

Pengaruh Ketebalan Karet Pemukul (Bet) Tenis Meja Terhadap Tumbukan Bola

Bayu Septa Martaviano Triaiditya^{1✉}, Gatut Rubiono², Danang Ari Santoso³

^{1,3} Pendidikan Jasmani Kesehatan & Rekreasi, Olahraga dan Kesehatan, Universitas, Universitas PGRI Banyuwangi, Jawa Timur, Indonesia

² Teknik Mesin, Teknik, Universitas PGRI Banyuwangi, Jawa Timur, Indonesia

Email: ¹bayusepta7@gmail.com, ²g.rubionov@gmail.com, ³danangarisantoso@gmail.com

Info Artikel

Kata Kunci:

Tenis Meja, Bet, Ketebalan Karet, Pantulan Bola, Koefisien Tumbukan

Keyword:

Table Tennis, Paddle, Rubber Thickness, Ball Bounce, Coefficient Of Restitution

Abstrak

Pemukul atau bet dalam tenis meja merupakan perangkat yang sangat penting. Ketebalan lapisan bahan bet dapat mempengaruhi pantulan bola dan menentukan pola permainan seorang pemain. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan pengaruh ketebalan karet pemukul (bet) tenis meja terhadap tumbukan bola. Penelitian dilakukan dengan eksperimen. Ketebalan lapisan karet divariasikan sebesar 1 mm, 2 mm dan 3 mm. Tinggi awal jatuh bola divariasikan sebesar 75 cm, 100 cm dan 125 cm. Bola yang digunakan memiliki berat 24 gram. Pengambilan data dilakukan dengan 5 kali ulangan. Pengamatan dilakukan dengan kamera. Data kamera dianalisis menggunakan Kinovea 08.15 untuk mendapatkan tinggi pantulan. Data tinggi awal dan tinggi pantulan digunakan untuk mendapatkan nilai koefisien tumbukan. Hasil penelitian menunjukkan pengaruh ketebalan karet terhadap tinggi pantulan dan koefisien tumbukan serta fenomena tumbukan yang terjadi.

Abstract

Paddle in table tennis is a very important equipment. The thickness of the paddle layer material can affect the collision of the ball and determine a player's play. This study aims to determine the effect of the rubber thickness of the table tennis paddle on the ball collision. The research was conducted by experiment. The thickness of the rubber layer was varied as 1 mm, 2 mm and 3 mm. The initial height of the ball is varied as 75 cm, 100 cm and 125 cm. The ball used has 24 grams in weight. Data was collected with 5 replications. Observations were made with a camera. Data from camera is analysed using Kinovea 08.15 to get the bounce height. Initial height and bounce height data were used to obtain the coefficient of restitution value. The results showed the effect of rubber thickness on the bounce height and the coefficient of restitution as well as the impact phenomenon that occurred.

© 2021 Author

✉ Alamat korespondensi:

Pendidikan Jasmani Kesehatan & Rekreasi, Olahraga dan Kesehatan, Universitas, Universitas PGRI Banyuwangi, Jawa Timur, Indonesia
E-mail: bayusepta7@gmail.com

PENDAHULUAN

Tenis meja merupakan cabang olahraga yang mudah untuk dilakukan karena membutuhkan sarana prasarana yang sederhana dan berbiaya relatif rendah. Hal ini mendorong popularitas tenis meja yang sangat mudah dimainkan oleh masyarakat di berbagai kelompok usia dan golongan sebagai kegiatan rekreatif maupun kompetitif. Permainan tenis meja atau yang lebih dikenal dengan istilah pingpong merupakan cabang olahraga yang unik dan kreatif. Tenis meja adalah permainan yang menggunakan meja sebagai lapangan yang dibatasi oleh jaring (net) yang menggunakan bola kecil yang terbuat dari seluloid dan permainannya menggunakan pemukul atau yang disebut bet (*paddle*) (Santosa et al., 2016). Pemain dapat menggunakan berbagai jenis pukulan karena bola tenis meja yang relatif ringan dapat menghasilkan gerak yang beragam (Kusubori et al., 2012).

