



The Effect of Wood Type on the Reflection of a Table Tennis Ball

Bayu Septa Martaviano Triaiditya¹⁾, Gatut Rubiono²⁾, Danang Ari Santoso³⁾

Program studi Pendidikan Jasmani Kesehatan dan Rekreasi

Fakultas Pendidikan Ilmu Eksakta dan Keolahragaan

^{1,2,3}Universitas PGRI Banyuwangi, Indonesia

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

ABSTRACT

The table tennis game table can be made of any material with certain bounce height requirements according to ITTF regulations. Wood as the main material for the table is found in Indonesia. Various types of wood have the potential to be a dining table material. This study was conducted to determine the effect of the type of wood on the bounce of a table tennis ball. Experiments were carried out on 9 types of wood, namely hardwoods (teak, sono, coconut), medium hardwoods (meranti, plywood and jackfruit) and soft woods (waru, randu and sengon). The height of the falling ball is determined to be 30 cm for the ball's bounce recorded by the camera. The ball used is a ball with a weight of 24 grams and 30 grams. Camera recording data is processed with Kinovea 08.15 to get the reflection height. The bounce height is used as a reference for ITTF standard compliance. The initial height and reflection height were then used to calculate the coefficient of restitution (COR). Data collection was carried out 5 times and the average value was calculated. The level of wood hardness is influenced by its specific gravity. Hard wood has a relatively high specific gravity. Teak wood which is relatively hard has a specific gravity value of 0.59 – 0.82 gr/cm³

Keywords: Wood Type, Table Material, Table Tennis, Ball Bounce, Coefficient Of Restitution

Pengaruh Jenis Kayu Terhadap Pantulan Bola Tennis Meja

ABSTRAK

Meja permainan tenis meja dapat dibuat dari bahan apa saja dengan persyaratan tinggi pantulan tertentu berdasarkan peraturan ITTF. Kayu sebagai bahan utama meja banyak ditemukan di Indonesia. Berbagai jenis kayu berpotensi menjadi material meja makan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh jenis kayu terhadap pantulan bola tenis meja. Eksperimen dilakukan terhadap 9 jenis kayu, yaitu kayu keras (jati, sono, kelapa), kayu keras sedang (meranti, triplek dan angka) dan kayu lunak (waru, randu dan sengon). Ketinggian bola jatuh ditentukan sebesar 30 cm untuk pantulan bola yang direkam oleh kamera. Bola yang digunakan adalah bola dengan berat 24 gram dan 30 gram. Data perekaman kamera diolah dengan Kinovea 08.15 untuk mendapatkan tinggi pantulan. Ketinggian pantulan digunakan sebagai referensi untuk kepatuhan standar ITTF. Tinggi awal dan tinggi refleksi kemudian digunakan untuk menghitung koefisien restitusi (COR). Pengumpulan data dilakukan sebanyak 5 kali dan dihitung nilai rata-rata. Tingkat kekerasan kayu dipengaruhi oleh berat jenisnya. Kayu yang keras memiliki berat jenis yang relatif tinggi. Kayu jati yang relatif keras memiliki nilai berat jenis sebesar 0,59 – 0,82 gr/cm³

Kata Kunci: Jenis kayu, Bahan Meja, Tenis Meja, Bola Pantul, Koefisien Restitusi

© 2021 IKIP BUDI UTOMO MALANG

P-ISSN 2613-9421

E-ISSN 2654-8003

Info Artikel

Dikirim : 3 April 2021

Diterima : 6 Mei 2021

Dipublikasikan : 30 Mei 2021

✉ Alamat korespondensi: bayusepta7@gmail.com

Universitas PGRI Banyuwangi, Jl. Ikan Tongkol No.22, Kertosari, Kec. Banyuwangi, Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur 68416, Indonesia

PENDAHULUAN

Tenis meja adalah salah satu olahraga paling populer di dunia. Terdapat lebih dari 300 juta pemain tenis meja di seluruh dunia. Jumlah partisipan ini membuatnya menonjol dalam daftar olahraga dengan partisipasi tertinggi (Zhiging, 2017). Tenis meja merupakan olahraga utama yang diperebutkan di turnamen Olimpiade dan turnamen Asia. Banyak turnamen tenis meja profesional diadakan setiap tahun (Hung, 2018). Ping pong, sebagai jenis permainan bola yang menarik, menjadi olahraga yang populer di beberapa negara karena kebutuhan perlengkapan yang sederhana (Fu, 2014). Permainan ini sangat menarik dan cepat menjadi populer karena mudah untuk dilakukan, tidak terlalu membutuhkan ruang, dan dapat dimainkan oleh siapa saja, muda dan tua, pria dan wanita bahkan anak usia dini (Widenhorn, 2016).

