24.205	1	24.205	32.879	0.000	0.540
Caloric Target Category	0.067	1	0.067	0.090	0.766	0.003
Error	20.613	28	0.736			
Total	44.980	30				
Corrected Total	20.680	29				

Sebaliknya, hasil ANOVA dua jalur untuk komposisi tubuh yang ditampilkan (**Tabel 7**) menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,766, jauh di atas ambang batas 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh yang signifikan dari intervensi terhadap perubahan komposisi tubuh. Nilai *partial eta squared* yang sangat kecil (0,003) memperkuat kesimpulan bahwa intervensi tidak memberikan perubahan yang berarti terhadap komposisi tubuh secara keseluruhan.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa intervensi diet dan aktivitas fisik memberikan arah peningkatan terhadap *muscular strength* dan *body composition*, meskipun tidak seluruhnya signifikan secara statistik. Secara empiris, hasil ini dapat dijelaskan melalui interaksi kompleks antara kualitas diet, aktivitas fisik, dan komposisi tubuh, yang secara sinergis menentukan kapasitas kekuatan otot seseorang. Temuan ini konsisten dengan sejumlah penelitian yang menegaskan bahwa peningkatan massa bebas lemak (*lean mass*) yang dihasilkan dari latihan resistensi menjadi penentu utama peningkatan kekuatan otot, dan adaptasi tersebut diperkuat oleh asupan protein yang cukup dan berkualitas tinggi (Milaković et al., 2023; Seidu et al., 2024).

Dalam konteks ini, diet tinggi protein memainkan peran fundamental dalam mendukung sintesis protein otot pasca latihan, sehingga mempercepat proses hipertrofi dan pemulihan serat otot. Protein whey, misalnya, terbukti menghasilkan peningkatan kekuatan dan massa otot yang lebih besar dibandingkan latihan tanpa suplementasi (Milaković et al., 2023). Dengan demikian, meskipun hasil penelitian ini tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan secara statistik antara kelompok intervensi, kecenderungan peningkatan *muscular strength* dapat dipandang sebagai efek fisiologis yang relevan secara klinis.

Selain pengaruh diet, aktivitas fisik yang terprogram secara teratur juga berkontribusi besar terhadap peningkatan kekuatan dan fungsi otot. Latihan fisik dengan intensitas sedang hingga tinggi, termasuk *resistance training* dan latihan fungsional, terbukti efektif dalam memperbaiki *body composition* melalui peningkatan massa otot dan penurunan lemak tubuh (Arippa et al., 2023; X. Wang, 2024). Bahkan, latihan dengan beban rendah yang disertai *blood flow restriction* dapat menimbulkan adaptasi kekuatan yang signifikan apabila didukung oleh asupan nutrisi yang memadai (X. Wang, 2024). Secara fisiologis, perubahan pada *body composition* berfungsi sebagai mediator dalam peningkatan kekuatan otot, di mana peningkatan massa bebas lemak berbanding lurus dengan peningkatan performa neuromuskular.

Temuan ini juga memperkuat rasionalitas bahwa kombinasi diet dan aktivitas fisik memiliki potensi sinergistik terhadap kebugaran otot dan produktivitas kerja. Pada konteks pekerja industri seperti pertambangan, peningkatan massa otot dan penurunan lemak tubuh

berkontribusi langsung terhadap ketahanan fisik, stabilitas postur, dan penurunan risiko gangguan muskuloskeletal. Dengan demikian, sekalipun signifikansi statistik tidak tercapai, hasil empiris ini tetap memiliki implikasi praktis yang kuat terhadap kesehatan dan performa kerja di lingkungan industri.