Tenis meja berkembang di akhir abad ke-19 di Inggris. Tenis meja pertama kali diperkenalkan sebagai cabang olahraga di Olimpiade Seoul 1988 dan selanjutnya menjadi olahraga yang sangat populer di Asia dan Eropa (Bechara & Grosu, 2016). Tenis meja telah berkembang selama lebih dari seratus tahun. Tenis meja telah tersebar luas di seluruh dunia, dan memiliki sejumlah besar pemain profesional, pelatih dan wasit, pelaku sains dan teknologi, penggemar dan termasuk peralatan serta sumber daya lainnya (Zhang, 2018). Baru pada tanggal 15 Januari 1921, tenis meja resmi dengan nama *table tennis* atas prakarsa dari George Lehman. Pada tahun 1926 terbentuklah *International Table Tennis Federation* (ITTF) yang terdiri atas 140 negara anggota. ITTF juga menjadi sponsor individu dan tim yang bermain di kejuaraan dunia yang diselenggarakan dua tahun sekali (Tomoliyus, 2017).

Tenis meja merupakan salah satu cabang olahraga yang relatif kompetitif. Persaingan di dunia tenis meja dilakukan dengan memainkan salah satu permainan dengan bola tercepat di dunia dan kinerja para pemain adalah hasil dari berbagai faktor yang kompleks (Kondrič et al., 2010). Tenis meja dikenal di seluruh dunia sebagai permainan bola tercepat. Dengan perkembangan peralatan tenis meja, perubahan

aturan dan teknik pemain, kecepatan bola dan putaran telah meningkat pesat, yang lebih memperpendek reli untuk setiap poin (Inaba et al., 2017). Kecepatan sebelum dan sesudah bertumbukan dengan meja yang diamati dengan kamera berkecepatan tinggi berkisar 15-115 km/jam (Zuopeng & Kai, 2017). Tenis meja adalah aktivitas yang sangat fokus dengan kecepatan tinggi dan banyak perubahan. Atlet perlu membuat aksi reaksi yang sesuai dalam waktu yang sangat singkat, dan dalam proses pukulan, mata atlet harus mengawasi dengan ketat lawan dan bola permainan (Yu et al., 2018).

Tenis meja adalah olahraga yang kompleks dan asimetris. Servis adalah keahlian yang mendasar yang membutuhkan gerakan aktif dan kontrol yang akurat. Kemampuan servis yang baik di tenis meja adalah bagian penting dari permainan. Ini memungkinkan pemain untuk mencetak angka dengan cepat, dan untuk mendapatkan keuntungan (Zuopeng & Kai, 2017). Domain permainan tenis meja harus menjadi yang landasan dimana kecepatan bola di mana pasangan pemain apalagi melakukan pukulan bola dalam waktu sekitar 0,50 - 1,75 detik. Putaran, dan arah pukulan bola harus diprediksi, posisi pukulan bola yang optimal dan postur pukulan bola dimana pukulan bola harus dilakukan. Sebagian besar aksi pemain kelas atas mengakhiri jumlah pukulan bola sekitar 5 kali termasuk servis dalam waktu kurang dari 4 detik (Kusubori et al., 2012). Pemain dapat menggunakan berbagai jenis pukulan karena bola tenis meja yang relatif ringan dapat menghasilkan gerak yang beragam (Kasai et al., 2010).

Tenis meja menggunakan bola dengan ukuran relatif kecil dimana bagian dalamnya berisi udara. Pemain harus dapat memanfaatkan bet dan meja untuk memenangkan pertandingan. Pengetahuan dan pembiasaan terhadap pantulan bola diperlukan sebagai bagian keahlian dan strategi permainan. Perilaku pantulan bola yang mengenai meja dan ayunan bet perlu dipelajari karakteristiknya agar pemain dapat menyesuaikan diri dalam berbagai kondisi. Tumbukan antara bola dengan bet tenis meja adalah fenomena mekanika yang kompleks. Tumbukan ini merupakan fungsi

gaya impact yang tegak lurus dengan permukaan bet dan gaya gesek pada arah tangensial. Pantulan bola di permukaan meja pingpong mengakibatkan gaya gesek terhadap bola yang besarnya tergantung gaya inersia awal dan koefisien gesek antara bola dan permukaan (Chang, 2013).

