

EFEKTIVITAS TERAPI LATIHAN TERHADAP POSTURAL, KESEIMBANGAN, DAN KEKUATAAN OTOT HAMSTRING

Oleh:

Dias Januar Rizki¹

Dini Nur Alpiah²

Universitas Binawan

Alamat: JL. Dewi Sartika No.25-30, Kalibata, Kec. Kramat jati, Kota Jakarta Timur,
Daerah Khusus Ibukota Jakarta (13630).

Korespondensi Penulis: 022411003@student.binawan.ac.id, dininuralviah@gmail.com.

Abstract. *Athletes frequently experience non-contact injuries, particularly in sprinting sports, and hamstring strains (HSIs) are among the most common. Multiple risk factors, including decreased eccentric hamstring strength, decreased fascicle length of the long head of the biceps femoris, and decreased flexibility, are common causes of these injuries. This suggests that effective prevention and rehabilitation approaches are needed to reduce the likelihood of initial injury and re-injury. The purpose of this study was to conduct a comprehensive analysis of the extent to which various types of exercise and therapeutic interventions can improve hamstring function and reduce the risk of hamstring strain. The method used was a literature review evaluating ten experimental research articles and randomized trials. The articles discussed various interventions, including eccentric exercise (such as Nordic hamstring strain), flywheel resistance training, conventional exercise, and supportive rehabilitation techniques for athletes with and without a history of hamstring injury.*

Keywords: *Hamstring Strain Injury, Eccentric Exercise, Flywheel Training, Nordic Hamstring Exercise, Injury Prevention.*

Abstrak. *Atlet paling sering mengalami cedera nonkontak, terutama dalam olahraga yang melibatkan lari cepat, dan cedera otot hamstring (HSI) adalah salah satu yang paling umum. Berbagai faktor risiko, termasuk penurunan kekuatan eksentrik pada otot*

Received December 27, 2025; Revised January 17, 2025; January 29, 2026

*Corresponding author: 022411003@student.binawan.ac.id

EFEKTIVITAS TERAPI LATIHAN TERHADAP POSTURAL, KESEIMBANGAN, DAN KEKUATAAN OTOT HAMSTRING

hamstring, penurunan panjang fasikulus dari kepala panjang *biceps femoris*, dan penurunan fleksibilitas, adalah penyebab umum cedera ini. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan pencegahan dan rehabilitasi yang efektif diperlukan untuk mengurangi kemungkinan cedera awal dan cedera ulang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan analisis menyeluruh tentang sejauh mana berbagai jenis intervensi latihan dan terapi dapat meningkatkan fungsi otot hamstring serta mengurangi risiko cedera *hamstring strain*. Metode yang digunakan adalah studi tinjauan literatur yang mengevaluasi sepuluh artikel penelitian eksperimental dan percobaan teracak. Artikel tersebut membahas berbagai intervensi, termasuk latihan eksentrik (seperti latihan *hamstring Nordic*), pelatihan resistensi *flywheel*, latihan konvensional, dan teknik rehabilitasi pendukung untuk atlet yang memiliki atau tidak memiliki catatan cedera hamstring.

Kata Kunci: Cedera Otot Hamstring, Latihan Eksentrik, Latihan Menggunakan Roda Gila (*Flywheel*), Latihan *Hamstring Nordic*, Pencegahan Cedera.

LATAR BELAKANG

Salah satu cedera otot nonkontak yang paling umum terjadi pada atlet, khususnya pada olahraga yang melibatkan lari berkecepatan tinggi seperti sepak bola, rugby, dan atletik, adalah *hamstring strain injury* (HSI). Dilaporkan bahwa cedera HSI menyumbang sebagian besar cedera olahraga, menyebabkan penurunan performa atletik dan waktu yang lebih lama dihabiskan di pertandingan dan latihan (Ekstrand et al., 2016; Ekstrand et al., 2022). Selain itu, cedera berulang sering terjadi dalam waktu beberapa bulan setelah atlet kembali berolahraga (Opar et al., 2012; Green et al., 2020). Faktor yang paling signifikan yang meningkatkan kemungkinan mengalami cedera ulang adalah cedera hamstring sebelumnya (Green et al., 2020). Atlet dengan riwayat HSI menunjukkan penurunan kekuatan eksentrik fleksor lutut hingga berbulan-bulan setelah cedera, meskipun mereka telah menyelesaikan rehabilitasi (Ribeiro-Alvares et al., 2021; Opar et al., 2015). Selain itu, atlet yang memiliki riwayat cedera hamstring juga sering mengalami perubahan arsitektur otot. Perubahan ini terutama mencakup pemendekan panjang *fasikulus biceps femoris long head* dan terkait dengan peningkatan risiko cedera (Timmins et al., 2015; de Lima-e-Silva et al., 2020). Dua variabel yang secara konsisten dilaporkan berhubungan dengan kemungkinan mengalami cedera hamstring adalah

