

**ANALISIS KARAKTERISTIK SHUTTLECOCK HOME INDUSTRI  
VELOCITY DECELERATION DAN TRAJECTORY**

**TESIS**

diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Magister  
Program Studi Pendidikan Olahraga



Oleh

Muhammad Zulfikar Romdona

2208651

**PROGRAM STUDI  
PENDIDIKAN OLAHRGA  
SEKOLAH PASCASARJANA  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA  
2024**

**ANALISIS KARAKTERISTIK SHUTTLECOCK HOME INDUSTRI  
VELOCITY DECELERATION DAN TRAJECTORY**

Oleh

Muhammad Zulfikar Romdona

S.Or Universitas Pendidikan Indonesia. 2024

Sebuah Tesis yang diajukan untuk memenuhi salah satau syarat memperoleh gelar  
Magister Pendidikan (M.Pd) pada Fakultas Pendidikan Olahraga

©Muhammad Zulfikar Romdona  
Universitas Pendidikan Indonesia  
2024

Hak Cipta dilindungi undang-undang

Tesis ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau Sebagian,  
dengan dicetak ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa ijin dari penulis

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**MUHAMMAD ZULFIKAR ROMDONA**  
**2208651**

**ANALISIS KARAKTERISTIK SHUTTLECOCK HOME INDUSTRI**  
**VELOCITY DECELERATION DAN TRAJECTORY**

**Disetujui dan disahkan oleh pembimbing**  
**Pembimbing I**



**Prof. Agus Rusdiana, S.Pd., M.A., Ph.D.**

**NIP. 197608122001121001**

**Pembimbing II**



**Prof. Dr. Herman Subarjah, M.Si.**

**NIP. 1960091819860031002**

**Mengetahui,**  
**Ketua Program Studi Pendidikan Olahraga**  
**Sekolah Pascasarjana Universitas Pendidikan Indonesia**



**Prof. Dr. H. Amung Ma'mun, M.Pd.**

**NIP. 196001191986031002**

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT, karena atas izin-Nya penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan sebaik-baiknya. Sholawat serta salam selalu tercurah limpahkan kepada junjungan alam semesta yaitu Nabi Muhammad SAW, kepada keluarganya, sahabatnya dan juga kita semua sebagai umatnya hingga akhir zaman.

Tesis yang berjudul “**Analisis Karakteristik Shuttlecock Home Industri : Velocity Deceleration Dan Trajectory**” penulis ajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Pendidikan (M.Pd) pada program studi Pendidikan Olahraga Sekolah Pascasarjana Universitas Pendidikan Indonesia.

Penulis berharap dapat memperoleh berbagai saran atau kritikan yang dapat membuat perbaikan dan kemajuan penulis kedepannya. Penulis mengucapkan terimakasih kepada seluruh pihak yang telah membantu memberikan motivasi dan dukungan dalam menyusun tesis ini, sehingga segala kendala dan kesulitan dapat diatasi dengan baik. Penulis berharap segala kebaikan tersebut akan mendapatkan balasan dari Allah SWT dengan kebaikan yang berlipat. Dan semoga tesis ini bermanfaat bagi pembaca umumnya dan peneliti khususnya. Aamiin Allahumma aamiin.

Bandung, 15 Agustus 2024



Muhammad Zulfikar Romdona

NIM. 2208651

## **LEMBAR PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Analisis Karakteristik Shuttlecock Home Industri Velocity Deceleration dan Trajectory” beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini saya siap menanggung resiko atau sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, 15 Agustus 2024



Muhammad Zulfikar Romdona

NIM. 2208651

## UCAPAN TERIMAKASIH

Bismillahirrahmanirrahim puji dan syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT, atas keberkahan, Rahmat dan karunia-nya peneliti dapat menyelesaikan tesis ini. Pada penulisan tesis ini, penulis banyak mendapatkan bantuan berupa do'a dan dukungan, nasihat, arahan, bimbingan, ide baru, ilmu baru dan hal lain yang bermanfaat dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua tercinta, Bapa Nana Burhana dan Ibu Cicih Sunarsih yang selalu mendukung, memotivasi, memberikan saran, memberikan senyuman semangat dan memberikan do'a yang kuat dalam setiap langkah perjuangan, sehingga saya berada di titik ini. Semoga Allah SWT selalu memberikan kesehatan, keberkahan dan serta tetap dalam lindungan-Nya kepada kedua orang tua saya.
2. Kepada Kakak saya yaitu Firda Firdiana dan Syayid Nawa yang telah memberikan support dan selalu mengingatkan tentang waktu agar mengejar semua kewajiban dan tanggung jawab yang telah di ambil. Semoga sehat selalu dan segera di berikan anak oleh Allah SWT dengan sehat dan dalam keberkahan di setiap langkahnya.
3. Kepada keluarga besar Kakek H. Hudur dan Nenek Iyah, yang telah memberikan dukungan, semangat buat penulis, dan mendoakan setiap langkah penulis. Semoga ilmu yang saya dapat membawa keberkahan untuk keluarga besar kita.
4. Kepada Darandhika Jufri yang selalu memberikan semangat dan support dari awal sampai saat ini, sehingga dalam pekerjaan dan kewajiban menyelesaikan tesis dapat menimbulkan semangat setiap harinya untuk di selesaikan secara efektif dan efesien. Semoga dilancarkan dalam urusan PPG serta di terima menjadi PNS atau P3K di tahun ini. Amiin.
5. Bapak Prof. Dr. Juntika Nurihsan, M.Pd. selaku Direktur Sekolah Pascasarjana Universitas Pendidikan Indonesia yang telah menyediakan sarana dan prasarana yang tentunya juga telah memberi izin pada penelitian ini.