Tenis meja adalah permainan yang menggunakan meja segi empat sebagai bidang permainan yang dibatasi oleh sebuah jaring atau net, menggunakan bola kecil yang terbuat dari seluloid dan menggunakan pemukul atau disebut bet. Ide dasar tenis meja adalah untuk menyajikan bola pertama dengan terlebih dahulu memantulkan bola ke meja pemain yang melakukan servis, dan bola harus melewati net dan masuk ke meja target lawan dan juga mengembalikan bola setelah memantul di atas meja dengan menggunakan bet untuk memukul bola, bola berhasil melewati net dan masuk ke meja target lawan. Dalam menservis dan mengembalikan bola bisa dilakukan dengan teknik *forehand* dan *backhand* (Sudrajat et al., 2019).

Tenis meja dianggap salah satu dari sebagian besar permainan olahraga yang menantang jika ditinjau aspek kompleksitas strukturalnya dalam perbandingan dengan disiplin olahraga lainnya (Munivrana, et. al, 2015). Dalam tenis meja, sebagian besar aksinya relatif cepat dan poin dapat dicetak dalam jangka waktu yang relatif singkat (Kondrič et al., 2013). Tingkat keahlian seseorang tergantung pada keterampilan teknisnya, seperti memukul bola, pengaturan, gerak kaki yang tepat, tetapi juga pada keterampilan taktis, mental dan motoric (Bańkosz & Winiarski, 2018). Tingkat keahlian teknis perlu terus ditingkatkan, karena persaingan yang ketat di antara para pemain. Putaran dan kecepatan bola ditingkatkan berkat peningkatan kualitas yang terus-menerus dari

karet pemukul (Hung, 2018).. Tenis meja membutuhkan kemampuan yang sangat penting seperti waktu reaksi dengan respons yang memadai dan cepat. Aktivitas pemain harus sangat fokus dengan kecepatan tinggi dan banyak perubahan. Atlet perlu membuat aksi reaksi yang sesuai dalam waktu yang sangat singkat (Yu et al., 2018).

Meja dalam olahraga tenis meja berdasarkan peraturan Federasi Tenis Meja Internasional (*International Table Tennis Federation* atau ITTF) harus persegi panjang, panjang 2,74 meter dan lebar 1,525 meter, dan harus terletak di bidang horisontal setinggi 76 sentimeter di atas lantai. Permukaan permainan harus dibagi menjadi 2 lapangan yang sama dengan memasang jaring vertikal sejajar dengan garis akhir, dan harus kontinu di seluruh area permainan masing-masing. Permukaan meja permainan bisa dari bahan apa saja dan harus menghasilkan pantulan seragam sekitar 23 sentimeter ketika bola standar dijatuhkan dari ketinggian 30 sentimeter.

Apabila sebuah bola dijatuhkan dari ketinggian tertentu ke sebuah permukaan yang halus dan rata maka bola dapat dianggap sebagai sebuah partikel sehingga rotasi dapat diabaikan. Mendapatkan standar teknis bola pingpong dengan fotogrametri jarak dekat (Acar et al., 2012), analisis matematis pantulan bola berbasis aspek dinamika dan hidrodinamika (Chang, 2013), pengaruh perbedaan permukaan meja permainan terhadap pantulan bola tenis meja (Martin & Prioux, 2013), koefisien tumbukan pada permukaan kayu lapis (*plywood*) yang dilapisi kertas A4 (Karkee et al., 2014), analisis mekanika dan eksperimen pantulan (Fu, 2014), pengaruh perubahan material bola dari seluloid menjadi plastik pada lintasan bola setelah tumbukan (Inaba et al., 2017) dan perbedaan pantulan bola pada tiga jenis meja tenis meja profesional (Konishi et al., 2016).

