

Pengelompokkan Kondisi Fisik Cabang Olahraga Berdasarkan Daya Tahan Otot Tungkai dan VO₂max Menggunakan Metode Single Linkage

Sri Indah Ihsani¹, Sedy Mohamad Anugrah², Rizki Mulyawan³, Dennis Dwi Kurniawan³

¹ *Fakultas Ilmu Keolahragaan, Universitas Negeri Jakarta, Indonesia*

² *Fakultas Kedokteran, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Indonesia*

³ *Fakultas Ilmu Keolahragaan, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia*

Diterima: 20 Desember 2023; Diperbaiki: 4 Januari 2024; Diterima terbit: 31 Januari 2024

Abstrak

Pengelompokkan item kondisi fisik atlet yaitu daya tahan otot tungkai dan daya tahan kardiorespiratori (VO₂max) pada beberapa cabang olahraga di pusat latihan daerah (Puslatda) Provinsi Banten sangat diperlukan guna memetakan karakteristik cabang olahraga berdasarkan kemampuan daya tahan otot tungkai dan VO₂max. **Metode:** Studi deskriptif kuantitatif ini menggunakan metode single linkage dengan jumlah 25 jenis cabang olahraga yang melibatkan 119 atlet yang ada di Kota Serang, Banten. Pengambilan data daya tahan otot tungkai menggunakan tes *hurdle jump* selama satu menit, sementara VO₂max menggunakan *beep test*. Analisis data menggunakan R-studio. **Hasil:** Berdasarkan hasil *clustering* menggunakan metode single linkage dapat disimpulkan sebagai berikut: (1) anggota *cluster* 1 terdiri dari 6 cabang olahraga yaitu terbang layang, gantole, *aeromodelling*, paralayang, rugby, dan bermotor (VO₂max dan daya tahan tungkai rendah); (2) anggota *cluster* 2 terdiri dari 9 cabang olahraga yaitu taekwondo, *baseball*, *cricket*, *softball*, tarung derajat, kempo, basket, layar dan karate. (3) anggota *cluster* 3 terdiri dari 4 cabang olahraga yaitu atletik (lompat), pencak silat, hoki dan bulu tangkis. (4) anggota *cluster* 4 terdiri dari 6 cabang olahraga yaitu sepak takraw, judo, sepatu roda, wushu, gulat dan atletik (lari jarak menengah) sebagai representatif dari pengelompokkan cabang olahraga di Kota Serang, Banten. **Kesimpulan:** Olahraga dengan kebutuhan tinggi aerobik berbanding lurus dengan kebutuhan daya tahan otot dan kebugaran yang superior. Namun tidak berlaku sebaliknya, karena karakteristik cabang olahraga berbeda-beda meskipun kemampuan kardiovaskular menjadi komponen utama dalam mendukung kemampuan fisik atlet.

Kata kunci: kondisi fisik, daya tahan otot tungkai, VO₂max, R-studio.

Abstract

The categorization of athletes' physical condition items, namely leg muscle endurance and cardiorespiratory endurance (VO₂max), in various sports branches

at the Regional Training Center (Puslatda) of Banten Province is highly necessary to map the characteristics of sports branches based on leg muscle endurance and VO2max capabilities. Method: This quantitative descriptive study used the single linkage method involving 25 types of sports branches with 119 athletes in Serang City, Banten. Leg muscle endurance data were collected using the hurdle jump test for one minute, while VO2max was assessed using the beep test. Data analysis was performed using R-studio. Results: Based on the clustering results using the single linkage method, the following conclusions can be drawn: (1) Cluster 1 consists of 6 sports branches, namely hang gliding, pole vault, aeromodeling, paragliding, rugby, and motor racing (low VO2max and leg endurance); (2) Cluster 2 comprises 9 sports branches, including taekwondo, baseball, cricket, softball, martial arts, kempo, basketball, sailing, and karate. (3) Cluster 3 consists of 4 sports branches, namely athletics (jumping), martial arts, hockey, and badminton. (4) Cluster 4 includes 6 sports branches, such as sepak takraw, judo, rollerblading, wushu, wrestling, and athletics (middle-distance running), representing the categorization of sports branches in Serang City, Banten. Conclusion: Sports with high aerobic demands are directly proportional to the need for muscle endurance and superior fitness. However, this is not always the case, as different sports branches have distinct characteristics, even though cardiovascular capacity remains a key component in supporting athletes' physical abilities.

