

ANALISIS BIOMEKANIKA GERAKAN SPIKE BOLA VOLI MENGUNAKAN SOFTWARE KINOVEA DI MTS AL-FATH KLAMPIS BANGKALAN

Ashadu Wajalla¹, Haryo Mukti Widodo², Heni Yuli Handayani³

Abstrak: Di era modern ini, penerapan analisis biomekanika dalam olahraga telah terbukti sangat efektif dalam meningkatkan performa atlet. Spike merupakan salah satu teknik penentu dalam permainan bola voli yang memerlukan koordinasi tubuh yang optimal, termasuk dalam fase awalan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh jumlah langkah awalan terhadap hasil bola dan sudut lompatan saat melakukan spike. Metode penelitian menggunakan pendekatan penelitian kualitatif yang melibatkan sejumlah 15 siswa MTS AL-FATH yang dipilih melalui purposive sampling. Data diperoleh melalui perekaman video dan dianalisis menggunakan perangkat lunak Kinovea untuk mengukur sudut lompatan dari hasil pukulan bola. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah langkah awalan memengaruhi sudut lompatan dan efektivitas pukulan. Langkah awalan sebanyak tiga hingga empat langkah menghasilkan sudut lompatan yang lebih optimal serta pukulan bola yang lebih akurat. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa penambahan jumlah langkah awalan dapat meningkatkan performa spike dalam bola voli. Implikasi dari temuan ini dapat dijadikan dasar dalam penyusunan program latihan teknik spike yang lebih efektif bagi atlet dan pelatih.

Kata Kunci: *Spike, Langkah Awalan, Sudut Lompatan, Hasil Bola, Bola Voli*

Abstract: *In this modern era, the application of biomechanical analysis in sports has proven to be highly effective in enhancing athletic performance. The spike is a decisive technique in volleyball that requires optimal body coordination, particularly during the approach phase. This study aims to analyze the effect of the number of approach steps on ball outcome and jump angle during a spike. The research employed a qualitative approach involving 15 students from MTS AL-FATH, selected through purposive sampling. Data were collected through video recordings and analyzed using Kinovea software to measure the jump angle resulting from the ball strike. The results indicated that the number of approach steps influences the jump angle and the effectiveness of the hit. An approach of three to four steps resulted in a more optimal jump angle and a more accurate spike. The conclusion of this study is that increasing the number of approach steps can improve spike performance in volleyball. The implications of these findings can serve as a foundation for*

¹ Pendidikan Olahraga, Pendidikan, STKIP PGRI Bangkalan, Indonesia

² Pendidikan Olahraga, Pendidikan, STKIP PGRI Bangkalan, Indonesia

³ Pendidikan Olahraga, Pendidikan, STKIP PGRI Bangkalan, Indonesia

developing more effective spike technique training programs for athletes and coaches.

Keywords: *Spike, Prefix Step, Jump Angle, Ball Yield, Volleyball*

PENDAHULUAN

Biomekanika merupakan cabang ilmu yang berfokus pada analisis gerak tubuh manusia dengan menggunakan prinsip-prinsip mekanika. Di era modern ini, penerapan analisis biomekanika dalam olahraga telah terbukti sangat efektif dalam meningkatkan performa atlet. Penggunaan biomekanika dapat diterapkan di berbagai cabang olahraga karena memahami detail gerakan atlet, analisis biomekanika memungkinkan perbaikan teknik, optimalisasi kinerja, dan pencegahan cedera (Badawi et al., 2021). Dalam dunia olahraga, biomekanika memegang peran penting untuk memahami dan menganalisis gerakan atlet, sehingga dapat meningkatkan kinerja mereka secara optimal. Menurut (Alfandianto & Putri, 2018) biomekanika mengupas aspek mekanis dari setiap gerakan tubuh manusia, menjadikannya ilmu yang krusial dalam mengidentifikasi bagian gerakan yang memerlukan perbaikan demi hasil yang lebih optimal.