Fenomena tumbukan, terdapat sebuah bilangan tak berdimensi yang disebut dengan koefisien restitusi atau koefisien tumbukan. Koefisien restitusi merupakan ukuran seberapa elastis sebuah tumbukan. Koefisien tumbukan adalah rasio kecepatan benda sesudah tumbukan terhadap kecepatan sebelum tumbukan. Nilai koefisien restitusi ($COR = \text{coefficient of restitution}$) berkisar $0 \leq COR \leq 1$. Dalam kasus yang ideal, $COR = 0$ disebut sebagai tumbukan tidak elastis sementara $COR = 1$ untuk tumbukan elastis sempurna (Nasruddin, et. al, 2012). Dengan

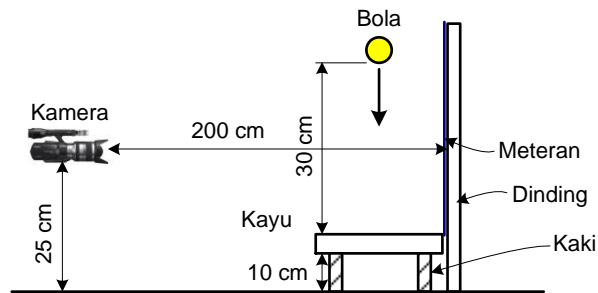
mengganti faktor akar kuadrat maka akan didapat rasio antar dua beda tinggi yaitu h_r sebagai tinggi pantulan dan h_d sebagai tinggi awal atau tinggi jatuh (Nasruddin et al., 2015) yang dirumuskan sebagai berikut:

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

Bahan kayu merupakan material yang banyak digunakan untuk meja permainan tenis meja. Bahan kayu relatif mudah didapat, banyak tersedia dan mudah diolah untuk berbagai keperluan kehidupan. Indonesia sebagai negara tropis memiliki kekayaan hasil perkebunan dan kehutanan yang menghasilkan berbagai jenis kayu. Penelitian berbagai jenis kayu perlu dilakukan untuk mengetahui apakah satu jenis kayu memenuhi syarat standar sebagai bahan meja sesuai standar ITTF. Kayu-kayu lokal yang banyak ditemukan di Indonesia, jika memenuhi standar maka dapat digunakan sebagai bahan meja pingpong. Pemanfaatan kayu lokal akan dapat menumbuhkan olahraga tenis meja di masyarakat karena masyarakat dapat membuat sendiri meja dari bahan kayu lokal. Di sisi lain, perilaku pantulan bola yang mengenai meja permainan perlu dipelajari karakteristiknya agar pemain dapat menyesuaikan diri dalam berbagai kondisi pertandingan. Meja atau lapangan tenis meja sangat berpengaruh dalam pantulan bola sehingga pemain dapat memaksimalkan permainan dalam tenis meja. Untuk itu penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan pengaruh jenis kayu yang jenis keras, sedang sampai lunak sehingga dapat mengetahui pantulan terhadap bola tenis meja.

METODE

Penelitian pantulan bola ini dilakukan dengan eksperimen variable bebasnya adalah jenis kayu dan tinggi pantulan indikator tinggi pantulan sesuai skema berikut ini.



Gambar 1. Skema eksperimen pantulan bola tenis meja

Jenis material kayu diambil 9 jenis kayu lokal yang dikategorikan menjadi tiga kelompok yaitu jenis kayu keras meliputi jati, sono, dan kelapa, jenis kayu sedang meliputi meranti, kayu lapis (*plywood*), dan nangka serta jenis kayu lunak meliputi waru, randu dan sengon. Kayu yang diuji berukuran panjang dan lebar 25 cm serta tebal 1,5 cm. Tinggi jatuh ditentukan sebesar 30 cm. Pengambilan data dilakukan di ruang tertutup sehingga pengaruh aliran udara atau angin dapat diabaikan. Data rekaman kamera diolah dengan Kinovea 08.15 untuk mendapatkan tinggi pantulan. Tinggi pantulan hasil pengolahan data digunakan sebagai acuan terhadap kelayakan bahan kayu sesuai standar ITTF. Tinggi awal dan tinggi pantulan selanjutnya digunakan untuk mendapatkan nilai koefisien tumbukan (COR). Pengambilan data dilakukan sebanyak 5 kali untuk setiap variasi sehingga dapat dihitung nilai rata-ratanya.

Berat bola standar ITTF sesuai referensi (The International Table Tennis Federation Handbook, 2019) adalah 27 gram. Kesulitan mendapatkan bola dengan berat standar ini dilakukan dengan mendapatkan bola tenis meja yang ada di pasaran yaitu 2 jenis bola dengan berat 24 gram dan 30 gram. Pengukuran berat bola dilakukan menggunakan neraca digital merk *Pocket Scale* tipe MH-200 dengan kapasitas penimbangan 200 gram dan tingkat kesalahan sebesar 0,01 gram. Kedua jenis berat bola ini merupakan pendekatan logis karena nilai tengah atau nilai rata-rata keduanya adalah 27 gram. Sebagai penunjang, foto struktur permukaan kayu diamati dan difoto menggunakan *USB Pocket Microscope* dengan rentang pembesaran 50 – 1600 kali.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data rekaman video pantulan bola yang diolah dengan Kinovea 08.15 didapatkan data tinggi pantulan di tabel 1 dan 2. Hasil perhitungan tinggi pantulan rata-rata untuk berat bola 24 gram dan 30 gram selanjutnya digunakan untuk menghitung nilai tengah atau rata-rata sebagai representasi tinggi pantulan rata-rata untuk berat bola standar 27 gram. Hasil perhitungan ditampilkan dalam tabel 3.



