



## SPORTS BIOMECHANICS AND MOTOR LEARNING RESEARCH FOR IMPROVING BADMINTON SMASH PERFORMANCE

Devtio Dwiwahyudi<sup>1</sup>✉, Jajat Darajat<sup>2</sup>, Agus Gumilar<sup>3</sup>, Nuryadi<sup>4</sup>

Fakultas Pendidikan Olahraga dan Kesehatan, Universitas Pendidikan Indonesia.<sup>1</sup>, Fakultas Pendidikan Olahraga dan Kesehatan, Universitas Pendidikan Indonesia.<sup>2</sup>, Fakultas Pendidikan Olahraga dan Kesehatan, Universitas Pendidikan Indonesia.<sup>3</sup> Fakultas Pendidikan Olahraga dan Kesehatan, Universitas Pendidikan Indonesia.<sup>4</sup>

### Info Artikel

*Sejarah Artikel:*

Diterima November 2023

Disetujui Januari 2024

Dipublikasikan Februari 2024

**Kata Kunci:** Bulu tangkis, Pukulan *Forehand*, Analisa Teknik, Biomekanik, Performa OlahRaga

**Keywords:** *Badminton, Forehand Shoot, Technique Analysis, Biomechanics, Sport Performance*

### Abstrak

Latar Belakang: Model hasil kinerja dalam analisis teknik kualitatif dapat mengidentifikasi interaksi mekanistik antara hasil kinerja dalam rekayasa gerak dan faktor-faktor yang menghasilkan hasil tersebut. Mengingat pentingnya keterampilan teknis ini sebagai dasar permainan bulu tangkis dan sebagai pukulan ofensif yang penting, pukulan *forehand* bulu tangkis dalam mode kerja ini kurang mendapat perhatian. Metode: Pada penelitian kali ini, peneliti menggunakan metode SLR (Systematic Literature Review), dengan menggunakan basis data digital. Dengan menggunakan kata kunci Badminton, Sports Biomechanics, kontrol motorik dan pembelajaran motorik. Tujuan: Penelitian ini mengusulkan model hasil kinerja yang menghubungkan kriteria kinerja dan variabel mekanis yang relevan dalam teknik *forehand* bulu tangkis. Hasil: Dari perspektif ini, jelas bahwa versi hasil kinerja keseluruhan yang diusulkan memungkinkan pemahaman yang lebih baik tentang fungsi kunci dasar dan tindakan mekanisnya hanya berdasarkan kinematika teknik *forehand* bulu tangkis. Disini pelatih dan pemain bulu tangkis juga harus memahami mekanis pukulan *forehand* bulu tangkis. Kesimpulan: model ini berhasil menemukan korelasi mekanis serta memungkinkan pemahaman yang lebih baik ihwal korelasi antara kriteria performa serta mekanik di teknik pukulan *forehand* bulu tangkis yg didasarkan pada prinsip rantai kinetik melalui koordinasi segmental tubuh.

### Abstract

*Background: Performance outcome models in qualitative engineering analysis can identify mechanistic interactions between performance outcomes in motion engineering and the factors that produce those outcomes. Given the importance of this technical skill as the basis of the badminton game and as an essential offensive stroke, the badminton forehand stroke in this working mode has received less attention. Method: In this research, researchers used the SLR (Systematic Literature Review) method, using digital databases. Using the keywords Badminton, Sports Biomechanics, motor control, and motor learning. Objective: This study proposes a performance outcome model that links performance criteria and mechanical variables relevant to badminton forehand technique. Results: From this perspective, the proposed version of the overall performance results allows a better understanding of the primary vital functions and their mechanical actions based solely on the kinematics of the badminton forehand technique. Here, badminton coaches and players must also understand the mechanics of badminton forehand strokes. Conclusion: This model succeeded in finding mechanical correlations and enabled a better understanding of the correlation between performance criteria and mechanics in the badminton forehand technique, which is based on the kinetic chain principle through body segmental coordination.*

© 2023 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:  
Jl. Dr. Setiabudhi No. 229 Bandung, Jawa Barat 40154  
E-mail: devtio@upi.edu

## PENDAHULUAN

Ketika kita berbicara mengenai research dan penelitian-penelitian yang dilakukan oleh para ahli, banyak sekali karya tulis berupa artikel maupun yang sejenisnya mengenai biomekanik yang berdampak terhadap penampilan dan kemampuan gerakan maupun teknik dalam permainan bulu tangkis, dan rata-rata dalam penelitian tersebut di tentukan oleh jumlah pukulan yang masuk ke lapangan lawan dan memiliki arah maupun akurasi pukulan yang baik (Li et al., 2017). Keterampilan dalam melakukan berbagai macam teknik dalam permainan bulu tangkis (*serve, smash, lob, drive* dan *drop shoot*) dapat terlihat dan dinilai melalui pengukuran atau pengesanan secara langsung (koordinasi gerakan, ketepatan posisi kok pada raket, posisi raket yang ideal, dan arah jatuhnya kok) (IEEE Malaysia Section. & IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Malaysia Section., 2010). Beberapa poin tersebut bergantung terhadap kemampuan motorik yang nantinya akan saling terkait terhadap gerakan koordinasi ketika akan melakukan sebuah serangkaian gerakan pukulan (Rusdiana et al., 2020a). Teknik yang dominan dalam bulu tangkis adalah pukulan *forehand* dan *backhand*, yang menyumbang 1/5 dari seluruh serangan dalam permainan yang berlangsung (Syamim et al., n.d.). *Smash* adalah pukulan yang paling kuat dari semua pukulan. Kecepatan maksimum bulu tangkis yang diluncurkan melebihi kecepatan proyektil olahraga raket lainnya (Hsueh et al., 2012). Disini *smash* terdiri dari gerakan-gerakan kompleks yang memerlukan koordinasi seluruh bagian tubuh utama (Tsai, Hsueh, et al., n.d.). *Smash* yang efektif dikatakan sebagai cara yang sangat penting untuk mencetak poin dalam suatu permainan (Matsunaga & Kaneoka, 2018).

