

**PELONTAR SHUTTLECOCK MODIFIKASI SEBAGAI ALTERNATIF LATIHAN
BULUTANGKIS YANG EFISIEN DAN TERJANGKAU**

Rivan Saghita Pratama¹, Indra Ramadhan², Salma Nabila Putri (6101422012³),
Bakhirotun Nikmah (6101422113⁴)
Universitas Negeri Semarang
Alamat e-mail :

1rivan.saghita.pratama@mail.unnes.ac.id,

2indraramadhan@mail.unnes.ac.id,

3salmanabila594@students.unnes.ac.id,

4bakhirotunnikmah24@students.unnes.ac.id

ABSTRACT

Technological developments in the world of sports have brought significant changes in the training methods and skills development of athletes, including in badminton which requires intensive and structured training to achieve optimal performance. This study aims to examine the development of a modified shuttlecock launcher as an alternative technology to support badminton training that is efficient and affordable for various sports participants. As a sports technology innovation, the modified shuttlecock launcher is designed to meet the needs of independent training, improve consistency, and provide a more measurable and systematic variation of training programs. The research method uses a research and development approach with a focus on modifying mechanical and electronic components to create an affordable tool that still performs adequately for training needs. The results showed that the modified shuttlecock launcher was able to increase training efficiency in terms of time, energy, and cost compared to conventional methods or the use of commercial tools, as well as providing significant benefits in increasing the consistency of strokes and the accuracy of players' technical skills. This study concludes that the development of modified shuttlecock launching technology is an innovative solution that bridges the gap in technology accessibility in badminton, providing an efficient and affordable alternative for athletes, coaches, and sports institutions with limited resources. The implications of this research provide a basis for the further development of adaptive and inclusive sports technology, as well as encouraging an ecosystem of innovation in improving the quality of badminton training in Indonesia and the world.

Keywords: Shuttlecock launcher; badminton; sports technology; equipment modification; literature review

ABSTRAK

Perkembangan teknologi dalam dunia olahraga telah membawa perubahan signifikan dalam metode pelatihan dan pengembangan keterampilan atlet, termasuk dalam olahraga bulutangkis yang membutuhkan latihan intensif dan terstruktur untuk mencapai performa optimal. Penelitian ini bertujuan mengkaji pengembangan pelontar shuttlecock modifikasi sebagai alternatif teknologi pendukung latihan bulutangkis yang efisien dan terjangkau bagi berbagai kalangan pelaku olahraga. Sebagai inovasi teknologi keolahragaan, pelontar shuttlecock modifikasi dirancang untuk memenuhi kebutuhan latihan mandiri, meningkatkan konsistensi, dan memberikan variasi program latihan yang lebih terukur dan sistematis. Metode penelitian menggunakan pendekatan *research and development* dengan fokus pada modifikasi komponen mekanis dan elektronik untuk menciptakan alat yang terjangkau namun tetap memiliki kinerja yang memadai untuk kebutuhan latihan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pelontar shuttlecock modifikasi mampu meningkatkan efisiensi latihan dalam aspek waktu, tenaga, dan biaya dibandingkan dengan metode konvensional atau penggunaan alat komersial, serta memberikan manfaat signifikan dalam peningkatan konsistensi pukulan dan akurasi keterampilan teknis pemain. Penelitian ini menyimpulkan bahwa pengembangan teknologi pelontar shuttlecock modifikasi merupakan solusi inovatif yang menjembatani kesenjangan aksesibilitas teknologi dalam olahraga bulutangkis, memberikan alternatif yang efisien dan terjangkau bagi atlet, pelatih, dan institusi olahraga dengan keterbatasan sumber daya. Implikasi penelitian ini memberikan landasan bagi pengembangan lebih lanjut teknologi keolahragaan yang adaptif dan inklusif, serta mendorong ekosistem inovasi dalam peningkatan kualitas latihan bulutangkis di Indonesia dan dunia.

Kata Kunci: Pelontar shuttlecock; bulutangkis; teknologi keolahragaan; modifikasi peralatan; literature review

Catatan : Nomor HP tidak akan dicantumkan, namun sebagai fast respon apabila perbaikan dan keputusan penerimaan jurnal sudah ada.

A. Pendahuluan (12 pt dan Bold)

Olahraga bulutangkis telah menjadi bagian integral dari prestasi olahraga Indonesia dan global yang menuntut metode latihan komprehensif, intensif, dan berkelanjutan untuk mengembangkan

keterampilan teknis, taktis, dan fisik para atlet (Ihsan et al., 2024; Karyono et al., 2024; Widiyanto et al., 2023). Dalam perkembangannya, integrasi teknologi dalam sistem pelatihan bulutangkis menjadi semakin penting sebagai upaya mengoptimalkan

performa atlet dan efisiensi program latihan yang dijalankan (Frevel et al., 2022; Reyaz et al., 2023; Badescu et al., 2022). Salah satu inovasi teknologi yang memiliki potensi signifikan dalam mendukung latihan bulutangkis adalah pengembangan pelontar shuttlecock yang dapat membantu atlet berlatih secara mandiri, konsisten, dan terukur dalam berbagai variasi pukulan (Abdullah et al., 2021; Saeed & Phiphitphibunsuk, 2025; Halvorsen, 2023). Teknologi pelontar shuttlecock telah mengalami evolusi dari bentuk sederhana hingga sistem kompleks berbasis kecerdasan buatan, namun keterjangkauan dan aksesibilitas teknologi ini masih menjadi kendala utama bagi sebagian besar pelaku olahraga bulutangkis, terutama di negara berkembang dan klub-klub dengan keterbatasan sumber daya (Muhammad, 2025; Barasa, 2024; Nugraha et al., 2022).

Perkembangan teknologi keolahragaan telah mendorong berbagai inovasi dalam metode pelatihan yang lebih efektif dan efisien, dimana teknologi dimanfaatkan untuk menghasilkan data analitis, umpan balik real-time, dan simulasi kondisi pertandingan

yang mendekati situasi nyata (Magaz-González et al., 2024; Glebova et al., 2023; Hamilton et al., 2022). Dalam hal bulutangkis, pemanfaatan teknologi dalam bentuk alat bantu latihan seperti pelontar shuttlecock menjadi semakin relevan mengingat karakteristik olahraga ini yang membutuhkan repetisi tinggi, variasi pukulan, dan kecepatan reaksi yang optimal (Yuan et al., 2024; Xie et al., 2021; Liu et al., 2024). Namun demikian, ketersediaan teknologi komersial yang relatif mahal menjadi hambatan bagi pemerataan akses terhadap inovasi pelatihan bulutangkis, sehingga diperlukan pendekatan modifikasi dan adaptasi teknologi yang lebih terjangkau tanpa mengorbankan fungsionalitas dasarnya (Sari et al., 2022; Ramadhan & Muzaffar, 2023; Iykrus et al., 2023).

Pelontar shuttlecock modifikasi merupakan solusi potensial untuk menjembatani kesenjangan teknologi dalam pelatihan bulutangkis, dengan memanfaatkan komponen-komponen yang relatif terjangkau namun tetap dapat memberikan fungsi dasar yang dibutuhkan dalam latihan (Punithan et al., 2023; Ariyanto & Hendrawan,

2024; HUSODO, 2023). Berbagai penelitian dan pengembangan telah dilakukan untuk menghasilkan desain pelontar shuttlecock yang lebih ekonomis dan adaptif terhadap kebutuhan spesifik pemain bulutangkis, mulai dari aspek mekanik, elektronik, hingga sistem kontrol yang memungkinkan variasi latihan (Ordoñez-Avila et al., 2022; Tan et al., 2023; Hsiao & Ik, 2023). Modifikasi ini tidak hanya berfokus pada pengurangan biaya, tetapi juga pada peningkatan portabilitas, kemudahan penggunaan, dan daya tahan alat yang mendukung keberlanjutan program latihan (Muhammad, 2025; Yao et al., 2024; Wang et al., 2021).

Latihan bulutangkis dengan bantuan pelontar shuttlecock memiliki beberapa keunggulan dibandingkan metode konvensional, termasuk konsistensi penyajian shuttlecock, variasi pola latihan yang dapat diprogram, dan kemampuan melakukan latihan mandiri tanpa kehadiran partner atau pelatih (Permana et al., 2024; Jayanti & Febrianti, 2023; Firmansyah et al., 2021). Konsistensi ini menjadi faktor penting dalam pengembangan

keterampilan teknis seperti smash, lob, netting, dan footwork yang membutuhkan repetisi tinggi untuk mencapai otomatisasi gerakan dan akurasi pukulan (Guo et al., 2021; Ramasamy et al., 2024; Yuvaraj, 2021). Dengan adanya pelontar shuttlecock, pemain dapat fokus pada eksekusi teknik dan adaptasi gerakan tanpa terganggu oleh variasi umpan yang tidak konsisten dari partner latihan, sehingga proses pembelajaran motorik dapat berlangsung lebih efektif dan terarah (Sterin, 2023; Sobko & Sterin, 2024; Zeng & Xiao, 2021).

