

IDENTIFIKASI FAKTOR PENENTU FASE MENUMPU PADA LOMPAT JAUH MENGUNAKAN KAJIAN BIOMEKANIKA 2 DIMENSI

Moh Nanang Himawan Kusuma^{1*}, Tegar Pangudi²

¹Ilmu Keolahragaan, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia

²Jurusan Pendidikan Jasmani, Universitas Jenderal Soedirman, Indonesia

*E-mail: mohnanang.2021@student.uny.ac.id

Abstrak

Analisa gerak lompat jauh menjelaskan bahwa ada 4 fase yang harus dilewati diantaranya awalan, tumpuan, melayang dan mendarat. Kecepatan awalan sering kali tidak dapat diakselerasikan secara optimal pada 3 langkah terakhir karena rendahnya akurasi titik tumpu disertai dengan teknik tumpuan yang belum sesuai dengan kajian biomekanika. Faktor penentu pada fase menumpu seperti akselerasi awalan (v_a), kecepatan tumpuan (v_t), sudut tumpuan (α), tinggi titik berat badan (tb) belum teridentifikasi dengan jelas. Studi eksperimental dengan pendekatan *cross-sectional* ini menganalisa profil akselerasi awalan (v_a), kecepatan tumpuan (v_t), sudut tumpuan (α), dan tinggi titik berat badan (tb) saat menumpu serta korelasinya terhadap prestasi lompatan. 15 atlet putra dari kelompok remaja, junior dan atlet senior diuji cobakan menggunakan instrumen pengukuran biomekanik 2-Dimensi *image capture on sagittal view*, dilengkapi dengan informed consent, indeks massa tubuh, panjang tungkai dan kecepatan lari 30 meters. Akselerasi awalan ($p=0.002$), kecepatan tumpuan ($p=0.001$), sudut tumpuan ($p=0.001$), titik berat badan ($p=0.001$) berhubungan signifikan terhadap prestasi lompat jauh ($p<0.05$). Lompatan terjauh memiliki rerata kecepatan 3 langkah terakhir 8,53 m/s, rerata take-off velocity 7,73 m/s, take-off angle ($22,7^\circ$), height of centre of mass tertinggi (109cm). Akselerasi kecepatan pada 3 langkah terakhir, kecepatan menumpu balok tumpuan dan ketinggian titik berat badan saat menumpu terbukti signifikan mempengaruhi prestasi, sedangkan sudut tumpuan yang optimal saat menumpu sangat ditentukan oleh profil antropometri masing-masing atlet.

Kata Kunci: lompat jauh, teknik, awalan, tumpuan, biomekanik.

IDENTIFICATION OF THE DETERMINING FACTORS OF THE TAKE-OFF PHASE IN THE LONG JUMP USING 2-DIMENSIONAL BIOMECHANICS STUDY

Abstracts

The analysis of the long jump explains that the long jump consists of 4 phases namely the approach, take-off, flying, and landing. A running velocity in the approach phase often cannot be accelerated optimally in the last 3 steps due to a lack of take-off accuracy and improper technique based on biomechanical perceptions. The performance-limiting in the take-off phase such as run-up speed (v_a), take-off speed (v_t), take-off angle (α), and the height of the centre mass (tb) have not been clearly identified. This experimental study with a cross-sectional approach analyzes the profile of run-up speed (v_a), take-off velocity (v_t), take-off angle (α), and height of centre mass (tb), including their correlation to the jump performance. 15 male athletes from the group of teenagers, juniors, and senior athletes were voluntarily tested using a 2-Dimensional biomechanical image capture sagittal view, equipped with informed consent, body mass index, leg length, and running speed of 30 meters. Initial acceleration ($p=0.002$), take-off velocity ($p=0.001$), take-off angle ($p=0.001$), height of center mass ($p=0.001$) were significantly proved affected to the long jump performance ($p<0.05$). The farthest jump has an average speed of the last 3 steps of 8.53 m/s, a take-off velocity of 7.73 m/s, a take-off angle (22.7°), and the height of the center of mass (109cm). Speed acceleration in the last 3 steps, the ability to take off at high velocity, and keep the center of body mass in height position are proven to significantly affect the performance, while the optimal take-off angle is largely determined by the anthropometric profile of each athlete.

