

**PENGARUH LATIHAN *PLYOMETRIC* TERHADAP PENINGKATAN
KECEPATAN PADA PEMAIN SEPAK BOLA USIA 15 TAHUN**

Muhammad Daffa Ariq¹, Indra Ramadhan²

^{1,2}Program Studi Pendidikan Kepelatihan Olahraga, Fakultas Ilmu Keolahragaan,
Universitas Negeri Semarang, Jawa Tengah, Indonesia

daffadaff1717@students.unnes.ac.id, indraramadhan@mail.unnes.ac.id

ABSTRACT

This study aims to determine the effect of plyometric training on the speed of 15-year-old soccer players at the Asa Mandiri Soccer Academy. The study used a true experiment method with a pretest-posttest control group design. The sample consisted of 23 players divided into experimental and control groups using the matching ordinal pairing technique. Speed was measured using a 30-meter sprint test. The experimental group was given plyometric training in the form of bounding, lateral bounds, and horizontal jumps for 6 weeks, while the control group underwent routine training. Data analysis used descriptive statistics, paired sample t-test and independent sample t-test. The results of the prerequisite test showed that the data were normally distributed with a significance value of $0.691 > 0.05$ and homogeneous with a significance value of $0.446 > 0.05$. The results of the paired sample t-test showed a significant increase in speed in the experimental group with a significance value of $0.001 < 0.05$. However, the results of the independent sample t-test showed no significant difference between the experimental and control groups in the posttest with a significance value of $0.938 > 0.05$. It can be concluded that plyometric training can improve sprint speed in 15-year-old soccer players. For more accurate and optimal results, further research should utilize a larger sample size, longer training sessions, and a wider variety of exercises.

Keywords: *Speed, soccer player, plyometric, 30 meter sprint*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh latihan plyometric terhadap kecepatan pemain sepak bola usia 15 tahun di Akademi Sepak Bola Asa Mandiri. Penelitian menggunakan metode true eksperimen dengan desain pretest-posttest control group. Sampel berjumlah 23 pemain yang dibagi menjadi kelompok eksperimen dan kontrol menggunakan teknik matching ordinal pairing. Kecepatan diukur menggunakan tes sprint 30 meter. Kelompok eksperimen diberikan latihan plyometric berupa bounding, lateral bounds, dan horizontal jumps selama 6 minggu, sedangkan kelompok kontrol menjalani latihan rutin. Analisis data menggunakan statistik deskriptif, paired sample t-test dan independent sample t-test. Hasil uji prasyarat menunjukkan data berdistribusi normal dengan nilai signifikansi $0,691 > 0,05$ dan homogen dengan nilai signifikansi $0,446 > 0,05$. Hasil paired sample t-test

menunjukkan adanya peningkatan kecepatan yang signifikan pada kelompok eksperimen dengan nilai signifikansi $0,001 < 0,05$. Namun, hasil independent sample t-test menunjukkan tidak terdapat perbedaan signifikan antara kelompok eksperimen dan kontrol pada posttest dengan nilai signifikansi $0,938 > 0,05$. Dapat disimpulkan bahwa latihan plyometric dapat meningkatkan kecepatan sprint pemain sepak bola usia 15 tahun. Agar hasil penelitian lebih akurat dan maksimal, penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan lebih banyak sampel, latihan yang lebih lama, dan variasi latihan yang lebih banyak.

Kata Kunci: Kecepatan, pemain sepak bola, plyometric, sprint 30 meter

A. Pendahuluan

Sepak bola adalah olahraga yang paling diminati di dunia (Lestari, 2021). Tujuan dari masing-masing tim adalah mencetak jumlah gol yang paling banyak ke gawang tim lawan. Pemain sepak bola membutuhkan kondisi fisik yang baik, taktik, dan kerja tim yang baik agar mereka dapat menunjukkan potensi terbaik mereka di pertandingan. Pemain sepak bola modern membutuhkan kekuatan fisik yang kuat karena intensitas pertandingan yang lebih tinggi (Hung, 2023). Pemain harus memiliki kemampuan untuk berlari, melakukan sprint, mengubah arah gerak, dan tetap bergerak dengan baik sepanjang pertandingan. Oleh karena itu, kondisi fisik seorang pemain sangat penting untuk keberhasilan mereka di lapangan (Fitriyah et al., 2024).

Pemain sepak bola harus cepat berpikir dan membuat keputusan

(Zhao, Gu, Zhao, & Mao, 2022). Pemain harus mampu bergerak secara efektif untuk menyerang dan bertahan dalam lingkungan permainan yang dinamis (Ilham et al., 2025). Hal ini menunjukkan bahwa latihan yang direncanakan dan terstruktur sangat penting, terutama untuk pemain usia remaja yang sedang dalam tahap pertumbuhan kemampuan fisik dan teknik mereka. Pemain sepak bola memasuki fase pembinaan yang signifikan pada usia 15 tahun karena perkembangan kemampuan biomotor seperti kekuatan, daya tahan, kelincahan, dan kecepatan (Pratama, & Prastiwi, 2021). Memberikan bimbingan yang tepat pada usia ini dapat membantu meningkatkan kinerja pemain (Morris-Eyton, & Kubayi, 2025). Oleh karena itu, pelatih harus menyediakan program latihan yang sesuai dengan kebutuhan pemain untuk

meningkatkan kemampuan fisik mereka, terutama kecepatan. Kemampuan pemain sepak bola sangat bergantung pada kondisi fisik mereka (Dameria, Permono, Suratman, & Yudhistira, 2023). Pemain dengan kondisi fisik yang baik akan lebih mudah menggunakan strategi dan teknik dalam permainan daripada pemain dengan kondisi fisik yang buruk (Arridho, Padli, Arwandi, & Yenes, 2021). Faktor biomotor seperti kekuatan, daya tahan, kelincahan, koordinasi, fleksibilitas, kekuatan, dan kecepatan adalah komponen fisik yang diperlukan untuk bermain sepak bola (Mulyadi, Komarudin, Sartono, & Novian, 2021).

