

## **Hubungan Ekspresi Morfogen Pembentuk Otot Rangka Dengan Bakat Olahraga Atlet: Literature Review**

Nadira, Fidia Aura Khairani, Yopiando, Kayla Anaya Khumaira, Siska Alicia Farma  
*Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang*  
*Jl. Prof. Dr. Hamka Air Tawar Barat, Kecamatan Padang Utara, Kota Padang*  
Email: [amirakunxiaomi@gmail.com](mailto:amirakunxiaomi@gmail.com)

---

### **ABSTRAK**

Otot adalah salah satu bagian tubuh manusia yang menyumbang sekitar setengah dari berat badan. Ukuran otot dapat ditingkatkan melalui aktivitas fisik seperti latihan kekuatan, yang mencakup angkat beban dengan intensitas tinggi dan durasi pendek. Latihan kekuatan yang intensif dapat meningkatkan massa otot sebanyak dua hingga tiga kali lipat. Kombinasi faktor genetik dan lingkungan (seperti olahraga dan pola makan) memainkan peran penting dalam ekspresi morfogen otot rangka dan kinerja atletik individu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana bakat olahraga atlet dan ekspresi morfogen otot rangka berhubungan satu sama lain. Jenis penelitian ini adalah penelitian yang menggunakan metode literature review. Literatur yang dikumpulkan untuk penelitian ini didasarkan pada pedoman Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P). Tahapannya meliputi identifikasi, validasi, kelayakan, dan persetujuan. Kajian tersebut menunjukkan bahwa ekspresi morfogen pembentuk otot rangka terkait dengan bakat olahraga atlet karena dapat mempengaruhi perkembangan otot, kekuatan, dan ketahanan, serta respons terhadap latihan. Namun, banyak hal lain, seperti latihan, motivasi, kondisi fisik, teknik, strategi, dan dukungan dari luar, memengaruhi kinerja atletik seorang atlet.

**Kata kunci: Otot Rangka, Morfogen, Atlet**

---

### **PENDAHULUAN**

Penelitian pasti memiliki tujuan dan keuntungan. Secara umum, terdapat tiga tujuan utama penelitian adalah penemuan, bukti, dan pengembangan. Bagian penting dari penelitian adalah tinjauan Pustaka (literature review) yang menjadi dasar penulisan laporan penelitian (Sugiyono, 2007). Penelitian harus didasarkan pada teori yang masuk akal dan berasal dari sumber yang dapat dipercaya sebagai penelitian akademis. Widiarsa (2019) menyatakan bahwa tinjauan literatur adalah metode terbaik untuk menemukan teori yang baik. Tinjauan pustaka adalah rangkuman dari sumber-sumber yang relevan dengan topik penelitian. Hal ini dianggap penting karena membantu peneliti memilih topik atau judul penelitian (Muannif, 2021).

Otot adalah salah satu bagian tubuh manusia yang menyumbang sekitar setengah dari berat badan. Sherwood (2014) menyatakan bahwa otot rangka membentuk 32% dan 40% berat badan pria dan wanita. Otot rangka dan tulang merupakan jaringan penting tubuh yang mempunyai fungsi mandiri dan saling melengkapi. Otot rangka berfungsi sebagai gudang asam amino dan karbohidrat, dan tulang berfungsi sebagai gudang

kalsium dan zat gizi mikro lainnya. Otot dan tulang bersama-sama diperlukan untuk pergerakan tubuh, perlindungan organ vital, dan pengaturan aktivitas metabolisme (Modlesky, 2020).

Latihan fisik adalah kegiatan yang dilakukan berulang kali dan terus menerus. Berolahraga berlebihan dapat meningkatkan metabolisme tubuh (Farma, 2021). Selain itu, ukuran otot dapat ditingkatkan melalui aktivitas fisik seperti latihan kekuatan, yang mencakup angkat beban dengan intensitas tinggi dan durasi pendek. Berbagai reaksi sistemik dan seluler terjadi selama latihan. Hal ini termasuk perubahan dalam metabolisme, sistem kekebalan, dan sistem hormonal (Farma & Syahrastani, 2021). Agustina (2020) menyatakan bahwa peningkatan jumlah dan kekuatan jaringan ikat, tendon, dan ligament serta peningkatan ukuran miofibril, filamen aktin, dan miosin (protein kontraktil) pada serat otot yang diaktifkan selama kontraksi otot yang kuat menyebabkan hipertrofi otot. Latihan kekuatan yang intensif dapat meningkatkan massa otot sebanyak dua hingga tiga kali lipat. Selain itu, asupan protein tinggi dan usia seseorang juga berkontribusi pada pertumbuhan otot (Rabi dkk., 2012). Selain efek yang ditimbulkan oleh pembebanan otot pada tulang, jaringan yang berdekatan terdiri dari jaringan hormon dan faktor pertumbuhan yang kompleks. Vitamin D adalah salah satu hormon yang sangat memengaruhi penanganan kalsium, diferensiasi, dan perkembangan otot dan tulang. Menurut Girgis (2015), vitamin D juga mengatur hormon yang berasal dari otot dan tulang, yang mungkin membantu jaringan berkomunikasi satu sama lain.