6. Bapak Prof. Dr. H. Amung Ma'mun, M.Pd. selaku ketua Prodi Pendidikan Olahraga Sps, yang telah membina dan memberikan yang terbaik demi kelancaran tesis penulis. Terimakasih atas waktu dan dukungannya.
7. Kepada Prof. Agus Rusdiana, S.Pd., MA., Ph.D sebagai pembimbing akademik sekaligus pembimbing I. Yang telah memberikan ilmu dan bimbingannya selama saya mengerjakan tesis dan selama perkuliahan sehingga dapat menyelesaikannya dengan baik dan tepat.
8. Prof. Dr. Herman Subarjah, M.Si sebagai pembimbing tesis II, yang telah memberikan saran, semoga sehat selalu dan di berikan keberkahan dalam dunia referee PBSI Indonesia.
9. Pak Tian Kurniawan, S.Si. sebagai pembimbing sekaligus senior yang telah membantu memberikan ilmunya untuk memecahkan masalah dalam analisis data. Semoga di berikan Kesehatan serta kesuksesan dimana pun berada.
10. Pak Iwa Ikhwan Hidayat, S.Si M.Or. yang telah memberikan bimbingannya perihal artikel dan memotivasi kehidupan selama bimbingan, semoga sehat selalu dan sukses dimana pun berada di barengi dengan keberkahan.
11. Pak Angga M Syahid, S.Si M.Pd. yang telah memberikan ilmu tentang biomekanika olahraga dan sekaligus sebagai senior untuk memerikan jalan menuju sidang S2. Semoga di berikan kesehatan dan kesuksesan dimanapun berada.
12. Guru-guru baru SMA Pasundan 3 Bandung yang selalu memberikan motivasi dan semangat, setiap kali terbenturnya jadwal sekolah dan kuliah yang menimbulkan keluh kesah. Semogga kalian semua di berikan jalan untuk menggapai cita-cita yang lebih maju dan berkembang di luar sana.
13. Teman-teman red kost Bang Jhony yang selalu mengganggu waktu dan tempat saat mengerjakan tesis, terimakasih atas do'a yang kalian panjakan kepada Allah SWT. Semoga kalian semua diberikan jalan kesuksesan dalam dunia pekerjaannya. Amiin

## ABSTRAK

### ANALISIS KARAKTERISTIK SHUTTLECOCK HOME INDUSTRI VELOCITY DECELERATION DAN TRAJECTORY

Muhammad Zulfikar Romdona

Pembimbing I Prof. Agus Rusdiana, S.Pd., M.A., Ph.D.

Pembimbing II Prof. Dr. Herman Subarjah, M.Si.

Badminton adalah olahraga yang menggunakan sarana prasarana yang cukup banyak, diantaranya ada raket, net, lapang, dan salah satunya *shuttlecock*. Maka tujuan penelitian ini adalah menganalisis karakteristik *shuttlecock home industry* Indonesia khususnya pulau jawa, dengan metode eksperimental kuantitatif, dan menggunakan instrument analisis video. Hasil dari penelitian ini membuktikan adanya kecepatan yang jauh berbeda di antara lima *shuttlecock* serta perlambatan kecepatan yang cukup drastis dalam salah satu *shuttlecock* serta memiliki lintasan *shuttlecock* yang berbeda. Kesimpulan penelitian terdapat *shuttlecock* yang memiliki nilai kecepatan (*velocity*) hampir sama dengan *shuttlecock* nine yang dijadikan acuan standar nasional, *shuttlecock* yang memiliki kecepatan hampir sama dengan *shuttlecock* nine yaitu *shuttlecock* saporete dalam gerakan lob maupun *smash*. Terdapat *shuttlecock* yang memiliki nilai perlambatan kecepatan (*deceleration*) hampir sama dengan *shuttlecock* nine yang dijadikan acuan standar nasional, *shuttlecock* yang memiliki nilai perlambatan kecepatan hampir sama dengan *shuttlecock* nine yaitu samurai hijau dalam gerakan lob sedangkan *shuttlecock* mostro dalam gerakan *smash*. Terdapat *shuttlecock* yang memiliki nilai lintasan lob yang sama dengan *shuttlecock* nine *shuttlecock* tersebut adalah *shuttlecock* saporete. Sedangkan *shuttlecock* yang memiliki nilai kecuraman sama dengan *shuttlecock* nine dalam lintasan smash adalah *shuttlecock* samurai hijau.