Peraturan Federasi Tenis Meja Internasional (*International Table Tennis Federation* atau ITTF) menyatakan bahwa pemukul (bet) dapat dibuat dari berbagai ukuran, bentuk atau berat tetapi bilahnya harus rata dan kaku. Paling sedikit 85% bilah dengan ketebalan harus dari kayu alami; sebuah perekat lapisan dalam bilah pemukul dapat diperkuat dengan bahan berserat seperti serat karbon, serat fiber atau kertas terkompresi, tetapi tidak boleh lebih tebal dari 7,5% dari total ketebalan atau 0,35 milimeter, mana yang lebih kecil. Sisi bilah pemukul yang digunakan untuk memukul bola harus ditutup dengan yang karet dengan tonjolan biasa, dengan tonjolan luar yang memiliki ketebalan total termasuk perekat tidak lebih dari 2.0 milimeter, atau karet gabungan, dengan tonjolan di dalam atau di luar, memiliki ketebalan total termasuk perekat tidak lebih dari 4.0 milimeter (ITTF, 2019).

Penelitian pantulan bola di bet tenis meja telah dilakukan untuk kinerja pergelangan berdasarkan empat jenis pegangan bet (S. Chen, 2013), campuran bahan karet yaitu rasio campuran karet *styrene butadiene* dan karet alam (*natural rubber*) (Wei-bing et al., 2014), analisis getaran dan akustik untuk prototipe bilah raket dengan perbedaan ketebalan lapisan (Manina et al., 2014), fenomena fisik *juggling* (Widenhorn, 2016), sifat mekanis karet bet dari material nano yang diperkuat (Y.-F. Chen et al., 2016), analisis karakteristik dan efek pada kecepatan bola *smash* menggunakan tiga jenis karet pemukul tenis meja, penggunaan fiber alami untuk bahan bilah (Arifin et al., 2017) dan impact bola terhadap raket yang dilapisi polimer (Rinaldi et al., 2019).

Performa bet tenis meja dapat dikualifikasikan dengan beberapa sifat seperti cepat, lambat, kaku, perekat, dapat dikontrol, dan lain-lain. Kualifikasi ini bersifat subyektif karena relatif terhadap analisis sensorik yang dibuat oleh setiap pemain. Berdasarkan literatur penelitian yang sangat terbatas, karakteristik

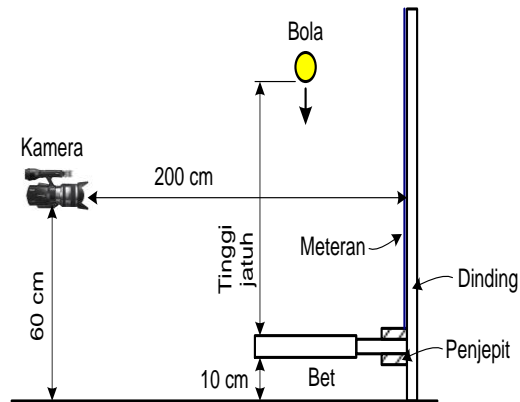
penting yang dibutuhkan untuk setiap bet tenis meja adalah putaran, kontrol, kecepatan, bentuk dan pegangan. Semua karakteristik mempengaruhi kinerja bet pada kemampuan dan daya tahannya. Karena itu, proses pemilihan bahan yang akan digunakan sebagai bahan utama untuk bet tenis meja, harus mempertimbangkan kemampuan material itu sendiri, seperti penyerapan energi, kekerasan dan ringan (Manina et al., 2014).

Bilah raket tenis meja terbuat dari bahan rakitan beberapa lapisan kayu dan karet dengan orientasi serat lapisan yang berbeda (Manina et al., 2014). Performa bet tenis meja sering dikaitkan dengan kriteria subyektif atau kuantitatif seperti adhesi, kontrol, dan kecepatan. Secara keseluruhan, performa yang disebut bertujuan untuk mengkarakterisasi tumbukan dengan bola (Rinaldi et al., 2019). Fenomena tumbukan ini merupakan efek pemukul terhadap bola sebagai fungsi proses dari dua gaya yaitu gaya impact yang tegak lurus terhadap permukaan pemukul dan gaya gesek dengan arah tangensial terhadap permukaan pemukul (Chang, 2013).

Bet merupakan peralatan yang sangat penting dalam permainan tenis meja. Teknik memegang, karet dan desain bet sangat penting untuk dioptimalkan. Jenis karet yang digunakan pada bet berpengaruh terhadap pantulan bola. Hal ini akan mempengaruhi teknik bermain seorang pemain, khususnya bagaimana mengontrol ayunan betnya. Berdasarkan uraian latar belakang ini maka dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mendapatkan pengaruh ketebalan karet pemukul (bet) tenis meja terhadap tumbukan bola. Fenomena tumbukan bola dianalisis menggunakan tinggi pantulan dan nilai koefisien tumbukan.

