



FORUM GURU BESAR
INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG



Orasi Ilmiah Guru Besar Institut Teknologi Bandung



**Peran Ilmu Keolahragaan
terhadap Olahraga Kesehatan,
Olahraga Prestasi, dan *Injury* Preventif
pada Olahraga Bulu Tangkis dan Sepak Bola**

Profesor Tommy Apriantono

Sekolah Farmasi
Institut Teknologi Bandung

Aula Barat ITB
16 November 2024

Orasi Ilmiah Guru Besar
Institut Teknologi Bandung

**PERAN ILMU KEOLAHRAGAAN
TERHADAP OLAHRAGA KESEHATAN,
OLAHRAGA PRESTASI, DAN *INJURY*
PREVENTIF PADA OLAHRAGA BULU
TANGKIS DAN SEPAK BOLA**

Orasi Ilmiah Guru Besar
Institut Teknologi Bandung

**PERAN ILMU KEOLAHRAGAAN
TERHADAP OLAHRAGA KESEHATAN,
OLAHRAGA PRESTASI, DAN *INJURY*
PREVENTIF PADA OLAHRAGA BULU
TANGKIS DAN SEPAK BOLA**

Prof. Tommy Apriantono

16 November 2024
Aula Barat ITB



Hak cipta © pada penulis dan dilindungi Undang-Undang

Hak penerbitan pada ITB Press

Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh bagian dari buku ini tanpa izin dari penerbit

Orasi ilmiah Guru Besar Institut Teknologi Bandung:

Peran Ilmu Keolahragaan Terhadap Olahraga Kesehatan, Olahraga Prestasi, dan Injury Preventif pada Olahraga Bulu Tangkis dan Sepak Bola

Penulis : Prof. Tommy Apriantono

Reviewer : Prof. I Ketut Adnyana

Editor Bahasa : Rina Lestari

Cetakan I : 2024

ISBN : 978-623-297-628-3

e-ISBN : 978-623-297-629-0



© Gedung STP ITB, Lantai 1,
Jl. Ganesa No. 15F Bandung 40132
☎ +62 22 20469057
🌐 www.itbpress.id
✉ office@itbpress.id
Anggota Ikapi No. 043/JBA/92
APPTI No. 005.062.1.10.2018

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan rahmat-Nya sehingga buku orasi ilmiah yang berjudul “*Peran Ilmu Keolahragaan Terhadap Olahraga Kesehatan, Olahraga Prestasi, dan Injury Preventif pada Olahraga Bulu Tangkis dan Sepak Bola*” dapat diselesaikan dengan baik. Buku ini disusun sebagai bentuk kontribusi nyata dalam upaya meningkatkan kualitas olahraga prestasi serta derajat kebugaran masyarakat Indonesia hasil dari pengalaman penelitian dan pengalaman sebagai tim ahli di berbagai organisasi keolahragaan, mulai dari PSSI, KONI, Kemenpora, Kemenristek-Dikti, hingga Badminton World Federation.

Olahraga memiliki peran yang sangat penting dalam pembangunan bangsa, baik dari segi prestasi maupun kesehatan masyarakat. Prestasi olahraga yang gemilang tidak hanya mengharumkan nama bangsa di kancah internasional, tetapi juga menjadi inspirasi dan motivasi bagi generasi muda. Di sisi lain, kebugaran fisik masyarakat merupakan salah satu indikator penting dari kualitas hidup dan produktivitas suatu negara.

Ilmu keolahragaan sebagai disiplin ilmu yang mempelajari berbagai aspek olahraga, mulai dari fisiologi olahraga, biomekanika olahraga, hingga manajemen olahraga, memiliki peran strategis dalam mendukung peningkatan prestasi olahraga dan kebugaran masyarakat. Melalui pendekatan ilmiah dan aplikasi teknologi terkini, ilmu keolahragaan dapat memberikan solusi yang efektif dan efisien dalam mengatasi berbagai tantangan yang dihadapi dunia olahraga Indonesia.

Buku ini diharapkan dapat memberikan wawasan dan pemahaman yang lebih mendalam mengenai peran penting ilmu keolahragaan dalam peningkatan olahraga prestasi dan kesehatan masyarakat. Semoga buku ini bermanfaat bagi para akademisi, praktisi olahraga, pembuat kebijakan, serta seluruh masyarakat yang peduli terhadap kemajuan olahraga di Indonesia.

Akhir kata, saya mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam penyusunan buku orasi ilmiah Guru Besar ini. Terima kasih untuk Istri serta kedua anak saya dan menantu, keluarga KK Ilmu Keolahragaan SF, rekan peneliti dan mahasiswa

hingga alumni Magister Keolahragaan ITB. Semoga buku ini dapat menjadi referensi yang berguna dan memberikan inspirasi bagi kemajuan dunia olahraga Indonesia.

Selamat membaca.

Bandung, November 2024

Penulis

SINOPSIS

Buku ini merupakan karya ilmiah yang disusun untuk orasi ilmiah guru besar di Institut Teknologi Bandung (ITB), mengulas hubungan antara olahraga kesehatan dan olahraga prestasi dengan fokus pada bulu tangkis dan sepak bola. Karya ini dibuka dengan pembahasan mengenai olahraga kesehatan, menyoroti langkah-langkah konkret ITB dalam meningkatkan kesehatan *civitas academica*, serta menyajikan analisis komparatif indeks kebugaran mahasiswa ITB dengan negara-negara lain. Bagian ini memberikan landasan penting untuk memahami konteks kesehatan dalam lingkungan akademik.

Selanjutnya, buku ini mendalami olahraga bulu tangkis sebagai cabang olahraga prestasi. Pembahasan mencakup upaya ITB dalam memajukan olahraga ini melalui kerja sama dengan berbagai klub bulu tangkis ternama. Bab ini menyajikan tinjauan sistematis tentang data pertandingan, karakteristik fisiologis atlet dalam berbagai kategori, serta analisis mendalam tentang durasi latihan dan implementasi *Acute Chronic Work-Load Ratio* (ACWR). Informasi ini memberikan wawasan berharga tentang aspek-aspek kunci dalam pengembangan atlet bulu tangkis berprestasi.

Bab berikutnya berfokus pada sepak bola, dimulai dengan tinjauan sistematis tentang atlet sepak bola elit dan non-elit, analisis pengaruh kelelahan otot terhadap kinerja, respons fisiologis pemain elit putri, serta karakteristik cedera pada atlet muda. Bab ini juga menyajikan perbandingan antara pemain junior dan rekreasi, serta implementasi ACWR dalam program latihan sepak bola, memberikan pemahaman komprehensif tentang berbagai aspek dalam pengembangan atlet sepak bola.

Buku ini diakhiri dengan kesimpulan yang mengintegrasikan temuan-temuan dari ketiga topik utama: olahraga kesehatan, bulu tangkis, dan sepak bola. Bagian ini menyajikan evaluasi kritis terhadap indeks kesehatan dan membandingkan jam latihan antara sepak bola dan bulu tangkis. Dengan pendekatan ilmiah yang kuat, buku ini tidak hanya menyajikan korelasi antara olahraga kesehatan dan olahraga prestasi, tetapi juga memberikan bukti-bukti teoretis dan praktis yang berharga. Karya ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan bagi komunitas akademik di ITB, praktisi olahraga, dan pembuat kebijakan di bidang kesehatan dan olahraga di Indonesia.

DAFTAR ISI

PRAKATA.....	V
SINOPSIS	VII
DAFTAR ISI.....	IX
DAFTAR GAMBAR.....	XI
DAFTAR TABEL.....	XIII
1 <i>SPORT SCIENCE</i>	1
1.1 Hakikat <i>Sports Science</i>	1
1.2 Fisiologi Olahraga	2
1.3 Biomekanika Olahraga	2
1.4 <i>Training Science</i>	3
2 OLAHRAGA KESEHATAN.....	5
2.1 Pendahuluan	5
2.2 Langkah Konkret ITB Terhadap Kesehatan	8
2.3 Indeks Kebugaran Mahasiswa ITB.....	10
2.4 Indeks Kebugaran Mahasiswa ITB dengan Negara Lain	12
2.5 Kesimpulan	15
3 BULU TANGKIS	17
3.1 Pendahuluan	17
3.2 Pengertian, Tujuan, dan Manfaat Bulu Tangkis Sebagai Olahraga Prestasi	18
3.3 Langkah Konkret ITB Terhadap Kemajuan Bulu Tangkis (Kerja Sama dengan Persatuan Bulu Tangkis (PB) Jaya Raya, PB. Mutiara, dan PB. TAQI Arena)	19
3.4 <i>Systematic Review</i> pada Bulu Tangkis (<i>Match-Play Data According to Playing Categories in Badminton: A Systematic Review</i>)	20
3.5 Fisiologi Atlet Ganda Putra (<i>Physiological Characteristics of Indonesian Junior Badminton Players: Men's Double Category</i>)...	26
3.6 Fisiologi Atlet Kategori Tunggal Putra dan Putri (<i>Correlation Between Internal Loads and Activity Profiles in Badminton: Comparison of Sex Differences in the Singles Category</i>)	29
3.7 Durasi Latihan pada Bulu Tangkis, dan Implementasi ACWR (<i>Acute Chronic Work-Load Ratio</i>)	32
3.8 Kesimpulan	35
4 SEPAK BOLA	37

4.1	Pendahuluan	37
4.2	Atlet Elit dan Non-Elit Atlet Sepak Bola: <i>Systematic Review</i>	38
4.3	Pengaruh Kelelahan Otot Terhadap Kinetika dan Kinematika Tendangan Punggung Kaki dalam Sepak Bola	40
4.4	Respons Fisiologis pada Pemain Sepak Bola Elit Putri: Perbandingan Antara <i>Small Side Games</i> dan Uji Latihan Laboratorium	45
4.5	Analisis Karakteristik Cedera pada Atlet Sepak Bola Elit Muda di Indonesia	48
4.6	Perbandingan Antara Junior dan Rekreasi berdasarkan Respons Beban Internal dan Eksternal dalam Sepak Bola	51
4.7	<i>Scientific Literature</i> ACWR (<i>Acute Chronic Work-Load Ratio</i>) Sepak Bola	55
4.8	Kesimpulan	58
5	KESIMPULAN OLAHRAGA KESEHATAN, BULU TANGKIS, DAN SEPAK BOLA	61
5.1	Apakah Indeks Kebugaran Sudah Mencukupi?	61
5.2	Perbandingan Jam Latihan Antara Sepak Bola dan Bulu Tangkis.....	64
6	PENUTUP.....	67
7	UCAPAN TERIMA KASIH	69
	DAFTAR PUSTAKA	73
	CURRICULUM VITAE	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Web Databugar	9
Gambar 2.2	Tingkat kebugaran mahasiswa TPB ITB dan mahasiswa negara lain.	13
Gambar 2.3	Tingkat Kebugaran Putra dan Putri Tingkat SD, SMP, dan SMA di Jawa Barat.	14
Gambar 3.1	Implementasi kerja sama KK Ilmu Keolahragaan ITB dengan PB. Jaya Raya.	20
Gambar 3.2	Perbedaan <i>Effect Sizes</i> (ES) antara kategori tunggal putra dan putri.	23
Gambar 3.3	Perbedaan <i>Effect Sizes</i> (ES) antara kategori ganda putra dan putri.	24
Gambar 3.4	Perbedaan <i>Effect Sizes</i> (ES) Antara Tunggal dan Ganda Pada Kedua Jenis Kelamin.	25
Gambar 3.5	Perbedaan denyut jantung dengan taraf signifikan $p < 0.05$	28
Gambar 3.6	Respon VO_2 dan denyut jantung tunggal putra (A) dan putri (B) selama simulasi pertandingan.	32
Gambar 3.7	Perbedaan durasi latihan dalam satu pekan.	33
Gambar 3.8	Perbedaan persentase risiko cidera.	34
Gambar 4.1	Perbandingan kekuatan isokinetik rata-rata ekstensor dan fleksor lutut antara kondisi non-kelelahan dan kelelahan. **Perbedaan signifikan ($p > 0.01$).....	43
Gambar 4.2	Perubahan Kecepatan Sudut, Momen Otot dan Momen Interaksi.....	44
Gambar 4.3	Korelasi karakteristik VO_2 dan HR selama latihan menggunakan <i>Portable Metabolic Chart</i>	47
Gambar 4.4	Jumlah publikasi Monitoring Soccer Training Load.....	56
Gambar 4.5	Research Trends Monitoring Soccer Training Load.	57

Gambar 5.1	Pengeluaran BPJS Terhadap Suatu Golongan Penyakit (Sumber: databoks online, didapatkan pada tanggal 25 September 2024)	63
Gambar 5.2	Proyeksi Perbandingan Klaim Jaminan dan Produktivitas yang Hilang Penyakit. (Sumber: Kompas, didapatkan pada tanggal 9 Oktober 2024).....	63
Gambar 5.3	Perbandingan jam latihan sepak bola dan bulu tangkis dalam seminggu.....	65
Gambar 5.4	Jam latihan sepak bola dalam seminggu (Helsen dkk., 1998).	65

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Konversi hasil VO ₂ max (ml/kg/min)	10
Tabel 2.2	Persentase Kategori CRF Putra Tahun 2017	11
Tabel 2.3	Persentase Kategori CRF Putra Tahun 2023	11
Tabel 2.4	Persentase Kategori CRF Putri Tahun 2017.....	11
Tabel 2.5	Persentase Kategori CRF Putri Tahun 2023.....	12
Tabel 3.1	Raihan medali pada Olimpiade (Sumber utama data: BWF)	17
Tabel 3.2	Karakteristik anthropometry atlet bulu tangkis ganda putra.	27
Tabel 3.3	Perbedaan asam laktat pada tes laboratorium dengan simulasi pertandingan di lapangan.....	28
Table 3.4	Perbedaan karakteristik fisiologi tunggal putra dan putri.....	31
Tabel 4.1	Antropometri Data	39
Tabel 4.2	Kapasitas Fisik	40
Tabel 4.3	Nilai Perubahan Beberapa Parameter Hasil Tendangan (Rerata ± SD)	43

1.1 Hakikat *Sports Science*

Sports science memang suatu disiplin keilmuan yang menarik, sekaligus tampak terdengar asing oleh beberapa kalangan awam. Namun, *sports science* sendiri memiliki suatu karakteristik keilmuan yang khas dan memiliki *value* yang sama berkulaitas dengan disiplin ilmu lainnya. Dapat disadari bahwa di Indonesia, *sports science* masih memiliki ruang tantangan tersendiri untuk menjadi suatu disiplin keilmuan yang memiliki pengaruh besar terhadap kemajuan olahraga Nasional. Menariknya, jika melihat negara lain, semakin maju negara tersebut, maka indeks olahraga (kesehatan dan prestasi) juga sama baiknya. Hal ini nampaknya harus disadari bahwa, jika Indonesia ingin menjadi negara maju, maka indeks olahraga Indonesia harus juga dibenahi, agar tercipta Indonesia yang maju, bersama masyarakat sehat, dan prestasi olahraga Internasional yang membanggakan.

Lalu, apa pengertian *sports science* secara khusus? *European College of Sport Science (ECSS)*, sebagai asosiasi olahraga dunia pertama, selalu mengatakan bahwa *sport science* (ilmu olahraga) adalah disiplin ilmu yang mempelajari bagaimana tubuh manusia berperilaku selama latihan fisik dan olahraga. Ilmu ini adalah integrator atau multidisiplin keilmuan yang menggabungkan prinsip-prinsip dari berbagai bidang ilmu pengetahuan, seperti biologi, fisiologi, psikologi, biomekanika, nutrisi, dan kedokteran olahraga untuk memahami, meningkatkan, dan mengoptimalkan performa kesehatan dan fisik atlet ataupun masyarakat secara luas.

Berdasarkan pengertian tersebut, dapat dipahami bahwa banyak sekali -sub-keilmuan yang mendukung berdirinya *sport science*, untuk menciptakan tujuan mengoptimalkan performa kesehatan dan fisik atlet ataupun masyarakat secara luas. Namun, khusus pada kesempatan ini, penulis akan membahas terkait fisiologi, biomekanika, dan *training science* sebagai 3 sub-keilmuan yang selama ini telah dijalankan dan dikembangkan di lingkungan *civitas academica* ataupun lingkungan masyarakat.

1.2 Fisiologi Olahraga

Fisiologi olahraga adalah cabang dari ilmu olahraga yang mempelajari bagaimana tubuh manusia beradaptasi terhadap latihan fisik dan bagaimana proses fisiologis tubuh mendukung performa fisik selama aktivitas olahraga. Fisiologi olahraga berfokus pada sistem tubuh utama seperti sistem kardiovaskular, pernapasan, otot, dan energi untuk memahami bagaimana mereka bekerja selama latihan dan beradaptasi dari waktu ke waktu sebagai respons terhadap berbagai intensitas dan jenis latihan. Secara khusus, komponen utama fisiologi olahraga adalah: (1) sistem kardiovaskular; (2) sistem pernapasan; (3) sistem syaraf otot (*neuromuskuler*); (4) sistem energi; (5) adaptasi terhadap latihan; (6) pemulihan dan preventif pada cedera.

Dalam fisiologi olahraga sendiri, banyak sekali *research gap* yang menjadi tantangan sekaligus daya tarik peneliti untuk menjawabnya. Sebagai contoh, dewasa ini, banyak peneliti yang mengkaji terkait bagaimana sistem energi yang bekerja dalam suatu latihan atau pertandingan, biasanya para peneliti mengukur menggunakan *portable metabolic chart* untuk menentukan sistem energi utama apa yang bekerja, apakah sistem ATP-PC (Phosphagen) dan Sistem Glikolisis (Anaerobik): keduanya digunakan untuk aktivitas intensitas tinggi dan menghasilkan energi tanpa menggunakan oksigen, biasanya digunakan dalam latihan dengan durasi pendek atau menengah (di bawah 30 detik untuk ATP PC dan 30 detik hingga 2 menit untuk sistem glikolisis) atau aerobic glycolysis dan sistem aerobic metabolism, di mana kedua sistem tersebut menggunakan oksigen untuk menghasilkan energi dalam aktivitas yang berlangsung lebih lama dan intensitas yang lebih rendah, seperti lari jarak jauh atau bersepeda.

1.3 Biomekanika Olahraga

Biomekanika olahraga adalah cabang ilmu yang mempelajari gerakan tubuh manusia selama aktivitas fisik dengan menggunakan prinsip-prinsip mekanika. Tujuan utama biomekanika olahraga adalah untuk memahami bagaimana gaya dan gerakan memengaruhi tubuh selama olahraga, sehingga dapat meningkatkan kinerja atlet, mengoptimalkan teknik, dan mencegah cedera. Biomekanika menggabungkan elemen dari fisika, anatomi, dan fisiologi untuk menganalisis gerakan manusia. Dalam biomekanika olahraga, terdapat beberapa komponen utama yang dipelajari, yaitu: (1) analisis

gerakan; (2) gaya dan pengaruhnya pada tubuh; (3) kinematika dan kinetik gerak; (4) efisiensi gerakan; (5) pencegahan cedera dan (6) *high technology* dalam biomekanika olahraga seperti penggunaan sensor gerak, kamera kecepatan tinggi, dan analisis video untuk merekam dan menganalisis gerakan atlet secara rinci.

Perlu disadari bahwa biomekanika olahraga mempunyai kompleksitas dan kerumitan tersendiri, namun sub-keilmuan ini sangat menarik untuk dipelajari dan diimplementasikan keilmuannya. Adapun contoh penelitian saat ini dan yang sedang dikerjakan oleh KK Ilmu Keolahragaan Sekolah Farmasi (SF) ITB adalah terkait risiko cedera *back pain* pada atlet bulu tangkis. Secara spesifik penelitian tersebut menghitung kinematika dan kinetik atlet bulu tangkis ketika melakukan *smash* pada saat *non-fatigue* (keadaan normal) dan *fatigue* (kelelahan). Selanjutnya, *ground reaction force* (vertikal dan horizontal) juga dianalisis, sehingga nantinya dapat melihat risiko cedera secara kuantitatif berdasarkan dua kondisi tersebut.

1.4 Training Science

Training science (ilmu pelatihan) adalah bidang yang mempelajari prinsip-prinsip, metode, dan strategi yang digunakan untuk merancang, mengimplementasikan, dan mengevaluasi program pelatihan yang efektif. Tujuan utama ilmu pelatihan adalah untuk meningkatkan kinerja fisik, mental, dan teknis individu atau tim melalui latihan yang dirancang secara ilmiah. Ilmu ini menggabungkan aspek dari berbagai disiplin ilmu seperti fisiologi olahraga, biomekanika, nutrisi, psikologi olahraga, dan pedagogi untuk mencapai peningkatan kinerja yang optimal. Komponen utama dalam *training science* adalah: (1) prinsip latihan fisik; (2) kekuatan dan daya tahan; (3) kondisi fisik dan pengkondisian; (4) pemulihan dan rehabilitasi; (5) psikologi dalam pelatihan; (6) nutrisi dan hidrasi, dan (7) penggunaan teknologi dan analisis data.

Secara garis besar penelitian pada *training science* meliputi bagaimana *body adaptations* akibat akumulasi dari suatu latihan atau pertandingan. Peran para peneliti adalah melakukan analisis kuantitatif untuk efisiensi daripada *effect body adaptations* tersebut, sehingga dapat membantu para pelatih untuk menentukan *doses-response* yang tepat dalam konsep latihan yang efisien bagi para atlet.

Setelah membahas terkait *sports science*, dan beberapa sub-keilmuannya (fisiologi olahraga, biomekanika olahraga, dan *training science*) maka penulis ingin membawa para pembaca untuk mengikuti beberapa penelitian yang telah dilakukan oleh penulis bersama dengan Tim dan KK Olahraga ITB. Penulis berharap rangkuman kegiatan penelitian ini dapat menjadi gambaran sejauh apa *sports science* berkembang di institusi ITB dan Indonesia, sekaligus menjawab harapan-harapan terkait perkembangan *sports science* ke depannya.

2 OLAHRAGA KESEHATAN

2.1 Pendahuluan

Masa depan suatu bangsa sangat bergantung pada sumber daya manusia yang berkualitas tinggi. Bukan hanya dari segi keilmuan, tetapi juga sehat, berwawasan luas, serta berintegritas. Pembekalan sains dan teknologi tidaklah cukup untuk menciptakan sumber daya manusia yang berkualitas tinggi, kemampuan penalaran dan pengembangan daya pikir harus ditunjang oleh sikap mental yang baik dan kebugaran yang tinggi. Olahraga sebagai suatu kegiatan jasmani dan rohani dapat memberikan kematangan jiwa pada manusia dan kebugaran. Investasi dalam fasilitas dan pendidikan keolahragaan akan meningkatkan pendapatan dan menghemat pengeluaran negara, terutama dalam bidang Kesehatan. Memiliki kebugaran yang lebih baik tentunya akan meningkatkan mutu pendidikan di ITB, ditandai dengan lulusan yang mempunyai integritas tinggi di bidang ilmunya, cekatan, dan kemampuan analisis dan logika yang tinggi. Adanya mata kuliah olahraga diharapkan menghasilkan ilmuwan yang sanggup mengantisipasi kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi yang sangat cepat.

Sejak dipimpin oleh Rektor Wiranto Arismunandar pada akhir dasawarsa 1980-an, ITB merupakan perguruan tinggi teknologi pertama dan satu-satunya di Indonesia yang memasukkan mata kuliah olahraga ke dalam kurikulum pendidikan dan pengajaran di lingkungannya. Salah satu gagasan utama yang dikemukakan oleh Wiranto Arismunandar bahwa “olahraga adalah simulasi kehidupan”. Dibutuhkan sikap dan sifat terampil yang tentunya berkaitan dengan kemampuan menghadapi bidang garapan sehari-hari (*life skill*). Dari olahraga, orang dapat menyadari bahwa prestasi tidak dapat diraih tanpa kerja keras, dapat memahami arti sportivitas, kreativitas, kerja sama, jiwa kesatria, dan pembentukan karakter positif lainnya. Selain memelihara dan meningkatkan kebugaran, olahraga dapat meningkatkan kecerdasan emosional (*emotional intelligence*). Dalam pandangan Wiranto, tidak ada dikotomi antara belajar dan berolahraga. Ia berupaya mengubah pandangan perihal olahraga yang dinilainya tidak tepat, yakni pandangan yang menganggap bahwa olahraga jauh dari kecerdasan. Beberapa penjelasan di atas merupakan beberapa gagasan yang melatarbelakangi mata kuliah olahraga.

Menurut Arifin Wardiman (Wakil Rektor 1 bidang akademik saat itu) mengatakan bahwa mata kuliah olahraga diadakan supaya lulusan ITB dapat lebih lama memberikan pengabdian kepada masyarakat bangsa Indonesia. Alasan lain menurut Indra Djati (Wakil Rektor III bidang kemahasiswaan saat itu) mengatakan bahwa olahraga merupakan langkah paling baik untuk membentuk karakter manusia. Indra Djati pun menambahkan bahwa mata kuliah olahraga dimaksudkan agar mahasiswa ITB memiliki tubuh yang sehat dan tangguh.

Melalui mata kuliah olahraga mahasiswa dibiasakan menghadapi perubahan, persaingan, dan kompleksitas. Diharapkan mahasiswa menjadi manusia yang tanggap dan tangguh menghadapi berbagai perubahan dalam kehidupan. Kesehatan dan kebugaran tubuh yang dicapai, menjadi penunjang bahwa lulusan ITB dapat memberikan pengabdian kepada masyarakat dan bangsa dalam kurun waktu yang lebih panjang serta hidup aktif sepanjang hayat dan menyenangkan dengan mata kuliah olahraga. Mata kuliah olahraga di ITB akan menunjang kepada tingkat kesehatan dan kebugaran mahasiswanya, baik saat masih di lingkungan kampus maupun di masyarakat.

Olahraga kesehatan menjadi hal yang paling penting sebelum berorientasi kepada prestasi. Tingkat kesehatan yang baik beriringan dengan prestasi yang didapat. Sebagai bukti konkret data peraih medali olimpiade terbanyak sepanjang masa diisi negara Amerika Serikat (2.959 medali), Jerman (1.821 medali), Uni Soviet (1.204 medali), Inggris (950 medali), dan Prancis (889 medali). Berdasarkan beberapa literatur sebelumnya, kelima negara tersebut memiliki tingkat kesehatan yang baik. Hal ini mengindikasikan bahwa kesehatan menjadi nomor satu sebelum prestasi. Kesehatan yang baik diawali dengan tingkat aktivitas fisik masyarakat yang aktif dan teratur.