**Kata Kunci :** badminton, *shuttlecock*, *velocity*, *deceleration*, *trajectory*.



## **ABSTRACT**

### **ANALISIS KARAKTERISTIK SHUTTLECOCK HOME INDUSTRI VELOCITY DECELERATION DAN TRAJECTORY**

Muhamad Zulfikar Romdona

Advisor I Prof. Agus Rusdiana, S.Pd., M.A., Ph.D.

Advisor II Prof. Dr. Herman Subarjah, M.Si.

Badminton is a sport that uses quite a lot of infrastructure, including rackets, nets, fields, and one of them is shuttlecock. So the purpose of this research is to analyze the characteristics of Indonesian home industry shuttlecock, especially Java Island, with quantitative experimental method, and using video analysis instrument. The result of this research proves that there is a much different speed among five shuttlecocks as well as a quite drastic speed slowdown in one of the shuttlecocks and has a different shuttlecock trajectory. The conclusion of the research is that there is a shuttlecock that has a velocity value almost the same as shuttlecock nine which is used as a national standard reference, a shuttlecock that has a velocity almost the same as shuttlecock nine, namely the saporete shuttlecock in lob and smash movements. There is a shuttlecock that has a deceleration value almost the same as shuttlecock nine which is used as a national standard reference, the shuttlecock that has a deceleration value almost the same speed as shuttlecock nine is the green samurai in the lob movement while the mostro shuttlecock in the smash movement. There is a shuttlecock that has the same lob trajectory value with shuttlecock nine shuttlecock is saporete shuttlecock. While the shuttlecock that has the same steepness value with shuttlecock nine in smash trajectory is green samurai shuttlecock.

**Keywords :** badminton, velocity, deceleration, trajectory.

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
KATA PENGANTAR .....	ii
LEMBAR PERNYATAAN .....	iii
UCAPAN TERIMAKASIH.....	iv
ABSTRAK .....	vi
ABSTRACT .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL .....	xi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian .....	6
1.4 Manfaat Penelitian .....	6
1.4.1 Manfaat Penelitian Segi Teoritis .....	6
1.4.2 Manfaat Penelitian Segi Praktik .....	6
1.5 Struktur Organisasi Tesis .....	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA .....	8
2.1 Landasan Teori .....	8
2.1.1 <i>Shuttlecock</i> .....	8
2.1.2 Uji <i>Shuttlecock</i> .....	10
2.1.3 Kecepatan <i>Shuttlecock</i> .....	10
2.1.4 Perlambatan <i>Shuttlecock</i> .....	11
2.1.5 Lintasan <i>Shuttlecock</i> .....	11
2.1.6 Gaya Tarik <i>Shuttlecock</i> .....	12
2.1.7 <i>Shuttlecock</i> Standar Persatuan Bulutangkis Indonesia (PBSI).....	12
2.1.8 <i>Shuttlecock</i> Home Industri.....	14
2.2 Penelitian Terdahulu yang Relevan .....	16
2.3 Kerangka Berpikir .....	17
2.4 Hipotesis Penelitian .....	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1 Desain Penelitian .....	19

3.2	Partisipan.....	19
3.3	Populasi dan Sampel .....	20
3.3.1	Populasi Penelitian .....	20
3.3.2	Sampel.....	20
3.4	Instrumen Penelitian .....	21
3.5	Prosedur Penelitian .....	21
3.6	Analisis Data .....	22
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....		23
4.1	Hasil Penelitan .....	23
4.1.1	Deskripsi data .....	23
4.1.2	Kecepatan <i>shuttlecock home industry</i> Indonesia ( <i>velocity</i> ) .....	29
4.1.3	Perlambatan kecepatan <i>shuttlecock home industry</i> Indonesia ( <i>deceleration</i> ) .....	33
4.1.4	Lintasan <i>shuttlecock home industry</i> Indonesia ( <i>trajectory</i> ) .....	37
4.2	Uji Prasyarat .....	40
4.3	<i>Shuttlecock</i> standar nasional Indonesia.....	44
4.4	Pembahasan.....	47
BAB V KESIMPULAN.....		54
5.1	Simpulan .....	54
5.2	Implikasi.....	54
5.3	Rekomendasi .....	55
REFERENSI.....		56
Lampiran 1. Dokumentasi Penelitian.....		65
Lampiran 2. Output Analisis Data .....		66
Lampiran 3. Output Analisis Trajectory .....		68
Lampiran 4. Surat Keterangan Pembimbing Tesis .....		69
Lampiran 5. Buku Bimbingan Tesis .....		71
Riwayat Hidup .....		74