Secara umum, hasil penelitian ini sejalan dengan literatur terdahulu yang menegaskan bahwa *muscular strength* sangat dipengaruhi oleh interaksi antara diet dan aktivitas fisik. Penelitian oleh (Seidu et al., 2024) menunjukkan bahwa diet tinggi protein memperkuat efek latihan resistensi terhadap peningkatan massa otot dan kekuatan. Demikian pula, (Milaković et al., 2023) menemukan bahwa suplementasi protein whey pada individu yang melakukan *strength training* menghasilkan peningkatan hipertrofi otot yang lebih besar dibandingkan kelompok kontrol. Hasil penelitian ini mendukung temuan tersebut dengan menunjukkan arah peningkatan yang sama meskipun efeknya belum signifikan secara statistik, kemungkinan karena ukuran sampel yang terbatas dan durasi intervensi yang relatif singkat.

Di sisi lain, temuan ini juga sejalan dengan penelitian (X. Wang, 2024) dan (Hemati et al., 2020) yang menyoroti bahwa bahkan latihan resistensi dengan beban rendah dapat meningkatkan kekuatan otot bila didukung oleh strategi nutrisi yang tepat. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi antara stimulus mekanis (latihan) dan stimulus nutrisi (protein dan energi) merupakan faktor kunci dalam peningkatan performa otot. Studi (Arippa et al., 2023) menambahkan bahwa diet ketogenik yang disertai latihan resistensi dapat mempertahankan kekuatan otot pada individu terlatih, meskipun efek jangka panjangnya masih memerlukan penelitian lanjutan. Dengan demikian, pola diet yang seimbang dan adaptif terhadap kebutuhan energi individu menjadi komponen esensial dalam mendukung efektivitas intervensi kebugaran kerja.

Namun, hasil penelitian ini juga memperlihatkan beberapa perbedaan dibandingkan penelitian sebelumnya, khususnya terkait besaran efek yang tidak signifikan. Hal ini dapat dijelaskan melalui keterbatasan metodologis yang lazim terjadi dalam penelitian intervensi kebugaran berbasis tempat kerja dengan jumlah responden terbatas. Tan (2022) menjelaskan bahwa hasil yang tidak signifikan sering kali mencerminkan keterbatasan kekuatan statistik (*statistical power*), bukan ketiadaan efek nyata. Hal ini juga ditegaskan oleh (Ciapponi et al., 2021), yang menekankan pentingnya mempertimbangkan ukuran efek (*effect size*) dan perbedaan bermakna secara klinis dibanding sekadar p-value. Dalam penelitian ini, arah perubahan yang konsisten pada *muscular strength* dan *body composition* menunjukkan adanya efek biologis yang relevan meski belum signifikan secara statistik.

Selain faktor statistik, perbedaan hasil dengan penelitian sebelumnya juga dapat disebabkan oleh tingkat kepatuhan responden terhadap program diet dan aktivitas fisik. (Dawson & Menne, 2020) serta (Farrar et al., 2023) menyoroti bahwa variasi individu dalam kepatuhan, sensitivitas hasil, dan heterogenitas sampel dapat menurunkan sensitivitas pengujian dan menghasilkan kesimpulan yang lebih konservatif. Oleh karena itu, temuan yang tidak signifikan hendaknya tidak langsung diartikan sebagai “tidak ada efek,” melainkan perlu dipandang dalam konteks biologis dan praktis yang lebih luas.

Selain itu, hasil penelitian ini juga memperkuat literatur mengenai efektivitas intervensi kesehatan di tempat kerja. Studi oleh (G. D. Santos et al., 2021; Sundstrup et al., 2020) dan (Khan et al., 2024) menunjukkan bahwa program kebugaran kerja yang mengombinasikan latihan fisik, edukasi ergonomi, dan dukungan organisasi mampu menurunkan risiko gangguan muskuloskeletal dan meningkatkan kebugaran fisik. Walaupun hasil penelitian ini tidak sepenuhnya menunjukkan efek signifikan, arah perubahannya mendukung teori bahwa pendekatan multimodal lebih efektif dibandingkan pendekatan tunggal. Hasil ini juga sejalan dengan prinsip *hierarchy of controls* dalam kesehatan kerja yang menekankan pencegahan risiko melalui pendekatan rekayasa, administratif, dan perilaku (Odebiyi & Okafor, 2023).