Dalam kompetisi atletik, ketegangan otot sering terjadi. Cedera ini terdiri dari sejumlah peristiwa tertentu, seperti perdarahan inflamasi dan peradangan, cacat makroskopis pada otot perut, kerusakan dan ruptur miosit (Beiner, 2002). Sanchez (2017) menyatakan bahwa salah satu cedera olahraga yang paling umum adalah cedera otot, yang mengganggu rantai transmisi tenaga dan menyebabkan perubahan yang mengakibatkan impotensi fungsional. Tubuh seringkali merespon cedera olahraga dengan tanda-tanda peradangan yang terdiri dari kemerahan (warna merah), tumor (bengkak), kalori (panas), nyeri (nyeri), dan penurunan fungsi (Arif, 2011). Sel satelit dapat diaktifkan melalui sinyal kimia yang dihasilkan oleh perubahan mekanis pada jaringan otot. Hal tersebut terjadi ketika otot terluka, tegang, digunakan secara berlebihan, atau diregangkan secara mekanis. Sel induk yang dikenal sebagai sel satelit bertanggung jawab atas proses pertumbuhan dan regenerasi otot rangka (Rustiasari, 2017).

Ekspresi morfogen yang terkait dengan sinyal internal yang mengatur pertumbuhan dan perkembangan otot, seperti faktor pertumbuhan dan molekul pemberi sinyal lain yang membantu diferensiasi dan spesialisasi sel otot, dapat dikaitkan dengan ekspresi morfogen dalam situasi ini. Beberapa gen memengaruhi cara seseorang memperoleh massa otot atau respons terhadap latihan. Ini terjadi meskipun kita semakin memahami hubungan gen tertentu dengan pembentukan dan perkembangan otot.

Hasilnya menunjukkan bahwa komponen ini sangat penting untuk kemampuan tersebut. Tetapi ekspresi morfogen otot rangka dan kinerja atletik atlet sangat dipengaruhi oleh faktor genetik dan faktor lingkungan, seperti olahraga dan pola makan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana bakat olahraga atlet dan ekspresi morfogen otot rangka berhubungan satu sama lain.

## **METODE PENELITIAN**

### **Jenis Penelitian**

Literature review adalah metode penelitian yang digunakan dalam jenis penelitian ini. Metode ini melibatkan menganalisis, mensintesis, membuat ringkasan, dan membandingkan hasil penelitian dengan studi pustaka. Metode ini kemudian dapat membantu peneliti menentukan tujuan penelitian dan menguraikan prosesnya (Ridwan *et al.*, 2021).

### **Prosedur Penelitian**

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan, dan literatur yang dikumpulkan untuk penelitian ini didasarkan pada pedoman Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P). Tahapannya meliputi identifikasi, validasi, kelayakan, dan persetujuan. Pada tahap identifikasi, artikel yang relevan dicari melalui internet atau sumber literatur lainnya. Pada tahap penyaringan atau validasi, kami mengidentifikasi kelayakan artikel dengan menghilangkan artikel duplikat dan mendapatkan informasi dari judul dan abstrak tersebut. Artikel yang relevan dengan pertanyaan dan tujuan tinjauan literatur ini dianggap memenuhi syarat untuk tahap penerimaan. Artikel yang memenuhi kriteria inklusi diidentifikasi dan dianggap layak untuk digunakan dalam sintesis kuantitatif dan kualitatif dengan membaca isi artikel secara menyeluruh (Moher *et al.*, 2015).