## DAFTAR TABEL

Tebel 2. 1 <i>Shuttlecock home industry</i> .....	14
---	----

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 4. 1 Hasil analisis data <i>velocity lob</i> .....	23
Grafik 4. 2 Hasil analisis data <i>velocity smash</i> .....	24
Grafik 4. 3 Hasil analisis data <i>deceleration lob</i> .....	25
Grafik 4. 4 Hasil analisis data <i>deceleration smash</i> .....	26
Grafik 4. 5 Hasil analisis data trajectory lob .....	28
Grafik 4. 6 Hasil analisis data <i>trajectory smash</i> .....	29
Grafik 4. 7 Analisis <i>velocity lob</i> .....	30
Grafik 4. 8 Analisis <i>velocity smash</i> .....	31
Grafik 4. 9 Analisis <i>deceleration lob</i> .....	34
Grafik 4. 10 Analisis <i>deceleration smash</i> .....	36
Grafik 4. 11 Analisis <i>trajectory lob</i> .....	38
Grafik 4. 12 Analisis <i>trajectory smash</i> .....	39
Grafik 4. 13 Hasil analisis <i>velocity lob</i> dan <i>smash shuttlecock nine</i> .....	44
Grafik 4. 14 Hasil analisis <i>deceleration lob</i> dan <i>smash shuttlecock nine</i> .....	45
Grafik 4. 15 Hasil analisis <i>trejectory lob</i> dan <i>smash shuttlecock nine</i> .....	46
Grafik 4. 16 Hasil analisis <i>velocity lob</i> .....	47
Grafik 4. 17 Hasil analisis <i>velocity smash</i> .....	48
Grafik 4. 18 Hasil analisis <i>decleration lob</i> .....	49
Grafik 4. 19 Hasil analisis <i>deceleration smash</i> .....	50
Grafik 4. 20 Hasil analisis <i>trajectory lob</i> .....	51
Grafik 4. 21 Hasil analisis <i>trajectory smash</i> .....	52

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Shuttlecock bulu .....	8
Gambar 2. 2 Shuttlecock hybrid .....	9
Gambar 2. 3 Uji shuttlecock.....	10
Gambar 2. 4 Anatomi <i>shuttlecock</i> .....	12
Gambar 2. 5 <i>Shuttlecock nine</i> dan indo-cock.....	13
Gambar 4. 1 Analisis <i>tracker video analysis and modeling tool</i> .....	40
Gambar 4. 2 Analisis <i>trajectory</i> .....	41
Gambar 4. 3 Interpretasi data .....	43

## REFERENSI

- Agus, R., & Yusuf, U. (2020). *The Analysis of Shuttlecock Velocity Based on the Field Test Method of The Jurnal Pendidikan Jasmani dan Olahraga*. May. <https://doi.org/10.17509/jpjo.v5i1.23178>
- Aisyah, N. (2021). Kondisi Fisik Olahraga Bulutangkis Physical Condition of Badminton Sports. *Jurnal Ilmiah Sport Coaching and Education*, 5(1), 47–54.
- Alam, F., Chowdhury, H., Theppadungporn, C., & Subic, A. (2010). Measurements of aerodynamic properties of badminton shuttlecocks. *Procedia Engineering*, 2(2), 2487–2492. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2010.04.020>
- Aleksander Subik, Laurent Le Gendre, Firoz Alam, H. C. (2015). Flight trajectory simulation of badminton shuttlecocks. *Procedia Engineering*, 13(August), 344–349. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.05.096>
- Ali Express. (2023). *Badminton Vendor Store*. <https://id.aliexpress.com/i/4000046258403.html>
- Alibaba. (2023). *Kok Badminton 3in1, kok Badminton Dmantis kualitas tinggi*. <https://indonesian.alibaba.com/product-detail/3in1-Badminton-Shuttlecock-Dmantis-Brand-Suitable-1600658115940.html>
- Alya, N. F., & Ardisal, A. (2023). Meningkatkan Kemampuan Teknik Smash dalam Permainan Badminton pada Anak Tunarungu Melalui Metode Guided Discovery. *Jurnal Penelitian Pendidikan Khusus*, 11, 222–227. <https://ejournal.unp.ac.id/index.php/jupekhu/article/view/125849>
- Angga Indra Kusuma, Hanafi, M., Ismawandi, Harmono, B. A., & Ariani, L. P. T. (2022). *Badminton for all*.
- Anggriawan, H., Doewes, M., & Purnama, S. K. (2018). The development of badminton blow basic exercise model in early age 10-11 years (through exercise drill approach). *Journal of Education, Health and Sport*, 8(9), 861–871. <https://apcz.umk.pl/JEHS/article/view/25391>
- Barnamehei, H., Ghomsheh, F. T., Cherati, A. S., & Pouladian, M. (2018). Upper limb neuromuscular activities and synergies comparison between elite and nonelite athletics in badminton overhead forehand smash. *Applied Bionics and Biomechanics*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/6067807>

