

Review Aplikasi Teknologi Digital di Olahraga Tenis Meja

Bayu Septa Martaviano Triaiditya¹, Danang Ari Santoso²

^{1,2} Prodi Pendidikan Jasmani Kesehatan dan Rekreasi, Universitas PGRI Banyuwangi, Jl. Ikan Tongkol No. 01 Kertosari – Banyuwangi – Jawa Timur 68416

E-mail: bayusepta7@gmail.com¹, danangarisantoso@gmail.com²

Abstrak — Tenis meja merupakan olahraga yang memiliki karakteristik yang kompleks. Kompleksitas dan perkembangan teknologi menjadi daya tarik pengembangan tenis meja melalui aktivitas riset. Penulisan artikel ini bertujuan untuk mendapatkan hasil *review* aplikasi teknologi digital di olahraga tenis meja. *Review* dilakukan dengan penelusuran pustaka publikasi hasil penelitian selama 10 tahun terakhir. Hasil penelusuran disusun dalam bentuk deskripsi ringkas sebagai gambaran perkembangan dan tren risetnya. Hasil *review* menunjukkan bahwa lintasan gerak bola merupakan topik riset utama dengan aplikasi kamera kecepatan tinggi. Tren riset juga menunjukkan arah aplikasi robotika.

Kata Kunci — *Review, Tenis Meja, Aplikasi, Teknologi*

PENDAHULUAN

Tenis meja adalah permainan yang menantang [1]. Tenis meja tidak hanya olahraga yang kompleks dan asimetris, tetapi juga salah satu olahraga paling populer di dunia [2,3]. Olahraga ini juga merupakan olahraga utama yang dipertandingkan di Olimpiade dan Asian Games. Banyak turnamen tenis meja profesional diadakan setiap tahun [3]. Tenis meja yang ditata oleh organisasi internasional Federasi Tenis Meja Internasional (*International Table Tennis Federation / ITTF*), didirikan pada tahun 1926. ITTF telah ini mencakup keanggotaan sebanyak 215 asosiasi [4].

Tenis meja dianggap sebagai salah satu permainan dengan tuntutan terbanyak dari segi kompleksitas strukturalnya dibandingkan dengan cabang olahraga lainnya [5]. Tenis meja adalah salah satu permainan bola tercepat di dunia dan kinerjanya adalah hasil dari berbagai faktor yang kompleks [6]. Kompleksitas dalam hal kecepatan, refleks, keputusan seketika, pengelolaan efek dan teknik bermain merupakan aspek-aspek yang penting [7].

Tenis meja adalah olahraga yang menggunakan raket (bet) dan dicirikan dengan profil gerakan yang terputus-putus, termasuk reli pendek dan diselingi dengan istirahat singkat [8]. Sebagian besar reli pendek dan poin dapat dicetak dalam waktu yang relatif singkat. Hal ini membuat tenis meja sangat menarik untuk dimainkan dan ditonton, karena salah satu pemainnya bisa tiba-tiba mendapatkan momen dan membalik arah permainan [9].

Tenis meja membutuhkan tingkat persiapan teknis yang tepat sebagai faktor krusial untuk mencapai performa yang tinggi [10]. Para pemain elit memiliki kemampuan untuk memainkan reli yang sangat cepat [11]. Ketika bola dipukul dengan bet, bola dapat berputar dan melayang di udara dengan lintasan yang rumit. Lintasan rumit yang tak

terduga sangat umum terjadi di permainan, karena saat melayang di udara, bola dapat berbelok atau bergerak melengkung karena ketidak seimbangan gesekan udara [12].

Kompleksitas tenis meja menjadi daya tarik para praktisi dan akademisi dalam kegiatan penelitian dan pengembangan. Di sisi lain, kolaborasi olahraga, sains dan teknologi semakin berkembang. Penggunaan perangkat yang lebih maju digunakan sebagai bentuk pengembangan berdasarkan hasil kajian-kajian sebelumnya [13]. Terlebih lagi, dengan perkembangan kecerdasan buatan dan teknologi cerdas seperti sensor-sensor, perekam video secara langsung, sistem analisis teknik dan taktik serta perangkat-perangkat lainnya [14].

