



ANALISIS GERAK START PANJAT TEBING: TINJAUAN CAPAIAN WAKTU WORLD RECORD

ANALYSIS OF THE STARTING MOVEMENT IN ROCK CLIMBING: A REVIEW OF WORLD RECORD TIME ACHIEVEMENT

Dyah Kusuma Wardhani Yusnita¹, M. Alif Hamzah^{2*}, Muhajir Syahputra³, Fajar Awang Irawan⁴, Sulaiman⁵

^{1,2,3,4,5}Pendidikan Olahraga, Universitas Negeri Semarang, Semarang, Indonesia

*Corresponding Author: M. Alif Hamzah, hamzahmalif@students.unnes.ac.id

Abstrak

Panjat tebing nomor speed world record merupakan disiplin olahraga yang menuntut penyelesaian lintasan standar 15 meter dalam waktu sesingkat mungkin, sehingga fase start menjadi komponen krusial yang dapat menentukan capaian waktu keseluruhan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik gerakan start pada atlet panjat tebing nomor speed world record dengan pendekatan motion analysis berbasis video. Fokus utama dari penelitian ini adalah untuk mengeksplorasi aspek kinematik, khususnya waktu reaksi, sudut fleksi lutut, dan perpindahan tangan yang berperan penting dalam menentukan kecepatan gerakan saat start. Metode yang digunakan adalah analisis deskriptif kuantitatif dengan pendekatan frame-by-frame analysis menggunakan perangkat lunak Kinovea. Data dikumpulkan dari babak kualifikasi Porprov Jawa Tengah, dengan subjek penelitian terdiri dari 12 atlet nomor speed yang berpartisipasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu reaksi rata-rata atlet adalah $0,023 \pm 0,011$ detik, dengan sudut fleksi lutut kiri rata-rata $142,54 \pm 3,22^\circ$ dan sudut fleksi lutut kanan $70,24 \pm 1,95^\circ$ pada fase start. Perpindahan tangan tercatat $0,030 \pm 0,010$ detik. Pada fase akselerasi, keterlibatan kedua kaki meningkat secara lebih seimbang, dengan sudut fleksi lutut kiri $141,10 \pm 1,88^\circ$ dan lutut kanan $130,18 \pm 1,38^\circ$. Meskipun performa atlet sudah cukup baik, hasil analisis ini menunjukkan bahwa masih terdapat jarak yang signifikan antara capaian waktu atlet dan world record yang tercatat pada kisaran 5,4 detik. Temuan ini mengindikasikan pentingnya pengoptimalan teknik gerak, khususnya pada fase start dan akselerasi, untuk mendekati capaian waktu world record. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknik panjat tebing nomor speed world record, serta memberikan wawasan bagi pelatih dalam meningkatkan performa atlet pada kompetisi internasional.

Kata Kunci: Panjat tebing, analisis gerak, start, kinematik, waktu reaksi, akselerasi, world record.

Abstract

The speed climbing world record is a sport that requires completing a standard 15-meter course in the shortest time possible, making the start phase a crucial component that can determine the overall time achieved. This study aims to analyze the characteristics of the starting movement of speed climbing athletes using a video-based motion analysis approach. The main focus of this study is to explore kinematic aspects, particularly reaction time, knee flexion angle, and hand displacement, which play an important role in determining the

speed of movement at the start. The method used was quantitative descriptive analysis with a frame-by-frame analysis approach using Kinovea software. Data were collected from the Central Java Provincial Games qualification round, with the research subjects consisting of 12 speed athletes who participated. The results showed that the average reaction time of the athletes was 0.023 ± 0.011 seconds, with an average left knee flexion angle of $142.54 \pm 3.22^\circ$ and a right knee flexion angle of $70.24 \pm 1.95^\circ$ at the start phase. Hand movement was recorded at 0.030 ± 0.010 seconds. In the acceleration phase, the involvement of both legs increased more evenly, with a left knee flexion angle of $141.10 \pm 1.88^\circ$ and a right knee flexion angle of $130.18 \pm 1.38^\circ$. Although the athletes' performance was quite good, the results of this analysis show that there is still a significant gap between the athletes' times and the world record, which is around 5.4 seconds. These findings indicate the importance of optimizing movement techniques, particularly in the start and acceleration phases, to approach the world record time. This research is expected to contribute to the development of speed climbing techniques and provide insight for coaches in improving athletes' performance in international competitions.

Keywords: Rock climbing, motion analysis, start, kinematics, reaction time, acceleration, world record.