Keywords: *physical condition, leg muscle endurance, VO2max, R-studio.*

PENDAHULUAN

Pusat pelatihan menjadi bagian perwujudan pemerintah dalam upaya untuk meningkatkan dan pembinaan prestasi dalam olahraga khususnya di Provinsi Banten. Atlet yang dipilih untuk mengikuti pelatihan terpusat merupakan atlet-atlet terpilih yang berasal dari daerah seluruh Provinsi Banten. Adanya pusat pelatihan diharapkan dapat menghasilkan pembinaan menjadi terstruktur dan tersistematis. Di dalam pusat pelatihan akan diberikan sebuah pelatihan menurut cabang olahraganya masing-masing, sehingga diharapkan ketika even olahraga tertentu dilaksanakan atau dipertandingkan, maka seleksi atlet akan lebih terorganisasi dengan adanya pusat pelatihan. Pusat latihan yang dimiliki merupakan wujud keseriusan Pemerintah Provinsi Banten dalam membangun bangsa melalui bidang olahraga. Namun, data-data yang mendukung kelancaran proses pelatihan dan pembinaan masih cenderung terbatas. Data yang dimaksudkan adalah data yang

diambil untuk landasan proses latihan berlangsung seperti data kondisi fisik atlet Provinsi Banten yang masih terbatas dan belum diperhatikan.

Pengkondisian fisik mengacu pada pengembangan kebugaran fisik melalui adaptasi tubuh dan berbagai sistemnya ke dalam bentuk latihan. Pengkondisian fisik yang baik dan prima memungkinkan pemain atau atlet untuk memenuhi persyaratan dan menjalankan program latihan cabang olahraganya masing-masing. Dukungan sejumlah bukti dari penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa pemain yang memiliki kondisi fisik yang baik memiliki resiko cedera lebih rendah dan kondisi fisik yang prima akan menghasilkan pemain atau atlet lebih siap secara mental ketika bertanding (American College of Sports Medicine, 2009). Kesimpulan penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa kondisi fisik merupakan syarat yang diperlukan dalam usaha untuk meningkatkan prestasi dan dijadikan pondasi utama dalam rangka peningkatan prestasi atlet jangka panjang (Bompa & Buzzichelli, 2019; Kenney et al., 2015). Oleh karena itu, program latihan kondisi fisik harus direncanakan dengan sistematis dan terstruktur sehingga nantinya kemampuan kesegaran jasmani serta kemampuan fungsional akan meningkat dan berujung pada peningkatan prestasi pada atlet (McArdle et al., 2009; Silva et al., 2016; Van Dusen et al., 2011).

Daya tahan otot tungkai dan daya tahan kardiorespiratori (VO2max) merupakan dua dari beberapa komponen kondisi fisik lainnya seperti fleksibilitas, kecepatan, koordinasi, kelincahan dan keseimbangan yang dijadikan dasar penilaian kondisi fisik bagi atlet. Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa terdapat korelasi atau hubungan positif antara daya tahan otot tungkai dengan daya tahan kardiorespiratori (VO2max) pada atlet di beberapa cabang olahraga tertentu. Beberapa penelitian tersebut menyimpulkan bahwa atlet yang memiliki daya tahan otot tungkai kategori baik atau superior cenderung memiliki daya tahan kardiorespiratori (VO2max) yang baik atau superior juga (American College of Sports Medicine, 2009; Jeukendrup, 2011; Mielgo-Ayuso et al., 2020). Namun demikian, beberapa cabang olahraga tertentu seperti pada jenis olahraga rekreasi dan *autosport* menemukan hasil yang sebaliknya, yaitu tidak terdapat

korelasi antara daya tahan otot tungkai dan daya tahan kardiorespiratori, seperti pada paralayang, gantole, *aeromodeling*, balap motor dan balap mobil.