Aplikasi teknologi di riset tenis meja dikarenakan gerak dengan kecepatan tinggi dan perubahan permainan yang cepat [13]. Faktor yang lain adalah ukuran bola yang relatif kecil [12, 14], ringan [14], gerak bola yang cepat [12, 14], gerak putar bola yang kuat [14] dan posisi pengamat atau penonton yang cukup jauh [12]. Berbagai upaya berbasis teknologi digital telah dilakukan dalam aktivitas penelitian dan pengembangan permainan tenis meja.

Kompleksitas tenis meja dan perkembangan teknologi berbasis digital menjadi daya tarik riset. Perkembangan riset dan aplikasi teknologi perlu dikaji untuk mendapatkan deskripsi tren riset dan aplikasi teknologinya. Untuk itu diperlukan sebuah *review* aplikasi teknologi digital di olahraga tenis meja.

METODE

Review dilakukan dengan penelusuran pustaka publikasi penelitian. Referensi dibatasi dalam kurun waktu 10 tahun terakhir. Topik riset diutamakan yang menyangkut pengembangan permainan tenis meja, khususnya yang terkait dengan perlengkapan olahraga ini yaitu bola, meja, net, dan bet. Selain itu,

aspek pengembangan performa pemain juga disertakan.

Referensi yang didapat selanjutnya diringkas dalam bentuk tabel berdasarkan urutan tahun publikasinya. Ringkasan berisi topik riset dan perangkat teknologi yang digunakan. Deskripsi perkembangan selama 10 tahun terakhir diuraikan untuk menggambarkan tren penelitian tenis meja berbasis aplikasi teknologi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelusuran pustaka didapat 22 referensi terkait dalam bentuk jurnal dan prosiding. Rentang waktu publikasi adalah tahun 2011 sampai dengan tahun 2021. Ringkasan riset referensi-referensi yang didapat dapat dilihat di tabel I berikut ini.

TABEL I
RINGKASAN APLIKASI TEKNOLOGI DALAM RISET TENIS MEJA

Ref	Tahun	Topik Riset	Perangkat Teknologi
[15]	2011	Alat monitoring net tenis meja	Sensor tegangan dan sensor gaya
[4]	2012	Standar meja pingpong	Kamera, fotogrametri jarak dekat
[16]	2013	Pengaruh perbedaan permukaan meja terhadap pantulan bola	Kamera kecepatan tinggi
[17]	2014	Vibro-akustik bet	Sensor akustik dan getaran
[18]	2016	Lintasan bola servis	Robot tenis meja
[19]	2016	Sifat mekanik karet bet	Kamera untuk pengamatan pantulan bola
[20]	2016	Pengukuran gerak melayang bola	Kamera kecepatan tinggi dengan metode <i>Particle Image Velocimetry</i> (PIV)
[11]	2017	Lintasan bola sesudah tumbukan	Kamera kecepatan tinggi
[13]	2017	Analisis biomekanika pukulan <i>backhand</i>	Kamera dan aplikasi pengolah data video
[1]	2018	Pengamatan lintasan bola secara daring untuk robot tenis meja	Kamera kecepatan tinggi
[3]	2018	Sistem deteksi kesalahan servis	Kamera kecepatan tinggi
[10]	2018	Pengamatan kecepatan sudut lengan dan kecepatan bet	Sistem analisis gerak menggunakan kamera digital dan kamera infra merah
[12]	2018	Pengamatan lintasan gerak bola <i>spin</i>	Kamera kecepatan tinggi
[14]	2018	Pelacakan bola	Kamera kecepatan rendah
[2]	2019	Analisis biomekanika langkah kaki mengejar bola	Kamera dan aplikasi pengolah data video
[21]	2019	Tumbukan bola di lapisan permukaan karet bet	Kamera dan lampu stroboskopik
[22]	2019	Kecepatan dan putaran bola serta respon kinematik pemain	Uji mekanik dan sistem penangkapan gerak menggunakan kamera 3 dimensi
[23]	2019	Peningkatan performa pemain	Perangkat realitas virtual (<i>virtual reality</i>)
[24]	2020	Pelacakan bola dan prediksi lintasannya	Robot tenis meja dan pengamatan dengan kamera
[25]	2020	Parameter kinematik pukulan <i>forehand topspin</i>	Sistem analisis MyoMotion Noraxon untuk perekaman data dan sensor piezoelektrik untuk deteksi kontak bola dengan bet
[26]	2021	Indikator teknis dan taktis dalam tenis meja	Deteksi otomatis dengan sistem pembelajaran mendalam (<i>deep learning</i>)
[27]	2021	Kontrol gerakan bola	Robot tenis meja yang dilengkapi sistem pembelajaran mendalam (<i>deep learning</i>)

