

DAMPAK AKTIVITAS FISIK PADA PENINGKATAN KESEHATAN TULANG PADA REMAJA: STUDI LITERATUR

Muhammad Akbar Syafruddin¹, Nur Indah Atifah Anwar²

^{1,2}Universitas Negeri Makassar

Alamat: Jalan Wijaya Kusuma No. 14 Makassar

Email: ¹ akbar.syafruddin@unm.ac.id, ² nurindah@unm.ac.id

Abstract: *This study used a literature review method to analyze various studies related to the impact of physical activity on bone health in adolescents. The data used in this study came from scientific journals, research articles, books, and reports published in the last 10 years. Data were retrieved from trusted academic platforms such as PubMed, ScienceDirect, Google Scholar, and national journal portals such as Garuda. Data were collected using specific keywords such as "benefits of physical activity for adolescent bones," "bones and exercise," and "adolescent bone health." After the search, relevant articles were identified based on predetermined inclusion and exclusion criteria. Data analysis was conducted descriptively to summarize relevant research findings. In conclusion, this study highlights that a combination of weight-bearing exercise, optimal nutrition, and injury risk management strategies can provide maximum benefits. By considering individual differences, such as gender, health conditions, physical activity, and appropriate intervention strategies can be implemented to support bone health throughout life.*

Keywords: *Physical Activity, Bones, Adolescents, Literature Review*

Abstrak: Penelitian ini menggunakan metode studi literatur untuk menganalisis berbagai penelitian yang telah dilakukan terkait dampak aktifitas fisik pada Kesehatan tulang remaja. Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari jurnal ilmiah, artikel penelitian, buku, dan laporan yang diterbitkan dalam 10 tahun terakhir. Data diambil dari platform akademik terpercaya seperti PubMed, ScienceDirect, Google Scholar, dan portal jurnal nasional seperti Garuda. Data dikumpulkan dengan menggunakan kata kunci tertentu seperti “manfaat aktifitas fisik untuk tulang remaja”, “tulang dan olahraga”, dan “kesehatan tulang remaja”. Setelah dilakukan pencarian, artikel-artikel yang relevan diidentifikasi berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan. Analisis data dilakukan secara deskriptif untuk menyimpulkan temuan penelitian yang relevan. Kesimpulannya, penelitian ini menyoroti kombinasi antara olahraga berbasis beban, nutrisi optimal, dan strategi pengelolaan risiko cedera dapat memberikan manfaat maksimal. Dengan mempertimbangkan perbedaan individu, seperti jenis kelamin, kondisi kesehatan, aktivitas fisik, dan strategi intervensi yang tepat dapat diterapkan untuk mendukung kesehatan tulang sepanjang hidup.

Kata Kunci: Aktifitas Fisik, Tulang, Remaja, Studi Literatur

Aktivitas fisik memiliki peran penting dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan tulang, khususnya selama masa remaja, yang merupakan periode

kritis dalam pembentukan massa tulang (Samaloisa, 2024). Masa remaja dikenal sebagai tahap di mana tubuh mengalami percepatan pertumbuhan tulang dan otot, yang secara signifikan memengaruhi kesehatan tulang di masa dewasa. Selama periode ini, sekitar 40–60% massa tulang dewasa terbentuk, menjadikannya waktu yang ideal untuk memaksimalkan akumulasi massa tulang melalui aktivitas fisik. Kekurangan aktivitas fisik pada tahap ini dapat meningkatkan risiko osteoporosis dan patah tulang di kemudian hari (Lubis et al., 2024).

Proses pembentukan tulang melibatkan keseimbangan antara aktivitas osteoblas, sel yang membangun tulang, dan osteoklas, sel yang menghancurkan tulang. Aktivitas fisik yang bersifat menahan beban, seperti berlari, melompat, atau bermain olahraga, merangsang osteoblas untuk meningkatkan densitas mineral tulang. Gerakan ini menghasilkan tekanan mekanis pada tulang, yang kemudian memicu proses adaptasi tulang agar menjadi lebih kuat. Sebaliknya, gaya hidup sedentari, seperti terlalu banyak duduk atau minimnya aktivitas fisik, dapat mengurangi stimulus mekanis yang diperlukan untuk mempertahankan kekuatan tulang.