Gambar 2. Contoh data pantulan yang diolah dengan Kinovea 08.15 (Sumber: Dokumen Pribadi)

Tabel 1. Data eksperimen tinggi pantulan (30cm) untuk berat bola 24 gram

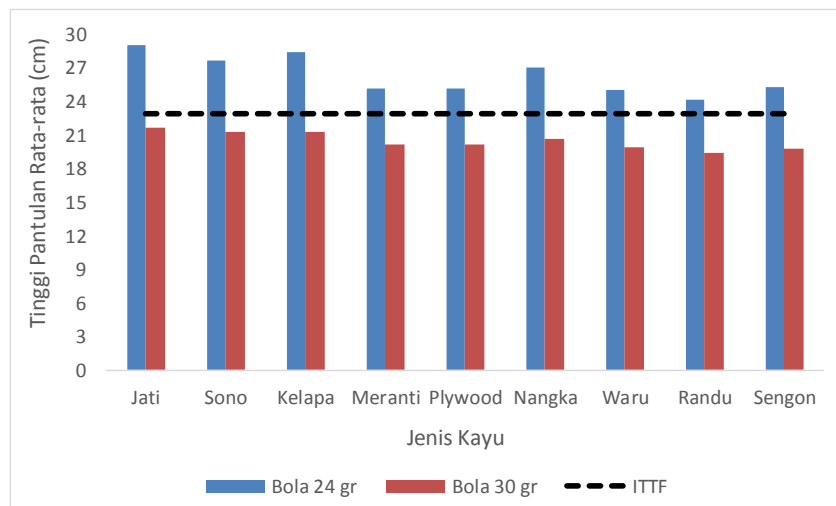
Jenis Kayu	Data 1	Data 2	Data 3	Data 4	Data 5
Jati	29,15	29,31	29,26	29,18	28,87
Sono	27,24	27,94	28,06	27,69	27,63
Kelapa	28,54	28,16	29,02	28,16	28,56
Meranti	25,41	25,72	24,85	25,07	25,18
<i>Plywood</i>	25,78	25,35	26,02	24,29	24,76
Nangka	26,92	27,38	27,14	26,63	27,51
Waru	24,83	24,60	25,14	25,48	25,27
Randu	24,12	24,47	24,81	23,76	24,21
Sengon	25,82	25,61	24,86	25,04	25,29

Pantulan bola berat 24 gr lapangan tenis meja dengan tinggi 30cm untuk kayu jati sebesar 29.15, 29.32, 29.26, 29.18, 28.87 data pantulan dari kayu jati yang mempunyai kekerasan menunjukkan pantulan yang lebih tinggi dari pada kayu yang lainnya. Pada kayu Sono pantulan bola sebesar 27.24, 27.94, 28.06, 27.69, 27.63. pada kayu kelapa pantulan bola 28.54, 28.16, 28.29, 28.16, 28.56. Sedangkan pada kayu jenis sedang seperti meranti plywood dan nangka rata-rata pantulan 25,41 dan tertinggi 27.51 Untuk kayu lunak waru, randu dan sengon menunjukkan pantula dengan terendah 24.14 dan tertinggi 25.82.

Tabel 2. Data eksperimen tinggi pantulan (30cm) untuk berat bola 30 gram

Jenis Kayu	Data 1	Data 2	Data 3	Data 4	Data 5
Jati	22,62	20,36	22,51	21,26	22,03
Sono	21,38	21,14	21,83	21,28	20,79
Kelapa	21,84	21,39	20,75	21,14	21,68
Meranti	20,31	20,58	19,63	20,03	20,72
<i>Plywood</i>	19,86	20,08	20,37	20,42	20,18
Nangka	20,75	20,87	20,36	21,04	20,53
Waru	19,73	19,74	20,48	19,96	19,88
Randu	19,36	19,18	19,71	19,27	19,53
Sengon	19,76	20,16	19,84	20,09	19,62