Jumlah publikasi ditinjau dari topik riset atau perlengkapan permainan yang dikaji dapat dilihat di tabel II berikut ini.

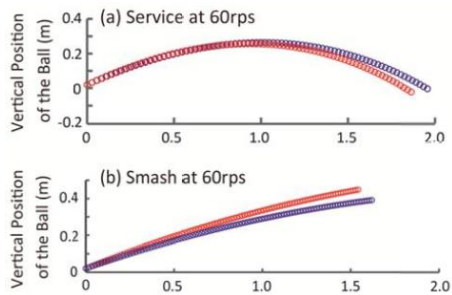
TABEL II
JUMLAH PUBLIKASI BERDASARKAN TOPIK RISET

Topik Riset	Jumlah Publikasi
Net	1
Bola	8

Meja	2
Pemain	7
Bet	2

Riset bola banyak diarahkan pada pengamatan gerak dan lintasan bola. Hal ini sesuai dengan kompleksitas gerak dan kecepatannya. Hasil riset memainkan peran penting dalam memberikan analisis gerak, data teknis untuk atlet dan pelatih

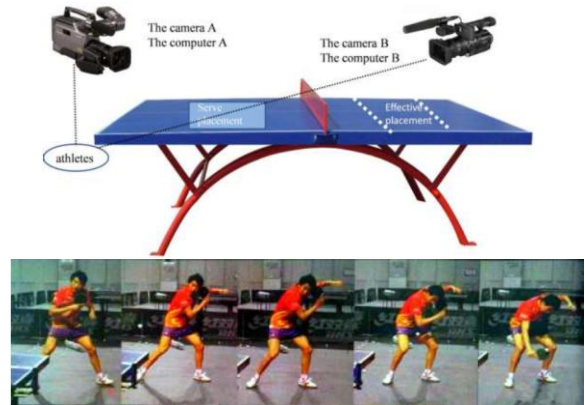
[13]. Sedangkan hasil riset lintasan gerak bola dapat menjadi perangkat ideal untuk pengembangan sistem visual dalam pelatihan pemain [12] dan program pelatihan pemain secara individual [24]. Deteksi otomatis yang diterapkan pada sistem indikator taktis tenis meja dapat menangani masalah pelacakan bola dan pengukuran putarannya. Hal ini dapat memberikan landasan teoritis dan praktis untuk penelitian-penelitian terkait dalam deteksi dinamika bola secara *real-time* [26].



Gambar 1. Contoh prediksi lintasan bola [11]