Aktivitas fisik yang teratur pada remaja dapat meningkatkan fisiologi kardiovaskular, termasuk tekanan darah, profil lipid, sensitivitas insulin, dan fungsi jaringan tubuh (Kumar, 2015). Selanjutnya, pengeluaran kalori yang lebih tinggi membantu mengendalikan berat badan (Kim, 2021). Aktivitas fisik meningkatkan aliran darah otak dan kadar norepinefrin dan endorfin yang beredar, yang berdampak positif pada suasana hati, kepercayaan diri, dan konsentrasi, sekaligus meredakan kecemasan, stres, dan kemarahan (Kumar, 2015). Perkembangan kognitif, perolehan keterampilan, dan perilaku juga meningkat (Sibley, dkk., 2020). Partisipasi dalam olahraga dapat membantu

mengembangkan keterampilan sosial, kerja sama tim, dan kepemimpinan. Aktivitas fisik dikaitkan dengan penurunan tingkat perilaku pengambilan risiko, seperti: merokok, dan konsumsi alkohol berlebihan (Currie, dkk., 2021). Aktivitas fisik atau olahraga yang dianjurkan dalam rangka meningkatkan dan menjaga tingkat kebugaran tubuh sering disebut dengan *moderate to vigorous physical activity* (MVPA), yaitu aktivitas fisik dengan intensitas 65%-85% atau intensitas sedang ke tinggi (Bonanni, dkk., 2022). Selain itu, WHO juga mengeluarkan anjuran durasi berolahraga mulai dari per hari hingga per minggu untuk menjaga kebugaran, yaitu rentang waktu 150 sampai 300 menit/minggu dengan frekuensi 4-5 kali perminggu.

Berdasarkan data laporan *Sport Development Index 2022* Jawa Barat memiliki beberapa indikator kebugaran yang berada di bawah rata-rata nasional. Tingkat partisipasi olahraga di Jawa Barat sebesar 30,42% (Nasional 30,93%) dan indeks kesehatan 26,17% (Nasional 26,58%). Berdasarkan data tersebut, risiko kesehatan yang kurang baik akan muncul kemudian jika tidak ditanggulangi. Rendahnya tingkat aktivitas fisik dapat memicu obesitas sehingga berat badan menjadi berlebih, yang meningkatkan risiko terserang berbagai penyakit, termasuk penyakit degeneratif (Di Renzo, dkk., 2020). Penyakit degeneratif sering kali disebabkan karena faktor usia ataupun kurangnya aktivitas fisik. Walaupun penyakit degeneratif cenderung menyerang individu dengan usia 65 tahun atau lebih, tidak menutup kemungkinan bagi para remaja untuk mengalami penyakit degeneratif, apabila mereka memiliki gaya hidup yang buruk (Perez-Lasierra, dkk., 2022). Ada bukti sangat kuat mengenai manfaat gaya hidup aktif secara fisik dan risiko kesehatan akibat perilaku tidak aktif dan dan tidak banyak bergerak (Lee dkk., 2012). Proses penyakit kardiovaskular dimulai pada masa kanak-kanak, dan faktor risiko terkait, termasuk ketidakaktifan dan obesitas, berlanjut hingga masa remaja usia 11–25 tahun (Faienza, dkk., 2020) hingga dewasa, yang meningkatkan risiko kematian dini. Kurangnya aktivitas fisik adalah peringkat 4 penyebab kematian di dunia (Lee, 2012). Aktivitas fisik atau olahraga memainkan peran penting dalam mengembangkan kebugaran.

Memiliki data tingkat kebugaran dari waktu ke waktu menjadi sangat penting diketahui, yang berguna menjadi gambaran tingkat kesehatan masyarakatnya. *Cardiorespiratory Fitness* (CRF) adalah komponen penting dari kebugaran yang berhubungan dengan kesehatan, yang mencerminkan kombinasi aktivitas fisik yang biasa dilakukan, genetika dan status kesehatan

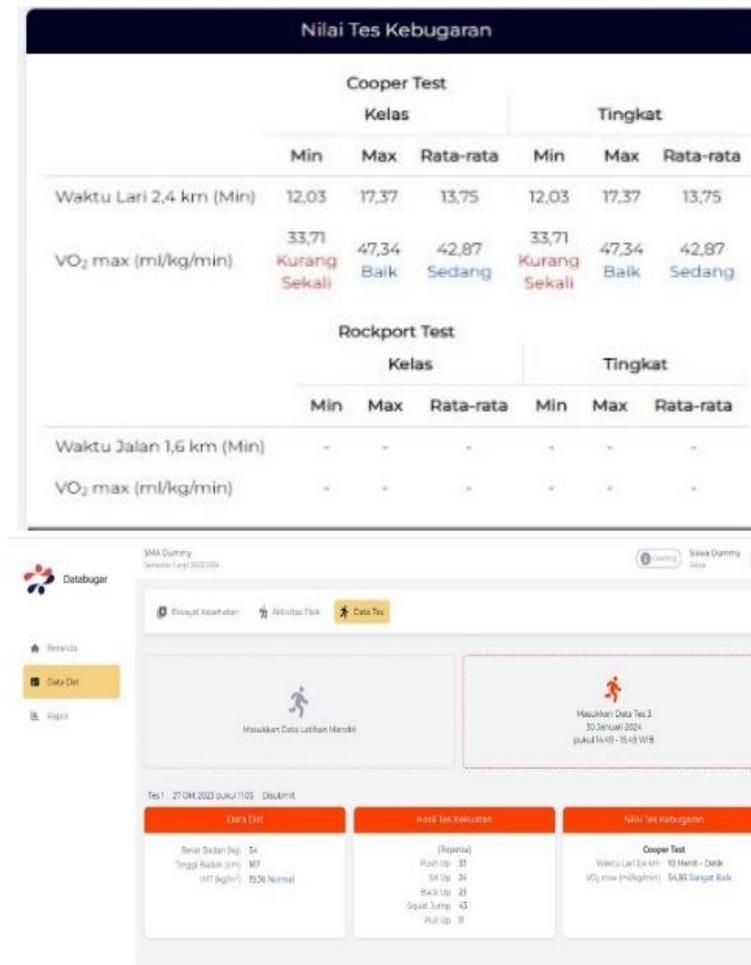
(Hanscombe, dkk., 2021; Xu dkk., 2022). Umumnya dinyatakan sebagai konsumsi oksigen maksimal (VO₂max) atau ekuivalen metabolik (MET). Konsumsi oksigen maksimal adalah variabel fisiologis penting yang sangat terkait dengan penurunan risiko pengembangan penyakit kardiovaskular (Gupta, dkk., 2015).

Mengetahui tingkat kondisi kebugaran saat ini, dan membandingkan dengan norma dan mengidentifikasi individu yang berisiko tinggi dalam penyakit. Tingkat CRF yang rendah telah diidentifikasi sebagai prediktor independen untuk berbagai hasil kesehatan, termasuk penyakit kardiovaskular, diabetes melitus tipe 2, kanker, kesehatan mental yang buruk, jatuh, dan kematian dini (Franklin, dkk., 2022). CRF adalah ukuran objektif kesehatan yang dapat dilacak dari waktu ke waktu dan dibandingkan di seluruh populasi. Sejalan dengan hal ini, pernyataan terbaru dari *American Heart Association* baru-baru ini menyarankan agar CRF ditetapkan sebagai "tanda vital" karena memiliki kekuatan untuk memprediksi kematian pada orang dewasa (Ross, dkk., 2016). Jika setiap orang memiliki tingkat CRF 'sedang', angka kematian secara keseluruhan akan berkurang sekitar 17%, sedangkan jika tidak obesitas, pengurangan risiko hanya akan 2–3% (Carbone, dkk., 2019). Oleh karena itu, sangat penting untuk meningkatkan aktivitas fisik dan CRF guna mengimbangi efek buruk dari ketidakaktifan, secara fisik *sedentary*, dan obesitas. Tingkat CRF yang rendah telah diidentifikasi sebagai prediktor independen untuk berbagai hasil kesehatan. Memprediksi kesehatan saat ini dan masa depan akan sangat bermanfaat, agar risiko penyakit degeneratif bisa dideteksi sejak dini.

2.2 Langkah Konkret ITB Terhadap Kesehatan

Institut Teknologi Bandung sejak tahun 1990 hingga saat ini telah menjalankan perkuliahan mata kuliah olahraga yang mendukung gaya hidup aktif mahasiswa selama masa perkuliahan. Selanjutnya, KK Ilmu Keolahragaan SF ITB bersama KK Perancangan Teknik dan Produksi FTMD, KK Komunikasi Visual dan Multimedia FSRD, serta KK Teknik Biomedika STEI memiliki sebuah *website* atau situs yang bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai tingkat aktivitas fisik berdasarkan hasil tes kebugaran, yang bernama Databugar. Situs Databugar menyediakan berbagai informasi mengenai hal-hal yang menunjang kebugaran jasmani, seperti berat badan serta tinggi ideal, tata cara pelaksanaan tes kebugaran jasmani, dan standar-

standar kebugaran jasmani penunjang kesehatan. Databugar ini dapat digunakan juga bukan hanya oleh mahasiswa ITB, tetapi juga Sekolah Menengah Pertama dan Sekolah Menengah Atas.



Gambar 2.1 Web Databugar

Database tingkat kebugaran ini merupakan hal yang sangat penting, di mana data yang disimpan dapat menjadi dasar untuk melihat tingkat kebugaran dari waktu ke waktu. Data ini juga dapat menjadi *baseline* untuk melihat standar tingkat kebugaran jasmani di suatu daerah dan menjadi dasar untuk membuat sebuah *guidelines* mengenai tingkat kebugaran jasmani yang baik. Bahkan, WHO sudah menganjurkan bagi seluruh negara untuk memiliki standar kebugaran jasmani nasional yang dapat dijadikan *guidelines* bagi masyarakatnya.

2.3 Indeks Kebugaran Mahasiswa ITB

Mahasiswa ITB tingkat 1 pada tahun 2017 dan 2023, dengan rentang usia 18-19 tahun. Para subjek melakukan 2 kali tes, yaitu saat tes awal dan tes akhir. Tes awal dilakukan pada minggu ke-2 perkuliahan dan tes akhir dilakukan pada pertemuan ke-15. Subjek telah mendapatkan materi program latihan selama kurang lebih 13 minggu. **Kriteria inklusi;** mahasiswa ITB tingkat 1 pada tahun 2017 dan 2023, usia 18-19 tahun **Kriteria eksklusi** cedera, hanya melakukan tes awal saja atau tes akhir saja, dan tidak melakukan *Cooper test* 2,4 km.

Cooper test 2,4 km adalah tes kebugaran yang digunakan untuk mengukur daya tahan kardiovaskular yang menggambarkan *cardiorespiratory fitness* (CRF). Langkah yang dilakukan sebagai berikut; (1) tahap persiapan melakukan pemanasan ringan seperti peregangan dinamis dan jogging. Pastikan tubuh dalam kondisi fit dan siap untuk berlari. Hindari makan berat 1-2 jam sebelum tes. (2) tahap pelaksanaan dengan memilih lapangan atau lintasan yang datar dan lintasan sejauh 400 m per putaran, lakukan lari sebanyak 6 putaran. Ketika siap, mulailah berlari atau *jogging* sesuai kemampuan. Selesaikan jarak 2,4 km dengan secepat-cepatnya. Setelah menyelesaikan jarak 2,4 km, segera catat waktu yang dihasilkan. (3) tahap evaluasi hasil dengan memasukkan waktu lari ke dalam rumus “ $(483/\text{waktu})+3,5$ ” (waktu dalam satuan menit). Bandingkan hasil waktu Anda dengan standar yang tersedia untuk usia dan jenis kelamin pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Konversi hasil VO₂max (ml/kg/min)

<i>Female (ml/kg/min)</i>						
<i>Age</i>	<i>Very Poor</i>	<i>Poor</i>	<i>Fair</i>	<i>Good</i>	<i>Excellent</i>	<i>Superior</i>
13-19	<25.0	25.0-30.9	31.0-34.9	35.0-38.9	39.0-41.9	>41.9
20-29	<23.6	23.6-28.9	29.0-32.9	33.0-36.9	37.0-41.0	>41.0
30-39	<22.8	22.8-26.9	27.0-31.4	31.5-35.6	35.7-40.0	>40.0
40-49	<21.0	21.0-24.4	24.5-28.9	29.0-32.8	32.9-36.9	>36.9
50-59	<20.2	20.2-22.7	22.6-26.9	27.0-33.4	31.5-35.7	>35.7
60>	<17.5	17.5-20.1	20.2-24.4	24.5-30.2	30.3-31.4	>31.4
<i>Male (ml/kg/min)</i>						
<i>Age</i>	<i>Very Poor</i>	<i>Poor</i>	<i>Fair</i>	<i>Good</i>	<i>Excellent</i>	<i>Superior</i>
13-39	<35.0	35.0-38.3	38.4-45.3	45.2-50.9	51.0-55.9	>55.9
20-29	<33.0	33.0-36.4	36.5-42.4	42.5-46.4	46.5-52.4	>52.4
30-39	<31.5	31.5-35.4	38.5-40.9	41.0-44.9	45.0-49.4	>49.6
40-49	<30.2	30.2-33.5	33.6-38.9	39.0-43.7	43.8-48.0	>48.0
50-59	<26.1	26.1-30.9	31.0-35.7	35.8-40.9	41.0-45.3	>45.3
60+	<20.5	20.5-26.0	26.1-32.2	32.3-36.4	36.5-44.2	>44.2

Adanya mata kuliah olahraga, terjadi peningkatan aktivitas fisik yang berpengaruh pada peningkatan nilai CRF para mahasiswa, hal ini dapat dilihat dari perubahan persentase kategori data tes awal dan tes akhir pada tahun 2017 dan 2023 (Tabel 2.2 - Tabel 2.5). **Perbandingan persentase kategori very poor semester 2** tahun 2017 dan 2023 selalu lebih sedikit dibandingkan semester 1, hal ini disebabkan pada semester 2 mahasiswa sudah mempersiapkan diri untuk menghadapi mata kuliah olahraga, sedangkan semester 1 masih terbawa dengan kebiasaan kurang gerak di tingkat sekolah menengah. **Perbandingan persentase kategori very poor tahun 2023 lebih banyak dibandingkan tahun 2017**, hal ini disebabkan pascapandemi yang terjadi membuat kebiasaan kurang bergerak meningkat pesat.

Tabel 2.2 Persentase Kategori CRF Putra Tahun 2017

HASIL PERSENTASE PUTRA TAHUN 2017						
Kategori	Semester 1			Semester 2		
	Tes Awal	Tes Akhir	Δ	Tes Awal	Tes Akhir	Δ
<i>Very Poor</i>	49.4	28.5	-20.9	44.1	20.7	-23.4
<i>Poor</i>	22.6	27.9	5.3	25.0	19.9	-5.1
<i>Fair</i>	23.3	33.2	9.9	27.5	40.4	12.9
<i>Good</i>	4.5	10.0	5.5	3.2	17.7	14.5
<i>Excellent</i>	0.2	0.3	0.1	0.2	1.2	1
<i>Superior</i>	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0

Tabel 2.3 Persentase Kategori CRF Putra Tahun 2023

HASIL PERSENTASE PUTRA TAHUN 2023						
Kategori	Semester 1			Semester 2		
	Tes Awal	Tes Akhir	Δ	Tes Awal	Tes Akhir	Δ
<i>Very Poor</i>	79.3	41.7	-37.6	83.0	42.4	-40.6
<i>Poor</i>	11.9	24.9	13	10.0	29.2	19.2
<i>Fair</i>	7.4	26.4	19	6.1	22.8	16.7
<i>Good</i>	1.2	6.8	5.6	0.7	5.4	4.7
<i>Excellent</i>	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1
<i>Superior</i>	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0

Tabel 2.4 Persentase Kategori CRF Putri Tahun 2017

HASIL PERSENTASE PUTRI TAHUN 2017						
Kategori	Semester 1			Semester 2		
	Tes Awal	Tes Akhir	Δ	Tes Awal	Tes Akhir	Δ
<i>Very Poor</i>	12.17	3.99	-8.19	7.83	2.30	-5.53
<i>Poor</i>	72.70	53.90	-18.80	72.78	44.60	-28.17
<i>Fair</i>	12.70	33.45	20.75	17.26	39.82	22.56
<i>Good</i>	1.39	6.93	5.54	1.96	11.33	9.37
<i>Excellent</i>	0.17	0.87	0.69	0.18	1.06	0.88
<i>Superior</i>	0.87	0.87	0.00	0.00	0.88	0.88

Tabel 2.5 Persentase Kategori CRF Putri Tahun 2023

HASIL PERSENTASE PUTRI TAHUN 2023						
Kategori	Semester 1			Semester 2		
	Tes Awal	Tes Akhir	Δ	Tes Awal	Tes Akhir	Δ
<i>Very Poor</i>	54.9	12.1	-42,8	41.1	3.5	-37.6
<i>Poor</i>	40.0	60.6	20.6	52.9	62.0	9.1
<i>Fair</i>	3.8	22.0	18.2	4.9	28.9	24
<i>Good</i>	0.8	3.7	2.9	0.9	4.0	3.1
<i>Excellent</i>	0.1	1.1	1	0.1	1.3	1,2
<i>Superior</i>	0.4	0.5	0.1	0.1	0.2	0.1

Meningkatnya aktivitas kurang bergerak berakibat pada tingkat kebugaran dan kesehatan mahasiswa yang ditandai dengan nilai CRF yang cenderung terus menurun. Akan berakibat pada tingginya risiko penyakit degeneratif yang mungkin akan dialami. Perlu langkah preventif untuk mengurangi risiko tersebut dengan menjalankan gaya hidup sehat aktif melalui kegiatan olahraga

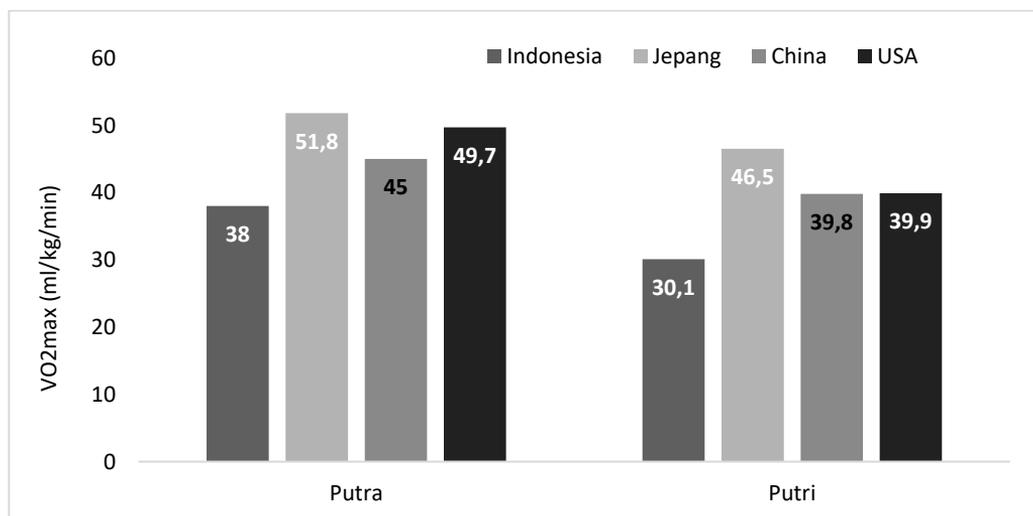
2.4 Indeks Kebugaran Mahasiswa ITB dengan Negara Lain

Cardiorespiratory fitness (CRF) sebagai salah satu indikator tingkat kebugaran fisik seseorang. Secara lebih spesifik CRF didefinisikan sebagai kemampuan sistem peredaran darah, pernapasan, dan otot untuk memasok oksigen selama aktivitas fisik. CRF dapat dinilai sebagai kekuatan VO₂max dan juga kemampuan ekuivalen metabolik (MET) yang perlu diperhatikan secara rutin, karena rendahnya tingkat CRF dapat menjadi salah satu pemicu munculnya penyakit yang mengakibatkan kematian. Oleh karena itu tidak heran bahwa *sport practician* melakukan improvisasi *training drills* untuk meningkatkan CRF seseorang.

Hubungan antara CRF sebagai salah satu indikator dalam pencegahan penyakit degeneratif telah diteliti oleh beberapa peneliti sebelumnya. Misalnya Kwoond menyatakan bahwa kadar CRF yang lemah, dapat meningkatkan risiko terkena penyakit degeneratif. Dalam literasi lain yang membahas tentang imunitas, menjelaskan bahwa CRF memiliki hubungan dengan imunitas tubuh seseorang. Secara lebih spesifik dijelaskan bahwa improvisasi CRF sejalan dengan peningkatan daya tahan imunitas seseorang. Oleh karena dua literasi tersebut, kita dapat berargumen bahwa ada hubungan antara improvisasi CRF dan penyakit degeneratif. Di mana,

imunitas sebagai *output* peningkatan CRF dapat menjadi cara dalam mencegah penyakit degeneratif.

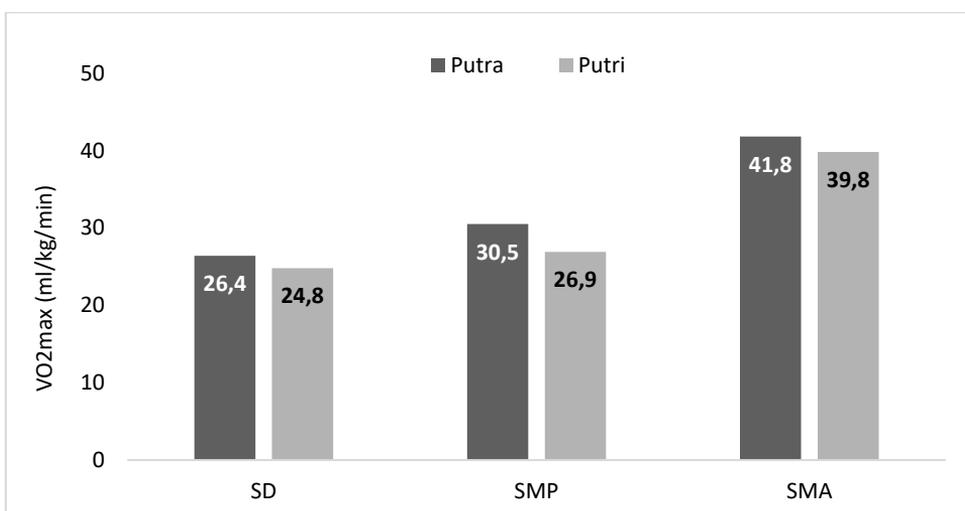
Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah populasi warga Indonesia adalah 278,8 juta jiwa, di mana ini merupakan jumlah penduduk terbanyak ke-4 di dunia. Pertumbuhan jumlah penduduk tersebut, nampaknya diiringi dengan risiko permasalahan terkait *less activity*. Sebagai contoh Hanifah at al, menyatakan bahwa 57% anak-anak di Indonesia dikategorikan sebagai *insufficient physical activity*. Dampaknya diperkirakan bahwa di masa mendatang penyakit degeneratif menjadi permasalahan utama bagi masyarakat Indonesia. Tentunya perkiraan ini didukung oleh beberapa penelitian sebelumnya, sebagai contoh mengatakan bahwa duduk di kursi maupun di kendaraan, diam di depan layar, kurang melakukan aktivitas fisik lainnya, akan menyebabkan minimnya *energy expenditure*, sehingga risiko penyakit degeneratif kronis di antaranya penyakit jantung koroner, tekanan darah tinggi, kardiovaskular, diabetes melitus, dan osteoporosis bahkan hingga kematian.



Gambar 2.2 Tingkat kebugaran mahasiswa TPB ITB dan mahasiswa negara lain.

Oleh karena itu, mengetahui level CRF seseorang dengan mengukur VO₂max adalah variabel penting sebagai evaluasi rutinitas tingkat kesehatan seseorang. ITB melalui KK. Ilmu Keolahragaan SF ITB sudah sangat *concern* dengan permasalahan terkait CRF mahasiswa ITB. Oleh karena itu, implementasi mata kuliah olahraga sudah sangat menjawab tantangan untuk

meningkatkan CRF seseorang. Mata Kuliah (MK) olahraga yang diberikan untuk mahasiswa tahapan pembelajaran bersama (TPB) Institut Teknologi Bandung bertujuan agar mahasiswa mampu meningkatkan dan menjaga kebugaran fisiknya. Dari data yang telah dikumpulkan dari 2017 dan 2023 diketahui bahwa kemampuan VO₂max sebelum mengikuti MK Olahraga sangat kurang, namun setelah mengikuti MK olahraga diketahui bahwa terdapat peningkatan VO₂max pada mahasiswa. Secara lebih detail, jika dibandingkan dengan data kebugaran remaja putra dan putri di Singapura dapat dilihat kemampuan kebugaran mahasiswa setelah mengikuti MK olahraga lebih besar, dengan kemampuan VO₂max yang bagus. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa MK olahraga dapat meningkatkan kebugaran yang lebih baik sehingga dapat mencegah risiko terjadinya penyakit degeneratif.



Gambar 2.3 Tingkat Kebugaran Putra dan Putri Tingkat SD, SMP, dan SMA di Jawa Barat.

Pada Gambar 2.3 merupakan nilai CRF pada berbagai jenjang pendidikan mulai dari SD, SMP, dan SMA yang ada di wilayah Jawa Barat. Rata-rata usia tingkat sekolah dasar 11 tahun, 13 tahun untuk SMP, dan 16 tahun untuk SMA. Data VO₂max yang menggambarkan tingkat CRF para siswa menunjukkan bahwa, semakin bertambahnya usia berbanding lurus dengan tingkat kebugaran yang semakin tinggi. Tingkat kebugaran putra selalu lebih unggul daripada putri. Menariknya dari beberapa sekolah yang menjadi subjek penelitian, sekolah yang berada di lingkungan militer memiliki kecenderungan tingkat kebugaran yang lebih baik dibandingkan lingkungan

biasa. Rata-rata sekolah yang berada di lingkungan militer memiliki kebiasaan berolahraga, dengan adanya sarana dan prasarana yang mendukung kegiatan tersebut.

2.5 Kesimpulan

Olahraga kesehatan menjadi tujuan utama dan pertama dalam menciptakan (1) indeks kebugaran yang tinggi di masyarakat Indonesia, bahkan (2) menciptakan calon atlet berprestasi. Konsep ide ini berlandaskan beberapa hal, yaitu (1) kesehatan adalah indeks di bawah kebugaran, dan kesehatan dapat diraih dengan suatu program olahraga yang memiliki periodisasi tepat, dan berkesinambungan. Jika periodisasi tersebut dijalankan dengan rutin dan disiplin, maka capaian level kebugaran akan didapatkan kelak. Perlu dipahami bahwa semakin seseorang mencapai kebugaran yang baik, maka tingkat risiko terkena suatu penyakit degeneratif akan semakin rendah. Poin selanjutnya adalah (2) menciptakan calon atlet berprestasi. Hal ini berlandaskan daripada tingkat partisipasi masyarakat kategori anak dan remaja dalam menggeluti suatu olahraga demi kesehatan. Semakin besar indeks partisipasi tersebut, secara otomatis akan menimbulkan rasa senang dalam berolahraga, konsep rasa senang ini lambat laun akan tumbuh bersama dengan kordinasi gerak motorik kasar dan halus yang lebih baik, terciptanya rasa untuk berlatih lebih, dan puncaknya akan tercipta rasa untuk berlatih demi prestasi. Oleh karena itu, sangat penting meletakkan konsep dasar olahraga kesehatan bagi masyarakat secara umum sejak sedini mungkin demi mendapatkan tujuan kebugaran yang tinggi dan menciptakan bibit bibit atlet potensial bagi Indonesia.