Demikian pula teknik *Smash* terdapat dua jenis, yaitu *Smash forehand* dan *Smash backhand* (Tsai, Yang, et al., n.d.). *Smash* ini merupakan teknik menyerang yang kuat dan sering sekali digunakan untuk mengalahkan lawan dan mencetak poin sebanyak mungkin, teknik ini menyumbang hampir 50% dari total skor yang tercipta (Waddell & Gowitzke, n.d.). *Smash* disini didefinisikan sebagai pukulan cepat yang mengandalkan tenaga, kecepatan dan fleksi pergelangan tangan saat bulu tangkis menukik ke arah area lapangan lawan (Jaitner & Gawin, n.d.). Bukan hal yang tidak mungkin ketika hanya dengan satu serangan ke daerah pertahanan lawan bisa langsung mencetak poin atau bisa menyebabkan lawan bertahan secara pasif. Oleh karena itu, teknik *Smash* ini memiliki performa yang lebih baik dibandingkan teknik offensive bulu tangkis lainnya (Tsai, Huang, et al., n.d.). Oleh karena itu, *Smash* memainkan peran yang menentukan dalam setiap pertandingan. Keterampilan tersebut selalu menjadi tantangan bagi para atlet untuk mencapai level yang tinggi karena tuntutan fisik yang tinggi yang dibebankan padanya, seperti kecepatan, kekuatan, ketepatan pukulan, kelenturan dan koordinasi (Rusdiana et al., 2020).

Untuk melakukan pukulan *Smash* dengan baik diperlukan pola gerak yang efektif, kematangan biomotor dalam penelitian ini berkaitan dengan motorik seorang atlet. Penelitian ini penting karena model hasil kinerja yang diusulkan akan membantu pelatih dan pemain bulu tangkis lebih memahami dasar pemikiran mekanis di balik teknik pukulan *Smash* dalam bulu tangkis dari sudut pandang ilmiah. Selain itu, sistem bulu tangkis yang ada saat ini telah mengubah strategi permainan ke arah yang

lebih agresif (intensitas lebih besar, kecepatan permainan lebih cepat, dan durasi reli lebih lama) (Abian et al., 2014), menekankan pada efektivitas pukulan bulu tangkis. sebagai tembakan khusus untuk memenangkan pertandingan. Dengan adanya penelitian ini, pengembangan model analisis melalui literatur ilmiah biomekanik yang ada dan keahlian pembinaan dapat membangun jembatan pengetahuan. Bahasa yang sama dapat digunakan oleh para peneliti, pelatih, dan pemain dari semua tingkatan bulu tangkis.

Sayangnya, penelitian ilmiah mengenai keterampilan bulu tangkis belum bisa mengimbangi popularitas olahraga ini. Pencarian literatur mengungkapkan studi biomekanik yang relatif sedikit (Singh, 2023). Oleh karena itu, diperlukan kajian sistematis baru untuk menyelidiki dasar-dasar teknik bulu tangkis untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang dominan dan ideal untuk meningkatkan teknik bulu tangkis selama pembelajaran dan latihan (Ramasamy et al., 2021). Akan tetapi ketika dipelajari lebih lanjut, penelitian yang menelakukan penelitian atau studi pembelajaran motorik yang di lakukan untuk menentukan apa yang dimaksud dengan teknik pelatihan dan pembelajaran pada cabang olahraga bulu tangkis yang lebih optimal untuk memperoleh gerakan-gerakan maupun tekniknya, dan bagaimana hal ini mungkin berbeda bagi pemain dengan standar yang berbeda-beda (Asif et al., 2018).

## **METODE**

### ***Literature Search***

Pada penelitian kali ini, peneliti menggunakan metode SLR (*Systematic Literature Review*), dengan menggunakan basis data digital (*Scopus, ScienceDirect, ResearchGate, Google Scholar, Directory of Open Access Journals* dan

*Academia*). Dengan dicari menggunakan kata kunci Badminton, *Sports Biomechanics*, kontrol motorik dan pembelajaran motorik.