Permainan sepak bola berlangsung dengan yang sangat cepat sehingga pemain harus terus bergerak selama pertandingan. Berlari, melompat, sprint, dan mengubah arah gerak membutuhkan kemampuan fisik yang baik (Putera et al., 2023). Oleh karena itu, untuk meningkatkan kemampuan pemain, latihan kondisi fisik harus direncanakan secara khusus. Karena pemain sedang dalam fase pertumbuhan dan perkembangan fisik yang sangat cepat pada usia 15 tahun, latihan kondisi fisik sangat

penting bagi mereka (Pamungkas, & Komarudin, 2023). Kemampuan biomotor pemain mulai berkembang pada usia ini, jadi latihan yang tepat dapat membantu meningkatkan kinerja mereka, terutama dalam hal kecepatan (Gryko, 2021).

Salah satu aspek kondisi fisik yang sangat penting dalam permainan sepak bola adalah kecepatan. Kecepatan adalah kemampuan seseorang untuk bergerak atau berpindah dengan cepat (Nasrulloh, & Yuniana, 2021). Kemampuan pemain untuk berlari dan bertahan dalam permainan sepak bola sangat dipengaruhi oleh kemampuan mereka. Pemain yang cepat dapat mengejar bola, melewati lawan, mencari celah, dan menghentikan serangan lawan. Selain itu, dalam permainan sepak bola modern, pemain diminta untuk melakukan sprint berulang dengan intensitas tinggi. Oleh karena itu, kecepatan sangat penting bagi pemain sepak bola. Pada usia 15 tahun, peningkatan kecepatan harus diperhatikan karena saat ini pemain mengalami perkembangan fisik yang baik (Trulíková, & Vavák, 2025). Dengan latihan yang tepat, kecepatan pemain

dapat ditingkatkan sehingga mereka lebih baik dalam pertandingan.

Pengamatan yang dilakukan pada pemain sepak bola usia 15 tahun di AsaMandiri Football Academy menunjukkan bahwa ada beberapa pemain yang tidak memiliki kecepatan yang ideal. Permasalahan tersebut tidak hanya terlihat secara visual, tetapi juga diperkuat oleh data hasil pengukuran melalui tes sprint 30 meter yang telah dilakukan terhadap seluruh pemain usia 15 tahun di AsaMandiri football Academy yang berjumlah 23 orang. Hasil menunjukkan bahwa 2 pemain (8,7%) termasuk dalam kategori sangat baik, 5 pemain (21,7%) termasuk dalam kategori baik, 7 pemain (30,4%) termasuk dalam kategori kurang, dan 9 pemain (39,1%) termasuk dalam kategori sangat kurang. Hasil observasi tes sprint 30 meter menunjukkan bahwa kecepatan beberapa pemain masih sangat kurang. Hasilnya menunjukkan bahwa beberapa pemain memiliki kecepatan yang lebih rendah daripada standar kecepatan pemain usia 15 tahun. Penelitian dilakukan pada semua pemain usia 15 tahun karena mereka memiliki usia dan program latihan yang sama. Kemudian mereka dibagi

menjadi kelompok eksperimen dan kontrol untuk mengetahui apakah latihan plyometric berdampak pada peningkatan kecepatan. Hasilnya menunjukkan bahwa latihan yang tepat dan sistematis masih diperlukan untuk meningkatkan kecepatan pemain agar mereka dapat bermain sepak bola dengan lebih baik.

Pemain dapat kehilangan kecepatan karena berbagai alasan, termasuk latihan yang tidak dioptimalkan, kekurangan latihan yang ditujukan untuk meningkatkan kecepatan, dan kekurangan kekuatan otot tungkai. Selain itu, latihan yang diberikan masih lebih banyak berfokus pada teknik permainan daripada metode latihan khusus yang dimaksudkan untuk meningkatkan kemampuan sprint pemain. Performa pemain dalam pertandingan dapat menurun jika situasi tersebut tidak diperbaiki. Pemain akan kesulitan mengejar bola dengan cepat dan tidak maksimal saat menyerang dan bertahan. Oleh karena itu, dibutuhkan program latihan yang dapat membantu pemain meningkatkan kecepatan mereka secara optimal.

Latihan fisik yang direncanakan dengan baik dapat membantu pemain sepak bola menjadi lebih cepat.

Bahwa program latihan yang efektif dapat membantu pemain meningkatkan kemampuan gerak, kekuatan otot, dan kemampuan pemain untuk sprint saat bertanding (Foqha et al., 2023). Karena kecepatan sangat bergantung pada kemampuan otot tungkai untuk menghasilkan gerakan cepat dan kuat, latihan fisik yang bertujuan untuk meningkatkan kecepatan harus berfokus pada peningkatan kemampuan eksplosif otot tungkai. Oleh karena itu, untuk membantu meningkatkan kecepatan pemain sepak bola usia 15 tahun, diperlukan program latihan yang efektif.

Plyometric adalah jenis latihan yang dapat digunakan untuk meningkatkan kecepatan. Plyometric adalah latihan menggunakan gerakan kekuatan dan kecepatan secara eksplosif untuk meningkatkan kekuatan otot (Yudi & Anggara, 2021). Sepak bola adalah salah satu jenis olahraga yang membutuhkan kemampuan lompatan dan sprint yang banyak digunakan (Putra, 2023). Untuk meningkatkan kemampuan power pada otot tungkai, latihan plyometric melibatkan kontraksi otot yang cepat. Bounding, lateral bounds, dan horizontal jumps adalah beberapa

jenis latihan plyometric yang digunakan. Latihan ini melatih otot tungkai untuk membuat gerakan yang lebih cepat dan kuat (Haetami & Awanis, 2021a). Ini akan membantu pemain meningkatkan kemampuan mereka untuk sprint.

Menurut penelitian sebelumnya, latihan plyometric meningkatkan kekuatan dan kecepatan otot tungkai (Haetami & Awanis, 2021). Penelitian terdahulu, latihan plyometric dapat meningkatkan kemampuan sprint karena melatih kontraksi otot secara eksplosif (Mustofa, & Fatchurohmah, 2019). Selain itu, penelitian menunjukkan bahwa latihan plyometric secara teratur meningkatkan hasil sprint atlet (Kons et al., 2023). Studi lain juga menemukan bahwa latihan plyometric bermanfaat bagi atlet usia remaja karena dapat meningkatkan kemampuan biomotor mereka, terutama kecepatan dan kekuatan (Ramirez-Campillo et al., 2023). Dengan itu, latihan plyometric adalah salah satu cara terbaik untuk meningkatkan kecepatan pemain sepak bola.