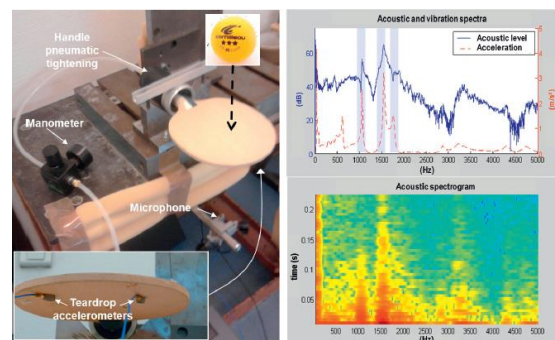
Net merupakan bagian utama dalam permainan. Penelitian telah dilakukan untuk memantau net tenis meja. Memantau jaring tenis meja dilakukan untuk meminimalkan kesalahan dalam menyesuaikan jaring dan mencapai ketinggian jaring yang konstan dan sangat presisi, tegangan jaring serta deteksi kontak bola dengan jaring saat seorang pemain melakukan servis [15]. Sedangkan fokus penelitian meja tenis meja dilakukan untuk meningkatkan kinerja pukulan pemain. Hal ini dilakukan dengan memahami karakteristik putaran bola dan lintasan saat menggunakan meja dan bola yang berbeda [16].

Penelitian terhadap pemain dilakukan untuk aspek gerak atau biomekanikanya. Gerakan tangan dan sendi mungkin menjadi komponen penting dari pukulan yang terkoordinasi, sedemikian rupa sehingga kecepatan sudutnya secara substansial mempengaruhi kecepatan bet [10]. Temuan riset dapat membantu pelatih dan pemain pemula untuk memahami mekanisme internal untuk teknik langkah mengejar bola dan membantu pemain pemula dalam meningkatkan efisiensi mekanik kinerja mereka [2]. Penelitian servis oleh pemain dilakukan karena pemain dapat mencetak angka dengan servis yang tepat. Oleh karena itu, kualitas servis dapat memiliki pengaruh langsung pada hasil permainan [3].



Gambar 2. Skema penelitian dan hasil pengamatan [13]

Hasil penelitian bet tenis meja yang diperoleh memungkinkan untuk menyatakan keefektifan parameter desain bet berbasis suara tumbukan bola [17]. Hasil riset dapat digunakan untuk meningkatkan kinerja elastisitas dan mekanis secara signifikan [19], serta mendapatkan koefisien gesekan antara bola dan lapisan luar polimer [21].



Gambar 3. Penelitian bet dan hasil pengukurannya [17]

Jumlah publikasi berdasarkan perangkat teknologi yang diaplikasikan dalam penelitian dapat dilihat di tabel III berikut ini.

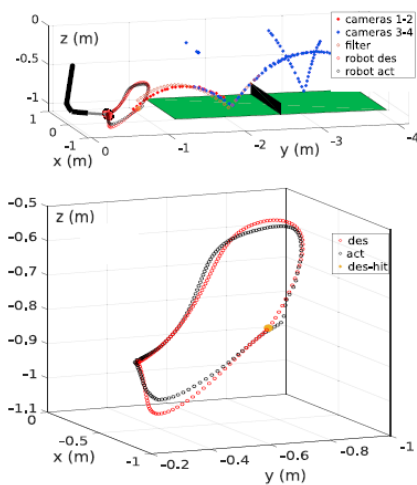
TABEL III
JUMLAH PUBLIKASI BERDASARKAN PERANGKAT TEKNOLOGI

Topik Riset	Jumlah Publikasi
Kamera	15
Sensor	3
Robot	3
Sistem analisis	4

Kamera merupakan perangkat yang paling banyak digunakan, khususnya jenis kamera kecepatan tinggi. Kamera digunakan untuk mengamati gerak bola, menganalisis lintasannya, mengamati gerak pemain serta keseluruhan permainan. Hal ini sesuai dengan topik riset yang banyak mengkaji gerak bola dan gerak pemain untuk aspek kinematika dan biomekanika. Kamera berjumlah banyak telah diaplikasikan dan memungkinkan untuk mendapatkan data visual dari

berbagai sudut pandang. Hal ini dilakukan agar selanjutnya dapat melakukan analisis gerak secara keseluruhan.