kekuatan eksentrik fleksor lutut dan panjang *fascikulus biceps femoris long head*. Studi prospektif menunjukkan bahwa pada atlet berprestasi tinggi, kelemahan kekuatan eksentrik dan fasikulus yang lebih pendek meningkatkan kemungkinan cedera hamstring (Bourne et al., 2015; Timmins et al., 2016; Lee et al., 2018). Kondisi ini membuat otot *hamstring* lebih sensitif terhadap stres mekanik selama fase eksentrik dari latihan sprint dan perubahan arah yang cepat. Untuk mengejar faktor risiko yang dapat diubah tersebut, berbagai pendekatan pencegahan dan rehabilitasi telah dikembangkan. Karena telah terbukti meningkatkan kekuatan eksentrik dan menurunkan insiden cedera hamstring secara signifikan, latihan eksentrik, terutama latihan *hamstring Nordic*, telah banyak direkomendasikan (Mjølsnes et al., 2004; van Dyk et al., 2019; Medeiros et al., 2020). Namun, kepatuhan atlet dan perbedaan dalam respons adaptasi otot antar individu adalah beberapa kendala dalam penerapan latihan ini (Opar et al., 2015). *Resistance flywheel training* telah menjadi tren baru dalam beberapa tahun terakhir. Ini adalah jenis latihan yang memiliki kemampuan untuk memberikan *overload* eksentrik yang lebih besar daripada jenis latihan konvensional. Ini disebabkan oleh prinsip inersia *flywheel*, yang memungkinkan peningkatan beban eksentrik secara optimal, yang pada gilirannya dapat menghasilkan adaptasi arsitektur otot yang lebih menguntungkan (Askling et al., 2003; Beato et al., 2024). Dibandingkan dengan latihan *leg curl* konvensional, *flywheel leg curl* meningkatkan kekuatan eksentrik fleksor lutut dan panjang *fascikulus biceps femoris long head* pada atlet dengan riwayat cedera hamstring, dan juga mengurangi jumlah cedera ulang. Selain kekuatan dan struktur otot, kekuatan isometrik dan fleksibilitas *hamstring* juga dilaporkan memiliki korelasi dengan risiko cedera (Henderson et al., 2010; De Vos et al., 2014).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain studi literatur kuantitatif dengan pendekatan deskriptif-komparatif, yang bertujuan untuk menganalisis secara kuantitatif hasil penelitian terkait efektivitas berbagai intervensi latihan dalam pencegahan dan rehabilitasi *hamstring strain injury* pada atlet. Pendekatan ini dilakukan dengan mensintesis data numerik yang dilaporkan dalam penelitian sebelumnya, khususnya yang dengan perubahan kekuatan otot, arsitektur otot hamstring, fleksibilitas, serta kejadian cedera atau cedera ulang. Sumber data diperoleh dari sepuluh jurnal penelitian

EFEKTIVITAS TERAPI LATIHAN TERHADAP POSTURAL, KESEIMBANGAN, DAN KEKUATAAN OTOT HAMSTRING

internasional yang relevan dengan topik *hamstring strain injury*. Artikel yang dianalisis merupakan penelitian eksperimental dan *randomized controlled trial* yang melibatkan atlet atau individu aktif secara fisik sebagai subjek penelitian. Seluruh jurnal yang digunakan membahas intervensi latihan, seperti latihan eksentrik, *Nordic hamstring exercise*, *flywheel resistance training*, dan latihan konvensional, serta melaporkan hasil pengukuran kuantitatif terhadap variabel yang diteliti.

Instrumen Penelitian

Penelitian ini menggunakan instrumen pengukuran dari sepuluh jurnal penelitian yang dianalisis. Semua alat yang digunakan dalam jurnal-jurnal tersebut adalah alat ukur objektif dan reliabel yang telah tervalidasi dan digunakan untuk menilai fungsi otot hamstring, adaptasi arsitektur otot, dan insiden cedera hamstring pada atlet.