Faktor hormon juga berperan besar dalam pertumbuhan tulang selama masa

remaja (Perestroika, n.d.). Hormon seperti estrogen dan testosteron meningkat secara signifikan pada masa pubertas, mendukung proses mineralisasi tulang. Aktivitas fisik dapat meningkatkan sensitivitas tubuh terhadap hormon-hormon ini, sehingga lebih efektif dalam membantu pertumbuhan tulang. Namun, jika aktivitas fisik dilakukan secara berlebihan, seperti dalam kasus latihan intensif tanpa jeda, risiko gangguan pada keseimbangan hormon dan kesehatan tulang, seperti amenore pada remaja perempuan, dapat meningkat.

Kesehatan tulang pada remaja juga dipengaruhi oleh asupan nutrisi, terutama kalsium dan vitamin D, yang bekerja bersama aktivitas fisik dalam membangun massa tulang (Safitri et al., 2024). Remaja yang menggabungkan asupan nutrisi yang baik dengan aktivitas fisik secara teratur cenderung memiliki massa tulang yang lebih padat dibandingkan dengan mereka yang kekurangan salah satu atau kedua faktor tersebut. Sebaliknya, kurangnya asupan nutrisi penting dapat membatasi efektivitas aktivitas fisik dalam meningkatkan kesehatan tulang.

Penelitian menunjukkan bahwa jenis aktivitas fisik tertentu, seperti olahraga yang melibatkan lompatan atau gerakan eksplosif, memberikan manfaat yang lebih besar bagi kesehatan tulang

dibandingkan dengan aktivitas yang bersifat statis atau berdampak rendah seperti berenang. Olahraga seperti basket, sepak bola, dan voli dapat meningkatkan kepadatan tulang lebih baik karena gerakan yang intens dan melibatkan banyak kelompok otot. Sebaliknya, olahraga air cenderung memberikan manfaat lebih besar pada sistem kardiovaskular, tetapi kurang efektif dalam memengaruhi kepadatan tulang.

Pentingnya aktivitas fisik dalam kesehatan tulang tidak hanya terbatas pada aspek fisiologis, tetapi juga berdampak pada aspek psikologis dan sosial remaja (Roesdiyanto et al., 2024). Keterlibatan dalam kegiatan fisik yang melibatkan tim atau kelompok dapat meningkatkan rasa percaya diri, membangun kebiasaan sehat, dan menciptakan lingkungan yang mendukung untuk terus aktif secara fisik. Hal ini menjadi penting dalam mencegah gaya hidup tidak aktif yang sering kali dimulai pada masa remaja dan berlanjut hingga dewasa.

Di sisi lain, teknologi dan perkembangan gaya hidup modern telah memengaruhi pola aktivitas fisik remaja. Waktu yang dihabiskan untuk menonton televisi, bermain video game, atau menggunakan gawai sering kali mengurangi waktu yang dialokasikan untuk aktivitas fisik. Hal ini menimbulkan

kekhawatiran akan peningkatan angka obesitas, gangguan postur tubuh, dan penurunan kualitas tulang pada populasi remaja.

Konteks budaya dan sosial juga memainkan peran dalam tingkat aktivitas fisik remaja. Di banyak negara berkembang, akses terhadap fasilitas olahraga dan kesadaran akan pentingnya aktivitas fisik masih terbatas (Melani et al., 2024). Selain itu, peran keluarga dalam mendorong anak-anak untuk terlibat dalam kegiatan fisik menjadi faktor penentu dalam membentuk kebiasaan ini. Dukungan dari orang tua, sekolah, dan komunitas sangat penting untuk mendorong partisipasi remaja dalam aktivitas fisik yang teratur.

Program intervensi yang bertujuan meningkatkan aktivitas fisik pada remaja telah menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam memperbaiki kesehatan tulang. Contohnya adalah program sekolah yang mengintegrasikan olahraga atau kegiatan fisik ke dalam kurikulum harian. Intervensi ini tidak hanya meningkatkan kesehatan fisik tetapi juga prestasi akademik, menunjukkan dampak holistik dari aktivitas fisik pada kesejahteraan remaja.