Keywords: long jump, approach, take-off, biomechanics

PENDAHULUAN

Salah satu fase utama dalam lompat jauh adalah *take-off*, *take-off* dalam lompat jauh dapat dibagi menjadi tiga tahap yaitu *touchdown*, *amortisasi* dan *extention* (IAAF). Pada tahap *touchdown* seluruh telapak kaki menyentuh papan tolak dengan sangat cepat atau *pawing movement*. Kemudian tahap *amortisasi* adalah ketika kaki tumpu sedikit ditekuk ($\pm 165^\circ$) disusul dengan kaki ayun. Untuk mempertahankan teknik yang benar tubuh bagian atas tetap tegak untuk menjaga ketinggian titik berat badan.

Gerakan terakhir fase *take-off* dalam lompat jauh yaitu meng-ekstensikan ankle, lutut dan pinggang diikuti dengan ayunan lengan di angkat ke atas. Gerakan ini harus ditahan dalam posisi tersebut untuk dapat mentransfer momentum dari lengan dan bahu ke tubuh sehingga menambah tinggi lompatan saat melompat selesai melakukan *take-off* (IAAF). Kemudian tahap *take-off* dalam aspek biomekanik lompat jauh dibagi menjadi 3 aspek yaitu: *velocity at take-off*, *angle of take-off*, dan *height of the centre of mass* (Struder 2016). Untuk mendapatkan jarak lompatan yang maksimal diperlukan analisis biomekanik yang melibatkan unsur-unsur tersebut. Unsur *velocity at take-off*, *angle of take-off*, dan *height of the centre of mass* yang merupakan variabel penentu dalam teknik menumpu lompat jauh (Liu & Liu, 2017), tidak bisa langsung diterapkan kepada semua individu dikarenakan masing-masing individu memiliki profil antropometri dan kondisi fisik yang berbeda.

Ketiga variabel itu akan bekerja secara optimal jika disesuaikan dengan antropometri dan kondisi fisik masing-masing individu (Kusuma 2021). Hal ini juga dijelaskan pada literatur lain yang menganalisis tentang profil ketiga aspek tersebut pada atlet yang berbeda.

	Hasil [m]	Run- up Speed [m/s]	V_{hor} [m/s]	V_{vert} [m/s]	Take- off Angle
Pedroso	8,42	10,82	8,72	3,86	24°
Walder	8,38	11,12	9,29	3,31	20°

Dapat dilihat Pedroso peraih medali emas dapat melakukan lompatan sejauh 8,42 m memiliki kecepatan 5 m terakhir adalah 10,82 m/s

kemudian *velocity at take-off horizontal* 8,72 m/s dan *velocity at take-off vertical* sebesar 3,86 m/s menghasilkan *angle of take-off* sebesar 24°. Profil ini berbeda dengan Walder peraih medali perak mempunyai hasil lompatan 8,38 m memiliki kecepatan 5 meter terakhir lebih cepat (11,12 m/s) kemudian pada *velocity at take-off horizontal* lebih tinggi (9,29 m/s) tetapi ia tidak bisa menghasilkan *velocity at take-off vertical* yang optimal (3,31 m/s) dan juga memiliki *angle of take-off* yang rendah (20°). Ini menandakan bahwa setiap pelompat memiliki karakter masing-masing. Prestasi lompat jauh dapat dilihat dari optimalnya kurva melayang saat di udara dan hasil pendaratan yang kurang optimal banyak disebabkan karena kesalahan-kesalahan dalam teknik lari awalan atau teknik menumpu (Sudarmada & Wijaya 2015).