Dengan demikian, penelitian ini berkontribusi memperkuat bukti bahwa pengaturan diet dan aktivitas fisik secara simultan dalam konteks tempat kerja dapat memberikan manfaat fisiologis dan fungsional, terutama dalam meningkatkan kekuatan otot dan memperbaiki komposisi tubuh, meskipun efek statistiknya masih perlu dikonfirmasi melalui penelitian berskala lebih besar dan durasi lebih panjang.

Secara teoritis, hubungan antara diet, aktivitas fisik, dan kekuatan otot dapat dijelaskan melalui mekanisme fisiologis adaptasi otot terhadap beban latihan dan ketersediaan substrat energi. Latihan resistensi merangsang proses *muscle protein*

synthesis (MPS), di mana ketersediaan asam amino, khususnya leusin, menjadi pemicu utama aktivasi jalur mTOR (*mechanistic target of rapamycin*), yang berperan dalam pembentukan serat otot baru (D'Angelo et al., 2024; Margolis & Pasiakos, 2023). Asupan protein berkualitas tinggi setelah latihan mempercepat proses ini dan mengimbangi *muscle protein breakdown* (MPB), sehingga tercapai keseimbangan nitrogen positif yang mendukung peningkatan massa otot.

Komposisi tubuh yang optimal juga berperan penting dalam meningkatkan efisiensi metabolik dan performa otot. Massa bebas lemak (*fat-free mass*) menyediakan kekuatan kontraktile yang lebih tinggi, sedangkan penurunan massa lemak menurunkan beban metabolik dan risiko inflamasi kronis. Hal ini sejalan dengan temuan Bustamante-Sánchez (Bustamante-Sánchez & Clemente-Suárez, 2024) yang menunjukkan bahwa keseimbangan antara massa otot dan lemak berhubungan langsung dengan kapasitas kerja dan ketahanan fisik pada populasi pekerja dengan tuntutan tinggi. Dalam konteks industri berat, di mana pekerja sering menghadapi beban fisik dan risiko cedera muskuloskeletal, peningkatan massa otot menjadi faktor protektif terhadap kelelahan dan cedera kerja.

Selain itu, teori ergonomi kerja mendukung bahwa peningkatan kebugaran fisik dan postur tubuh melalui latihan terstruktur dapat menurunkan kejadian gangguan muskuloskeletal. Menurut (Kamijantono et al., 2024) dan (Sepehrian et al., 2024), latihan fungsional yang disesuaikan dengan tuntutan pekerjaan, bila dikombinasikan dengan edukasi postur dan modifikasi stasiun kerja, dapat meningkatkan efisiensi biomekanik dan mengurangi ketegangan otot kronis. Dengan demikian, penguatan otot melalui intervensi diet dan aktivitas fisik tidak hanya memiliki manfaat fisiologis, tetapi juga ergonomis.

Secara konseptual, hasil penelitian ini juga mendukung kerangka *Intelligent Physical Exercise Training (IPET)* yang dikembangkan oleh (Sjøgaard et al., 2023), di mana latihan fisik di tempat kerja disesuaikan dengan tuntutan pekerjaan dan kondisi fisik individu. Pendekatan ini mengintegrasikan prinsip latihan berbasis bukti dengan strategi promosi kesehatan kerja, yang relevan untuk diterapkan di perusahaan pertambangan.