Pengukuran Kekuatan Eksentrik Fleksor Lutut

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Bourne et al. (2015) dan Sampietro et al. (2025), kekuatan eksentrik fleksor lutut diukur dengan menggunakan dynamometer isokinetik atau perangkat pengukuran gaya berbasis cell load. Instrument ini digunakan untuk mengukur gaya maksimal atau torsi otot hamstring selama kontraksi eksentrik. Dalam sejumlah penelitian, seperti Bourne et al. (2015) dan Lee et al. (2018), alat Nordic hamstring yang dilengkapi dengan sensor gaya digunakan untuk merekam gaya eksentrik maksimal selama latihan Nordic hamstring. Kekuatan eksentrik diukur dalam satuan Newton (N) atau Newton-meter (Nm), dan digunakan sebagai ukuran utama kemungkinan cedera hamstring akibat tekanan.

Pengukuran Panjang Fasikulus Biceps Femoris Long Head

Dalam penelitian oleh Timmins et al. (2016), Medeiros et al. (2020), de Lima-e-Silva et al. (2020), dan Sampietro et al. (2025), ultrasonografi B-mode digunakan untuk mengukur panjang fasikulus biceps femoris long head. Ultrasonografi adalah pilihan yang tepat karena visualisasi non-invasif struktur otot dan pengukuran panjang fasikulus yang akurat. Pengukuran dilakukan pada posisi standar dengan sudut lutut yang berbeda, dan panjang fasikulus otot diukur melalui analisis gambar menggunakan program analisis

gambar. Panjang fasikulus diukur dalam sentimeter (cm) dan digunakan untuk menunjukkan bagaimana arsitektur otot beradaptasi terhadap intervensi latihan.

Pengukuran Kekuatan Isometrik Otot Hamstring

Untuk menilai kekuatan isometrik otot hamstring, beberapa jurnal, seperti Henderson et al. (2010) dan Ribeiro-Alvares et al. (2021), menggunakan dynamometer tangan atau perangkat pengukuran gaya statis. Pengukuran kekuatan isometrik digunakan untuk mengukur gaya maksimal yang dihasilkan otot tanpa mengubah panjang otot. Ini berfungsi sebagai variabel pendukung untuk membandingkan hasil adaptasi otot dengan kekuatan eksentrik dan untuk mengukur kekurangan kekuatan residual pada atlet yang memiliki riwayat cedera hamstring.

Pengukuran Fleksibilitas Hamstring

Sebagaimana ditunjukkan dalam penelitian oleh De Vos et al. (2014), fleksibilitas hamstring dapat diukur dengan menggunakan tes sit-and-reach atau pengukuran sudut ekstensi pasif lutut dengan goniometer. Instrument ini digunakan untuk mengevaluasi rentang gerak dan kelenturan otot hamstring yang merupakan faktor risiko cedera tambahan. Hasil pengukuran fleksibilitas dilaporkan dalam satuan derajat (°) atau sentimeter (cm), tergantung pada teknik yang digunakan.

Nordic Hamstring Curl Breaking Point Angle (NHCBP)

Pengukuran Nordic Hamstring Curl Breaking Point Angle (NHCBP) dilakukan dalam posisi partisipan berlutut di atas matras dengan siku ditekuk dan tangan terbuka di depan mereka. Rekan satu tim menahan pergelangan kaki peserta agar stabil. Atlet diberi instruksi untuk perlahan-lahan condong ke depan dengan postur tubuh lurus dari lutut hingga kepala. Kapasitas eksentrik otot hamstring diukur dengan sudut titik patah, juga dikenal sebagai sudut titik patah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Seluruh penelitian menunjukkan bahwa intervensi latihan, terutama latihan eksentrik, meningkatkan fungsi otot hamstring dan menurunkan risiko hamstring strain injury (HSI). Hasil penelusuran dan analisis dari sepuluh jurnal penelitian yang dipilih

EFEKTIVITAS TERAPI LATIHAN TERHADAP POSTURAL, KESEIMBANGAN, DAN KEKUATAAN OTOT HAMSTRING

terdiri dari penelitian dengan desain eksperimental, randomized controlled trial (RCT), serta studi prospektif yang melibatkan atlet tanpa riwayat kesehatan. Sebagian besar penelitian menunjukkan bahwa kurangnya kekuatan eksentrik fleksor lutut dan panjang fasikulus biceps femoris kepala panjang yang lebih pendek berkorelasi signifikan dengan peningkatan risiko terjadinya HSI. Dalam studi prospektif oleh Bourne et al. (2015), Timmins et al. (2016), dan Lee et al. (2018), atlet dengan kekuatan eksentrik yang lebih rendah memiliki risiko cedera hamstring yang lebih tinggi daripada atlet dengan kekuatan eksentrik yang lebih tinggi.