Dibutuhkan kecepatan tinggi pada lari awalan untuk mendapatkan kecepatan horizontal yang besar (Bridgett & Linthorne 2006). Dalam lari awalan bukan menggunakan kecepatan maksimal tetapi kecepatan optimal, kecepatan optimal yaitu kecepatan yang dapat dikontrol untuk mempersiapkan diri menghadapi fase selanjutnya (*take-off*) (Hay 2016). Dalam tiga langkah terakhir dari awalan, pelompat mempersiapkan diri untuk merubah kecepatan horizontal dengan kecepatan vertical pada saat *take-off* (IAAF).

Jika *run-up speed* yang tinggi tidak diimbangi dengan kualitas *reactive strength* yang bagus, maka akan menghasilkan *angel of take-off* kecil karena *velocity at take-off horizontal* lebih besar dari *velocity at take-off vertical* (Harald 2003). Meskipun dalam sebuah studi mengatakan bahwa sudut optimal pada kurva parabola adalah 45° dimana nilai kecepatan *horizontal* dengan nilai kecepatan *vertical* adalah sama, namun hal ini sangat bergantung pada kemampuan proporsi individu masing-masing dalam mengontrol kecepatan *horizontal* dan *vertical* yang diterapkan (Linthorne *et all* 2005).

Melalui analisa biomekanika akan didapatkan analisa gerak yang efisien seperti jalan, lari, lompat dan segala aktivitas olahraga lainnya. Selain mendapatkan gerak yang efisien, cedera yang disebabkan oleh kesalahan gerak dapat dicegah melalui biomekanika. Pengetahuan ini akan melengkapi guru dan pelatih untuk membuat pertimbangan yang benar mengenai metode-metode pengajaran, frekuensi, sifat dan lamanya latihan. Oleh karenanya ditekankan bahwa pengetahuan

biomekanik merupakan hal yang penting bagi guru olahraga dan pelatih untuk mendapatkan efektifitas gerak dengan membuat pertimbangan-pertimbangan yang kritis (Sudarmada & Wijaya 2015). Atlet lompat jauh di Provinsi Jawa Tengah berdasarkan kejuaraan terakhir yaitu KEJURPROV (Kejuaraan Provinsi) Jawa Tengah yang dilaksanakan pada tanggal 10-11 Desember 2021, tercatat bahwa Jawa Tengah terdapat 19 atlet lompat jauh putra yang berasal dari berbagai Kabupaten di Jawa Tengah, dan masih terdapat atlet lompat jauh yang tidak mengikuti kejuaraan tersebut. Peneliti telah melakukan observasi dengan cara mewawancarai pelatih dan melihat proses latihan. Berdasarkan observasi didapatkan informasi bahwa kesalahan yang sering terjadi adalah pada lari awalan yaitu pelompat menggunakan kecepatan maksimal dalam lari awalan yang mengakibatkan kesulitan dalam mengontrol tiga langkah terakhir mendekati tumpuan dan mengakibatkan sudut tolakan saat lepas landas menjadi kurang optimal, lalu pelatih dalam menganalisa kinerja gerak atletnya belum menggunakan alat bantu perekam dan penganalisa gerak yang baik, oleh karena itu perlunya sosialisasi mengenai analisis gerak teknik dengan memanfaatkan bantuan teknologi. Seringkali Pelatih dalam menganalisa gerak teknik hanya menggunakan indra penglihatan, yaitu mata dalam proses analisa gerak teknik atletnya. Hal ini kurang maksimal dikarenakan mata mempunyai keterbatasan. Salah satu teknologi yang dapat membantu kinerja pelatih yaitu menggunakan kamera video yang berfungsi untuk merekam atlet ketika melakukan teknik gerakan lompat jauh, kemudian video tersebut dapat dianalisis

menggunakan sistem analisis perangkat lunak Kinovea yang dapat membantu pelatih dalam menganalisa teknik gerakan atlet, sehingga pelatih akan lebih mudah memberikan evaluasi gerak teknik serta mengetahui hal-hal yang menghalangi atau menghambat efisiensi teknik. Maka dari itu, perlu dilakukan studi biomekanik dengan melibatkan unsur, *velocity at take-off*, *angle of take-off*, dan *height of the centre of mass*.