Pantulan bola berat 30 gr lapangan tenis meja dengan tinggi 30cm untuk kayu jati sebesar 22,62. 20,36. 33,52. 21,26 dan 22,03. untuk kayu sono pantulannya dengan ketinggian 30cm 21,38, 21,14, 21,83. 21,28, 20,79. Kayu kelapa 21,84, 21,39, 20,75, 21,14. 21,68. Kayu kelapa 21,84, 21,39, 20,75, 21,68. Sedangkan untuk kayu tipe sedang seperti kayu meranti tinggi pantulan bola 20,31, 20,58, 19,63, 20,03, 20,72. Kayu *Plywood* 19,86, 20,08, 20,37. 20,42, 20,18. Kayu terakhir kayu nangka untuk tipe sedang 20,75, 20,87, 20,36, 21,04, 20,53. Kayu tipe lunak kayu Waru 19,73, 19,74, 20,48, 19,96. 19,88. Pada kayu Randu 19,36, 19,18, 19,71, 19,27, 19,53. Kayu Sengon 19,76, 20,16, 19,84, 20,09. 19,62



Gambar 3. Grafik tinggi pantulan rata-rata untuk berat bola 24 gram dan 30 gram

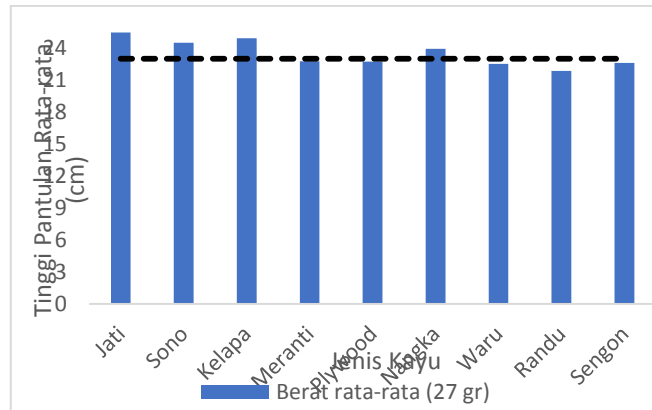
Grafik di gambar 3 menunjukkan bahwa untuk bola dengan berat 24 gram, untuk semua jenis kayu, tinggi pantulan rata-rata berada di atas tinggi pantulan

standar ITTF yaitu 23 cm. Pantulan terendah untuk berat bola ini adalah 24,27 cm untuk jenis kayu randu dan pantulan tertinggi sebesar 29,15 cm untuk jenis kayu jati. Sedangkan untuk bola dengan berat 30 gram, tinggi pantulan seluruh jenis kayu berada di bawah nilai standar. Pantulan terendah sebesar 19,41 untuk kayu randu dan pantulan tertinggi sebesar 21,76 untuk kayu jati.

Pola pantulan berdasarkan berat bola untuk setiap jenis kayu juga menunjukkan pola pantulan yang sama. Misalkan untuk jenis kayu jati, berat bola 24 gram dan 30 gram, keduanya memiliki pantulan tertinggi dibanding kayu-kayu lainnya. Demikian sebaliknya dengan kayu randu, untuk dua jenis berat bola memiliki pantulan terendah. Hal ini mengindikasikan bahwa pengambilan data telah dilakukan dengan cara yang tepat karena kayu jati lebih keras dibanding kayu randu.

Tinggi pantulan di atas nilai standar untuk bola dengan berat 24 gram disebabkan karena berat bola ini lebih ringan dari bola standar. Berat yang lebih ringan menyebabkan bola memantul lebih tinggi. Bola yang bergerak jatuh bebas dari ketinggian tertentu memiliki energi kinetik. Energi kinetik sebagian diserap oleh permukaan bidang pantulan sebagai bentuk efek tumbukan. Sebagian energi lain digunakan sebagai tenaga pendorong bagi bola untuk berupaya mencapai ketinggian awalnya. Berat bola yang lebih ringan menyebabkan sisa energi setelah tumbukan relatif lebih besar sehingga dapat membawa bola mencapai ketinggian pantulan yang lebih besar dibandingkan bola yang lebih berat.

Bola yang lebih berat memiliki akan kecepatan jatuh yang lebih besar karena berat bola merupakan faktor energi kinetik yang berkaitan dengan faktor gravitasi. Gaya benda jatuh merupakan hasil kali massa benda dengan faktor gravitasi sehingga semakin besar massa benda maka gaya gerak benda semakin besar. Sebaliknya, pada saat gerak naik, kecepatan bola menjadi berkurang karena berlawanan arah dengan gaya gravitasi. Hal ini menyebabkan gerak bola terhambat faktor gaya beratnya sehingga menyebabkan tinggi pantulan yang relatif rendah.