### **Kriteria Inklusi**

Beberapa kriteria inklusi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut; penelitian yang menyelidiki hubungan antara ekspresi morfogen pembentuk otot rangka dan kemampuan atletik atlet, artikel yang ditulis dalam Bahasa Indonesia atau Inggris, artikel penelitian original atau bukan, dan penelitian yang dilakukan selama 15 tahun terakhir.

### **Kata Kunci Pencarian Artikel**

Penelitian ini dilakukan pada bulan Desember 2023 sampai Januari 2024. Google Scholar adalah sumber data base tersebut dan Google Search adalah mesin pencari. Basis data yang dicari mencakup artikel yang diterbitkan dari tahun 2008 hingga 2023. Untuk melakukan penelitian literatur, berikut kombinasi kata kunci yang digunakan yaitu otot rangka, morfogen, dan atlet.

### **Proses Seleksi Artikel**

Informasi dan data yang diperoleh dari hasil ekstraksi literatur tidak akan

disintesis melalui proses yang dikenal sebagai sintesis tanpa meta-analisis (Campbell *et al.*, 2020). Untuk menyimpulkan sintesis kualitatif, penelitian dilakukan dengan memberikan ringkasan menyeluruh dari hasil penelitian dan presentasi deskriptif dari temuan tersebut. Selain itu, sintesis kualitatif mensintesis hubungan antara ekspresi morfogen pembentuk otot rangka dan kemampuan atletik atlet.

## **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Hasil pencarian artikel di database yang telah ditentukan menunjukkan bahwa terdapat lebih dari 30 artikel yang dapat diidentifikasi. Selanjutnya, judul dan abstrak dari masing-masing artikel yang ditemukan diperiksa, dan beberapa di antaranya relevan. Artikel-artikel ini memenuhi kriteria inklusi yang ditetapkan dan layak untuk sintesis kualitatif dan kuantitatif. Hasil tinjauan literatur menunjukkan bahwa artikel yang memenuhi kriteria yang dinyatakan dalam tinjauan sistematis ini harus merupakan artikel penelitian original atau bukan tinjauan literatur dari 15 tahun terakhir. Hasil peninjauan literatur menunjukkan bahwa ada korelasi antara ekspresi morfogen yang membentuk otot rangka dan kemampuan atletik atlet tersebut.

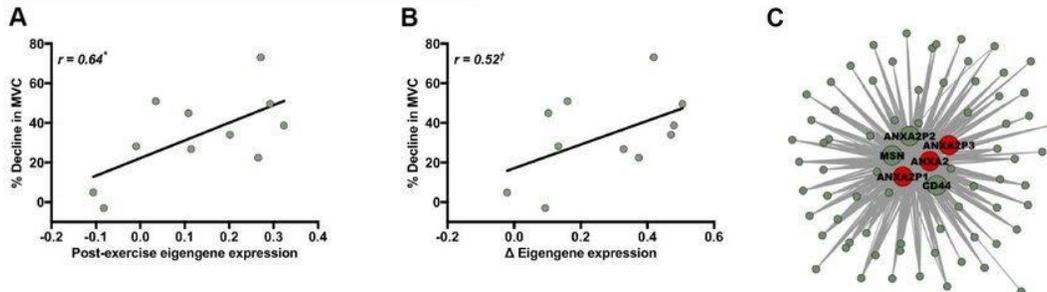
Sistem muskuloskeletal manusia telah berevolusi untuk menjalankan berbagai fungsi, termasuk penggerak, memfasilitasi pernapasan, melindungi organ dalam, dan mengatur pengeluaran energi global. Digirolamo *et al.*, (2013) menyatakan bahwa tulang dan otot rangka yang digunakan untuk bergerak berasal dari mesoderm somit dan secara bersamaan mengumpulkan massa jaringan maksimum berdasarkan informasi genetik dan rangsangan lingkungan. Otot adalah salah satu organ tubuh yang sangat penting. Otot rangka dianggap sebagai alat gerak aktif, sedangkan tulang tempat otot terletak disebut sebagai alat gerak pasif (Idris, 2016). Otot rangka berfungsi untuk menggerakkan persendian sehingga seseorang dapat melakukan aktivitas dan membentuk tubuh.

Ekspresi morfogen adalah proses kontrol genetik yang mengontrol bagaimana sel berkembang dan berfungsi dalam tubuh. Selama pembentukan otot rangka, ekspresi morfogen berperan penting dalam mengatur pertumbuhan dan perkembangan otot. Sedangkan latihan fisik mengacu pada gerakan tubuh yang melibatkan otot secara terencana dan berulang-ulang serta mengakibatkan peningkatan pengeluaran energi, dengan tujuan mempertahankan atau meningkatkan kebugaran fisik (Patel *et al.*, 2017).