METODE

Penelitian dilakukan dengan eksperimen pantulan bola dengan skema sebagai berikut:



Gambar 1. Skema eksperimen pantulan bola tenis meja dengan bet

Bet divariasikan berdasarkan ketebalan karet sebesar 1 mm, 2 mm, dan 3 mm. Tinggi awal jatuh bola divariasikan sebesar 75 cm, 100 cm, dan 125 cm. Bola yang digunakan adalah bola dengan berat 24 gram yang diukur menggunakan neraca digital merk *Pocket Scale* tipe MH-200 dengan kapasitas penimbangan 200 gram dan tingkat kesalahan sebesar 0,01 gram. Pengambilan data dilakukan di ruang tertutup sehingga pengaruh aliran udara atau angin dapat diabaikan. Pengambilan data dilakukan dengan 5 kali ulangan untuk mendapatkan nilai rata-rata. Pengambilan data dilakukan dengan kamera untuk mendapatkan data video. Data visual ini dianalisis menggunakan Kinovea 08.15 untuk mendapatkan tinggi pantulan bola.

Data tinggi awal dan tinggi pantulan digunakan untuk mendapatkan nilai koefisien tumbukan atau koefisien restitusi (*coefficient of restitution* atau COR). Secara teori, koefisien restitusi adalah pengukuran dari hilangnya energi antara tabrakan dua benda, dengan nilai berkisar $0 \leq \text{COR} \leq 1$. Dalam kasus yang ideal, $\text{COR} = 0$ disebut sebagai tumbukan tidak elastis sementara $\text{COR} = 1$ untuk tumbukan elastis sempurna [21]. Pada dasarnya, koefisien restitusi adalah rasio kecepatan pantulan (*rebound*) terhadap kecepatan sesaat. Selain itu, itu dapat juga diukur dengan menentukan tinggi pantulan dan tinggi jatuh yang didasarkan pada persamaan (Nasruddin et al., 2012), (Nasruddin, 2016), (Arianto et al., 2016):

$$\text{COR} = \sqrt{\frac{h_r}{h_d}}$$

Dimana:

h_r = tinggi pantulan (cm)

h_d = tinggi jatuh (cm)

HASIL

Gambar 2 menunjukkan contoh pengolahan data dengan Kinovea 08.15. Hasil pengolahan data ditampilkan di tabel 1. Data ini selanjutnya dihitung nilai rata-ratanya dan ditampilkan di tabel 2. Tinggi pantulan rata-rata selanjutnya dibandingkan dengan tinggi awal jatuh untuk mendapatkan rasio tinggi yang ditampilkan di tabel 3. Tinggi pantulan rata-rata digunakan untuk menghitung nilai koefisien tumbukan (COR) dengan menggunakan persamaan (1) dan ditampilkan di tabel 4.



Gambar 2. Contoh pengolahan data dengan Kinovea 08.15

Tabel 1. Data tinggi pantulan (cm)

Tinggi jatuh	Tebal karet 1	Tebal karet 2	Tebal karet 3
75	29,78	30,78	46,51
	28,20	38,46	45,60
	28,73	39,34	46,09
	31,33	37,55	44,03
	30,20	39,34	42,92
100	40,47	47,66	56,80
	34,90	31,96	54,33
	41,63	50,56	52,56
	38,19	51,02	52,75
	35,04	52,05	54,72
125	46,51	51,10	56,71

45,60	44,29	52,10
46,09	44,88	54,26
44,03	46,96	53,23
42,92	46,98	55,94

Tabel 2. Tinggi pantulan rata-rata (cm)

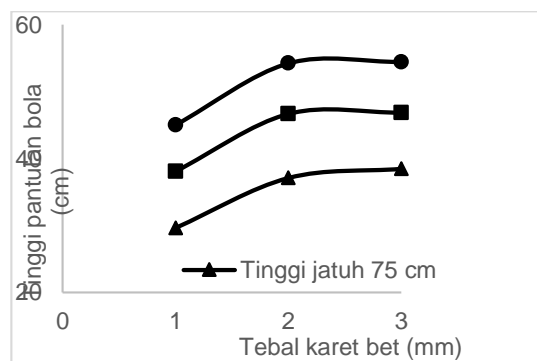
Tinggi jatuh (cm)	Tebal karet 1	Tebal karet 2	Tebal karet 2
75	29,65	37,09	38,46
100	38,05	46,65	46,84
125	45,03	54,23	54,45