Selain itu, tim atlet Banten mengalami penurunan prestasi sehingga perlu diidentifikasi penyebabnya. Salah satunya mengidentifikasi kekurangan melalui pembentukan *cluster* dari semua cabang olahraga dengan fokus menganalisis daya tahan kekuatan otot tungkai dan daya tahan kardiorespiratori (VO2max). Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan mampu memecahkan masalah yang terjadi di lapangan sehingga dapat berkontribusi meningkatkan prestasi melalui pelatihan sesuai dengan pembentukan *cluster* cabang olahraga ini. Terdapat beberapa cabang olahraga yang memang memiliki potensi jika dilihat dari persaingan di pertandingan nasional seperti taekwondo dan wushu, namun kenyataannya kemampuan fisik belum mendukung. Kebanyakan cabang olahraga masih mengandalkan pandangan kasat mata, masih ada pula analisis cabang olahraga yang seharusnya sudah masuk pada kemampuan fisik yang tinggi, namun belum memadai secara kemampuan atlet. Hal ini perlu pemetaan menyeluruh agar dapat membantu pelatih, atlet dan pengurus dalam menentukan cabang olahraga prioritas di area Banten disesuaikan dengan literatur terkini.

Penyusunan program latihan, evaluasi, dan monitoring perkembangan atlet melalui kondisi fisik merupakan proses perencanaan jangka panjang dalam upaya untuk meningkatkan kemampuan atlet sehingga menghasilkan prestasi yang maksimal. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengelompokkan item kondisi fisik atlet yaitu daya tahan otot tungkai dan daya tahan kardiorespiratori (VO2max) pada beberapa cabang olahraga di pusat latihan daerah (Puslatda) Provinsi Banten di 2020. Dalam penelitian ini, peneliti akan membuat *clustering*/pengelompokan kondisi fisik dengan menggunakan metode *single linkage* berdasarkan daya tahan otot tungkai dan daya tahan kardiorespiratori (VO2max), serta direpresentasikan dalam bentuk plot dan dianalisis menggunakan pemrograman R-Studio.

METODE

Penelitian ini merupakan bagian dari studi deskriptif kuantitatif (Creswell & Creswell, 2018) dengan menggunakan metode *single linkage* untuk mengetahui pengelompokan cabang olahraga berdasarkan pada kekuatan daya tahan otot

tungkai dan VO2max. Diperoleh sebanyak 25 jenis cabang olahraga dengan melibatkan 119 atlet yang ada di Kota Serang, Banten. Pengambilan data daya tahan otot tungkai menggunakan tes *hurdle jump* selama satu menit, sementara VO2max menggunakan *beep test*. Adapun tahapan analisis data menggunakan aplikasi program R-studio melalui lima tahap, diantaranya: pengumpulan data, penentuan jumlah *cluster* menggunakan metode *elbow*, penentuan *centroid*, menghitung jarak menggunakan *single linkage*, dan interpretasi data. Adapun gambaran singkat mengenai deskripsi kondisi atlet yang mengikuti studi ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Demografi responden.

Cabang Olahraga	Tinggi Badan (cm)	Berat Badan (kg)	BMI (kg/m ²)
Terbang layang	165,5	67,5	24,64
Gantole	171	74,25	25,39
Aeromodelling	166,33	56	20,23
Paralayang	165	65,5	23,78
Rugby	167,33	71	25,31
Bermotor	163	47	17,69
Taekwondo	179	93	29,03
Baseball	169	71,33	24,88
Cricket	165,1	69,3	25,35
Softball	171,29	63,5	21,56
Tarung derajat	169	67	23,52
Kempo	176	65	20,98
Basket	183	82,6	24,66
Atletik (Lompat)	185	69	20,16
Pencak silat	165	57	20,85
Hoki	167,73	62,27	22,12
Bulu tangkis	172,25	59,25	20,05
Sepak takraw	171,6	64,2	21,8
Judo	160	58	22,66
Sepatu roda	169	54	18,91
Wushu	170	67	23,18
Gulat	166	66,5	24,08
Atletik jarak menengah	166	60,33	21,93