Jenis sampel, usia pemain, jenis latihan, dan durasi latihan yang digunakan adalah beberapa variabel

yang membedakan penelitian ini dari penelitian sebelumnya yang membahas pengaruh latihan plyometric terhadap kemampuan kecepatan. Selain itu, masih ada sedikit penelitian yang dilakukan mengenai dampak latihan plyometric terhadap pemain sepak bola usia 15 tahun. Ini terutama berlaku untuk pemain yang dilatih di usia muda. Penelitian ini berbeda dari penelitian sebelumnya karena menggunakan subjek pemain sepak bola berusia 15 tahun yang diberi program latihan plyometric yang disesuaikan dengan karakteristik pemain. Dengan itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan lebih banyak informasi tentang seberapa efektif latihan plyometric untuk meningkatkan kecepatan pemain sepak bola usia lima belas tahun.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana latihan plyometric memengaruhi kecepatan pemain sepak bola usia 15 tahun di Akademi Sepak Bola AsaMandiri. Selain itu, tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi perbedaan kemampuan kecepatan individu sebelum dan sesudah menerima perlakuan latihan. Ini diukur dengan melakukan tes sprint 30 meter.

Dengan penelitian ini kita dapat mengetahui sejauh mana latihan plyometric efektif dalam meningkatkan aspek kecepatan pemain. Diharapkan hasil penelitian ini akan membantu pelatih membuat program latihan yang lebih tepat, terarah, dan sesuai dengan pemain usia remaja.

Naskah menggunakan bahasa Indonesia. Naskah diketik dengan menggunakan huruf Arial (Microsoft Word) dengan ukuran 12 point pada kertas ukuran A4, dengan spasi 1,5, kemudian teks dibagi menjadi dua kolom, dengan batas kertas yaitu sebagai berikut : batas kiri dan atas 30 mm, batas kanan dan bawah 25 mm.

Pada bagian ini jelaskanlah bagian dasar dari artikel yang ditulis, yang mencakup uraian singkat tentang latar belakang, permasalahan penelitian, tujuan penelitian dan manfaat penelitian yang didalamnya mencakup mendeskripsikan fenomena permasalahan yang diamati, kondisi nyata yang diperoleh yang dapat ditunjang dengan beberapa teori. Bagian selanjutnya dapat dipaparkan data-data ataupun fakta-fakta yang mendukung penelitian maupun gagasan pemikiran. Kemudian dapat

dipaparkan fokus permasalahan dan tujuan dilakukannya penelitian.

Bagian-bagian yang dimaksud di atas tidak harus diuraikan dalam bentuk poin-poin terpisah. Ketajaman bagian ini merupakan pondasi bagi reviewer untuk menilai naskah yang dikirim.

B. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif dengan pendekatan true eksperimen. Desain penelitian yang digunakan adalah pretest-posttest control group design. Purposive sampling adalah metode sampling yang digunakan. Penelitian ini mencakup seluruh pemain sepak bola AsaMandiri Football Academy berusia 15 tahun yang memenuhi kriteria penelitian. Pemain yang memenuhi kriteria penelitian adalah sampel penelitian. Untuk memastikan bahwa kemampuan awal kelompok eksperimen dan kontrol tetap seimbang, penelitian ini membagi kelompok menggunakan teknik matching ordinal pairing.

Populasi dalam penelitian ini yaitu pemain sepak bola AsaMandiri football academy. Sampel penelitian berjumlah 23 pemain dalam sampel

penelitian di bagu menjadi 2 kelompok. 11 pemain dalam kelompok eksperimen dan 12 pemain dalam kelompok kontrol. Teknik sampling yang digunakan adalah purposive sampling, yaitu pengambilan sampel berdasarkan kriteria tertentu, sehingga sampel yang dipilih merupakan pemain sepak bola AsaMandiri Football Academy usia 15 tahun yang aktif mengikuti latihan. Untuk mengetahui kemampuan awal penelitian seimbang, kelompok eksperimen dan kontrol dibagi menggunakan teknik matching ordinal pairing. Kelompok eksperimen menerima latihan plyometric yang mencakup bounding, lateral bounds, dan horizontal jumps, sedangkan kelompok kontrol menerima latihan rutin. Kedua kelompok di berikan tes 30 meter sebelum dan sesudah treatment sebagai pretest dan posttest untuk mengetahui perubahan kemampuan kecepatan sprint setelah progam latihan di berikan.

Pengumpulan data pada penelitian ini melalui metode tes. Instrument yang digunakan dalam penelitian ini adalah tes sprint 30 meter untuk mengukur kecepatan (Woll, & Rumpf, 2019). Adapun norma tes sprint 30 meter terdapat pada

Tabel 1. Tes sprint 30 meter memiliki validitas dan reliabilitas yang baik, dengan nilai ICC 0,77–0,98 dan CV 0,5–10,9% (Altmann,2019).

Tabel 1. Norma sprint 30 meter

Kategori	Waktu
Sangat Baik	≤ 4,30 detik
Baik	4,31 – 4,80 detik
Kurang	4,81 – 5,20 detik
Sangat Kurang	> 5,20 detik

Data dikumpulkan pertama kali menggunakan teknik purposive sampling pada pemain sepak bola usia 15 tahun. Penelitian dimulai dengan tes pretest 30 meter untuk mengukur kemampuan awal kecepatan semua pemain sepak bola berusia 15 tahun. Setiap pemain melakukan tes lari sprint sejauh 30 meter. Waktu tempuh mereka dicatat sebagai data awal penelitian. Setelah mengumpulkan semua data pretest, pemain diurutkan menurut nilai tertinggi hingga terendah. Kemudian, untuk memastikan bahwa kemampuan awal masing-masing kelompok seimbang, kelompok eksperimen dan kontrol dibagi menjadi dua kelompok. Ini dilakukan dengan menggunakan teknik matching ordinal pairing dengan pola ABBA.

Setelah pembagian kelompok selesai, kelompok eksperimen diberikan treatment dengan latihan plyometric yang mencakup bounding, lateral bounds, dan horizontal jumps. Sementara itu, kelompok kontrol menerima latihan biasa. Program latihan dilakukan selama 6 minggu, dengan 3 set setiap latihan. Ada peningkatan jumlah repetisi mulai dari 5 repetisi hingga 10 repetisi. Ada waktu istirahat 30 detik dan 1 menit antara repetisi, dan durasi latihan adalah antara 15 dan 20 menit per sesi. Pengawasan latihan dilakukan sesuai prosedur selama treatment.