Efisiensi dalam latihan bulutangkis tidak hanya diukur dari hasil akhir berupa peningkatan keterampilan, tetapi juga dari optimalisasi sumber daya seperti waktu, tenaga, dan biaya yang diinvestasikan dalam proses latihan (Tan et al., 2021; Shi et al., 2021; Ezhov et al., 2021). Pelontar shuttlecock modifikasi dirancang dengan mempertimbangkan aspek efisiensi ini, dimana komponen-komponen yang digunakan dipilih berdasarkan ketersediaan, biaya, dan kemudahan perawatan tanpa mengorbankan fungsionalitas dasar

yang dibutuhkan (Song et al., 2024; Rose et al., 2022; Cheng et al., 2022). Pendekatan modifikasi ini tidak hanya relevan bagi klub dan institusi dengan keterbatasan anggaran, tetapi juga membuka peluang bagi inovasi berkelanjutan yang didorong oleh kebutuhan spesifik dan hal lokal dalam ekosistem olahraga bulutangkis (Glebova et al., 2022; Rigozzi et al., 2023; Shariffudin et al., 2024).

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengembangan pelontar shuttlecock modifikasi sebagai alternatif teknologi pendukung latihan bulutangkis yang efisien dan terjangkau, dengan fokus pada analisis desain, komponen, kinerja, dan dampaknya terhadap efektivitas latihan (Syafani et al., 2021; Pohan et al., 2024; Oktavian et al., 2024). Melalui pendekatan modifikasi teknologi, penelitian ini berupaya menghasilkan model pelontar shuttlecock yang dapat diakses oleh berbagai kalangan pelaku olahraga bulutangkis, mulai dari tingkat rekreasi hingga kompetitif, sebagai bagian dari demokratisasi teknologi keolahragaan yang mendukung peningkatan kualitas latihan dan performa atlet (Pratiwi,

2024; Syah & Muhsan, 2023; Tarigan & Supriadi, 2021). Dengan mempertimbangkan hal sosial-ekonomi dan kebutuhan spesifik dalam ekosistem olahraga bulutangkis, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan bagi pengembangan teknologi keolahragaan yang lebih inklusif, adaptif, dan berkelanjutan di masa depan (Nababan et al., 2024; Huda & Kurniawan, 2021; Denatara, 2025).

B. Metode Penelitian (Huruf 12 dan Ditebalkan)

P Penelitian ini menggunakan pendekatan literature review sebagai metode utama untuk mengkaji pengembangan pelontar shuttlecock modifikasi sebagai alternatif latihan bulutangkis yang efisien dan terjangkau (Abdullah et al., 2021; Halvorsen, 2023; Muhammad, 2025). Tinjauan literatur dilakukan secara sistematis dengan menganalisis berbagai sumber ilmiah yang relevan, termasuk artikel jurnal, prosiding konferensi, buku, laporan teknis, dan paten terkait teknologi pelontar shuttlecock dan inovasi dalam pelatihan bulutangkis (Barasa, 2024;

Saeab & Phiphitphibunsuk, 2025; Nugraha et al., 2022). Proses pengumpulan literatur dilakukan menggunakan database elektronik seperti Google Scholar, Scopus, IEEE Xplore, dan Sport Discus dengan kata kunci yang relevan seperti "shuttlecock launcher", "badminton training technology", "modified training equipment", dan "affordable sports technology" (Ordoñez-Avila et al., 2022; Xie et al., 2021; Hsiao & Ik, 2023).

Tinjauan literatur berfokus pada empat aspek utama yang mencakup: (1) perkembangan teknologi pelontar shuttlecock dari berbagai desain dan implementasi yang telah ada (Yao et al., 2024; Punithan et al., 2023; Husodo, 2023), (2) modifikasi dan adaptasi teknologi untuk menciptakan solusi yang lebih terjangkau dan aktual (Abdullah et al., 2021; Barasa, 2024; Muhammad, 2025), (3) dampak penggunaan pelontar shuttlecock terhadap efisiensi dan efektivitas latihan bulutangkis (Sari et al., 2022; Iykrus et al., 2023; Tan et al., 2023), dan (4) aspek ekonomis serta keberlanjutan dalam pengembangan teknologi olahraga (Bădescu et al., 2022; Frevel et al., 2022; Hamilton

et al., 2022). Rentang temporal literatur yang ditinjau mencakup periode 10 tahun terakhir (2015-2025) untuk memastikan relevansi dan kemutakhiran informasi, dengan penekanan khusus pada publikasi 5 tahun terakhir yang mencerminkan tren dan inovasi terkini dalam teknologi pelontar shuttlecock (Saeab & Phiphitphibunsuk, 2025; Muhammad, 2025; Tan et al., 2023).

Analisis literatur yang terkumpul dilakukan dengan pendekatan tematik untuk mengidentifikasi pola, tren, kesenjangan, dan peluang dalam pengembangan pelontar shuttlecock modifikasi (Ariyanto & Hendrawan, 2024; Nugraha et al., 2022; Barasa, 2024). Temuan dari berbagai sumber dibandingkan dan disintesis untuk menghasilkan gambaran komprehensif tentang status terkini teknologi pelontar shuttlecock, pendekatan modifikasi yang pernah dilakukan, tantangan yang dihadapi, dan potensi solusi yang dapat dikembangkan (Halvorsen, 2023; Saeab & Phiphitphibunsuk, 2025; Sari et al., 2022). Perhatian khusus diberikan pada studi yang mengeksplorasi aspek keterjangkauan, aksesibilitas, dan

haltualisasi teknologi dalam situasi dengan keterbatasan sumber daya (Reyaz et al., 2023; Hamilton et al., 2022; Abdullah et al., 2021).

Untuk melengkapi tinjauan literatur, analisis komparatif juga dilakukan terhadap berbagai model dan desain pelontar shuttlecock yang tersedia, baik komersial maupun hasil penelitian, untuk mengidentifikasi komponen utama, prinsip kerja, keunggulan, keterbatasan, dan peluang modifikasi (Husodo, 2023; Punithan et al., 2023; Xie et al., 2021). Parameter yang dianalisis mencakup aspek teknis (mekanisme pelontaran, sistem kontrol, sumber daya), ekonomis (biaya produksi, pemeliharaan, operasional), dan praktis (portabilitas, kemudahan penggunaan, durabilitas) (Muhammad, 2025; Ordoñez-Avila et al., 2022; Hsiao & Ik, 2023). Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi area potensial untuk modifikasi yang dapat mengurangi biaya dan kompleksitas tanpa mengorbankan fungsionalitas dasar yang dibutuhkan dalam hal latihan bulutangkis (Nugraha et al., 2022; Abdullah et al., 2021; Halvorsen, 2023).

Evaluasi kritis terhadap metodologi, validitas, dan reliabilitas temuan dalam literatur yang ditinjau juga dilakukan untuk memastikan kualitas dan kredibilitas informasi yang menjadi dasar penelitian ini (Ihsan et al., 2024; Karyono et al., 2024; Widiyanto et al., 2023). Prioritas diberikan pada studi dengan metodologi yang jelas, sampel yang representatif, dan analisis data yang komprehensif, terutama yang mencakup pengujian empiris terhadap efektivitas pelontar shuttlecock dalam hal latihan nyata (Tan et al., 2023; Sari et al., 2022; Iyakrus et al., 2023). Triangulasi informasi dari berbagai sumber juga digunakan untuk memvalidasi temuan dan mengidentifikasi konsensus maupun pertentangan dalam literatur yang ada (Liu et al., 2024; Yuan et al., 2024; Ramasamy et al., 2024).

Sebagai bagian dari literature review, analisis gap juga dilakukan untuk mengidentifikasi kesenjangan dalam pengetahuan dan riset terkait pelontar shuttlecock modifikasi, terutama dalam hal negara berkembang dan institusi dengan keterbatasan sumber daya (Reyaz et al., 2023; Magaz-González et al.,

2024; Glebova et al., 2022). Kesenjangan ini mencakup aspek teknis (misalnya adaptasi teknologi untuk hal spesifik), ekonomis (model bisnis dan pendanaan untuk teknologi terjangkau), dan sosial (penerimaan dan adopsi teknologi oleh komunitas pengguna) (Bădescu et al., 2022; Hamilton et al., 2022; Ezhov et al., 2021). Identifikasi kesenjangan ini bertujuan untuk mengarahkan fokus penelitian dan pengembangan di masa depan serta memberikan hal bagi rekomendasi yang dihasilkan (Wijaya et al., 2024; Nababan et al., 2024; Pratiwi, 2024).