PENDAHULUAN

Panjat tebing nomor *speed world record* merupakan disiplin olahraga yang menuntut penyelesaian lintasan standar 15 m dalam waktu sekecil mungkin, sehingga setiap fraksi waktu termasuk fase start memiliki arti kompetitif yang kritical. Fase start bukan sekadar reaksi terhadap sinyal, tetapi merupakan momen di mana atlet memanfaatkan kontak dengan permukaan tanah untuk menghasilkan percepatan awal dan membentuk pola gerak yang akan menentukan dinamika seluruh lari. Sebagaimana dinyatakan oleh (Hosseini & Wolf, 2023; Lutfiani & Irawan, 2025) Pemanjatan cepat dimulai dari posisi awal dan berakhir ketika sensor waktu terpicu saat disentuh.

Studi-studi empiris menegaskan bahwa waktu dan kualitas pelaksanaan pada segmen awal lintasan memiliki kontribusi yang berbeda-beda terhadap waktu total, tergantung pada jenis teknik start dan kapasitas fisik atlet. Analisis time-motion pada final World Cup 2019 mencatat parameter fase-fase awal dan menemukan bahwa *the men's starting time was* 0.20 ± 0.05 (s) serta bahwa tidak selalu terdapat korelasi statistik yang signifikan antara waktu reaksi start dan waktu keseluruhan, suatu temuan yang mengindikasikan kompleksitas hubungan antara komponen start dan performa akhir (Chen et al., 2022; Legreneur et al., 2019).

Selain pengukuran waktu, literatur terbaru menunjukkan peran penting atribut fisiologis dan mekanik, terutama kekuatan dan tenaga ekstremitas bawah sebagai penentu kecepatan ascend. Penelitian pada profil force-velocity menyarankan bahwa kemampuan eksplosif ekstremitas bawah berkorelasi dengan performa lari speed, sehingga pengukuran seperti *countermovement jump* (CMJ) sering digunakan sebagai indikator spesifik untuk kemampuan yang relevan dengan start. Konsep ini di jelaskan dalam tulisan (Krawczyk et al., 2020) yang menyatakan peran eksplisit ekstremitas bawah sebagai *determinants of speed climbing efficiency*. Perkembangan metode analisis Gerak termasuk pemanfaatan *video analysis* yang diperkaya algoritma deteksi pose berbasis *deep learning* memungkinkan ekstraksi parameter kinematik dan *split time* dalam skala besar

(Putri et al., 2025). Dataset dan alat seperti SPEED21 dan model CNN untuk deteksi keypoint kini memfasilitasi studi komparatif antar-atlet dan automasi pengukuran split times, sehingga analisis pola start dari rekaman kompetisi menjadi lebih praktis dan reproduisibel. Penelitian dari (Briley et al., 2024; Pandurevic et al., 2025) menyatakan bahwa analisis split times dan koordinasi anggota tubuh *are decisive factors for success*.

Perubahan world record dan tren penurunan waktu dunia pada beberapa tahun terakhir juga menimbulkan kebutuhan untuk menelaah bagaimana pola start elite berkontribusi pada capaian-capaian tersebut (Riswanto & Sihombing, 2025; Sanchez et al., 2019). Perbaikan kecil pada fase start dapat menghasilkan perbedaan waktu absolut yang substantif pada level elite, di mana margin kemenangan berada pada rentang ratusan hingga puluhan milidetik. Oleh karena itu, perbandingan split-time dan pola start atlet lokal terhadap benchmark world record memberi informasi praktis untuk prioritas latihan teknik dan pengembangan program latihan berbasis bukti (Pandurevic et al., 2022).

Meskipun demikian, studi (Pongsiri et al., 2022) menunjukkan bahwa kontribusi fase start ke waktu akhir dapat bervariasi menurut jenis teknik start dan karakteristik individu atlet. Beberapa kajian kasus dan studi observasional memperlihatkan bahwa strategi start tertentu termasuk pengaturan pusat massa dan pola tolakan kaki mampu mengurangi jarak yang harus ditempuh atlet pada langkah awal sehingga meningkatkan kecepatan vertikal sejak detik-detik pertama. Hal ini selaras dengan temuan studi biomekanik yang menganjurkan penggunaan analisis 3-dimensional untuk mengevaluasi pola Tomoa skip dan implikasinya terhadap efisiensi awal (Andrey, 2025; Jarvis, 2021).

Studi regional memberikan landasan empiris yang penting bagi pengembangan praktik pelatihan berbasis konteks lokal. Penelitian di Indonesia yang mengkaji kekuatan ekstremitas bawah dan dampak latihan plyometrik pada atlet panjat tebing menunjukkan adanya reduksi waktu start dan peningkatan output daya, sehingga intervensi fisik spesifik berpotensi memperkecil selisih capaian waktu atlet terhadap world record. Namun demikian, sebagian besar studi tersebut masih menempatkan aspek fisik dan teknik secara terpisah, tanpa pemetaan langsung hubungan antara karakteristik kinematik gerak start dan capaian waktu kompetitif. Sebagai solusi atas keterbatasan tersebut, penelitian ini menawarkan pendekatan integratif dengan menggabungkan analisis gerak berbasis video frame-by-frame dan pengukuran parameter kinematik kunci (waktu reaksi, sudut fleksi lutut, dan perpindahan tangan) pada situasi pertandingan nyata, sehingga hasil analisis dapat langsung ditranslasikan ke dalam rekomendasi teknis pelatihan yang lebih presisi dan aplikatif (Fadilah et al., 2024; Suryaningtyas & Permana, 2025).