HASIL

Hasil pengambilan data dari 25 cabang olahraga yang melibatkan 119 orang atlet pelatihan daerah Banten terlihat pada Tabel 2., baik daya tahan otot tungkai maupun VO2max atlet. Nilai tertinggi kemampuan daya tahan otot tungkai ditandai

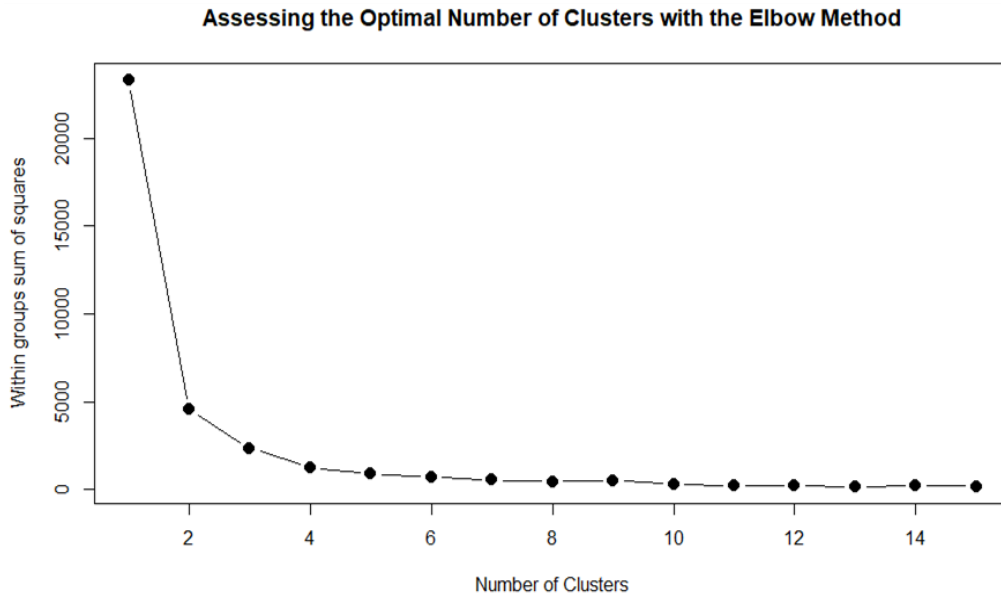
dengan rerata pada cabang olahraga judo, sementara nilai terendah dimiliki oleh cabang olahraga terbang layang. Di lain pihak, VO2max tertinggi dimiliki oleh para atlet atletik jarak menengah dan VO2max terendah diperoleh dari rerata cabang olahraga terbang layang.

Tabel 2. Data Daya Tahan Otot Tungkai dan VO2max atlet daerah Banten.

No	Cabang Olahraga	Daya Tahan Otot Tungkai (kg/m.s)	VO2max (ml/kg.min)	No	Cabang Olahraga	Daya Tahan Otot Tungkai (kg/m.s)	VO2max (ml/kg.min)
1	Terbang Layang	45,00	28,00	14	Layar	57,50	44,25
2	Gantole	49,50	32,50	15	Karate	64,80	48,14
3	Aeromodelling	41,67	34,33	16	Atletik (Lompat)	101,50	41,50
4	Paralayang	51,00	35,00	17	Pencak silat	99,14	43,57
5	Rugby	51,00	39,50	18	Hoki	89,36	46,91
6	Bermotor	41,00	41,30	19	Bulu tangkis	85,50	49,75
7	Taekwondo	70,00	36,00	20	Sepak takraw	125,20	46,20
8	Baseball	57,33	36,44	21	Judo	130,00	47,00
9	Cricket	66,90	37,49	22	Sepatu roda	123,00	52,00
10	Softball	67,93	39,14	23	Wushu	114,00	52,00
11	Tarung Derajat	56,00	40,50	24	Gulat	125,75	53,50
12	Kempo	57,00	41,00	25	Atletik jarak menengah	121,67	62,00
13	Basket	73,70	44,00				