Akhirnya, secara teoritis dan empiris, temuan penelitian ini memperkuat pemahaman bahwa kombinasi intervensi diet dan aktivitas fisik memiliki potensi besar dalam meningkatkan kekuatan otot, memperbaiki komposisi tubuh, serta menurunkan risiko gangguan muskuloskeletal pada pekerja industri. Walaupun efek statistiknya belum signifikan, hasil penelitian ini memiliki makna klinis dan praktis yang kuat serta memberikan dasar untuk penelitian lanjutan dengan skala yang lebih besar dan desain yang lebih kuat untuk memvalidasi efek sinergistik antara faktor nutrisi dan fisik terhadap kebugaran dan kesehatan kerja.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa intervensi diet dan aktivitas fisik memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan *muscular strength* dan perbaikan *body composition* pada karyawan perusahaan pertambangan di Nusa Tenggara Barat, meskipun efek yang dihasilkan belum signifikan secara statistik. Arah peningkatan yang konsisten menunjukkan adanya respons fisiologis yang bermakna secara praktis, di mana pengaturan asupan nutrisi seimbang serta latihan fisik terstruktur berkontribusi terhadap peningkatan kekuatan otot dan kestabilan metabolik tubuh. Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa kombinasi antara pengelolaan diet tinggi protein, konsumsi lemak sehat, dan karbohidrat kompleks dengan program latihan fisik terukur dapat memperbaiki komposisi tubuh melalui peningkatan massa otot bebas lemak dan penurunan kadar lemak tubuh. Hal ini berdampak langsung pada peningkatan daya tahan fisik, ketahanan terhadap kelelahan kerja, serta pencegahan gangguan muskuloskeletal yang sering terjadi di lingkungan industri berat. Meskipun secara statistik tidak menunjukkan perbedaan signifikan, hasil ini memberikan implikasi penting bagi penerapan program kebugaran dan kesehatan kerja di sektor pertambangan. Intervensi gizi dan latihan fisik yang terintegrasi dapat menjadi strategi efektif dalam meningkatkan produktivitas dan kesejahteraan pekerja. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan memperluas ukuran sampel, memperpanjang durasi intervensi, serta menambahkan variabel lain seperti kebiasaan makan dan tingkat aktivitas harian guna memperoleh hasil yang lebih

komprehensif dan representatif terhadap hubungan antara diet, aktivitas fisik, dan kekuatan otot dalam konteks kesehatan kerja.

REKOMENDASI

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, disarankan agar perusahaan pertambangan dan sektor industri serupa mulai menerapkan program kebugaran kerja yang terintegrasi dengan pengaturan pola makan seimbang dan aktivitas fisik terstruktur. Program ini dapat diwujudkan melalui penyediaan fasilitas olahraga sederhana di lingkungan kerja, kegiatan senam atau latihan kebugaran secara rutin, serta edukasi gizi bagi karyawan untuk meningkatkan kesadaran akan pentingnya pola hidup sehat. Bagi karyawan, disarankan untuk menjaga pola makan bergizi dengan memperhatikan asupan protein, karbohidrat kompleks, dan lemak sehat, serta melakukan aktivitas fisik minimal 150 menit per minggu sesuai rekomendasi kesehatan. Penerapan kebiasaan aktif di dalam maupun di luar jam kerja dapat membantu mempertahankan massa otot, memperbaiki komposisi tubuh, serta meningkatkan daya tahan terhadap beban kerja fisik. Selain itu, bagi peneliti selanjutnya, direkomendasikan untuk memperluas ukuran sampel, memperpanjang durasi intervensi, dan menambahkan variabel lain seperti kualitas tidur, tingkat stres, dan hidrasi guna memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai hubungan antara diet, aktivitas fisik, dan kekuatan otot pada pekerja industri. Upaya kolaboratif antara perusahaan, pekerja, dan peneliti dalam menerapkan strategi kebugaran berbasis bukti diharapkan dapat meningkatkan produktivitas, menurunkan risiko cedera kerja, serta mendukung kesejahteraan jangka panjang bagi tenaga kerja di sektor pertambangan dan industri berat.