Seiring perkembangan teknologi, analisis biomekanika kini lebih mudah diakses dan semakin akurat berkat software seperti Kinovea, yang memungkinkan analisis gerakan secara visual dan rinci melalui rekaman video. Software ini menawarkan fitur pengamatan gerakan dalam slow motion, memberikan perspektif yang lebih jelas tentang setiap fase gerakan atlet (Purbasari et al., 2013). Keunggulan utama dari Kinovea adalah kemudahan penggunaannya, pengukuran yang akurat tanpa perlu sensor fisik, serta sifatnya yang gratis. Software ini memberikan akses bagi pelatih dan atlet untuk mengevaluasi setiap aspek gerakan, seperti sudut, kecepatan, dan durasi pada tiap fase gerakan. Terutama dalam olahraga yang membutuhkan kecepatan dan ketepatan, seperti bola voli. Kinovea menjadi alat yang sangat berguna untuk membantu atlet mencapai performa terbaiknya.

Bola voli adalah salah satu cabang olahraga yang membutuhkan koordinasi serta teknik tinggi dari para pemainnya. Terdapat berbagai teknik dalam bola voli, seperti passing, blok, servis, dan yang paling signifikan adalah spike atau smash, yang menjadi teknik dominan dalam perolehan poin. Teknik spike merupakan bentuk serangan yang dilakukan dengan memukul bola menggunakan kekuatan dan kecepatan maksimal ke area lawan (Irwanto, 2018) Spike melibatkan empat fase utama, yaitu awalan, lompatan (take off), pukulan (hit), dan mendarat (landing). Teknik ini ditandai dengan arah bola yang tajam dan cepat menuju daerah lawan, sehingga menyulitkan lawan untuk mengembalikannya. Sebagai teknik yang dominan, spike memiliki peran besar dalam mencetak poin, menjadikannya keterampilan yang harus dikuasai oleh setiap pemain bola voli.

Keberhasilan spike tidak hanya bergantung pada kekuatan pukulan, namun juga pada kemampuan atlet untuk mencapai loncatan tinggi dan memukul bola pada titik tertinggi. Lonjakan yang eksplosif dan pukulan yang terarah merupakan elemen krusial dalam menghasilkan kekuatan (power) yang efektif. Power yang baik dicirikan oleh kemampuan melakukan gerakan dengan kekuatan dan kecepatan tinggi secara simultan, seperti pada fase lompatan dalam spike (Santoso & Setiabudi, 2019). Teknik spike sangat penting, banyak atlet yang masih kesulitan dalam mencapai loncatan optimal atau pukulan yang efektif, yang sering kali disebabkan oleh kurangnya pemahaman tentang biomekanika gerakan (Hidayatullah, 2023). Dengan bantuan Kinovea, pelatih dapat mengidentifikasi berbagai aspek teknik yang perlu diperbaiki, seperti sudut lompatan, kekuatan pukulan, dan koordinasi gerakan tubuh. Dengan evaluasi yang lebih rinci, pelatih dapat memberikan masukan spesifik kepada atlet mengenai hal-hal yang harus diperbaiki agar spike mereka lebih efektif.

Selain analisis gerakan, kekuatan otot merupakan faktor utama yang berkontribusi pada efektivitas spike. Latihan fisik seperti lompat gawang dalam olahraga bola voli penting dilakukan untuk meningkatkan kekuatan tungkai yang mendukung power pada saat menyerang (spike), bertahan (blok), maupun service (Shodiq et al., 2019). Salah satu latihan yang sering digunakan adalah latihan plyometrics, yang melibatkan lompat gawang untuk memperkuat otot tungkai. Latihan plyometrik ini bermanfaat dalam meningkatkan daya ledak, kecepatan, dan respons cepat otot, yang esensial untuk mencapai loncatan tinggi dan pukulan yang eksplosif. Atlet yang secara teratur melatih otot tungkai melalui latihan plyometrics menunjukkan peningkatan signifikan dalam kualitas loncatan, yang berdampak langsung pada kualitas pukulan spike.