METODE

Penelitian ini merupakan jenis penelitian deskriptif kuantitatif untuk mengetahui kinerja gerak tumpuan dan korelasinya. Populasi dalam sampel ini adalah atlet lompat jauh Provinsi Jawa Tengah, sebanyak 15 atlet menggunakan purposive

sampling dengan kriteria, sampel putra dan memiliki catatan prestasi diatas 5 meter. Instrumen penelitian menggunakan test lompat jauh dengan 2 kali kesempatan melompat, test lari 30 meter, tinggi badan, berat badan dan panjang tungkai, kamera. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan HD Kamera dipasang pada sisi aksial, dan analisa gerak dilakukan dengan menggunakan software kinovea pada variable bebas. Uji korelasi ganda dan uji regresi linear berganda dilakukan untuk mengetahui korelasi pada setiap variable.

HASIL

<i>Descriptive statistics</i>				
Variabel	<i>N</i>	<i>Mean</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
Umur (tahun)	15	20,2	19	22
BMI	15	20,48	18,41	24,71
Berat Badan (kg)	15	59,51	50,1	66,7
Tinggi Badan (cm)	15	171,1	162	177
Panjang Tungkai (cm)	15	99,7	93	105
Sprint 30m (detik)	15	4,24	4,88	3,62
Prestasi Lompat Jauh (meter)	15	5,44	4,9	6,22
Kecepatan Awalan (m/s)	15	8,09	7,46	8,77
<i>Velocity at Take-Off Horizontal</i> (m/s)	15	7,41	6,09	8,94
<i>Angle of Take-Off</i> (°)	15	14,79	9,6	22,7
<i>Height of the Centre of Mass</i> (cm)	15	104,26	97,5	114,97

Berdasarkan data di atas bisa dilihat bahwa nilai rata-rata BMI semua atlet dalam keadaan normal (20,48), pada panjang tungkai dengan rata-rata 99,7 cm, dan sprint 30 meter dengan rata-rata 4,24 detik. Rincian penjelasan terkait tentang catatan prestasi, *velocity at take-off horizontal*, *angle of take-off*, *height of the centre of*

Variabel	Signifikansi
<i>velocity at take-off horizontal</i>	*0,021
<i>angle of take-off</i>	*0,005
<i>height of the centre of mass</i>	*0,040
Catatan prestasi lompat jauh	

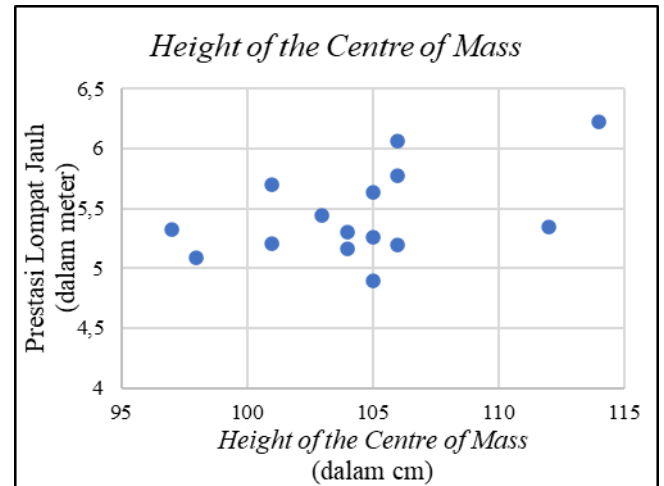
*Signifikan = <0,05
mass akan diuraikan tabel di bawah.