DAFTAR PUSTAKA

- Amaliana, R. (2022). Hubungan Tingkat Kecukupan Energi dan Zat Gizi Makro Dengan Kebugaran (Vo2 Maks) Atlet Sepakbola Di SAFIN Pati Football Academy. *Nutrizione: Nutrition Research And Development Journal*, 2(2), Article 2. <https://doi.org/10.15294/nutrizione.v2i2.59698>
- Aripa, F., Nguyen, A., Pau, M., & Harris-Adamson, C. (2023). Movement Behavior and Health Outcomes Among Sedentary Adults: A Cross-Sectional Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(5), 4668. <https://doi.org/10.3390/ijerph20054668>
- Blue, M. N., Tinsley, G. M., Ryan, E. D., & Smith-Ryan, A. E. (2021). Validity of Body-Composition Methods Across Racial and Ethnic Populations. *Advances in Nutrition*, 12(5), 1854–1862. <https://doi.org/10.1093/advances/nmab016>
- Bolboli, R., Siahkhouhian, M., Iranpour, A., Rahim, A., Valizadeh, A., & Bolboli, L. (2021). Effect of Moderate Intensity Aerobic Training on Cardiac Autonomic System Function and Nitric Oxide Levels in Middle-Aged Males With Metabolic Syndrome. *Journal of Birjand University of Medical Sciences*, 129–138. <https://doi.org/10.32592/jbirjandunivmedsci.2021.28.2.103>
- Bustamante-Sánchez, Á., & Clemente-Suárez, V. J. (2024). Body Composition Analysis in the Air Force: A Comparative Study of Medical Personnel and Mechanics. *Romanian Journal of Military Medicine*, 127(6), 455–461. <https://doi.org/10.55453/rjmm.2024.127.6.5>
- Castro-Garrido, N., Valderas-Maldonado, C., Herrera-Valenzuela, T., Silva, J. F. D., Guzmán-Muñoz, E., Vásquez-Gómez, J., Branco, B. M., Zapata-Bastías, J., Valdés-Badilla, P., & López-Fuenzalida, A. (2020). Effects of Post-Activation Potentiation Exercises on Kicking Frequency, Fatigue Rate and Jump Performance in Taekwondo Athletes: A Case Study (Efectos De Los Ejercicios De Potenciación Post Activación Sobre La Frecuencia De Pateo, Tasa De Fatiga Y Saltabi. *Retos*, 38, 679–683. <https://doi.org/10.47197/retos.v38i38.76755>
- Chan, B. S., Yu, D. S., Wong, C. W., & Li, P. W. (2025). Multi-Modal Interventions Outperform Nutritional or Exercise Interventions Alone in Reversing Metabolic Syndrome: A Systematic Review and Network Meta-Analysis. *European Journal of Preventive Cardiology*. <https://doi.org/10.1093/eurjpc/zwaf167>