Namun, meskipun banyak bukti mendukung manfaat aktivitas fisik, tantangan dalam mempertahankan kebiasaan ini di kalangan remaja masih

ada. Perubahan prioritas, seperti tekanan akademik dan ketertarikan pada aktivitas berbasis teknologi, sering kali menghambat partisipasi remaja dalam kegiatan fisik. Oleh karena itu, strategi yang lebih inovatif dan berbasis komunitas diperlukan untuk mengatasi hambatan ini dan memastikan bahwa remaja mendapatkan manfaat optimal dari aktivitas fisik.

Melalui penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang lebih mendalam tentang dampak aktivitas fisik pada kesehatan tulang remaja, termasuk faktor-faktor pendukung dan penghambatnya. Dengan demikian, rekomendasi yang efektif dapat dirancang untuk meningkatkan kesehatan tulang dan mencegah gangguan tulang pada remaja, sekaligus membangun fondasi kesehatan tulang yang kuat untuk masa depan.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur (*literature review*) untuk menganalisis dan menyintesis informasi dari berbagai penelitian yang telah dilakukan terkait dampak aktifitas fisik pada Kesehatan tulang remaja. Studi literatur dipilih karena metode ini memungkinkan peneliti untuk mengeksplorasi dan menganalisis data sekunder yang relevan, sehingga memberikan pemahaman mendalam

tentang tema yang diteliti. Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari jurnal ilmiah, artikel penelitian, buku, dan laporan yang diterbitkan dalam 10 tahun terakhir. Fokus utama adalah penelitian yang membahas manfaat aktifitas fisik terhadap kesehatan tulang remaja. Data diambil dari platform akademik terpercaya seperti PubMed, Science Direct, Google Scholar, dan portal jurnal nasional seperti Garuda.

Data dikumpulkan dengan menggunakan kata kunci tertentu seperti “manfaat aktifitas fisik untuk tulang remaja”, “tulang dan olahraga”, dan “kesehatan tulang remaja”. Setelah dilakukan pencarian, artikel-artikel yang relevan diidentifikasi dan diseleksi berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan. Analisis data dilakukan secara deskriptif untuk menyimpulkan temuan penelitian yang relevan. Tahapan analisis meliputi (Syafuruddin & Suparman, 2023):

1. Identifikasi: Mengumpulkan semua artikel yang relevan sesuai kriteria pencarian.
2. Screening: Menyeleksi artikel berdasarkan abstrak dan kesesuaian dengan tema penelitian.
3. Evaluasi Kritis: Menganalisis kualitas penelitian yang diacu,

termasuk metode, populasi, hasil, dan kesimpulan.

4. Sistematika: Mengelompokkan artikel berdasarkan subtema.
5. Sintesis: Merangkum hasil analisis dalam bentuk narasi yang terstruktur.

Untuk memastikan validitas dan keandalan, penelitian ini hanya menggunakan sumber dari jurnal yang diakui secara ilmiah dan memiliki kredibilitas tinggi. Peneliti juga memastikan konsistensi hasil dengan melakukan triangulasi data dari berbagai sumber. Dalam melakukan studi literatur,

peneliti memastikan penghormatan terhadap hak cipta dengan menyebutkan sumber secara eksplisit dan menghindari plagiarisme. Analisis dilakukan secara obyektif berdasarkan data yang telah dipublikasikan sebelumnya.

HASIL

Setelah melalui proses pencarian berbagai artikel, selanjutnya dipilih 20 artikel penelitian yang berkaitan dengan dampak aktifitas fisik bagi Kesehatan tulang remaja, yang selanjutnya akan dibahas lebih lanjut dalam artikel ini sebelum dilakukan kesimpulan.

Tabel 1. Sumber Literatur

No.	Penulis	Tahun	Judul	Kesimpulan
1	Braam et al.	2018	Effects of combined physical and psychosocial training for children with cancer	Aktivitas fisik terstruktur dapat meningkatkan kesehatan tulang dan kesejahteraan emosional pada anak-anak yang menjalani perawatan kanker (Braam et al., 2018).
2	Vlachopoulos et al.	2019	Longitudinal Adaptations of Bone Mass, Geometry, and Metabolism in Adolescent Male Athletes: The PRO-BONE Study	Olahraga seperti sepak bola memiliki efek osteogenik yang lebih tinggi dibanding renang atau bersepeda pada remaja (Vlachopoulos et al., 2017).
3	Campbell et al.	2019	Guidelines for exercise and bone health improvement	Olahraga intensitas sedang hingga tinggi secara teratur selama masa remaja mendukung akurasi mineral tulang optimal (Campbell et al., 2019).