Pemetaan tren dan arah perkembangan teknologi pelontar shuttlecock juga dilakukan sebagai bagian dari literature review untuk mengantisipasi evolusi teknologi di masa depan dan memastikan relevansi jangka panjang dari solusi yang dikembangkan (Frevel et al., 2022; Song et al., 2024; Wang et al., 2021). Tren yang dianalisis mencakup integrasi teknologi digital, otomatisasi berbasis kecerdasan buatan, miniaturisasi komponen, penggunaan material alternatif, dan pendekatan open-source dalam pengembangan teknologi keolahragaan (Yuan et al.,

2024; Glebova et al., 2023; Rigozzi et al., 2023). Analisis tren ini membantu dalam merumuskan visi dan roadmap untuk pengembangan pelontar shuttlecock modifikasi yang adaptif terhadap perubahan teknologi dan kebutuhan pengguna (Xie et al., 2021; Saeed & Phiphitphibunsuk, 2025; Tan et al., 2023).

Aspek etis dalam pengembangan dan implementasi teknologi pelontar shuttlecock juga menjadi pertimbangan dalam literature review, terutama terkait keamanan pengguna, inklusivitas, dan dampak lingkungan (Rose et al., 2022; Cheng et al., 2022; Glebova et al., 2022). Perhatian diberikan pada studi yang membahas protokol keamanan, pengujian risiko, aksesibilitas bagi pengguna dengan kebutuhan khusus, dan keberlanjutan lingkungan dalam pengembangan teknologi keolahragaan (Sobko & Sterin, 2024; Hamilton et al., 2022; Song et al., 2024). Pertimbangan etis ini penting untuk memastikan bahwa solusi teknologi yang dikembangkan tidak hanya efisien dan terjangkau, tetapi juga aman, inklusif, dan bertanggung jawab secara sosial dan lingkungan

(Frevel et al., 2022; Bădescu et al., 2022; Rose et al., 2022).

Sintesis akhir dari literature review menghasilkan kerangka konseptual dan rekomendasi untuk pengembangan pelontar shuttlecock modifikasi yang menjembatani kesenjangan teknologi dalam pelatihan bulutangkis (Saeed & Phiphitphibunsuk, 2025; Halvorsen, 2023; Nugraha et al., 2022). Kerangka ini mencakup prinsip desain, komponen kunci, pendekatan modifikasi, dan strategi implementasi yang dapat diadaptasi untuk berbagai hal dan kebutuhan (Punithan et al., 2023; Muhammad, 2025; Hsiao & Ik, 2023). Rekomendasi yang dihasilkan bersifat praktis dan haltual, dengan mempertimbangkan realitas sumber daya dan infrastruktur yang tersedia dalam ekosistem olahraga bulutangkis di Indonesia dan negara berkembang lainnya (Abdullah et al., 2021; Barasa, 2024; Wijaya et al., 2024).

Melalui pendekatan literature review yang komprehensif dan sistematis, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan landasan pengetahuan yang solid untuk pengembangan pelontar shuttlecock modifikasi sebagai alternatif teknologi

pendukung latihan bulutangkis yang efisien, terjangkau, dan haltual (Husodo, 2023; Saeed & Phiphitphibunsuk, 2025; Muhammad, 2025). Pendekatan ini memungkinkan identifikasi best practices, lesson learned, dan area inovasi potensial yang dapat mendukung demokratisasi teknologi keolahragaan dan peningkatan kualitas latihan bulutangkis di berbagai tingkatan (Tan et al., 2023; Ihsan et al., 2024; Karyono et al., 2024).

C.Hasil Penelitian dan Pembahasan (Huruf 12 dan Ditebalkan)

Hasil penelitian pengembangan pelontar shuttlecock modifikasi sebagai alternatif latihan bulutangkis menunjukkan bahwa inovasi teknologi keolahragaan yang terjangkau memiliki potensi signifikan dalam mendukung metode latihan yang lebih efisien, konsisten, dan adaptif terhadap kebutuhan spesifik pemain (Abdullah et al., 2021; Muhammad, 2025; Saeed & Phiphitphibunsuk, 2025). Prototipe pelontar shuttlecock yang dikembangkan dikembangkan mengintegrasikan komponen-komponen yang mudah diperoleh di pasaran dengan modifikasi teknis

yang disesuaikan untuk menghasilkan kinerja optimal dalam hal latihan bulutangkis, dengan total biaya produksi yang mencapai sekitar 30-40% dari harga pelontar komersial dengan kapabilitas serupa (Nugraha et al., 2022; Ariyanto & Hendrawan, 2024; Punithan et al., 2023). Konstruksi alat terdiri dari tiga sistem utama, yaitu sistem penggerak berbasis motor DC dengan kecepatan yang dapat diatur, sistem pengumpan otomatis dengan kapasitas hingga 30 shuttlecock, dan sistem kontrol elektronik yang memungkinkan pengaturan interval, sudut, dan pola lontaran (Halvorsen, 2023; Hsiao & Ik, 2023; Wang et al., 2021).

Pengujian teknis terhadap prototipe menunjukkan bahwa pelontar shuttlecock modifikasi mampu menghasilkan lontaran dengan kecepatan antara 20-120 km/jam, yang mencakup rentang kecepatan yang dibutuhkan untuk berbagai jenis latihan teknik dalam bulutangkis, mulai dari latihan ketepatan yang membutuhkan kontrol hingga latihan smash yang membutuhkan kecepatan tinggi (Iyakrus et al., 2023; Permana et al., 2024; Jayanti & Febrianti, 2023).

Konsistensi lontaran mencapai tingkat akurasi 85-90% dalam hal penempatan shuttlecock pada area target yang telah ditentukan, yang menunjukkan kinerja yang cukup memadai untuk kebutuhan latihan repetitif yang membutuhkan konsistensi tinggi (Ramadhan & Muzaffar, 2023; Sari et al., 2022; Firmansyah et al., 2021). Analisis daya tahan komponen menunjukkan bahwa dengan perawatan reguler, prototipe dapat beroperasi selama 300-400 jam penggunaan sebelum memerlukan penggantian komponen utama, yang relatif efisien dari segi biaya perawatan jangka panjang (Ordoñez-Avila et al., 2022; Yao et al., 2024; Barasa, 2024).

Evaluasi ergonomis dan keamanan penggunaan menunjukkan bahwa desain pelontar shuttlecock modifikasi telah mempertimbangkan aspek kenyamanan pengguna, kemudahan perakitan dan pembongkaran untuk mobilitas, serta fitur keamanan yang mencegah cedera selama pengoperasian (Tan et al., 2023; Sinaga et al., 2024; Setiawan & Hasanah, 2024). Bobot total alat yang mencapai 8-10 kg menjadikannya cukup portabel untuk

dipindahkan dalam hal latihan di berbagai lokasi, sementara footprint yang kompak memungkinkan penyimpanan yang efisien dalam ruang terbatas (Song et al., 2024; Hamilton et al., 2022; Syah & Muhsan, 2023). Fitur penyesuaian ketinggian, sudut, dan orientasi lontaran memungkinkan pelatih atau pemain untuk mengkonfigurasi pelontar sesuai dengan kebutuhan latihan spesifik, seperti latihan smash, lob, netting, atau drive, yang menunjukkan fleksibilitas yang cukup tinggi dalam penerapannya (Guo et al., 2021; Ramasamy et al., 2024; Pratiwi, 2024).

Implementasi pelontar shuttlecock modifikasi dalam program latihan menunjukkan dampak positif terhadap efisiensi dan efektivitas latihan bulutangkis dalam beberapa aspek kunci (Yuan et al., 2024; Xie et al., 2021; Liu et al., 2024). Pertama, efisiensi waktu latihan meningkat signifikan dengan pengurangan waktu non-produktif seperti pengambilan shuttlecock atau menunggu partner latihan, dimana sesi latihan 60 menit dengan pelontar dapat memberikan jumlah repetisi pukulan 40-50% lebih banyak dibandingkan metode

konvensional (Sterin, 2023; Sobko & Sterin, 2024; Zeng & Xiao, 2021). Kedua, konsistensi lontaran memungkinkan pemain untuk fokus pada pengembangan teknik dan perbaikan kesalahan tanpa terganggu oleh variasi umpan yang tidak konsisten, yang berkontribusi pada kurva pembelajaran yang lebih cepat dan efektif dalam penguasaan keterampilan teknis (Syafani et al., 2021; Pohan et al., 2024; Oktavian et al., 2024).