Secara metodologis, literatur merekomendasikan pemecahan lintasan speed climbing ke dalam fase-fase analitis guna mengidentifikasi kontribusi setiap segmen terhadap waktu akhir serta potensi kesalahan gerak pada level kompetitif. Studi sebelumnya menekankan pentingnya kesesuaian pengambilan data video (frame rate memadai, sudut lateral) dan validasi antar-rater dalam penandaan frame krusial, seperti pelepasan start dan kontak hold pertama (Elias et al., 2021; Hosseini & Wolf, 2023). Kebaharuan (novelty) penelitian ini terletak pada penerapan kerangka analisis fase start yang terstandarisasi pada atlet daerah

(Porprov Jawa Tengah) dengan perbandingan langsung terhadap benchmark world record, sehingga tidak hanya mendeskripsikan pola gerak, tetapi juga mengkuantifikasi kesenjangan kinematik antara atlet lokal dan standar elite dunia. Pendekatan ini memperluas kontribusi penelitian sebelumnya dengan menyediakan bukti berbasis kompetisi nyata yang relevan untuk pengembangan model evaluasi teknik start dan perumusan intervensi latihan spesifik pada level pembinaan regional.

Berdasarkan uraian teoritis dan temuan empiris yang telah dipaparkan, penelitian ini secara khusus bertujuan untuk mengkaji dan menjelaskan karakteristik gerak start atlet panjat tebing nomor speed pada babak kualifikasi Porprov Jawa Tengah melalui analisis gerak berbasis video dengan pendekatan frame-by-frame. Penelitian ini diarahkan untuk mengungkap parameter kinematik utama pada fase awal pemanjatan, meliputi waktu reaksi, sudut fleksi lutut, serta pola perpindahan tangan, dan menilai kontribusinya terhadap performa awal atlet. Selain itu, penelitian ini bertujuan membandingkan capaian waktu pada segmen start atlet lokal dengan standar waktu world record sebagai tolok ukur performa elite, sehingga dapat diidentifikasi besaran kesenjangan kinerja yang masih ada. Melalui pendekatan tersebut, penelitian ini diharapkan mampu mengidentifikasi pola gerak start yang paling berpotensi untuk dioptimalkan melalui intervensi pelatihan berbasis bukti, khususnya dalam konteks pembinaan atlet panjat tebing tingkat daerah.

METODE

Penelitian ini menggunakan desain analisis deskriptif kuantitatif dengan pendekatan motion analysis berbasis video untuk mengkaji karakteristik gerak start pada atlet panjat tebing nomor speed. Pendekatan analisis gerak berbasis video digunakan karena mampu mengekstraksi parameter temporal dan kinematik secara akurat pada fase gerakan cepat, khususnya fase start, melalui analisis frame-by-frame, sehingga sesuai untuk evaluasi performa dalam konteks kompetisi nyata (Legreneur et al., 2019). Parameter yang dianalisis meliputi waktu reaksi, sudut fleksi lutut, dan perpindahan tangan, yang merepresentasikan efisiensi percepatan awal dan kualitas teknik start atlet. Hasil pengolahan data selanjutnya dibandingkan dengan capaian waktu pada standar world record sebagai tolok ukur performa elite, sebagaimana direkomendasikan dalam kajian analisis performa speed climbing untuk mengidentifikasi kesenjangan teknis antara atlet lokal dan atlet tingkat dunia (Hosseini & Wolf, 2023).

Penelitian dilaksanakan di arena kompetisi resmi pada babak kualifikasi Pekan Olahraga Provinsi (Porprov) Jawa Tengah cabang olahraga panjat tebing. Lokasi penelitian menggunakan lintasan standar sepanjang 15 meter sesuai regulasi IFSC, sehingga kondisi pengambilan data merepresentasikan situasi pertandingan sesungguhnya. Pengambilan video difokuskan pada area start (0–3 meter) untuk mendapatkan visualisasi yang jelas terhadap pola tolakan awal, langkah pertama, serta awal transisi ke fase akselerasi.

Sampel dalam penelitian ini terdiri atas 12 atlet dengan raihan waktu tercepat pada babak kualifikasi nomor speed. Pemilihan sampel dilakukan dengan metode *purposive sampling*, yaitu mempertimbangkan kriteria performa tertinggi yang relevan dengan fokus analisis gerak start. Instrumen yang digunakan

mencakup kamera digital berkecepatan minimal 60 fps, tripod dengan ketinggian tetap untuk menjaga kestabilan perekaman, serta perangkat lunak analisis Kinovea versi 0.9.5. Selain itu, digunakan pula formulir pencatatan data seperti lembar segmentasi fase, kode gerakan, dan tabel waktu antar segmen untuk menunjang ketepatan analisis data.