3 BULU TANGKIS

3.1 Pendahuluan

Bulu tangkis sudah menjadi olahraga yang populer untuk sebagian besar masyarakat Indonesia. Masih sangat teringat, bagaimana momen indah kemenangan pertama kali tim bulu tangkis Indonesia di Olimpiade Barcelona 1992. Para atlet bulu tangkis saat itu, seperti Susi Susanti dan Alan Budi Kusuma, sukses menyumbangkan medali emas kepada Indonesia.

Namun, seiringnya perjalanan waktu, kontestasi bulu tangkis di pertandingan Olimpiade ataupun multi-event Internasional lainnya mengalami perkembangan sangat pesat. Dampaknya, tingkat kompetitif di suatu kejuaraan sangatlah tinggi serta menantang. Sebagai bukti, jika pada edisi ajang Olimpiade 1992 sampai dengan 2008 kompetitor Indonesia adalah negara-negara seperti China, Korea Selatan, dan Denmark, namun mulai pada edisi Olimpiade 2012 sampai dengan 2024, muncul kompetitor baru seperti Rusia, India, dan German. Secara spesifik Tabel 3.1 menggambarkan tingkat capaian medali (emas, perak, perunggu) setiap negara pada Olimpiade 1992 sampai dengan 2024 pada cabor bulu tangkis. Indonesia memiliki posisi yang tertinggal jauh dari Tiongkok, dan saat ini juga, Korea Selatan menyamai jumlah total perolehan medali Indonesia.

Tabel 3.1 Raihan medali pada Olimpiade (Sumber utama data: BWF)

Negara	1992	1996	2000	2004	2008	2012	2016	2020	2024	Total
Tiongkok (CHN)	5	4	8	5	8	8	3	6	5	52
Indonesia (INA)	5	4	3	3	3	–	1	2	1	22
Korea Selatan (KOR)	4	4	2	4	3	1	1	1	2	22
Denmark (DEN)	1	1	1	1	–	2	2	1	1	10
Malaysia (MAS)	1	2	–	–	1	1	3	1	2	11
Jepang (JPN)	–	–	–	–	–	1	2	1	2	6
Britania Raya (GBR)	–	–	1	1	–	–	1	–	–	3
India (IND)	–	–	–	–	–	1	1	1	–	3
Tionghoa Taipei (TPE)	–	–	–	–	–	–	–	2	1	3
Belanda (NED)	–	–	–	1	–	–	–	–	–	1
Rusia (RUS)	–	–	–	–	–	1	–	–	–	1
Spanyol (ESP)	–	–	–	–	–	–	1	–	–	1
Thailand (THAI)	–	–	–	–	–	–	–	–	1	1

Menyikapi fenomena dan tantangan ini, tentunya praktisi serta akademisi harus memiliki sikap kritis dalam mencari jalan keluar yang tepat dan faktual,

dalam sudut pandang keilmuan yang jelas. *Sports science* sebagai induk dari multidisiplin dalam olahraga, memiliki peran penting dalam menjawab setiap tantangan tersebut. Tujuan daripada tantangan tersebut sangat jelas, yaitu menggunakan “*sports science*”, sebagai wadah keilmuan yang dapat meningkatkan performa dan prestasi atlet bulu tangkis Indonesia.

Oleh karena itu, pada Bab 3 ini, penulis ingin menuliskan bukti akademik otentik yang telah dilakukan oleh KK Ilmu Keolahragaan SF ITB, serta menunjukkan sikap kritis dalam memberikan kesimpulan terkait perkembangan bulu tangkis di masa depan.

3.2 Pengertian, Tujuan, dan Manfaat Bulu Tangkis Sebagai Olahraga Prestasi

Dalam beberapa tahun terakhir, bulu tangkis berkembang pesat sebagai olahraga raket dengan 200 juta pengikutnya. Di samping itu, profesionalisme dalam mencetak atlet-atlet bulu tangkis elit, menjadi tantangan tersendiri bagi para pelatih, serta ilmuwan olahraga di bidang bulu tangkis. Umumnya mereka diharuskan membuat tes performa fisik tertentu, sehingga dapat memenuhi tuntutan fisiologis selama pertandingan bulu tangkis. Namun fakta dalam bibliometrik menyatakan bahwa penelitian ilmu pelatihan bulu tangkis lebih rendah dibandingkan dengan perspektif terhadap dampak kesehatan pada bulu tangkis (30 vs 67 dokumen selama tahun 2007 – 2017). Oleh karena itu, perhatian dalam meningkatkan literasi pelatihan ilmiah bulu tangkis harus lebih diperhatikan, sehingga kebutuhan untuk mendukung program pelatihan dapat dipenuhi (Phomsoupha, dkk., 2018).

Faktanya, bulu tangkis memiliki kategori permainan intermiten dengan intensitas tinggi dan rendah, diikuti dengan periode pemulihan yang singkat. Namun, masih terdapat perdebatan mengenai respon metabolik yang terjadi selama *match play*. Hal ini disebabkan kurangnya literasi yang menggunakan perangkat metabolik portabel untuk menyelidiki respons metabolik selama pertandingan. Penelitian sebelumnya, banyak yang melakukan tes di laboratorium (misalnya pengukuran langsung VO₂max saat berlari hingga kelelahan di *treadmill*) sebagai metode utama untuk mengukur respons metabolik. Sayangnya, metode *continues* ini gagal memberikan rekomendasi dalam melakukan tes performa fisik tertentu dalam bulu tangkis, mengingat bulu tangkis adalah kategori permainan intermiten (Phomsoupha, dkk., 2018).

Menariknya, respons metabolik bukan satu-satunya variabel yang dipertimbangkan dalam mengukur program spesifik pelatihan tes kinerja fisik pada bulu tangkis. Secara detail, Hoppe, dkk. menjelaskan bahwa (i) beban eksternal (EL), (ii) beban internal (IL), (iii) tindakan teknis/taktis (TTA), dan (iv) profil aktivitas (AP) merupakan empat kategori variabel utama yang harus diperhatikan. Sayangnya, interaksi antara variabel-variabel tersebut dalam menciptakan program spesifik pelatihan tes kinerja fisik pada bulu tangkis dalam bulu tangkis masih belum jelas. Selain itu, sepanjang pengetahuan kami, informasi ini belum ditinjau untuk pemain bulu tangkis di semua kategori (tunggal putra, ganda putra, ganda campuran, tunggal putri, dan ganda putri).

Dalam konteks ketertarikan dan beberapa permasalahan yang ditemukan pada penelitian-penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa masih sedikit literatur yang menyelidiki ilmu pelatihan bulu tangkis, maka tujuan dari rangkaian penelitian yang dilakukan oleh Tommy Apriantono, di bawah Kelompok Keilmuan (KK) ilmu keolahragaan Institut Teknologi Bandung (ITB) adalah mengukur dan memantau EL, IL, TTA, dan AP selama *match play* bulu tangkis di semua kategori dan semua level pemain bulu tangkis. Serta menindaklanjuti bagaimana risiko cedera dan peningkatan performa dalam sudut pandang *sports science* pada bulu tangkis (Phomsoupha, dkk. 2018; Hoppe dkk., 2021).

3.3 Langkah Konkret ITB Terhadap Kemajuan Bulu Tangkis (Kerja Sama dengan Persatuan Bulu Tangkis (PB) Jaya Raya, PB. Mutiara, dan PB. TAQI Arena)

KK Ilmu Keolahragaan SF ITB telah menjalankan kerja sama dengan beberapa Persatuan Bulu tangkis (PB), seperti PB. Jaya Raya, Jakarta, PB. Mutiara, Bandung, dan PB. Taqi Arena, Bandung. Bentuk kerja sama ini sebagai bentuk kontribusi nyata KK Ilmu Keolahragaan SF ITB dalam menerapkan implementasi hasil penelitian kepada setiap atlet bulu tangkis. Tujuan daripada kerja sama ini sebagai bentuk dukungan, dalam menciptakan atlet bulu tangkis yang memiliki kemampuan prestasi Internasional, serta memiliki edukasi dan *attitude* baik sebagai seorang atlet. Selain itu, kerja sama ini juga dapat dirasakan langsung oleh para pelatih dan setiap pengurus PB dalam melaksanakan proses pembinaan atlet bulu tangkis Indonesia.



Gambar 3.1 Implementasi kerja sama KK Ilmu Keolahragaan ITB dengan PB. Jaya Raya.

Implementasi ini, sudah dijalankan sejak tahun 2018. KK ilmu Keolahragaan SF ITB berharap, kerja sama dengan tiga PB ini, menjadi cikal bakal dalam membentuk sistem pembinaan olahraga bulu tangkis yang berbasis *sports science*.

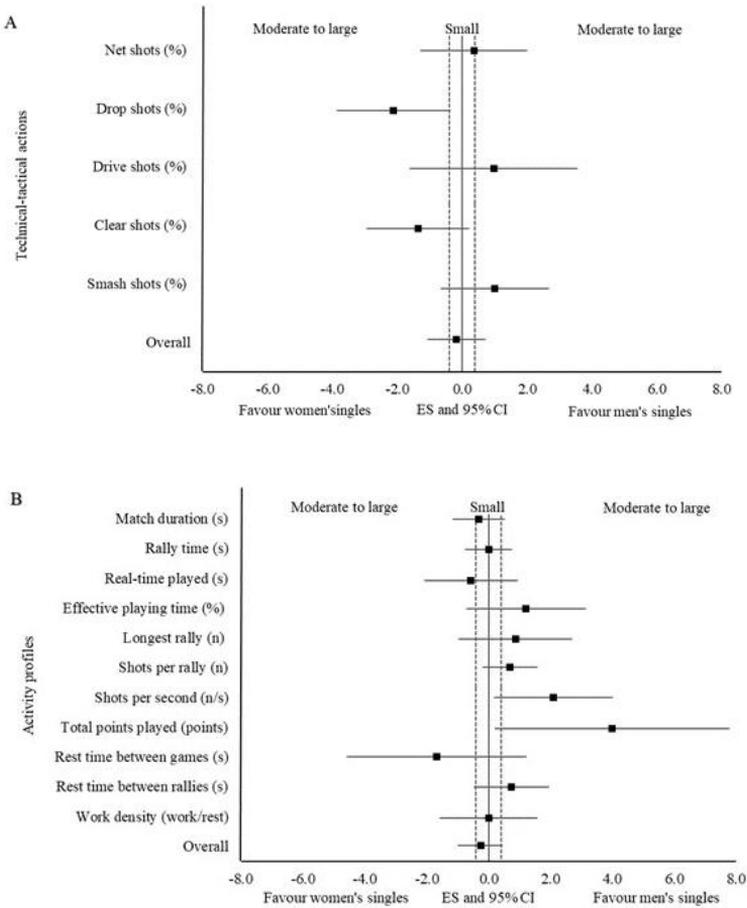
3.4 Systematic Review pada Bulu Tangkis (*Match-Play Data According to Playing Categories in Badminton: A Systematic Review*)

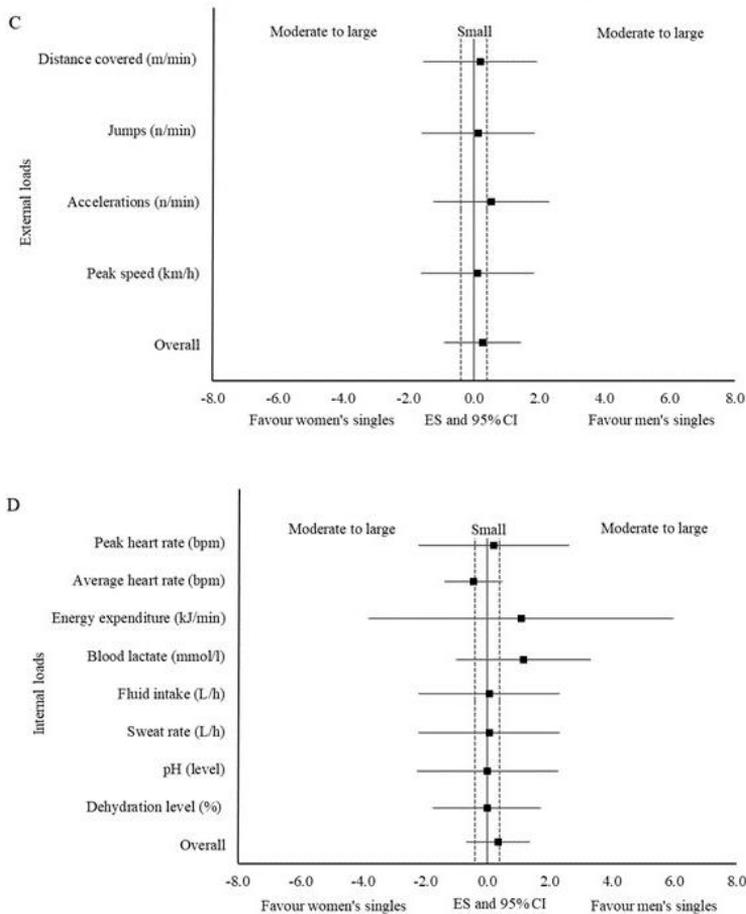
Sejak tahun 1992, bulu tangkis telah menjadi bagian dari Olimpiade dan telah berkembang menjadi olahraga raket dengan struktur profesional dan tingkat persaingan yang tinggi. Aspek penting dari bulu tangkis adalah karakteristik lima kategori permainan yang berbeda: tunggal putra dan putri serta ganda putra, putri, dan campuran. Perlu diingat, bahwa tanpa bukti yang kuat, sangat sulit bagi para pelatih untuk menentukan sistem karakteristik fisiologi yang bekerja selama pertandingan. Di sisi lain, prosedur pelatihan dan pengujian khusus diperlukan untuk mempersiapkan para atlet berdasarkan karakteristik masing-masing. Secara umum, prosedur pelatihan tersebut, harus meniru tuntutan permainan selama pertandingan, sehingga karakteristik fisiologi yang bekerja selama pertandingan setiap kategori dapat terungkap. Oleh karena itu, tinjauan sistematis ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan data *match-play* berdasarkan lima kategori permainan bulu tangkis (Abian-Vicen J, dkk., 2014; Phomsoupha, dkk. 2018; Hoppe, dkk., 2021).

Metode yang dilakukan dalam tinjauan sistematis ini mengikuti pedoman *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) 2020. Pencarian literatur dilakukan di database antara lain *ScienceDirect*, *PubMed*, *Google Scholar*, *Scopus*, *Web of Science*, dan *Cochrane Library* pada tanggal 1 Juni 2023. *P=Population*, *I=Intervention*, *C=Comparisons*, dan *O=Outcomes* (PICO) skema digunakan untuk mengembangkan pencarian. Entri yang diterima diunduh ke pengelola kutipan (Clarivate Analytics, Endnote X9, London, UK), dan data duplikat dipastikan telah dihapus. Selain itu, fitur '*related citations*' dari PubMed digunakan untuk mengidentifikasi penelitian lebih lanjut yang relevan. Spreadsheet (Microsoft Office, Excel 2016, Redmond, WA, USA) dibuat untuk mengelola studi yang terdeteksi mengikuti skema PICO yang telah dikembangkan. Judul, abstrak, dan teks lengkap dari studi yang dipilih disaring berdasarkan kriteria kelayakan yang ditentukan. Dua penulis secara independen mengambil data, dan jika terdapat perselisihan diselesaikan melalui diskusi atau konsultasi dengan penulis ketiga.

Hasil daripada penelitian ini adalah (1) pada kategori tunggal, tindakan teknis-taktis, putra melakukan lebih banyak *drive* ($9,9 \pm 11,9$ vs $5,4 \pm 4,9\%$; $ES=0,98 \pm 0,93$) dan pukulan *smash* ($20,3 \pm 9,4$ vs $15,5 \pm 8,6\%$; $ES=1,01 \pm 0,78$) dibandingkan putri. Semua perbedaan *effect size* (ES) adalah kecil ($ES=0,36$). ES keseluruhan untuk tindakan teknis-taktis tergolong kecil ($ES=-0,17 \pm 0,43$), lebih menguntungkan tunggal putri. Mengenai profil aktivitas, putra memiliki waktu bermain efektif yang jauh lebih tinggi ($35,7 \pm 4,5$ vs $29,6 \pm 7,5\%$; $ES=1,21 \pm 0,79$), reli terpanjang ($41,7 \pm 1,7$ vs $32,3 \pm 2,6$ n; $ES=0,87 \pm 0,75$), *shot* per detik ($0,9 \pm 0,2$ vs $0,8 \pm 0,2$ shot/dtk; $ES=2,09 \pm 0,83$), total poin yang dimainkan ($75,7 \pm 8,6$ vs $33,2 \pm 2,2$ poin; $ES=3,99 \pm 1,48$), dan waktu istirahat antar-reli ($22,7 \pm 11,9$ vs $16,7 \pm 4,6$ detik; $ES=0,73 \pm 0,56$) dibandingkan putri. Selanjutnya, putra melakukan *shot* lebih banyak per reli dibandingkan putri ($8,7 \pm 2,1$ vs $6,7 \pm 1,1$ n; $ES=0,69 \pm 0,43$). ES keseluruhan untuk profil aktivitas tergolong kecil ($ES=-0,27 \pm 0,37$), lebih menguntungkan putri. Tidak ada perbedaan besar yang teramati untuk beban eksternal antara kategori tunggal putra dan putri. Namun, putra melakukan akselerasi yang lebih besar ($25,9 \pm 0,6$ vs $24,7 \pm 0,2$ n/mnt; $ES=0,54 \pm 0,72$) dibandingkan putri. Semua perbedaan selanjutnya kecil ($ES=0,11$ hingga $0,20$). ES keseluruhan untuk beban eksternal kecil ($ES=0,27 \pm 0,56$), menguntungkan tunggal putra. Mengenai beban internal, putra memiliki pengeluaran energi yang jauh lebih tinggi ($57,4 \pm 15,1$ vs $45,4 \pm$

0,7 kJ/mnt; ES=1,08 ± 1,14) dan laktat darah (5,4 ± 3,1 vs 2,2 ± 0,4 mmol/l; ES=1,16 ± 0,88) daripada putri. Semua perbedaan selanjutnya kecil (ES=0,00 hingga 0,20). ES keseluruhan untuk beban internal kecil (ES=0,34 ± 0,50), menguntungkan tunggal putra. Gambar 3.2 menjelaskan perbedaan antara kategori tunggal putra dan putri.

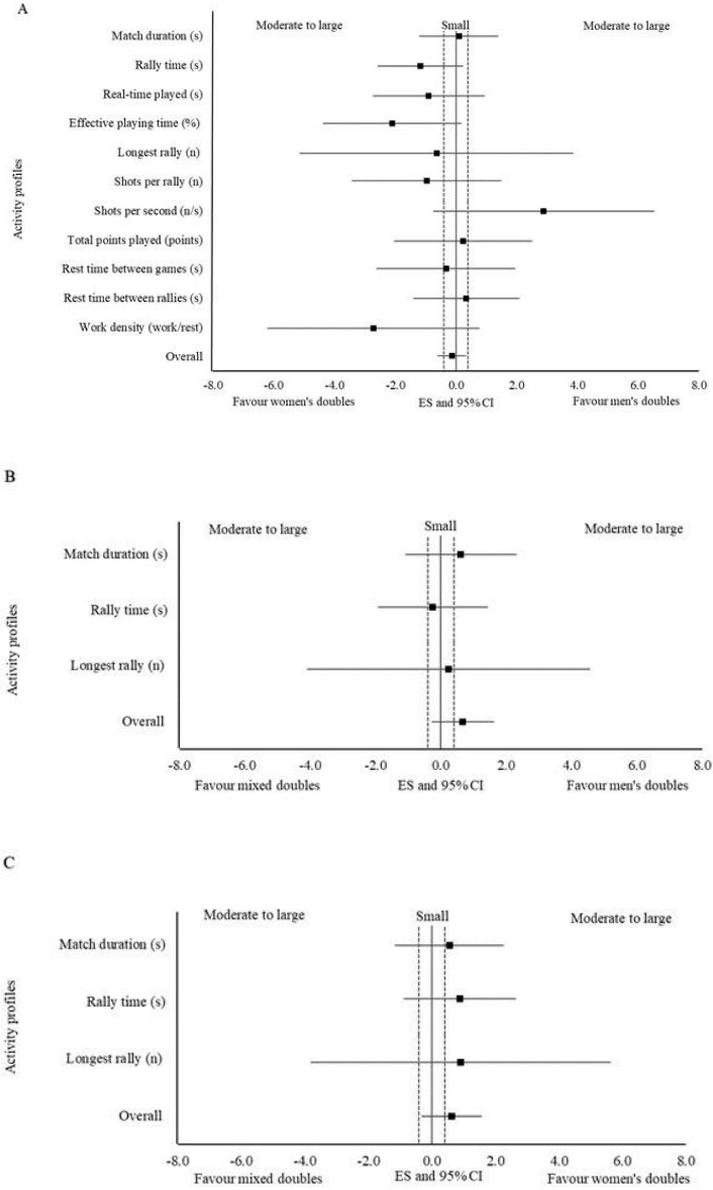




Gambar 3.2 Perbedaan *Effect Sizes* (ES) antara kategori tunggal putra dan putri.

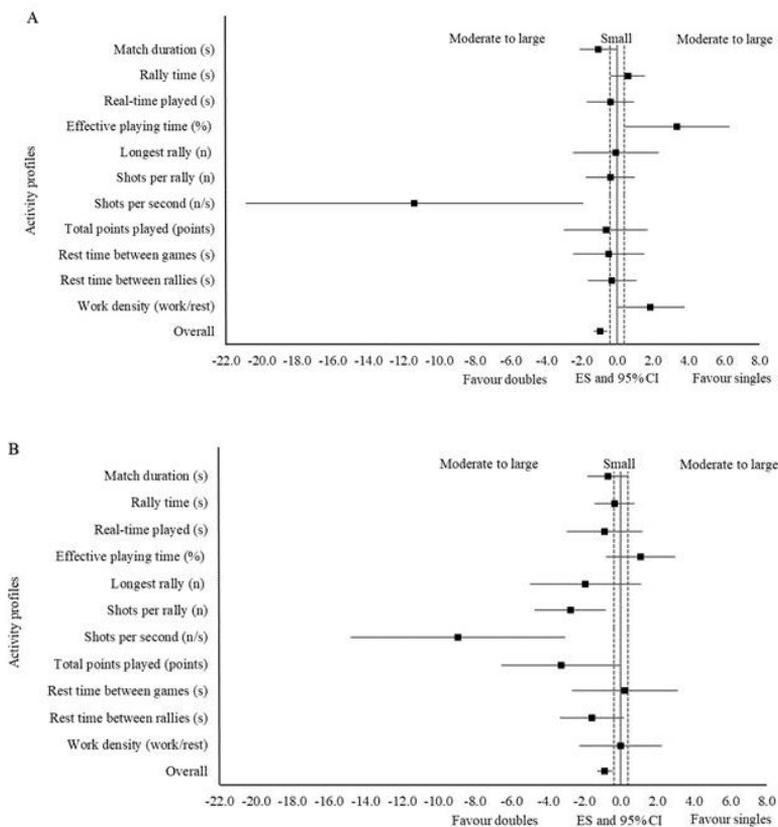
Hasil kedua (2) adalah dalam kategori ganda antara putra dan putri. Terkait profil aktivitas antara kategori ganda putra dan putri, kategori ganda putra menghasilkan lebih banyak *shot* per detik ($1,5 \pm 0,0$ vs $1,3 \pm 0,0$ n/s; $ES=2,90 \pm 1,31$) dibandingkan ganda putri. ES keseluruhan untuk profil kegiatan tergolong kecil ($ES=-0,13 \pm 0,24$), dan lebih menguntungkan ganda putri. Mengenai profil aktivitas antara kategori ganda putra dan ganda campuran, ganda putra memiliki durasi pertandingan yang cukup lama (3223.0 ± 645.0 vs 2654.3 ± 216.2 s; $ES=0.61 \pm 0.73$) dibandingkan ganda campuran. ES keseluruhan untuk profil aktivitas adalah sedang ($ES=0,67 \pm 0,46$), dan lebih menguntungkan ganda putra. Mengenai profil aktivitas antara kategori ganda putri dan ganda campuran, ganda putri memiliki durasi pertandingan yang jauh lebih lama ($3146,4 \pm 753,3$ vs $2654,3 \pm 216,2$ detik;

ES=0,55 ± 0,72), waktu reli (9,7 ± 1,0 vs 7,0 ± 1,2 detik; ES=0,89 ± 0,75), dan durasi reli terpanjang (57,4 ± 1,4 vs 39,0 ± 3,1 n; ES=0,90 ± 1,10) dibandingkan ganda campuran. ES keseluruhan untuk profil aktivitas adalah sedang (ES=0,62 ± 0,45), lebih menguntungkan ganda putri. Gambar 3.3 menjelaskan perbedaan antara kategori ganda putra dan putri.



Gambar 3.3 Perbedaan Effect Sizes (ES) antara kategori ganda putra dan putri.

Hasil ketiga (3) adalah perbedaan dalam kategori tunggal dan ganda antara jenis kelamin mengenai profil aktivitas. Dalam profil aktivitas putra, kategori tunggal memiliki waktu bermain efektif yang jauh lebih tinggi ($35,7 \pm 4,5$ vs $18,6 \pm 2,1\%$; $ES=3,36 \pm 1,20$) dan *work density* ($0,4 \pm 0,1$ vs $0,2 \pm 0,0$ kerja/istirahat; $ES=1,86 \pm 0,83$) dari kategori ganda. Selain itu, kategori tunggal memiliki waktu reli yang cukup tinggi ($8,7 \pm 2,3$ vs $6,6 \pm 0,7$ detik; $ES=0,60 \pm 0,47$) dibandingkan kategori ganda. ES keseluruhan untuk profil kegiatan adalah besar ($ES=-0,95 \pm 0,20$), lebih besar pada kategori ganda. Mengenai profil aktivitas putri, kategori tunggal memiliki waktu bermain efektif yang jauh lebih tinggi ($29,6 \pm 7,5$ vs $25,9 \pm 3,2\%$; $ES=1,09 \pm 0,77$) dibandingkan kategori ganda. Semua perbedaan selanjutnya kecil ($ES=0,00$ hingga $0,22$). ES keseluruhan untuk profil kegiatan adalah besar ($ES=-0,88 \pm 0,21$), mendukung kategori ganda. Gambar 3.4 menjelaskan perbedaan antara kategori tunggal dan ganda pada kedua jenis kelamin.



Gambar 3.4 Perbedaan *Effect Sizes* (ES) Antara Tunggal dan Ganda Pada Kedua Jenis Kelamin.

Kesimpulan pada *systematic review* yang telah dilakukan adalah terdapat perbedaan data *match-play* berdasarkan lima kategori permainan bulu tangkis. Oleh karena itu, setiap kategori memerlukan prosedur pelatihan dan pengujian khusus, yang harus dipertimbangkan oleh para ilmuwan dan pelatih.