4	Rauh et al.	2020	Sport Specialization and Low Bone Mineral Density in Female High School Distance Runners	Atlet remaja menunjukkan densitas mineral tulang lebih tinggi dibanding non-atlet, terutama pada cabang olahraga berbasis beban (Rauh et al., 2020).
5	Metcalf et al.	2020	An eight-year longitudinal analysis of physical activity and bone strength from adolescence to emerging adulthood: The Iowa Bone Development Study	Aktivitas fisik yang konsisten selama masa pertumbuhan dikaitkan dengan peningkatan densitas mineral tulang (Metcalf et al., 2020).
6	Proia et al.	2021	The impact of diet and physical activity on bone health in children and adolescents	Kombinasi nutrisi yang baik (seperti kalsium) dengan olahraga meningkatkan kekuatan tulang secara signifikan (Proia et al., 2021).
7	Mesquita et al.	2022	The combined relationship of vitamin D and weight-bearing sports participation on areal bone density and geometry among adolescents: ABCD-growth study	Aktivitas fisik dan tingkat vitamin D optimal berkontribusi pada peningkatan kualitas tulang pada atlet remaja (de Lima Mesquita et al., 2022).
8	Cheng X.	2022	Effects of sport on skeletal development in adolescents	Olahraga berbeban tinggi meningkatkan kualitas tulang lebih baik dibandingkan aktivitas ringan atau sedentary (Cheng, 2022).
9	Thein-Nissenbaum et al.	2022	Adolescent bone advantages 3 years after resistance training trial	Latihan resistensi meningkatkan akumulasi mineral tulang dan penguatan struktur tulang pada remaja (Thein-Nissenbaum et al., 2022).
10	Armento et al.	2023	Bone Health in Young Athletes: A Narrative Review of the Recent Literature	Atlet muda berisiko mengalami cedera muskuloskeletal yang unik karena kerangka tubuh yang

				sedang tumbuh. Mengoptimalkan asupan nutrisi, khususnya yang terkait dengan asupan vitamin D yang cukup dan pencegahan triad atlet, sangat penting untuk mengoptimalkan kesehatan tulang pada atlet muda. (Armento et al., 2023).
11	Anversha & Ramalingam	2023	A Systematic Review: Significance of Plyometric Training on Functional Performance and Bone Mineral Density in Basketball Players of Different Age Groups	Latihan plyometric efektif dalam meningkatkan densitas mineral tulang pada remaja laki-laki (Anversha & Ramalingam, 2023).
12	Ren et al.	2024	Association between physical activity, sedentary behavior patterns with bone health among Chinese older women	Aktivitas fisik intensitas sedang hingga tinggi mendukung penguatan tulang selama masa remaja (Ren et al., 2024).
13	Suntornsaratoon et al.	2023	Running exercise with and without calcium supplementation from tuna bone reduced bone impairment caused by low calcium intake in young adult rats	Baik suplementasi kalsium tulang tuna maupun olahraga merupakan intervensi efektif untuk mengurangi keropos tulang akibat kekurangan kalsium. (Suntornsaratoon et al., 2023).
14	Jazi & Shoukahi	2024	The Effect of a 12-week Plyometric Training on Growth Hormone, IGF-1 and Bone Health Indexes in Adolescent Boys	Program plyometrik selama 12 minggu menghasilkan peningkatan yang nyata dalam kesehatan tulang, kekuatan eksplosif, dan hormon anabolik seperti GH dan IGF-1, serta kadar serum 25-hidroksivitamin D (Jazi & Shoukahi, 2024).