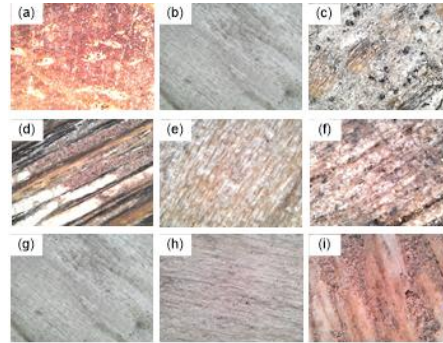
Gambar 4. Grafik tinggi pantulan untuk berat bola rata-rata (27 gram)

Grafik di gambar 4 menunjukkan bahwa nilai rata-rata tinggi pantulan untuk representasi berat bola standar 27 gram, empat jenis kayu yaitu jati, sono, kelapa dan nangka memiliki tinggi pantulan di atas nilai standar. Empat jenis kayu ini merupakan tiga kayu yang termasuk kategori kayu keras dan satu jenis kategori sedang. Lima jenis kayu yaitu meranti, *plywood*, waru, randu dan sengon nilainya di bawah standar. Lima jenis kayu ini adalah 2 jenis kayu kategori sedang dan tiga jenis kayu kategori lunak.

Tingginya pantulan bola di atas permukaan kayu jati disebabkan karena sifat kayu dimana pori-pori kayu jati berukuran sangat kecil. Kayu jati memiliki nilai kekerasan antara $630 - 720 \text{ kg/m}^3$ (Permana, 2018) dan $630 - 900 \text{ kg/m}^3$ (Anonim, 2020). Sebagai perbandingan, kayu meranti yang memiliki pantulan lebih rendah, memiliki nilai kekerasan antara $580 - 770 \text{ kg/m}^3$ (Permana, 2018; Anonim, 2020). Sifat mekanik dalam bentuk kekerasan material ini mempengaruhi tumbukan yang terjadi antara bola dengan bidang permukaan kayu. Benda yang menumbuk permukaan yang keras akan cenderung menghasilkan pantulan yang lebih besar.

Kayu yang termasuk kategori kayu lunak seperti sengon atau albasia memiliki pori-pori yang relatif besar. Sifat mekanik lainnya adalah kayu ini mudah patah (Permana, 2018). Tingkat kekerasan yang lebih rendah menghasilkan pantulan yang relatif lebih rendah. Perbandingan ini menunjukkan bahwa jenis kayu sangat berkaitan dengan sifat-sifat mekanik yang akan menghasilkan fenomena pantulan yang berbeda. Data hasil penelitian ini secara umum menunjukkan bahwa jenis kayu berpengaruh terhadap tinggi pantulan bola

tenis meja. Hal ini terlihat pada fenomena tinggi pantulan dua jenis bola dengan berat berbeda. Bola yang lebih ringan menghasilkan pantulan yang lebih tinggi. Kayu dengan sifat mekanik berupa tingkat kekerasan yang lebih tinggi akan menyebabkan tinggi pantulan yang lebih besar.



Gambar 5. Foto permukaan kayu dengan pembesaran 1000 kali, (a) jati, (b) sono, (c) kelapa, (d) meranti, (e) plywood, (f) nangka, (g) waru, (h) randu, (i) sengon (Sumber: dokumen pribadi menggunakan *USB Pocket Microscope* dengan rentang pembesaran 50 – 1600 kali)

Foto-foto struktur permukaan kayu di gambar 5 menunjukkan pola kesamaan dan perbedaan di antara jenis-jenis kayu dan kategori. Kayu-kayu yang tergolong keras memiliki struktur yang padat dimana pori-pori kayu cenderung tertutup (gambar a, b, c). Kayu-kayu kategori sedang cenderung memiliki struktur bergaris-garis seratnya (gambar d, e, f). Sedangkan kayu-kayu kategori lunak memiliki struktur halus dan sedikit bergaris-garis seratnya (gambar g, h, i). Foto-foto struktur dengan pola perbedaan ini menguatkan perbedaan tinggi pantulan bola yang terjadi.