Aplikasi sensor banyak digunakan dalam pengukuran-pengukuran yang bersifat mekanis seperti getaran, suara dan pelacakan gerak. Hal ini juga terkait dengan aplikasi robotika dalam riset tenis meja. Riset dilakukan untuk mengoptimalkan pembangkitan lintasan bola untuk membuat gerakan pemain yang lebih fleksibel [1]. Robot tenis meja menggunakan berbagai macam teknologi, termasuk pengenalan obyek, pelacakan obyek, rekonstruksi 3D, prediksi lintasan obyek, perencanaan gerak robot, dan integrasi sistem. Robot memberikan jangkauan aplikasi yang menarik perhatian banyak peneliti [24].



Gambar 4. Contoh aplikasi robot dan hasil analisis data [1]

Sistem analisis digunakan untuk mengolah data, khususnya data visual yang didapat dengan kamera. Sistem dikembangkan agar dapat melakukan analisis dengan tepat dalam pengembangan permainan. Sistem analisis merupakan aplikasi teknologi informasi berbasis komputer. Perkembangan lain adalah aplikasi realitas virtual (*virtual reality*) sebagai media dalam pelatihan.

KESIMPULAN

Hasil review menunjukkan bahwa gerak bola dan lintasannya merupakan topik riset yang banyak dikaji. Riset juga dilakukan untuk pengembangan

performa pemain. Sedangkan perangkat teknologi yang banyak digunakan adalah kamera. Perkembangan aplikasi teknologi selanjutnya mengarah pada aspek robotika dan realitas virtual. *Review* lebih mendalam perlu dilakukan untuk mengkaji aspek kemudahan aplikasi teknologi dalam riset dan pengembangan olahraga, khususnya tenis meja.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] O. Koc, G. Maeda and J. Peters, Online optimal trajectory generation for robot table tennis, *Robotics and Autonomous Systems* 105: pp. 121-137, 2018
- [2] C. Yu, S. Shao, J. S. Baker, J. Awrejcewicz, and Y. Gu, A comparative biomechanical analysis of the performance level on chase step in table tennis, *International Journal of Sports Science & Coaching* vol. 0 no. 0: pp. 1-11, 2019
- [3] C-H. Hung, A study of automatic and real-time table tennis fault serve detection system, *Sports* vol. 6 no. 158: pp. 1-13, November 2018
- [4] U. Acar, B. Bayram, H. I. Cetin, and F. B. Sanli, *Determining the technical standards of ping pong table by using close range photogrammetry*, Proceeding of International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Melbourne, Australia, Volume XXXIX-B5: pp. 1-4, 25 August – 01 September 2012
- [5] G. Munivrana, L. Z. Petrinović, and M. Kondrič, Structural Analysis of Technical-Tactical Elements in Table Tennis and their Role in Different Playing Zones, *Journal of Human Kinetics* vol. 47: pp. 197-214, September 2015
- [6] M. Kondrič, A. M. Zagatto, D. Sekulić, The physiological demands of table tennis: a review, *Journal of Sports Science and Medicine* vol. 12: pp. 362-370, September 2013
- [7] L. A. Ebadi, and M. Günay, Analysing of the types of injuries observed in table tennis players according to the some variables, *IOSR Journal of Sports and Physical Education (IOSR-JSPE)* vol. 5 issue 4: pp. 21-26, Juli-Agustus 2018
- [8] A. M. Zagatto, M. Kondric, B. Knechtle, P. T. Nikolaidis, and B. Sperlich, Energetic demand and physical conditioning of table tennis players. a study review. *Journal of Sports Sciences*, vol. 36 no. 7: pp. 724-731, 2018
- [9] R. J. R. Den Hartigh and C. Gernigon, Time-out! How psychological momentum builds up and breaks down in table tennis, *Journal of Sports Sciences* vol. 36 no. 23: pp. 2732-2737, 2018
- [10] Z. Bańkosz, and S. Winiarski, Correlations between angular velocities in selected joints and velocity of table tennis racket during topspin forehand and backhand, *Journal of Sports Science and Medicine* vol. 17: pp. 330-338, Mei 2018
- [11] Y. Inaba, S. Tamaki, H. Ikebukuro, K. Yamada, H. Ozaki, and K. Yoshida, Effect of changing table tennis ball material from celluloid to plastic on the post-collision ball trajectory, *Journal of Human Kinetics* vol. 55: pp. 29-38, Januari 2017
- [12] P. Wang, Q. Zhang, Y. Jin, and F. Ru, Studies and simulations on the flight trajectories of spinning table tennis ball via high-speed camera vision tracking system, *Proc IMechE Part P: J Sports Engineering and Technology*: pp. 1-17, 2018
- [13] W. Zuopeng, and R. Kai, Sports biomechanics analysis of the backhand chop in table tennis, *Research Journal of Biotechnology, Special issue*: pp. 102-110, 2017