Data hasil analisis gerak start diolah menggunakan pendekatan statistik deskriptif untuk memberikan gambaran kuantitatif mengenai karakteristik performa atlet. Parameter yang dianalisis meliputi nilai rata-rata (mean) sebagai representasi kecenderungan sentral, standar deviasi untuk menunjukkan tingkat variasi antar atlet, serta rentang nilai guna menggambarkan batas minimum dan maksimum setiap variabel kinematik yang diamati. Selain itu, dilakukan perhitungan persentase perbedaan antara capaian waktu dan parameter kinematik atlet dengan benchmark world record sebagai tolok ukur performa elite. Pendekatan ini digunakan untuk mengidentifikasi besaran kesenjangan performa serta menilai efisiensi gerak start atlet lokal dalam konteks kompetisi, sehingga hasil analisis dapat menjadi dasar evaluasi teknik dan perumusan rekomendasi pelatihan yang lebih terarah

HASIL

Penelitian ini memanfaatkan data antropometri, terutama tinggi badan dan berat badan sebagai pijakan awal dalam menganalisis indikator kinematik pada gerakan start. Informasi antropometri tersebut penting karena dimensi tubuh dapat memengaruhi kapasitas atlet dalam menghasilkan gaya, stabilitas posisi awal, serta efisiensi akselerasi ketika memulai gerakan. Variasi tinggi dan berat badan terbukti berkaitan dengan pola mekanik dan efektivitas gerak pada fase start, sehingga penggunaannya sebagai dasar analisis kinematik menjadi relevan dan meningkatkan akurasi interpretasi biomekanik (Jacobs et al., 2024).

Tabel 1. Data Antropometri Sampel

N=12	Mean ± SD	Min	Max
Usia (tahun)	16.75 ± 2.05	14	20
Berat Badan (kg)	55.75 ± 3.55	49	61
Tinggi Badan (cm)	166.33 ± 3.31	161	171
IMT (kg/m ²)	20.23 ± 1.17	17.8	22.8

Data antropometri menunjukkan bahwa para atlet memiliki karakteristik fisik yang relatif seragam, dengan usia rata-rata 16,75 ± 2,05 tahun, tinggi badan 166,33 ± 3,31 cm, dan berat badan 55,75 ± 3,55 kg. Indeks Massa Tubuh (IMT) berada pada rata-rata 20,23 ± 1,17 kg/m², yang termasuk dalam kategori normal. Hasil ini menggambarkan bahwa seluruh sampel berada dalam kondisi fisik yang proporsional dan sesuai untuk analisis performa lebih lanjut.

Tabel 2. Data Kinematik Analisis Gerak Start

N=12	Mean ± SD	Min	Max
Waktu Reaksi (s)	0.023 ± 0.011	0.01	0.04
Fase Start			
Sudut Fleksi Lutut Kiri	142.54 ± 3.22	138.60	148.70

(°)			
Sudut Fleksi Lutut Kanan (°)	70.24 ± 1.95	67.50	73.60
Perpindahan Tangan (s)	0.030 ± 0.010	0.02	0.05
Fase Akselerasi			
Sudut Fleksi Lutut Kiri (°)	141.10 ± 1.88	138.50	144.50
Sudut Fleksi Lutut Kanan (°)	130.18 ± 1.38	128.40	132.50
Perpindahan Tangan (s)	0.030 ± 0.011	0.01	0.05