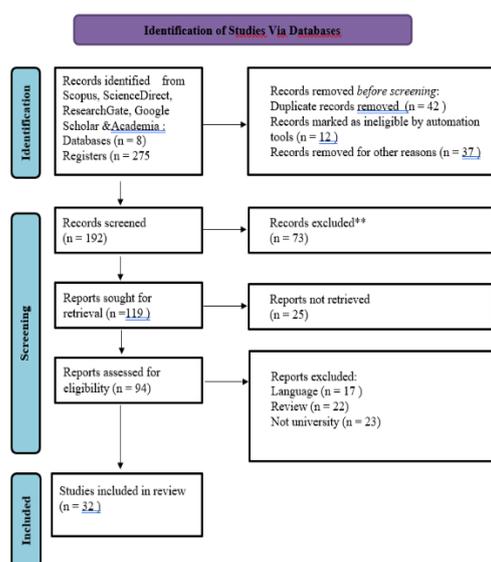
Setelah meninjau lebih lanjut dalam menentukan cara pendekatan yang terbaik yang nantinya di terapkan, peneliti menemukan salah satu pendekatan yang dirasa cocok dalam menjawab setiap pertanyaan dalam penelitian kali ini. *Cochrane Collaboration* (Higgins & Green, 2005) merupakan salah satu tinjauan yang nantinya akan digunakan untuk meninjau sisi atau aspek biomekanik terkhususnya dalam bidang kerja motorik atlet dalam meningkatkan kemampuan gerakannya. Peneliti yakin bahwa dengan pendekatan tersebut akan membantu kelancaran dalam proses penelitiannya, karena yang dijadikan sebagai objek kajian kali ini berfokus terhadap bagaimana peran penting akan pengetahuan biomekanika terhadap peningkatan performa atlet ketika dilihat dari aspek motoriknya.

### ***Data Extraction and Analysis***

Setelah dilakukannya pencarian data dari berbagai sumber yang nantinya akan di jadikan sebagai bahan analisi dalam penelitian kali ini, ketika di tinjau lebih lanjut dalam upaya pencarian data, terdapat kurang lebih 32 sumber artikel yang di identifikasi berisi pembahasan dan ulasan tentang bagaimana cara dan peran biomekanika olahraga terhadap gerakan maupun teknik yang di lakukan oleh atlet ketika sedang bermain secara umum.

Berdasarkan rumusan masalah, penilaian dalam menetapkan relevansi dan penerapan literatur pada konteks diskusi. Agar literatur dapat dimasukkan dan ditinjau lebih lanjut dalam penelitian ini, literatur yang tersedia berasal dari jurnal internasional dan nasional

dengan kriteria yang sudah di tetapkan sebelumnya, sumber literatur yang di cari mencakup aspek biomekanik yang relevan dengan tujuan penelitian ini, dan memberikan informasi tentang peningkatan performa *Smash* dalam bulu tangkis dan performa lainnya dapat mempengaruhinya.



Gambar 1. Prisma *Diagram Flow*

### Concept of Biomechanics

Perlu kita pahami bahwa fungsi atau konsep dari biomekanika pada penelitian ini yaitu berperan sebagai sumber ilmu dalam mengoptimalkan kemampuan atlet dalam cabang olahraga bulu tangkis (Chang, 2015). Konsep ini nantinya akan di dimanfaatkan untuk

memaksimalkan kemampuan atlet dalam melakukan *Smash*, dimulai dari sudut lengan yang di analisis agar nantinya menemukan berapa derajat untuk sudut terbaik agar bisa memaksimalkan serangan yang di lakukan, semua itu akan di analisis secara kualitatif dan kuantitatif dengan segala perhitungan yang ada (Soemardiawan et al., 2019). Bukan hanya itu, akan tetapi terdapat beberapa hal yang dapat di analisis lebih lanjut seperti pola gerakan koordinasi, pola aktivitas otot, dan lain-lain.

Dalam bidang olahraga yang tujuannya adalah mencapai prestasi yang terbaik, penting untuk menerapkan pengetahuan dan kebaruan dalam penggunaan teknologi, yang mereka perlukan tidak lain adalah pemahaman tentang cara meneliti dan mencari tau gerakan yang di lakukan untuk meningkatkan performa keterampilan ketika sedang baermain (Bartlett, 2007). Efek yang di terima dari penelitian tersebut memberikan informasi yang dapat digunakan untuk menyempurnakan strategi permainan mereka (Putra & Lumintuarso, 2020a). Demikian pula studi tentang evaluasi biomekanik gerakan manusia dan kegunaannya bagi atlet menetapkan bahwa analisis ini bermanfaat bagi efektivitas teknik dan bahkan gerakan baru dan berkelanjutan dalam pengembangan teknologi (Lu & Chang, 2012).

Tabel 1. Review Artikel

Judul	Penulis	Tahun	Pembahasan
<i>Comparison of Modular Control during Smash Shot between Advanced and Beginner Badminton Players</i>	Naoto Matsunaga & Koji Kaneoka	2018	Membandingkan sinergi otot saat melakukan <i>smash</i> tembakan antara pemain bulu tangkis tingkat lanjut dan pemula menggunakan NMF
<i>Mechanical Interaction Within Badminton Forehand Shot Technique: A Review Paper</i>	Alif Syamim Syazwan Ramli, Tengku Fadilah, Tengku Kamalden, Raihana Sharir, Hazreen Haizi Harith, Marsyita Hanafi, Qais Gasibat, Shamsulariffin Samsudin	2021	Penelitian ini berhasil menyajikan sintesis dari tinjauan literatur dan disediakan diskusi konstruktif sebagai dasar untuk mengusulkan model hasil kinerja yang menggambarkan interaksi mekanik yang berkontribusi terhadap performa teknik pukulan dan <i>forehand</i> bulu tangkis.