Dengan memadukan analisis biomekanika melalui kinovea dan latihan fisik yang tepat, perbaikan teknik spike dapat dilakukan dengan cara yang lebih terstruktur dan efisien. Pemahaman tentang faktor-faktor yang memengaruhi spike, seperti kekuatan otot, koordinasi gerakan, dan sudut pukulan, memberi kesempatan bagi pelatih untuk merancang program latihan yang lebih efektif. Maka dari itu, kombinasi antara analisis biomekanika dan latihan fisik yang terarah merupakan pendekatan yang komprehensif dalam meningkatkan kemampuan atlet dalam teknik spike, yang pada akhirnya juga mendukung performa tim secara keseluruhan.

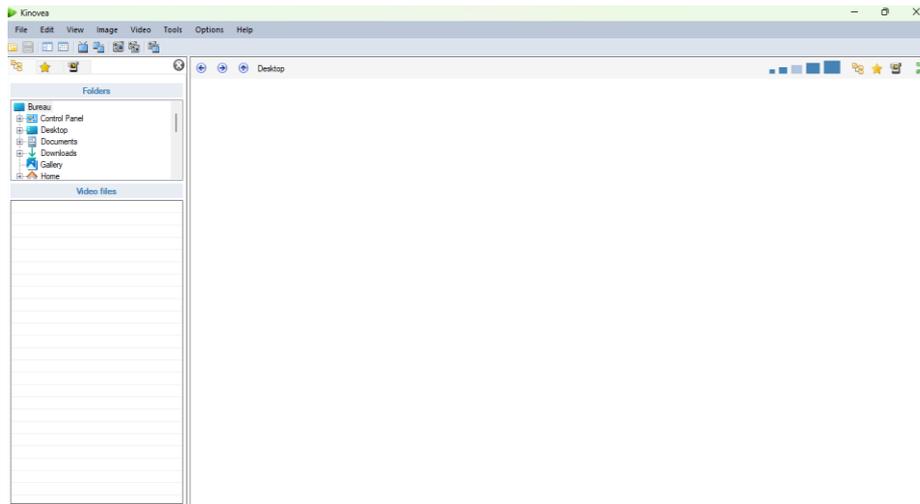
Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi efektivitas analisis biomekanika dengan Kinovea dalam meningkatkan teknik spike pemain bola voli. Selain itu, penelitian ini juga mengevaluasi peran latihan fisik, seperti lompat gawang, dalam memperkuat otot dan meningkatkan kemampuan atlet dalam mencapai loncatan tinggi dan pukulan kuat, sehingga teknik spike yang dihasilkan lebih efektif dan efisien di lapangan.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif deskriptif yang bertujuan untuk menganalisis biomekanika teknik spike dalam olahraga bola voli melalui observasi langsung dan analisis video menggunakan software Kinovea. Observasi digunakan untuk mengumpulkan data tentang teknik spike siswa, sementara software Kinovea digunakan untuk analisis biomekanika gerakan mereka (Mulyadi, 2013). Penelitian ini juga memadukan pendekatan survei yang bersifat observasional dengan penggunaan tes dan pengukuran, guna memperoleh data yang akurat mengenai teknik spike.

Populasi penelitian ini adalah siswa MTS Al-Fath, dengan sampel sebanyak 15 siswa yang dipilih melalui purposive sampling. Metode ini memungkinkan peneliti untuk memilih sampel berdasarkan kriteria tertentu yang relevan dengan tujuan penelitian (Kiswah, 2024). Berlokasi dilapangan sekolah MTS AL-FATH di Desa Tolbuk Kecamatan Klampis Kabupaten Bangkalan. Proses observasi dan perekaman berlangsung dalam kondisi lapangan yang terkendali untuk menjaga konsistensi pengambilan data. Melalui kombinasi antara observasi, rekaman video, dan analisis perangkat lunak, peneliti dapat memvisualisasikan dan mengevaluasi aspek teknis yang tidak mudah terdeteksi dengan pengamatan biasa. Berikut adalah contoh tampilan pada aplikasi kinovea.