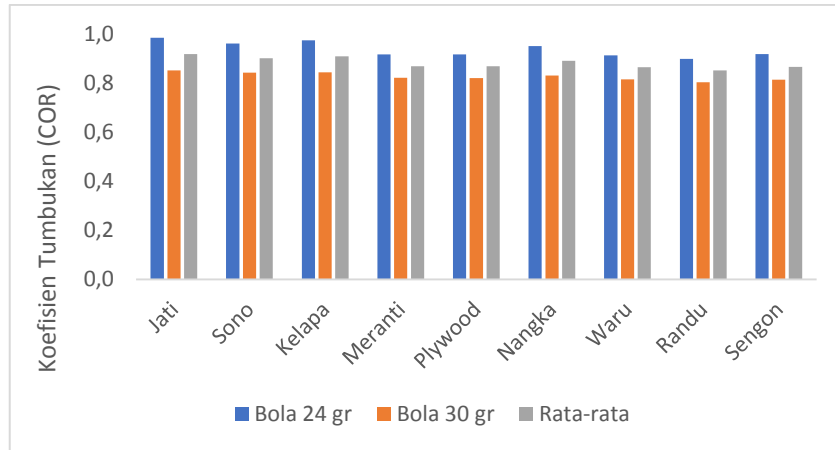
Koefisien Tumbukan (COR)

Data di tabel 1 dan 2 selanjutnya dihitung nilai rata-ratanya serta dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai koefisien tumbukan (COR) sesuai persamaan (1). Hasil perhitungan ditampilkan dalam tabel 4 berikut.

Tabel 4. Koefisien tumbukan (COR)

Jenis Kayu	Bola 24 gram	Bola 30 gram	Bola 27 gram
Jati	0,99	0,85	0,92
Sono	0,96	0,84	0,90
Kelapa	0,97	0,84	0,91
Meranti	0,92	0,82	0,87
Plywood	0,92	0,82	0,87

Nangka	0,95	0,83	0,89
Waru	0,91	0,82	0,86
Randu	0,90	0,80	0,85
Sengon	0,92	0,81	0,87



Gambar 6. Grafik koefisien tumbukan (COR)

Grafik di gambar 6 menunjukkan bahwa kayu jati memiliki nilai koefisien tumbukan terbesar yaitu 0,99 untuk berat bola 24 gram dan 0,92 untuk nilai rata-rata (representasi berat bola 27 gram). Kayu randu memiliki nilai terendah yaitu 0,90 untuk berat bola 24 gram dan 0,85 untuk nilai rata-rata. Hal ini sesuai dengan fenomena tinggi pantulan dimana tinggi pantulan kayu jati lebih tinggi dibanding jenis kayu yang lain dan kayu randu memiliki pantulan terendah. Koefisien tumbukan, sesuai persamaan (1) merupakan fungsi akar dari tinggi pantulan dan tinggi jatuh bola.

Kayu yang tergolong keras seperti jati, sono dan kelapa serta kayu yang tergolong sedang yaitu nangka memiliki tinggi pantulan bola yang sedikit melebihi standar ITTF. Hal ini menunjukkan bahwa kayu-kayu jenis ini sangat berpotensi untuk digunakan sebagai material permukaan meja permainan tenis meja. Hal ini didukung dengan nilai koefisien tumbukan yang cenderung mendekati nilai tumbukan lenting sempurna. Tumbukan ini akan menghasilkan pantulan yang sesuai dengan persyaratan dalam permainan tenis meja.

Jenis kayu sedang yang lain yaitu meranti dan *plywood* serta jenis kayu lunak yaitu waru, randu dan sengon memiliki tinggi pantulan sedikit di bawah

standar. Jenis kayu-kayu ini masih dapat dikembangkan sebagai material meja. Pemenuhan kriteria standar dapat dilakukan dengan memberikan perlakuan (*treatment*) terhadap material untuk memperbaiki sifat mekaniknya yaitu kekerasan, terutama kekerasan permukaannya. Perlakuan dapat dilakukan secara langsung terhadap material maupun dengan teknik pelapisan permukaan dengan material lain yang lebih tepat.

SIMPULAN

Tingkat kekerasan kayu dipengaruhi oleh berat jenisnya. Kayu yang keras memiliki berat jenis yang relatif tinggi. Kayu jati yang relatif keras memiliki nilai berat jenis sebesar 0,59 – 0,82 gr/cm³. Sedangkan kayu waru dan sengon yang lebih lunak, masing-masing memiliki nilai berat jenis sebesar 0,41 – 0,55 gr/cm³ dan 0,24 – 0,59 gr/cm³ (Hadi, 2020). Perbedaan berat jenis kayu ini mempengaruhi sifat permukaan kayu untuk tumbukan dengan bola, dimana kayu yang lebih lunak akan bersifat lebih elastis sehingga tumbukan dengan bola akan cenderung menghasilkan nilai koefisien tumbukan yang lebih kecil. Sifat kayu jati dari aspek pori-pori yang kecil menyebabkan luas bidang kontak antara bola dengan permukaan relatif lebih kecil pula. Hal ini menyebabkan luasan kecil ini hanya menyerap sedikit energi kinetik bola. Sisa energi selebihnya digunakan untuk pantulan yang dapat menghasilkan tinggi optimal. Tingkat kekerasan yang tinggi merupakan permukaan tidak elastis yang ideal untuk tumbukan lenting sempurna, sesuai dengan kriteria tumbukan di referensi (Nasruddin, et. al, 2012).