3.5 Fisiologi Atlet Ganda Putra (*Physiological Characteristics of Indonesian Junior Badminton Players: Men's Double Category*)

Latar belakang penelitian ini berfokus pada karakteristik fisiologis pemain bulu tangkis junior Indonesia, khususnya dalam kategori ganda putra. Penelitian ini penting karena bulu tangkis adalah olahraga yang sangat populer di Indonesia, dan pemahaman yang lebih baik tentang karakteristik fisik dan fisiologis pemain dapat membantu dalam pengembangan metode pelatihan yang lebih efektif (Abian-Vicen J dkk., 2014).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menilai karakteristik fisiologis pemain bulu tangkis junior Indonesia dan menggunakan temuan tersebut untuk merancang metode pelatihan yang lebih tepat dan efektif. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk memberikan wawasan yang berguna bagi pelatih, peneliti olahraga, dan atlet dalam meningkatkan performa dan potensi atlet di setiap turnamen dan kompetisi

Metode dan alur penelitian ini melibatkan beberapa langkah yang sistematis untuk mengevaluasi karakteristik fisiologis pemain bulu tangkis junior. Berikut adalah rincian metode dan alur penelitian:

1. Desain Penelitian: Penelitian ini melibatkan sesi familiarisasi dan dua sesi eksperimen. Semua peserta dibagi menjadi enam pasangan untuk melakukan dua sesi eksperimen.
2. Sesi Eksperimen: (1) Sesi Laboratorium: Pada sesi ini, VO₂max diukur menggunakan tes *ramp* yang bergantung pada kecepatan (INCS) berdasarkan protokol bertahap. Peserta diminta untuk tidak makan atau minum kafein sebelum tes. (2) Sesi *On-Court*: Pada sesi ini, peserta bermain dalam simulasi pertandingan sesuai dengan aturan yang ditetapkan oleh *Badminton World Federation* (BWF). Sesi ini dilakukan setelah periode pemulihan satu minggu dari sesi laboratorium. (3) Pengukuran dan Analisis: Karakteristik antropometrik (berat badan, tinggi badan, indeks masa tubuh (IMT), persentase lemak tubuh) dan parameter

kardiorespirasi (VO₂max, ventilasi, frekuensi pernapasan) diukur dan dibandingkan antara pasangan peserta.

Dengan alur penelitian yang terstruktur ini, peneliti dapat memperoleh data yang relevan untuk memahami karakteristik fisiologis pemain bulu tangkis junior dan merumuskan rekomendasi untuk pelatihan yang lebih efektif.

Hasil penelitian mengenai karakteristik fisiologis pemain bulu tangkis junior Indonesia, khususnya dalam kategori ganda putra, menunjukkan beberapa temuan penting:

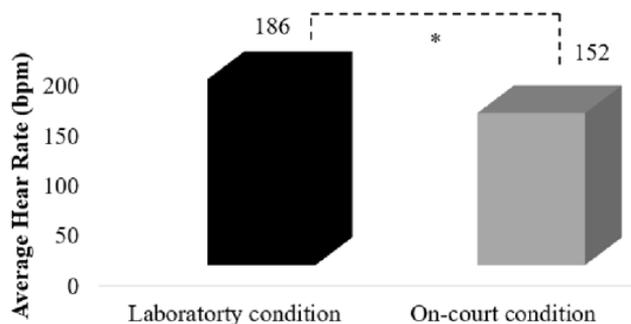
1. Penelitian ini mencatat rata-rata karakteristik antropometrik peserta, termasuk berat badan, tinggi badan, IMT, dan persentase lemak tubuh. Data ini memberikan gambaran tentang komposisi fisik pemain. Dapat dilihat pada Tabel. 3.2

Tabel 3.2 Karakteristik anthropometry atlet bulu tangkis ganda putra.

<i>Variables</i>	$\bar{X}(SD)$
Usia (tahun)	16.50 (±0.67)
Tinggi badan (cm)	175.3 (±5.93)
Berat badan (kg)	69.01 (±7.55)
IMT (kg/m ⁻²)	22.43 (±1.98)
Lemak tubuh (kg)	13.02 (±3.80)
Muscle mass in Humerus Dextra (kg)	3.36 (±0.43)
Muscle mass in Humerus Sinistra (kg)	2.89 (±0.52)
Muscle mass in Trunk Dextra (kg)	11.98 (±1.16)
Muscle mass in Trunk Sinistra (kg)	12.43 (±1.05)
Peak minute ventilation (l/min ⁻¹)	119.21 (±18.84)
Respiratory frequency (min ⁻¹)	57.76 (±12.03)
Peak VO ₂ /HR (ml/bpm)	17.42 (±2.48)
VO ₂ max (ml/kg /min)	49.95 (±4.45)
RPE CR-10 scale (laboratory condition)	9.0 (±0.43)
RPE CR-10 scale (on-court condition)	8.08 (±0.79)

2. Hasil menunjukkan perbedaan signifikan dalam parameter kardiorespirasi, seperti VO₂max, ventilasi (V_E), dan frekuensi pernapasan (Rf) antara pasangan peserta. Ini menunjukkan bahwa ada variasi dalam kapasitas aerobik dan efisiensi pernapasan di antara pemain.
3. Penelitian ini juga menemukan bahwa detak jantung (HR) dan konsentrasi laktat lebih tinggi pada tes laboratorium dibandingkan dengan simulasi pertandingan di lapangan. Hal ini menunjukkan bahwa beban (*load*) yang dihasilkan dari tes laboratorium dapat memengaruhi respons fisiologis

atlet, yang mungkin tidak sepenuhnya mencerminkan kondisi pertandingan nyata. Dapat dilihat pada Gambar 3.5 untuk detak jantung, dan Tabel 3.3 untuk konsentrasi laktat.



Gambar 3.5 Perbedaan denyut jantung dengan taraf signifikan $p < 0.05$

Tabel 3.3 Perbedaan asam laktat pada tes laboratorium dengan simulasi pertandingan di lapangan.

Variables	Laboratorium			Simulasi Pertandingan			Anova P-Values ^(a)	
	Sebelum	Sesudah	p ^(b)	Sebelum	Sesudah	p ^(b)	Antar Gup	Antar Waktu
Lactate (Mmol/L)	2.69±1.15	12.30±3.53	0.001 [*]	3.05±1.13	4.6±1.11	0.007	0.001 [*]	0.001 [†]

(a) Superscript: A 2 × 2 repeated measures analysis of variance (ANOVA). *Taraf signifikan ($p < 0.05$).

(b) Superscript: Independent t-test. * Taraf signifikan ($p < 0.05$) antara tes laboratorium dengan simulasi pertandingan di lapangan.

- Berdasarkan hasil yang diperoleh, peneliti merekomendasikan penggunaan metode pelatihan yang melibatkan interval intensitas tinggi dan latihan ketangkasan untuk meningkatkan performa atlet. Penelitian ini juga menekankan pentingnya pengukuran yang lebih optimal dan penggunaan perangkat metabolik portabel untuk evaluasi di lapangan di masa depan.

Secara keseluruhan, penelitian ini berhasil mengidentifikasi karakteristik fisiologis yang relevan dan memberikan wawasan yang berguna untuk pengembangan program pelatihan bagi pemain bulu tangkis junior di Indonesia. Selain itu, penelitian ini menunjukkan bahwa karakteristik fisiologis kategori ganda putra Indonesia merupakan *intermittent* dengan intensitas tinggi dan rendah, diselingi dengan waktu *recovery* pendek. Ditemukan juga bahwa protokol maksimum di laboratorium mengharuskan partisipan untuk mengeluarkan energi secara maksimum, sehingga

menghasilkan peningkatan denyut jantung dan tingkat asam laktat dibandingkan kondisi di lapangan.

3.6 Fisiologi Atlet Kategori Tunggal Putra dan Putri (*Correlation Between Internal Loads and Activity Profiles in Badminton: Comparison of Sex Differences in the Singles Category*)

Mengetahui karakteristik fisiologi adalah salah satu hal yang paling penting dalam bulu tangkis. Bulu tangkis yang memiliki karakteristik *intermittent*, membutuhkan kapasitas aerobik dan anaerobik yang baik untuk mendukung setiap teknik dan taktik di dalam pertandingan. Namun sayangnya, prosentase kebutuhan aerobik dan anaerobik pada badminton masih memiliki ambiguitas. Sebagai contoh Faccini, dkk. menemukan bahwa sistem aerobik menyediakan 65% dari total pasokan energi selama permainan dengan intensitas tinggi. Mendukung pendapat tersebut, Phomsoupha, dkk., menemukan fakta bahwa pertandingan individu membutuhkan sekitar 30% pasokan energinya dari sistem anaerobik dan 60-70% dari sistem aerobik (Phomsoupha, dkk., 2018; Hoppe, dkk., 2021).

Di sisi lain, literasi sebelumnya yang dilakukan oleh Impellizeri, dkk. mengungkapkan bahwa, data terukur eksternal atau internal-fisiologis adalah dua pengukuran variabel yang wajib dilakukan untuk menggambarkan tuntutan fisik pemain. Kedua komponen tersebut saling berkaitan, sehingga menciptakan prinsip efisiensi mekanis dalam suatu pertandingan. Sebagai contoh, tindakan teknik/taktik yang ditampilkan atlet pada saat bertanding memengaruhi profil aktivitasnya, sehingga pada akhirnya akan memengaruhi beban eksternal dan internal yang harus dipenuhi oleh atlet.

Berdasarkan literasi sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa variabel internal fisiologi adalah pondasi utama dalam menentukan efektivitas performa atlet. Literasi ini nampaknya sejalan dengan fenomena yang terjadi dalam badminton, di mana aerobik dan anaerobik sebagai variabel internal fisiologi memiliki peran vital dalam suatu pertandingan. Sebagai contoh proses anaerobik memberikan pasokan ketika atlet bulu tangkis melakukan gerakan eksplosif, dan jalur aerobik memberikan pasokan energi terus menerus sepanjang pertandingan dan meningkatkan sintesis ulang fosfokreatin dan oksidasi laktat selama pemulihan. Namun, yang menjadi pertanyaan adalah berapa spesifik *internal-physiological variable* yang

dibutuhkan dalam setiap kategori bulu tangkis. Mengingat bulu tangkis memiliki lima kategori (tunggal putra, ganda putra, ganda campuran, tunggal putri, dan ganda putri), dan bagaimana korelasi *internal-physiological variable* dengan *activity profiles* selama pertandingan? (Abian-Vicen J, dkk., 2014).

Sepengetahuan penulis, belum ada penelitian pada bulu tangkis yang menyelidiki secara spesifik terkait korelasi variabel internal-fisiologis dengan profil aktivitas selama pertandingan berdasarkan kategori pertandingan tertentu. Penelitian sebelumnya hanya mengukur dan menjelaskan tentang variabel internal-fisiologis secara umum, tetapi kategori spesifik atlet yang menjadi peserta masih belum jelas. Oleh karena itu, tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengukur variabel internal-fisiologis secara spesifik pada kategori tunggal putra dan putri saat bertanding, dan yang kedua melakukan analisis korelasi variabel internal-fisiologis terhadap profil aktivitas selama pertandingan. Penelitian ini diharapkan dapat menambah literatur ilmiah yang mendukung penggunaan karakteristik fisiologis sebagai rumusan untuk menentukan rencana sistematis latihan mengenai bulu tangkis berdasarkan kategori tertentu.

Metode penelitian *cross-sectional study* ini, melibatkan empat belas atlet kategori Tunggal (7 putra dan 7 putri). Seluruh prosedur dilakukan dalam dua sesi (sesi uji laboratorium dan sesi uji lapangan) dalam waktu tiga minggu. Kedua sesi dipisahkan dalam seminggu untuk pemulihan. Seluruh pemain diminta untuk melaporkan kedua sesi dengan istirahat yang cukup, tidak terlibat dari latihan berat selama 24 jam sebelumnya, dan menghindari minum alkohol. Seminggu sebelum penelitian ini dimulai, seluruh peserta dipastikan kesehatannya, dengan melakukan pemeriksaan medis (riwayat kesehatan, riwayat fisik, dan pengukuran EKG). Selanjutnya, selama pengumpulan data, seluruh pemain diminta untuk menjaga kebugaran mereka dengan latihan ringan di bawah panduan pelatih ($n = 2$) dan anggota tim peneliti ($n = 2$). Pengumpulan data pada dua sesi tersebut, diambil pada suhu 22–27° C dan kelembaban 45–60%. Pada sesi laboratorium, dibagi menjadi dua pengukuran, yaitu pengukuran antropometri dan tes latihan inkremental *ramp-like* yang lengkap untuk mengukur parameter ergometri maksimal. Sedangkan pada sesi *field test*, peserta dievaluasi di lapangan pada fasilitas *indoor* ketika simulasi pertandingan bulu tangkis. Kedua tes dilakukan dengan pengukuran pertukaran gas secara simultan. Penelitian ini,

mengharuskan seluruh peserta untuk mengikuti sesi familiarisasi, satu minggu sebelum dimulainya tes.

Hasil pada pengujian fisiologi selama pertandingan, menggunakan Cosmed K5, hasil analisis *independent* T-test menunjukkan terdapat perbedaan signifikan VO₂ antara putra dan putri (40.33 ± 2.49 vs 33.08 ± 1.69 mL/min/kg) [p = 0.001; F = 0.472]. Secara spesifik, persentase VO₂ pada putra selama simulasi pertandingan adalah 78.43% ± 6.06 dari VO₂max, sedangkan persentase VO₂ pada putri selama simulasi pertandingan adalah 79.01% ± 6.58 dari VO₂max. Perbedaan signifikan pada VO₂ antara putra dan putri, sejalan juga dengan ditemukannya perbedaan signifikan pada variabel VE [p = 0.001; F = 0.049], EE [p = 0.001; F = 1.276], and VO₂/HR [p = 0.001; F = 0.206]. Di sisi lain, tidak ada perbedaan antara putra dan putri, yang ditemukan pada variabel HR_{ave} [p = 0.877; F = 0.054] and f_B [p = 0.622; F = 5.602]. Lihat Tabel 3.4 untuk perbandingan detail ciri fisiologis putra dan putri, dan Gambar 3.6 untuk perwakilan respons VO₂ dan HR selama simulasi pertandingan.

Table 3.4 Perbedaan karakteristik fisiologi tunggal putra dan putri.

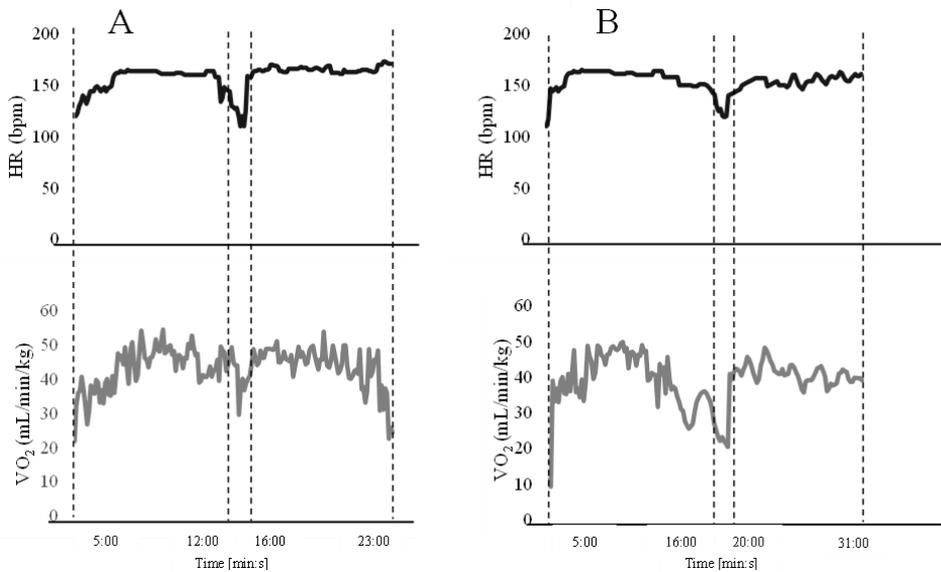
Variable	Putra ($\bar{X} \pm SD$)	Putri ($\bar{X} \pm SD$)	p-value
VO ₂ (mL/min/kg)	40.33 ± 2.49	33.08 ± 1.69	0.001**
HR _{ave} (Bpm)	162.00 ± 13.37	160.83 ± 13.14	0.877
f _B (min ⁻¹)	43.38 ± 3.70	42.57 ± 1.33	0.622
V _E (l min ⁻¹)	54.90 ± 2.95	40.53 ± 3.01	0.001**
EE (kcal/min)	12.81 ± 1.31	5.71 ± 0.93	0.001**
VO ₂ /HR (mL/beat)	14.42 ± 0.68	6.24 ± 0.55	0.001**

*Tarf signifikan pada level (p < 0.05)

**Tarf signifikan pada level (p < 0.001)

VO₂ – average oxygen uptake during match simulation, HR_{ave} – average heart rate during match simulation, f_B – breathing frequency during match simulation, V_E – breathing frequency during match simulation, EE – breathing frequency during match simulation, VO₂/HR – breathing frequency during match simulation

Kesimpulan penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan VO₂, V_E, E_E, dan VO₂/HR pada pertandingan simulasi antara pemain tunggal putra dan putri. VO₂ berkorelasi dengan *drop shot*, *net shot*, *smash shot*, dan *lunge front right* saat *match play*; Oleh karena itu, kapasitas anaerobik diperlukan untuk memenuhi kebutuhan energi pada saat melakukan gerakan eksplosif.

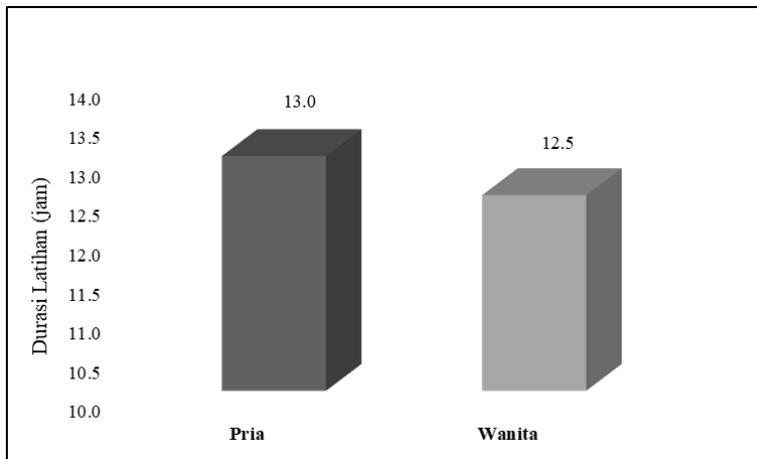


Gambar 3.6 Respon VO₂ dan denyut jantung tunggal putra (A) dan putri (B) selama simulasi pertandingan.

3.7 Durasi Latihan pada Bulu Tangkis, dan Implementasi ACWR (*Acute Chronic Work-Load Ratio*)

Atlet bulu tangkis dituntut memiliki kemampuan fisik yang sangat tinggi, pemain harus bergerak cepat karena karakteristik permainan yang diperlukan pada saat reli berlangsung (Tiwari, et al., 2011). Untuk mencapai performa optimal, atlet biasanya menjalani latihan dengan intensitas dan durasi yang tinggi. Namun, durasi dan frekuensi latihan yang berlebihan sering kali dikaitkan dengan peningkatan risiko cedera, yang dapat berdampak negatif pada karier dan performa mereka.

Hasil penelitian yang telah kami lakukan terkait durasi latihan atlet adalah sebagai berikut:



Gambar 3.7 Perbedaan durasi latihan dalam satu pekan.

Pada grafik tersebut, dapat disimpulkan bahwa dalam satu pekan yang di agendakan 10 sesi durasi latihan, rata-rata durasi latihan atlet putra adalah $13,0 \pm 1,2$ jam perpekan sedangkan rata-rata atlet putri adalah $12,5 \pm 2,4$ jam perpekan.

Di sisi lain, dapat dipahami bahwa durasi dan frekuensi latihan berpengaruh signifikan terhadap risiko cedera serta adaptasi fisiologis pada atlet bulu tangkis. Secara konkret, Kaldau, dkk mengungkapkan bahwa atlet junior yang berlaga pada ajang *World Junior Badminton Championship 2018* melakukan latihan rata-rata $19,8 \pm 9,4$ jam perpekan, 50% dari atlet tersebut signifikan menderita cedera.

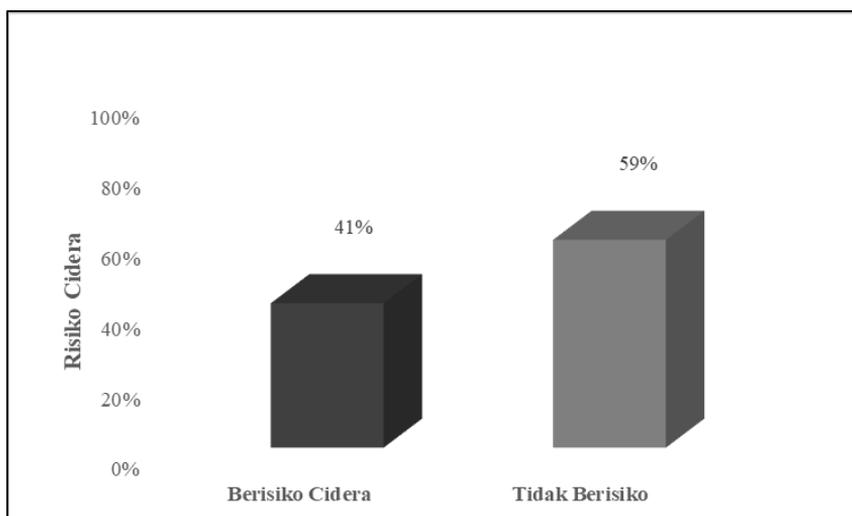
Pendekatan latihan yang memperhitungkan perbedaan fisiologis antara atlet putra dan putri dapat membantu mengurangi risiko cedera dan meningkatkan performa. ACWR menjadi salah satu metode pendekatan yang dapat diterapkan untuk memperhitungkan perbedaan fisiologis antara atlet putra dan putri. Metode ACWR terbukti dapat meningkatkan performa atlet, yang secara bersamaan dapat mengurangi risiko cedera atlet. Metode ini digunakan untuk membandingkan beban latihan jangka pendek (akut) dengan beban jangka panjang (kronis). Rasio ini digunakan untuk memantau apakah beban latihan terlalu tinggi atau rendah, yang dapat meningkatkan risiko cedera jika tidak dikelola dengan baik. Pada atlet junior, pengelolaan beban latihan menjadi lebih kritis karena mereka berada dalam tahap perkembangan fisik dan fisiologis yang pesat. Oleh karena itu, penelitian ini

bertujuan untuk mengevaluasi ACWR pada atlet bulu tangkis junior dan hubungannya dengan kejadian cedera.

Penelitian ini menggunakan desain kuantitatif deskriptif dengan melibatkan 22 atlet bulu tangkis junior yang berusia antara $16,2 \pm 0,8$ tahun. Data beban latihan dikumpulkan selama 5 minggu, di mana beban latihan akut (satu minggu terakhir) dan beban latihan kronis (rata-rata empat minggu terakhir) dicatat setiap harinya menggunakan skala persepsi latihan (*Rating of Perceived Exertion - RPE*) dan durasi latihan harian. ACWR dihitung dengan membagi beban akut dengan beban kronis. Selain itu, data mengenai kejadian cedera selama periode penelitian juga dikumpulkan.

Analisis dilakukan dengan menghitung rasio ACWR setiap atlet per minggu dan membandingkannya dengan kejadian cedera. ACWR yang optimal diprediksi berada di kisaran 0,8 hingga 1,3, sedangkan ACWR di atas 1,5 dianggap meningkatkan risiko cedera. Data dianalisis menggunakan regresi logistik untuk menentukan hubungan antara ACWR dan cedera pada atlet bulu tangkis junior.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa atlet yang memiliki ACWR di atas 1,3 dan di bawah 0,8 memiliki risiko cedera yang lebih tinggi dibandingkan atlet dengan ACWR di antara 0,8-1,3, tersaji dalam data berikut ini:



Gambar 3.8 Perbedaan persentase risiko cedera.

Sebanyak 41% dari 22 atlet yang mengalami cedera selama periode penelitian memiliki ACWR di atas 1,3 dan dibawah 0,8, sedangkan atlet dengan ACWR di antara 0,8-1,3 menunjukkan insiden cedera yang lebih rendah. ACWR optimal pada atlet bulu tangkis junior berkisar antara 0,8 hingga 1,3, di mana risiko cedera paling rendah ditemukan pada kelompok ini.

Kesimpulan penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat risiko cedera pada pemain bulu tangkis junior, dengan adanya pemantauan durasi latihan, RPE dan skor ACWR dapat memberikan wawasan yang bermanfaat bagi pengembangan program latihan pemain bulu tangkis junior. Selain itu, penelitian ini dapat memberikan rekomendasi untuk mengantisipasi risiko cedera pada atlet agar atlet dapat mengoptimalkan performanya.

3.8 Kesimpulan

Dalam konteks sudut pandang akademisi, penulis mengambil dua kesimpulan besar terkait penerapan *sports science* di masa mendatang. Kesimpulan tersebut adalah:

1. Diperlukan penerapan teknologi *non-invasive* dalam setiap implementasi penelitian karakteristik fisiologi pada atlet bulu tangkis. Teknologi ini diharapkan dapat menjawab pertanyaan ilmiah yang saat ini belum bisa terjawab, namun dengan pendekatan yang lebih ramah kepada atlet.
2. Masih banyaknya *research gap* yang harus dijawab oleh para peneliti dalam sektor bulu tangkis. Khususnya bagaimana karakteristik fisiologi berdasarkan kategori level bermain, kategori pada cabang bulu tangkis, serta jenis kelamin. Hal ini diperlukan untuk mendorong pelatihan yang spesifik berdasarkan kebutuhan yang sesuai oleh para atlet bulu tangkis.
3. Kurangnya minat penelitian bulu tangkis terhadap pengaruhnya kepada dampak kesehatan. Jika hal ini lebih ditekankan, maka akan mendorong semakin banyak semua kalangan untuk terlibat dalam permainan bulu tangkis dalam konteks peningkatan kesehatan. Seiring dengan meningkatnya keterlibatan tersebut, maka potensi untuk mendapatkan kehidupan yang sehat akan semakin besar peluangnya.

Ketiga kesimpulan tersebut, tentunya menjadi tantangan bagi setiap akademisi, khususnya KK. Ilmu Keolahragaan ITB. Di sisi lain, perlu disadari

juga bahwa sifat *sports science* sebagai multidisiplin keilmuan, mengingatkan kita bahwa pentingnya kerja sama semua *stake holder* untuk menjawab tantangan tersebut.

4 SEPAK BOLA

4.1 Pendahuluan

Sepak bola adalah olahraga paling populer di dunia, menempati peringkat pertama dengan sekitar 4 miliar penggemar global. Popularitasnya tersebar luas di Eropa, Amerika Selatan, Afrika, dan Asia, serta didukung oleh liga-liga terkenal seperti Premier League, La Liga, dan kompetisi besar seperti Liga Champions UEFA. Selain itu, Piala Dunia FIFA merupakan salah satu ajang olahraga paling banyak ditonton. Pada Piala Dunia 2018 di Rusia, total penontonnya mencapai sekitar 3,5 miliar orang di seluruh dunia, dengan final antara Prancis dan Kroasia ditonton oleh lebih dari 1,12 miliar orang. Data ini menegaskan dominasi sepak bola sebagai olahraga paling diminati secara global (FIFA, 2018; Statista, 2021). Sepak bola dimainkan oleh dua tim yang masing-masing terdiri atas sebelas pemain dengan tujuan mencetak gol ke gawang lawan. Olahraga ini menggabungkan keterampilan individu, kerja sama tim, dan strategi permainan yang mendalam. Sepak bola memerlukan kebugaran fisik yang tinggi, karena setiap pemain harus memiliki daya tahan, kecepatan, koordinasi yang baik, serta teknik yang mumpuni. Dengan popularitasnya yang meluas di berbagai negara, sepak bola telah menjadi simbol persatuan dan kompetisi global.