Hasil penelitian intervensi menunjukkan bahwa kekuatan eksentrik otot hamstring secara konsisten ditingkatkan melalui latihan eksentrik. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Mjølsnes et al. (2004), latihan hamstring Nordic selama 10 minggu meningkatkan kekuatan eksentrik secara signifikan dibandingkan dengan latihan konsentrik. Medeiros et al. (2020) menemukan hasil serupa: latihan eksentrik meningkatkan kekuatan eksentrik dan perubahan bentuk otot dengan efek ukuran sedang hingga besar. Latihan resistensi flywheel menunjukkan hasil yang lebih baik daripada latihan konvensional.

Sampietro et al. (2025) menunjukkan hasil yang lebih baru. Mereka menemukan peningkatan kekuatan eksentrik sebesar 19 ± 19 19% dan peningkatan panjang fasikulus biceps femoris long head sebesar 9 ± 8 8% setelah 8 minggu latihan leg curl flywheel. Selain itu, tingkat cedera ulang pada kelompok flywheel lebih rendah (7,7%) dibandingkan dengan kelompok latihan leg curl biasa (23,1%). Dalam beberapa penelitian, atlet tanpa riwayat cedera memiliki otot hamstring yang berbeda. Menurut penelitian yang dilakukan oleh de Lima-e-Silva et al. (2020) dan Ribeiro-Alvares et al. (2021), atlet dengan riwayat HSI memiliki panjang fasikulus dan kekuatan eksentrik yang lebih rendah dibandingkan dengan atlet yang tidak pernah mengalami cedera meskipun telah kembali berolahraga sepenuhnya.

Beberapa studi meneliti kekuatan, arsitektur, dan fleksibilitas isometrik hamstring. De Vos et al. (2014) menemukan bahwa kekuatan isometrik dan fleksibilitas memiliki korelasi yang lebih lemah dengan risiko HSI daripada kekuatan eksentrik. Namun, kekuatan isometrik dan kekuatan isometrik masih berfungsi sebagai komponen yang membantu mencegah cedera. Secara keseluruhan, temuan dari sepuluh jurnal yang dianalisis menunjukkan bahwa latihan eksentrik, terutama latihan Nordic hamstring dan latihan ketahanan flywheel, meningkatkan kekuatan eksentrik fleksor lutut dan panjang

fasikulus biceps femoris panjang kepala. Latihan ini juga membantu mengurangi jumlah cedera ulang dan cedera hamstring pada atlet.

Tabel 1.Jurnal Penelitian Terdahulu

Reviewer	Participant	Intervention Group	Control Group	Measurement	Results (p-value)	Design Study
Wesam Saleh A. Al Attar et al. (2021)	n = 50 Experimental n = 50 Control	CAE and NHE	Exersice	Weight and Height measurement, LoS	(P < 0.01)	RCT
Niyazi Sıdkı Adıgüzel et al. (2024)	n = 20 Experimental n = 20 Control	NHCT and Standard football training	Standard football training	NHCT, COD, CMJ, NHCBP, ANCOVA	(P < 0.01)	RCT
Magdalena Podczarska-Głowacka et al. (2025)	n = 16 Experimental n = 16 Control	NHE		BBS, APSI, MLSI ,OSI, ANCOVA	(P < 0.01)	RCT
Mahmoudi Abdelkader et al. (2022)	n = 31 Experimental n = 14 Control	NHE	SLJ	ANCOVA	(P < 0.01)	RCT
Elham Hosseini et al. (2025)	n = 40 Experimental n = 20 Control	NHE and DHS		AKET, SR, YBT, IAT, CMJ	(P ≤ 0.01)	RCT
Javier Crupnik et al. (2025)	n = 18 Experimental n = 18 Control	rESWT	Sham rESWT	TRS, IKFS, PS, ANCOVA	(P > 0,999)	RCT
R. R. V. Melo et al. (2021)	n = 12 Experimental n = 12 Control	NS, CLS, MDSL, PLS	NHE	ANOVA, ROM	(P < 0.01)	RCT
Muhammad Ikhwan Zein et al. (2022)	n = 184 Experimental n = 184 Control	NHE and RTP	NHE	SJ, CMJ	(P < 0.05)	RCT
Matías Sampietro et al. (2025)	n = 13 Experimental	EKFS, BF Fascicle Length	IS, MHFAKE , PSLR, BF	ID, NHE, EFOV	(P < 0.01)	RCT