Setelah seluruh treatment selesai, kedua kelompok diberikan tes posttest 30 meter. Tes ini dilakukan dengan cara yang sama seperti tes pretest. Hasil posttest kemudian dibandingkan dengan hasil pretest untuk mengetahui apakah ada perubahan atau peningkatan kecepatan sprint setelah latihan plyometric diberikan.

Tujuan analisis data penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana latihan plyometric berdampak pada kecepatan lari yang lebih tinggi yang dimiliki pemain sepak bola usia 15 tahun. Hasil pretest dan posttest tes sprint 30 meter untuk

kelompok eksperimen dan kontrol digunakan.

Pada tahap awal, uji prasyarat analisis dilakukan. Uji normalitas dilakukan menggunakan metode Shapiro-Wilk untuk mengetahui apakah data berdistribusi normal, dan uji homogenitas dilakukan menggunakan Levene Test untuk memastikan bahwa varian kedua kelompok adalah homogen. Sebelum pengujian hipotesis parametrik dilakukan, uji persyaratan ini penting dilakukan (Sianturi, 2022). lalu dilakukan uji hipotesis menggunakan uji t. Uji *paired sample t-test* digunakan untuk mengetahui perbedaan hasil pretest dan posttest pada masing-masing kelompok, sedangkan uji *independent sample t-test* digunakan untuk mengetahui perbedaan peningkatan antara kelompok eksperimen yang diberikan latihan plyometric dan kelompok kontrol yang tidak diberikan perlakuan. Uji t ini sesuai digunakan untuk membandingkan dua kelompok dan mengevaluasi pengaruh perlakuan pada desain eksperimen (Radhiah, 2023). Selain itu, persentase peningkatan atau gain dihitung untuk memperkuat hasil analisis dan menentukan seberapa

besar peningkatan kecepatan lari yang dihasilkan oleh perlakuan. Semua tes dijalankan dengan taraf signifikansi 0,05.

C. Hasil Penelitian

Hasil penelitian ini didasarkan pada data dari tes lari 30 meter yang dilakukan pada pemain sepak bola usia 15 tahun di AsaMandiri Football Academy. Pretest dilakukan sebelum treatment, diikuti oleh posttest setelah kelompok eksperimen menerima program pelatihan plyometric. Sementara itu, kelompok kontrol menjalani program pelatihan standar tanpa treatment plyometric tambahan. Data dianalisis untuk menguji dampak latihan plyometric terhadap peningkatan kecepatan lari cepat. Sebelum pengujian hipotesis, tes analitik prasyarat, seperti tes normalitas dan homogenitas, dilakukan untuk memastikan bahwa data memenuhi kriteria untuk analisis parametrik. Setelah semua kondisi terpenuhi, analisis dilanjutkan dengan *independent sample t test* dan *paired sample t test*.

Uji statistik deskriptif dilakukan pada hasil pretest dan posttest kelompok eksperimen dan kontrol untuk memberikan gambaran tentang

data penelitian. Uji ini digunakan untuk mengetahui nilai rata-rata, standar deviasi, nilai terendah, dan nilai tertinggi pada setiap kelompok sebelum dan sesudah treatment diberikan.

Tabel 1. Hasil Uji Statistik Deskriptif

Var	Kelompok	N	M	M	Me	Std. Deviation
Pret est	Eksperimen	1	6	51	165	205.411
	Kontrol	1	5	58	166	218.247
Post test	Eksperimen	1	4	52	283	226.009
	Kontrol	1	5	52	300	231.749

Tabel 1, Hasil uji statistik deskriptif menunjukkan bahwa data pretest kelompok eksperimen memiliki rata-rata 165,55, dengan standar deviasi 205,411, skor terendah 6, dan skor tertinggi 518; data kelompok kontrol memiliki rata-rata 166,00, dengan standar deviasi 218,247, skor terendah 5, dan skor tertinggi 585. Hasil menunjukkan bahwa kemampuan awal kedua kelompok sebelum treatment hampir sama. Pada data posttest kelompok eksperimen memperoleh mean 283,45 dengan standar deviasi 226,009, sedangkan kelompok kontrol memperoleh mean

300,08 dengan standar deviasi 231,749. Hasil ini menunjukkan bahwa kedua kelompok mengalami peningkatan nilai rata-rata setelah perlakuan dan latihan. Oleh karena itu, data dapat dilanjutkan untuk uji prasyarat dan hipotesis. Tabel 2, menunjukkan kategori penilaian di mana hasil penelitian dilihat.

Tabel 2. Hasil Posttest Sprint 30 Meter Kelompok Treatment

Kategori	F	%
Sangat baik	1	9,09
Baik	5	45,45
kurang	3	27,27
Sangat Kurang	2	18,18
Total	11	100

Kelompok Kontrol		
Kategori	F	%
Sangat baik	0	0,00
Baik	7	58,33
kurang	4	33,33
Sangat Kurang	1	8,33
Total	12	100

Berdasarkan tabel 2, Hasil posttest menunjukkan bahwa 5 pemain dalam kelompok treatment berada dalam kategori Baik (45,45%), 3 pemain dalam kategori Kurang (27,27%), 2 pemain dalam kategori Sangat Kurang (18,18%), dan 1

pemain dalam kategori Sangat Baik (9,09%). Sementara itu, kelompok kontrol terdiri dari 7 pemain dalam kategori Baik (58,33%), 4 pemain dalam kategori Kurang (33,33%) dan 1 pemain dalam kategori Sangat Kurang (8,33%), tanpa pemain dalam kategori Sangat Baik. Hasil menunjukkan bahwa sebagian besar pemain di kedua kelompok memiliki kemampuan sprint yang baik. Namun, ada pemain di kelompok treatment yang mencapai kategori sangat baik, yang menunjukkan bahwa latihan plyometric lebih baik daripada latihan reguler untuk kelompok kontrol.