Penelitian di bidang sepak bola memiliki berbagai tujuan untuk meningkatkan performa pemain dan tim. Salah satu tujuan utamanya adalah memahami aspek-aspek teknis, seperti taktik, teknik, fisik, dan psikologis (mental) yang terlibat dalam permainan ini. Analisis biomekanik, fisiologis, dan mental digunakan untuk meningkatkan kemampuan individu dan tim secara keseluruhan. Penelitian juga mencakup pengembangan metode latihan yang lebih efektif untuk meningkatkan kebugaran fisik, keterampilan teknis, dan strategi taktik pemain. Selain itu, aspek kesehatan fisik dan mental pemain juga menjadi perhatian utama, di mana studi berfokus pada bagaimana sepak bola berkontribusi terhadap kesehatan jangka panjang dan kesejahteraan sosial. Dengan demikian, penelitian ini berperan penting dalam meningkatkan kualitas sepak bola di berbagai tingkat kompetisi, mulai dari amatir hingga profesional.

Sebagai olahraga yang sangat populer, sepak bola memberikan berbagai manfaat yang signifikan. Di bidang kesehatan fisik, sepak bola dapat

meningkatkan daya tahan, kekuatan otot, dan koordinasi tubuh. Selain itu, olahraga ini juga mendukung pengembangan keterampilan motorik halus dan kasar, serta meningkatkan keseimbangan dan fleksibilitas tubuh. Dalam hal pengembangan karakter, sepak bola mengajarkan nilai-nilai seperti disiplin, kerja sama tim, kepemimpinan, serta tanggung jawab. Melalui interaksi tim, pemain belajar bagaimana menghadapi tantangan, mengatasi kegagalan, dan merayakan keberhasilan secara bersama-sama. Sepak bola juga berperan dalam memperkuat hubungan sosial antar individu dan komunitas, karena olahraga ini sering kali menjadi jembatan untuk mengatasi perbedaan budaya dan sosial.

Selain manfaat pribadi, sepak bola memiliki dampak besar terhadap ekonomi dan masyarakat. Dengan menjadi industri global, olahraga ini menciptakan banyak peluang ekonomi melalui pekerjaan di sektor pelatihan, media, penyiaran, pemasaran, dan penjualan peralatan olahraga. Bahkan pada tingkat lokal, sepak bola dapat menjadi sarana untuk membangun komunitas yang lebih kuat dan terorganisir. Olahraga ini juga menjadi media untuk meningkatkan kesehatan mental, karena strategi dan pengambilan keputusan yang cepat selama permainan melatih otak untuk berpikir kritis dan kreatif di bawah tekanan.

4.2 Atlet Elit dan Non-Elit Atlet Sepak Bola: *Systematic Review*

Sepak bola merupakan olahraga yang memiliki karakteristik *multi directional* dan *intermittent field sports*. Karena karakteristik tersebut, tidak heran bila dalam sepak bola, dibutuhkan perpaduan *physiological, technical, and tactical skills* yang baik dalam mendukung performa atlet baik atlet elit maupun non-elit. Sebetulnya, membedakan atlet elit dan non-elit tidak didefinisikan secara jelas. Namun biasanya, atlet yang ikut serta pada kejuaraan atau ajang level tertinggi adalah atlet elit. Tetapi, membedakan level ini adalah proses yang beragam. Beberapa variabel telah diselidiki untuk mendefinisikan atlet elit, termasuk karakteristik antropometri dan fisiologis, keseimbangan, peran atlet dalam tim, lama pengalaman berlatih, pengembangan dan pematangan bakat, dan performa fisik.

Akan tetapi, perlu diketahui bahwa terdapat beberapa ketidak konsistenan dalam hasil-hasil parameter ini. Pada beberapa penelitian menunjukkan korelasi yang kuat antara parameter-parameter tersebut, tetapi penelitian lain

menunjukkan hubungan yang lemah. Perbedaan dalam hasil pengujian dapat memiliki faktor-faktor tertentu; seperti perbedaan yang didasarkan pada prosedur penelitian yang berbeda, disiplin olahraga yang berbeda, atau kategori usia yang berbeda dari sampel-sampel yang diteliti. Dengan adanya perbedaan ini, penting bagi para praktisi maupun peneliti untuk mengetahui perbedaan karakteristik antara atlet elit dan non-elit, guna mendapatkan spesifik *test* yang sesuai.

Tujuan daripada *systematic review* ini adalah untuk mengetahui perbedaan komposisi fisiologi dan kapasitas fisik antara elit dan non-elit atlet pemain sepak bola. Sehingga data dalam penelitian ini dapat digunakan untuk membantu para pelatih dalam merancang spesifik test pada atlet sepak bola sesuai level bermain mereka.

Penelitian ini dilakukan sesuai dengan pedoman *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) 2020. Pencarian sistematis dilakukan di *PubMed*, *Scopus*, *Science Direct*. Skema PICO (P=*Population*, I=*Intervention*, C=*Comparisons*, and O=*Outcomes*) sesuai dengan ketentuan PRISMA. Populasi meliputi pemain sepak bola elit dan non elit. Pada tahap akhir, berdasarkan literatur relevan dari daftar referensi akhir, kami menggunakan fungsi 'kutipan terkait' *PubMed* untuk mengidentifikasi studi relevan tambahan yang tidak terdeteksi oleh baris pencarian studi kami. Semua artikel yang teridentifikasi diunduh ke pengelola sitasi dan disaring untuk menghilangkan duplikat. Pada penelitian ini dikumpulkan hasil data berupa antropometri data yang meliputi tinggi badan, berat badan, indeks masa tubuh (IMT), dan lemak tubuh (Tabel 4.1). Hasil menunjukkan bahwa rata-rata tinggi badan, berat badan, IMT pada atlet elit sepak bola lebih tinggi daripada atlet non-elit dan rata-rata lemak tubuh atlet elit lebih sedikit daripada atlet non-elit.

Tabel 4.1 Antropometri Data

Tinggi Badan		Berat Badan		IMT		Lemak Tubuh	
Elit	Non Elit	Elit	Non Elit	Elite	Non Elit	Elit	Non Elit
168.5	154.1	60	56.5	19.8	19.7	12.4	12.7

Selanjutnya data yang diambil pada *systematic review* ini adalah kapasitas fisik yang terdiri dari *sprint* 5 m, *sprint* 30 m, dan CMJ (*Counter Movement Jump*) (Tabel 4.2). Hasil menunjukkan bahwa kemampuan kapasitas anaerobik atlet elit lebih unggul daripada atlet non-elit. Secara konkret perbedaan ini sangat

nampak pada variabel pada CMJ, di mana elit atlet memiliki selisih 5 cm lebih tinggi lompatan dari pada non elit. Hal ini menunjukkan *power* otot tungkai atlet elit lebih baik dibanding non-elit. dapat diindikasikan bahwa anaerobik *power* pada elit atlet lebih besar daripada non-elit. Namun dibutuhkan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan bukti otentik tersebut di masa yang akan datang.

Tabel 4.2 Kapasitas Fisik

Sprint 5m		Sprint 30m		CMJ	
Elit	Non Elit	Elit	Non Elit	Elit	Non Elit
1.0s	1.1s	4.5s	4.4s	36.3	31.3

Berdasarkan sistematik *literature review* ini terdapat perbedaan karakteristik antropometri dan kapasitas fisik antara elit dan non-elit atlet pemain sepak bola. Menindaklanjuti hal tersebut diperlukan perhatian terhadap pemantauan identifikasi awal dan proses pembinaan yang tepat sehingga menciptakan bibit atlet yang memiliki kapasitas dan kemampuan seperti elit atlet sehingga mampu bersaing di kancah internasional.

4.3 Pengaruh Kelelahan Otot Terhadap Kinetika dan Kinematika Tendangan Punggung Kaki dalam Sepak Bola

Teknik dalam menendang menjadi salah satu area yang paling dipelajari, karena pada saat pertandingan berlangsung, teknik tendangan merupakan salah satu yang paling diperlukan. Di sisi lain, kelelahan sering kali membuat seseorang melakukan gerakan teknik yang salah. Dengan demikian dirasa adanya sisi kosong antara teknik tendangan yang baik dengan risiko kelelahan seorang atlet sepak bola. Berdasarkan masalah tersebut, penulis akhirnya melakukan fokus riset kepada pengaruh kelelahan otot kaki terhadap kinetika dan kinematika tendangan *instep* dalam sepak bola. Penelitian ini penting karena kelelahan otot dapat memengaruhi kinerja maksimal pemain, terutama dalam situasi pertandingan yang berlangsung selama 90 menit, di mana pemain sering mengalami penurunan kekuatan otot akibat kelelahan (Rahnama, dkk., 2003).

Kicking motion dalam sepak bola umumnya mengikuti urutan gerakan dari proksimal ke distal, dan kelelahan otot dapat mengganggu koordinasi gerakan ini, meningkatkan risiko cedera (Davis & Bailey, 1997; Lieber & Friden, 1988). Meskipun ada beberapa penelitian yang membahas pengaruh kelelahan pada

gerakan tendangan, masih sedikit yang secara khusus meneliti dampaknya terhadap kinematika dan kinetika tendangan (Lees & Davies, 1988). Dengan memahami bagaimana kelelahan otot memengaruhi kualitas tendangan, penelitian ini bertujuan untuk memberikan wawasan yang lebih baik tentang mekanisme cedera dan membantu dalam pengembangan strategi pelatihan yang lebih efektif untuk atlet sepak bola.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menginvestigasi pengaruh kelelahan otot kaki terhadap kinetika dan kinematika *instep kicking* dalam sepak bola. Secara spesifik, penelitian ini bertujuan untuk:

1. **Menilai dampak kelelahan:** Menganalisis bagaimana kelelahan otot yang diinduksi melalui latihan berulang memengaruhi kecepatan ayunan kaki dan kualitas kontak bola saat melakukan tendangan.
2. **Mengevaluasi kinetika dan kinematika:** Mengukur perubahan dalam momen sendi, kecepatan angular kaki bagian bawah, dan interaksi segmental selama fase akhir tendangan, baik sebelum maupun setelah kelelahan otot terjadi.
3. **Meningkatkan pemahaman tentang cedera:** Menyediakan wawasan tentang bagaimana kelelahan otot dapat mengganggu koordinasi antar-segmen dan meningkatkan kerentanan terhadap cedera saat melakukan tendangan dalam sepak bola.

Dengan tujuan-tujuan ini, penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pemahaman tentang penerapan biomekanika olahraga dalam sepak bola dan membantu dalam pengembangan program pelatihan yang lebih efektif untuk mengurangi risiko cedera.

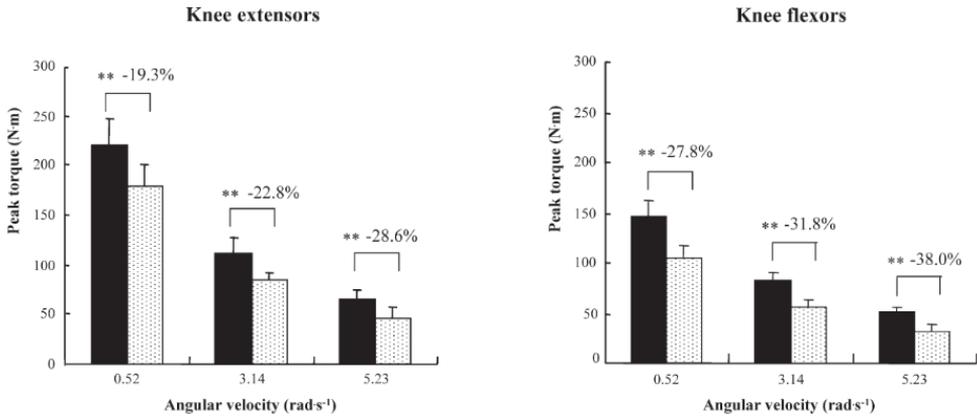
Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini melibatkan beberapa langkah sistematis untuk mengevaluasi pengaruh kelelahan otot pada kinetika dan kinematika *instep kicking*. Berikut adalah rincian metode yang diterapkan:

1. **Partisipan:** Tujuh pemain sepak bola putra dewasa dari tim sepak bola Universitas Nagoya berpartisipasi dalam penelitian ini. Semua peserta memiliki pengalaman bermain sepak bola lebih dari 10 tahun dan tidak memiliki riwayat cedera serius pada anggota tubuh bagian bawah .
2. **Prosedur Eksperimen:**
 - a. Pemanasan: Setiap peserta melakukan pemanasan selama 15 menit yang mencakup peregangan, *jogging*, *sprinting*, dan tendangan bola, yang dipandu oleh pelatih berpengalaman.

- b. Tendangan maksimal: Peserta diminta untuk melakukan lima tendangan *instep* maksimal ke arah gawang handball yang berjarak 11 meter. Gerakan tendangan mereka direkam menggunakan dua kamera video berkecepatan tinggi untuk analisis kinematika.
 - c. Pengukuran kekuatan isokinetik: Kekuatan ekstensor dan fleksor lutut diukur sebelum dan setelah protokol kelelahan otot untuk mendapatkan data dasar dan mengukur penurunan kekuatan akibat kelelahan.
 - d. Protokol kelelahan: Kelelahan otot diinduksi melalui serangkaian gerakan ekstensi dan fleksi lutut yang terukur pada mesin latihan beban hingga peserta mencapai kelelahan. Setelah kelelahan diinduksi, pengukuran kekuatan isokinetik dilakukan kembali.
3. **Analisis Data:** Setelah fase kelelahan, peserta melakukan lima tendangan *instep* maksimal lagi, dan data kinematika direkam untuk analisis lebih lanjut. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan parameter kinetika dan kinematika antara kondisi tidak lelah dan lelah.

Metode ini dirancang untuk memberikan pemahaman yang komprehensif tentang bagaimana kelelahan otot memengaruhi performa tendangan dalam sepak bola, serta untuk mengeksplorasi mekanisme yang mendasari perubahan dalam kinerja atlet. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelelahan otot yang diinduksi secara signifikan memengaruhi kinerja tendangan *instep* dalam sepak bola. Berikut adalah beberapa temuan utama dari penelitian ini:

1. **Penurunan kekuatan otot:** Setelah protokol kelelahan, terdapat penurunan yang signifikan dalam kapasitas otot ekstensor dan fleksor lutut untuk menghasilkan gaya. Penurunan ini teramati pada kecepatan angular lambat (0.52 rad/s) hingga cepat (5.23 rad/s), dengan pengurangan kekuatan berkisar antara 19.3% hingga 38.0%, yang sejalan dengan nilai-nilai yang dilaporkan sebelumnya dalam literatur.



Gambar 4.1 Perbandingan kekuatan isokinetik rata-rata ekstensor dan fleksor lutut antara kondisi non-kelelahan dan kelelahan. **Perbedaan signifikan ($p > 0.01$).

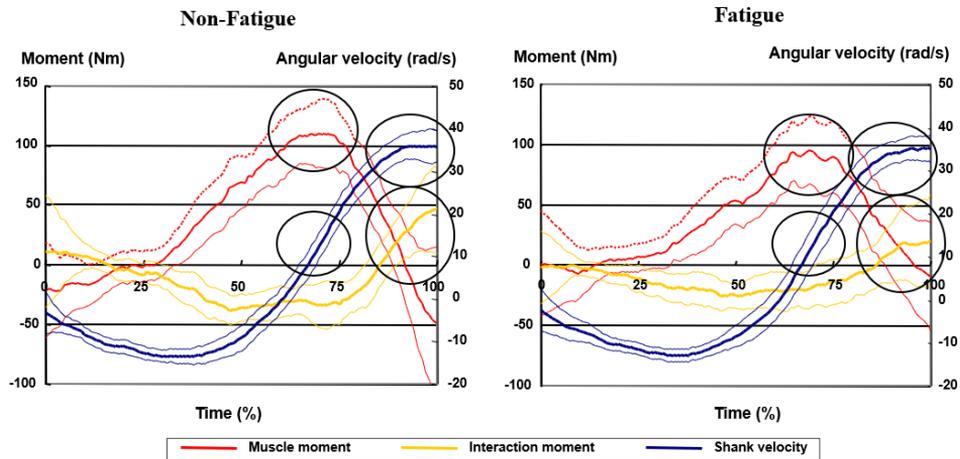
- Kecepatan bola:** Rata-rata kecepatan bola pada *instep kicking* sebelum kelelahan adalah 28.4 m/s, sedangkan setelah kelelahan, kecepatan bola menurun menjadi 26.8 m/s. Penurunan ini menunjukkan bahwa kelelahan otot berdampak negatif pada kecepatan bola yang dihasilkan saat melakukan tendangan maksimal.

Tabel 4.3 Nilai Perubahan Beberapa Parameter Hasil Tendangan (Rerata \pm SD)

	Non-fatigue	Fatigue
Resultant ball velocity (m.s ⁻¹)	28.4 \pm 1.6	26.8 \pm 1.1*
Maximal toe linear velocity (m.s ⁻¹)	27.1 \pm 1.2	26.0 \pm 1.3**
Peak lower leg angular velocity (m.s ⁻¹)	37.1 \pm 3.4	35.7 \pm 2.4*
Peak thigh angular velocity (m.s ⁻¹)	16.6 \pm 1.4	16.5 \pm 1.5

Significant difference between pre- and post fatigue: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

- Kinematika dan Kinetika:** Penelitian ini menemukan bahwa kelelahan otot mengganggu koordinasi gerakan tendangan, yang mengakibatkan perubahan dalam kecepatan ayunan kaki bagian bawah. Meskipun kecepatan kaki pada saat kontak dengan bola tidak berubah secara signifikan, penurunan dalam kecepatan ayunan kaki bagian bawah menunjukkan bahwa kelelahan memengaruhi kualitas gerakan tendangan secara keseluruhan.



Gambar 4.2 Perubahan Kecepatan Sudut, Momen Otot dan Momen Interaksi.

Hasil penelitian ini berbeda dengan temuan sebelumnya oleh Lees dan Davies (1988), yang menunjukkan bahwa meskipun kelelahan mengurangi koordinasi, kecepatan kaki pada saat kontak tidak terpengaruh. Penelitian ini menunjukkan bahwa kelelahan yang diinduksi melalui metode yang berbeda dapat menghasilkan efek yang lebih besar pada kinerja tendangan. Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan bukti bahwa kelelahan otot memiliki dampak signifikan pada kinerja tendangan dalam sepak bola, yang dapat berimplikasi pada strategi pelatihan dan pemulihan bagi atlet.

Kesimpulan dari penelitian ini menyoroti dampak signifikan kelelahan otot pada kinerja tendangan *instep* dalam sepak bola. Pengaruh kelelahan pada Kinerja menunjukkan kelelahan otot yang diinduksi melalui latihan beban menyebabkan penurunan yang signifikan dalam kekuatan otot, kecepatan ayunan kaki, dan kualitas kontak bola. Hal ini berkontribusi pada penurunan kecepatan bola yang dihasilkan saat melakukan tendangan maksimal. Koordinasi gerakan pada penelitian ini menunjukkan bahwa kelelahan tidak hanya mengurangi kemampuan otot untuk menghasilkan gaya, tetapi juga mengganggu koordinasi inter-segmental yang efektif selama fase akhir tendangan. Ini mengarah pada penurunan kualitas gerakan dan meningkatkan risiko cedera. Kinetika dan Kinematika pada penelitian ini menunjukkan bahwa kelelahan memengaruhi parameter kinetika dan kinematika secara bersamaan, dengan penurunan kecepatan angular kaki bagian bawah dan perubahan dalam momen otot yang dihasilkan selama tendangan. Ini menunjukkan bahwa kelelahan dapat mengganggu

mekanisme yang diperlukan untuk tendangan yang efektif. Temuan ini memiliki implikasi penting bagi pelatih dan atlet, menekankan perlunya strategi pemulihan yang efektif dan pengelolaan kelelahan selama pertandingan untuk mempertahankan kinerja optimal. Pemahaman tentang bagaimana kelelahan memengaruhi kinerja dapat membantu dalam merancang program pelatihan yang lebih baik dan mengurangi risiko cedera. Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan wawasan berharga tentang hubungan antara kelelahan otot dan kinerja tendangan dalam sepak bola, serta pentingnya mempertimbangkan faktor-faktor ini dalam konteks pelatihan dan kompetisi.

4.4 Respons Fisiologis pada Pemain Sepak Bola Elit Putri: Perbandingan Antara *Small Side Games* dan Uji Latihan Laboratorium

Sepak bola adalah olahraga yang memiliki karakteristik *multidirectional* dan *intermittent*. Hal ini menunjukkan bahwa pemain perlu memiliki kombinasi yang baik antara keterampilan fisiologis, teknis, dan taktis untuk mendukung kinerja mereka di lapangan. Penelitian ini juga menyoroti meningkatnya minat ilmiah terhadap olahraga ini, yang bertujuan untuk membantu pelatih dalam meningkatkan kinerja atlet. Meskipun ada pertumbuhan yang signifikan dalam sepak bola putri, penelitian yang ada masih lebih banyak berfokus pada pemain putra. Hal ini menunjukkan adanya kebutuhan untuk lebih banyak studi yang berfokus pada atlet putri, agar dapat memahami dan mengoptimalkan kinerja mereka secara lebih baik.

Penelitian ini menekankan pentingnya memahami respons fisiologis pemain sepak bola putri, terutama dalam konteks permainan (*small-sided games*, SSG) dan pengujian laboratorium. Meskipun banyak penelitian sebelumnya telah dilakukan pada pemain sepak bola putra, terdapat kekurangan data yang spesifik mengenai pemain putri, terutama dalam hal karakteristik fisiologis dan kebutuhan energi selama SSG. Beberapa studi sebelumnya menunjukkan hubungan antara detak jantung dan konsumsi oksigen (VO_2) sebagai faktor penting untuk menilai intensitas latihan yang valid dalam pelatihan spesifik sepak bola. Namun, banyak dari studi tersebut hanya dilakukan pada pemain putra, dan perubahan fisiologis spesifik selama SSG pada pemain putri belum banyak diteliti. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisi kekosongan dalam literatur dengan

menggambarkan karakteristik fisiologis dan kebutuhan energi pemain sepak bola putri selama SSG. Dengan meningkatnya partisipasi dan popularitas sepak bola putri, penting untuk memahami faktor-faktor yang memengaruhi kinerja mereka, sehingga pelatih dapat merancang program pelatihan yang lebih efektif dan sesuai dengan kebutuhan spesifik atlet putri.

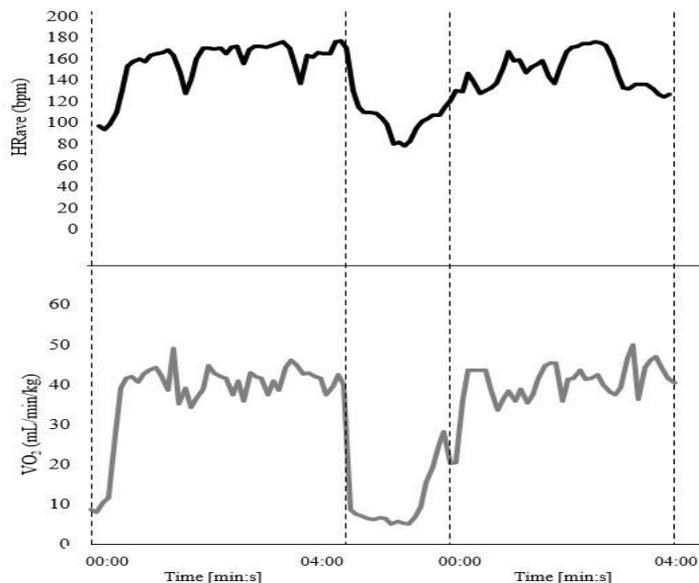
Metode penelitian yang digunakan dalam dokumen ini melibatkan desain observasional dan prosedur eksperimental yang dilakukan pada delapan pemain sepak bola elit putri. Berikut adalah rincian metode yang digunakan:

1. **Peserta:** Delapan pemain sepak bola elit putri berpartisipasi dalam penelitian ini, termasuk tiga atlet dari tim nasional Indonesia dan lima atlet profesional dari liga tertinggi sepak bola putri Indonesia. Kriteria inklusi mencakup: terdaftar sebagai pemain profesional, memiliki riwayat latihan 15 jam per minggu, berpartisipasi dalam kompetisi nasional, tidak merokok, tidak memiliki penyakit penyerta, dan tidak mengalami cedera muskuloskeletal dalam enam bulan sebelum penelitian.
2. **Desain eksperimental:** Penelitian dilakukan selama tiga minggu, dengan dua sesi pengukuran setiap minggu. Peserta diminta untuk tidak melakukan latihan berat 24 jam sebelum sesi pengukuran dan mengikuti diet sehat. Penelitian dibagi menjadi dua sesi, pengujian laboratorium dan pengujian lapangan (SSG). Jeda tiga hari diberikan antara kedua sesi untuk memastikan pemulihan peserta.
3. **Pengukuran:** Sesi laboratorium melibatkan pengukuran antropometri dan tes latihan *incremental* untuk menentukan parameter ergometrik maksimal. Sesi SSG dilakukan untuk mengukur respons fisiologis pemain selama permainan di lapangan kecil, termasuk pengukuran kadar laktat, detak jantung, dan konsumsi oksigen (VO₂).

Metode ini dirancang untuk memberikan pemahaman yang lebih baik tentang karakteristik fisiologis dan kebutuhan energi pemain sepak bola putri selama SSG, serta untuk membandingkannya dengan pengujian laboratorium.

Hasil penelitian dalam dokumen ini mencakup analisis karakteristik antropometri, profil aktivitas, dan respons fisiologis pemain sepak bola putri selama permainan (*small-sided games*, SSG) dan pengujian laboratorium. Berikut adalah ringkasan hasil yang ditemukan:

1. **Karakteristik antropometri:** Peserta penelitian terdiri atas pemain sepak bola elit putri dengan rata-rata usia $20,5 \pm 1,51$ tahun. Data spesifik mengenai tinggi badan, berat badan, dan indeks massa tubuh (IMT) dapat ditemukan dalam tabel yang disediakan dalam dokumen.
2. **Profil aktivitas:** Selama dua pertandingan yang dianalisis, rata-rata jumlah umpan yang dilakukan adalah $76 \pm 5,65$ umpan, dengan total 152 umpan. Dari total umpan tersebut, 85,53% berhasil, sementara 14,47% gagal.
3. **Karakteristik fisiologis:** Hasil analisis menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan kadar laktat sebelum SSG dibandingkan dengan sesi laboratorium ($p = 0,818$; $F = 0,055$). Namun, terdapat perbedaan signifikan antara kadar laktat setelah SSG dengan sesi laboratorium ($p = 0,001$; $F = 97,294$). Selama SSG, VO_2 yang tercatat adalah 83,90% dari VO_{2max} , dan detak jantung rata-rata (HR_{ave}) adalah 84,42% dari HR_{max} . Ini menunjukkan bahwa SSG memenuhi tuntutan fisiologis yang diperlukan untuk meningkatkan kapasitas aerobik pemain. (Gambar 4.3 adalah karakteristik VO_2 dan HR selama latihan)



Gambar 4.3 Korelasi karakteristik VO_2 dan HR selama latihan menggunakan *Portable Metabolic Chart*.