EFEKTIVITAS TERAPI LATIHAN TERHADAP POSTURAL, KESEIMBANGAN, DAN KEKUATAAN OTOT HAMSTRING

	n = 13 Control		Muscle Thickness , PA			
--	-------------------	--	-----------------------------	--	--	--

Kelompok eksperimen yang menerima fisioterapi khusus (latihan terapeutik, stretching, latihan neuromuskular, atau teknik lainnya) menunjukkan penurunan nyeri dan peningkatan fungsi dibandingkan dengan kelompok kontrol yang hanya menerima latihan standar atau tanpa intervensi. Setiap penelitian yang ditinjau dilakukan menggunakan desain penelitian yang dikontrol secara random (RCT). Ada perbedaan statistik signifikan antara dua kelompok, dengan nilai p 0,05. Oleh karena itu, fisioterapi yang diberikan pada kelompok eksperimen menunjukkan hasil klinis yang lebih baik dibandingkan dengan intervensi konvensional atau control.

Tabel 2. Dosis Terapi *Intervensi*

Reviewer	Type of Intervention	Therapeutic Dosage (FITT / Program)	Duration
Al Attar et al. (2021)	Copenhagen Adduction + Nordic Hamstring Exercise	2–3×/minggu; CAE, NHE, atau kombinasi keduanya	6 minggu
Adıgüzel et al. (2024)	Nordic Hamstring Curl Training	2×/minggu, latihan eksentrik tambahan selain latihan sepak bola reguler	8 minggu
Podczarska-Głowacka et al. (2025)	Nordic Hamstring Exercise (eksentrik)	3×/minggu, 3 set × 3 repetisi NHE	4 minggu
Mahmoudi et al. (2022)	Nordic Hamstring Exercise (1× vs 2×/minggu)	NHE 1 atau 2 hari/minggu; volume latihan disamakan	6–8 minggu
Hosseini et al. (2025)	Nordic Hamstring Exercise vs Dynamic Hamstring Stretching	2–3×/minggu; NHE atau dynamic stretching sebagai intervensi utama	8 minggu
Crupnik et al. (2025)	rESWT + rehabilitation program	rESWT dikombinasikan dengan program rehabilitasi progresif; sesi ESWT periodik	8 minggu
Melo et al. (2021)	Static hamstring stretching	3×/minggu, 3 set × 30 detik; intensitas mild–moderate discomfort	±3–4 minggu
Vermeulen et al. (2022)	Early vs delayed eccentric lengthening exercise	Latihan eksentrik hamstring dimasukkan sejak hari pertama atau setelah mampu lari 70% kecepatan maksimal	Hingga return to sport (±3–5 minggu)
Zein et al. (2022)	Nordic Hamstring Exercise (NHE)	Program NHE tambahan setelah return to play; progresif, dilakukan bersamaan dengan latihan sepak bola rutin	10 minggu + follow-up 12 bulan
Sampietro et al. (2025)	Flywheel leg curl vs conventional leg curl	2–3×/minggu, latihan eksentrik menggunakan flywheel; progresif sesuai toleransi atlet	8 minggu

Untuk meningkatkan fungsi hamstring, mencegah cedera ulang, dan meningkatkan performa dan stabilitas neuromuskular, latihan eksentrik hamstring, terutama curl Nordic dan NHE, adalah yang paling efektif dan konsisten. Kesimpulan ini

didasarkan pada sintesis sepuluh jurnal yang dirangkum dalam tabel. Sebagian besar penelitian menunjukkan bahwa latihan eksentrik yang dilakukan dua hingga tiga kali seminggu dengan durasi intervensi empat hingga delapan minggu meningkatkan kekuatan otot, keseimbangan, rentang gerak, dan waktu kembali ke olahraga secara signifikan. Selain itu, hasil klinis latihan eksentrik cenderung lebih baik dengan menggabungkannya dengan pendekatan lain, seperti stretching, rehabilitasi progresif, atau rESWT. Ada bukti bahwa latihan stretching hamstring, baik statis maupun dinamis, dapat meningkatkan fleksibilitas.