15	Jensen et al.	2024	Bone health after exercise alone, GLP-1 receptor agonist treatment, or combination treatment: a secondary analysis of a randomized clinical trial	Dalam uji klinis acak ini, kombinasi olahraga dan GLP-1RA (liraglutide) merupakan strategi penurunan berat badan yang paling efektif sekaligus menjaga kesehatan tulang (Jensen et al., 2024).
16	Agostinete et al.	2024	Resistance training presents beneficial effects on bone development of adolescents engaged in swimming but not in impact sports: ABCD Growth Study	Latihan olahraga berdampak baik yang dilakukan sendiri atau ditambahkan pada latihan ketahanan, tampaknya masih dapat meningkatkan pertambahan massa tulang (Agostinete et al., 2024).
17	Vasil et al.	2024	Bone health and physical activity in adolescents with juvenile idiopathic arthritis: a cross-sectional case-control study	Aktivitas fisik meningkatkan kesejahteraan fisik, emosional, dan mental serta dapat mencegah konsekuensi sekunder di kemudian hari; oleh karena itu, aktivitas fisik harus tetap didorong untuk anak-anak dan remaja dengan JIA sebagaimana halnya untuk teman sebayanya yang sehat (Vasil et al., 2024).
18	SH Kong	2024	Sex/Gender Differences in Osteoporosis	Remaja laki-laki menunjukkan peningkatan densitas tulang yang lebih besar dibandingkan remaja perempuan dalam program latihan beban (Kong, 2024).
19	Berro et al.	2024	Effects of the Type of Exercise Training on Bone Health Parameters in Adolescent Girls: A Systematic Review	Hasil penelitian menunjukkan bahwa latihan plyometrik meningkatkan massa tulang belakang lumbar pada remaja putri. Uji coba terkontrol acak yang dirancang dengan baik dengan periode latihan yang tepat (> 12 minggu)

				diperlukan untuk menganjurkan jenis latihan tertentu yang memiliki efek osteogenik tertinggi (Berro et al., 2024).
20	Wang Kun et al.	2024	Optimizing bone health interventions in adolescence	Anak-anak dan remaja harus menghindari SB yang berlebihan, dan melalui berbagai aktivitas fisik sedang hingga berat (MVPA) untuk mengganti atau SB yang terputus-putus, yang secara efektif dapat mencegah atau memperbaiki bahaya SB terhadap kesehatan fisik dan mental (Wang et al., 2024).

PEMBAHASAN

Penelitian tentang kesehatan tulang pada anak-anak dan remaja menunjukkan pentingnya aktivitas fisik, nutrisi, dan intervensi spesifik untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan kerangka. Aktivitas fisik terstruktur, seperti olahraga berbasis beban dan latihan plyometrik, terbukti memberikan manfaat signifikan terhadap kesehatan tulang, baik dalam hal densitas mineral maupun kualitas struktur tulang (Braam et al., 2018; Cheng, 2022). Selain itu, olahraga intensitas sedang hingga tinggi secara teratur selama masa remaja mendukung akreal mineral tulang yang optimal, sehingga menjadi strategi yang sangat dianjurkan untuk memaksimalkan kesehatan tulang

(Campbell et al., 2019; Metcalf et al., 2020).

Beberapa jenis olahraga memiliki efek osteogenik yang lebih tinggi dibandingkan lainnya. Sebagai contoh, olahraga berbeban tinggi seperti sepak bola lebih efektif dalam meningkatkan massa tulang dibandingkan olahraga non-berbeban seperti renang atau bersepeda (Agostinete et al., 2024; Vlachopoulos et al., 2017). Selain itu, latihan resistensi juga terbukti meningkatkan akumulasi mineral tulang dan memperkuat struktur tulang, terutama pada remaja laki-laki yang aktif secara fisik (Anversha & Ramalingam, 2023; Thein-Nissenbaum et al., 2022).

Asupan nutrisi yang cukup, khususnya kalsium dan vitamin D, juga memainkan peran penting dalam kesehatan

tulang. Kombinasi antara olahraga dan nutrisi yang baik dapat secara signifikan meningkatkan kekuatan tulang. Sebagai contoh, suplementasi kalsium tulang tuna dan olahraga efektif dalam mengurangi risiko keropos tulang akibat defisiensi kalsium (Suntornsaratoon et al., 2023). Di sisi lain, kadar vitamin D yang optimal juga ditemukan berkontribusi pada peningkatan kualitas tulang, terutama pada atlet remaja yang aktif dalam olahraga berbasis beban (Armento et al., 2023; de Lima Mesquita et al., 2022).

Plyometrik menjadi salah satu bentuk latihan yang mendapatkan perhatian khusus karena kemampuannya dalam meningkatkan densitas mineral tulang pada remaja. Program plyometrik selama 12 minggu dapat meningkatkan kesehatan tulang secara signifikan, baik pada remaja laki-laki maupun perempuan (Berro et al., 2024; Jazi & Shoukahi, 2024). Manfaat ini tidak hanya terbatas pada kesehatan tulang tetapi juga mencakup peningkatan hormon anabolik seperti GH dan IGF-1, yang mendukung pertumbuhan dan perkembangan fisik.