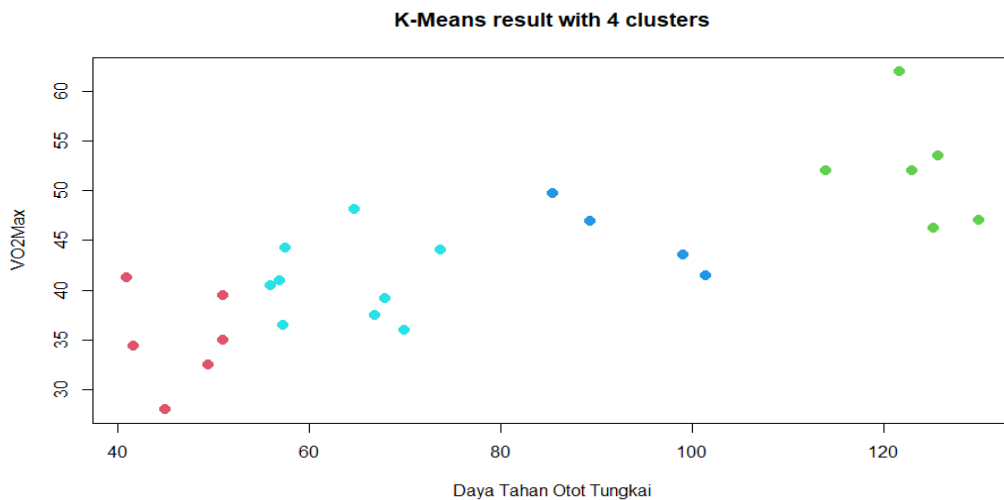
Pada Gambar 1 penggunaan metode *elbow* sangat membantu dalam menentukan jumlah *cluster*, kebutuhan jumlah *cluster* berhenti pada titik keempat

karena setelah titik tersebut (titik kelima), kondisi garis yang dihasilkan berada pada kondisi yang stabil atau *steady state*.



Gambar 1. Metode *elbow* yang diperoleh untuk menentukan jumlah *cluster*.

Setelah menggunakan metode *elbow*, selanjutnya analisis data menggunakan penentuan *centroid* untuk melihat *clustering* berdasarkan nilai rerata. Muncul pengelompokan yang ditandai dengan warna merah, biru muda, biru tua dan hijau. Empat kelompok tersebut menggambarkan kemampuan daya tahan otot tungkai dan VO2max melalui rerata yang dimiliki melalui penentuan *centroid*.



Gambar 2. Hasil penentuan *Centroid*.

Tabel 2. Penentuan *distance* di semua cabang olahraga dengan menggunakan rumus *The Rectilinear distance*.

Cluster	Daya Tahan Otot Tungkai (kg/m.s)	VO2max (ml/kg.min)
1	47,5	35,26
2	61,28	40,13
3	93,88	45,43
4	123,27	52,12

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil *clustering* menggunakan metode *single linkage* dapat disimpulkan sebagai berikut: (1) anggota *cluster* 1 terdiri dari 6 cabang olahraga yaitu terbang layang, gantole, *aeromedelling*, paralayang, *rugby*, dan bermotor (VO2max dan daya tahan tungkai paling rendah diantara *cluster* lain); (2) anggota *cluster* 2 terdiri dari 9 cabang olahraga yaitu taekwondo, *baseball*, *cricket*, *softball*, tarung derajat, kempo, basket, layar dan karate, menunjukkan VO2max dan daya tahan tungkai lebih tinggi dibanding *cluster* 1; (3) anggota *cluster* 3 terdiri dari 4 cabang olahraga yaitu atletik (lompat), pencak silat, hoki dan bulu tangkis; (4) anggota *cluster* 4 terdiri dari 6 cabang olahraga yaitu sepak takraw, judo, sepatu roda, wushu, gulat dan atletik (lari jarak menengah) sebagai representatif dari pengelompokan cabang olahraga di daerah Serang, Banten.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan *cluster* pada cabang olahraga bela diri, seperti judo, karate dan taekwondo. Jika dibandingkan, cabang olahraga judo memiliki kebutuhan kemampuan kekuatan maksimal paling tinggi dibandingkan dengan yang lain. Sementara karate memiliki kemampuan power esktrimitas bawah yang paling tinggi dibandingkan dengan judo dan taekwondo. Hasil ini serupa dengan penelitian yang dilakukan oleh Tabben et al., (2014) bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada kemampuan kecepatan dan VO2max. Namun, dari sisi kemampuan VO2max lebih baik dimiliki oleh para atlet di cabang olahraga atletik, jika dibandingkan dengan atlet pada nomor beladiri seperti taekwondo dan karate (Hermawan, et al., 2021).