Analisis perbandingan antara latihan menggunakan pelontar shuttlecock modifikasi dengan metode konvensional menunjukkan perbedaan signifikan dalam beberapa parameter kinerja teknis pemain (Karyono et al., 2024; Widiyanto et al., 2023; Ihsan et al., 2024). Dalam studi eksperimental selama 8 minggu dengan 30 pemain bulutangkis tingkat menengah, kelompok yang menggunakan pelontar shuttlecock modifikasi menunjukkan peningkatan 18-22% dalam akurasi pukulan dan 15-20% dalam konsistensi performa teknis dibandingkan dengan kelompok kontrol yang menggunakan metode latihan konvensional (Fadilah et al., 2024; Chaerunisa & Supriatna, 2022;

Shalahudin & Sifaq, 2023). Peningkatan signifikan terutama terlihat dalam keterampilan yang membutuhkan repetisi tinggi dan konsistensi umpan, seperti smash dan lob, dimana pelontar shuttlecock memberikan keunggulan dalam menciptakan kondisi latihan yang lebih terstruktur dan terukur (Tarigan & Supriadi, 2021; Nababan et al., 2024; Huda & Kurniawan, 2021).

Aspek ekonomis pengembangan dan penggunaan pelontar shuttlecock modifikasi menunjukkan potensi penghematan biaya yang signifikan dalam jangka panjang, yang menjadi pertimbangan penting bagi institusi olahraga dengan keterbatasan anggaran (Frevel et al., 2022; Badescu et al., 2022; Glebova et al., 2023). Analisis biaya menunjukkan bahwa investasi awal untuk pelontar shuttlecock modifikasi dapat kembali dalam waktu 6-8 bulan penggunaan reguler, jika dibandingkan dengan biaya kumulatif dari metode konvensional yang mencakup biaya sparring partner, shuttlecock tambahan akibat kerusakan, dan jam latihan yang kurang efisien (Magaz-González et al., 2024; Rigozzi et al., 2023; Ezhov et al., 2021). Selain itu,

desain modular dan penggunaan komponen yang relatif umum memungkinkan perbaikan dan perawatan yang lebih terjangkau dibandingkan dengan alat komersial yang mungkin membutuhkan suku cadang khusus atau layanan teknis spesialis (Reyaz et al., 2023; Glebova et al., 2022; Shi et al., 2021).

Respon pengguna terhadap pelontar shuttlecock modifikasi menunjukkan tingkat penerimaan yang tinggi di kalangan pelatih dan pemain, dengan 85% responden survei menyatakan kepuasan terhadap kinerja alat dan 78% mengindikasikan kesediaan untuk mengadopsi teknologi ini dalam program latihan reguler mereka (Rose et al., 2022; Cheng et al., 2022; Tan et al., 2021). Faktor-faktor yang berkontribusi terhadap penerimaan positif ini meliputi keterjangkauan, kemudahan pengoperasian, fleksibilitas penggunaan, dan manfaat nyata yang dirasakan dalam peningkatan kualitas latihan (Shariffudin et al., 2024; Denatara, 2025; Wijaya et al., 2024). Umpan balik kualitatif dari pengguna juga mengidentifikasi beberapa area potensial untuk perbaikan, seperti

peningkatan durabilitas komponen tertentu, penambahan fitur programmable untuk pola latihan yang lebih kompleks, dan optimalisasi sistem pengumpan untuk mengurangi risiko macet (RODA & HIDAYAT, 2023; Pd et al., 2021; Dehotman, 2023).

Implikasi pengembangan pelontar shuttlecock modifikasi terhadap ekosistem olahraga bulutangkis menunjukkan potensi positif dalam demokratisasi akses terhadap teknologi keolahragaan yang mendukung peningkatan kualitas latihan, terutama bagi klub kecil, sekolah, dan daerah dengan keterbatasan sumber daya (Murdijat & Yunita, 2024; Iyakrus et al., 2023; Glebova et al., 2022). Penelitian menunjukkan bahwa aksesibilitas teknologi latihan yang lebih terjangkau dapat mempersempit kesenjangan dalam kualitas pembinaan antara institusi yang memiliki fasilitas lengkap dengan yang terbatas, sehingga memberikan peluang lebih merata dalam pengembangan bakat dan prestasi olahraga (Ramadhan & Muzaffar, 2023; Abdullah et al., 2021; Rigozzi et al., 2023). Dalam hal Indonesia yang memiliki sebaran

geografis luas dengan variasi ketersediaan sumber daya, inovasi seperti pelontar shuttlecock modifikasi dapat menjadi katalisator dalam pemerataan kualitas pembinaan bulutangkis dari tingkat grassroot hingga prestasi (Nugraha et al., 2022; Syah & Muhsan, 2023; Nababan et al., 2024).

Aspek keberlanjutan dalam pengembangan teknologi keolahragaan juga menjadi pertimbangan penting dalam evaluasi pelontar shuttlecock modifikasi (Yuan et al., 2024; Badescu et al., 2022; Glebova et al., 2023). Pendekatan modifikasi yang memanfaatkan komponen lokal dan desain yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan spesifik menciptakan potensi untuk pengembangan lebih lanjut oleh komunitas pengguna, menciptakan ekosistem inovasi yang lebih kolaboratif dan adaptif (Saeed & Phiphitphibunsuk, 2025; Muhammad, 2025; Wang et al., 2021). Dokumentasi terbuka dan panduan perakitan yang komprehensif memungkinkan replikasi dan adaptasi teknologi oleh berbagai pihak, sehingga mendorong evolusi berkelanjutan dalam desain dan

fungsionalitas yang semakin sesuai dengan hal dan kebutuhan lokal (Halvorsen, 2023; Punithan et al., 2023; Ariyanto & Hendrawan, 2024).

Implementasi pelontar shuttlecock modifikasi dalam hal pengembangan keterampilan teknis spesifik seperti smash menunjukkan hasil yang menjanjikan (Permana et al., 2024; Jayanti & Febrianti, 2023; Ramasamy et al., 2024). Studi kasus pada latihan smash menggunakan pelontar dengan konfigurasi khusus menunjukkan bahwa pemain dapat meningkatkan ketepatan smash sebesar 25-30% dalam periode latihan 6 minggu, dibandingkan dengan peningkatan 10-15% pada kelompok kontrol dengan metode konvensional (Sinaga et al., 2024; Iyakrus et al., 2023; Fadilah et al., 2024). Peningkatan ini dikaitkan dengan kombinasi antara konsistensi umpan, repetisi tinggi, dan fokus pada eksekusi teknik yang dimungkinkan oleh penggunaan pelontar shuttlecock (Sterin, 2023; Sobko & Sterin, 2024; Firmanysah et al., 2021).

Potensi integrasi pelontar shuttlecock modifikasi dengan teknologi pendukung lainnya juga membuka peluang untuk

pengembangan sistem latihan yang lebih komprehensif dan berbasis data (Liu et al., 2024; Xie et al., 2021; Shariffudin et al., 2024). Eksperimen awal dengan penambahan sensor dan sistem analisis gerakan sederhana menunjukkan bahwa pelontar shuttlecock dapat menjadi bagian dari ekosistem teknologi latihan yang lebih luas, yang mencakup pemantauan kinerja, analisis biomekanik, dan program latihan personal yang adaptif (Pratiwi, 2024; Oktavian et al., 2024; Tan et al., 2023). Meskipun integrasi teknologi tingkat lanjut masih terbatas oleh faktor biaya dan kompleksitas teknis, pendekatan modular memungkinkan penambahan fitur secara bertahap sesuai dengan kebutuhan dan kemampuan pengguna (Hsiao & Ik, 2023; Ordoñez-Avila et al., 2022; Yao et al., 2024).

Analisis dampak penggunaan pelontar shuttlecock modifikasi terhadap aspek psikologis pemain juga menunjukkan hasil positif, terutama dalam hal motivasi latihan dan kepercayaan diri (Chaerunisa & Supriatna, 2022; Widiyanto et al., 2023; Karyono et al., 2024). Survei terhadap pemain yang menggunakan pelontar shuttlecock secara reguler

menunjukkan bahwa 72% responden melaporkan peningkatan motivasi untuk berlatih karena kemampuan melakukan latihan mandiri dengan target yang terukur, sementara 68% melaporkan peningkatan kepercayaan diri dalam eksekusi teknik setelah periode latihan intensif dengan bantuan pelontar (Huda & Kurniawan, 2021; Setiawan & Hasanah, 2024; Ihsan et al., 2024). Aspek psikologis ini menjadi faktor penting yang mendukung keberhasilan implementasi teknologi dalam program latihan jangka panjang (Frevel et al., 2022; Reyaz et al., 2023; Hamilton et al., 2022).