<i>The Biomechanical Analysis of Movement's Skills Accuracy of Smash in Badminton of The Deaf Students</i>	Nicko Zola, Rumini Rumini, Agung Wahyudi	2020	Menurut hasil penelitian dan pembahasan analisis biomekanik gerak keterampilan, ketepatan <i>smash</i> bulu tangkis siswa, dapat disimpulkan bahwa rata-rata ketepatan <i>smash</i> bulu tangkis termasuk kategori rendah; dan semua hasil keterampilan gerak adalah memadai kategori.
<i>3D Kinematics Analysis of Overhead Backhand and Forehand Smash Techniques in Badminton</i>	Agus Rusdiana	2021	Normalisasi data dari nilai kinematika bahu, gerak sendi siku, dan pergelangan tangan dihitung menggunakan metode dinamika terbalik. Selain itu dilakukan uji ANOVA satu arah digunakan untuk mengidentifikasi perbedaan kinematika gerak antara dua kelompok yang berbeda. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kecepatan <i>shuttlecock</i> pada pukulan <i>forehand</i> lebih besar dibandingkan dengan pukulan <i>backhand</i> . Dalam fase rotasi eksternal bahu maksimal, dua variabel diidentifikasi memiliki hasil terbaik selama pukulan <i>forehand smash</i> , yaitu kecepatan rotasi eksternal bahu dan fleksi palmar pergelangan tangan.
<i>Badminton overhead backhand and forehand smashes: a biomechanical analysis approach</i>	Agus Rusdiana, Mohamad Razali, Angga M Syahid, Tono Haryono, Tian Kurniawan	2021	Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa <i>shuttlecock</i> kecepatan pukulan <i>forehand</i> lebih besar dibandingkan pukulan <i>backhand</i> . Selama bahu maksimal fase rotasi eksternal, ditemukan dua variabel yang mempunyai hasil terbaik pada pukulan <i>forehand</i> , yaitu kecepatan rotasi eksternal bahu dan fleksi palmar pergelangan tangan. Selama fase kecepatan sudut maksimum, kecepatan rotasi internal bahu, ekstensi siku, dan supinasi lengan bawah lebih tinggi saat melakukan pukulan <i>smash forehand</i> . Kontribusi utama terhadap gerak ekstremitas atas pada saat <i>overhead backhand</i> dan <i>forehand smash</i> adalah kecepatan putaran internal sendi bahu, ekstensi sudut siku, dan falmar pergelangan tangan lengkungan.
<i>Biomechanical Analysis on Skilled Badminton Players during Take-Off Phase in Forehand Overhead Strokes: A Pilot Study</i>	Xinze Cui, Wing Kai Lam, Qiang Gao, Xin Wang, and Tianyu Zhao	2022	Hasil penelitian menunjukkan bahwa jika dibandingkan dengan yang sedang kondisi gerakan, peserta yang melakukan gerakan pukulan lebih cepat diinduksi lebih besar terlebih dahulu dan puncak vertikal kedua dan puncak horizontal pertama yang lebih besar tetapi puncak horizontal kedua yang lebih rendah, dan itu juga menyebabkan kekuatan kontak lateral dan distal pergelangan kaki puncak yang lebih tinggi, kekuatan kontak lateral dan distal lutut, dan kekuatan kontak distal pinggul. Selain itu, gerakan cepat berhubungan dengan sudut sendi yang berbeda dan kecepatan pada saat kontak awal, puncak dan lepas landas di antara pinggul, lutut, dan pergelangan kaki sendi dibandingkan dengan kecepatan gerakan sedang. Hasil

- saat ini menunjukkan adanya perubahan pada sendi kinematika dan pembebanan dapat berkontribusi terhadap perubahan kecepatan gerakan.
- The relevance of body positioning and its training effect on badminton smash* Shiming Li, Zhao Zhang, Bingjun Wan, Brandie Wilde & Gongbing Shan 2016 Menggunakan penangkapan gerak 3D dan pemodelan biomekanik seluruh tubuh, 14 pemain terampil dan 15 pemain pemula dianalisis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa posisi tubuh mempunyai pengaruh langsung terhadap sudut pelepasan shuttlecock dan tinggi jarak bebas pemain penyerang. Hasilnya juga menunjukkan bahwa, untuk melatih positioning bagi pemula, seseorang dapat melakukan posisi nyaman yang dipilih sendiri menuju shuttlecock yang digantung secara statis dan kemudian melangkah mundur dengan satu kaki – sebuah penanda referensi praktis untuk belajar. Ketika seseorang memperoleh pengalaman melalui latihan berulang, peningkatan koordinasi anggota tubuh akan meningkatkan kualitas pukulan lebih jauh. Kami berharap temuan kami akan bermanfaat bagi para praktisi untuk mengembangkan pelatihan yang efektif program untuk pemula.
- Motion Analysis of Arm Movement during Badminton Smash* M.S Salim, H.N Lim, M.S.M Salim, M.Y Baharudin 2010 Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa subjek laki-laki memiliki kecepatan genggam raket yang lebih tinggi dibandingkan subjek perempuan. Gerakan abduksi bahu dan ekstensi siku diantisipasi menjadi kunci utama pemain putra melakukan smash cepat. Subyek perempuan menunjukkan rentang gerak yang tersinkronisasi dan signifikan terutama pada rotasi pergelangan tangan.
- Biomechanical Analysis of the Jump Smash of German Elite Badminton Players* Thomas Jaitner, Wolf Gawin 2007 Hasilnya menunjukkan hal itu Para pemain Bulu Tangkis Jerman mampu mencapai prestasi serupa dengan pemain internasional atlet dengan uji coba terbaiknya tetapi tidak dapat mengulangi kinerja ini dengan stabilitas tinggi
- Biomechanical Principles Applied to Badminton Power Strokes* David B. Waddell and Barbara A. Gowitzke 2010 Baik bermain clear atau smash, bulu tangkis elit pemain memanfaatkan jarak torsi resistansi yang panjang untuk gerakan rotasi di keduanya sendi bahu dan radio-ulnaris untuk menghasilkan tenaga yang dibutuhkan dalam pukulan ini dengan biaya energi minimum. Setelah gerakan pendahuluan digunakan oleh pemain untuk menggerakkan raketnya mundur selama fase 'wind-up' dari suatu pukulan, pemain akan 'bergerak keluar dari bawah lengan dengan kombinasi rotasi pinggul dan batang tubuh. Hal ini disusul dengan percepatan raket ke depan dan ke atas terutama dengan memutar bahu ke medial, dan melakukan pronasi sendi radio-ulnaris