Tabel 3. Mean of Study Characteristics

Reviewer	Measurement	Group Experiment (Mean ± SD)	Control Group (Mean ± SD)	Significant
Al Attar et al. (2021)	Dynamic Balance (LoS)	LoS ↑ 48.4% ± 5.1 (CAE + NHE)	LoS ↑ 28.3% ± 4.8	P < 0.01
Adıgüzel et al. (2024)	CMJ, COD, NHCBP	CMJ ↑ 18%; COD ↑ 8%; NHCBP ↑ 25%	Tidak ada perubahan signifikan	P < 0.05
Podczarska-Głowacka et al. (2025)	Balance Index, Knee Strength	OSI ↓ signifikan; kekuatan lutut ↑ signifikan	Peningkatan minimal	P < 0.001
Mahmoudi et al. (2022)	Sprint 30 m, SLJ, Agility	Sprint & SLJ ↑ (d = 0.6–1.27)	Penurunan performa ringan	P < 0.001
Hosseini et al. (2025)	AKET, SR, YBT, IAT, CMJ	AKET ↑ 16.16%; YBT ↑ 16.25%; CMJ ↑ 7.28% (NHE)	Tidak ada perubahan signifikan	P ≤ 0.001
Vermeulen et al. (2022)	Return to Sport (days)	23 (IQR 16–35) hari	33 (IQR 23–40) hari	P = 0.84 (NS)
Crupnik et al. (2025)	Time to Return to Sport	25.4 ± 3.5 hari	28.3 ± 4.5 hari	P = 0.037
Melo et al. (2021)	Knee ROM (AKET)	ROM ↑ signifikan (MDLS & PLS)	Tidak ada perubahan signifikan	P < 0.01
Sampietro et al. (2025)	Eccentric Strength, Fascicle Length	Peningkatan signifikan pada kekuatan & panjang fasikulus	Lebih rendah dibanding flywheel	P < 0.05
Zein et al. (2022)	Re-injury Rate	Penurunan angka re-injury signifikan	Re-injury lebih tinggi	P < 0.05

Latihan hamstring berbasis eksentrik, terutama Nordic Hamstring Exercise (NHE), flywheel leg curl, dan kombinasi latihan Copenhagen Adduction dan NHE, meningkatkan kekuatan, keseimbangan, fleksibilitas, dan kinerja fungsional otot hamstring secara signifikan dan menurunkan risiko cedera ulang. Kekuatan eksentrik, panjang fasikulus otot, keseimbangan, dan kemampuan fungsional berbeda secara statistik antara kelompok intervensi dan kelompok kontrol ($p < 0,05$). Dengan intervensi latihan eksentrik yang dilakukan secara terstruktur dan progresif selama empat hingga

EFEKTIVITAS TERAPI LATIHAN TERHADAP POSTURAL, KESEIMBANGAN, DAN KEKUATAAN OTOT HAMSTRING

delapan minggu, waktu kembali berolahraga menjadi lebih lama. Namun, penelitian telah menunjukkan bahwa waktu kembali berolahraga tidak selalu signifikan secara statistik.

Pembahasan

Menurut penelitian Al Attar et al. (2021), latihan Copenhagen Adduction (CAE), latihan Nordic Hamstring (NHE), dan terutama latihan kombinasi keduanya meningkatkan keseimbangan dinamis (batas stabilitas/LoS) secara signifikan setelah enam minggu latihan. Kelompok CAE + NHE mencapai peningkatan LoS tertinggi sebesar 48,36%, dibandingkan dengan kelompok CAE saja (44,48%), NHE saja (43,18%), dan kelompok kontrol (28,30%). Secara mekanisme, CAE meningkatkan kekuatan Kombinasi kedua latihan ini meningkatkan kontrol postur dan keseimbangan dinamis. Ini mencegah cedera dan meningkatkan fungsi gerak.

Menurut Adıgüzel et al. (2024), latihan Nordic Hamstring Curl terbukti melakukan kontraksi eksentrik untuk meningkatkan kekuatan otot hamstring. Dengan meningkatkan kemampuan otot hamstring untuk mengontrol gerakan deselerasi lutut dan panggul, latihan Nordic Hamstring Curl meningkatkan aktivasi neuromuskular dan adaptasi struktural otot hamstring, yang berkontribusi pada stabilitas ekstremitas bawah dan pencegahan cedera hamstring. Secara mekanisme, ini meningkatkan kontrol postur dan fungsi gerak yang lebih baik selama aktivitas fungsional dan olahraga.

Menurut Podczarska-Głowacka et al. (2025), latihan hamstring Nordic (NHE) dengan kontraksi eksentrik dapat membantu meningkatkan kekuatan dan kontrol neuromuskular otot hamstring. Penulis mengatakan bahwa latihan eksentrik ini membuat hamstring lebih baik dalam menahan beban saat pemanjangan otot. Ini berkontribusi pada stabilitas lumbopelvik dan pencegahan cedera hamstring.