Uji normalitas dilakukan untuk memastikan apakah data penelitian terdistribusi secara teratur. Teknik Shapiro-Wilk digunakan untuk menilai normalitas. Karena sensitivitasnya yang tinggi dalam mengidentifikasi distribusi data, uji Shapiro-Wilk lebih disukai untuk sampel kecil. Analisis mencakup skor pretest dan posttest untuk kedua kelompok eksperimen dan kontrol. Nilai signifikansi (Sig.) lebih besar dari 0,05 menunjukkan bahwa data terdistribusi secara teratur. Jika tingkat signifikansi kurang dari 0,05, data disebut tidak terdistribusi secara normal.

Tabel 3. Hasil Uji Normalitas

Var	Kelompok	Stat	df	Sig	Keterangan
Pretest	Eksperimen	0.954	11	0.691	Normal
	Kontrol	0.960	22	0.784	Normal
Posttest	Eksperimen	0.928	11	0.392	Normal
	Kontrol	0.980	22	0.885	Normal

Tabel 3, Uji normalitas untuk data pretest kelompok eksperimen menghasilkan nilai signifikansi sebesar 0,691. Angka ini lebih besar dari tingkat signifikansi 0,05, menunjukkan bahwa data pretest kelompok eksperimen terdistribusi normal.

Uji homogenitas dilakukan setelah uji normalitas untuk memastikan bahwa data penelitian terdistribusi secara normal. Uji homogenitas menentukan apakah varians pada kelompok eksperimen dan kontrol serupa atau homogen. Pengujian homogenitas diperlukan sebelum menggunakan analisis parametrik, khususnya independent sample t test. Dalam penelitian ini, uji homogenitas dilakukan menggunakan Uji Levene untuk Kesetaraan Varians. Data dianggap homogen jika tingkat signifikansi (Sig.) lebih besar dari 0,05. Sebaliknya, jika nilai signifikansi

kurang dari 0,05, data disebut tidak homogen.

Tabel 4. Hasil Uji Homogenitas

Var	F	Sig.	Keterangan
Pretest	0.603	0.446	Homogen
Posttest	0.020	0.888	Homogen

Menurut Tabel 4, temuan uji homogenitas untuk data pretest memiliki nilai F sebesar 0,603 dan tingkat signifikansi 0,446. Tingkat signifikansi ini melebihi 0,05, menunjukkan bahwa varians data pretest di seluruh kelompok eksperimen dan kontrol seragam. Ini menunjukkan bahwa kedua kelompok memiliki tingkat variabilitas data yang sebanding sebelum menerima treatment. Selanjutnya, temuan uji homogenitas untuk data posttest menunjukkan nilai F sebesar 0,020 dan tingkat signifikansi 0,888. Data tersebut sesuai untuk pengujian hipotesis melalui analisis parametrik, khususnya independent sample t test dengan asumsi varians yang sama.

Paired sample t test digunakan untuk membandingkan perbedaan kecepatan lari cepat antara hasil pretest dan posttest peserta penelitian setelah treatment. Uji ini digunakan untuk melihat apakah ada perbedaan

kemampuan lari cepat sebelum dan sesudah program latihan.

Tabel 5. Hasil Uji Paired

Sample t Test

Var	T hit un g	D f	Sig.(2- tailed)	Mean Differen ces
Pretest- posttest treatment	4,2 52	1 1	0,001	0,3600
Pretest- posttest kontrol	3,4 29	1 1	0,006	0,33917

Hasil Tabel 5, Kelompok eksperimen mencapai nilai signifikansi $0,001 < 0,05$, dengan nilai t terhitung sebesar 4,252. Hasil ini menunjukkan perbedaan signifikan antara hasil pretest dan posttest pada kelompok eksperimen. Perbedaan rata-rata sebesar 0,3600 menunjukkan peningkatan kemampuan sprint setelah latihan plyometric. Selanjutnya, kelompok kontrol mencapai nilai signifikansi $0,006 < 0,05$, dengan nilai t terhitung sebesar 3,429. Hasil ini menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan antara hasil pretest dan posttest pada kelompok perlakuan setelah program latihan standart. Perbedaan rata-rata sebesar 0,33917 menunjukkan tidak ada peningkatan kecepatan sprint.

Uji independent sample t test digunakan untuk mengevaluasi hipotesis. Uji ini dirancang untuk melihat apakah ada perbedaan kemampuan kecepatan lari rata-rata antara kelompok eksperimen yang menerima pelatihan plyometric dan kelompok kontrol yang menerima pelatihan biasa. Uji dilakukan menggunakan data pretest dan posttest. Analisis data pretest digunakan untuk membandingkan kemampuan awal kedua kelompok sebelum treatment. Sementara itu, analisis data posttest dilakukan untuk melihat apakah ada perubahan hasil kemampuan lari setelah kelompok eksperimen menjalani pelatihan plyometric. Dalam independent sample t test, pilihan dibuat berdasarkan nilai signifikansi (Sig. 2-tailed) yang lebih besar dari 0,05, menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan antara kelompok. Sebaliknya, jika nilai p kurang dari 0,05, kedua kelompok berbeda secara signifikan.

Tabel 6. Hasil Uji Independent
Sample t Test

Var	T hitung	Df	Sig.(2- tailed)	Mean Differences
-----	-------------	----	--------------------	---------------------

Pretest	0,151	21	0,882	0,03568
Posttest	-0,079	21	0,938	-0,00879

Tabel 6, Dari hasil pretest memiliki tingkat signifikansi 0,882 > 0,05, menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan dalam kemampuan awal antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa kedua kelompok memiliki keterampilan dasar yang hampir identik sebelum treatment. Selanjutnya, hasil posttest 0,938 > 0,05, menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol setelah treatment.

D. Pembahasan

Tujuan penelitian ini adalah untuk melihat apakah latihan plyometric membantu pemain sepak bola usia 15 tahun di AsaMandiri Football Academy meningkatkan kecepatan mereka. Analisis data menunjukkan bahwa semua data penelitian memenuhi standar normalitas dan homogenitas, sehingga sesuai untuk pengujian parametrik. Hasil uji normalitas dan homogenitas ini menunjukkan bahwa data posttest kelompok eksperimen

normal, karena memiliki tingkat signifikansi lebih besar dari 0,05. Selanjutnya, uji independen t test maupun uji paired t test dapat digunakan untuk menganalisis data penelitian dengan memenuhi asumsi normalitas. Untuk mengetahui apakah latihan plyometric berdampak pada kecepatan lari pemain, hipotesis diuji dengan uji t independent dan berpasangan. Hasil Independent sample t test pada data pra-uji tidak menghasilkan nilai signifikan sebesar $0,882 > 0,05$. Temuan ini menunjukkan bahwa kinerja dasar tidak berbeda secara signifikan antara kelompok eksperimen dan kontrol sebelum perlakuan. Hal ini menunjukkan bahwa kedua kelompok memiliki tingkat keterampilan lari cepat yang kurang lebih sebanding sebelum treatment. Dalam penelitian eksperimental, kesamaan kemampuan awal sangat penting karena mengurangi bias penelitian dan menunjukkan bahwa perubahan hasil setelah perawatan benar-benar dipengaruhi oleh treatment daripada perbedaan kemampuan awal antar kelompok.