Penelitian lain menunjukkan bahwa aktivitas fisik konsisten selama masa pertumbuhan sangat penting untuk meningkatkan densitas mineral tulang. Ini termasuk olahraga intensitas sedang hingga tinggi yang dilakukan secara rutin,

terutama pada remaja yang sedang berada dalam puncak pertumbuhan (Metcalf et al., 2020; Ren et al., 2024). Aktivitas fisik juga ditemukan penting untuk anak-anak dan remaja dengan kondisi kesehatan tertentu, seperti arthritis idiopatik juvenil, di mana olahraga membantu meningkatkan kesejahteraan fisik, emosional, dan mental mereka (Vasil et al., 2024).

Namun, terdapat beberapa tantangan dalam pengelolaan kesehatan tulang, terutama pada atlet muda yang menghadapi risiko cedera muskuloskeletal akibat tuntutan olahraga yang intensif. Untuk mengatasi hal ini, optimalisasi asupan nutrisi, termasuk vitamin D dan pencegahan sindrom triad atlet, sangat penting untuk menjaga kesehatan tulang mereka (Armento et al., 2023). Selain itu, latihan yang dirancang khusus, seperti latihan ketahanan dan berbasis dampak, juga efektif dalam mencegah penurunan kualitas tulang pada atlet remaja (Agostinete et al., 2024).

Perbedaan gender dalam respons terhadap olahraga dan intervensi kesehatan tulang juga telah diamati. Remaja laki-laki umumnya menunjukkan peningkatan densitas tulang yang lebih besar dibandingkan remaja perempuan dalam program latihan beban (Kong, 2024). Namun, remaja perempuan juga dapat memperoleh manfaat signifikan dari

latihan plyometrik, yang diketahui meningkatkan massa tulang belakang lumbar mereka (Berro et al., 2024).

Di sisi lain, studi pada populasi hewan memberikan wawasan tambahan tentang efek olahraga dan suplementasi nutrisi terhadap kesehatan tulang. Penelitian pada tikus menunjukkan bahwa kombinasi olahraga dan suplementasi kalsium dapat secara efektif mengurangi keropos tulang yang disebabkan oleh defisiensi kalsium, memberikan implikasi penting untuk intervensi manusia (Suntornsaratoon et al., 2023).

Dalam upaya lebih lanjut untuk mengoptimalkan kesehatan tulang, penting untuk mempertimbangkan kebiasaan sedentari (SB). Anak-anak dan remaja perlu mengurangi aktivitas sedentari yang berlebihan dan menggantinya dengan aktivitas fisik intensitas sedang hingga berat (Wang et al., 2024). Strategi ini tidak hanya bermanfaat untuk kesehatan fisik tetapi juga dapat memperbaiki kesejahteraan mental mereka.

Latihan yang dikombinasikan dengan intervensi farmakologis juga menunjukkan hasil yang menjanjikan. Misalnya, kombinasi olahraga dengan GLP-1RA (liraglutide) terbukti menjadi strategi yang efektif untuk penurunan berat badan sekaligus menjaga kesehatan tulang dalam uji klinis acak (Jensen et al., 2024).

Pendekatan kombinasi ini menunjukkan potensi besar untuk diterapkan pada populasi tertentu.

Secara keseluruhan, penelitian menunjukkan bahwa olahraga berbasis beban, resistensi, dan plyometrik sangat penting untuk mendukung kesehatan tulang selama masa remaja. Selain itu, nutrisi yang baik dan kebiasaan gaya hidup sehat, seperti mengurangi aktivitas sedentari, memainkan peran krusial dalam memaksimalkan manfaat tersebut. Mengingat kompleksitas dan variasi kondisi pada anak-anak dan remaja, intervensi yang disesuaikan dengan kebutuhan individu menjadi penting. Penelitian yang lebih mendalam diperlukan untuk mengidentifikasi strategi terbaik dalam meningkatkan kesehatan tulang berdasarkan usia, jenis kelamin, dan tingkat aktivitas fisik mereka (Berro et al., 2024; Wang et al., 2024).