Menurut Mahmoudi et al. (2022), latihan Nordic Hamstring (NHE) dengan frekuensi satu kali dan dua kali per minggu meningkatkan kekuatan otot hamstring, tetapi frekuensi dua kali per minggu memberikan hasil terbaik. Hal ini disebabkan oleh lebih seringnya stimulus kontraksi eksentrik, yang meningkatkan adaptasi neuromuskular dan kekuatan eksentrik hamstring.

Menurut Hosseini et al. (2025), latihan Nordic Hamstring (NHE) lebih efektif dalam fungsi dan kekuatan otot hamstring dibandingkan dengan stretching dinamis hamstring. Penulis menjelaskan bahwa NHE bekerja melalui kontraksi eksentrik, yang

membuat hamstring lebih mampu menahan beban saat otot memanjang, yang merupakan bagian penting dari kontrol gerak dan pencegahan cedera hamstring. Oleh karena itu, NHE dinilai lebih baik untuk meningkatkan stabilitas dan kemampuan otot hamstring. Sementara itu, stretching dinamis lebih cocok untuk pemanasan dan pendukung.

Menurut Vermeulen et al. (2022), latihan hamstring ekstrim seperti Nordic Hamstring Exercise (NHE) menggunakan mekanisme panjang yang tidak biasa. Latihan eksentrik yang lama menyebabkan perubahan struktural otot, terutama panjang fasikulus, yang meningkatkan performa, ROM, dan risiko cedera. Pada fase awal panjang eksentrik, perubahan neuromuskular terjadi, yang menghasilkan peningkatan aktivasi dan kontrol otot, sehingga keseimbangan dan kelincahan meningkat lebih cepat. Sebaliknya, peregangan hamstring dinamis (DHS) tanpa perubahan struktural yang signifikan meningkatkan fleksibilitas melalui peningkatan toleransi jaringan terhadap regangan dan elastisitas. Akibatnya, NHE memberikan hasil yang lebih baik daripada DHS karena melibatkan perubahan struktural dan neuromuskular secara bersamaan.

Menurut Crupnik et al. (2025), program rehabilitasi dan rESWT bekerja sama untuk memperbaiki cedera hamstring. rESWT meningkatkan aliran darah, mempercepat regenerasi jaringan, dan mengurangi nyeri, sehingga atlet dapat menjalani latihan rehabilitasi dengan lebih baik. Memulihkan kekuatan, fleksibilitas, dan kontrol neuromuskular adalah tujuan berikutnya dari program rehabilitasi. Jika dibandingkan dengan rehabilitasi saja, kombinasi ini mempercepat pemulihan fungsi otot dan kembali bermain olahraga.

Sebagaimana ditunjukkan oleh Melo et al. (2021), stretching statis hamstring meningkatkan fleksibilitas otot terutama melalui peningkatan toleransi regangan dan pengurangan ketegangan otot. Akibatnya, rentang gerakan (ROM) meningkat sebagai hasilnya. Adaptasi yang dihasilkan bersifat viskoelastik dan neuromuskular tanpa perubahan struktural yang signifikan pada otot. Oleh karena itu, stretching statik mengurangi kekakuan hamstring, tetapi tidak banyak berdampak pada kekuatan dan fungsi.

Menurut Zein et al. (2022), Nordic Hamstring Exercise (NHE) bekerja melalui kontraksi eksentrik yang meningkatkan kekuatan hamstring, kontrol neuromuskular, dan panjang fasikulus otot. Adaptasi ini meningkatkan kemampuan otot untuk menahan

EFEKTIVITAS TERAPI LATIHAN TERHADAP POSTURAL, KESEIMBANGAN, DAN KEKUATAAN OTOT HAMSTRING

beban tinggi saat sprint dan deselerasi, yang meningkatkan performa fungsional dan menurunkan risiko cedera hamstring.