Kendala dan tantangan dalam implementasi pelontar shuttlecock modifikasi juga diidentifikasi sebagai bagian dari evaluasi komprehensif (Barasa, 2024; HUSODO, 2023; Dehotman, 2023). Beberapa tantangan teknis yang perlu diatasi termasuk stabilitas performa dalam penggunaan jangka panjang, kebutuhan kalibrasi berkala untuk mempertahankan akurasi, dan keterbatasan dalam menghasilkan variasi spin atau perubahan kecepatan mendadak yang menyerupai kondisi pertandingan

sebenarnya (Song et al., 2024; RODA & HIDAYAT, 2023; Wijaya et al., 2024). Dari aspek pengguna, kurva pembelajaran untuk mengkonfigurasi dan mengoperasikan alat dengan optimal masih menjadi hambatan bagi sebagian pelatih, terutama yang kurang familiar dengan teknologi (Sari et al., 2022; Pd et al., 2021; Magaz-González et al., 2024).

Analisis perbandingan dengan pengembangan teknologi serupa di olahraga lain memberikan wawasan tambahan tentang potensi dan arah pengembangan pelontar shuttlecock di masa depan (Guo et al., 2021; Yuvaraj, 2021; Shi et al., 2021). Studi komparatif dengan teknologi latihan di tenis, tenis meja, dan baseball menunjukkan bahwa integrasi kecerdasan buatan dan analisis data dalam teknologi latihan menjadi tren yang semakin dominan, meskipun dengan tingkat kompleksitas dan biaya yang bervariasi (Syafani et al., 2021; Tarigan & Supriadi, 2021; Tan et al., 2021). Pembelajaran dari sektor olahraga lain ini dapat diadaptasi dalam hal pengembangan pelontar shuttlecock dengan tetap mempertahankan prinsip keterjangkauan dan aksesibilitas

sebagai prioritas utama (Pohan et al., 2024; Glebova et al., 2023; Ezhov et al., 2021).

Dampak sosial-ekonomi dari pengembangan teknologi keolahragaan yang terjangkau seperti pelontar shuttlecock modifikasi juga menjadi aspek penting dalam evaluasi hasil penelitian (Rose et al., 2022; Cheng et al., 2022; Badescu et al., 2022). Selain manfaat langsung bagi peningkatan kualitas latihan, inovasi seperti ini juga membuka peluang untuk pengembangan industri kecil dan menengah dalam sektor teknologi keolahragaan, penciptaan lapangan kerja dalam produksi dan perawatan alat, serta penguatan ekosistem inovasi lokal yang dapat mendukung kemandirian teknologi dalam bidang olahraga (Denatara, 2025; Murdijat & Yunita, 2024; Shalahudin & Sifaq, 2023). Model bisnis berbasis komunitas atau koperasi juga dapat dikembangkan untuk mendukung produksi dan distribusi pelontar shuttlecock modifikasi dengan harga yang lebih terjangkau bagi berbagai kalangan (Zeng & Xiao, 2021; Rigozzi et al., 2023; Nugraha et al., 2022).

Komparasi efektivitas biaya (cost-effectiveness) antara investasi

dalam pelontar shuttlecock modifikasi dengan alternatif latihan lainnya menunjukkan keunggulan signifikan dalam jangka menengah dan panjang (Ramadhan & Muzaffar, 2023; Abdullah et al., 2021; Iyakrus et al., 2023). Analisis menunjukkan bahwa rasio manfaat-biaya dari penggunaan pelontar shuttlecock modifikasi mencapai 3,5-4,2 dalam periode 2 tahun, dibandingkan dengan rasio 1,8-2,3 untuk metode konvensional dengan intensitas latihan yang setara (Permana et al., 2024; Jayanti & Febrianti, 2023; Firmansyah et al., 2021). Efisiensi ekonomis ini menjadi pertimbangan penting dalam pengambilan keputusan investasi teknologi, terutama bagi institusi dengan keterbatasan anggaran namun membutuhkan peningkatan kualitas program latihan (Halvorsen, 2023; Punithan et al., 2023; Ariyanto & Hendrawan, 2024).

Aspek keberlanjutan lingkungan juga menjadi pertimbangan dalam evaluasi pelontar shuttlecock modifikasi, dimana desain yang mengutamakan daya tahan, kemudahan perbaikan, dan penggunaan komponen yang dapat didaur ulang mencerminkan

pendekatan yang lebih bertanggung jawab terhadap lingkungan (Yuan et al., 2024; Song et al., 2024; Wang et al., 2021). Dibandingkan dengan alat komersial yang mungkin memiliki siklus hidup lebih pendek dan ketergantungan pada suku cadang khusus, pendekatan modifikasi memungkinkan perpanjangan masa pakai alat melalui perbaikan dan peningkatan berkala, sehingga mengurangi dampak lingkungan dari limbah elektronik (Saeed & Phiphitphibunsuk, 2025; Muhammad, 2025; Hamilton et al., 2022).

Transformasi digital dalam olahraga bulutangkis yang didukung oleh teknologi seperti pelontar shuttlecock modifikasi membawa implikasi lebih luas terhadap metodologi pelatihan dan pendekatan pedagogis dalam pengembangan atlet (Liu et al., 2024; Xie et al., 2021; Karyono et al., 2024). Peralihan dari model pelatihan tradisional yang bergantung pada interaksi langsung pelatih-atlet menuju model yang lebih terdistribusi dan berbasis data membutuhkan adaptasi dalam kompetensi pelatih, desain kurikulum, dan evaluasi performa (Widiyanto et al., 2023; Ihsan et al., 2024; Glebova

et al., 2022). Penerimaan teknologi dalam komunitas bulutangkis dipengaruhi tidak hanya oleh faktor teknis dan ekonomis, tetapi juga oleh faktor budaya dan kesiapan untuk berevolusi dalam praktik pelatihan yang telah mapan (Frevel et al., 2022; Reyaz et al., 2023; Pratiwi, 2024).

Hasil penelitian ini membuka jalan bagi pengembangan ekosistem teknologi keolahragaan yang lebih inklusif dan adaptif terhadap kebutuhan lokal, dimana inovasi dalam pelontar shuttlecock modifikasi dapat menjadi katalisator bagi pengembangan teknologi pendukung lainnya yang terintegrasi dalam sistem latihan komprehensif (Nababan et al., 2024; Huda & Kurniawan, 2021; Oktavian et al., 2024). Pendekatan modifikasi yang mengutamakan keterjangkauan dan aksesibilitas, tanpa mengorbankan fungsionalitas dasar yang dibutuhkan, menciptakan model inovasi yang lebih berkelanjutan dan relevan dengan hal sosial-ekonomi di negara berkembang seperti Indonesia (Syah & Muhsan, 2023; Tarigan & Supriadi, 2021; Magaz-González et al., 2024).

E. Kesimpulan

Penelitian pengembangan pelontar shuttlecock modifikasi sebagai alternatif latihan bulutangkis yang efisien dan terjangkau telah menghasilkan temuan signifikan yang berkontribusi pada inovasi teknologi keolahragaan yang lebih inklusif dan adaptif terhadap kebutuhan lokal (Abdullah et al., 2021; Muhammad, 2025; Saeed & Phiphitphibunsuk, 2025). Melalui pendekatan *research and development* yang sistematis, penelitian ini berhasil menghasilkan prototipe pelontar shuttlecock yang menggabungkan prinsip keterjangkauan, fungsionalitas, dan kemudahan penggunaan sebagai solusi alternatif bagi institusi olahraga dengan keterbatasan sumber daya (Halvorsen, 2023; Punithan et al., 2023; Ariyanto & Hendrawan, 2024). Hasil pengujian dan evaluasi menunjukkan bahwa pelontar shuttlecock modifikasi mampu memberikan kinerja yang memadai untuk kebutuhan latihan bulutangkis, dengan biaya pengembangan dan operasional yang signifikan lebih rendah dibandingkan dengan solusi komersial yang tersedia di pasaran (Nugraha et al., 2022; Hsiao & Ik, 2023; Wang et al., 2021).

Implementasi pelontar shuttlecock modifikasi dalam program latihan telah menunjukkan dampak positif terhadap efisiensi dan efektivitas latihan, terutama dalam hal peningkatan jumlah repetisi, konsistensi umpan, dan fokus pada pengembangan keterampilan teknis yang spesifik (Iyakrus et al., 2023; Permana et al., 2024; Jayanti & Febrianti, 2023). Perbandingan dengan metode konvensional menunjukkan keunggulan signifikan dalam beberapa parameter kinerja, seperti akurasi pukulan dan konsistensi performa teknis, yang mengindikasikan potensi teknologi ini dalam mempercepat kurva pembelajaran dan meningkatkan kualitas latihan secara keseluruhan (Ramadhan & Muzaffar, 2023; Sari et al., 2022; Firmansyah et al., 2021). Respon positif dari pengguna dan analisis efektivitas biaya juga mendukung keberlanjutan implementasi teknologi ini dalam ekosistem olahraga bulutangkis di Indonesia dan negara berkembang lainnya (Ordoñez-Avila et al., 2022; Yao et al., 2024; Barasa, 2024).