Data numerik di atas menyajikan penyebaran variabel prestasi lompat jauh, *Velocity at Take-off Horizontal*, *angle of take-off* dan *Height of the centre of mass* pada kinerja. Ketimpangan tersebut menunjukkan adanya pola asimetris antara variabel dan kinerja. Namun demikian, pola-pola tertentu tampaknya merupakan asumsi hubungan positif antara variabel dengan pencapaian.

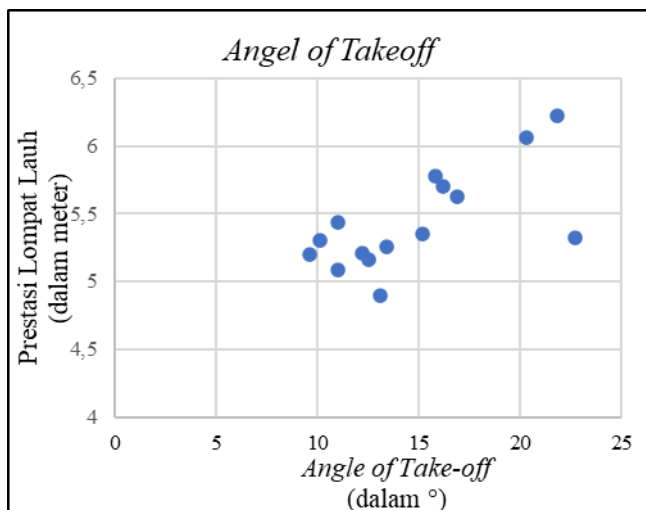
PEMBAHASAN

Variabel *velocity at take-off horizontal*, *angle of take-off* dan *height of the centre of mass* terdapat hubungan yang signifikan terhadap catatan prestasi lompat jauh, hal ini juga dijelaskan dalam studi biomekanik mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi capaian prestasi lompat jauh dibagi menjadi: *velocity at take-off horizontal*, *angle of take-off*, dan *height of the centre of mass*. Data variabel *velocity at takeoff horizontal* yang diperoleh dari seluruh sampel, menunjukkan sampel ke-3 dengan *velocity at take-off horizontal* tertinggi (8,94m/s) memiliki catatan prestasi yang tidak lebih baik dari sampel yang memiliki *velocity at take-off horizontal* 6,90 m/s – 7,29 m/s dan sampel ke- 4 dengan *velocity at take-off horizontal* terendah 6,09 m/s juga tidak mendapatkan capaian prestasi terbaik.

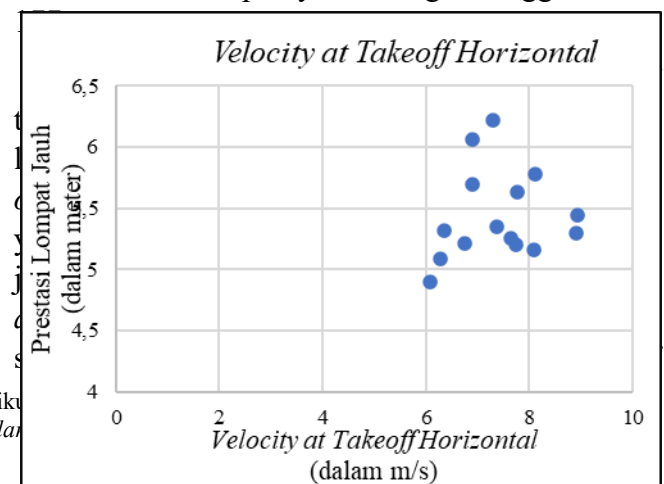
saat mendekati balok tumpu, dan pada saat fase *touch down* sampel tidak menunjukkan gerakan mengais yang aktif diakrenakan kecepatan yang tinggi, lalu sampel tidak bisa melakukan fase ekstensi dengan maksimal sehingga tidak bisa menciptakan *angle of take-off* yang lebih besar. Lalu pada