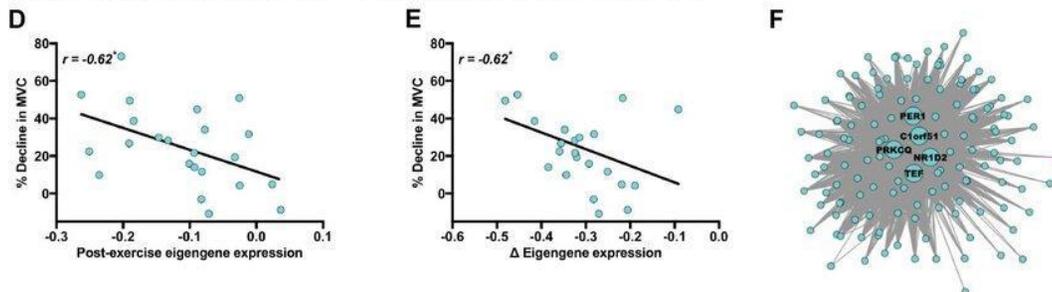
Ekspresi gen, termasuk ekspresi morfogen, dapat mempengaruhi bagaimana otot seseorang berkembang dan merespons latihan dan olahraga tertentu. Dengan kata lain, orang dengan pola ekspresi gen spesifik yang terkait dengan pembentukan otot mungkin mempunyai keunggulan dalam olahraga tertentu. Misalnya, beberapa orang memiliki kecenderungan genetik untuk memiliki otot yang lebih besar atau kuat secara alami. Ini membuat mereka lebih baik dalam olahraga yang membutuhkan kekuatan fisik, seperti

angkat beban atau renang gaya bebas. Gambar berikut menunjukkan salah satu keterlibatan morfogen yang terkait dengan respons otot akut pasca latihan (Gambar 1).

**M12: Cell adhesion – Upregulated with ECC only**



**M18: Transcription factor activity – Downregulated with ECC and CON**



Gambar 1. Jaringan molekuler dan kandidat molekuler yang berhubungan dengan respon fungsional otot akut pasca latihan (Willis *et al.*, 2020).

Selain molekuler tersebut, Cui *et al.* (2013) juga menyatakan bahwa olahraga dan pembatasan kalori telah lama dianggap menguntungkan daya tahan tubuh. Kedua teknik ini baik untuk kesehatan manusia. Salah satunya adalah produksi protein PGC-1 alpha, yang merupakan pengatur utama biogenesis mitokondria dan terlibat dalam metabolisme energi. Selain itu, PGC-1 alpha memiliki kemampuan untuk merangsang regulasi fisiologis biogenesis mitokondria dengan memodulasi aktivitas protein pengikat elemen responsif cAMP (CREB). Selain itu, protein ini memiliki kemampuan untuk mengubah jaringan otot, seperti myofibril, menjadi jaringan yang lebih oksidatif secara metabolik (Naufal & Zein, 2019). Para ilmuwan telah menunjukkan hubungan IL-6 dengan aktivitas otot rangka, termasuk dalam kelompok miokin. IL-6 merangsang proteolisis dan apoptosis otot rangka, dan peningkatan konsentrasi IL-6 dikaitkan dengan penurunan massa dan kekuatan otot, bergantung pada jenis otot yang digunakan pada orang-orang yang mengalami beban latihan (Syahrestani, *et al.*, 2019).

Insulin I (IGF-I), juga dikenal sebagai somatomedin C, adalah faktor pertumbuhan tambahan yang disintesis di hati sebagai hormon pertumbuhan. Ini berfungsi untuk membentuk otot, tulang rawan, tulang, ginjal, saraf, kulit, dan paru-paru baik sebelum

maupun sesudah melahirkan. Hepatosit sendiri bertanggung jawab atas pertumbuhan jaringan (Pang & Chan, 2010). Hargreaves (2015) menyatakan bahwa IGF-1 juga dikenal karena sifat ateroprotektifnya, melindungi sistem saraf, memiliki sifat yang mirip dengan insulin, dan menjaga metabolisme tulang dan regenerasi otot. Pola ekspresi gen (epidemi) dan respons fisiologis, baik saat istirahat maupun berolahraga, dapat dipengaruhi oleh latihan. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Miyamoto-Mikami *et al.*, (2018), latihan fisik dapat mengubah ekspresi gen dan pola, yang mempengaruhi berbagai jalur genetik dan fungsi perbaikan jaringan. Faktor pertumbuhan seperti insulin 1 (IGF-1) (Stein *et al.*, 2018). Selain itu, IGF-1 meningkatkan massa otot dan respons tubuh saat berolahraga (Wibawa *et al.*, 2021).