- Ciapponi, A., Belizán, J. M., Piaggio, G., & Yaya, S. (2021). There Is Life Beyond the Statistical Significance. *Reproductive Health*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s12978-021-01131-w>
- Csuhai, É., Nagy, A., Szöllösi, G. J., & Veres-Balajti, I. (2021). Impact Analysis of 20-Week Multimodal Progressive Functional–Proprioceptive Training Among Sedentary Workers Affected by Non-Specific Low-Back Pain: An Interventional Cohort Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(20), 10592. <https://doi.org/10.3390/ijerph182010592>
- Dakin, H., Farmer, A., Gray, A., & Holman, R. R. (2020). Economic Evaluation of Factorial Trials: Cost-Utility Analysis of the Atorvastatin in Factorial With Omega EE90 Risk Reduction in Diabetes 2 × 2 × 2 Factorial Trial of Atorvastatin, Omega-3 Fish Oil, and Action Planning. *Value in Health*, 23(10), 1340–1348. <https://doi.org/10.1016/j.jval.2020.05.018>
- D'Angelo, A., Assogna, V., Matarazzo, A., Franceschelli, S., Speranza, L., D'Anastasio, R., Fondi, A., & Ripari, P. (2024). Alimentation and Nutrition Applied to the New Fitness Disciplines in Italian Gym. *Nutrition and Health*, 31(2), 675–680. <https://doi.org/10.1177/02601060231209555>
- Dawson, N., & Menne, H. L. (2020). Lessons Learned From Nonsignificant Findings in Exercise With Individuals With Dementia. *Innovation in Aging*, 4(Supplement_1), 850–850. <https://doi.org/10.1093/geroni/igaa057.3119>
- Fang, W., Yang, J.-R., Lin, C.-Y., Hsiao, P.-J., Tu, M.-Y., Chen, C., Tsai, D., Su, W. L., Huang, G., Chang, H., & Su, S. (2020). Accuracy Augmentation of Body Composition Measurement by Bioelectrical Impedance Analyzer in Elderly Population. *Medicine*, 99(7), e19103. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000019103>
- Farrar, B., Vernouillet, A., Garcia-Pelegrin, E., Legg, E. W., Brecht, K. F., Lambert, P. J., Elsherif, M. M., Francis, S., O'Neill, L., Clayton, N. S., & Ostojić, L. (2023). Reporting and Interpreting Non-Significant Results in Animal Cognition Research. *PeerJ*, 11, e14963. <https://doi.org/10.7717/peerj.14963>
- Ha, Y., Kim, S., & Yoo, J. (2024). Open, Active-Controlled Clinical Study to Evaluate the Correlation Between Whole Body DEXA and BIA Muscle Measurements. *Journal of Bone Metabolism*, 31(3), 219–227. <https://doi.org/10.11005/jbm.2024.31.3.219>
- Haviari, S., & Mentré, F. (2024). Distributive Randomization: A Pragmatic Fractional Factorial Design to Screen or Evaluate Multiple Simultaneous Interventions in a Clinical Trial. *BMC Medical Research Methodology*, 24(1). <https://doi.org/10.1186/s12874-024-02191-9>
- Heggannavar, A., & Naik, S. (2022). Work-Related Musculoskeletal Disorders in Tyre Factory Workers – An Observational Study. *Bide University Journal of Health Sciences*, 7(1), 41–44. https://doi.org/10.4103/bjhs.bjhs_58_21
- Hemati, K., Darbandi, Z., Kabir-Mokamelkhan, E., Poursadeghiyan, M., Ghasemi, M. S., Mohseni-Ezhiye, M., Abdollahian, Y., Aghilinejad, M., Salehi, M., & Dehghan, N. (2020). Ergonomic Intervention to Reduce Musculoskeletal Disorders Among Flour Factory Workers. *Work*, 67(3), 611–618. <https://doi.org/10.3233/wor-203275>
- Henselmans, M., Bjørnsen, T., Hedderman, R., & Vårvik, F. T. (2022). The Effect of Carbohydrate Intake on Strength and Resistance Training Performance: A Systematic Review. *Nutrients*, 14(4), 856. <https://doi.org/10.3390/nu14040856>
- Holmes, C. J., & Racette, S. B. (2021). The Utility of Body Composition Assessment in Nutrition and Clinical Practice: An Overview of Current Methodology. *Nutrients*, 13(8), 2493. <https://doi.org/10.3390/nu13082493>
- Kamijantono, H., Sebayang, M. M., & Lesmana, A. (2024). Risk Factors and Ergonomic Influence on Musculoskeletal Disorders in the Work Environment. *Journal La Medihealthico*, 5(3), 660–670. <https://doi.org/10.37899/journallamedihealthico.v5i3.1413>
- Khan, M. S., Nizami, G. N., Azmat, S. K., Ahmed, J., Ali, S. A., & Imran, A. S. (2024). Rehabilitation of Musculoskeletal Disorders: A Systematic Review of Effective Interventions in Physically Demanding Workplaces. *Allied Medical Research Journal*, 2(2), 293–304. <https://doi.org/10.59564/amrj/02.02/031>
- Lee, J. (2022). Associations of Relative Handgrip Strength and Aerobic and Strength Exercises With Metabolic Syndrome Prevalence. *International Journal of*