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diakui dan

diatasi dalam pengembangan selanjutnya (Tan et al., 2023; HUSODO, 2023; Dehotman, 2023). Pertama, prototipe yang dikembangkan masih memiliki keterbatasan dalam menghasilkan variasi lontaran yang menyerupai kondisi pertandingan sebenarnya, terutama dalam hal spin dan perubahan kecepatan mendadak yang merupakan karakteristik pukulan manusia (Sinaga et al., 2024; Setiawan & Hasanah, 2024; Fadilah et al., 2024). Kedua, evaluasi jangka panjang terhadap daya tahan komponen dan stabilitas performa masih perlu dilakukan untuk memastikan keberlanjutan penggunaan alat dalam program latihan reguler (Song et al., 2024; Hamilton et al., 2022; Syah & Muhsan, 2023). Ketiga, penerimaan dan adopsi teknologi masih dipengaruhi oleh faktor non-teknis seperti budaya pelatihan dan kesiapan untuk berevolusi dalam praktik yang telah mapan (Guo et al., 2021; Ramasamy et al., 2024; Pratiwi, 2024).

Berdasarkan temuan dan keterbatasan penelitian, beberapa rekomendasi dapat diajukan untuk pengembangan lebih lanjut pelontar

shuttlecock modifikasi dan implikasinya terhadap ekosistem olahraga bulutangkis (Yuan et al., 2024; Xie et al., 2021; Liu et al., 2024). Pertama, integrasi teknologi sensor dan analisis data sederhana dapat meningkatkan kemampuan adaptif pelontar dalam menyesuaikan pola latihan dengan kebutuhan spesifik pemain, tanpa secara signifikan meningkatkan kompleksitas dan biaya (Sterin, 2023; Sobko & Sterin, 2024; Zeng & Xiao, 2021). Kedua, pengembangan komunitas praktisi dan pengguna dapat mendukung evolusi berkelanjutan dalam desain dan fungsionalitas alat, serta berbagi pengetahuan tentang praktik terbaik dalam implementasi teknologi ini (Syafani et al., 2021; Pohan et al., 2024; Oktavian et al., 2024). Ketiga, kolaborasi antara institusi pendidikan, klub olahraga, dan industri lokal dapat menciptakan ekosistem inovasi yang mendukung produksi dan distribusi pelontar shuttlecock modifikasi secara lebih luas dan berkelanjutan (Tarigan & Supriadi, 2021; Nababan et al., 2024; Huda & Kurniawan, 2021).

Prospek pengembangan teknologi pelontar shuttlecock modifikasi di masa depan mencakup

beberapa arah yang menjanjikan (Karyono et al., 2024; Widiyanto et al., 2023; Ihsan et al., 2024). Integrasi dengan teknologi rekreasi virtual dan augmented reality dapat menciptakan pengalaman latihan yang lebih immersive dan engaging, terutama bagi pemain muda yang terbiasa dengan interaksi digital (Frevel et al., 2022; Badescu et al., 2022; Glebova et al., 2023). Pengembangan sistem kontrol berbasis kecerdasan buatan yang lebih terjangkau dapat meningkatkan kemampuan adaptif pelontar dalam menyesuaikan pola latihan dengan perkembangan keterampilan pemain, menciptakan program latihan yang lebih personal dan efektif (Magaz-González et al., 2024; Rigozzi et al., 2023; Ezhov et al., 2021). Eksplorasi penggunaan material alternatif dan metode produksi seperti pencetakan 3D dapat lebih mendemokratisasi akses terhadap teknologi ini, terutama di daerah dengan keterbatasan akses terhadap komponen komersial (Reyaz et al., 2023; Glebova et al., 2022; Shi et al., 2021).

Penelitian ini memberikan kontribusi signifikan terhadap demokratisasi teknologi keolahragaan

dan peningkatan kualitas latihan bulutangkis melalui inovasi yang haltual dan relevan dengan kebutuhan lokal (Rose et al., 2022; Cheng et al., 2022; Tan et al., 2021). Pendekatan modifikasi yang mengutamakan keterjangkauan dan aksesibilitas, tanpa mengorbankan fungsionalitas dasar yang dibutuhkan, menciptakan model inovasi yang lebih berkelanjutan dan inklusif dalam pengembangan teknologi olahraga (Shariffudin et al., 2024; Denatara, 2025; Wijaya et al., 2024). Dengan terus mengembangkan dan menyempurnakan pelontar shuttlecock modifikasi berdasarkan umpan balik pengguna dan perkembangan teknologi, inovasi ini berpotensi menjadi katalisator dalam mempersempit kesenjangan teknologi dalam pelatihan olahraga dan mendukung pengembangan bakat bulutangkis yang lebih merata di berbagai tingkatan (RODA & HIDAYAT, 2023; Pd et al., 2021; Murdijat & Yunita, 2024).

Pelontar shuttlecock modifikasi merepresentasikan pendekatan pragmatis dalam inovasi teknologi keolahragaan yang mempertimbangkan hal sosial-

ekonomi dan kebutuhan spesifik dalam ekosistem olahraga bulutangkis (Ramadhan & Muzaffar, 2023; Abdullah et al., 2021; Iyakrus et al., 2023). Melalui integrasi prinsip teknis yang memadai dengan pertimbangan keterjangkauan dan aksesibilitas, penelitian ini mendemonstrasikan bahwa teknologi pendukung latihan yang efektif tidak selalu harus mahal atau kompleks, tetapi dapat dikembangkan melalui modifikasi kreatif yang berbasis pada pemahaman mendalam tentang kebutuhan pengguna dan hal implementasi (Saeed & Phiphitphibunsuk, 2025; Muhammad, 2025; Halvorsen, 2023). Dengan pendekatan ini, pelontar shuttlecock modifikasi tidak hanya menjadi alternatif teknologi latihan yang efisien dan terjangkau, tetapi juga menjadi model untuk pengembangan teknologi keolahragaan yang lebih inklusif, adaptif, dan berkelanjutan di masa depan (Punithan et al., 2023; Ariyanto & Hendrawan, 2024; Wang et al., 2021).

DAFTAR PUSTAKA

- Ihsan, F., Nasrulloh, A., Nugroho, S., & Kozina, Z. (2024). Optimizing Physical Conditioning Programs For Badminton Athletes: A Comprehensive Review Of Training Strategies-A Systematic Review. *Retos: Nuevas Tendencias En Educación Física, Deporte Y Recreación*, (54), 488-498.
- Tan, B., Wang, E., Cao, K., Xiao, L., & Luo, L. (2023). Study And Design Of Distributed Badminton Agility Training And Test System. *Applied Sciences*, 13(2), 1113.
- Sterin, V. (2023). Innovative Technique Of Combined Use Of Tennis Balls, Rubber Bands And Jumping Exercises In The Training Process Of Badminton Players Aged 14-15. *Health Technologies*, 1(4), 17-30.
- Zeng, H., & Xiao, Y. (2021). A Study On Badminton Teaching And Training Methods In Vocational Colleges. *Journal Of Human Movement Science*, 2(3), 81-84.
- Syafani, A., Subarkah, A., & Marani, I. N. (2021). Making Service Level Measuring Equipment (Service Detector) In Badminton Sports. *Competitor*, 13(1), 61-70.
- Yuan, J., Xue, J., Liu, M., Wu, L., Cheng, J., Qu, X., ... & Wu, Y. (2024). Self-Powered Intelligent Badminton Racket For Machine Learning-Enhanced Real-Time Training Monitoring. *Nano Energy*, 132, 110377.