<i>Biomechanical Analysis of EMG Activity Between Badminton Smash</i>	Chien-Lu Tsai, Huang, Kwei-Shu, Shaw-Shiun Chang	2017	Hasilnya menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan sudut penerbangan awal, waktu durasi kontak dan antar-jemput awal kecepatan antara <i>smash</i> dan <i>drop shot</i> . Permukaan Aktivitas EMG pukulan <i>smash</i> lebih kuat dibandingkan dengan drop tembakan. Urutan gerakan <i>smash</i> dan drop adalah sangat mirip. Sinyal <i>smash</i> EMG sangat signifikan lebih besar dibandingkan dengan <i>drop shot</i> . Dalam penelitian ini, kami memverifikasi bisep dan ekstensor pergelangan tangan melakukan gerakan eksentrik kontraksi pada titik kontak.
<i>What is the Biomechanical Principle of forehand Smash in Badminton</i>	Gilang Estina Putra and Ria Lumintuarso	2020	Berdasarkan kajian teori diatas, maka dapat disimpulkan bahwa manusia pola gerak sangat dipengaruhi oleh kondisi biomotor, umur Perkembangannya akan mempengaruhi tingkat kematangan biomotor. Pukulan <i>forehand</i> adalah salah satunya teknik-teknik yang harus dikuasai dengan baik oleh setiap atlet bulu tangkis. Untuk melakukan pukulan ini nah, diperlukan pola gerak yang baik, kematangan biomotor yang dalam penelitian ini berhubungan dengan usia atlet. Sehingga perkembangan usia akan menimbulkan perbedaan pola gerak yang dalam penelitian ini menganalisis pukulan <i>forehand</i> pola gerakan smash pada bulu tangkis berdasarkan umur.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam olahraga bulu tangkis, gerakan pukulan yang dilakukan oleh pemain merupakan salah satu cara ataupun teknik memainkan shuttlecock (Putra & Lumintuarso, 2020b). Pukulan *forehand* dalam olahraga bulu tangkis merupakan salah satu unsur yang terdapat dalam permainan bulu tangkis dan dianggap sebagai pukulan offensive yang paling efektif (Phomsoupha & Laffaye, 2015). Tembakan-tembakan yang dimaksud ini termasuk pukulan smash offensive, dan biasanya bentuk akhir dari teknik ini menghasilkan tembakan shuttlecock yang menukik ke dalam daerah pertahanan lawan yang sulit untuk dikembalikan (Yeadon & Challis, 1994). Dalam bulu tangkis, tindakan memukul pemain merupakan salah satu cara

atau teknik bermain bulu tangkis (Du & Fan, 2023). Pukulan *forehand* dalam bulu tangkis merupakan salah satu unsur yang termasuk dalam permainan bulu tangkis dan dianggap sebagai pukulan ofensif yang paling efektif (Sakurai & Ohtsuki, 2000). Pukulan yang dimaksud termasuk pukulan *smash* ofensif, dan sering kali bentuk akhir dari teknik ini mengakibatkan pukulan bulu tangkis masuk ke zona pertahanan lawan dan sulit untuk dikembalikan (Cui et al., 2022). Agar pukulan *forehand* dapat dilakukan secara efektif dalam situasi menyerang dalam bulu tangkis, kecepatan setelah pukulan, sudut terbang shuttlecock ke bawah, dan tinggi net harus dijadikan kriteria performa dan konsentrasi (Zhang, 2020). Kecepatan bulu tangkis setelah tumbukan telah terbukti menjadi faktor

performa yang penting karena berkaitan dengan tingkat keahlian setiap pemain (Phomsoupha & Laffaye, 2014) dan dapat di simpulkan pula, teknik ini merupakan kontributor signifikan terhadap beberapa poin dalam pertandingan bulu tangkis (Phomsoupha & Laffaye, 2020).