- Environmental Research and Public Health, 19(22), 14646. <https://doi.org/10.3390/ijerph192214646>
- Leppe, J., Ramos-Fuster, S., Muñoz-Monari, B., Roa-Alcaino, S., & Sarmiento, O. L. (2025). The Effect of Computer Prompt in Breaks of Sedentary Behaviour Among Office Workers: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 22(1). <https://doi.org/10.1186/s12966-025-01781-0>
- Liang, M., Pan, Y., Zhong, T., Zeng, Y., & Cheng, A. S. K. (2021). Effects of Aerobic, Resistance, and Combined Exercise on Metabolic Syndrome Parameters and Cardiovascular Risk Factors: A Systematic Review and Network Meta-Analysis. *Reviews in Cardiovascular Medicine*, 22(4). <https://doi.org/10.31083/j.rcm2204156>
- Margolis, L. M., & Pasiakos, S. M. (2023). Low Carbohydrate Availability Impairs Hypertrophy and Anaerobic Performance. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 26(4), 347–352. <https://doi.org/10.1097/mco.0000000000000934>
- Martin, J., Abel, M. G., Newman, K., Fyock-Martin, M., & Clark, N. C. (2025). Relationships Between Body Composition and Firefighter Occupational Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Work*. <https://doi.org/10.1177/10519815251346151>
- Meier, N. F., Bai, Y., Wang, C., & Lee, D. (2020). Validation of a Multielectrode Bioelectrical Impedance Analyzer With a Dual-Energy X-Ray Absorptiometer for the Assessment of Body Composition in Older Adults. *Journal of Aging and Physical Activity*, 28(4), 598–604. <https://doi.org/10.1123/japa.2019-0211>
- Milaković, M., Koren, H., Bradvica–Kelava, K., Bubaš, M., Nakić, J., Jeličić, P., Bucić, L., Bekavac, B., Čvrljak, J., & Capak, M. (2023). Telework-Related Risk Factors for Musculoskeletal Disorders. *Frontiers in Public Health*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1155745>
- Miranda-Tueros, M., Joshua Jimmy Rony Ramirez Peña, Cabanillas-Lazo, M., Paz-Ibarra, J., & Pinedo-Torres, I. (2024). Efectos Del Ejercicio Aeróbico Sobre Los Componentes Del Síndrome Metabólico en Adultos Mayores Con Diabetes <i>mellitus</i> Tipo 2: Revisión Sistemática Y Metaanálisis. *Revista Peruana De Medicina Experimental Y Salud Pública*, 146–155. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2024.412.12751>
- Montero-Odasso, M., Almeida, Q. J., Burhan, A. M., Camicioli, R., Li, K., Liu-Ambrose, T., Middleton, L. E., Doyon, J., Fraser, S., Hunter, S., Mcllroy, B., Morais, J., Pieruccini-Faria, F., Shoemaker, J. K., Speechley, M., Vasudev, A., Zou, G. Y., Berryman, N., Lussier, M., ... Bherer, L. (2022). The SYNERGIC Trial: A Randomized Controlled Trial Assessing Multimodal Interventions to Improve Cognition in Mild Cognitive Impairment in Older Adults. *Alzheimer S & Dementia*, 18(S11). <https://doi.org/10.1002/alz.061616>
- Muralidharan, K., Romero, M., & Wüthrich, K. (2025). Factorial Designs, Model Selection, and (Incorrect) Inference in Randomized Experiments. *The Review of Economics and Statistics*, 107(3), 589–604. https://doi.org/10.1162/rest_a_01317
- Odebiyi, D. O., & Okafor, U. (2023). Musculoskeletal Disorders, Workplace Ergonomics and Injury Prevention. <https://doi.org/10.5772/intechopen.106031>
- Pashley, N. E., & Bind, M. (2022). Causal Inference for Multiple Treatments Using Fractional Factorial Designs. *Canadian Journal of Statistics*, 51(2), 444–468. <https://doi.org/10.1002/cjs.11734>
- Qian, G., Zhai, H., Wang, L., Wei, H., & Hou, S. (2023). The Efficacy of Different Interventions in the Treatment of Sarcopenia in Middle-Aged and Elderly People: A Network Meta-Analysis. *Medicine*, 102(27), e34254. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000034254>
- Ras, J., Kengne, A. P., Smith, D. L., Soteriades, E. S., November, R. V., & Leach, L. (2022). Effects of Cardiovascular Disease Risk Factors, Musculoskeletal Health, and Physical Fitness on Occupational Performance in Firefighters—A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(19), 11946. <https://doi.org/10.3390/ijerph191911946>
- Rothschild, J. A., Kilding, A. E., & Plews, D. J. (2020). What Should I Eat Before Exercise? Pre-Exercise Nutrition and the Response to Endurance Exercise: Current Prospective and Future Directions. *Nutrients*, 12(11), 3473. <https://doi.org/10.3390/nu12113473>