Ekspresi gen terkait morfogen pembentuk otot rangka dapat mempengaruhi performa atletik pada atlet. Morfogen pembentuk otot adalah protein yang mengatur perkembangan otot selama perkembangan janin dan juga dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan otot pada manusia. Beberapa variasi genetik yang terlibat dalam regulasi morfogen pembentuk otot dapat mempengaruhi berbagai aspek seperti jenis serat otot, kekuatan otot, respon terhadap latihan, dan daya tahan. Artinya, orang yang mengekspresikan gen tertentu untuk morfogen pembentuk otot mungkin memiliki kelebihan atau kecenderungan tertentu dalam olahraga yang berbeda. Farma dkk., (2020) mencontohkan misalnya ekspresi HIF-1a meningkat pada tingkat protein setelah pelatihan berenang *hypoxic*. Namun, masih banyak hal lain yang mempengaruhi, seperti latihan, motivasi, kondisi fisik, teknik, strategi, dan dukungan dari luar, memengaruhi kinerja atletik seorang atlet. Untuk mencapai prestasi yang optimal, berbagai komponen yang mendukung prestasi seorang atlet digabungkan untuk mencapai hasil yang optimal. Fleksibilitas adalah salah satu dari banyak komponen yang diperlukan untuk mencapai kinerja yang optimal (Sriwahyuniati & Wicaksono, 2021).

Menurut Sonny (2014) cedera otot biasanya tidak terjadi selama latihan yang melampaui kemampuan tubuh untuk menyesuaikan diri. Produksi radikal bebas yang menyebabkan stres oksidatif dapat meningkat sebagai hasil dari olahraga yang berlebihan yang melebihi kelelahan. Kadar Isoprotan F2 adalah salah satu biomarker yang menunjukkan adanya stres oksidatif (Yuniarti *et al.*, 2021). Latihan teratur akan meningkatkan kualitas kerja dan kekuatan otot, serta meningkatkan ukuran serat otot. Kemampuan untuk menggerakkan seluruh tubuh dan anggota tubuh secara luas berkorelasi langsung dengan kekuatan kelompok otot besar yang dapat digerakkan dan fungsinya (Aras dkk., 2017). Ketika sel-sel otot mengalami tekanan yang lebih besar daripada biasanya, seperti saat melakukan latihan kekuatan, sel-sel otot membesar dan menjadi lebih kuat.

Gen hanyalah salah satu faktor, tetapi penting untuk diketahui bahwa gen bukan satu-satunya faktor yang mempengaruhi kinerja atlet. Keberhasilan olahraga juga dipengaruhi oleh pelatihan yang ditargetkan, keterlibatan, pengembangan keterampilan,

dan komponen psikologis. Untuk mendukung hal tersebut, juga diperlukan nutrisi. Salah satunya adalah suplementasi vitamin D karena telah terbukti mampu meningkatkan dan secara positif mempengaruhi otot rangka (Książek *et al.*, 2019). Wiciński *et al.*, (2019) menunjukkan pentingnya vitamin D untuk kinerja olahraga dan efisiensi fisik, serta untuk menganalisis efek vitamin D pada berbagai mekanisme yang mungkin terjadi. Kekurangan vitamin D dapat menyebabkan miopati, yang bervariasi dalam intensitasnya (Ceglia, 2008).

## **PENUTUP**

Kajian tersebut menunjukkan bahwa ekspresi morfogen pembentuk otot rangka terkait dengan bakat olahraga atlet karena dapat mempengaruhi perkembangan otot, kekuatan, dan ketahanan, serta respons terhadap latihan. Namun, banyak hal lain, seperti latihan, motivasi, kondisi fisik, teknik, strategi, dan dukungan dari luar, memengaruhi kinerja atletik seorang atlet.