Pukulan *forehand* efektif yang mampu menghasilkan kecepatan shuttlecock pasca pukulan yang tinggi akan dianggap sebagai senjata yang efektif (power shoot) (Zhu, 2013). Dalam penelitian yang berkaitan dengan pukulan bulu tangkis, kecepatan setelah pukulan sering digunakan untuk mengukur performanya (Phomsoupha & Laffaye, 2015), meskipun beberapa penelitian (misalnya Rambely et al., 2005; Sorensen et al., 2011; Kwan et al., 2011) dalam penelitian tersebut menggunakan pengukuran berdasarkan kecepatan raket saat berbenturan langsung dengan shuttlecock (Rusdiana, 2021). Area pertahanan yang terdampak pun sangatlah penting untuk mengukur seberapa akurat arah jatuhnya shuttlecock yang sudah di pukul, selain itu penelitian lain menunjukkan dan mengungkapkan bahwa titik dan kontak antara raket dan shuttlecock sangatlah penting untuk di masukan kedalam perhitungan (Zola et al., 2021). Misalnya, pada saat *smash* dan pukulan clear, shuttlecock terlihat lebih tinggi pada kepala raket dibandingkan dengan pukulan lob (Huang et al., 2002).

Hal tersebut telah di buktikan pada penelitian terdahulu yang menghasilkan sebuah temuan bahwa kecepatan shuttlecock pada olahraga bulu tangkis sangat berkorelasi dengan kecepatan laju raket ketika melakukan kontak langsung dengan shuttlecock (King et al., 2020). Semua statement tersebut di dukung oleh teori yang mencakup faktor kinematik yang relevan

(Chen et al., 2022). Pukulan *forehand* yang efektif dapat dilakukan dengan benar berdasarkan beberapa alasan biomekanik utama yang terkait aksi sendi proximo-distal yang berurutan, penggunaan siklus pemendekan regangan, maksimalisasi impuls, dan mekanisme defleksi raket (Kwan et al., 2011; Phomsoupha & Laffaye, 2014). Mengikuti alasan biomekanik tersebut, penekanan harus diberikan pada prinsip rantai kinetik (Tsai & Chang, n.d.). Ajaran tersebut menyatakan bahwa gerakan berurutan dimulai dari segmen proksimal sebelumnya menambah dan mengakumulasi kecepatan sudut lebih dekat ke segmen ekstra distal di dalam rantai segmen yang terhubung (penjumlahan kecepatan) (Marshall & Elliott, 2000). Pengumpulan segmen-ke-segmen ini (Phomsoupha & Laffaye, 2015; Zhang et al., 2016) dimulai dengan pemosisian rangka persiapan (sikap menyamping) dengan peralihan beban ke kaki belakang (dominan) untuk fungsi kesiapan dan stabilisasi (Kuntze et al., 2010). Selanjutnya pada saat mengayun ke belakang, putaran sendi panggul mulai berputar ke arah arah pukulan, yang diamati dengan putaran sendi intervertebralis (rotasi batang tubuh) (Rusdiana et al., 2021a). Lengan atas juga memulai rotasi eksternal bahu, serupa dengan fleksi siku, supinasi lengan bawah, dan ekstensi pergelangan tangan yang terjadi secara berurutan (Rusdiana et al., 2021b). pada suatu titik ayunan ke depan, rotasi sendi panggul dan intervertebralis mengarah ke jalur pukulan, bercampur dengan, terjadi secara bertumpuk, rotasi bahu bagian dalam, ekstensi siku, pronasi lengan bawah, dan fleksi pergelangan tangan (snap pergelangan tangan) dilakukan sekaligus sebelum faktor sentuhan dengan shuttlecock

yang masuk (King et al., 2020). pola gerakan untuk semua pukulan *forehand* (spot, clean, drop shot) cukup sebanding kecuali untuk beberapa penyesuaian pada faktor sentuhan, termasuk peran efek pada kepala raket, perspektif raket pada kontak dan gerakan pergelangan tangan. cepat atau lambat, gerakan lanjutan dari ekstremitas atas dilanjutkan untuk tujuan relaksasi (disipasi tekanan) (King et al., 2020).

Gerakan berurutan ini menekankan pentingnya gerakan rotasi dari bagian rangka proksimal (batang) ke fase tubuh distal (ekstremitas atas), dengan basis bantuan yang sangat baik pada ekstremitas bawah, yang ditandai dengan pergeseran pusat gravitasi yang kuat (Barnamehei et al., 2018). Rotasi batang tubuh memainkan peran penting dalam mentransfer energi dari tubuh bagian bawah ke tubuh bagian atas dengan mengembangkan rentang gerak efektif (ROM) yang lebih besar melalui gerakan mengayun (Sørensen, 2010). Oleh karena itu, hal ini pada akhirnya menghasilkan kecepatan shuttlecock yang berlebihan, yang menunjukkan bahwa rotasi badan memainkan peran penting dalam memaksimalkan kecepatan shuttlecock dalam efek penyerahan (Zhang et al., 2016). Pergerakan sendi bahu pada titik kontak menggabungkan rotasi internal dalam posisi ekstensi dan abduksi bahu (Lo & Shark, 1991). Hussain dan Bari (2011) menemukan dalam analisis pukulan *forehand* mereka bahwa kecepatan sudut bola paling tinggi berada di pergelangan tangan, bersama dengan siku dan bahu, mengikuti prinsip rantai kinetik untuk memaksimalkan kecepatan bulu tangkis. Sorensen dkk. (2011) menemukan bahwa pemain bulu tangkis tingkat tinggi menunjukkan

gerakan sendi berurutan yang lebih efisien selama pukulan *forehand* bulu tangkis dibandingkan pemain tingkat rendah. Dalam tenis, teknik koordinasi digunakan untuk mengeksekusi pola sekuensial serupa (Elliott, 2006).