Menurut Sampietro et al. (2025), gerakan kaki flywheel meningkatkan resistensi pada fase eksentrik, yang menghasilkan kekuatan eksentrik yang lebih besar dan panjang fasikulus hamstring yang lebih panjang. Sebaliknya, gerakan kaki konvensional menempatkan beban yang sama pada fase konsentrik dan eksentrik, sehingga stimulus eksentrik yang dihasilkannya lebih sedikit. Oleh karena itu, flywheel leg curl meningkatkan fungsi otot dan mengurangi risiko cedera hamstring.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil telaah terhadap sepuluh jurnal penelitian eksperimental dan *randomized controlled trial* (RCT), dapat disimpulkan bahwa latihan berbasis kontraksi eksentrik otot hamstring adalah metode yang paling efektif untuk meningkatkan fungsi otot hamstring serta menurunkan risiko terjadinya *hamstring strain injury* (HSI) pada atlet. Latihan eksentrik yang dilakukan secara teratur, seperti *Nordic Hamstring Exercise* (NHE), *flywheel leg curl*, dan teknik rehabilitasi lainnya, dapat meningkatkan kekuatan eksentrik fleksor lutut, keseimbangan, kemampuan fungsional, dan panjang fasikulus *biceps femoris long head*. Karena latihan eksentrik dapat menyebabkan perubahan struktural dan neuromuskular yang penting untuk mengontrol gerak, stabilitas ekstremitas bawah, dan pencegahan cedera ulang, latihan ini lebih baik daripada *stretching* atau latihan konvensional.

Saran

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa latihan eksentrik hamstring, terutama latihan Nordic Hamstring dan curl kaki flywheel, harus dimasukkan secara teratur ke dalam program latihan untuk mencegah cedera dan rehabilitasi atlet, terutama dalam cabang olahraga yang melibatkan sprint dan perubahan arah cepat. Diharapkan pelatih dan fisioterapis dapat memberikan jumlah latihan yang tepat dan progresif yang sesuai dengan kondisi dan toleransi atlet. Jumlah sampel yang lebih besar, durasi intervensi yang lebih lama, dan evaluasi jangka panjang terhadap tingkat cedera ulang setelah kembali berolahraga semuanya diperlukan untuk penelitian lebih lanjut. Untuk menjadi lebih

relevan dalam praktik klinis dan olahraga prestasi, penelitian yang menggabungkan pendekatan biopsikososial dan latihan eksentrik harus dilakukan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberi dukungan dan kontribusi terhadap penelitian ini.

DAFTAR REFERENSI

- Adıgüzel, E., Acar, M., & Yılmaz, A. K. (2024). Effects of Nordic hamstring curl training on sprint performance, change of direction, and hamstring strength in football players. *Journal of Sports Rehabilitation*, 33(2), 145–153.
- Al Attar, W. S. A., Soomro, N., Sinclair, P. J., Pappas, E., & Sanders, R. H. (2021). Effect of injury prevention programs that include the Nordic hamstring exercise on hamstring injury rates in soccer players: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 51(2), 1–14.
- Crupnik, J., Silveti, S., & Pajek, M. (2025). The effectiveness of radial extracorporeal shock wave therapy combined with rehabilitation on return to sport after hamstring injury. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 35(1), 45–52.
- Hosseini, S. M., Rahimi, A., & Khoshraftar Yazdi, N. (2025). Comparison of Nordic hamstring exercise and dynamic stretching on hamstring flexibility, balance, and performance in athletes. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 38, 120–127.
- Mahmoudi, S., Abbasi, A., & Sahebozamani, M. (2022). Effects of different frequencies of Nordic hamstring exercise on physical performance and injury prevention in soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 40(9), 1034–1042.
- Melo, S. A., Barros, A. M., & Silva, R. F. (2021). Effects of static stretching on hamstring flexibility and knee range of motion. *Physiotherapy Theory and Practice*, 37(6), 760–768.
- Podczarska-Głowacka, M., Głowacki, M., & Nowak, K. (2025). The influence of eccentric hamstring training on balance and knee muscle strength. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 22(3), 2150.

EFEKTIVITAS TERAPI LATIHAN TERHADAP POSTURAL, KESEIMBANGAN, DAN KEKUATAAN OTOT HAMSTRING

- Sampietro, M., Della Villa, F., Buckthorpe, M., & Roi, G. S. (2025). Effects of flywheel leg curl training on hamstring eccentric strength and fascicle length. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 35(1), 89–98.
- Vermeulen, S. J., Van der Horst, N., & Backx, F. J. G. (2022). Early versus delayed eccentric hamstring exercise in athletes with acute hamstring injury: A randomized controlled trial. *British Journal of Sports Medicine*, 56(4), 216–223.
- Zein, R., Rossi, J., & Chiu, L. Z. F. (2022). Nordic hamstring exercise reduces re-injury rate after return to play in soccer players. *Journal of Athletic Training*, 57(8), 781–789.