## **REFERENSI**

- Agustina, T., Joice N. A., dan Herlina I. S., 2020. Pengaruh Intensitas Latihan beban terhadap Massa Otot. *Jurnal Biomedik*. 8 (1), 1-10.
- Aras, D., Arsyad, A., & Hasbiah, N. 2017. Hubungan Antara Fleksibilitas Dan Kekuatan Otot Lengan Dengan Kecepatan Renang. *Media Kesehatan Masyarakat Indonesia Universitas Hasanuddin*. 13(4), 380-385.
- Arif, S. 2011. Faktor Timbulnya Cedera Olahraga. *Jurnal Media Ilmu Keolahragaan Indonesia*. 1(1), 94-98.
- Beiner, J. M., & Jokl, P. 2002. Muscle Contusion Injury and Myositis Ossificans Traumatica. *Clinical Orthopaedics and Related Research (1976-2007)*. 403, S110-S119.
- Bollen, S. E., & Atherton, P. J. 2021. Myogenic, Genomic and Non-Genomic Influences of The Vitamin D Axis in Skeletal Muscle. *Cell biochemistry and function*. 39(1), 48-59.
- Campbell, M., McKenzie, J. E., Sowden, A., Katikireddi, S. V., Brennan, S. E., Ellis, S., ... & Thomson, H. 2020. Synthesis Without Meta-Analysis (Swim) In SystematicReviews: Reporting Guideline. *Bmj*. 368.
- Ceglia L. 2008. Vitamin D and skeletal muscle tissue and function. *Molecular aspects of medicine*. 29(6), 407-414.

- Digirolamo, D. J., Kiel, D. P., & Esser, K. A. 2013. Bone and Skeletal Muscle: Neighbors with Close Ties. *Journal of bone and mineral research*. 28(7), 1509-1518.
- Farma, S. A. 2021. Assay Optimization of Lactate Levels in Athletes Using Nanophotometry Methods. *In Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 1940, No. 1, p. 012047. IOP Publishing.
- Farma, S. A., Handayani, D., Putri, D. H., Argantos, & Syahrastani. 2020. Optimization of Annealing Temperature of HIF-1 A and 18s rRNA in Blood of Swimming Athletes Using RT-PCR. *10(ICoBioSE 2019)*. 34-38.
- Farma, S. A., & Syahrastani, S. 2021. Serum Protein Total Determination After Hypoxic Swimming Exercises in Trained and Untrained Swimmers Using the Nanophotometric Method. *Bioscience*. 5(1), 57-63.
- Girgis, C. M., Baldock, P. A., & Downes, M. 2015. Vitamin D, Muscle and Bone: Integrating Effects in Development, Aging and Injury. *Molecular and cellular endocrinology*. 410, 3-10.
- Guyton, A.C. & Hall, J.E. 2014. *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran*. Jakarta: EGC Medical Publisher.
- Hargreaves, M. 2015. Exercise and Gene Expression. *Progress in Molecular Biology and Translational Science*. 135, 457-469.
- Idris, I. 2016. *Fisiologi Otot Rangka*. Makassar: Universitas Hasanddin Makassar.
- Imran, Akhmad. 2015. Efek Latihan Berbeban Terhadap Fungsi Kerja Otot. *Jurnal Pedagogik Keolahragaan*. 1(2), 80-102.
- Książek, A., Zagrodna, A., & Słowińska-Lisowska, M. 2019. Vitamin D, Skeletal Muscle Function and Athletic Performance in Athletes-A Narrative Review. *Nutrients*. 11(8), 1800.
- Miyamoto-Mikami, E., Tsuji, K., Horii, N., Hasegawa, N., Fujie, S., Homma, T., ... Iemitsu, M. 2018. Gene expression profile of muscle adaptation to high-intensity intermittent exercise training in young men. *Scientific Reports*. 8(1), 16811.
- Modlesky, C.M., & Zhang, C. 2020. Complicated Muscle-Bone Interactions in Children with Cerebral Palsy. *Current osteoporosis reports*. 18, 47-56.
- Moher, D., Shamseer, L., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., ... & Prisma-P Group. 2015. Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis Protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Systematic reviews*. 4, 1-9.