Hasil analisis data hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis kayu berpengaruh terhadap pantulan bola tenis meja. Jenis kayu yang tergolong kayu keras memiliki tinggi pantulan bola yang memenuhi standar internasional. Sedangkan kayu yang tergolong sedang dan lunak memiliki tinggi pantulan yang sedikit di bawah nilai standar. Penggunaan material dari berbagai jenis kayu lokal ini sangat berpotensi untuk digunakan sebagai material meja permainan tenis meja.

Penelitian sejenis atau penelitian selanjutnya dapat dilakukan untuk memberikan pelapisan terhadap jenis-jenis kayu sedang dan lunak. Pelapisan dapat dilakukan dengan dempul, cat atau jenis pelapisan lainnya untuk menambah

kepadatan dan kekerasan permukaan yang bertujuan untuk meningkatkan tinggi pantulan yang sesuai dengan standar internasional.

DAFTAR RUJUKAN

- Acar, U., Bayram, B., Cetin, H. I., & Sanlı, F. B. (2012). Determining the Technical Standards of Ping Pong Table By Using Close Range Photogrammetry. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XXXIX-B5(July)*, 1–4. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-xxxix-b5-1-2012>
- Bañkosz, Z., & Winiarski, S. (2018). Correlations between angular velocities in selected joints and velocity of table tennis racket during topspin Forehand and Backhand. *Journal of Sports Science and Medicine, 17(2)*, 330–338.
- Chang, D. (2013). *Mathematical analysis of the table tennis hitting process based on dynamics and hydrodynamics. 8*, 1173–1180.
- Fu, M. (2014). A mechanical analysis and research of the bouncing process of the table tennis. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research, 6(6)*, 1902–1909.
- Hung, C.-H. (2018). A Study of Automatic and Real-Time Table Tennis Fault Serve Detection System. *Sports, 6(4)*, 158. <https://doi.org/10.3390/sports6040158>
- Inaba, Y., Tamaki, S., Ikebukuro, H., Yamada, K., Ozaki, H., & Yoshida, K. (2017). Effect of changing table tennis ball material from celluloid to plastic on the post-collision ball trajectory. *Journal of Human Kinetics, 55(1)*, 29–38. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0004>
- Karkee, R., Gautam, S., & September, R. N. (2014). *the Study of Variation of Coefficient of Restitution on Subjecting the Bouncing Surface With a4 Paper. 10(I)*, 79–89.
- Kondrič, M., Zagatto, A. M., & Sekulić, D. (2013). The physiological demands of table tennis: A review. *Journal of Sports Science and Medicine, 12(3)*, 362–370.
- Konishi, Y., Okuizumi, H., & Ohno, T. (2016). PIV Measurement of a Flying Table Tennis Ball. *Procedia Engineering, 147*, 104–109. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.197>
- Martin, C., & Prioux, J. (2013). The effect of playing surfaces on performance in tennis. *Routledge Handbook of Ergonomics in Sport and Exercise, June*, 290–302. <https://doi.org/10.4324/9780203123355>
- Nagurka, M. (2003). Aerodynamic Effects in a Dropped Ping-Pong Ball

Experiment. *International Journal of Engineering Education*, 19(4), 623–630.

Nasruddin, F. A., Harun, M. N., Syahrom, A., Abdul Kadir, M. R., Omar, A. H., & Öchsner, A. (2015). Finite Element Analysis on Badminton Racket Design Parameters. *Finite Element Analysis on Badminton Racket Design Parameters*, 1–47. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-21735-2>

Sudrajat, A., Nasuka, & Irawan, F. A. (2019). Development of ANS PONG as a Tool for Block Training and Smash in Table Tennis Games. *Journal of Physical Education and Sport Science*, 8(1), 19–25.

Widenhorn, R. (2016). The physics of juggling a spinning ping-pong ball. *American Journal of Physics*, 84(12), 936–942. <https://doi.org/10.1119/1.4964104>

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*, 2018(6), 1–14. <https://doi.org/10.7717/peerj.4760>

Zhiging, Z. (2017). *Biomechanical analysis and model development applied to table tennis forehand strokes*. 110.