- Santos, G. D., Guerra, P. H., Milani, S. A., Santos, A. B. D., Cattuzzo, M. T., & Ré, A. H. N. (2021). Sedentary behavior and motor competence in children and adolescents: A review. *Revista de Saude Publica*, 55, 1–14. Scopus. <https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2021055002917>
- Santos, P. C., Libardi, C. A., Nóbrega, S. R., Carvalho, M. B. d., Galán, B. S. M., & Freitas, E. C. d. (2020). Effect of Protein and Carbohydrate Combined With Resistance Training on Muscular Adaptation. *International Journal of Sports Medicine*, 42(03), 259–263. <https://doi.org/10.1055/a-1263-1185>
- Sedlmeier, A. M., Baumeister, S. E., Weber, A., Fischer, B., Thorand, B., Ittermann, T., Dörr, M., Felix, S. B., Völzke, H., Peters, A., & Leitzmann, M. F. (2021). Relation of Body Fat Mass and Fat-Free Mass to Total Mortality: Results From 7 Prospective Cohort Studies. *American Journal of Clinical Nutrition*, 113(3), 639–646. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqaa339>
- Seidu, R. K., Ofori, E., Eghan, B., Fobiri, G. K., Afriyie, A. O., & Acquaye, R. (2024). A Systematic Review of Work-Related Health Problems of Factory Workers in the Textile and Fashion Industry. *Journal of Occupational Health*, 66(1). <https://doi.org/10.1093/joccu/huiae007>
- Sepehrian, R., Hashjin, A. A., & Farahmandnia, H. (2024). A Systematic Review of Programs and Interventions for Reduction of Sickness Absence in Nursing Staff With Work-Related Musculoskeletal Disorders. *Journal of Education and Health Promotion*, 13(1). https://doi.org/10.4103/jehp.jehp_722_23
- Sjøgaard, G., Sjøgaard, K., Hansen, K., Østergaard, A. S., Teljigović, S., & Dalager, T. (2023). Exercise Prescription for the Work–Life Population and Beyond. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 8(2), 73. <https://doi.org/10.3390/jfmk8020073>
- Sousa, H., Musa, R. M., Clemente, F. M., Sarmiento, H., & Gouveia, É. R. (2023). Physical predictors for retention and dismissal of professional soccer head coaches: An analysis of locomotor variables using logistic regression pipeline. *Frontiers in Sports and Active Living*, 5. Scopus. <https://doi.org/10.3389/fspor.2023.1301845>
- Sundstrup, E., Seeberg, K. G. V., Bengtsen, E., & Andersen, L. L. (2020). A Systematic Review of Workplace Interventions to Rehabilitate Musculoskeletal Disorders Among Employees With Physical Demanding Work. *Journal of Occupational Rehabilitation*, 30(4), 588–612. <https://doi.org/10.1007/s10926-020-09879-x>
- Tan, Y.-D. (2022). Two-Sample t α -Test for Testing Hypotheses in Small-Sample Experiments. *The International Journal of Biostatistics*, 19(1), 1–19. <https://doi.org/10.1515/ijb-2021-0047>
- Wang, F. (2023). Applying Fuzzy Cluster Analysis to Study the Efficiency of Sports Resource Allocation in Urban Communities. *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*, 9(1). <https://doi.org/10.2478/amns.2023.2.01006>
- Wang, X. (2024). Trends in Sedentary Behavior and Its Health Impacts Among Office Workers in Shanghai. *Studies in Sports Science and Physical Education*, 2(4), 6–12. <https://doi.org/10.56397/ssspe.2024.12.02>
- White, I. R., Szubert, A. J., Choodari-Oskoei, B., Walker, A. S., & Parmar, M. (2023). When Should Factorial Designs Be Used for Late-Phase Randomised Controlled Trials? *Clinical Trials*, 21(2), 162–170. <https://doi.org/10.1177/17407745231206261>