Ashadu Wajalla, Haryo Mukti Widodo, Heni Yuli Handayani: Analisis Biomekanika Gerakan Spike Bola Voli Menggunakan Software Kinovea Di MTS Al-Fath Klampis Bangkalan



Gambar 1. Contoh Fitur Aplikasi Software Kinovea
Sumber: Kinovea 1.1

Siswa MTS AL-FATH melakukan spike sebanyak satu kali secara bergantian dengan jumlah 15 orang siswa. Peneliti dan sampel menggunakan suatu lapangan untuk melaksanakan pengambilan gambar dan video. Pengambilan gambar ataupun video diambil dari posisi sudut awalan, lompatan (take-off), pukulan (hit), dan pendaratan (landing) dalam teknik spike dengan menggunakan kamera Handphone. Praktek spike tersebut dilaksanakan hanya disetengah lapangan bola voli

HASIL

Hasil analisis gerak pada teknik spike dalam permainan bola voli dengan menggunakan 15 sampel pada siswa MTS AL-FATH yang menggunakan software kinovea dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini:

Tabel 1. Hasil Teknik Spike pada Siswa MTS AL-FATH

Nama	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Tinggi Badan	127,52	125,56	139,97	148,99	133,39	160,16	142,50	155,20	140,32	158,13	152,14	136,93	151	163,17	144,30
	cm														
Sampin	54,28	57,33	55,35	60,14	40,30	45,92	66,85	52,40	44,18	47,26	55,53	45,55	54,31	57,13	60,25
g	cm														
Sudut 1	42,5	47,7	43,1	44,8	37,4	36,6	62,5	48,3	32,1	39,2	46,4	36,0	46,6	49,2	49,7
L2		60,30	67,82	67,14	48,92	44,80	69,47	59,14	-	45,71	66,28	48,37	63,8	62,16	62,13
		cm		cm	cm	cm	cm	cm	cm						
Sudut 2	-	69,6	51,5	48,2	42,1	28,1	26,1	52,2	-	37,9	59,7	44,81	59,10	54,5	57,1
L3	-	-	72,42	41,49	-	54,97	-	42,10	-	50,97	69,42	-	68,2	63,22	
			cm	cm		cm		cm		cm	cm		cm	cm	
Sudut 3	-	-	67,2	36,2	-	47,9	-	30,5	-	48,5	59,7	-	62,7	58,9	
L4	-	-	-	-	-	65,28	-	-	-	57,29	-	-	-	63,74	
						cm				cm				cm	
Sudut 4	-	-	-	-	-	49,5	-	-	-	53,1	-	-	-	60,1	
Sudut	22,5	42,4	24,6	28,1	20,9	49,5	26,1	28,9	32,1	26,9	36,4	33,9	38,8	44,2	56,9
Lompat															
Sudut	80,8	103,3	92,8	90,0	124,9	101,3	148,1	90,2	92,5	110,2	97,5	130,2	94,5	93,2	120,4
Lengan															
Kanan															
Sudut	112,1	69,1	124,8	82,1	85,3	99,1	69,7	120,3	118,2	96,4	139,1	89,5	125,1	132,7	97,9
Lengan															
Kiri															
Jarak	77,42	51,85	113,37	140,77	98,21	98,90	39,97	145	83,4	153,32	133,73	139,24	152,36	173,24	115,20
Bola	cm	cm	cm	cm	mc	cm									
Hasil	164,43	120,39	157,04	195,10	169,09	218,36	144,35	187,37	169,	203,63	175,15	170,09	178,17	220,17	165,1
Bola	cm	42 cm	cm	cm	cm	cm	cm	6 cm							