- Binus University. (2021). *Rekomendasi shuttlecock PBSI*. <https://student-activity.binus.ac.id/badminton/2021/03/rekomendasi-shuttlecock>
- Campbell, J. S. (2015). *Experimental and Quasi-Experimental Designs for Research in Information Science*.
- Cao, X., Qiu, J., Zhang, X., & Shi, J. (2014). Rotation properties of feather shuttlecocks in motion. *Procedia Engineering*, 72, 732–737. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.06.124>
- Cendra, R., Gazali, N., & Dermawan, M. R. (2019). The effectiveness of audio visual learning media towards badminton basic technical skills. *Jurnal SPORTIF: Jurnal Penelitian Pembelajaran*, 5(1), 55. [https://doi.org/10.29407/js\\_unpgri.v5i1.12757](https://doi.org/10.29407/js_unpgri.v5i1.12757)
- Chan, C. M., & Rossmann, J. S. (2012). Badminton shuttlecock aerodynamics: Synthesizing experiment and theory. *Sports Engineering*, 15(2), 61–71. <https://doi.org/10.1007/s12283-012-0086-7>
- Chau, V. H. (2020). Assessment of Male Students' Basic Badminton Technique Development at High Schools. *The Open Sports Sciences Journal*, 13(1), 60–65. <https://doi.org/10.2174/1875399x02013010060>
- Chen, L. M., Pan, Y. H., & Chen, Y. J. (2009). A study of shuttlecock's trajectory in badminton. *Journal of Sports Science and Medicine*, 8(4), 657–662.
- Chen, T. L. W., Wang, Y., Wong, D. W. C., Lam, W. K., & Zhang, M. (2022). Joint contact force and movement deceleration among badminton forward lunges: a musculoskeletal modelling study. *Sports Biomechanics*, 21(10), 1249–1261. <https://doi.org/10.1080/14763141.2020.1749720>
- Chien Lu Tsai, Chan Chang Yang, Mei Shiu Lin, K. shu H. (20016). *The Surface EMG Actifity Analysis Between Badminton Smash And Jump Smash*. <https://doi.org/Journal Of Biomechanics In Sport>.
- ClubRackets. (2022). *Babolat Hybrid Challenge Shuttlecock Review*. <https://www.youtube.com/@ClubRackets/videos>
- Cohen, C., Darbois-Textier, B., Dupeux, G., Brunel, E., Quéré, D., & Clanet, C. (2013). The aerodynamic wall. *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 470(2161). <https://doi.org/10.1098/rspa.2013.0497>



- Cohen, C., Texier, B. D., Quéré, D., & Clanet, C. (2015). The physics of badminton. *New Journal of Physics*, 17(6). <https://doi.org/10.1088/1367-2630/17/6/063001>
- Davidowitz, G., & Nijhout, H. F. (2004). The physiological basis of reaction norms: The interaction among growth rate, the duration of growth and body size. *Integrative and Comparative Biology*, 44(6), 443–449. <https://doi.org/10.1093/icb/44.6.443>
- Denatara, E. T. (2023). *Dasar dasar bulutangkis*.
- El-Gezawi, H. H. (2015). Effect of Visual Training on Accuracy of Attack Shots Performance in Badminton. *Journal of Applied Sports Science*, 5(4), 36–45. <https://doi.org/10.21608/jass.2015.84524>
- Falah, A. K., Santoso, S., Nugroho, U., Tunas, U., & Keyword, P. S. (2021). *Seminar Nasional Dies Natalis Ke-42 Profil Kondisi Fisik Atlet Badminton Pada Klub Forza Yuniior Tahun 2021*. 54–62.
- Fawzi, O. S., & Dra. Ika Jayadi, M. K. (2020). Pengaruh latihan footwork terhadap tinggi lompatan, kecepatan, dan kelincahan pada pemain bulutangkis.
- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. (2019). *Design and evaluate research in education*.
- Hasegawa, H., Kitta, S., Murakami, M., & Obayashi, S. (2013). Flow analysis and aerodynamic characteristics of a badminton shuttlecock with spin at high Reynolds numbers. *Sports Engineering*, 16(2), 91–98. <https://doi.org/10.1007/s12283-013-0112-4>
- Heri Retnawati. (2015). Teknik Pengambilan Sampel. *Ekp*, 13(3), 1576–1580.
- I Ketut Swarjana. (2022). *Populasi-sampel, teknik sampling & bias dalam penelitian*. books.google.com
- Indora, N. K., Anand, P., Chettri, S., & Kumar, V. (2022). Correlation of Upper Limb Explosive Power with Smash Velocity and Performance in Badminton Players: A Cross-sectional Study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 10–12. <https://doi.org/10.7860/jcdr/2022/53088.16381>