Terdapat perbedaan signifikan antara hasil pengujian laboratorium dan SSG pada skala RPE Borg ($p = 0,001$; $F = 18,667$), menunjukkan bahwa persepsi usaha selama SSG berbeda dibandingkan dengan pengujian laboratorium.

Hasil ini menunjukkan bahwa SSG dapat digunakan sebagai metode pelatihan yang efektif untuk meningkatkan kapasitas aerobik dan memenuhi tuntutan fisiologis pemain sepak bola putri.

Kesesuaian SSG untuk Pemain Sepak Bola Putri: Permainan kecil (*four-a-side* SSG) memenuhi tuntutan fisiologis pemain sepak bola putri, yang ditandai dengan pencapaian standar minimum respons fisiologis dengan kapasitas aerobik maksimum. Ini menunjukkan bahwa SSG dapat menjadi metode pelatihan yang efektif untuk meningkatkan kapasitas aerobik.

Rekomendasi untuk pelatih dan pemain: Penggunaan SSG dapat direkomendasikan kepada pelatih dan pemain sepak bola putri untuk meningkatkan performa aerobik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa VO₂ selama SSG adalah 83,90% dari VO₂max, dan HR_{ave} selama SSG adalah 84,42% dari HR_{max}, yang menunjukkan intensitas latihan yang sesuai untuk pengembangan kapasitas aerobik.

Pelatih dan atlet disarankan untuk memperhatikan taktik dalam penggunaan SSG, karena taktik dapat memengaruhi pengembangan profil aktivitas atlet. Penting untuk mempertimbangkan faktor lingkungan seperti suhu, permukaan lapangan, serta faktor dehidrasi dan rehidrasi saat melakukan SSG, karena komponen ini dapat memengaruhi kualitas pelatihan.

Penelitian ini memberikan pemahaman yang lebih baik tentang karakteristik fisiologis dan kebutuhan energi pemain sepak bola putri selama SSG, serta menyoroti pentingnya penelitian lebih lanjut dalam bidang ini, terutama yang berkaitan dengan perubahan fisiologis pada pemain putri. Kesimpulan ini menekankan pentingnya SSG sebagai alat pelatihan yang efektif dan memberikan panduan praktis bagi pelatih dan pemain dalam meningkatkan performa mereka.

4.5 Analisis Karakteristik Cedera pada Atlet Sepak Bola Elit Muda di Indonesia

Seperti yang kami jelaskan, olahraga ini juga berperan penting dalam pengembangan psikososial dan individu. Namun, penting untuk mengenali risiko cedera yang sering dialami atlet muda, terutama dalam konteks sepak bola yang berintensitas tinggi dan mengandalkan sistem energi aerobik serta anaerobik.

Penelitian tentang faktor penyebab cedera sangat penting untuk memberikan wawasan yang lebih mendalam mengenai cara mengurangi risiko cedera pada atlet muda. Dengan membedah faktor intrinsik (seperti IMT, gizi, dan aspek psikologis) serta faktor ekstrinsik (seperti cuaca, peralatan, dan intensitas latihan), penelitian ini dapat membantu menemukan pola atau faktor yang memperbesar risiko cedera, khususnya pada atlet muda di Indonesia.

Selain itu, penelitian ini juga menyoroti cedera spesifik seperti *Osgood-Schlatter*, yang sering terjadi pada atlet muda karena pertumbuhan tulang yang cepat di masa remaja, terutama dalam aktivitas fisik berulang seperti sepak bola. Dengan analisis mendalam tentang prevalensi dan kejadian cedera, hasil dari studi ini akan memberikan manfaat nyata dalam pengembangan program pencegahan cedera yang lebih efektif dan terfokus. Ini menjadi kontribusi penting dalam bidang ilmu keolahragaan, terutama di Indonesia, dan relevan dengan upaya untuk meningkatkan prestasi dan menjaga kebugaran atlet muda. Program pencegahan yang berdasarkan data ilmiah ini bisa membantu pelatih, staf medis, dan atlet dalam mengurangi risiko cedera dan memaksimalkan performa atlet.

Penelitian ini menggunakan desain kohort retrospektif dengan metode survei untuk menganalisis karakteristik cedera pada atlet sepak bola muda di Indonesia. Fokus penelitian ini adalah atlet putra dari program Elite Pro Academy (EPA) U14, U16, dan U18, dengan sampel sebanyak 893 partisipan dari 18 tim yang berlaga pada Oktober-Desember 2022. Sampel dipilih melalui *purposive sampling* berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang ditetapkan oleh peneliti.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa cedera paling sering terjadi pada ekstremitas bawah, dengan pergelangan kaki (39%) dan lutut (15%) sebagai area cedera yang paling umum. Ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyoroti tingginya cedera pada tungkai bawah akibat beban intensitas tinggi pada otot dan sendi saat bermain sepak bola. Cedera memar adalah jenis cedera yang paling umum, diikuti oleh cedera otot dan cedera ligamen.

Penelitian ini juga menyoroti perbedaan risiko cedera berdasarkan posisi bermain. Pemain bertahan memiliki risiko cedera tertinggi, sedangkan penjaga gawang memiliki risiko terendah. Selain itu, angka kejadian cedera dalam penelitian ini adalah 3,9/1000 jam, yang tergolong lebih rendah

dibandingkan dengan beberapa penelitian sebelumnya yang melaporkan angka kejadian yang lebih tinggi. Temuan ini sangat penting dalam konteks pengembangan program pencegahan cedera untuk atlet sepak bola muda di Indonesia, yang dapat membantu pelatih, staf medis, dan atlet mengelola risiko cedera secara lebih efektif.

Penelitian ini juga menyoroti cedera umum yang sering terjadi pada atlet muda, terutama mereka yang terlibat dalam aktivitas seperti sepak bola yang membutuhkan gerakan berulang seperti berlari, melompat, dan menendang. Dalam penelitian ini, ditemukan bahwa 88 peserta mengalami *Osgood Schlatter*, dengan puncak insiden terjadi pada usia 13 tahun, yang sesuai dengan temuan sebelumnya yang menyatakan bahwa puncak usia untuk kondisi ini berada pada rentang 9-15 tahun (de Schepper et al., 2022). *Osgood Schlatter* umumnya terkait dengan stres fisik yang diberikan pada tulang yang sedang tumbuh selama aktivitas fisik yang intens. Mengingat sifat sepak bola, di mana gerakan seperti menendang dan berlari adalah pusat dari permainan, tidak mengherankan jika kondisi ini sering terjadi pada pemain muda. Program latihan yang efektif yang memperhitungkan tuntutan fisik dan tahap pertumbuhan atlet muda dapat membantu meminimalkan risiko cedera semacam ini.

Penelitian ini mengakui keterbatasan penggunaan desain kohort retrospektif dan menyarankan agar penelitian di masa depan menggunakan studi kohort prospektif, yang lebih dikenal dalam studi cedera olahraga. Hal ini memungkinkan pelacakan cedera yang lebih akurat dan upaya pencegahan yang lebih baik seiring waktu. Untuk memfasilitasi hal ini, peneliti menekankan perlunya adanya Sistem Surveilans Cedera di Indonesia, yang dapat melacak cedera di berbagai cabang olahraga. Sistem seperti ini telah ada selama beberapa dekade di negara-negara maju, memberikan pemahaman yang lebih komprehensif tentang pola cedera dan membantu merancang strategi pencegahan yang lebih baik (Ekegren, dkk., 2016).

Pengembangan ini dapat berperan penting dalam memajukan penelitian cedera olahraga di Indonesia, dengan menyediakan data yang dapat membantu mengoptimalkan metode pelatihan, mengurangi tingkat cedera, dan meningkatkan kesehatan atlet di semua tingkatan kompetisi. Penelitian ini menemukan bahwa cedera paling sering terjadi pada tungkai bawah atlet sepak bola muda elite di Indonesia, dengan fokus cedera pada pergelangan

kaki dan lutut. Jenis cedera yang paling sering dialami adalah memar, cedera otot (*strain*), dan cedera ligamen (*sprain*). Angka kejadian cedera di kalangan pemain sepak bola muda Indonesia tercatat sebesar 3,9 per 1000 jam latihan maupun pertandingan. Selain itu, cedera spesifik yang sering ditemukan pada atlet muda, yaitu Osgood Schlatter, memiliki angka kejadian tertinggi pada usia 13 tahun. Penemuan ini penting untuk memahami karakteristik cedera pada atlet muda dan dapat digunakan untuk merancang program pencegahan yang lebih baik.

4.6 Perbandingan Antara Junior dan Rekreasi berdasarkan Respons Beban Internal dan Eksternal dalam Sepak Bola

Sebagai olahraga yang menuntut ketahanan fisik tinggi, berbagai pendekatan berbasis ilmu olahraga telah dikembangkan untuk meningkatkan performa dan mencegah cedera. Pemantauan kinerja fisik pemain menjadi bagian penting dalam program latihan, terutama untuk menyesuaikan intensitas latihan dengan tuntutan kompetisi. Penggunaan Denyut Jantung (HR) sebagai penanda beban internal dan *Rating of Perceived Exertion* (RPE). RPE adalah sebuah skala yang dibuat oleh Gunnar Borg's pada tahun 1982, yang bertujuan untuk mengukur dan mengetahui intensitas atau usaha yang dikeluarkan pada saat melakukan aktivitas fisik, berdasarkan persepsi subjektif seseorang yang dikuantitatifkan. RPE berkorelasi tinggi dengan denyut jantung, resapan oksigen maksimal, dan kadar asam laktat pada saat melakukan aktivitas fisik. Sekarang ini, ada dua skala RPE yang digunakan secara luas: yang asli, menilai intensitas aktivitas fisik pada skala 6-20, dan skala yang dimodifikasi, dengan skala 0-10. RPE digunakan dalam berbagai jenis olahraga dan rehabilitasi untuk memantau intensitas latihan tanpa harus bergantung sepenuhnya pada alat pengukur fisiologis seperti detak jantung. RPE sebagai alat pemantauan subjektif menjadi metode yang umum digunakan oleh ilmuwan olahraga. Hal ini sangat berguna untuk memantau kebugaran aerobik dan mencegah *overtraining*, yang dapat mengakibatkan cedera atau penurunan performa. Penelitian juga menunjukkan bahwa posisi pemain di lapangan memengaruhi beban eksternal yang diterima, di mana pemain tengah sering menempuh jarak terjauh, sehingga berisiko lebih tinggi mengalami kelelahan. Oleh karena itu, sinkronisasi antara latihan dan tuntutan pertandingan yang sebenarnya merupakan hal penting agar pemain dapat mencapai performa puncak tanpa risiko cedera berlebihan.

Populernya sepak bola, baik pada level profesional maupun rekreasi, tidak hanya berdampak pada meningkatnya partisipasi, tetapi juga berpotensi meningkatkan risiko cedera pemain. Dalam sepak bola rekreasi, yang semakin diminati berkat kesadaran masyarakat akan manfaatnya, program pelatihan yang tepat dapat memberikan dampak positif bagi kesehatan tubuh, seperti peningkatan sistem muskuloskeletal, metabolisme, dan kardiovaskular. Salah satu temuan yang signifikan adalah peningkatan VO₂max, penurunan massa lemak, dan tekanan darah yang dapat dicapai melalui program pelatihan sepak bola rekreasi selama 12 minggu, bahkan efeknya bertahan selama satu tahun meski frekuensi latihannya dikurangi. Pada sepak bola usia muda, penelitian lebih sering berfokus pada pemain elit atau profesional, dengan sedikit perhatian pada karakteristik pemain usia muda, khususnya pada format permainan seperti *7-a-side*. Pemantauan beban latihan, yang biasanya dilakukan selama sesi latihan seperti *Small Sided Games* (SSG), masih jarang diterapkan pada simulasi pertandingan sesungguhnya, terutama untuk anak-anak di bawah 12 tahun.

Manajemen beban latihan yang tepat sangat penting bagi pemain muda untuk mendukung perkembangan fisik mereka secara bertahap dan memperpanjang karier olahraga. Berbeda dengan pemain rekreasi yang lebih fokus pada kebugaran fisik dan kesehatan, pemain muda lebih diarahkan pada peningkatan performa untuk mencapai prestasi. Penelitian menunjukkan bahwa motivasi intrinsik pemain akan menurun seiring bertambahnya usia dan kemajuan keterampilan mereka, yang juga memengaruhi profil aktivitas mereka di lapangan. Melalui penelitian yang membandingkan tuntutan fisik pemain sepak bola muda dan pemain sepak bola rekreasi dewasa, diperoleh pemahaman tentang bagaimana beban internal (seperti denyut jantung) dan eksternal dapat dikelola dengan lebih baik. Pengetahuan ini sangat penting untuk merancang program latihan yang sesuai dengan kebutuhan dan tujuan spesifik di setiap kelompok usia, baik untuk tujuan kesehatan maupun prestasi.

Desain penelitian ini menggunakan metode kohort observasional dengan pendekatan komparatif untuk membandingkan karakteristik fisik dan beban latihan antara pemain sepak bola junior dan pemain sepak bola rekreasi. Subjek penelitian melibatkan total 24 pemain, terdiri dari 12 pemain sepak bola junior berusia 11-12 tahun, serta 12 pemain sepak bola rekreasi berusia 30-35 tahun, yang semuanya aktif bermain sepak bola setidaknya sekali

seminggu. Penjaga gawang tidak diikutsertakan dalam penelitian ini karena perbedaan karakteristik fisik dan tuntutan permainan dibandingkan posisi lainnya. Subjek dipilih secara sengaja dengan mempertimbangkan kriteria inklusi seperti rentang usia, keterlibatan dalam latihan rutin, serta keanggotaan dalam klub atau komunitas sepak bola. Pemain junior yang terlibat dalam penelitian ini berasal dari tingkat provinsi, dengan frekuensi latihan 3 kali seminggu selama 120 menit per sesi, sedangkan pemain rekreasi adalah mereka yang tergabung dalam klub amatir. Pengukuran denyut jantung maksimum dilakukan menggunakan rumus standar ($220 - \text{usia}$).

Kriteria eksklusi dalam penelitian ini mencakup subjek yang tidak memenuhi rentang usia yang ditentukan, memiliki riwayat penyakit kardiovaskular, atau mengalami cedera fisik, khususnya pada ekstremitas bawah, yang dapat memengaruhi hasil penelitian. Studi ini memberikan gambaran komprehensif mengenai perbedaan tuntutan fisik dan respon latihan antara pemain sepak bola junior dan pemain sepak bola rekreasi, yang diharapkan dapat membantu perancangan program latihan yang lebih tepat untuk masing-masing kelompok. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi perbedaan tuntutan fisik, baik dari respons denyut jantung maupun profil aktivitas, pada pemain sepak bola junior dan rekreasi. Pengukuran meliputi total jarak yang ditempuh, kecepatan tertinggi, jarak sprint, akselerasi maksimum, dan deselerasi maksimum, yang semuanya diukur untuk mengidentifikasi beban fisik global pemain. Hasil menunjukkan adanya perbedaan signifikan dalam respons denyut jantung (HR) antara kedua kelompok pemain, dengan HR digunakan sebagai indikator untuk memantau intensitas latihan dan memprediksi kapasitas kebugaran pemain dalam berbagai siklus latihan, baik pra-musim maupun dalam kompetisi.

Denyut jantung maksimum (HRmax) dari kedua kelompok penelitian mencapai 90-95%, menunjukkan bahwa mereka telah mencapai tingkat intensitas latihan yang tinggi. Denyut jantung pada anak-anak umumnya lebih tinggi karena kebutuhan oksigen serta energi yang lebih besar selama latihan dibandingkan orang dewasa dan juga fungsi otot tubuh yang relatif lebih rendah dibandingkan orang dewasa. Penelitian menunjukkan bahwa HRmax pada pemain junior (11-12 tahun) bisa lebih tinggi hingga 30 bpm dibandingkan pemain yang berusia 30-35 tahun. Selain itu, intensitas tinggi pada sepak bola rekreasi, seperti yang diamati dalam penelitian ini,

diharapkan dapat meningkatkan kebugaran kardiovaskular pemain, yang merupakan salah satu motivasi utama partisipasi mereka.

Dalam hal profil aktivitas, ditemukan perbedaan yang signifikan dalam variabel kecepatan tertinggi dan akselerasi maksimum, tetapi tidak pada jarak total, jarak sprint, atau deselerasi maksimum. Temuan ini sejalan dengan studi-studi sebelumnya, yang juga tidak menemukan perbedaan signifikan dalam jarak total yang ditempuh pada berbagai format permainan untuk kelompok usia muda. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun ada perbedaan dalam beberapa aspek profil aktivitas, beban fisik global pada kedua kelompok tetap serupa.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa meskipun ada perbedaan signifikan pada respons HR dan beberapa variabel profil aktivitas, banyak variabel fisik lainnya, termasuk jarak total yang ditempuh, menunjukkan hasil yang serupa antara pemain junior dan pemain rekreasi. Penelitian ini mengidentifikasi perbedaan signifikan dalam variabel fisik dan fisiologis antara pemain sepak bola junior dan rekreasi. Temuan menunjukkan bahwa pemantauan denyut jantung (HR) adalah alat yang efektif untuk mengevaluasi kinerja daya tahan, di mana terdapat perbedaan yang signifikan pada HR rata-rata (HRavg) dan denyut jantung maksimum (HRmax) antara kedua kelompok. Pemain junior cenderung memiliki HRmax yang lebih tinggi karena faktor usia, yang juga memengaruhi kebutuhan tubuh akan oksigen dan energi selama latihan intens.

Dalam hal profil aktivitas, ditemukan perbedaan signifikan dalam kecepatan tertinggi dan akselerasi maksimum antara kedua kelompok. Akan tetapi, tidak ada perbedaan signifikan dalam total jarak, jarak sprint, dan deselerasi maksimum, yang menunjukkan bahwa intensitas perpindahan kedua kelompok memiliki kesamaan dalam beberapa variabel beban eksternal, meskipun usia dan level permainan berbeda.

Penggunaan perangkat GPS 15 Hz terbukti valid untuk mencatat kecepatan maksimum pemain muda di bawah 20 km/jam, tetapi kurang dapat diandalkan untuk pemain dewasa dengan kecepatan lebih tinggi dari 20 km/jam. Oleh karena itu, alat pelacak aktivitas fisik, seperti GPS dan pemantauan denyut jantung, harus disesuaikan dengan kelompok usia dan level permainan untuk memperoleh hasil yang lebih akurat. Dalam konteks ini, akselerasi dan deselerasi menjadi indikator penting untuk mengukur

intensitas perpindahan, terutama dalam sesi latihan yang melibatkan banyak perubahan kecepatan.

Penelitian ini juga memberikan rekomendasi penting untuk pelatih, yaitu pemantauan denyut jantung dan metrik kinerja fisik harus digunakan untuk mencegah *overtraining* dan memastikan pemain dapat mencapai performa fisik yang optimal. Pemain sepak bola rekreasi disarankan untuk menggunakan lapangan yang lebih kecil, mirip dengan yang digunakan oleh pemain junior, untuk meningkatkan kapasitas anaerobik dan intensitas permainan.

Sebagai kesimpulan, penelitian ini menekankan pentingnya pelacakan aktivitas fisik dan fisiologis, terutama dalam mengevaluasi tuntutan fisik pada berbagai level pemain. Studi ini membuka ruang diskusi untuk penelitian di masa depan yang lebih rinci tentang perbedaan karakteristik fisik antara pemain junior dan pemain rekreasi.

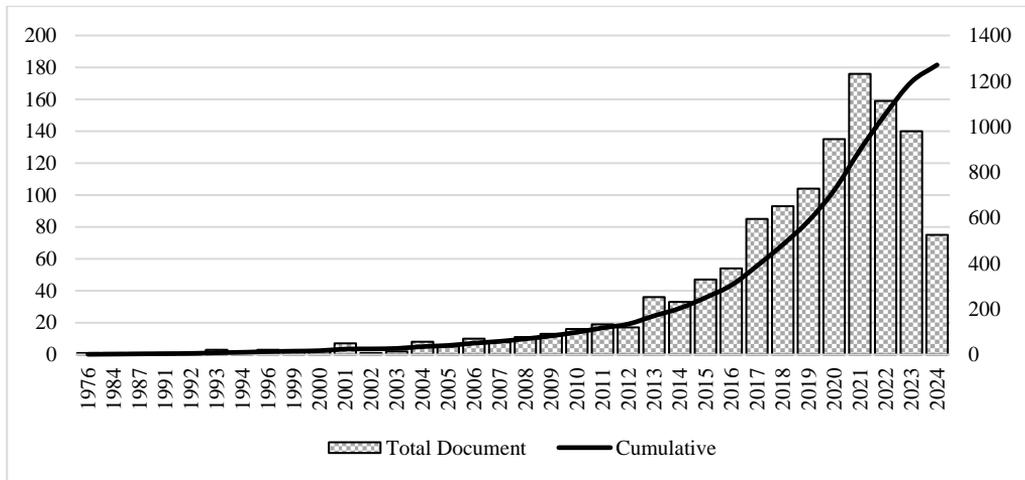
4.7 Scientific Literature ACWR (Acute Chronic Work-Load Ratio) Sepak Bola

Studi ini berfokus pada identifikasi negara-negara yang secara aktif melakukan penelitian di bidang beban latihan dan pemulihan. Terdapat 1271 dokumen yang di publikasi lebih dari 230 sumber jurnal. Dengan total 3900 penulis dari 62 negara yang berbeda-beda.

Tren penelitian pemantauan beban latihan dimulai pada tahun 1976 oleh Reilly and Thomas. Kemajuan diharapkan terus berkembang, namun tingkat perkembangan penelitian justru melamban. Peningkatan signifikan terjadi pada tahun 2001 walaupun sempat menurun jumlahnya pada tahun 2002, tetapi jumlah artikel terus meningkat sejak itu. Dan tahun 2021 menjadi tahun publikasi artikel terkait pemantauan beban latihan terbanyak yaitu 176.

Sepuluh penulis terbaik pada publikasi artikel terkait pemantauan beban latihan, di mana diposisi pertama adalah Gabbet, Tim J dengan nilai h-index tertinggi, yaitu 79. Gabbet menghasilkan total 372 publikasi terkait pemantauan beban latihan dalam olahraga sepak bola. Gabbet merupakan ahli di bidang tuntutan fisik, pencegahan cedera, dan *skill acquisition* yang berhubungan pada pemantauan beban latihan. Selain itu, ia menciptakan

metode pemantauan, yaitu ACWR yang dapat membantu atlet dan pelatih dalam memantau latihan dan peningkatan performa.



Gambar 4.4 Jumlah publikasi Monitoring Soccer Training Load.

Sebanyak 10 negara terlibat aktif dalam praktik pemantauan beban latihan pada olahraga sepak bola. Inggris menjadi negara yang paling aktif terlibat dalam publikasi terkait pemantauan beban latihan olahraga sepak bola, dengan total dokumen telah terbit, yaitu 310. Serta menjadi negara dengan citasi terbanyak yaitu 11887. Tidak kalah dengan negara benua Eropa, Australia juga terlibat dalam studi pemantauan beban latihan sepak bola, di mana total dokumen yang telah terbit dari Australia, yaitu 169 dengan nilai total kutipan yaitu 8107.

Kata kunci yang sering muncul adalah "performa" dan "team sports". Selanjutnya, kata kunci yang sering ditemui termasuk "load", "kelelahan", dan "detak jantung". Dari tren kata kunci penelitian terkait pemantauan beban latihan, terdapat kata kunci ACWR yang memiliki rata-rata publikasi terbaru. ACWR adalah ukuran kuantitatif yang digunakan untuk menilai beban latihan akut, yang mengacu pada beban latihan yang dialami dalam jangka waktu singkat. Dalam kaitannya dengan beban latihan kronis, yang mewakili beban latihan rata-rata yang dipertahankan dalam jangka waktu yang lebih lama, biasanya 4 minggu atau lebih. ACWR digunakan untuk memprediksi cedera, nilai ACWR berbeda – beda untuk berbagai indeks yang digunakan dan sulit untuk menetapkan ambang batas yang menunjukkan adanya risiko cedera rendah. Indeks tersebut seperti GPS (*Global Positioning System*), jarak total,

Lonjakan signifikan dalam jumlah publikasi pada rentang tahun 2011-2016. Ini mungkin disebabkan oleh meningkatnya adopsi teknologi pemantauan atlet di klub-klub profesional dan berkembangnya penelitian tentang hubungan antara beban latihan, kinerja, dan risiko cedera (Gabbett, 2016).

Hasil temuan dalam penelitian ini, membuktikan bahwa pemantauan beban latihan pada cabang olahraga sepak bola menjadi populer di Inggris, diikuti oleh beberapa negara yaitu Australia, Italia, Spanyol, dan Portugal berdasarkan dampak terhadap penelitian-penelitian lainnya. Peneliti terkemuka dalam bidang pemantauan beban latihan, yaitu Gabbett, Tim J dan Franco Impelizzer dengan total citasi terbanyak pada publikasi ilmiahnya. Di mana latar belakang pendidikan dan pengalaman mereka sangat mendukung kontribusi secara nyata dan berdampak pada peneliti lainnya. Dengan kemajuan teknologi, penelitian, dan pengetahuan terhadap beban latihan dapat memberikan gagasan kepada praktisi untuk diterapkan dan dikembangkan lagi oleh peneliti dimasa yang akan datang.

4.8 Kesimpulan

Melalui berbagai kegiatan penelitian yang dilakukan oleh penulis sebagai staf di Kelompok Keilmuan Ilmu Keolahragaan SF ITB, terlihat adanya upaya yang signifikan untuk mengembangkan sepak bola di Indonesia. Penelitian ini tidak hanya berorientasi pada aspek teknis permainan, tetapi juga berlandaskan pada keilmuan yang komprehensif, seperti fisiologi olahraga dan biomekanika, serta berbagai disiplin ilmu lain yang saling beririsan dengan ilmu keolahragaan.

Salah satu fokus utama dari penelitian ini adalah tingkat kelelahan pemain sepak bola dan pengaruhnya terhadap teknik gerakan menendang. Hasil penelitian ini memberikan wawasan penting bahwa kelelahan fisik dapat berdampak negatif pada teknik menendang, yang pada gilirannya memengaruhi performa keseluruhan pemain dan meningkatkan risiko cedera. Dengan memahami faktor ini, pelatih dapat merancang sesi latihan yang lebih efektif, meminimalisir kelelahan yang berlebihan, dan meningkatkan keterampilan teknik pemain.

Selain itu, penelitian tentang metode latihan *small side games* menunjukkan bahwa latihan dalam konteks permainan yang lebih kecil dapat

meningkatkan keterlibatan dan motivasi pemain. Metode ini tidak hanya fokus pada penguasaan teknik dan fisik, tetapi juga melatih pemain tentang strategi dan kerja sama tim dalam situasi yang lebih realistis. Temuan ini memberikan kontribusi besar dalam perancangan program pelatihan yang lebih menarik dan efektif bagi para pemain, terutama pada level *grassroots*.