Sementara itu, secara umum baseball dan softball merupakan jenis olahraga anaerobik dan keterampilan spesifik pada koordinasi mata tangan. Berkaitan dengan jenis aktivitas fisik pada setiap periode latihan akan memiliki fokus

pengeluaran energi yang berbeda-beda (Hull et al., 2017). Pada cabang olahraga bulu tangkis, bentuk permainan pada cabang olahraga bulu tangkis yang paling umum adalah nomor tunggal putra, tunggal putri, ganda putra, ganda putri, dan ganda campuran. Intensitas tinggi selama pertandingan badminton mendemonstrasikan pentingnya produksi energi anaerobik alaktik dan aerobik. Pengembangan kapasitas daya tahan aerobik sangat dibutuhkan untuk waktu pemulihan yang cepat antar reli atau gerakan intensif (Faude et al., 2007). Atlet biasanya bergerak, berlari, melompat, dan menyerang dengan raket dengan kecepatan dan intensitas tinggi (Fitzsimons et al., 1993; Phomsoupha & Laffaye, 2015). Hal tersebut disebabkan oleh gerakan yang berdurasi pendek, intensitas tinggi, dan waktu istirahat singkat pada permainan tingkat tinggi, pemain harus menunjukkan kondisi teknis dan fisik tertentu (Chen et al., 2011).

Terdapat kontradiktif dari hasil studi ini bahwa *cluster* cabang olahraga *rugby* berdasarkan kebutuhan fisiologis berada pada *cluster* 1, padahal *rugby* termasuk ke dalam olahraga dengan pengulangan kerja dengan intensitas tinggi (Gabbett et al., 2012). Hal ini menunjukkan jika atlet Banten memiliki kemampuan daya tahan tungkai dan VO2Max yang buruk. Seharusnya, *rugby* memiliki karakteristik yang sangat agresif dan intensif (Malone et al., 2020). *Rugby* memiliki karakter permainan yang sangat eksplosif dan *body contact*. Selain itu pemain *rugby* juga harus memiliki kecepatan dan kelincahan yang optimal demi mendukung performa di lapangan sesuai karakter permainan *rugby* yang cepat dan brutal (Argus et al., 2012). Durasi waktu dari permainan *rugby* juga cukup panjang serta membutuhkan kecepatan maksimum selama permainan berlangsung. Ukuran lapangan yang setara dengan lapangan sepakbola memberikan gambaran bahwa pemain *rugby* tidak hanya membutuhkan kecepatan optimal, melainkan juga membutuhkan daya tahan kecepatan dan daya tahan otot tungkai untuk mempertahankan kecepatan dengan panjang lapangan yang mencapai kurang lebih 100 meter (Brown et al., 2016; Jiménez-Reyes et al., 2019; McGrath et al., 2020). Dengan memperhatikan penjabaran karakteristik permainan *rugby* yang sangat kompleks, seharusnya para pemain *rugby* memiliki tingkat kemampuan daya tahan otot tungkai dan VO2max yang tinggi. Namun pada hasil penelitian ini terdapat hasil yang kontradiktif sehingga perlu dijadikan bahan evaluasi untuk tim *rugby* provinsi Banten agar

performa para pemain *rugby* dapat meningkat dan masuk pada *cluster* 3 atau 4 pada dua komponen yang diteliti.