- Muannif, R., Suhar, AM., Ulum, B., Muhammad, F. 2021. Pentingnya Penerapan *Literatur Review* pada Penelitian Ilmiah. *Jurnal Masohi*. 28 (1), 42-51.
- Naufal, A. F., & Zein, R. H. 2019. Latihan Fisik Dan Pembatasan Kalori Merubah Tipe Serat Otot Rangka. *In Prosiding University Research Colloquium*. pp. 110-116.
- Pang, A. L.-Y., & Chan, W.-Y. 2010. *Chapter 22 - Molecular Basis of Diseases of the Endocrine System (W. B. Coleman & G. J. B. T.-E. C. in M. P. Tsongalis, Eds.)*. San Diego: Academic Press.
- Patel, H., Alkhawam, H., Madanieh, R., Shah, N., Kosmas, C. E., & Vittorio, T. J. 2017. Aerobic vs anaerobic exercise training effects on the cardiovascular. *World Journal of Cardiology*. 9(2), 134-138.
- Rabi, G., Soethama, R., Silakarma, D., Ayu, I., & Wiryanthini, D. 2012. Pengaruh Latihan Beban Terhadap Peningkatan Massa Otot Pectorals Mayor dan Biceps Pada Remaja dan Dewasa. *Maj Ilm Fisioter Indones*. 2, 52-7.
- Ridwan, M., Suhar, A. M., Ulum, B., & Muhammad, F. 2021. Pentingnya Penerapan Literature Review Pada Penelitian Ilmiah. *Jurnal Masohi*. 2(1), 42-51.
- Rustiasari, U.J. 2017. Proses Penyembuhan Cedera Jaringan Lunak Muskuloskeletal. *Jurnal Olahraga Prestasi*. 13 (1), 43-51.
- Sánchez, M., Delgado, D., Sánchez, P., Anitua, E., & Padilla, S. 2017. Plasma Rich in Growth Factors for The Treatment of Skeletal Muscle Injury. *Muscle Injuries in Sport Athletes: Clinical Essentials and Imaging Findings*. 451-464.
- Sherwood L. 2014. *Fisiologi Manusia Dari Sel Ke System (8th ed)*. Jakarta: EGC, p. 278-302.
- Sonny J.R Kalangi. 2014. Perubahan Otot Rangka Pada Olahraga. *Jurnal Biomedik*. 6(3), 172-178.
- Sriwahyuniati, C. F., & Wicaksono, D. 2021. Tingkat Kemampuan Fleksibilitas Atlet di Kabupaten Gunung Kidul. *In Prosiding Seminar dan Lokakarya Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Jakarta*. 4(1), pp. 292-294.
- Stein, A. M., Silva, T. M. V., Coelho, F. G. D. M., Arantes, F. J., Costa, J. L. R., Teodoro, E., & Santos-Galduróz, R. F. 2018. Physical exercise, IGF-1 and cognition A systematic review of experimental studies in the elderly. *Dementia & neuropsychologia*. 12, 114-122.
- Sugiyono. 2007. *Metode Penelitian Pendidikan; Pendekatan Kualitatif, Kuantitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.

- Syahrastani, M., Putri, D. H., & Yuniarti, E. 2019. The Impact of Submaximal Exercise on F2-Isoprostan and Il-6 Levels on the Student of Student Center for Education and Training West Sumatra. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*. 10(12), 174-181.
- Wibawa, J. C., Mus, R., Gama, N. I., & Rivarti, A. W. 2021. Latihan Fisik Meningkatkan Kadar Insulin-Like Growth Factor-1 (IGF-1). *JOSSAE (Journal of Sport Science and Education)*. 6(1), 46-56.
- Wiciński, M., Adamkiewicz, D., Adamkiewicz, M., Śniegocki, M., Podhorecka, M., Szycha, P., & Malinowski, B. 2019. Impact of Vitamin D on Physical Efficiency and Exercise Performance-A Review. *Nutrients*. 11(11), 2826.
- Widiarsa. 2019. Kajian Pustaka (Literatur Review) Sebagai Layanan Intim Pustakawan Berdasarkan Kepakaran Dan Minat Pemustaka. *Media Informasi*. 28(1), 111-123.
- Willis, C. R., Ames, R. M., Deane, C. S., Phillips, B. E., Boereboom, C. L., Abdulla, H., ... & Etheridge, T. 2020. Network Analysis of Human Muscle Adaptation to Aging and Contraction. *Aging (Albany NY)*. 12(1), 740.
- Yuniarti, E., Des, M., & Indika, P. M. 2021. Difference in F2 Isoprotane Levels in Male Model Mice (*Mus musculus* L.) in Maximum Physical Exercise Without Supplementation. In *3rd KOBICONGRESS, International and National Conferences (KOBICINC 2020)* (pp. 252-255). Atlantis Press.