Dengan meningkatnya partisipasi anak-anak dalam olahraga sepak bola, pemahaman tentang faktor risiko cedera menjadi krusial. Penelitian ini mengidentifikasi berbagai elemen yang dapat menyebabkan cedera, yang kemudian dapat digunakan untuk merumuskan pedoman pencegahan yang lebih baik, serta memastikan bahwa pelatihan dilakukan dengan cara yang aman.

Selanjutnya, analisis mengenai internal dan eksternal *load* dalam latihan sepak bola memberikan gambaran yang lebih jelas tentang hubungan antara beban latihan dan performa. Memahami kedua aspek ini memungkinkan pelatih untuk mengatur program latihan dengan lebih baik, menyesuaikan intensitas dan volume latihan sesuai dengan kebutuhan individual pemain, sehingga risiko cedera dapat diminimalisir dan performa dapat ditingkatkan.

Penelitian terakhir mengenai potensi cedera yang berkaitan dengan riwayat beban latihan atlet juga menyoroti pentingnya *monitoring* dan evaluasi terhadap program latihan. Dengan memantau riwayat beban latihan, pelatih dapat lebih baik mengidentifikasi pola yang berpotensi menyebabkan cedera, serta mengambil langkah-langkah pencegahan yang diperlukan untuk menjaga kesehatan dan keselamatan pemain.

Secara keseluruhan, berbagai penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa pendekatan ilmiah dalam keolahragaan sangat penting untuk meningkatkan kualitas permainan sepak bola sekaligus pencegahan cedera atlet di Indonesia. Kontribusi nyata dari penelitian ini memberikan landasan yang kuat untuk pengembangan program latihan yang lebih efektif, aman, dan berorientasi pada hasil. Dengan terus melakukan riset dan pengabdian masyarakat, diharapkan dapat tercipta lingkungan sepak bola yang lebih sehat dan berprestasi, serta mendukung pertumbuhan olahraga di tingkat nasional.

5 KESIMPULAN OLAHRAGA KESEHATAN, BULU TANGKIS, DAN SEPAK BOLA

Seperti yang telah dituliskan pada awal bab buku ini, di mana kesehatan menjadi tujuan utama dan pertama dalam konsep ide mencapai tingkat kebugaran yang tinggi dan mencapai tingkat prestasi yang mampu bersaing di tingkat Internasional. Bulu tangkis dan sepak bola menjadi dua cabang olahraga representatif yang dipilih untuk dibahas dalam buku ini. Bulu tangkis menjadi olahraga prestasi yang selalu mengharumkan nama Indonesia di tingkat Olimpiade. Sejak tahun 1992 sampai dengan 2024, cabang olahraga bulu tangkis selalu memberikan medali pada Olimpiade. Ini menunjukkan bahwa adanya peluang bagi Indonesia untuk lebih meningkatkan dan mempertahankan prestasi yang telah diraih. Sementara itu, sepak bola menjadi cabang olahraga yang memiliki animo tinggi serta harapan yang sangat besar berkaitan olahraga tersebut. Pecinta sepak bola tidak diragukan lagi jika saat ini sedang menunjukkan minat yang serius untuk melihat Tim Nasional sepak bola Indonesia berprestasi lebih baik. Oleh karena itu, animo ini dapat dijadikan momentum untuk meningkatkan prestasi sepak bola di kancah Internasional.

5.1 Apakah Indeks Kebugaran Sudah Mencukupi?

Sebelum menjawab secara konkret pertanyaan pada bab kesimpulan ini, penulis akan membawa para pembaca untuk merefleksikan keberhasilan Australia dan Jepang dalam meningkatkan aktivitas fisik, yang bertujuan untuk menciptakan indeks kebugaran bagi masyarakatnya. Pertama, Australia melalui *Australian Sports Commission* (ASC) memiliki target spesifik untuk meningkatkan tingkat partisipasi dalam aktivitas fisik di seluruh Australia. Target utama dari ASC dalam meningkatkan aktivitas fisik di Australia adalah untuk mendorong partisipasi masyarakat dalam berbagai tingkat olahraga dan aktivitas fisik, baik secara rekreasional maupun kompetitif. Hal tersebut mencakup beberapa program, seperti: (1) meningkatkan partisipasi anak-anak dan remaja; (2) Meningkatkan partisipasi orang dewasa; (3) mendukung komunitas dan kelompok minoritas; (4) membangun ekosistem olahraga yang kuat; dan (5) mendorong peningkatan kesehatan masyarakat secara keseluruhan. Secara optimis, ASC melalui strategi "Sport 2030", memiliki tujuan untuk meningkatkan partisipasi fisik harian secara

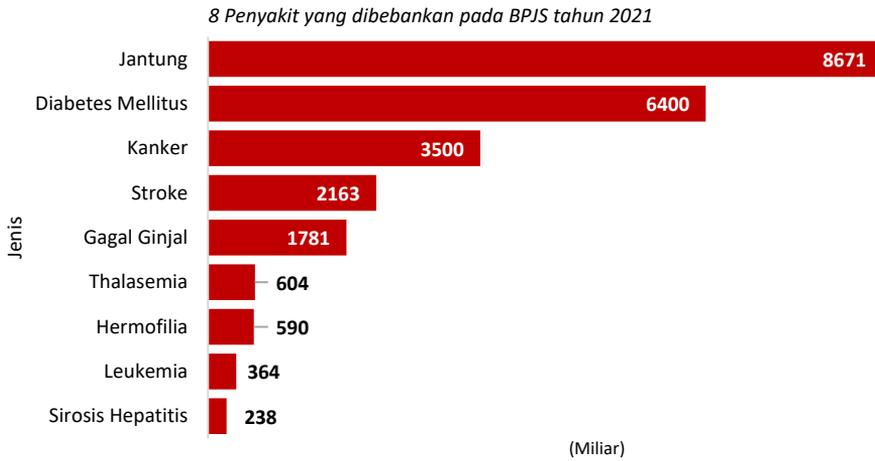
berkesinambungan. Secara detail, ACS memiliki target 85% orang dewasa Australia akan aktif secara fisik, dan 90% anak-anak Australia (usia 5-14 tahun) akan berpartisipasi secara teratur dalam olahraga dan aktivitas fisik pada tahun 2030.

Jepang, melalui *Japan Sports Agency* (JSC), yang merupakan bagian dari Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Olahraga, Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Jepang, memiliki berbagai target dan inisiatif untuk meningkatkan partisipasi dalam aktivitas fisik dan olahraga di seluruh Jepang. JSC mencanangkan beberapa target utama terkait peningkatan aktivitas fisik, seperti: (1) Meningkatkan Partisipasi Olahraga Harian, dan perlu dicatat bahwa saat ini, target mereka adalah untuk mencapai 65% partisipasi di seluruh populasi. (2) Mempromosikan Aktivitas Fisik di Semua Usia; (3) Memajukan Program Olahraga di Sekolah; (4) Inisiatif Olahraga Komunitas; (5) Meningkatkan Aktivitas Fisik Menuju Olimpiade dan Paralympic Games, dan (6) Mengurangi Ketidakaktifan Fisik. Enam tujuan besar ini merupakan bagian dari rencana jangka panjang Jepang untuk mencapai masyarakat yang lebih sehat dan aktif secara fisik, yang juga sejalan dengan inisiatif "*Sport for Tomorrow*", sebagai simbol mereka dalam mengimplementasikan tujuan tersebut.

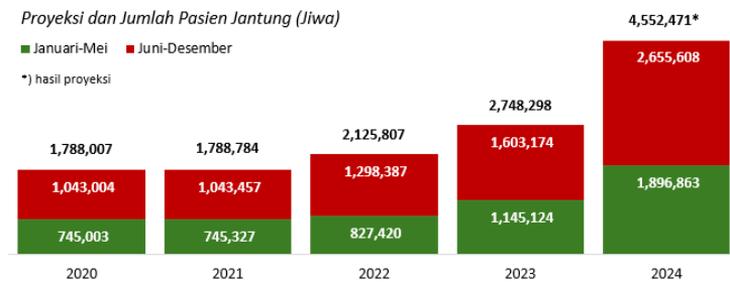
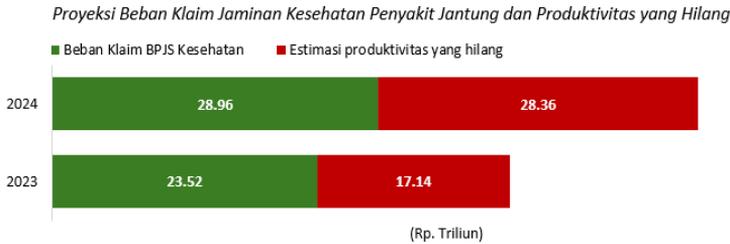
Setelah melihat Australia dan Jepang, penulis ingin membawa pembaca dalam menjawab pertanyaan permasalahan yang dihadapi Indonesia saat ini. Perlu disadari bahwa Indonesia sampai saat ini belum memiliki data yang jelas terkait data kebugaran yang dinilai melalui rata-rata VO₂max. Namun di sisi lain, perlu disadari juga bahwa meningkatnya anggaran BPJS untuk menanggulangi penyakit degeneratif seperti jantung, dan lainnya menjadi *warning* bagi Indonesia (Gambar 5.1 dan 5.2). Hal ini mengingatkan secara teori bahwa semakin rendah tingkat VO₂max seseorang, maka risiko terkena penyakit degeneratif akan semakin besar. Secara konkret, dampak negatif yang dihasilkan daripada penyakit degeneratif adalah hilangnya produktivitas, yang seharusnya menjadi potensi positif bagi negara (Gambar 5.2).

Bercermin dari fakta dan data ini, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa sebagian besar masyarakat Indonesia belum memiliki indeks kebugaran yang baik. Terlebih, Indonesia terlihat darurat akan ketersediaan data indeks kebugaran masyarakat, sehingga sulit untuk melakukan pemetaan dan

analisis risiko-risiko penyakit degeneratif bagi masyarakatnya. Di sisi lain, risiko akan meningkatnya penyakit degeneratif akan terus membayangi Indonesia, jika permasalahan ini tidak dapat diselesaikan dengan baik.



Gambar 5.1 Pengeluaran BPJS Terhadap Suatu Golongan Penyakit (Sumber: databoks online, didapatkan pada tanggal 25 September 2024)



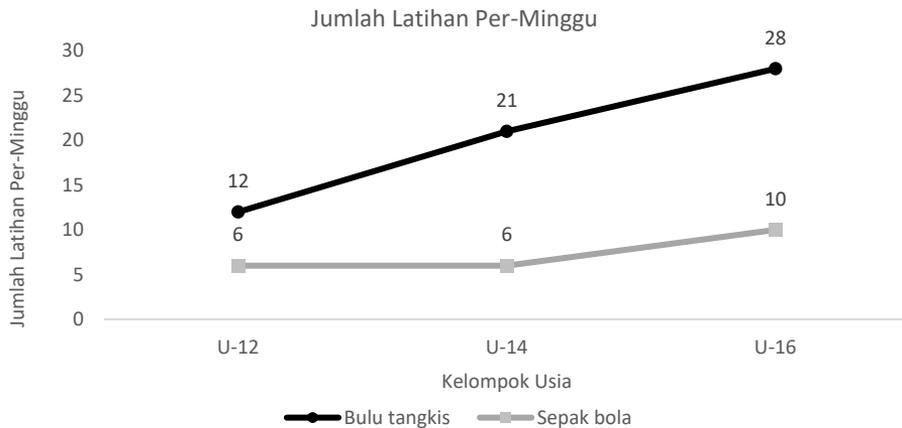
Gambar 5.2 Proyeksi Perbandingan Klaim Jaminan dan Produktivitas yang Hilang Penyakit. (Sumber: Kompas, didapatkan pada tanggal 9 Oktober 2024)

Meskipun demikian, dalam kesempatan ini, penulis ingin mengajak pembaca dalam melihat dan melakukan analisis terhadap keberhasilan program TPB olahraga ITB yang telah dijalankan, secara bukti *practical* bahwa

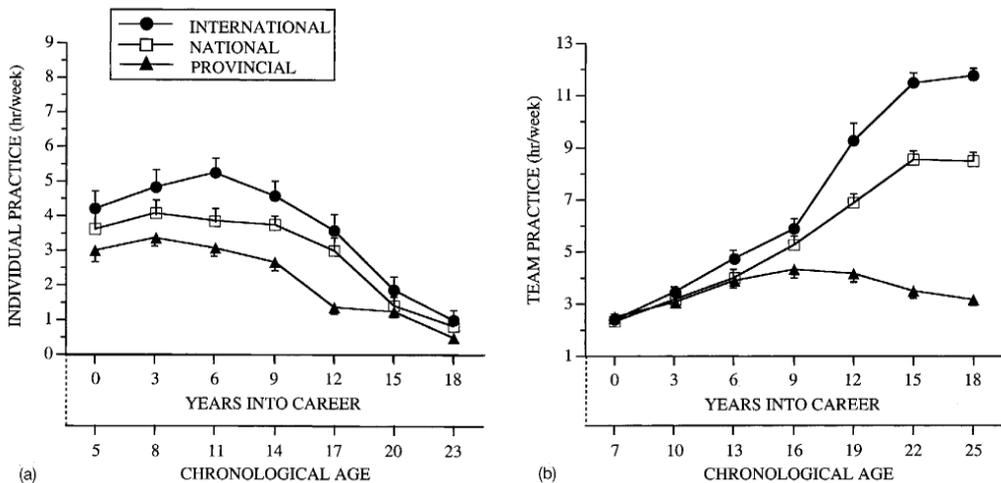
tingkatan VO₂max mahasiswa TPB olahraga ITB lebih baik daripada remaja aktif di Singapore. Hal ini menunjukkan bahwa keberhasilan program olahraga yang telah dijalankan selama 1 semester dalam perkuliahan TPB. Di sisi lain, perlu dipahami juga bahwa terdapat data menarik, di mana mahasiswa TPB semester 1 memiliki tingkat VO₂max awal yang lebih buruk daripada mahasiswa TPB semester 2. Hal ini dapat dijawab dengan dua kesimpulan, yaitu (1) berdasarkan pengamatan, mahasiswa TPB semester 1, telah berhenti melakukan aktivitas fisik/olahraga dari tingkat sekolah menengah atas (SMA) kelas XII, hal ini dikarenakan kelas olahraga ditiadakan, demi siswa-siswi fokus kepada pelajaran inti seperti (IPA, IPS, dan lainnya). Hal ini membuat tingkat VO₂max awal yang buruk ketika mereka mengikuti perkuliahan TPB di semester 1. Sedangkan (2) temuan mahasiswa TPB semester 2 memiliki VO₂max awal yang lebih baik, dikarenakan mereka sudah beradaptasi dan memulai berlatih secara inisiatif mandiri menyiapkan kebugaran mereka di semester 1, sehingga hal ini membuat VO₂max awal mereka lebih baik. Dari alur berpikir ini, harus dipahami bahwa menerapkan olahraga yang teratur harus menjadi suatu investasi yang harus dilakukan mulai dari sedini mungkin, dengan tingkat konsistensi yang baik. Perlu disadari bahwa kesehatan dan kebugaran yang baik, akan memberikan dampak baik bagi diri sendiri dan kehidupan sosial. Di sisi lain, dengan meningkatnya partisipasi aktif masyarakat dalam berolahraga, maka potensi meraih olahraga prestasi akan semakin besar.

5.2 Perbandingan Jam Latihan Antara Sepak Bola dan Bulu Tangkis

Peningkatan prestasi selalu memiliki garis lurus terhadap durasi atau proses latihan yang telah dijalankan sebelumnya. Terdapat kesimpulan temuan menarik yang telah didapatkan tim peneliti KK. Ilmu Keolahragaan ITB terkait bulu tangkis dan sepak bola (Gambar 5.3).



Gambar 5.3 Perbandingan jam latihan sepak bola dan bulu tangkis dalam seminggu.



Gambar 5.4 Jam latihan sepak bola dalam seminggu (Helsen dkk., 1998).

Jika dilihat daripada grafik diatas, sangat jelas terlihat bahwa sepak bola Indonesia memiliki jumlah durasi latihan yang paling rendah pada setiap kategori usia yang sesuai, jika dibandingkan dengan durasi latihan bulu tangkis dan juga durasi latihan *team practical* yang didapatkan dari literasi sepak bola oleh Helsen, dkk. (1998). Hal ini, dapat disimpulkan bahwa jika durasi latihan sepak bola Indonesia tetap minim seperti ini, dan tidak ada perkembangan atau peningkatan ke depannya, maka dapat dipastikan sepak bola Indonesia sulit untuk berprestasi seperti bulu tangkis, bahkan berprestasi menyaingi sepak bola mancanegara. Oleh karena itu, pentingnya

memperhatikan jumlah durasi bagi setiap cabang olahraga, khususnya sepak bola dan bulu tangkis sangatlah penting.

Perbedaan jumlah durasi latihan tersebut dapat didasari oleh ketersediaan dan kualitas sarana prasarana sepak bola dibanding bulu tangkis. Fasilitas bulu tangkis lebih mudah ditemukan tetapi sebaliknya, fasilitas sepak bola menghadapi keterbatasan jumlah lapangan dan fasilitas latihan, terutama di tingkat akar rumput. Sama halnya di tingkat profesional, tim-tim yang berlaga di kompetisi tertinggi di Indonesia sebagian besar stadion dan fasilitas latihan yang digunakan adalah milik pemerintah daerah setempat. Situasi ini sangat berbeda dengan kondisi di liga-liga top Eropa atau negara maju lainnya. Di negara-negara tersebut, mayoritas klub profesional memiliki dan mengelola stadion serta fasilitas latihan mereka sendiri. Kepemilikan fasilitas ini dapat memberikan keuntungan, seperti penggunaan untuk latihan yang dapat memenuhi kebutuhan baik tim senior ataupun tim junior.

Hal lain yang dapat menjadi penyebab perbedaan jumlah durasi latihan sepak bola dengan bulu tangkis yaitu tidak adanya akademi dari tim sepak bola profesional Indonesia yang memfokuskan pada pembinaan berkelanjutan dari usia dini hingga senior. Banyak tim profesional yang membentuk tim akademinya pada saat menjelang kompetisi, dengan melakukan proses seleksi dan mengambil pemain dari sekolah sepak bola yang ada. Fenomena tersebut menunjukkan bahwa kurangnya perhatian terhadap pembinaan sehingga akan terasa sulit untuk melakukan perkembangan dan peningkatan prestasi sepak bola Indonesia.

6 PENUTUP

Pada akhirnya, penulis ingin membawa 3 fakta temuan terkait penelitian yang telah dijalankan oleh KK. Ilmu Keolahragaan sampai saat ini: (1) Tidak ditemukannya data konkret terkait level kebugaran (VO₂max) pada masyarakat Indonesia; (2) ITB melalui KK. Ilmu Keolahragaan, sudah menjadi pioner dalam melakukan pemetaan posisi indeks kebugaran mahasiswanya; (3) rendahnya jam atau durasi latihan sepak bola, jika dibandingkan dengan olahraga bulu tangkis dan juga durasi latihan sepak bola yang telah dilakukan di Belgia.

Oleh karena itu dapat ditarik kesimpulan bahwa, jika Indonesia memiliki niat serius dalam memajukan sepak bola dan mempertahankan prestasi bulu tangkis dan cabang olahraga lainnya, maka yang harus dilakukan pertama adalah meningkatkan indeks kebugaran masyarakat Indonesia terlebih dahulu, dan kemudian meningkatkan *concern* terkait durasi latihan yang harus dijalankan oleh sepak bola. Perlu disadari bahwa jika tidak ada peningkatan olahraga kesehatan, maka akan berdampak pada (1) rendahnya indeks kebugaran masyarakat, (2) angka partisipasi dalam mencintai olahraga akan semakin menurun, dan (3) meningkatnya penderita penyakit degeneratif. Poin nomor dua tersebut akan memiliki efek akumulasi bahwa kurangnya minat bibit-bibit muda dalam melakukan latihan yang bertujuan untuk prestasi. Akumulasi ini yang saat ini dihadapi oleh sepak bola, di mana meskipun animo terhadap sepak bola tinggi, namun *concern* untuk melakukan latihan dengan tujuan prestasi masih rendah.

Perlu disadari dan perlu disampaikan apresiasi juga terhadap bulu tangkis, di mana sistem pembinaan yang telah dijalankan saat ini sudah cukup baik, meskipun ada faktor-faktor yang harus ditingkatkan jika ingin meningkatkan atau mempertahankan prestasi bulu tangkis ke depannya. Nampaknya, sistem pelatihan terpusat, klub, dan sistem kompetisi yang teratur menjadi suatu nilai tambahan bagi bulu tangkis, sehingga sampai saat ini masih tetap menunjukkan prestasi yang baik bagi Indonesia. Meskipun demikian, penerapan teknologi *sports science* juga menjadi *concern* yang harus dilihat bersama-sama. Melalui kemajuan dan penerapan teknologi saat ini, diharapkan proses pembinaan atlet akan menjadi lebih mudah, tetapi tetap menjaga level kualitas tertinggi. Implementasi teknologi, sumber daya manusia yang andal, serta infrastruktur yang memadai menjadi catatan lain

yang harus segera dibenahi dalam meningkatkan olahraga prestasi di Indonesia.

7 UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam proses pembelajaran telah banyak anggota keluarga, guru, rekan-rekan dan kolega yang berkontribusi pada proses pencapaian professorship saya ini. Baik mereka yang bertemu secara intens dalam waktu yang lama ataupun hanya bersimpangan jalan, tetapi memberikan inspirasi mendalam. Dengan kerendahan hati saya ucapkan terima kasih kepada orang-orang yang telah membantu penulis dalam raihan jabatan Guru Besar hingga akhirnya terselesaikan buku ini:

1. Ketua, Sekretaris, dan Anggota Senat ITB
2. Rektor, para Wakil Rektor, dan Sekretaris Institut Teknologi Bandung periode 2020 – 2024;
3. Ketua, Sekretaris, dan Anggota Forum Guru Besar Institut Teknologi Bandung;
4. Dekanat Sekolah Farmasi, Prof. apt. I Ketut Adnyana, M.Si., Ph.D. (Dekan); Prof. Dr. apt. Elfahmi, S.Si., M.Si. (Wakil Dekan Bidang Akademik); Dr. apt. Lia Amalia, S.Si., M.Si. (Wakil Dekan Bidang Sumberdaya); Jani Nurhajanti, SIP., M. AP. (Kepala Bagian Tata Usaha);
5. Ketua, Sekretaris, dan Anggota Senat SF ITB;
6. Tim Penilai Angka Kredit (TPAK) Sekolah Farmasi, Dr. apt Lia Amalia, S.Si., M.Si.; Prof. Dr. apt. Irda Fidrianny; Dr. apt Tri Suciati; Dr. Rini Syafriani, M.Kes.; Dr. apt. Kusnandar Anggadiredja, S.Si., M.Si.; dan TPAK Institut Teknologi Bandung;
7. Senior Dosen Sekolah Farmasi yang pernah bersama-sama di Senat Sekolah Farmasi 2005 – 2018, Prof. Dr. apt. Komar Ruslan Wirasutisna; Prof. Dr. apt. Slamet Ibrahim Surantaatmaja, DEA.; Prof. Dr. apt. Elin Yulinah Sukandar; Prof. Dr. apt. Yeyet Cahyati Sumirtapura, DEA.; Prof. Dr. apt. Andreanus Andjaja Soemardji; Prof. Dr. apt. Jessie Sofia Pamudji; Prof. Dr. apt. Tutus Gusdinar Kartawinata, M.S.; Prof. Dr. rer. nat. apt. Sundani Nurono Soewandhi; Prof. Dr. apt. Sukrasno, M.S.; Prof. Dr. apt. Asep Gana S (Almarhum); Prof. Dr. apt. Sukmadjaja Asyarie, DEA.; Prof. apt. Marlia Singgih Wibowo, Ph.D.; Prof. Dr. apt. Daryono Hadi Tjahjono, M.Sc.Eng.;
8. Anggota Kelompok Keilmuan Ilmu Keolahragaan, Dr. Samsul Bahri, M.Kes.; Dr. Rini Syafriani, M.Kes.; Dr. Nia Sri Rmania, M.Sc.; Dr. Kusnaedi, M.Pd.; Dr. Didi Sunadi, M.Pd.; Drs. Doddy Abdul karim, M.Pd. (Almarhum); Dr. Muhamad Fahmi Hasan, S.Pd., M.Or.; Dr. Agung Dwi

Juniarsyah, S.Pd., M.Or.; Rudi Hadian Januardi, SE. (Purnabakti Tendik); Suherlan;

9. Para pembimbing dan pemberi rekomendasi serta pendukung (Prof. Dr. Ir. Tati Latifah R. Mengko; Prof. Ir. Indra Djati Sidi, M.Sc.; Prof. Dr. Ir. Kadarsah Suryadi, D.E.A.; Prof. Dr. apt. Yeyet Cahyati Sumirtapura; Prof. apt. I Ketut Adnyana, M.Si.; Prof. Dr. apt. Sukrasno; Ph.D.; Prof. Ir. Andi Isra Mahyuddin, Ph.D.; Prof. Dr. Eng. Suprijadi, M.Eng.; Prof. Dr. Syahrial Bakhtiar (KETUA ISORI); Prof. Dr. H. Adang Suherman, M.A. (Wakil Rektor, UPI); Prof. Dr. Nurhasan, M.Kes. (Rektor, UNESA); Prof. Dr. Djoko Pekik Irianto, M.Kes. (KETUA APKORI); Prof. Dr. H. Yudha Munajat Saputra, M.Ed. (Direktur UPI Sumedang); Prof. Hiroyuki Nunome (President of International Society of Biomechanics in Sports); Prof. Shinji Sakurai (Vice President, Japan Society of Physical Education, Health and Sport Science); Prof. Yasuo Ikegami (Former of Vice President of Japanese Society of Physical Fitness and Sports Medicine));
10. Rekan-rekan tim peneliti, rekan kerja dan asisten/mahasiswa peneliti, Prof. Ir. Bermawi P. Iskandar, M.Sc., Ph.D.; Prof. Dr. Ir. Tatacipta Dirgantara, M.T.; Prof. Dr. Suprijanto, S.T., M.T.; Indria Herman, ST., MT., Ph.D.; Dianing Ratri, M.Des., Ph.D.; Dr. Widyawardana Adiprawita. S.T.,M.T.; Allya Paramita Koesoema, S.T, M.T, Ph.D.; Dr. Leo Aldianto, M.B.A, M.SAE.; Dwi Larso, Ph.D.; Dr. Eng. Ir. Ferryanto, S.T., M.T.; Bagus Winata, S.Pd., M. Or; Sri Indah Ihsani, S.T., M.Or.; Yudhi Teguh Pambudi, S.Pd., M.Or.; Gifran Rihla Gifarka Latief, S.Pd., M.Or.; Benidektus Adi Prianto, S.Fis., M.Or.;
11. Kakak Tercinta yang menginspirasi penulis, Drs Agus Budi Satrio, MM (Almarhum) dan Istri Teh Lilis dan Keponakan Tia dan suami Tio dan putra Aufa, Adik tercinta Heti Desiati, SE dan Suami, Yayasan bersama keponakan, dan Nia Irni Yuniarti, AMD (Almarhumah) yang bersama sama tumbuh dalam keluarga yang bahagia;
12. Keluarga besar Bapak Mertua Almarhum H. Kamaludin, bersama kakak dan adik ipar beserta keponakan;
13. Keluarga besar Ir. Soeparwoto Dharmoputra, M.BT dan Dra. Otty C. Soeparwoto;
14. Istri tercinta, Ibu Emmy Fauzia beserta anak-anak tersayang, Amanda Adriani dan Jordi A. Apriantono dan menantu Ariel Ehsan Reynaldi. Terima kasih atas kasih sayang, kesabaran dan dukungannya;

15. Kedua orang tua tersayang Penulis, Bapak H. Soedirman (Almarhum) yang mengajarkan kedisiplinan dan Ibu Hj. Dien Murdinah (Almarhumah) yang mengajarkan ketekunan dan berempati kesesama. Terima kasih tak terhingga untuk segala doa, bimbingan dan kasih sayangnya. Semoga Allah SWT. menempatkan di tempat mulia di sisi-Nya serta menyayangi sebagaimana mereka menyayangiku di waktu kecil. Amin ya Allah ya Rabbal Aalamin;
16. Guru serta teman-teman SD Angkasa Tasikmalaya, SMPN. IV Tasikmalaya, SMAN 1 Tasikmalaya (Ir. Tri Bagus Santoso dan Rudi Suteja, SE);
17. Para sahabat Kepelatihan UPI 83;
18. Para sahabat selama menempuh pendidikan Magister di NIFS dan pendidikan Doktor di University of Nagoya, Prof. Dr. Aswan, S.T., M.T.; Prof. Dr. Irwan Meilano, S.T., M.Sc.; Dr. Ir. Bambang Setyadji, M.Si; Dr. Dudy D Wijaya, S.T., M.Sc.;
19. PB Jaya Raya, PB. Mutiara dan PB. TAQI yang mengizinkan untuk melakukan penelitian bersama KK. Ilmu Keolahragaan;
20. Perhimpunan Penempuh Rimba dan Pendaki Gunung WANADRI dan Saudara seangkatan Topan Rawa & Brugmansia, Untuk persaudaraannya dan mendidik Penulis untuk selalu “Tabah Sampai Akhir”;
21. PSSI Pusat dan Asprov PSSI Jawa Barat;
22. PT. Tripatria Andalan Medika;
23. Jabatan fungsional tertinggi ini saya dedikasikan kepada Prof. Ir. Wiranto Arismunandar, MSME. dan Prof. Dr. Suhardja D. Wiramihardja, karena tanpa peran beliau saya tidak akan meraih capaian tertinggi ini.