- Intan Primayanti, I. (2019). Pengaruh Latihan Drill Dan Latihan Pola Pukulan Terhadap Kemampuan Smash Bulutangkis. *Program Studi Pendidikan Olahraga Dan Kesehatan, Fakultas Pendidikan Olahraga Dan Kesehatan, Institut Keguruan Dan Ilmu Pendidikan IKIP Mataram*, 6, 25–31.
- Isaac, E. (2023). Convenience and purposive sampling techniques: are they the same? *International Journal of Innovative Social & Science Education Research*, 11(1), 1–7. [www.seahipaj.org](http://www.seahipaj.org)
- Jamil, N. (2016). *Laws -Badminton Part II -Section 1A Laws of Badminton*. [https://system.bwfbadminton.com/documents/folder\\_1\\_81/Regulations/Laws/Part II Section 1A - Laws of Badminton - June 2016 Revised 2.pdf](https://system.bwfbadminton.com/documents/folder_1_81/Regulations/Laws/Part%20II%20Section%201A%20-%20Laws%20of%20Badminton%20-%20June%202016%20Revised%202.pdf)
- Johansson, C., Chang, K., Forsgren, C., & Karlsteen, M. (2018). *The Behavior of Badminton Shuttlecocks from an Engineering Point of View*. 267. <https://doi.org/10.3390/proceedings2060267>
- John W. Creswell and J. David Creswell. (2022). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches, 5th Edition*. Journal of Electronic Resources in Medical Libraries. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/15424065.2022.2046231>
- Johnson, J. D., Hales, M., & Emert, R. (2023). Validation of machine vision and action sport cameras for 3D motion analysis model reconstruction. *Scientific Reports*, 13(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-46937-9>
- Ju, N. P., Yu, D. R., Ik, T. U., & Peng, W. C. (2020). Trajectory-based Badminton Shots Detection. *Proceedings - 2020 International Conference on Pervasive Artificial Intelligence, ICPAI 2020*, 64–71. <https://doi.org/10.1109/ICPAI51961.2020.00020>
- Junanda, H. A., Rusdiana, A., & Rahayu, N. I. (2016). Kecepatan dan akurasi shuttlecock pada jump smash dengan loncatan vertikal dan parabol depan dalam bulutangkis. *Jurnal Terapan Ilmu Keolahragaan*, 01(01), 17–23.
- Kaushik, V. (2017). *Unique Flight Features of Shuttlecock*. 521–525.
- Kenichi, N., Hiroaki, H., & Masahide, M. (2020). *Comparison of Aerodynamic Properties of Badminton Feather and Synthetic Shuttlecocks*. 104. <https://doi.org/10.3390/proceedings2020049104>