Tabel 3. Rasio tinggi pantulan terhadap tinggi awal

Tinggi jatuh	Tebal karet 1	Tebal karet 2	Tebal karet 2
75	0,40	0,49	0,51
100	0,38	0,47	0,47
125	0,36	0,43	0,44

Tabel 4. Koefisien tumbukan (COR)

Tinggi jatuh (cm)	Tebal karet 1	Tebal karet 2	Tebal karet 3
75	0,629	0,703	0,716
100	0,617	0,683	0,684
125	0,600	0,659	0,660

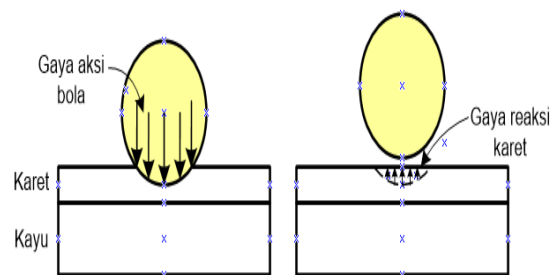


Gambar 3. Grafik tinggi pantulan rata-rata

Grafik di gambar 3 menunjukkan bahwa semakin tinggi jatuh bola maka tinggi pantulan bola cenderung semakin besar pula. Hal ini disebabkan karena tinggi jatuh bola yang semakin besar merupakan energi potensial yang semakin besar pula. Besarnya energi potensial karena ketinggian ini dirubah menjadi energi kinetik saat bola bergerak jatuh ke permukaan karet bet. Energi kinetik ini merupakan fungsi

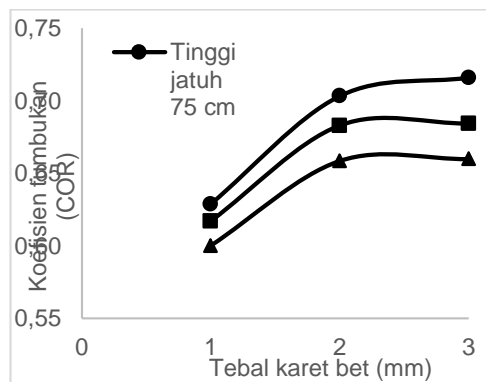
berat bola dengan faktor gravitasi. Besarnya energi kinetik sebagian diserap oleh karet dan sebagian digunakan untuk menggerakkan bola kembali ke atas dalam bentuk pantulan. Besarnya energi kinetik ini menghasilkan tinggi pantulan yang relatif besar pula.

Grafik juga menunjukkan bahwa semakin tebal karet bet maka tinggi pantulan bola juga akan semakin besar. Pantulan tertinggi terjadi pada variasi tebal karet bet 3 mm dan tinggi jatuh bola 125 cm sebesar 54,45 cm. Sedangkan pantulan terendah terjadi pada tebal karet 1 mm dan tinggi jatuh bola 75 cm yaitu sebesar 29,65 cm. Ketebalan karet dengan sifat elastisnya dapat dianggap sebagai pegas yang berfungsi memberikan gaya tolak terhadap bola yang menumbuk permukaannya. Semakin tebal karet maka fungsi tolakan pegasnya meningkat sehingga dapat menghasilkan pantulan yang lebih tinggi.



Gambar 4. Skema kontak bola dengan karet bet

Gambar 4 menunjukkan skema saat bola menmbuk permukaan karet bet. Bola memberikan tekanan yang menyebabkan ketebalan karet berkurang di area bidang kontak antara bola dengan permukaan karet. Tekanan bola ini merupakan gaya aksi yang bekerja di permukaan karet (gambar kiri). Gaya aksi ini merupakan gaya impak yang bekerja tegak lurus terhadap permukaan bidang kontak sehingga tidak terjadi gaya tangensial. Sifat karet yang elastis menyebabkan karet tersebut berupaya untuk mengembalikan posisi atau ketebalannya seperti posisi sebelum kontak dengan bola. Gerak permukaan karet kembali ke posisi awal memberikan gaya tolak atau dorongan terhadap bola sehingga bola akan cenderung bergerak ke atas. Gaya tolak ini merupakan gaya reaksi karet terhadap gaya aksi tekanan bola (gambar kanan).