SIMPULAN

Kesimpulannya, penelitian ini menyoroti pentingnya pendekatan holistik dalam mendukung kesehatan tulang. Kombinasi antara olahraga berbasis beban, nutrisi optimal, dan strategi pengelolaan risiko cedera dapat memberikan manfaat maksimal. Dengan mempertimbangkan perbedaan individu, seperti jenis kelamin, kondisi kesehatan, dan preferensi aktivitas

fisik, strategi intervensi yang tepat dapat diterapkan untuk mendukung kesehatan tulang sepanjang siklus hidup.

DAFTAR PUSTAKA

- Agostinete, R. R., Werneck, A. O., Narciso, P. H., Ubago-Guisado, E., Coelho-e-Silva, M. J., Bielemann, R. M., Gobbo, L. A., Lynch, B. T., Fernandes, R. A., & Vlachopoulos, D. (2024). Resistance training presents beneficial effects on bone development of adolescents engaged in swimming but not in impact sports: ABCD Growth Study. *BMC Pediatrics*, 24(1), 247.
- Anversha, A. T., & Ramalingam, V. (2023). A Systematic Review: Significance of Plyometric Training on Functional Performance and Bone Mineral Density in Basketball Players of Different Age Groups. *Sports Medicine: Research and Practice*, 13(2), 62–76.
- Armento, A., Heronemus, M., Truong, D., & Swanson, C. (2023). Bone Health in Young Athletes: A Narrative Review of the Recent Literature. *Current Osteoporosis Reports*, 21(4), 447–458.
- Berro, A. J., El Hawly, W., El Khoury, G., El Hage, Z., Jayavel, A., Saeidi, A., Laher, I., Pinti, A., Bassim, Y., Hackney, A. C., & others. (2024). Effects of the type of exercise training on bone health parameters in adolescent girls: a systematic review. *Journal of Clinical Densitometry*, 27(1), 101454.
- Braam, K. I., van Dijk-Lokkart, E. M., Kaspers, G. J. L., Takken, T., Huisman, J., Buffart, L. M., Bierings, M. B., Merks, J. H. M., van den Heuvel-Eibrink, M. M., Veening, M. A., & others. (2018). Effects of a combined physical and psychosocial training for children with cancer: a randomized controlled trial. *BMC Cancer*, 18, 1–12.
- Campbell, K. L., Winters-Stone, K., Wiskemann, J., May, A. M., Schwartz, A. L., Courneya, K. S., Zucker, D., Matthews, C., Ligibel, J., Gerber, L., & others. (2019). Exercise guidelines for cancer survivors: consensus statement from international multidisciplinary roundtable. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 51(11), 2375.
- Cheng, X. (2022). Effects of sport on skeletal development in adolescents. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, 28(6), 679–681.
- de Lima Mesquita, E. D., Exupério, I. N.,

- Agostinete, R. R., Luiz-de-Marco, R., da Silva, J. C. M., Maillane-Vanegas, S., Kemper, H. C. G., & Fernandes, R. A. (2022). The combined relationship of vitamin D and weight-bearing sports participation on areal bone density and geometry among adolescents: ABCD-growth study. *Journal of Clinical Densitometry*, 25(4), 674–681.
- Jazi, A. A., & Shoukahi, R. (2024). The Effect of a 12-week Plyometric Training on Growth Hormone, IGF-1 and Bone Health Indexes in Adolescent Boys. *Asian Journal of Sports Medicine*, 15(3).
- Jensen, S. B. K., Sørensen, V., Sandsdal, R. M., Lehmann, E. W., Lundgren, J. R., Juhl, C. R., Janus, C., Ternhamar, T., Stallknecht, B. M., Holst, J. J., & others. (2024). Bone health after exercise alone, GLP-1 receptor agonist treatment, or combination treatment: a secondary analysis of a randomized clinical trial. *JAMA Network Open*, 7(6), e2416775--e2416775.
- Kong, S. H. (2024). Sex/Gender Differences in Osteoporosis. In *Sex/Gender-Specific Medicine in Clinical Areas* (pp. 277–286). Springer.
- Lubis, I. N., Pulungan, N., Hasibuan, M. R., & others. (2024). Pelatihan Senam Untuk Mengenal Osteoporosis, Gejala Dan Pencegahannya Pada Wanita Menopause. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Kholisatur Rahmi Binjai*, 1(1), 5–10.
- Melani, M., Prastita, N. P. G., Putri, R. T. D., & Adnani, Q. E. S. (2024). *Promosi Kesehatan Remaja dengan Pendekatan KIPK*.
- Metcalf, K. M., Letuchy, E. M., Levy, S. M., & Janz, K. F. (2020). An 8-Year longitudinal analysis of physical activity and bone strength from adolescence to emerging adulthood: The Iowa Bone Development Study. *Pediatric Exercise Science*, 32(1), 58–64.
- Perestroika, G. D. (n.d.). BAB 1 ANATOMI DAN FISILOGI MASA REMAJA. *MENDALAMI KESEHATAN REMAJA: KUNCI UNTUK HIDUP BERKUALITAS*, 1.
- Proia, P., Amato, A., Drid, P., Korovljev, D., Vasto, S., & Baldassano, S. (2021). The impact of diet and physical activity on bone health in children and adolescents. *Frontiers in Endocrinology*, 12, 704647.
- Rauh, M. J., Tenforde, A. S., Barrack, M.