- Khotimah, I. anggraeni K., & Allo, A. L. (2022). Analisis Risiko K3 pada Area Produksi Shuttlecock menggunakan Metode Hirarc Di UKM Prospek Badminton Shuttlecock. *Journal of Industrial View*, 4(1), 9–18. <https://doi.org/10.26905/jiv.v4i1.7659>
- King, M., Towler, H., Dillon, R., & McErlain-Naylor, S. (2020). A correlational analysis of shuttlecock speed kinematic determinants in the badminton jump smash. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(4), 1–14. <https://doi.org/10.3390/app10041248>
- Koasih, E. (2020). *Pengaruh latihan footwork terhadap tinggi lompatan, kecepatan, dan kelincahan pada pemain bulutangkis.*
- Leedy, P. D., & Ormrod, J. E. (2018). Practical research. Planning and design (11th ed.). Boston, MA: Pearson. *The Irish Journal of Psychology*, 1(2), 73–74.
- Lin, C. S. H., Chua, C. K., & Yeo, J. H. (2013). Design of high performance badminton shuttlecocks: Virtual and rapid prototyping approach: This paper reports a shuttlecock design whose performance exceeded existing commercial products. *Virtual and Physical Prototyping*, 8(2), 165–171. <https://doi.org/10.1080/17452759.2013.812738>
- Liu, P., & Wang, J. H. (2022). MonoTrack: Shuttle trajectory reconstruction from monocular badminton video. *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops, 2022-June*, 3512–3521. <https://doi.org/10.1109/CVPRW56347.2022.00395>
- McErlain-Naylor, S. A., Towler, H., Afzal, I. A., Felton, P. J., Hiley, M. J., & King, M. A. (2020). Effect of racket-shuttlecock impact location on shot outcome for badminton smashes by elite players. *Journal of Sports Sciences*, 00(00), 2471–2478. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1792132>
- Mittal, Z. H. D. S. (2024). *Computational analysis of the fluid–structure interactions of a synthetic badminton shuttlecock.* <https://doi.org/https://doi.org/10.1063/5.0182411>
- Nakagawa, K., Hasegawa, H., Murakami, M., & Obayashi, S. (2012). Aerodynamic properties and flow behavior for a badminton shuttlecock with spin at high reynolds numbers. *Procedia Engineering*, 34, 104–109. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.04.019>

- Nokihara, Y., Hachiuma, R., Hori, R., & Saito, H. (2023). Future Prediction of Shuttlecock Trajectory in Badminton Using Player's Information. *Journal of Imaging*, 9(5). <https://doi.org/10.3390/jimaging9050099>
- Pandey, B. M., Reddy, T. O., & Singh, V. (2019). Kinematical analysis of forehand overhead clear stroke at the time of contact phase in badminton. *International Journal of Physiology, Nutrition and Physical Education*, 4(1), 488–490.
- PB Djarum Club. (2021). *Rekomendasi Shuttlecock BWF*. <https://pbdjarum.org/berita/diluar-arena/20210219-rekomendasi-shuttlecock-bwf#gref>
- PBSI. (2019). *Shuttlecock standar PBSI*.
- Phomsoupha, M., & Laffaye, G. (2015). The Science of Badminton: Game Characteristics, Anthropometry, Physiology, Visual Fitness and Biomechanics. *Sports Medicine*, 45(4), 473–495. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0287-2>
- Poole, J. (2008). *Belajar Bulutangkis. Sulistio Bandung: Pionir Jaya*.
- Primayanti, I., & Isyani, I. (2021). *The effect of drill training and punch pattern training on badminton smash ability*.
- Purnama, S. K., & Doewes, R. I. (2022). Biomechanics analysis of badminton forehand smash in standing classification disability players. *Journal of Physical Education and Sport*, 22(12), 3183–3188. <https://doi.org/10.7752/jpes.2022.12404>
- Rahmat, A. (2014). Upaya Meningkatkan hasil Belajar Pukulan Smash Forehand dalam Permainan Bulutangkis melalui Pembelajaran Lempar Bola atas pada Mahasiswa Kelas A Pagi Semester IV IKIP-PGRI Pontianak. *Jurnal Pendidikan Olah Raga*, 3(2), 105–113.
- Ramasamy, Y., Usman, J., Sundar, V., Towler, H., & King, M. (2021). Kinetic and kinematic determinants of shuttlecock speed in the forehand jump smash performed by elite male Malaysian badminton players. *Sports Biomechanics*, 00(00), 1–16. <https://doi.org/10.1080/14763141.2021.1877336>
- Rambely A. S., N. O. (2008). *The contribution of upper limb joints in the development of racket velocity in the badminton smash*. <https://doi.org/10.1080/14763141.2021.1877336>