- [14] Y-F. Ji, J-W. Zhang, Z-H Shi, M-H. Liu, and J. Ren, Research on real – time tracking of table tennis ball based on machine learning with low-speed camera, *Systems Science & Control Engineering: An Open Access Journal*, vol. 6 no. 1: pp. 71-79, 2018
- [15] R. Gastinger, S. Litzenberger, and A. Sabo, Design, development and construction of a monitoring table tennis net, *Procedia Engineering* 13: pp. 297–303, 2013
- [16] K. Kamijima, Y. Ushiyama, T. Yasaka, and M. Ooba, *Effect of different playing surfaces of the table on ball bounces in table tennis*, Proceeding of the 13th ITTF Sports Science Congress, Paris, France: pp. 53-56, Mei 2013
- [17] L. Manin, M. Poggi, C. Bertrand, and N. Havard, Vibro-acoustic of table tennis rackets. Influence of the plywood design parameters. Experimental and sensory analyses, *Procedia Engineering* 72: pp. 374–379, 2014
- [18] Y. Hayakawa, A. Nakashima, S. Itoh, and Y. Nakai, Ball trajectory planning in serving task for table tennis robot, *Journal of Control, Measurement, and System Integration* vol. 9 no. 2: pp. 050-059, Maret 2016
- [19] Y-F. Chen, J-H. Wu, and C-C. Huang, Experimental investigation into mechanical properties of nanomaterial-reinforced table tennis rubber, *Advances in Technology Innovation*, vol. 1, no. 2: pp. 41-45, 2016
- [20] Y. Konishi, H. Okuizumi, and T. Ohno, PIV measurement of a flying table tennis ball, *Procedia Engineering* 147: pp. 104–109, 2016
- [21] R. G. Rinaldi, L. Manin, S. Moineau, and N. Havard, Table tennis ball impacting racket polymeric coatings: experiments and modeling of key performance metrics, *Applied Sciences* vol. 9 no. 158: pp. 1-16, Januari 2019
- [22] M. J. C. Lee, H. Ozaki, and W. X. Goh, Speed and spin differences between the old celluloid versus new plastic table tennis balls and the effect on the kinematic responses of elite versus sub-elite players, *International Journal of Racket Sports Science* vol. 1 no. 1: pp. 26-36, 2019
- [23] S. C. Michalski, A. Szpak, D. Saredakis, T. J. Ross, M. Billingham, T. Loetscher, Getting your game on: Using virtual reality to improve real table tennis skills, *Plos One* vol. 14 no. 9: pp. 1-14, September 2019
- [24] H-I. Lin, Z. Yu, and Y-C. Huang, Ball tracking and trajectory prediction for table-tennis robots, *Sensors* vol. 20 no. 333: pp. 1-23, Januari 2020
- [25] Z. Bańkosz, and S. Winiarski, Kinematic parameters of topspin forehand in table tennis and their inter- and intra-individual variability, *Journal of Sports Science and Medicine* vol. 19: pp. 138-148, Februari 2020
- [26] F. Qiao, Application of deep learning in automatic detection of technical and tactical indicators of table tennis, *Plos One* vol. 16 no. 3: pp. 1-16, Maret 2021
- [27] L. Yang, H. Zhang, X. Zhu, and X. Sheng, Ball motion control in the table tennis robot system using time-series deep reinforcement learning, *IEEE Access* vol. 9: pp. 99816-99827, Juli 2021