Take Belakang	Fase Langkah	0,59	1,55	1,21	1,52	1,45	1,49	1,56	1,55	1,06	2,02	1,59	1,55	1,40	2,14	1,54
	Fase Lompat	0,44	0,61	0,72	0,58	0,52	0,50	0,51	0,48	0,47	0,43	0,40	0,63	0,50	0,53	0,60
	Fase Pukulan	0,17	0,17	0,10	0,17	0,15	0,14	0,17	0,21	0,15	0,21	0,21	0,20	0,17	0,21	0,17
	Fase Mendarat	0,37	0,52	0,58	0,62	0,48	0,53	0,51	0,50	0,32	0,60	0,55	0,54	0,23	0,32	0,48

Keterangan Nama Siswa:

1	Daniel	6	Moch. Iqbalul Khoir	11	Ainur Rohman
2	Rohman	7	Rizal Zamzami	12	Kamilul Ikrom
3	Fahmi	8	Zainal Abidin	13	Imam Syafi'i
4	Imam Sarkasi	9	Salman Alfarisi	14	Irfan Maulana
5	Imam Mulharomil	10	Muzemmil	15	Sulaiman

PEMBAHASAN

Hasil penelitian pada tabel 1, menunjukkan bahwa jumlah langkah awalan (footwork step) berpengaruh terhadap panjang jarak langkah saat take off serta sudut lompatan. Berdasarkan data yang dikumpulkan, semakin banyak langkah awalan yang dilakukan oleh subjek penelitian, semakin besar jarak langkah terakhir dan sudut lompatan yang dihasilkan. Fenomena ini sesuai dengan prinsip biomekanika, dimana gaya inersia yang terbentuk dari langkah awalan akan meningkatkan percepatan dan daya dorong ke atas saat melakukan lompatan.

1. Pengaruh Jumlah Langkah Awalan terhadap Hasil Bola dan Sudut Lompatan

Berdasarkan data pada Tabel 1, dapat dilihat bahwa sudut lompat yang dihasilkan rata-rata mencapai 20° , namun dengan 4 langkah awalan, sudut lompatan meningkat signifikan hingga mencapai $49,5^\circ$ dan $44,2^\circ$. Meskipun dengan hanya 3 langkah awalan, sudut lompatan yang dihasilkan tetap cukup optimal, yaitu $36,4^\circ$ dan $38,8^\circ$, namun hasil yang dicapai dengan 3 langkah awalan tidak sebaik dengan 4 langkah awalan. Temuan ini mengindikasikan bahwa semakin banyak langkah awalan yang dilakukan, semakin optimal sudut lompatan yang dihasilkan, yang tentunya berhubungan langsung dengan ketinggian lompatan dan daya pukulan bola yang lebih besar. Fenomena ini juga konsisten dengan teori biomekanika yang menyebutkan bahwa peningkatan langkah awalan akan berujung pada peningkatan energi kinetik yang dihasilkan, yang pada gilirannya meningkatkan kemampuan atlet dalam mencapai ketinggian lompatan yang lebih tinggi dan jarak lompatan yang lebih jauh. Selanjutnya, dalam hal hasil bola, rata-rata hasil bola yang tercatat pada Tabel 1 adalah sekitar 170 cm, namun dengan empat langkah awalan, hasil bola yang dicapai dapat meningkat secara signifikan menjadi 212,36 cm hingga 220,17 cm. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah langkah awalan berpengaruh terhadap keberhasilan dalam mencapai hasil bola yang optimal, baik dari segi jarak maupun ketinggian. Spike teknik merupakan yang membutuhkan banyak energi dan dapat menyebabkan kelelahan pada pemain dalam waktu singkat. Oleh sebab itu, kebugaran fisik turut berperan dalam menentukan kualitas dan efektivitas gerakan spike (Novia et al., 2020). Penemuan ini juga mendukung konsep hukum Newton I yang menyatakan bahwa tubuh yang bergerak dalam kondisi tidak ada gaya luar yang bekerja akan terus bergerak dalam lintasan lurus dengan kecepatan konstan, yang dalam hal ini berhubungan dengan peningkatan momentum pada saat langkah awalan.