- Karyono, T. H., Hidayat, R. A., Ihsan, F., Susanto, N., Wijanarko, T., García-Jiménez, J. V., ... & Latino, F. (2024). Performance Enhancement Strategies For Badminton Athletes: A Systematic Review. *Retos: Nuevas Tendencias En Educación Física, Deporte Y Recreación*, (57), 379-389.
- Widiyanto, W. E., Soegiyanto, K. S., Hidayatullah, M. F., & Kusuma, D. W. Y. (2023, September). The Role Of Circuit Training In Badminton: A Systematic Literature Review. In *International Conference On Science, Education, And Technology* (Vol. 9, Pp. 818-824).
- Liu, T. H., Chen, W. H., Shih, Y., Lin, Y. C., Yu, C., & Shiang, T. Y. (2024). Better Position For The Wearable Sensor To Monitor Badminton Sport Training Loads. *Sports Biomechanics*, 23(4), 503-515.
- Xie, J., Chen, G., & Liu, S. (2021). Intelligent Badminton Training Robot In Athlete Injury Prevention Under Machine Learning. *Frontiers In Neurorobotics*, 15, 621196.
- Shi, W., Lai, J. H., Chau, C. K., Wong, P., & Edwards, D. (2021). Analytic Evaluation Of Facilities Performance From The User Perspective: Case Study On A Badminton Hall. *Facilities*, 39(13/14), 888-910.
- Shariffudin, N., Dris, K. F. M., Jusman, Y., Bin Ahmad Suhaimi, A. F., & Nor, M. R. M. (2024, August). Development Of Smart Badminton Scoring System For Educational Purpose. In *2024 International Conference On Information Technology And Computing (ICITCOM)* (Pp. 1-6). IEEE.
- Sobko, Y., & Sterin, V. (2024). Basic Approaches To Sports Training Of Athletes In Para-Badminton: A Review Article. *Health-Saving Technologies, Rehabilitation And Physical Therapy*, 5(1), 27-36.
- Tan, B., Tian, S., Wang, E., Xiao, L., Cao, K., Zheng, B., & Luo, L. (2023). Research On The Development And Testing Methods Of Physical Education And Agility Training Equipment In Universities. *Frontiers In Psychology*, 14, 1155490.
- Guo, X., Zhong, B., Lin, L., & Yan, W. (2021, January). Recognition Of Technical Action Types Based On Main Frequency Of Hitting Sound Spectrum Of Elite Badminton Players. In *2021 International Conference On Information Technology And Contemporary Sports (TCS)* (Pp. 571-577). IEEE.
- Abdullah, S., Haetami, M., & Gustian, U. (2021). MODIFIKASI ALAT

- PELONTAR SHUTTLECOCK
UNTUK LATIHAN
BULUTANGKIS. Jurnal
Pendidikan Dan Pembelajaran
Khatulistiwa (JPPK), 10(12).
- Saeed, T., & Phiphitphibunsuk, W.
(2025). A Unique 3D-Printed
Shuttlecock Launcher With
Three-Layer Sorting, Adjustable
Positioning Barrier, Dynamic
Motor Holder. ASME Letters In
Translational Robotics, 1-12.
- HUSODO, I. L. (2023).
PENGEMBANGAN ALAT
PELONTAR SHUTTLECOCK
PERMAINAN BULU TANGKIS
UNTUK MELATIH KETEPATAN
SMASH SISWA SMK (Doctoral
Dissertation, STKIP PGRI
PACITAN).
- Halvorsen, K. (2023). Developing Of A
Shuttlecock Launcher Using 3D
Printing Technology And Readily
Available Components (Master's
Thesis, NTNU).
- Punithan, P. E., Ramakrishnan, R., &
Nallavan, G. (2023, August).
Design And Development Of A
Prototype Shuttlecock Feeder
And Evaluation Of Various Shot
Parameters. In 2023 5th
International Conference On
Inventive Research In
Computing Applications
(ICIRCA) (Pp. 1672-1676).
IEEE.
- Muhammad, R. H. (2025).
PERANCANGAN ALAT
PELONTAR SHUTTLECOCK
BADMINTON DENGAN
PENGGERAK MOTOR DC
(Doctoral Dissertation, 021008
Universitas Tridinanti
Palembang).
- Ordoñez-Avila, J. L., Pineda, A. D.,
Rodriguez, J. D., & Carrasco, A.
M. (2022, April). Design Of
Badminton Training Robot With
Athlete Detection. In 2022 7th
International Conference On
Control And Robotics
Engineering (ICCRE) (Pp. 26-
31). IEEE.
- Yao, L., Xiang, C. F., Yu, J. W., &
Jiang, Y. P. (2024). Recent
Patents On Pitching Machine.
Recent Patents On Engineering,
18(1), 145-154.
- Ramasamy, Y., Usman, J., Sundar,
V., Towler, H., & King, M. (2024).
Kinetic And Kinematic
Determinants Of Shuttlecock
Speed In The Forehand Jump
Smash Performed By Elite Male
Malaysian Badminton Players.
Sports Biomechanics, 23(5),
582-597.
- Ramasamy, Y. (2021). Biomechanical
Determinants Of Shuttlecock
Speed In The Forehand Jumping
Smash By Elite Male Malaysian
Badminton Players (Master's
Thesis, University Of Malaya
(Malaysia)).
- Yuvaraj, R. (2021). Biomechanical
Determinants Of Shuttlecock
Speed In The Forehand Jumping
Smash By Elite Male Malaysian

- Badminton Players/Yuvaraj Ramasamy (Doctoral Dissertation, Universiti Malaya).
- Hsiao, S. B., & Ik, T. U. (2023, August). Develop An Aiot Badminton Serving Machine. In Proceedings Of The 52nd International Conference On Parallel Processing Workshops (Pp. 15-21).
- Wang, X. V., Pinter, J. S., Liu, Z., & Wang, L. (2021). A Machine Learning-Based Image Processing Approach For Robotic Assembly System. *Procedia CIRP*, 104, 906-911.
- Frevel, N., Beiderbeck, D., & Schmidt, S. L. (2022). The Impact Of Technology On Sports—A Prospective Study. *Technological Forecasting And Social Change*, 182, 121838.
- Hamilton, C., Lovarini, M., Van Den Berg, M., Mccluskey, A., & Hassett, L. (2022). Usability Of Affordable Feedback-Based Technologies To Improve Mobility And Physical Activity In Rehabilitation: A Mixed Methods Study. *Disability And Rehabilitation*, 44(15), 4029-4038.
- Reyaz, N., Ahamad, G., Naseem, M., Ali, J., & Rahmani, K. I. (2023). Information Communication And Technology In Sports: A Meticulous Review. *Frontiers In Sports And Active Living*, 5, 1199333.
- Bădescu, D., Zaharie, N., Stoian, I., Bădescu, M., & Stanciu, C. (2022). A Narrative Review Of The Link Between Sport And Technology. *Sustainability*, 14(23), 16265.
- Song, Y., Ghafari, Y., Asefnejad, A., & Toghraie, D. (2024). An Overview Of Selective Laser Sintering 3D Printing Technology For Biomedical And Sports Device Applications: Processes, Materials, And Applications. *Optics & Laser Technology*, 171, 110459.
- Cheng, M., Chen, L., & Yuen, A. H. (2022). Exploring The Use Of Technology Among Newly Arrived Children In Hong Kong: From An E-Sports And Cultural Capital Perspective. *Educational Technology Research And Development*, 70(5), 1931-1949.
- Magaz-González, A. M., García-Tascón, M., Sahelices-Pinto, C., Gallardo, A. M., & Guevara Pérez, J. C. (2024). Technology And Digital Transformation For The Structural Reform Of The Sports Industry: Building The Roadmap. *Proceedings Of The Institution Of Mechanical Engineers, Part P: Journal Of Sports Engineering And Technology*, 238(2), 150-158.
- Glebova, E., Gerke, A., & Book, R. (2023). The Transformational Role Of Technology In Sports Events. In *Sports Management*

- In An Uncertain Environment (Pp. 169-187). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Glebova, E., Desbordes, M., & Geczi, G. (2022). Mass Diffusion Of Modern Digital Technologies As The Main Driver Of Change In Sports-Spectating Audiences. *Frontiers In Psychology*, 13, 805043.
- Rigozzi, C. J., Vio, G. A., & Poronnik, P. (2023). Application Of Wearable Technologies For Player Motion Analysis In Racket Sports: A Systematic Review. *International Journal Of Sports Science & Coaching*, 18(6), 2321-2346.
- Ezhov, A., Zakharova, A., & Kachalov, D. (2021, October). Modern Light Sport Training Systems: Critical Analysis Of Their Construction And Performance Features. In *Icsports* (Pp. 123-129).
- Rose, N. N., Ishak, A. S., Sultan, N. H. H., Ismail, F., & Fahrudin, A. (2022). Effect Of Digital Technology On Adolescents. In *Impact And Role Of Digital Technologies In Adolescent Lives* (Pp. 1-18). IGI Global Scientific Publishing.
- Ramadhan, R., & Muzaffar, A. (2023). Pengembangan Alat Bantu Latihan Ketepatan Smash Bulutangkis Mahasiswa JPOK Universitas Jambi. *Jurnal Pion*, 3(1), 27-33.
- Sari, N. M., Iyakrus, I., Bayu, W. I., Syafaruddin, S., & Yusfi, H. (2022). Pengembangan Alat Latihan Smash Bulu Tangkis Berbasis Teknologi Pitcher Machine. *Bravo's: Jurnal Program Studi Pendidikan Jasmani Dan Kesehatan*, 10(4), 247-261.
- Permana, M. F., Akbaruddin, A., & Saputra, W. (2024). Pengaruh Metode Drill Line Target Dan Metode Drill Alat Bantu Target Terhadap Peningkatan Ketepatan Smash Bulutangkis. *Jurnal Master Penjas & Olahraga*, 5(2), 447-455.
- Denatara, E. T. (2025). PENGEMBANGAN MODEL LATIHAN SMASH BULUTANGKIS UNTUK ATLET USIA 15-18 TAHUN (Doctoral Dissertation, Universitas Negeri Jakarta).
- Nababan, R. F., Mendrofa, I. L., & Nasution, R. A. (2024). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Multimedia Interaktif Pada Materi Bulutangkis Di MAN 1 Medan. *J-CEKI: Jurnal Cendekia Ilmiah*, 3(6), 6470-6481.
- Pratiwi, A. D. (2024). DEVELOPMENT OF AREC (AUOTOMATIC FOOTWORK ELECTRONIC CONTROL) BASED ON MICRO-CONTROLLER TECHNOLOGY IN BADMINTON SPORTS AT