Selain itu terdapat beberapa penelitian yang dilakukan para peneliti termasuk salah satunya oleh Zhang dkk yang dilaksanakan pada tahun 2016. Hasil penelitian tersebut menyimpulkan dua poin penting yang mempengaruhi kecepatan shuttlecock pada pukulan *forehand*. Dua poin tersebut meliputi:

1. Kecepatan gerakan ayunan yang dihasilkan dari akumulasi kecepatan segmen dalam rantai aksi yang terlibat
2. Panjang rantai aksi masing-masing secara fisika idealnya rantai aksi yang diperpanjang sepenuhnya akan menghasilkan kecepatan shuttlecock yang lebih cepat daripada rantai aksi yang bengkok.

Dapat ditarik kesimpulan bahwa, tubuh bagian atas harus terentang penuh saat memukul bola, dan raket harus setinggi mungkin. Sangat penting untuk mengetahui di mana lengan melakukan kontak dengan shuttlecock dan disarankan pemain untuk tidak meregangkan siku secara berlebihan saat memaksimalkan kecepatan *smash* (Le Mansec et al., n.d.).

## SIMPULAN

Memahami metode pukulan *forehand* bulu tangkis dari sudut pandang biomekanik sangat penting untuk pembelajaran dan pembelajaran yang sistematis. Dari perspektif ini, jelas bahwa versi hasil kinerja keseluruhan yang diusulkan memungkinkan pemahaman yang lebih baik tentang fungsi kunci dasar dan tindakan mekanisnya hanya berdasarkan kinematika teknik

*forehand* bulu tangkis. Selain mengajarkan dan meningkatkan kinerja teknis pukulan *forehand* bulu tangkis secara keseluruhan dalam latihan dan kompetisi, pelatih dan pemain bulu tangkis juga harus menggunakan versi yang direkomendasikan ini untuk mempelajari dan mengamati latar belakang mekanis pukulan *forehand* bulu tangkis.