Gambar 5. Grafik koefisien tumbukan (COR)

Grafik di gambar 5 menunjukkan bahwa semakin besar tinggi jatuh bola maka koefisien tumbukan cenderung semakin kecil. Hal ini sesuai dengan persamaan (1) dimana koefisien tumbukan merupakan akar dari rasio tinggi pantulan dibandingkan tinggi jatuh bola. Tinggi jatuh bola yang semakin besar merupakan faktor penyebut atau pembagi yang akan menghasilkan rasio yang kecil. Nilai rasio yang kecil selanjutnya akan menghasilkan nilai akar yang kecil pula.

Grafik juga menunjukkan bahwa semakin tebal karet bet maka koefisien tumbukan juga cenderung semakin besar. Tebal karet yang semakin besar menghasilkan pantulan bola yang semakin tinggi. Hal ini meningkatkan nilai rasio karena tinggi pantulan merupakan faktor pembilang di persamaan (1) yang akan menghasilkan nilai akar yang lebih besar pula. Koefisien tumbukan terbesar terjadi pada variasi tinggi jatuh 75 cm dan tebal karet 3 mm yaitu sebesar 0,716. Sedangkan koefisien tumbukan terkecil terjadi pada variasi tinggi jatuh 125 cm dan tebal karet 1 mm yaitu sebesar 0,6.

Tebal karet yang semakin besar dapat menyebabkan permukaan bet menjadi permukaan bidang pantul yang menghasilkan tumbukan yang lebih elastis sesuai dengan kriteria di referensi (Nasruddin et al., 2012). Hal ini sesuai dengan sifat material karet yang elastis sehingga semakin tebal karet maka sifat elastisnya juga akan meningkat. Peningkatan ini menyebabkan pantulan yang lebih tinggi sehingga menghasilkan tumbukan yang semakin

mendekati nilai 1 sebagai kriteria tumbukan elastis sempurna.

Ketebalan karet menghasilkan tinggi pantulan yang berbeda. Tinggi pantulan dalam hal ini dapat menjadi acuan teknik pengembalian bola dari lawan dalam permainan sesungguhnya. Hal ini dapat dilihat pada nilai rasio tinggi pantulan terhadap tinggi awal di tabel 3. Misalnya, untuk ketebalan karet 1 mm, rasio berkisar antara 0,36 – 0,40. Hal ini menunjukkan bahwa untuk ketinggian awal antara 75 – 125 cm maka tinggi pantulan berkisar antara 36% – 40% dari tinggi awalnya. Angka rasio ini dapat menjadi acuan awal bagi seorang pemain dalam mengontrol penggunaan bet dengan ketebalan karet tertentu dalam permainannya, terutama dalam gerak mengayunkan bet sebagai langkah pengembalian bola ke bidang permainan lawan.

KESIMPULAN

Hasil pengolahan data dan analisis menunjukkan bahwa ketebalan karet bet berpengaruh terhadap pantulan bola tenis meja. Semakin besar ketebalan karet maka tinggi pantulan juga cenderung semakin besar. Ketebalan karet bet juga berpengaruh terhadap koefisien tumbukan dimana semakin besar ketebalan karet maka koefisien tumbukan akan cenderung semakin besar. Penelitian ini menggunakan satu jenis karet bet. Penelitian sejenis atau penelitian selanjutnya dapat dilakukan untuk variasi karet bet yang lain, misalnya dari segi karet dengan tonjolan atau dari segi jenis material karetanya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari Penelitian Dosen Pemula yang didanai Kemenristek Dikti untuk tahun anggaran 2020.