sampel ke-4 memiliki *velocity at take-off horizontal* terendah yaitu 6,09 m/s, pada dasarnya sampel ini memiliki kecepatan yang rendah ditunjukkan pada lari 30 meter sampel ini memiliki catatan prestasi yaitu, 4,88 detik lalu pada fase *take-off* sampel tidak menunjukkan gerakan yang aktif yang seharusnya pada fase *touch down* sampel tidak menunjukkan gerakan mengais yaitu gerakan kaki kebawah dan kebelakang dengan cepat lalu pada fase ekstensi sampel tidak menunjukkan fase ekstensi dengan maksimal, sebelum pelurusan kaki dari engkel lutut hingga pinggan menunjukan satu garis lurus sampel sudah lepas landas, berakibat pada *angle of take-off* tidak mendapatkan sudut yang besar dan berpengaruh terhadap *height of the centre of mass* menjadi rendahh, padahal pada sampel tersebut sampel memiliki tinggi badan tertinggi dari seluruh sampel yaitu dengan tinggi badan



Sampel ke-3 memiliki *velocity at take-off horizontal* tertinggi dikarenakan kecepatan awalan yang tinggi mengakibatkan sampel kesulitan dalam fase persiapan *take-off* yaitu tiga langkah terakhir mendekati balok tumpu, yang terjadi adalah sampel memperpendek langkah



terbesar dengan sampel ke-1 yang memiliki catatan prestasi terjauh, maka dapat dilihat dari kecepatan awalan sampel yang memiliki *angle of take-off* terbesar tidak memiliki kecepatan awalan yang lebih tinggi dari sampel ke-1 (kecepatan dibawah sampel dengan catatan prestasi terjauh) maka pada sampel ke-2 tidak mempunyai daya dorong yang cukup tinggi karena untuk mendapatkan daya dorong saat di udara dihasilkan dari fase awalan, sehingga sampel ke-2 dengan *angle of take-off* terbesar ($22,7^\circ$) memiliki prestasi yang tidak lebih baik dari sampel ke-1 yang memiliki *angle of take-off* $21,8^\circ$, dan sampel dengan *angle of take-off* terbesar memiliki tinggi badan 162 cm sedangkan sampel ke-1 dengan *angle of take-off* $21,8$ memiliki tinggi badan yang lebih tinggi, yaitu 174 cm ini juga menunjukkan bahwa semakin tinggi, tinggi badan atlet maka tidak membutuhkan *angle of take-off* yang besar.

Data yang ditunjukkan dari *height of the centre*

No.	Nama	Prestasi lompat jauh (meter)	Velocity at Take-off Horizontal (m/s)	Angle of Take-off ($^\circ$)	Height of the centre of mass (cm)
1	AF	6,22	7,29	21,8	114,97
2	MADS	6,06	6,91	20,3	106,49
3	AIH	5,78	8,12	15,8	106,61
4	SF	5,7	6,9	16,2	101,85
5	YP	5,63	7,76	16,9	105,24
6	SWL	5,44	8,94	11	103,63
7	FS	5,35	7,36	15,2	112,71
8	FA	5,32	6,35	22,7	97,57
9	FJ	5,26	7,64	13,4	105,66
10	AKML	5,3	8,9	10,09	104,05
11	MFI	5,21	6,78	12,2	101,35
12	RAP	5,2	7,74	9,6	106,06
13	BTS	5,16	8,09	12,5	104,52
14	BAS	5,09	6,29	11	98,02
15	TWJ	4,9	6,09	13,1	105,73

of mass dengan rata-rata tinggi badan sampel 171 cm dan panjang tungkai rata-rata 99,7 cm, menunjukkan bahwa sampel ke-1 dengan panjang tungkai 102 cm mencatatkan *height of the centre of mass* tertinggi (114 cm) mendapatkan catatan prestasi terjauh yaitu 6,22 meter, hal ini menunjukan