2. Pengaruh Jumlah Langkah Awalan terhadap Fase Gerakan Spike

Teknik spike dalam bola voli merupakan kombinasi kompleks dari gerakan berbagai sendi tubuh yang berlangsung secara berurutan dan terkoordinasi (Gumilar et al., 2024). Gerakan spike dalam bola voli merupakan kombinasi kompleks dari berbagai gerakan sendi yang bekerja secara bersamaan dan terkoordinasi dengan baik. Setiap fase dalam teknik spike, mulai dari fase awalan hingga pendaratan, melibatkan sejumlah sendi yang berperan aktif untuk menciptakan gerakan yang efisien dan aman.

1. Fase Awalan (*Approach*): Pada fase ini, sendi panggul mengalami fleksi, sementara sendi lutut juga mengalami fleksi untuk menyimpan energi elastik pada otot-otot tungkai, khususnya quadriceps dan hamstring. Gerakan sendi pergelangan kaki yang melakukan dorsifleksi penting untuk persiapan tumpuan yang optimal. Selain itu, pada saat yang sama, sendi bahu melakukan ekstensi untuk mempersiapkan ayunan lengan, sedangkan sendi siku sedikit dalam posisi fleksi untuk mempersiapkan gerakan eksplosif selanjutnya.
2. Fase Lompatan (*Take-Off*): Fase ini menunjukkan perubahan besar pada sudut-sudut sendi. Sendi lutut dan pinggul bergerak cepat menuju ekstensi untuk menghasilkan daya dorong vertikal yang diperlukan untuk melompat. Pada saat yang sama, sendi pergelangan kaki bergerak dari dorsifleksi ke plantarfleksi yang memungkinkan tubuh terangkat ke atas. Selain itu, gerakan pada sendi bahu dan siku juga sangat penting untuk memberikan kecepatan pada lengan sebelum melakukan pukulan bola.
3. Fase Kontak dengan Bola (*Hit*): Pada fase ini, pergerakan tangan mencapai puncaknya dengan sendi bahu dalam posisi fleksi penuh, diiringi dengan sedikit rotasi internal untuk mengarahkan bola ke area lawan. Begitu pula dengan sendi siku yang sepenuhnya ekstensi, sementara sendi pergelangan tangan melakukan fleksi aktif untuk menghasilkan kecepatan dan arah yang diinginkan dalam pukulan.
4. Fase Pendaratan (*Landing*): Setelah pukulan bola, tubuh mulai kembali ke tanah. Pada saat ini, sendi pergelangan kaki, lutut, dan pinggul berperan penting dalam menyerap beban tubuh dan meredam benturan yang terjadi saat pendaratan. Posisi tubuh yang benar pada fase ini akan mengurangi risiko cedera, seperti pada sendi lutut dan pinggul yang sedikit menekuk agar keseimbangan tubuh terjaga dengan baik.