REFERENSI

- Arianto, I. S., Nuri, & Yulianto, A. (2016). Effect of the pull and diameter string of badminton racket based on coefficient of restitution value. *Nat. Scien. & Math. Res*, 2(1), 85–90.
- Arifin, A. M. T., Hassan, M. F., Ismail, A. E., Rahim, M. Z., Ibrahim, M. R., Haq, R. H. A., Rahman, M. N. A., Yunos, M. Z., & Amin, M. H. M. (2017). Investigation

- on suitability of natural fibre as replacement material for table tennis blade. *International Research and Innovation Summit (IRIS2017), IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 226 (2017) 012037, 1–11.
- Bechara, I., & Grosu, E. F. (2016). Table tennis motor components and analysis of successful trials testing these skills. *The European Proceeding of Social and Behavioural Science EpSBS*, eISSN: 2357–1330: 217–224.
- Chang, D. (2013). Mathematical analysis of the table tennis hitting process based on dynamics and hydrodynamics. *Bio Technology an Indian Journal (BTAIJ)*, 8(9), 1173–1180.
- Chen, S. (2013). *The effect of table tennis racket design on wrist motion*. Iowa State University, Ames, Iowa.
- Chen, Y.-F., Wu, J.-H., & Huang, C.-C. (2016). Experimental investigation into mechanical properties of nanomaterial-reinforced table tennis rubber. *Advances in Technology Innovation*, 1(2), 41–45.
- Inaba, Y., Tamaki, S., Ikebukuro, H., Yamada, K., Ozaki, H., & Yoshida, K. (2017). Effect of changing tennis ball material from celluloid to plastic on the post-collision ball trajectory. *Journal of Human Kinetics*, 55(2017), 29–38.
- ITTF. (2019). *The International Table Tennis Federation Handbook* (Forty-seve). Chemin de la Roche 11, 1020 Renens/Lausanne, Switzerland.
- Kasai, J., Akira, O., Eung, J. T., & Mori, T. (2010). Research on table tennis player's cardio-respiratory endurance. *International Journal of Table Tennis Sciences* 6(2010), 6–8.
- Kondrić, M., Furjan-Mandić, G., Kondrić, L., & Gabaglio, A. (2010). Physiological demands and testing in table tennis. *International Journal of Table Tennis Sciences* 6(2010), 165–170.
- Kusubori, S., Yoshida, K., & Sekiya, H. (2012). The functions of spin on shot trajectory in table tennis. *30th Annual Conference of Biomechanics in Sports*, 245–248.
- Manina, L., Poggib, M., Bertranda, C., & Havard, N. (2014). Vibro-acoustic of table tennis rackets. Influence of the plywood design parameters. Experimental and sensory analyses. *The 2014 Conference of the International Sports Engineering Association, Procedia Engineering* 72(2014), 374–379.
- Nasruddin, F. A. (2016). Chapter 2 Coefficient of restitution in badminton racket. *SpringerBriefs in Computational Mechanics*. https://doi.org/DOI.10.1007/978-3-319-21735-2_2
- Nasruddin, F. A., Harun, M. N., Syahrom, A., Kadir, M. R. A., & Omar, A. H. (2012). Coefficient of restitution in badminton racket. *Proceeding iDECON 2012 – International Conference on Design and Concurrent Engineering, Universiti Teknikal Malaysia Melaka (UTeM) 15-16 October 2012*.
- Rinaldi, R. G., Manin, L., Moineau, S., & Havard, N. (2019). Table tennis ball impacting racket polymeric coatings: experiments and modeling of key performance metrics. *Appl. Sci.* 2019, 9, 158, 1–16. <https://doi.org/doi:10.3390/app9010158>
- Santosa, T., Sulaiman, & Soegiyanto. (2016). Pengembangan alat bantu return board untuk forehand topspin tenis meja. *Jurnal Pedagogik Keolahragaan*, 02(02), 20–48.
- Tomoliyus. (2017). *Sukses melatih keterampilan dasar permainan tenis meja dan penilaian* (Cetakan pe). CV. Sarnu Untung, Grobogan Jawa Tengah.
- Wei-bing, Z., Yin, L., & Graham, M. (2014). A pilot study on characteristic of table tennis bet rubber. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 6(3), 1299–1301.
- Widenhorn, R. (2016). The physics of juggling a spinning ping-pong ball. *Am. J. Phys*, 84(12), 936–942.
- Yu, C., Shao, S., Baker, J. S., & Gu, Y. (2018). Comparing the biomechanical characteristics between squat and standing serves in female table tennis athletes. *PeerJ*, 6:e4760, 1–14. <https://doi.org/DOI.10.7717/peerj.4760>
- Zhang, J. (2018). *Analysis of culture development of Chinese table tennis*. University of Applied Science.
- Zuopeng, W., & Kai, R. (2017). Sports biomechanics analysis of the backhand chop in table tennis. *Research Journal of Biotechnology Special Issue January (2017)*, 102–110.