## DAFTAR PUSTAKA

- Asif, M., Zutshi, K., Munjal, J., & Dhingra, M. (2018). Relationship Among Height, Explosive Power and Shoulder Strength on Smashing Accuracy in Male Badminton Players. *European Journal of Physical Education and Sport Science*, 4(9). <https://doi.org/10.5281/zenodo.1326760>
- 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>
- Chang, C. (2015). Research on the biomechanics analysis of technical movement in fatigue period for badminton athletes. *International Journal of Simulation: Systems, Science and Technology*, 16(4B), 13.1-13.6. <https://doi.org/10.5013/IJSSST.a.16.4B.13>
- Chen, H. W., Peng, H. Te, & Wei, Y. (2022). Analysis of Functional Arch Support Insoles on the Biomechanics and Performance in Right-Forward Lunging Step of Badminton Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(18). <https://doi.org/10.3390/ijerph191811210>
- Cui, X., Lam, W. K., Gao, Q., Wang, X., & Zhao, T. (2022). Biomechanical Analysis on Skilled Badminton Players during Take-Off Phase in Forehand Overhead Strokes: A Pilot Study. *Biology*, 11(10). <https://doi.org/10.3390/biology11101401>
- Du, Y., & Fan, Y. (2023). The Effect of Fatigue on Postural Control and Biomechanical Characteristics of Lunge in Badminton Players. *Bioengineering*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/bioengineering10030301>
- Hsueh, Y.-C., Chen, Y.-Y., Pan, K.-M., & Tsai, C.-L. (2012). Biomechanical Analysis of Badminton Forehand Net Shots. *30th Annual Conference of Biomechanics in Sports, Melbourne*.
- IEEE Malaysia Section., & IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Malaysia Section. (2010). *Proceedings of 2010 IEEE EMBS Conference on Biomedical Engineering & Sciences: IECBES 2010: Kuala Lumpur, Malaysia, 30th November-2nd December 2010*.
- Jaitner, T., & Gawin, W. (n.d.). *BIOMECHANICAL ANALYSIS OF THE JUMP SMASH OF GERMAN ELITE BADMINTON PLAYERS*.
- 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). <https://doi.org/10.3390/app10041248>
- Kuntze, G., Mansfield, N., & Sellers, W. (2010). A biomechanical analysis of common lunge tasks in badminton. *Journal of Sports Sciences*, 28(2), 183–191. <https://doi.org/10.1080/02640410903428533>
- Le Mansec, Y., Perez, J., Rouault, Q., Doron, J., & Jubeau, M. (n.d.). Impaired Performance of the Smash Stroke in Badminton Induced by Muscle Fatigue. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2020(1). <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0697i>
- Li, S., Zhang, Z., Wan, B., Wilde, B., & Shan, G. (2017). The relevance of body positioning and its training effect on badminton smash. *Journal of Sports Sciences*, 35(4), 310–316. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1164332>
- Matsunaga, N., & Kaneoka, K. (2018). Comparison of modular control during smash shot between advanced and beginner badminton players. *Applied Bionics and Biomechanics*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/6592357>
- Putra, G., & Lumintuarso, R. (2020a). What is the biomechanical principle of forehand smash in badminton? Article review. *Physical Education and Sport Through the Centuries*, 7(2), 221–229. <https://doi.org/10.2478/spes-2020-0018>
- Putra, G., & Lumintuarso, R. (2020b). What is the biomechanical principle of forehand smash in badminton? Article review. *Physical Education and Sport Through the Centuries*, 7(2), 221–229. <https://doi.org/10.2478/spes-2020-0018>
- 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*, 1–16. <https://doi.org/10.1080/14763141.2021.1877336>
- Rusdiana, A. (2021). 3D Kinematics Analysis of Overhead Backhand and Forehand Smash Techniques in Badminton. *Annals of Applied Sport Science*, 9(3), 1–9. <https://doi.org/10.52547/aassjournal.1002>
- Rusdiana, A., Bin Abdullah, M. R., Syahid, A. M., Haryono, T., & Kurniawan, T. (2021a). Badminton overhead backhand and forehand smashes A biomechanical analysis approach. *Journal of Physical Education and Sport*, 21(4), 1722–1727. <https://doi.org/10.7752/jpes.2021.04218>
- Rusdiana, A., Bin Abdullah, M. R., Syahid, A. M., Haryono, T., & Kurniawan, T. (2021b). Badminton overhead backhand and forehand smashes A biomechanical analysis approach. *Journal of Physical Education and Sport*, 21(4), 1722–1727. <https://doi.org/10.7752/jpes.2021.04218>
- Rusdiana, A., Subarjah, H., Imanudin, I., Kusdinar, Y., Syahid, A. M., & Kurniawan, T. (2020a). Effect of Fatigue on Biomechanical Variable Changes in Overhead Badminton Jump Smash. *Annals of Applied Sport Science*, 8(1), 1–9. <https://doi.org/10.29252/aassjournal.895>
- Rusdiana, A., Subarjah, H., Imanudin, I., Kusdinar, Y., Syahid, A. M., & Kurniawan, T. (2020b). Effect of Fatigue on Biomechanical Variable Changes in Overhead Badminton Jump Smash. *Annals of Applied Sport Science*, 8(1), 1–9. <https://doi.org/10.29252/aassjournal.895>
- Sakurai, S., & Ohtsuki, T. (2000). Muscle activity and accuracy of performance of the smash stroke in badminton concerning skill and practice. *Journal of Sports Sciences*, 18(11), 901–914. <https://doi.org/10.1080/026404100750017832>
- Singh, V. (2023). An Imperial Study on the Importance of Body Alignment and its Impact on Badminton Smash Training. *International Journal of Economic Perspectives*, 17(06). <https://ijeponline.com/index.php/journal>
- Soemardiawan, S., Tangkudung, J., & Hanif, A. S. (2019). The Development of Motion-Based Individual Badminton Smash Forehand Training Models for Students of IKIP Mataram 2019. *International Journal for Educational and Vocational Studies*, 1(3). <https://doi.org/10.29103/ijevs.v1i3.1589>
- Sørensen, K. (2010). *A Biomechanical Analysis of Clear Strokes in Badminton Executed by Youth Players of Different Skill Levels*.
- Syamim, A., Ramli, S., Fadilah, T., Kamalden, T., Sharir, R., Harith, H. H., Hanafi, M., Gasibat, Q., & Samsudin, S. (n.d.). *Mechanical Interaction Within Badminton Forehand Shot Technique: A Review Paper*. <https://doi.org/10.7575/aiac.ijkss.v.9n.3p.28>
- Tsai, C.-L., & Chang, S.-S. (n.d.). *BIOMECHANICAL ANALYSIS OF DIFFERENCES IN THE BADMINTON SMASH AND JUMP SMASH BETWEEN TAIWAN ELITE AND COLLEGIATE PLAYERS*.
- Tsai, C.-L., Hsueh, Y.-C., Pan, K.-M., & Chang, S.-S. (n.d.). Biomechanical Analysis of Different Badminton Forehand Overhead Strokes of Taiwan Elite Female Players. *Coaching and Sports Performance*.
- Tsai, C.-L., Huang, C., Lin, D.-C., & Chang, S.-S. (n.d.). *BIOMECHANICAL ANALYSIS OF THE UPPER EXTREMITY IN THREE DIFFERENT BADMINTON OVERHEAD STROKES*.
- Tsai, C.-L., Yang, C.-C., Lin, M.-S., & Huang, K.-S. (n.d.). *THE SURFACE EMG ACTIVITY ANALYSIS BETWEEN BADMINTON SMASH AND JUMP SMASH*.
- Waddell, D. B., & Gowitzke, B. A. (n.d.). *BIOMECHANICAL PRINCIPLES APPLIED TO BADMINTON POWER STROKES*.
- Yeadon, M. R., & Challis, J. H. (1994). The future of performance-related sports biomechanics research. *Journal of Sports Sciences*, 12(1), 3–32. <https://doi.org/10.1080/02640419408732156>
- Zhang, S. (2020). Effects of fatigue on biomechanics of forehand smash in badminton. *Journal of Vibroengineering*, 22(8), 1826–1833. <https://doi.org/10.21595/jve.2020.21467>
- Zola, N., Rumini, R., & Wahyudi, A. (2021). The Biomechanical Analysis of Movement's Skills Accuracy of Smash in Badminton of The Deaf Students. *Journal of Physical Education and Sports*, 10(1), 102–109. <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/jpes>