Independent sample t test pada data posttest menghasilkan $0,938 > 0,05$. Setelah treatment, kelompok

eksperimen dan kelompok kontrol tidak berbeda secara signifikan. dibandingkan dengan kelompok kontrol yang hanya menerima instruksi konvensional, latihan plyometric untuk kelompok eksperimen tidak menghasilkan peningkatan yang signifikan. Beberapa hal dapat memengaruhi hal ini, seperti kondisi fisik pemain yang tidak sepenuhnya ideal saat melakukan posttest, tingkat kelelahan pemain, performa yang kurang baik dari beberapa pemain dalam kelompok eksperimen saat pengambilan data, dan bahwa masing-masing pemain memiliki tingkat adaptasi latihan yang berbeda. Namun, temuan paired sample t test menunjukkan nilai signifikan $0,001 < 0,05$ dan perbedaan rata-rata 0,3600. Hasil ini menunjukkan perbedaan yang signifikan antara skor pretest dan skor posttest setelah treatment. Setelah test, waktu sprint yang lebih singkat menunjukkan bahwa kecepatan peserta meningkat setelah treatment. Dengan itu, pelatihan yang diberikan selama penelitian terus meningkatkan kemampuan sprint pemain sepak bola berusia 15 tahun.

Latihan plyometric, yang berfokus pada meningkatkan

kekuatan eksplosif otot kaki, berfokus pada peningkatan kecepatan lari. Plyometric adalah gaya latihan yang menggunakan gerakan eksplosif dengan cycle stretching. Latihan plyometric meningkatkan kekuatan, akselerasi, dan kecepatan atlet dengan melatih otot untuk menghasilkan kekuatan dengan cepat (Munandar, Hidayat, & Pratama, n.d.). Latihan plyometric menggunakan kontraksi eksentrik dan konsentrik untuk meningkatkan produksi daya dalam waktu yang lebih singkat. Dalam penelitian ini, metode latihan plyometric meliputi bounding, lateral bounds, dan horizontal jumps. Ketiga latihan ini memiliki ciri-ciri yang mirip dengan gerakan lari cepat dalam sepak bola. Bounding meningkatkan panjang langkah dan kekuatan dorong kaki saat berlari. Lateral bounds berfungsi untuk memperkuat otot kaki lateral dan menstabilkan tubuh saat mengubah arah. Dan horizontal meningkatkan kekuatan eksplosif horizontal, yang secara langsung terkait dengan kemampuan akselerasi lari cepat pemain sepak bola.

Keterampilan lari cepat merupakan bagian penting dari kebugaran sepak bola. Pemain sepak bola modern harus cepat dalam

permainan ofensif dan defensif karena sepak bola adalah permainan dengan intensitas tinggi. Pemain sepak bola yang luar biasa berlari dalam pertandingan dengan kecepatan tinggi untuk mengejar bola, membuat ruang, dan mempertahankan area permainan mereka (Santos, Liguori, Morris, & Gibbs, 2025). Kecepatan merupakan aspek penting dalam menentukan performa pemain selama pertandingan. Kemampuan seseorang untuk bergerak dengan cepat dikenal sebagai kecepatan. Kecepatan dipengaruhi oleh banyak faktor, termasuk kekuatan otot, koordinasi motorik, fungsi neurologis, gaya gerakan, dan kemampuan untuk membuat kontraksi otot eksplosif (Lorga, Januário, & Cruz, 2022). Akibatnya, latihan yang bertujuan untuk meningkatkan kecepatan harus memaksimalkan kemampuan neuromuskular dan kekuatan otot kaki. Latihan plyometric berfungsi karena membantu sistem neuromuskular menghasilkan gerakan yang lebih cepat.

Latihan plyometric sering meningkatkan kecepatan lari dan akselerasi dalam beberapa cabang olahraga (Hariyanto, 2022). Latihan plyometric bermanfaat bagi atlet

remaja karena meningkatkan kemampuan biomotorik termasuk kekuatan, kecepatan, dan kelincahan. Latihan plyometric meningkatkan kecepatan lari karena perubahan fisiologis pada otot dan sistem neurologis. Latihan plyometric dapat meningkatkan perekrutan unit motorik, membuat otot dan tendon lebih fleksibel, dan meningkatkan respons neuromuskular selama gerakan eksplosif (Munandar, Hidayat, & Pratama, 2025). Adaptasi ini memungkinkan otot untuk menghasilkan lebih banyak kekuatan dalam waktu yang lebih singkat, yang meningkatkan performa lari cepat atlet.

Pemain sepak bola masih dalam tahap perkembangan fisik remaja ketika mereka berusia 15 tahun. Perkembangan biomotorik seperti kekuatan, kecepatan, koordinasi, dan daya tahan terus tumbuh. Reaksi atlet remaja terhadap latihan berbeda-beda tergantung pada kematangan biologis dan perkembangan fisik mereka (Peña-González, 2025). Hasil adaptasi latihan pemain remaja seringkali sangat berbeda antar individu. Hasil penelitian dipengaruhi oleh faktor fisiologis selain faktor pelaksanaan latihan. Kinerja

plyometric dipengaruhi oleh intensitas latihan, gaya gerakan, waktu pemulihan, dan konsistensi. Dengan latihan yang tepat, kemampuan lari cepat pemain akan meningkat, dengan kecepatan yang ideal. Saat membangun rencana latihan plyometric, pelatih harus mempertimbangkan konsep progresif, spesifisitas, dan pemulihan untuk mencapai hasil yang lebih baik.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa latihan plyometric meningkatkan kecepatan lari pemain sepak bola berusia 15 tahun. Untuk meningkatkan kemampuan lari, kekuatan otot kaki, dan fungsi motorik pemain sepak bola muda, plyometric exercise adalah metode latihan fisik alternatif yang sangat baik. Pelatihan yang sistematis dan progresif, dijalankan secara berkelanjutan dalam jangka waktu yang lebih lama, akan meningkatkan kecepatan pemain idealnya.