3. Hubungan antara Sudut Lengan dan Efektivitas Pukulan Bola

Gerakan tangan dalam teknik spike merupakan faktor kunci dalam menghasilkan pukulan bola yang cepat dan akurat. Jenis spike ini kerap dimanfaatkan untuk mengacaukan fokus blok lawan, sehingga penting untuk dipelajari dengan menganalisis gerakan-gerakan yang tepat (Hidayatullah & Wahyudi, 2023). Dengan begitu, serangan yang dilakukan tidak mudah diprediksi oleh pihak lawan. Berdasarkan data yang ada pada Tabel 1 yang setiap jumlah langkah awalan, terdapat variasi sudut pada lengan kanan dan kiri yang berhubungan langsung dengan keberhasilan pukulan bola. Pada satu langkah awalan, sudut lengan kanan rata-rata tercatat pada $86,65^\circ$, sedangkan sudut lengan kiri rata-rata mencapai $115,15^\circ$. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun dengan satu langkah awalan, masih terdapat sudut yang cukup besar pada lengan, yang berpotensi berhubungan dengan jarak hasil bola yang cukup optimal, yaitu 166,9 cm. Namun, ketika jumlah langkah awalan ditingkatkan menjadi dua hingga empat langkah, terdapat peningkatan signifikan pada sudut lengan kanan (misalnya $125,38^\circ$ pada dua langkah awalan) yang secara langsung mempengaruhi jarak hasil bola, yang tercatat pada angka rata-rata 154,14 cm.



Gambar 2. Penyajian Gambar
Beserta keterangan analisis video spike bagian pukulan (hit)

Hal ini sesuai dengan hasil penelitian oleh (Salahuddin, 2023) yang menyatakan bahwa apabila siswa terlalu melebar ke kanan dan ke kiri mengakibatkan pukulan smash yang seharusnya menghasilkan poin untuk diri sendiri, justru malah lebih banyak menghasilkan poin untuk lawan. Selain itu 4 langkah awalan juga menghasilkan rata-rata lengan kanan dan kiri lebih besar dibandingkan langkah awalan lainnya, karena 4 langkah awalan hasil sudut lengan kanan dan kiri saat melakukan pukulan cenderung lebih besar menunjukkan fleksibilitas dan koordinasi yang lebih baik dalam memaksimalkan pukulan bola. Perubahan sudut lengan yang terjadi pada berbagai fase menunjukkan pentingnya koordinasi gerakan tangan dengan seluruh tubuh, untuk menghasilkan pukulan bola yang lebih efektif. Oleh karena itu, analisis biomekanika sudut lengan dalam teknik spike ini sangat penting dalam pelatihan, untuk membantu atlet menghasilkan pukulan yang lebih optimal.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa jumlah langkah awalan memiliki pengaruh signifikan terhadap hasil bola dan sudut lompatan dalam teknik spike bola voli. Temuan ini mengindikasikan bahwa peningkatan jumlah langkah awalan, khususnya tiga hingga empat langkah, mampu menghasilkan sudut lompatan yang lebih ideal dan hasil bola yang lebih optimal. Selain itu, setiap fase dalam gerakan spike mulai dari fase langkah, lompatan, pukulan, hingga mendarat mengalami variasi waktu pelaksanaan yang berkorelasi dengan jumlah langkah awalan yang digunakan. Koordinasi gerak tubuh, khususnya koordinasi lengan saat melakukan pukulan, juga meningkat seiring bertambahnya langkah awalan, menghasilkan pukulan yang lebih kuat, akurat, dan terarah. Berdasarkan hasil tersebut, disimpulkan bahwa optimalisasi langkah awalan dapat menjadi faktor penting dalam peningkatan performa spike. Penelitian ini juga membuka peluang bagi pengembangan lebih lanjut dalam memahami kontribusi komponen biomekanik lain terhadap kualitas teknik spike. Penelitian ini menyarankan agar atlet dan pelatih bola voli fokus melatih awalan tiga hingga empat langkah untuk meningkatkan spike. Peneliti selanjutnya disarankan menambahkan variabel lain seperti kecepatan take-off dan kekuatan otot untuk analisis yang lebih menyeluruh. Selain itu, institusi pendidikan dan klub bola voli dapat memanfaatkan hasil penelitian ini untuk merancang kurikulum latihan spike yang ilmiah dan terstandar guna meningkatkan kualitas atlet sejak dini.