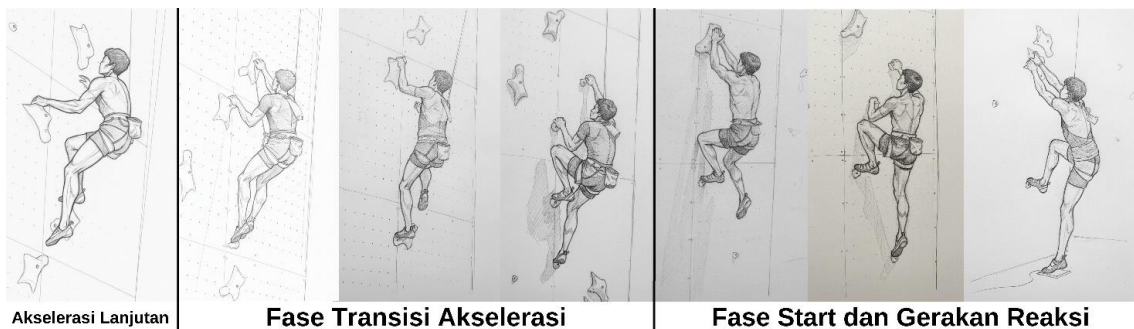
Hasil analisis kinematik gerakan panjat tebing pada 12 atlet speed menunjukkan pola gerakan yang cepat dan konsisten pada fase start dan akselerasi. Waktu reaksi rata-rata tercatat $0,023 \pm 0,011$ detik, dengan rentang $0,01-0,04$ detik, yang mengindikasikan kemampuan respons awal yang sangat baik. Pada fase start, sudut fleksi lutut kiri rata-rata $142,54 \pm 3,22^\circ$, sedangkan lutut kanan $70,24 \pm 1,95^\circ$. Perbedaan sudut tersebut menggambarkan dominasi satu kaki dalam menghasilkan tolakan awal, suatu pola umum pada teknik start nomor speed. Perpindahan tangan berlangsung cepat dan stabil dengan rata-rata $0,030 \pm 0,010$ detik. Pada fase akselerasi, terjadi perubahan pola gerak dengan sudut fleksi lutut kiri menjadi $141,10 \pm 1,88^\circ$ dan lutut kanan meningkat signifikan menjadi $130,18 \pm 1,38^\circ$, menunjukkan keterlibatan kedua kaki secara lebih seimbang untuk mempertahankan kecepatan. Waktu perpindahan tangan tetap konsisten ($0,030 \pm 0,011$ detik), menandakan ritme gerakan yang stabil.

PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis gerakan start pada atlet panjat tebing nomor speed world record dengan pendekatan motion analysis berbasis video. Pendekatan ini digunakan untuk memahami karakteristik gerak start yang mempengaruhi capaian waktu pada pertandingan speed climbing. Fokus utama dari penelitian ini adalah menganalisis kinematik gerakan pada fase start, mengidentifikasi waktu reaksi, serta membandingkan parameter kinematik yang ditemukan dengan waktu capaian world record untuk mengevaluasi performa atlet. Berdasarkan hasil penelitian ini, ditemukan bahwa dimensi tubuh atlet serta teknik gerak yang diterapkan berperan penting dalam pencapaian waktu yang optimal.

Dimensi tubuh atlet, khususnya tinggi badan dan berat badan, memainkan peran penting dalam kemampuan atlet untuk menghasilkan gaya dan mempertahankan stabilitas saat start. Menurut (Jacobs et al., 2024) antropometri atlet memengaruhi pola mekanik dan efektivitas gerakan, terutama pada fase awal gerakan. Dalam penelitian ini, data antropometri menunjukkan bahwa mayoritas atlet memiliki karakteristik fisik yang cukup seragam, dengan usia rata-rata $16,75 \pm 2,05$ tahun, tinggi badan $166,33 \pm 3,31$ cm, dan berat badan $55,75 \pm 3,55$ kg. Faktor-faktor ini sangat relevan, mengingat dalam olahraga speed climbing, stabilitas tubuh dan kecepatan pengeluaran gaya pada fase start sangat

berpengaruh terhadap waktu yang tercatat. Menurut (Jacobs et al., 2024) variasi tinggi badan dan berat badan dapat memengaruhi kecepatan akselerasi atlet pada fase start. Atlet dengan dimensi tubuh yang lebih panjang cenderung dapat menghasilkan langkah yang lebih besar dan lebih efisien, meskipun kecepatan reaksi dan teknik lompat awal tetap menjadi faktor utama yang mendominasi performa. Oleh karena itu, meskipun dimensi tubuh atlet dapat mempengaruhi potensi gerakan, kemampuan untuk menyesuaikan gerakan dengan kondisi fisik dan teknik yang tepat tetap menjadi faktor utama yang menentukan keberhasilan dalam mencapai waktu yang lebih cepat.



Gambar 1. Fase Start dan Akselerasi

Waktu reaksi adalah parameter penting dalam speed climbing, karena atlet harus bereaksi terhadap sinyal start secepat mungkin. Dalam penelitian ini, waktu reaksi rata-rata tercatat $0,023 \pm 0,011$ detik dengan rentang antara 0,01 hingga 0,04 detik. Waktu reaksi yang sangat cepat ini menunjukkan bahwa para atlet memiliki kemampuan respons yang sangat baik pada saat sinyal dimulai. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Huang et al., 2025) yang menyatakan bahwa waktu reaksi yang cepat berperan signifikan dalam mengurangi waktu total yang dibutuhkan untuk menyelesaikan lintasan panjang tebing.