Terakhir, saya ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah berkontribusi, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam perjalanan panjang ini. Semoga buku ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi bagi perkembangan ilmu keolahragaan di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Abian-Vicen, J., Castanedo, A., Abian, P., Gonzalez-Millan, C., Salinero, J. J., & Del Coso, J. (2014). Influence of successive badminton matches on muscle strength, power, and body-fluid balance in elite players. *International journal of sports physiology and performance*, 9(4), 689-694.
- Bonanni, R., Cariati, I., Tarantino, U., D’Arcangelo, G., & Tancredi, V. (2022). Physical exercise and health: a focus on its protective role in neurodegenerative diseases. *Journal of functional morphology and kinesiology*, 7(2), 38.
- Carbone, S., Del Buono, M. G., Ozemek, C., & Lavie, C. J. (2019). Obesity, risk of diabetes and role of physical activity, exercise training and cardiorespiratory fitness. *Progress in cardiovascular diseases*, 62(4), 327-333.
- Currie, M., Colley, K., & Irvine, K. N. (2021). Outdoor recreation for older adults in Scotland: qualitatively exploring the multiplicity of constraints to participation. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(14), 7705.
- Davis, J. M. and Bailey, S. P. 1997. Possible mechanisms of central nervous system fatigue during exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29: 45 – 57.
- Di Renzo, L., Cinelli, G., Dri, M., Gualtieri, P., Attinà, A., Leggeri, C.,... & De Lorenzo, A. (2020). Mediterranean personalized diet combined with physical activity therapy for the prevention of cardiovascular diseases in Italian women. *Nutrients*, 12(11), 3456.
- Ekegren, C. L., Gabbe, B. J., & Finch, C. F. (2016). Sports injury surveillance systems: a review of methods and data quality. *Sports medicine*, 46(1), 49-65.
- Faienza, M. F., Chiarito, M., Molina-Molina, E., Shanmugam, H., Lammert, F., Krawczyk, M.,... & Portincasa, P. (2020). Childhood obesity, cardiovascular and liver health: a growing epidemic with age. *World journal of pediatrics*, 16, 438-445.
- Franklin, B. A., Eijsvogels, T. M., Pandey, A., Quindry, J., & Toth, P. P. (2022). Physical activity, cardiorespiratory fitness, and cardiovascular health:

A clinical practice statement of the ASPC Part I: Bioenergetics, contemporary physical activity recommendations, benefits, risks, extreme exercise regimens, potential maladaptations. *American journal of preventive cardiology*, 12.

- Gupta, R., Chaudhuri, A., Gupta, R. K., & Bansod, N. (2015). Effects of exercise training on correlation of VO₂ max and anthropometric parameters, physical fitness index in young adult Indian males. *Saudi Journal of Sports Medicine*, 15(2), 153-159.
- Hanscombe, K. B., Persyn, E., Traylor, M., Glanville, K. P., Hamer, M., Coleman, J. R., & Lewis, C. M. (2021). The genetic case for cardiorespiratory fitness as a clinical vital sign and the routine prescription of physical activity in healthcare. *Genome medicine*, 13, 1-19.
- Helsen, W. F., Starkes, J. L., & Hodges, N. J. (1998). Team sports and the theory of deliberate practice. *Journal of Sport and Exercise psychology*, 20(1), 12-34.
- Kim, J. Y. (2021). Optimal diet strategies for weight loss and weight loss maintenance. *Journal of obesity & metabolic syndrome*, 30(1), 20.
- Kumar, B., Robinson, R., & Till, S. (2015). Physical activity and health in adolescence. *Clinical Medicine*, 15(3), 267-272.
- Lee, I. M., Shiroma, E. J., Lobelo, F., Puska, P., Blair, S. N., & Katzmarzyk, P. T. (2012). Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy. *The lancet*, 380(9838), 219-229.
- Lees, A. and Davies, T. 1988. The effects of fatigue on soccer kick kinematics. *Journal of Sports Sciences*, 8: 156 – 157
- Lieber, R. L. and Friden, J. 1988. Selective damage of fast glycolytic muscle fibres with eccentric contraction of the rabbit tibialis anterior. *Acta Physiologica Scandinavica*, 133: 587 – 588.
- Lower-Hoppe, L. M., Anderson-Butcher, D., Newman, T. J., & Logan, J. (2021). The influence of peers on life skill development and transfer in a sport-based positive youth development program. *Journal of Sport for Development*, 9(2), 69-85.
- Perez-Lasierra, J. L., Casajus, J. A., González-Agüero, A., & Moreno-Franco, B. (2022). Association of physical activity levels and prevalence of major degenerative diseases: Evidence from the national health and

- nutrition examination survey (NHANES) 1999–2018. *Experimental gerontology*, 158, 111656.
- Phomsoupha, M., Berger, Q., & Laffaye, G. (2018). Multiple repeated sprint ability test for badminton players involving four changes of direction: validity and reliability (part 1). *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(2), 423-431.
- Rahnama, N., Reilly, T., Lees, A., & Graham-Smith, P. (2003). Muscle fatigue induced by exercise simulating the work rate of competitive soccer. *Journal of Sports Science*, 21(11), 933-942.
- Ross, R., Blair, S. N., Arena, R., Church, T. S., Després, J. P., Franklin, B. A.,... & Wisløff, U. (2016). Importance of assessing cardiorespiratory fitness in clinical practice: a case for fitness as a clinical vital sign: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 134(24), e653-e699.
- Sibley, M. H., Ortiz, M., Graziano, P., Dick, A., & Estrada, E. (2020). Metacognitive and motivation deficits, exposure to trauma, and high parental demands characterize adolescents with late-onset ADHD. *European child & adolescent psychiatry*, 29, 537-548.
- Xu, C., Hou, Y., Si, K., & Cao, Z. (2022). Cardiorespiratory fitness, genetic susceptibility, inflammation and risk of incident type 2 diabetes: A population-based longitudinal study. *Metabolism*, 132, 155215.

CURRICULUM VITAE



Nama : **Prof. Drs. Tommy Apriantono, M.Sc., Ph.D.**
Tempat/tgl lahir : Madiun, 29 April 1964
Kel. Keahlian : Ilmu Keolahragaan
Alamat Kantor : Jl. Ganesa No.10, Lb. Siliwangi, Kecamatan Coblong, Kota Bandung, Jawa Barat 40132
Nama Istri : Emmy Fauzia
Nama Anak : Amanda Adriani
Jordi Adrianto Apriantono

I. RIWAYAT PENDIDIKAN

No	Jenjang Pendidikan	Perguruan Tinggi	Tahun Lulus	Bidang
1	Sarjana	Universitas Pendidikan Indonesia, Indonesia	1989	Kepelatihan Olahraga
2	Magister	National Institute of Fitness and Sports, Jepang	2001	Fisiologi Olahraga dan Biomekanika Olahraga
3	Doktor	Nagoya University, Japan	2005	Fisiologi Olahraga dan Biomekanika Olahraga

II. RIWAYAT KERJA DI ITB

No	Nama Jabatan	Tahun
1	Ketua Kelompok Keahlian Ilmu Keolahragaan	2005-2018
2	Sekretaris Senat Sekolah Farmasi	2005-2018
3	Kepala UPT Saraga & Sabuga ITB	2008-2020
4	Ketua Program Studi Magister Keolahragaan	2019-2020
5	Kepala Laboratorium Ilmu Keolahragaan	2016-sekarang
6	Ketua Kelompok Keahlian Ilmu Keolahragaan	2023-sekarang

III. RIWAYAT KEPANGKATAN

No	Pangkat	Golongan	TMT	Surat Keputusan
1	Penata Muda	III/a	01 Agustus 1993	1450/PT07.H2/C1K1/SK/1993
2	Penata Muda Tk. I	III/b	01 April 2000	119/KO1.2/KP03.3/SK/2000
3	Penata	III/c	01 April 2008	102/K01.02/KP.03.3/SK/2008
4	Penata Tk. I	III/d	01 April 2010	221/SK/KO1/KP.03.3/2010
5	Pembina	IV/a	01 April 2015	47793/A4.3/KP/2015
6	Pembina Tk. I	IV/b	01 April 2024	33854/B/07/2024

IV. RIWAYAT JABATAN FUNGSIONAL

No	Nama Jabatan	TMT	Surat Keputusan
1	Asisten Ahli Madya	01 Mei 1995	166a/SK/PT07.H/C/1995
2	Asisten Ahli	01 Desember 1998	572a/SK/K01/KP.03.3/2007
3	Lektor	01 Juni 2007	121/SK/K01/KP.03.3/2007
4	Lektor Kepala	01 September 2014	137543/A4.3/KP/2014
5	Guru Besar	01 November 2023	2886/E4/KP/GB/2023

V. KEGIATAN PENELITIAN

No	Judul Kegiatan/Penelitian	Tahun
1	Website Pemantau Izin Berolahraga Sebagai Sistem Utama Dalam Memfasilitasi Masyarakat Ketika Berolahraga: Software Berbasis Sport Science	2024
2	Pengaruh Suplementasi Kunyit (<i>Curcuma Longa L.</i>) dan Lada Hitam (<i>Piper Nigrum</i>) Terhadap Kerusakan Otot Dan Performa Atlet Futsal	2023
3	Analisis Pemberian Air Kelapa (<i>Cocos Nucifera L.</i>) dan Pisang Raja Bulu (<i>Musa Paradisiaca L.</i>) Terhadap Kelelahan Dan Performa Atlet	2023
4	Prevalensi Kemampuan Fisik Lansia Dan Hubungannya Dengan Aktivitas Fisik Harian	2023
5	Karakteristik Fisiologi (Eksternal dan Internal Load) dan Karakteristik Penggunaan Suplemen Nutrisi Pada Pemain Futsal (Cangkang Telur, Kunyit dan Lada Hitam)	2022
6	Perancangan Validatas, dan Reliabilitas Protokol Pelatihan Khusus Pada Cabang Olahraga Bulu Tangkis Berbasis Teknologi Sports Science	2021
7	Perbandingan Kapasitas Aerobic Dan Anaerobic Pemain Futsal Berdasarkan Tiga Jenis Pengujian (Treadmill Quark CPET, Bleep Test, Dan Pertandingan)	2021
8	Analisis Standard Kualitas-Kuantitas Tidur Dan Standard Cardiorespiratory Fitness Berbasis Sports Science Sebagai Langkah Penanganan Covid-19 Di Negara Tropis (Indonesia)	2021
9	Effect of Overuse Injury History on Performance and Physiological Characteristics of Indonesian Badminton Athlete	2021
10	Karakteristik Fisiologi Atlet Dan Tindakan Preventif Cedera Pada Atlet Badminton	2020
11	Pengaruh Ekstrak Kayu Manis Terhadap Atlet Angkat Besi	2020
12	Differences of Physiological Characteristics of Taekwondo Junior Players vs Pencak Silat Junior Players	2020
12	Pelatihan Guru Olahraga Se-Kota Bandung Dalam Pengambilan Data Kemampuan Fisik dan Aktivitas Fisik Dengan Menggunakan Mobile Application Untuk Pemantauan dan Peningkatan Tingkat Kebugaran Pelajar Sebagai Langkah Pencegahan Penyakit Degeneratif	2020
13	Preventif Back Injuries Pada Atlet Badminto: Pendekatan Biomekanika	2019
14	Analisis Ketepatan Hasil Pukulan Pada Atlet Hoki	2019
15	Physiological Characteristics Of Indonesian Junior Badminton Players: Men's Double Category	2019
16	Pengaruh Suhu Dan Kelembaban Terhadap Vo2max Pada Atlet PPLP Se-Pulau Jawa, Indonesia	2019
17	Analisis Hubungan Kinematika Dan Dinamika Gerakan Clean Pada Angkat Besi Dengan Antropometri	2019

No	Judul Kegiatan/Penelitian	Tahun
18	Pengembangan Instrumen Dan Prototipe Alat Ukur Kecepatan, Akselersi, Dan Daya Tahan Kecepatan Pelari Untuk Mengidentifikasi Potensi Atlet Dengan Harga Terjangkau	2018
19	Pengaruh Latihan Aerobic Dance Terhadap Level Kortisol	2018
20	Karakteristik Fisiologi Atlet Badminton, Kategori Ganda Putra	2018

VI. PUBLIKASI

No	Publikasi Jurnal/Prosiding
1	T Apriantono , MF Hasan, NS Ramania, R Syafriani, Kusnaedi, D Sunadi, S Bahri, AD Juniarsyah, GRG Latief, QM Elhaque, R Festiawan, YT Pambudi. Soccer training load research mapping and trends: a bibliometric analysis. <i>Retos</i> 60 (2024)
2	MF Hasan, T Apriantono , B Winata, TA Septina, GRG Latief, YT Pambudi. Developments in research on monitoring training loads in athletes: bibliometric analysis. <i>Retos</i> 60 (2024)
3	AB Putro, A Firmansyah, T Apriantono , MF Hasan, TC Mutohir, A Ardha, Comparison between Junior and Recreational based on Internal and External Load Response in Soccer.. <i>Retos: Nuevas Perspectivas de Educación Física, Deporte y Recreación</i> 59 (2024)
4	BTB Antoro, T Apriantono , F Ferryanto. Validity of Rating of Perceived Exertion (RPE) on Training Intensity in Recreational Runner. <i>Halaman Olahraga Nusantara: Jurnal Ilmu Keolahragaan</i> 7 (2), 628-641 (2024)
5	GRE Davieri, T Apriantono , NS Ramania. Segmentation of Consumer Interest Towards Local and Imported Basketball Shoe Products in Bandung City Basketball Communities. <i>Halaman Olahraga Nusantara: Jurnal Ilmu Keolahragaan</i> 7 (2), 547-556 (2024)
6	A Bayu, A Firmansyah, T Apriantono , MF Hasan, TC Mutohir, MA Al Ardha, Comparison between junior and recreational based on internal and external load response in soccer. <i>Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación</i> , 733-739 (2024)
7	MF Hasan, NL Solikah, TB Fathannisa, T Apriantono , NS Ramania, Characteristics of injury to weightlifting athletes in Indonesia. <i>Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación</i> , 349-354 (2024)
8	NL Solikah, T Apriantono , F Ferryanto, N Nurhasan, A Wiyono, Measuring shoulder range of motion to diagnose shoulder injury among weightlifters: a study in athletes with and without shoulder injury. <i>Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación</i> , 355-359 (2024)
9	BA Prianto, T Apriantono , HRD Ray, NL Solikah. Analysis of injury characteristics in youth elite football athletes in Indonesia. <i>Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación</i> , 476-482 (2024)
10	T Apriantono , AD Juniarsyah, IK Adnyana, MF Hasan, D Resmana. The effect of speed training on the physical performance of adolescent futsal players. <i>Jurnal SPORTIF: Jurnal Penelitian Pembelajaran</i> 9 (1), 172-184 (2023)
11	R Gunawan, W Adiprawita, T Apriantono . Development of Portable Kick Measurement for Martial Arts Sports. 2022 International Conference on Information Technology Systems and ... (2022)

No	Publikasi Jurnal/Prosiding
12	S Bahri, IK Adnyana, MF Hasan, T Apriantono , AD Juniarsyah. The Effect of Cinnamon Extract on Recovery and Performance of Weightlifting Athletes. <i>Sport Mont</i> 20 (2), 57-61 (2022)
13	T Apriantono , I Herman, W Adiprawita, B Winata. New photocell timing gates for measuring the maximum velocity of futsal players. <i>Sport Sciences for Health</i> 18 (1), 131-136 (2022)
14	T Apriantono , F Hasan, S Bahri, I Bahana, RA Rahadian. Level of nutrition knowledge personal trainer in West Java. <i>Jurnal SPORTIF: Jurnal Penelitian Pembelajaran</i> 7 (3), 454-466 (2021)
15	T Apriantono , I Herman, NS Rmania, R Syafriani, B Winata, SI Ihsani, The Correlation of Aerobic and Anaerobic Capacities with Performance in Badminton Matches. <i>JIPES-JOURNAL OF INDONESIAN PHYSICAL EDUCATION AND SPORT</i> 7 (02), 1-9 (2021)
16	RS Syafriani, RM Mulyawan, T Apriantono , IK Adnyana. Effect of fresh cow milk and pasteurization milk toward lactate in soccer players accompanied by physical activity. <i>Gazzetta Medica Italiana-Archivio per le Scienze Mediche</i> 180 (11), 695-700 (2021)
17	T Apriantono , B Winata, I Herman, MF Hasan, AD Juniarsyah, I Safei, Anthropometry Characteristics of Indonesian Junior Badminton Athletes. "4th International Conference In Health Sciences (ICHS)" (2021)
18	T Apriantono , I Herman, R Syafriani, AD Juniarsyah, MF Hasan, B Winata, Analisis Fleksibilitas Pada Atlet Bulu Tangkis Junior Indonesia. <i>Jurnal Ilmiah Sport Coaching and Education</i> 5 (2), 74-80 (2021)
19	S Bahri, D Resmana, H Tomo, T Apriantono . The effect of exercising under particulate matter 2.5 conditions on forced vital capacity and blood lead levels. <i>Physiotherapy Quarterly</i> 29 (3), 24-27 (2021)
20	T Apriantono , S Bahri, SI Indah, B Winata. Physiological and competitive characteristics of professional female futsal players. <i>Physical Education Theory and Methodology</i> 21 (1), 19-25 (2021)
21	T Apriantono , I Herman, R Syafriani, W Adiprawita, B Winata, Perbandingan karakteristik lompat vertikal pada atlet bulu tangkis pria dengan atlet bulu tangkis wanita. <i>Journal Of Sport Education (JOPE)</i> 4 (1), 10-18 (2021)
22	I Herman, T Apriantono , W Adiprawita, DK One, D Yasin, S Syahrudin, Pengembangan prototipe sistem pencatatan waktu untuk pengukuran kecepatan secara otomatis pada sprint 60-meter. <i>Jurnal Keolahragaan</i> 9 (1) (2021)
23	R Pelana, T Apriantono , B Bagus, AD Juniarsyah, SI Ihsani. Effects of foam rolling on blood lactate concentration in elite futsal players. <i>Human Movement</i> 22 (1), 72-79 (2021)
24	T Apriantono , S Syahrudin, B Winata, DA Karim. Korelasi Antara Lompat Vertikal Dengan Performa Sprint 60 Meter Pada Atlet Taekwondo dan Karate. <i>Media Ilmu Keolahragaan Indonesia</i> 10 (2), 63-68 (2020)
25	NS Rmania, R Syafriani, T Apriantono , B Winata, R Pelana. Pengaruh Latihan Olahraga Rekreasi dan Kesehatan Terhadap Karakteristik Antropometri dan Respon Stres pada Korban Bencana Tsunami di Kabupaten Pandeglang, Banten. <i>Gladi: Jurnal Ilmu Keolahragaan</i> 11 (02), 91-97 (2020)
26	T Apriantono , MF Hasan, I Herman, D Sunadi, B Winata, AD Juniarsyah. Physiological Characteristics of Junior Taekwondo Athletes of Student Training Education Centres in Java. <i>Jurnal Pendidikan Jasmani dan Olahraga</i> 5 (2), 175-181 (2020)

No	Publikasi Jurnal/Prosiding
27	T Apriantono , I Herman, B Winata, MF Hasan, AD Juniarsyah, SI Ihsani, Differences of physiological characteristics of taekwondo junior players vs pencak silat junior players. <i>Physical Activity Review</i> 2 (8), 9-15 (2020)
28	T Apriantono , I Herman, NS Ramanía, D Sunadi, B Winata. Profile Komposisi Tubuh Atlet Junior Bulu Tangkis Indonesia: Kategori Ganda Putra Profile Body Composition of Indonesian Badminton Junior Athletes: Men's Doubles Category. <i>JSKK (Jurnal Sains Keolahragaan dan Kesehatan)</i> . 1 (volume 5), 36-46 (2020)
29	NS Ramanía, MI Iwo, T Apriantono , B Winata. The effect of social interaction and environment on aerobic dance on salivary cortisol. <i>Physiotherapy Quarterly</i> 28 (3), 14-20 (2020)
30	T Apriantono , I Herman, AD Juniarsyah, MF Hasan, SI Ihsani, II Hidayat, Pengaruh suhu dan kelembaban terhadap vo2max pada atlet PPLP se-Pulau Jawa, Indonesia. <i>Jurnal SPORTIF: Jurnal Penelitian Pembelajaran</i> 6 (1), 59-68 (2020)
31	AD Juniarsyah, T Apriantono , IK Adnyana. Effect of Consecutive Days of Match Play on Athletes' Physiology in Futsal. 4th International Conference on Sport Science, Health, and Physical ... (2020)
32	T Apriantono , I Herman, AD Juniarsyah, SI Ihsani. Characteristics of Speed and Acceleration in the 60-Meter Running Test Between Men's Football and Futsal Players. 4th International Conference on Sport Science, Health, and Physical ... (2020)
33	I Herman, MF Hasan, II Hidayat, T Apriantono . Analysis of speed and acceleration on 60-meters running test between women soccer and futsal players. 4th International Conference on Sport Science, Health, and Physical ... (2020)
34	T Apriantono , I Herman, MF Hasan, AD Juniarsyah, I Ikhwan, SII Hidayat, An Analysis of Physical Activity, VO2 Max, and Daily Activity of Senior High School Students and West Java PPLP (Training Center) Students. In <i>Proceedings of the 3rd Yogyakarta International Seminar on Health, Physical Education, and Sport Science</i> (2020)
35	I Hindawan, T Apriantono , I Herman, M Fahmi, ADJ Hasan, SI Ihsani, Analisis Karakteristik Antropometri dan Kondisi Fisik Atlet Pelajar di Sekolah Pusat Pendidikan dan Latihan Pelajar Se-Pulau Jawa. <i>Jurnal Sains Keolahragaan dan Kesehatan</i> 5 (1), 55-71 (2020)
36	T Apriantono , I Herman, B Winata, II Hidayat, MF Hasan, AD Juniarsyah, Physiological characteristics of Indonesian junior badminton players: Men's double category. <i>International Journal of Human Movement and Sports Sciences</i> 8 (6), 444-454 (2020)
37	NS Ramanía, T Apriantono , B Winata. The effects of differences in sleep quality and quantity on VO2max levels. <i>Advances in Rehabilitation</i> 34 (4), 11-17 (2020)
38	NS Ramanía, T Apriantono , R Syafriani, K Kusnaedi. The Analysis of Physical Activity and Physical Fitness Level of Lecturers and Employees of Institut Teknologi Bandung in 2018. <i>Jurnal Pendidikan Jasmani dan Olahraga</i> 5 (2), 129-133 (2020)
39	J Junaidi, T Apriantono , B Winata, F Hasan, T Apriyanto, S Syahrudin. Effects of cinnamon extract supplementation on creatine kinase activity in badminton athletes. <i>Human Movement</i> 21 (4) (2020)
40	D Sunadi, T Apriantono , SII Kusnaedi, AD Juniarsyah. Measuring student interests in following sports lectures in ITB joint preparation stage. <i>International Journal of Physical Education, Sports and Health</i> 2020; 7(1): 33-36 (2020)

No	Publikasi Jurnal/Prosiding
41	T Apriantono , I Herman, MF Hasan, AD Juniarsyah, SI Ihsani, II Hidayat. Physiological Characteristics of Junior Taekwondo Athletes of Student Training Education Centres in Java. Jurnal Pendidikan Jasmani dan Olahraga (2020)
42	T Apriantono , I Herman, MF Hasan, AD Juniarsyah, SI Ihsani, II Hidayat. Physical Activity Level Mapping of Senior High School Students in West Java. Jurnal Pendidikan Jasmani Dan Olahraga 5 (1), 17-21 (2020)

VII. PENGHARGAAN

No	Nama Penghargaan	Pemberi Penghargaan	Tahun	Keterangan
1	Penghargaan 25 Tahun ITB	ITB	2019	249/SK/I1.A/KP/2019
2	SLKS 20 Tahun	ITB	2016	61/TK/2016
3	SLKS 10 Tahun	ITB	2009	033/TK/2009

ITB PRESS

📍 Gedung STP ITB, Lantai 1,
Jl. Ganesa No. 15F Bandung 40132
☎ +62 22 20469057
🌐 www.itbpress.id
✉ office@itbpress.id
👤 Anggota Ikapi No. 043/JBA/92
📄 APPTI No. 005.062.1.10.2018

**Forum Guru Besar
Institut Teknologi Bandung**

Jalan Dipati Ukur No. 4, Bandung 40132
E-mail: sekretariat-fgb@itb.ac.id
Telp. (022) 2512532

🌐 fgb.itb.ac.id [FgbItb](#) [FGB_ITB](#)
📱 [@fgbitb_1920](#) [Forum Guru Besar ITB](#)

ISBN 978-623-297-628-3