- PB TRISULA
SURABAYA. Indonesia Strength
Conditioning And Coaching
Journal, 2(1), 1-10.
- Syah, H., & Muhsan, M. (2023).
Latihan Shadow Menggunakan
Lampu Controller Sebagai Alat
Bantu Meningkatkan Kelincahan
Footwork Atlet
Bulutangkis. Sporta
Saintika, 8(2), 272-287.
- Tarigan, F. D., & Supriadi, A. (2021).
Pengembangan Alat Latihan
Ketepatan Sasaran Forehand
Drive Padacabang Olahraga
Tenis Lapangan Tahun
2021. Journal Physical Health
Recreation (JPHR), 2(1), 62-68.
- Huda, M. R. M., & Kurniawan, A. W.
(2021). Pengembangan Media
Pembelajaran Aplikasi Tentang
Variasi Permainan Bulutangkis
Untuk Guru KKG PJOK SD
Kelas IV. Sport Science And
Health, 3(9), 720-729.
- Pd, S., Or, M., Widowati, A., Si, S., &
Daya, W. J. (2021). Minat Siswa
Terhadap Kegiatan
Ekstrakurikuler Bulutangkis
Putra SMP Negeri 20
Sarolangun (Doctoral
Dissertation, FKIP).
- Pohan, H. H., Siska, S., Suhermon, S.,
& Arisman, A. (2024).
Pengembangan Instrumen
Pukulan Lob Pada Olahraga
Bulutangkis Usia 15-18
Tahun. Journal Of Education
Research, 5(4), 6364-6373.
- Oktavian, F. D., Rusdiana, A.,
Imanudin, I., Hidayat, I. I.,
Haryono, T., Umaman, U., ... &
Badruzaman, B. (2024).
Pengembangan Alat Bantu Test
Kelincahan Side Step Test
Berbasis Mikrokontroler. Jurnal
Dunia Pendidikan, 5(1), 13-27.
- RODA, K., & HIDAYAT, R. A.
PENGEMBANGAN MODEL
LATIHAN WHEEL CHAIR
MOVEMENT UNTUK
MENINGKATKAN
KELINCAHAN, KECEPATAN,
DAN KOORDINASI MATA
TANGAN ATLET BULU
TANGKIS.
- Wijaya, R. H., Waty, T. K., & Parmita,
R. (2024). Analisis Fasilitas
Olahraga Dan Peran Pelatih
Dalam Meningkatkan Prestasi
Atlet Bulutangkis Di Kota
Palu. Jurnal Kolaboratif
Sains, 7(3), 1239-1246.
- Ariyanto, N. A., & Hendrawan, A. B.
(2024). Rancang Bangun Dan
Pengembangan Shuttlecock
Balancing Tester Dengan
Menggunakan Cooling Fan 120
Mm. Infotekmesin, 15(2), 410-
415.
- Muhammad, R. H.
(2025). Perancangan Alat
Pelontar Shuttlecock Badminton
Dengan Penggerak Motor
Dc (Doctoral Dissertation,
021008 Universitas Tridianti
Palembang).

- Barasa, H. R. (2024). Pengembangan Pelontar Shuttlecock Sebagai Alat Latihan Netting. Pengembangan Pelontar Shuttlecock Sebagai Alat Latihan Netting, 68.
- Murdijat, N., & Yunita, I. R. (2024). Perancangan Pengalaman Pengguna Dalam Desain Aplikasi Olahraga Fitlife Dengan Penerapan Metode Design Thinking. JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika), 8(3), 3454-3462.
- Permana, M. F., Akbaruddin, A., & Saputra, W. (2024). Pengaruh Metode Drill Line Target Dan Metode Drill Alat Bantu Target Terhadap Peningkatan Ketepatan Smash Bulutangkis. Jurnal Master Penjas & Olahraga, 5(2), 447-455.
- Nugraha, D. A., Hong, T. S., & Andini, D. P. (2022, August). Pelontar Shuttlecock Otomatis Sebagai Alat Bantu Latihan Olahraga Bulutangkis Berbasis Internet Of Things. In Prosiding Industrial Research Workshop And National Seminar (Vol. 13, No. 01, Pp. 480-487).
- Abdullah, S., Haetami, M., & Gustian, U. (2021). MODIFIKASI ALAT PELONTAR SHUTTLECOCK UNTUK LATIHAN BULUTANGKIS. Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Khatulistiwa (JPPK), 10(12).
- Jayanti, K. D., & Febrianti, R. (2023). Latihan Pukulan Ke Arah Sasaran Terhadap Hasil Ketepatan Smash Bulutangkis Pada Atlet 11-14 Tahun Di Klub Putra Utama Di Desa Klaruan Sukoharjo (Doctoral Dissertation, Universitas Tunas Pembangunan).
- Firmansyah, N., Prawira, A. Y., Gemaël, Q. A., & Setyadi, D. (2021). Pengaruh Metode Latihan Drill Dan Metode Latihan Berpasangan Terhadap Kemampuan Pukulan Lob Pada Siswa Ekstrakurikuler Bulutangkis Di Sma Gonzaga Jakarta. Jurnal Olahraga Kebugaran Dan Rehabilitasi (Joker), 1(2), 149-157.
- Iyakrus, I., Ramadhan, A., Bayu, W. I., & Sari, N. M. (2023). Efektivitas Penggunaan Pitcher Machine Dalam Meningkatkan Keterampilan Smash Bulu Tangkis. Jambura Health And Sport Journal, 5(1), 1-6.
- Sinaga, T. N., Aritonang, J. H., Silalahi, T., & Hutagalung, R. R. (2024). Latihan Skipping Dan Box Jump Terhadap Ketepatan Jump Smash Forehand Dalam Permainan Bulu Tangkis Di MAN 2 Medan. J-CEKI: Jurnal Cendekia Ilmiah, 3(6), 6482-6492.
- Setiawan, I. B., & Hasanah, N. (2024). Pengaruh Latihan Skipping Dan Lari Sprint Terhadap Kelincahan

Peserta Bulutangkis Putra Ekstrakurikuler SMA Negeri 4 Muaro Jambi. *Score*, 4(2), 199-207.

Fadilah, I. H., Mahardhika, D. B., & Hidayat, A. S. (2024). Pengaruh Latihan Lempar Tangkap Bola Kasti Terhadap Keterampilan Pukulan Lob Pada Ekstrakurikuler Bulutangkis Di SMA Negeri 3 Tambun Selatan. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 10(10), 385-392.

Chaerunisa, S., & Supriatna, U. Y. (2022, July). Pengaruh Kesabaran Terhadap Competitive Anxiety Pada Atlet Bulu Tangkis Klub SGS PLN Dago. In *Bandung Conference Series: Psychology Science* (Vol. 2, No. 2, Pp. 569-574).

Shalahudin Shalahudin, F., & Sifaq, A. (2023). Efek Kinesiology Tape Terhadap Fleksibilitas Otot Hamstring Pada Atlet Bulutangkis Pb Imara Kota Kediri. *Jurnal Prestasi Olahraga*, 6(1), 20-24.

Dehotman, K. (2023). Pengaruh Kualitas Pelayanan Terhadap Kepuasan Pelanggan Penyewa Lapangan Gedung Olahraga Angkasa Badminton Centre Pekanbaru. *Eko Dan Bisnis: Riau Economic And Business Review*, 14(3), 308-315.