Fase start yang efisien membutuhkan koordinasi gerakan yang tepat, seperti sudut fleksi lutut dan perpindahan tangan yang optimal. Dalam penelitian ini, ditemukan bahwa sudut fleksi lutut kiri rata-rata mencapai $142,54 \pm 3,22^\circ$, sedangkan sudut fleksi lutut kanan lebih rendah, yaitu $70,24 \pm 1,95^\circ$. Perbedaan sudut fleksi ini menunjukkan dominasi kaki kiri dalam menghasilkan tolakan awal yang lebih kuat. Fenomena ini sesuai dengan temuan penelitian sebelumnya oleh (Pandurevic et al., 2025; Reveret et al., 2020) yang menunjukkan bahwa banyak atlet panjat tebing yang mengandalkan satu kaki untuk menciptakan tolakan awal yang kuat, dan hal ini sering kali disertai dengan ketidakseimbangan pada sudut fleksi antara kedua kaki. Meskipun demikian, temuan ini menunjukkan bahwa teknik yang lebih seimbang dan simetris antara kedua kaki dapat meningkatkan efektivitas akselerasi dalam fase berikutnya.

Fase akselerasi adalah kunci untuk mencapai waktu terbaik dalam nomor speed world record. Pada penelitian ini, ditemukan bahwa pada fase akselerasi, sudut fleksi lutut kiri menurun sedikit menjadi $141,10 \pm 1,88^\circ$, sementara sudut fleksi lutut kanan meningkat menjadi $130,18 \pm 1,38^\circ$. Hal ini menunjukkan bahwa kedua kaki berperan lebih seimbang dalam mempertahankan kecepatan.

Perubahan pola gerakan ini menggambarkan peningkatan keterlibatan kedua kaki dalam mempertahankan akselerasi dan menjaga kecepatan yang konstan. Temuan ini serupa dengan penelitian yang dilakukan oleh (Lockie et al., 2015; Nasution & Tarigan, 2025) yang menyatakan bahwa akselerasi yang optimal memerlukan keterlibatan kedua kaki secara lebih seimbang untuk menghasilkan gaya dorong yang efisien, mengurangi beban pada satu kaki, serta menjaga keseimbangan tubuh. Dalam konteks speed climbing, akselerasi yang stabil dan berkelanjutan merupakan faktor yang dapat mengurangi waktu keseluruhan yang dibutuhkan untuk mencapai puncak.

Fase perpindahan tangan juga menunjukkan stabilitas gerak yang penting dalam mencapai performa terbaik. Dalam penelitian ini, perpindahan tangan tercatat rata-rata $0,030 \pm 0,010$ detik pada fase start dan akselerasi. Hasil ini menunjukkan ritme gerakan yang stabil dan konsisten, yang penting dalam menjaga kecepatan serta mengurangi energi yang terbuang selama transisi antar fase.

Pentingnya koordinasi antara kaki dan tangan pada fase start serta akselerasi ini juga ditemukan dalam penelitian (Beltrán Beltrán et al., 2023; Winkler et al., 2023) yang menunjukkan bahwa teknik perpindahan tangan yang efisien dapat mengurangi waktu total pada panjat tebing. Koordinasi antara kedua anggota tubuh ini harus dipertahankan agar tidak terjadi kehilangan waktu yang signifikan selama transisi gerakan.

Untuk mengukur sejauh mana performa atlet pada penelitian ini mendekati standar dunia, perbandingan dilakukan dengan capaian waktu world record yang ada. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa meskipun para atlet menunjukkan performa yang sangat baik, terutama dalam hal waktu reaksi dan akselerasi, mereka masih memiliki jarak yang cukup besar dari capaian waktu world record yang saat ini tercatat pada kisaran 5,4 detik. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun teknik dan waktu reaksi sudah berada pada level yang cukup tinggi, terdapat aspek-aspek lain dalam gerakan start yang masih perlu diperbaiki untuk mencapai performa maksimal. Penelitian dari (Faggian et al., 2025; Huang et al., 2025) menyebutkan bahwa untuk mencapai waktu world record, atlet tidak hanya harus mengoptimalkan gerakan fisik mereka, tetapi juga harus mempertimbangkan faktor-faktor eksternal seperti kondisi lintasan, suhu lingkungan, dan peralatan yang digunakan. Meskipun hasil penelitian ini menunjukkan performa yang baik, tetap dibutuhkan penyempurnaan lebih lanjut dalam hal teknik dan adaptasi terhadap faktor-faktor eksternal untuk menurunkan waktu start lebih lanjut dan mendekati capaian world record.