D. Kesimpulan

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa plyometric meningkatkan kecepatan sprint pemain sepak bola usia 15 tahun di AsaMandiri Football Academy. Setelah treatment plyometric

diberikan, hasil paired sample t-test menunjukkan peningkatan kemampuan kecepatan yang signifikan antara hasil pretest dan posttest. Hal ini menunjukkan bahwa latihan plyometric seperti bounding, lateral bounds, dan horizontal jumps dapat membantu pemain sprint lebih baik karena meningkatkan kekuatan eksplosif otot tungkai mereka. Namun, hasil independent sample t-test menunjukkan bahwa kelompok eksperimen dan kelompok kontrol setelah treatment tidak berbeda secara signifikan. Faktor-faktor seperti durasi latihan yang relatif singkat, jumlah sampel yang terbatas, kondisi fisik pemain yang tidak ideal setelah latihan, dan variasi dalam kemampuan setiap pemain untuk menyesuaikan diri dengan latihan adalah beberapa dari banyak faktor yang dapat memengaruhi situasi tersebut. Plyometric exercise adalah salah satu jenis latihan yang dapat membantu meningkatkan kecepatan pemain sepak bola usia 15 tahun. Agar penelitian selanjutnya dapat menunjukkan pengaruh latihan dengan lebih jelas, diperlukan lebih banyak sampel, lebih banyak waktu latihan, dan lebih banyak pengawasan terhadap kondisi fisik pemain.

DAFTAR PUSTAKA

- Altmann, S., Ringhof, S., Neumann, R., Woll, A., & Rumpf, M. C. (2019a). Validity and reliability of speed tests used in soccer: A systematic review. *PLOS ONE*, *14*(8), e0220982. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220982>
- Altmann, S., Ringhof, S., Neumann, R., Woll, A., & Rumpf, M. C. (2019b). Validity and reliability of speed tests used in soccer: A systematic review. *PLOS ONE*, *14*(8), e0220982. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220982>
- Arridho, I. Q., Padli, P., Arwandi, J., & Yenes, R. (2021). Kondisi Fisik Pemain Sepak Bola. *Jurnal Patriot*, *3*(4), 340–350. <https://doi.org/10.24036/patriot.v3i4.737>
- Dameria, F. D., Permono, P. S., Suratman, S., & Yudhistira, D. (2023). Analisis teknik dasar dan kondisi fisik pemain bulutangkis usia 11-13. *Multilateral: Jurnal Pendidikan Jasmani dan Olahraga*, *22*(2), 94. <https://doi.org/10.20527/multilateral.v22i2.15251>
- Fernández-Jávega, G., Javaloyes, A., Moya-Ramón, M., & Peña-González, I. (2025). Influence of Biological Maturation on Training Load and Physical Performance Adaptations After a Running-Based HIIT Program in Youth Football. *Applied Sciences*, *15*(13), 6974. <https://doi.org/10.3390/app15136974>
- Fitriyah, N., Widodo, A., Sulistyarto, S., Hartono, S., Subagio, I., Wismanadi, H., & Rizki, A. Z. (2024). Pengembangan Latihan Small-Sided Games Untuk

- Meningkatkan Kemampuan Kondisi Fisik Dan Keterampilan Teknik Passing Control. *Jendela Olahraga*, 9(1), 60–66. <https://doi.org/10.26877/jo.v9i1.17547>
- Foqha, B. M., Schwesig, R., Ltifi, M. A., Bartels, T., Hermassi, S., & Aouadi, R. (2023). A 10-week FIFA 11+ program improves the short-sprint and modified agility T-test performance in elite seven-a-side soccer players. *Frontiers in Physiology*, 14, 1236223. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1236223>
- Gryko, K. (2021). Effect of maturity timing on the physical performance of male Polish basketball players aged 13 to 15 years. *Scientific Reports*, 11(1), 22019. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-01401-4>
- Haetami, M., & Awanis, A. (2021a). Meningkatkan Power Tungkai Melalui Metode Latihan Pliometrik. *Jendela Olahraga*, 6(2), 108–119. <https://doi.org/10.26877/jo.v6i2.8642>
- Haetami, M., & Awanis, A. (2021b). Meningkatkan Power Tungkai Melalui Metode Latihan Pliometrik. *Jendela Olahraga*, 6(2), 108–119. <https://doi.org/10.26877/jo.v6i2.8642>
- Hariyanto, A., Pramono, B. A., Mustar, Y. S., Sholikhah, A. M., & Prilaksono, M. I. A. (2022). *Effect of Two Different Plyometric Trainings on Strength, Speed and Agility Performance*: Presented at the 5th International Conference on Sport Science and Health (ICSSH 2021). Malang, Indonesia. <https://doi.org/10.2991/ahsr.k.220203.017>
- Hung, G. P. (2023). EFFECTIVENESS OF SELECTED PHYSICAL FITNESS EXERCISES FOR MALE FOOTBALL PLAYERS AT LY TU TRONG COLLEGE, HO CHI MINH CITY, VIETNAM. *European Journal of Physical Education and Sport Science*, 10(3). <https://doi.org/10.46827/ejpe.v10i3.5032>
- Ilham, I., Putra, R. A., Orhan, B. E., Nusri, A., Zulaini, Z., Kurniawan, R., ... Geantă, V. A. (2025). The Effect of a Six-Week Intervention Using Small-Sided Games (SSG), Ladder Drill, and Dynamic Balance on Agility of Young Futsal Players. *Physical Education Theory and Methodology*, 25(5), 1237–1247. <https://doi.org/10.17309/tmf.v.2025.5.23>
- Kons, R. L., Orssatto, L. B. R., Ache-Dias, J., De Pauw, K., Meeusen, R., Trajano, G. S., ... Detanico, D. (2023). Effects of Plyometric Training on Physical Performance: An Umbrella Review. *Sports Medicine - Open*, 9(1), 4. <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00550-8>
- Lorga, M., Januário, J. F., & Cruz, C. O. (2022). Housing Affordability, Public Policy and Economic Dynamics: An Analysis of the City of Lisbon. *Journal of Risk and Financial Management*, 15(12), 560. <https://doi.org/10.3390/jrfm15120560>
- Mitašík, P., Cihová, I., Smoliga, J., Trulíková, V., & Vavák, M. (2025). Diagnosis of kinematic parameters of running stride and