- T., Rosenthal, M. D., & Nichols, J. F. (2020). Sport specialization and low bone mineral density in female high school distance runners. *Journal of Athletic Training*, 55(12), 1239–1246.
- Ren, X., Hu, C., Wang, W., He, Q., Du, L., Li, T., Pan, Y., Chen, S., & Zhang, X. (2024). Association between physical activity, sedentary behavior patterns with bone health among Chinese older women. *Bone*, 181, 117025.
- Roesdiyanto, M. K., Puriastuti, A. C., Keb, S., Hasanah, Z., Keb, S., Hadikuasa, F., Oktaviano, G. R., Albasa, M. A., & others. (2024). *BUKU AJAR PERKEMBANGAN MOTORIK DAN BELAJAR MOTORIK ANAK USIA DINI (Kajian Olahraga dan Kesehatan Anak)*. Penerbit: Kramantara JS.
- Safitri, K. N., Irdhillah, S., Deskia, M., Naufaldy, M. F., Rahayu, R., Kusumawicitra, N., Triwanvi, S., & Mulyana, A. (2024). Pembelajaran Penjaskes Di Sekolah Dasar: Manfaat Olahraga Untuk Kesehatan Tubuh. *Sinar Dunia: Jurnal Riset Sosial Humaniora Dan Ilmu Pendidikan*, 3(2), 44–56.
- Samaloisa, M. S. (2024). KETERLAMBATAN PERKEMBANGAN MOTORIK ANAK AKIBAT KURANGNYA ASUPAN GIZI. *Jurnal Lingkar Pembelajaran Inovatif*, 5(11).
- Suntornsaratoon, P., Thongklam, T., Saetae, T., Kodmit, B., Lapmanee, S., Malaivijitnond, S., Charoenphandhu, N., & Krishnamra, N. (2023). Running exercise with and without calcium supplementation from tuna bone reduced bone impairment caused by low calcium intake in young adult rats. *Scientific Reports*, 13(1), 9568.
- Syafruddin, A., & Suparman, S. (2023). Application of Blended Learning in Physical Education: Article Review. *JOURNAL RESPECS (Research Physical Education and Sports)*, 5(1), 94–102.
- Thein-Nissenbaum, J., Weiss, D. M., Kliethermes, S. A., & Scerpella, T. A. (2022). Adolescent bone advantages 3 years after resistance training trial. *Pediatric Exercise Science*, 35(2), 61–69.
- Vasil, E., M. Nesbitt, C., Toomey, C., Kuntze, G., Esau, S., A. Emery, C., & Gabel, L. (2024). Bone health and physical activity in adolescents with juvenile idiopathic arthritis: a cross-sectional case-control study. *Pediatric Rheumatology*, 22(1), 45.

- Vlachopoulos, D., Barker, A. R., Ubago-Guisado, E., Fatouros, I. G., Knapp, K. M., Williams, C. A., & Gracia-Marco, L. (2017). Longitudinal adaptations of bone mass, geometry, and metabolism in adolescent male athletes: The PRO-BONE Study. *Journal of Bone and Mineral Research*, 32(11), 2269–2277.
- Wang, K., Li, Y., Liu, H., Zhang, T., & Luo, J. (2024). Can physical activity counteract the negative effects of sedentary behavior on the physical and mental health of children and adolescents? A narrative review. *Frontiers in Public Health*, 12, 1412389.