Implikasi dari penelitian ini menunjukkan bahwa analisis gerak start berbasis video dapat dimanfaatkan sebagai alat evaluasi teknis yang objektif dan aplikatif dalam pembinaan atlet panjat tebing nomor speed, khususnya pada level daerah. Temuan mengenai pola dominasi satu kaki pada fase start, keseimbangan keterlibatan ekstremitas bawah pada fase akselerasi, serta stabilitas perpindahan tangan memberikan dasar empiris bagi pelatih untuk merancang program latihan yang lebih terarah, seperti penguatan tolakan awal kaki dominan, peningkatan simetri kerja kedua kaki pada fase akselerasi, serta optimalisasi koordinasi tangan-kaki pada transisi gerak. Selain itu, perbandingan langsung dengan benchmark world record memungkinkan identifikasi kesenjangan performa

secara kuantitatif, sehingga proses evaluasi tidak hanya bersifat subjektif, tetapi berbasis data kinematik yang terukur. Dengan demikian, pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini berimplikasi pada pengembangan model pelatihan berbasis bukti (evidence-based coaching) yang dapat meningkatkan efisiensi teknik start dan mempercepat adaptasi atlet lokal menuju standar performa elite.

SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa dalam panjat tebing nomor speed, keberhasilan atlet sangat dipengaruhi oleh waktu reaksi, teknik start, dan akselerasi yang efisien. Waktu reaksi yang cepat, rata-rata 0,023 detik, memungkinkan atlet untuk memulai gerakan dengan lebih cepat, sementara teknik start yang mengoptimalkan penggunaan kaki dominan dan perpindahan tangan yang cepat turut mempercepat fase awal. Selain itu, akselerasi yang efisien, terutama dengan keterlibatan kedua kaki yang seimbang, sangat penting untuk mempertahankan kecepatan sepanjang lintasan. Meskipun data capaian waktu menunjukkan adanya variasi, dengan rentang antara 5,56 m/s hingga 7,66 m/s, hasil ini mencerminkan adanya potensi peningkatan performa pada fase akselerasi dan transisi antar fase. Untuk mendekati capaian waktu world record, atlet perlu mengoptimalkan setiap aspek ini, terutama dengan teknik yang lebih efisien dan koordinasi tubuh yang lebih baik, guna mengurangi waktu keseluruhan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada FPTI Pengprov Jawa Tengah dan seluruh atlet peserta babak kualifikasi Porprov Jawa Tengah Cabang olahraga panjat tebing.

KONFLIK KEPENTINGAN

Penelitian ini tidak mengandung konflik kepentingan, baik dalam bentuk finansial maupun non-finansial, dengan pihak mana pun. Seluruh data, proses analisis, dan temuan yang dihasilkan disajikan secara objektif, transparan, dan penuh tanggung jawab, sehingga dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah serta memberikan kontribusi nyata bagi pengembangan pengetahuan pada bidang yang relevan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrey, S. (2025). Decoding speed climbing : AI-powered biomechanical analysis of elite performance. *Journal of Physical Education and Sport*, 25(7), 1482–1489. <https://doi.org/10.7752/jpes.2025.07165>
- Beltrán Beltrán, R., Richter, J., Köstermeyer, G., & Heinkel, U. (2023). Climbing Technique Evaluation by Means of Skeleton Video Stream Analysis. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 23(19). <https://doi.org/10.3390/s23198216>
- Briley, S., Taylor, N., Outram, T., Chidley, J., & Mitchell, J. (2024). Kinematic Profiles and Performance Insights of National-level Speed Climbers. *British Association of Sport and Exercise Science - Biomechanics and Motor control Interest group*.

https://repository.derby.ac.uk/download/228ae609b34c1a26b017cb95facc638fd8c87de0e1e87dc72758937bae638a4/172613/BASES_BIG2024_SBriley_1%281%29.docx