- Ramli, A. S. S., Kamalden, T. F. T., Sharir, R., Harith, H. H., & Hanafi, M. (2020). Biological Maturation and Its Impact on Overhand Shot Technique Among Young Badminton Players. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 10(12). <https://doi.org/10.6007/ijarbss/v10-i12/8346>
- Shadish, W. R., Cook, T. D., & Campbell, D. T. (2002). Experimental and Designs for Generalized Causal Inference. In *Experimental and quasi-experimental design for causal inference* (Issue 814).
- Shibata, M., & Amornpatchara, P. (2010). Deceleration of a Shuttlecock. *Physics*, 4(June), 2–5.
- Siallagan, R. R., Ramadi, D., & Pd, S. (2022). the Relationship of Shoulder Arms Muscle and Leg Muscle ' S Power With Jump Smash Skill in Men ' S Badminton Club of Pb . Bank Riau Kepri Pekanbaru Tungkai Dengan Keterampilan Jump Smash Pada Club Badminton Putra Pb . Bank Riau Kepri. *Health Physical Education and Recreation Department Faculty of Teacher Training and Education University Riau*, 1–12.
- Siswantoyo. (2013). *Buku Panduan Pembuatan Shuttlecock*. Kuala Lumpur: Nizam Printing. <https://repository.unja.ac.id/>
- Tony Grice. (2008). *Badminton Steps to Success - 2nd Edition*.
- Towler, H., Mitchell, S. R., & King, M. A. (2023). Effects of racket moment of inertia on racket head speed, impact location and shuttlecock speed during the badminton smash. *Scientific Reports*, 13(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-37108-x>
- Triaiditya, B. S. M., Santoso, D. A., & Rubiono, G. (2020). Pengaruh sudut kemiringan raket terhadap pantulan shuttlecock bulu tangkis. *Jurnal SPORTIF: Jurnal Penelitian Pembelajaran*, 6(1), 27–39. [https://doi.org/10.29407/js\\_unpgri.v6i1.13875](https://doi.org/10.29407/js_unpgri.v6i1.13875)
- Verma, A., Desai, A., & Mittal, S. (2013). Aerodynamics of badminton shuttlecocks. *Journal of Fluids and Structures*, 41, 89–98. <https://doi.org/10.1016/j.jfluidstructs.2013.01.009>
- Vial, S., Cochrane, J., J. Blazeovich, A., & L. Croft, J. (2019). Using the trajectory of the shuttlecock as a measure of performance accuracy in the badminton short serve.

- International Journal of Sports Science and Coaching*, 14(1), 91–96.  
<https://doi.org/10.1177/1747954118812662>
- Wahl-Alexander, Z., Malecki, A., & Smart, S. (2020). The Effect of Prompting and Group Contingency on Middle School Students' Physical Activity During a Badminton Sport Education Season. *The Physical Educator*, 77(2), 208–229.  
<https://doi.org/10.18666/tpe-2020-v77-i2-9570>
- Wahyuni, R., Prasetyo, Y., Nugroho, S., & Nasrulloh, A. (2023). The Effect of Drilling Training on Improving the Balance of Badminton Athletes. *International Journal of Multidisciplinary Research and Analysis*, 06(06), 2463–2468.  
<https://doi.org/10.47191/ijmra/v6-i6-42>
- Wardani, K., Widiyatmoko, F. A., & Huda, M. (2022). Pengaruh Metode Drill Dengan Sasaran Kardus Shuttlecock Dalam Meningkatkan Akurasi Smash Pemain Bulutangkis Putra. *Online) Journal of Physical Activity and Sports*, 3(2), 1–4.
- Wee, L. K., & Lee, T. L. (2012). *Video Analysis and Modeling Tool for Physics Education: A workshop for Redesigning Pedagogy*. 2(June), 4–8.  
<http://arxiv.org/abs/1207.0220>
- Wijaya. (2023). *Pelatihan Gerakan Smash Atlet PB Liansa Junior Lombok Timur*. Palembang/shuttlecock-indocock-badminton-kok-indocock-diamond
- Woo, T., Engineering, M., Alam, F., Engineering, M., Kootsookos, A., & Engineering, M. (2024). *The scientific development of badminton shuttlecocks*. 2(3), 149–165.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.55860/ZQQE3823>
- Yunwei, L. I., & Shiwei, J. (2019). Video Analysis Technology and Its Application in Badminton Sports Training. *Journal of Physics: Conference Series*, 1213(2).  
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1213/2/022009>
- Yuzairi, R., & Aguss, R. M. (2022). The Effect of Shadow Drilling Training Using a Shuttlecock on the Accuracy of Smash Shots in Players at Pb Kafifa, Central Lampung. *Journal Of Physical Education*, 3(2), 6–12.  
<https://doi.org/10.33365/joupe.v3i2.1957>
- Zaharil, N. N. B. M., Okanaga, H., Odaka, M., & Ogawa, K. (2022). Aerodynamic Characteristics of the Badminton Shuttlecock Immediately After Smash. *The*

*Proceedings of the Symposium on Sports and Human Dynamics*, 2022(0), B-7-2.  
<https://doi.org/10.1299/jsmeshd.2021.b-7-2>

Zakas, A. (2005). The effect of stretching duration on the lower-extremity flexibility of adolescent soccer players. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 9(3), 220–225. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2004.07.002>

Zhu, Q. (2013). Expertise of using striking techniques for power stroke in badminton. *Perceptual and Motor Skills*, 117(2), 427–441. <https://doi.org/10.2466/23.25.PMS.117x24z2>