DAFTAR PUSTAKA

Alfandianto, A., & Putri, M. H. E. D. (2018). Analisis Biomekanika Pada Postur dan Gerak Tubuh Operator Book Lift Guna Mengidentifikasi Risk of Musculoskeletal Disorders. *SAINTEK: Jurnal Ilmiah Sains Dan Teknologi Industri*, 1(2), 95. <https://doi.org/10.32524/sainstek.v1i2.242>

- Badawi, A., Widiyanto, & Nasrulloh, A. (2021). *Survei Analisis Biomekanik Passing Pada Pemain Sepakbola Private Training Pati*. 2(4), 273–278.
- Gumilar, A., Subroto, T., Darajat, J., Negara, K., Scholar, G., & Spike, O. (2024). Analisis Keefektifan Gerakan Open Spike Dalam Olahraga Bola Voli , Ditinjau Dari Aspek Biomekanika Analysis of the Effectiveness of the Open Spike Movement in Volleyball , Viewed From the. *Jambura Sports Coaching Academic Journal*, 3(1), 20–28.
- Hidayatullah, A. F. (2023). Analisis Keterampilan Gerak Spike Bolavoli Pemain Junior Di Sekolah Bolavoli Pervopa Patemon Tahun 2022. *Indonesian Journal for Physical Education and Sport*, 4(2), 646–652. <https://doi.org/10.15294/inapes.v4i2.56280>
- Hidayatullah, A. F., & Wahyudi, A. (2023). *Indonesian Journal for Physical Education and Sport Analisis Keterampilan Gerak Spike Bolavoli Pemain Junior di Sekolah Bolavoli PERVOPA Patemon Tahun 2022*. 4(2), 646–652.
- Irwanto, D. A. S. E. (2018). Studi Analisis Biomechanics Langkah Awalan (Footwork Step) Open Spike Dalam Bola Voli Terhadap Power Otot Tungkai. *Jorpres (Jurnal Olahraga Prestasi)*, 14(1), 81–89. <https://doi.org/10.21831/jorpres.v14i1.19985>
- Kiswah. (2024). *Analisis Biomekanika Terhadap Gerak Lay-Up Mahasiswa Biomechanical Analysis Of Lay-Up Movements Of Stkip Pgri Bangkalan Sports Students 2022 Using The Kinovea Application Riyadhoh : Jurnal Pendidikan Olahraga*. 7(June), 108–114.
- Mulyadi, M. (2013). Penelitian Kuantitatif Dan Kualitatif Serta Pemikiran Dasar Menggabungkannya. *Jurnal Studi Komunikasi Dan Media*, 15(1), 128. <https://doi.org/10.31445/jskm.2011.150106>
- Novia, V., Putri, E., & Karya, U. M. (2020). *Analisis spike atlet bola voli pasir indonesia*. 3(1), 36–45.
- Purbasari, T. W., Handono, S., Prastowo, B., & Prihandono, T. (2013). *Penggunaan Software Kinovea Sebagai Alat Kajian Teoritis Materi*. 2008.
- Salahuddin, Y. (2023). *Hubungan Kekuatan Otot Lengan Dengan Ketepatan Smash Pada Siswa Smk Tebing Tinggi* (p. 55).
- Santoso, D. A., & Setiabudi, M. A. (2019). *Analisis biomechanics pola langkah awalan (footwork step pattern) spike dalam bola voli terhadap performa power spike The analysis of biomechanics on footwork step pattern spike toward power spike of volleyball sport Pendahuluan Olahraga merupakan bidang*. 5.
- Shodiq, A., Sugihartono, T., & Sutisyana, A. (2019). Pengaruh Latihan Lompat Gawang Dalam Meningkatkan Tinggi Lompatan Spike Pada Permainan Bola Voli Siswa Ekstrakurikuler Di Man 2 Kota Bengkulu. *Kinestetik*, 3(1), 29–33. <https://doi.org/10.33369/jk.v3i1.8808>