- Chen, R., Liu, Z., Li, Y., & Gao, J. (2022). A Time-Motion and Error Analysis of Speed Climbing in the 2019 IFSC Speed Climbing World Cup Final Rounds. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(10), 6003. <https://doi.org/10.3390/ijerph19106003>
- Elias, P., Skvarlova, V., & Zezula, P. (2021). SPEED21: Speed Climbing Motion Dataset. *Proceedings of the 4th International Workshop on Multimedia Content Analysis in Sports*, 43–50. <https://doi.org/10.1145/3475722.3482795>
- Fadilah, S. M., Nugraha, U., & Kurniawan, A. (2024). Pengaruh Latihan Vertical Jump Terhadap Meningkatkan Power Otot Tungkai Pada Atlet Panjat Tebing Sipin Lake Pada Jalur Start Nomor Speed World Record. *Indonesian Journal of Sports and Health*, 1(1), 52–62. <https://rumah-jurnal.com/index.php/jajork/article/view/56>
- Faggian, S., Borasio, N., Vecchiato, M., Gatterer, H., Burtscher, M., Battista, F., Brunner, H., Quinto, G., Duregon, F., Ermolao, A., & Neunhaeuserer, D. (2025). Sport climbing performance determinants and functional testing methods: A systematic review. *Journal of Sport and Health Science*, 14, 100974. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2024.100974>
- Hosseini, S. A., & Wolf, P. (2023). Performance indicators in speed climbing: insights from the literature supplemented by a video analysis and expert interviews. *Frontiers in Sports and Active Living*, 5, 1–12. <https://doi.org/10.3389/fspor.2023.1304403>
- Huang, P., Huang, T., Xu, Z., Zhang, Y., & Wang, H. (2025). Speed Climbing Analysis System Based on Spatial Positioning and Posture Recognition: Design and Effectiveness Assessment. *Applied Sciences (Switzerland)*, 15(16), 1–14. <https://doi.org/10.3390/app15168959>
- Jacobs, J., Olivier, B., Brandt, C., & Boulle, N. (2024). Anthropometric and biomechanical factors in elite male and female fast bowlers. *Journal of Biomechanics*, 170(May), 112157. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2024.112157>
- Jarvis, M. R. (2021). Kinematic variations between successful and unsuccessful dynamic rock climbing movements. *EWU Digital Commons*.
- Krawczyk, M., Pocięcha, M., Ozimek, M., & Draga, P. (2020). The force, velocity, and power of the lower limbs as determinants of speed climbing efficiency. *TRENDS in Sport Sciences*, 27(4), 219–224. <https://doi.org/10.23829/TSS.2020.27.4-5>
- Legreneur, P., Rogowski, I., & Durif, T. (2019). Kinematic analysis of the speed climbing event at the 2018 Youth Olympic Games. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, 22(sup1), S264–S266. <https://doi.org/10.1080/10255842.2020.1714907>
- Lockie, R. G., Jalilvand, F., Callaghan, S. J., Jeffriess, M. D., & Murphy, A. J. (2015). Interaction Between Leg Muscle Performance and Sprint Acceleration Kinematics. *Journal of Human Kinetics*, 49(1), 65–74. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0109>
- Lutfiani, D., & Irawan, F. A. (2025). The Effectiveness of Weight Training on Speed

- in Rock Climbing Athletes in the Speed World Record Category. *Indonesian Journal of Physical Education and Sport Science*, 5(1), 40–48.
- Nasution, A. F., & Tarigan, F. N. (2025). Optimalisasi Prestasi Lari Sprint Melalui Strategi Latihan Akselerasi dan Instruksi Verbal dalam Meningkatkan Kecepatan Maksimal. *Jurnal Ilmiah STOK Bina Guna Medan*, 13(2), 220–227. <https://doi.org/10.55081/jsbg.v13i2.3861>
- Pandurevic, D., Draga, P., Sutor, A., & Hochradel, K. (2022). Analysis of Competition and Training Videos of Speed Climbing Athletes Using Feature and Human Body Keypoint Detection Algorithms. *Sensors*, 22, 2251. <https://doi.org/10.3390/s22062251>
- Pandurevic, D., Draga, P., Sutor, A., & Hochradel, K. (2025). Performance Insights in Speed Climbing: Quantitative and Qualitative Analysis of Key Movement Metrics. *Bioengineering*, 12(9), 975. <https://doi.org/10.3390/bioengineering12090957>
- Pongsiri, T., Prajongjai, V., & Charoenpanich, N. (2022). Movement analysis of the starting phase of 15-m speed climbing: a case study of thai national rock climber. *Journal of Physical Education and Sport*, 22(12), 3128–3134. <https://doi.org/10.7752/jpes.2022.12396>
- Putri, M. P., Putra, I. M., Susanti, D. T., Muhammadiyah, U., & Bungo, M. (2025). Pengaruh latihan lyometric terhadap kecepatan memanjat pada atlet speed world record panjat tebing bungo. *Master of Physical Culture and Recreation in Nusantara (Gejora)*, 1(1), 8–12.
- Reveret, L., Chapelle, S., Quaine, F., & Legreneur, P. (2020). 3D Visualization of Body Motion in Speed Climbing. *Frontiers in Psychology*, 11(September), 1–8. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.02188>
- Riswanto, A. H., & Sihombing, B. H. (2025). Pengaruh Latihan Resistance Band Terhadap Peningkatan Kecepatan Speed Climbing Pendahuluan. *Jurnal Porkes*, 8(3), 93–103. <https://doi.org/10.29408/porkes.v8i3.31742>
- Sanchez, X., Torregrossa, M., Woodman, T., Jones, G., & Llewellyn, D. J. (2019). *Identification of Parameters That Predict Sport Climbing Performance*. 10(May), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01294>
- Suryaningtyas, E., & Permana, D. F. W. (2025). Analisis Pembinaan Cabang Olahraga Panjat Tebing Kabupaten Kulon Progo Tahun 2025. *Journal of Sport Science Indonesia*, 4(3), 77–91. <https://doi.org/10.31258/jassi.4.3.77-91>
- Winkler, M., Künzell, S., & Augste, C. (2023). Competitive performance predictors in speed climbing, bouldering, and lead climbing. *Journal of Sports Sciences*, 41(8), 736–746. <https://doi.org/10.1080/02640414.2023.2239598>