bahwa *height of the centre of mass* memiliki nilai yang absolut, sedangkan sampel ke-5 dengan panjang tungkai terpanjang (105 cm) hanya mampu mencatatkan *height of the centre of mass* 106 cm memiliki selisih 1 cm dari panjang tungkai, data menunjukan selisih yang cukup jauh antara sampel dengan panjang tungkai 102 mampu mencatatkan *height of the centre of mass* 114cm, sedangkan sampel dengan panjang tungkai 105 cm hanya mampu mencatatkan *height of the centre of mass* 106 cm, dilihat dari gambar hasil analisis *kinovea* dan grafik kecepatan awalan sampel ke-5, dengan panjang tungkai terpanjang memiliki kecepatan awalan yang tinggi mengakibatkan kesulitan dalam mengontrol langkah mendekati balok tumpu sehingga pada saat melakukan take-off tidak optimal, pada langkah terakhir mendekati balok tumpu sampel memperpanjang langkah sehingga titik pusat berat badan menjadi rendah dan tidak bisa menunjukkan kinerja gerak take-off yang aktif/mengais pada saat touch down lalu semakin rendah saat amortisasi, menjadi berat pada fase ekstensi membuat sampel tidak bisa menciptakan *angle of take-off* yang besar, sehingga *height of the centre of mass* menjadi rendah, hal ini menunjukkan bahwa *height of the centre of mass* dipengaruhi *angle of take-off*, jadi semakin besar *angle of take-off* maka dapat menciptakan *height of the centre of mass* yang tinggi.

KESIMPULAN

Pada penelitian ini *Velocity at take-off horizontal*, *angle of take-off* dan *height of the centre of mass* berhubungan secara signifikan. Sampel dengan rata-rata panjang tungkai 99,7 cm dan kecepatan awalan rata-rata 8,09 m/s, *velocity at take-off horizontal* rata-rata 7,41 m/s dan *height of the centre of mass* rata-rata 105 cm disarankan untuk menggunakan *angle of take-off* $20-21,8^\circ$.

DAFTAR PUSTAKA

IAAF. (n.d.). *IAAF Level I/II Jumping events Textbook*.

Linthorne, N. P., Guzman, M. S., & Bridgett, L.

- A. (2005). Optimum take-off angle in the long jump. *Journal of Sports Sciences*.
<https://doi.org/10.1080/02640410400022011>
- Liu, S., & Liu, S. (2017). Analysis of long jump teaching model based on online teaching platform. *Boletin Tecnico/Technical Bulletin*, 55(20).
- Struder, H. (2016). *IAAF CECS Level I Coaching Theory*.
- Sudarmada, I. N., & Wijaya, I. M. K. (2015). *BIOMEKANIKA OLAHRAGA*. GRAHA ILMU.
Yogyakarta.
- Fernanlampir, A., & Faruq, M. M. (2015). *Tes dan Pendukuran Olahraga*. Andi Offset.
- Jati, R. R. (2015). *Analisis Gerak Teknik Awalan Dan Tumpuan Lompat Jauh Atlet Putri Pada Jateng Open I Tahun 2015 Di Solo*.
- Kusuma, M. N. H. (2021). Mathematical simulation approach to diagnose performance limiting factor of shot put technique. *Journal of Physics: Conference Series*, 1778(1).
- Kusuma, M. N. H. dan J. K. (2015). *Affecting Factor Of Swimming Exercises Based On Multi-Lateral Method To Increasing Cgnitive Intellegience Of Children, Proceeding-International Conference of ACPEs 2015*.
- Yuliawan, E., & Sukendro. (2019). Dr. Sukendro, M.Kes. AIFO Ely Yuliawan M.Pd. *Dasar-Dasar Atletik*.