- acceleration of U13 and U15 basketball players using Optojump Next device. *Studia Sportiva*, 19(2). <https://doi.org/10.5817/StS2025-2-7>
- Mulyadi, A., Komarudin, K., Sartono, H., & Novian, G. (2021). Meningkatkan Konsentrasi Atlet Sepak Bola melalui Metode Latihan Life Kinetik. *Jurnal Patriot*, 3(4), 387–396. <https://doi.org/10.24036/patriot.v3i4.801>
- Munandar, R. A., Hidayat, T., & Pratama, S. A. (2025). *The Influence Of Training Methods Single Leg Hop And Double Leg Hop Against The Explosive Power Of The Leg Muscles Of PJKR STKIP Yapis Dompus Students*.
- Munandar, R. A., Hidayat, T., & Pratama, S. A. (n.d.). *The Influence Of Training Methods Single Leg Hop And Double Leg Hop Against The Explosive Power Of The Leg Muscles Of PJKR STKIP Yapis Dompus Students*.
- Mustofa, M., Candrawati, S., & Fatchurohmah, W. (2019). Plyometric Training Memperbaiki Kelincahan Otot dan Kecepatan Lari Sprint pada Laki-laki Muda. *Jurnal Kedokteran Brawijaya*, 30(3), 209–213. <https://doi.org/10.21776/ub.jkb.2019.030.03.8>
- Nasrulloh, A., Sumaryanto, S., Prasetyo, Y., Sulistiyono, S., & Yuniana, R. (2021). Comparison of Physical Condition Profiles of Elite and Non-Elite Youth Football Players. *MEDIKORA*, 20(1), 73–83. <https://doi.org/10.21831/medikor.a.v20i1.39547>
- Pamungkas, G., Sumaryanto, S., & Komarudin, K. (2023). The Effect of Weight and Height on the Horizontal Jump of Young Football Players. *International Journal of Multicultural and Multireligious Understanding*, 10(5), 259. <https://doi.org/10.18415/ijmmu.v10i5.4663>
- Prasetyo, H. B., Pratama, D. S., & Prastiwi, B. K. (2021). Analisis Kondisi Fisik dan Teknik Dasar Pemain Sepak Bola Klub Mahardhika Kecamatan Belik Kabupaten Pematang. *Journal of Physical Activity and Sports (JPAS)*, 2(3), 395–403. <https://doi.org/10.53869/jpas.v2i3.89>
- Putera, S. H. P., Setijono, H., Wiriawan, O., Nurhasan, Muhammad, H. N., Hariyanto, A., ... Pranoto, A. (2023). Positive Effects of Plyometric Training on Increasing Speed, Strength and Limb Muscles Power in Adolescent Males. *Physical Education Theory and Methodology*, 23(1), 42–48. <https://doi.org/10.17309/tmf.v2023.1.06>
- Putra, A. R. (2023). EFEKTIFITAS LATIHAN LATERAL BOUND DAN SCISSORS JUMP TERHADAP KECEPATAN DRIBBLE PADA PEMAIN SEPAKBOLA BINA SATRIA MAYONG 2021. *Unnes Journal of Sport Sciences*, 7(1), 31–35. <https://doi.org/10.15294/ujoss.v7i1.60113>
- Ramirez-Campillo, R., Sortwell, A., Moran, J., Afonso, J., Clemente, F. M., Lloyd, R. S., ... Granacher, U. (2023). Plyometric-Jump Training Effects on Physical Fitness and Sport-Specific Performance According to

- Maturity: A Systematic Review with Meta-analysis. *Sports Medicine - Open*, 9(1), 23. <https://doi.org/10.1186/s40798-023-00568-6>
- Santos, S. C., Liguori, E. W., Morris, M. H., & Gibbs, S. R. (2025). A racial identity approach to entrepreneurship: The lived experiences of African American and Black entrepreneurs. *Small Business Economics*, 64(2), 599–623. <https://doi.org/10.1007/s11187-024-00909-z>
- Sianturi, R. (2022). Uji homogenitas sebagai syarat pengujian analisis. *Jurnal Pendidikan, Sains Sosial, dan Agama*, 8(1), 386–397. <https://doi.org/10.53565/pssa.v8i1.507>
- Steenbok, W., Morris-Eyton, H., & Kubayi, A. (2025). An investigation into the player development pathway among youth soccer players in South Africa. *South African Journal of Sports Medicine*, 37(1). <https://doi.org/10.17159/2078-516X/2025/v37i1a20183>
- Wijaya, O. G. M., Meiliana, M., & Lestari, Y. N. (2021). PENTINGNYA PENGETAHUAN GIZI UNTUK ASUPAN MAKAN YANG OPTIMAL PADA ATLET SEPAK BOLA. *Nutrizione: Nutrition Research And Development Journal*, 1(2), 22–33. <https://doi.org/10.15294/nutrizione.v1i2.51832>
- Yudi, A. A., & Anggara, D. (2021). Plyometrics Exercise Effects Volleyball Athlete Smash Ability: *Proceedings of the 1st International Conference on Sport Sciences, Health and Tourism (ICSSHT 2019)*. Presented at the 1st International Conference on Sport Sciences, Health and Tourism (ICSSHT 2019). Padang, Indonesia: Atlantis Press. <https://doi.org/10.2991/ahsr.k.210130.006>
- Zhao, J., Gu, Q., Zhao, S., & Mao, J. (2022). Effects of video-based training on anticipation and decision-making in football players: A systematic review. *Frontiers in Human Neuroscience*, 16, 945067. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2022.945067>
- Zuhdi Nasution, M. A., Anwar, S., & Radhiah, R. (2023). Penerapan Metode Dynamic Time Warping dan Clustering Dalam Evaluasi Kondisi Permukaan Jalan (Contoh Jalan USAID Aceh). *Jurnal Teknik Sipil*, 30(3), 405–418. <https://doi.org/10.5614/jts.2023.30.3.9>