Selanjutnya pada hasil *cluster* 1 didominasi oleh jenis olahraga yang mengutamakan kinerja alat untuk mendukung performa atlet. Sehingga dalam aktivitas yang dilakukan oleh atlet pada jenis olahraga tersebut tidak dominan dilakukan oleh atletnya, namun atlet hanya memfungsikan alat yang digunakan selama beraktivitas (Campus, 2015; Vernillo et al., 2018). Beberapa cabang olahraga tersebut diantaranya; terbang layang, gantole, *aeromodeling*, paralayang, dan bermotor. Jenis olahraga yang telah disebutkan memiliki karakteristik yang tidak jauh berbeda yaitu pemanfaatan alat, hanya saja jenis alat yang digunakan, arena perlombaan, dan peraturan yang pasti berbeda satu sama lain. Dalam jenis olahraga yang melibatkan alat yang dapat terbang atau membawa penerbang, seperti terbang layang, gantole, dan paralayang, diperlukan beberapa komponen penting. Salah satunya adalah keterampilan koordinasi lengan dalam mengoperasikan alat tersebut. Selain itu, kemampuan mental atlet juga sangat diperlukan ketika mereka menghadapi situasi terbang pada ketinggian tertentu di atas permukaan tanah. Olahraga semacam ini melibatkan tujuan tertentu yang harus dicapai oleh penerbang selama terbang bebas (Landell-mills, 2022). Hal tersebut berbanding lurus dengan hasil tes untuk kemampuan daya tahan otot tungkai dan VO₂max yang rendah, karena pada jenis olahraga tersebut tidak diperlukan kemampuan daya tahan otot tungkai dan VO₂max yang tinggi untuk dapat mengoptimalkan performa pada cabang olahraga tersebut.

Cabang olahraga yang dominan menggunakan alat berikutnya yaitu bermotor, dan menunjukkan kondisi fisik atlet bermotor Provinsi Banten masuk pada *cluster* 1 pada komponen daya tahan otot tungkai dan VO₂max. Hal tersebut sesuai dengan kajian karakteristik olahraga bermotor yang hanya membutuhkan beberapa komponen biomotor utama yaitu koordinasi mata tangan dan mata kaki, keseimbangan, dan kekuatan lengan (Girard et al., 2008; Sánchez-Muñoz et al., 2011). Sementara itu, pada olahraga *aeromodelling* juga mendapatkan hasil yang sama termasuk pada *cluster* 1 dengan kategori rendah pada komponen daya tahan otot tungkai dan VO₂max. Karakteristik olahraga *aeromodelling* juga berpusat pada alat yang diterbangkan, sehingga atlet tersebut hanya membutuhkan komponen

dominan pada koordinasi mata tangan dan keterampilan lengan sesuai dengan peraturan pada olahraga aeromodelling (Norris, 2011).

Pada *cluster 2*, terdapat beberapa cabang olahraga yang tidak sesuai dengan karakteristik fisiologis yang harus dimiliki oleh atletnya, salah satunya yaitu bola basket. Secara fisiologis, karakteristik cabang bola basket meliputi produksi energi aerobik dan anerobik, kekuatan, daya tahan otot, dan kelenturan. Karakteristik dalam permainan bola basket secara umum membutuhkan kelincahan, kecepatan, keseimbangan, koordinasi, akurasi, daya tahan tubuh yang baik, karena permainan bola basket merupakan salah satu olahraga permainan yang sangat intensif (Kozina et al., 2017; Wang et al., 2012). Dominan otot tungkai yang digunakan para atlet bola basket untuk dapat bergerak berpindah tempat dengan cepat, intensif dan agresif, serta dilakukan dalam durasi waktu yang cukup lama membutuhkan kemampuan daya tahan otot tungkai yang tinggi (Spiteri et al., 2015; Thomas et al., 2017). Sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat hasil yang kontradiktif antara kondisi ideal komponen daya tahan otot tungkai dan VO2max atlet bola basket dengan kondisi fisiologis daya tahan otot tungkai dan VO2max para atlet bola basket Provinsi Banten, yang mana hasil tes menunjukkan kategori cukup rendah, baik daya tahan otot tungkai dan VO2max.

Cabang olahraga lainnya, yaitu berlayar masuk pada *cluster 2*. Hasil *clustering* ini sesuai dengan kondisi fisik ideal atlet layar yang berfokus pada komponen kekuatan lengan dan tungkai dengan sistem non lokomotor, dan keseimbangan (Pan et al., 2022). Berlayar memiliki ciri olahraga yang digerakkan oleh angin, pelayar terus-menerus menyesuaikan layar dan postur lambung mereka untuk menjaga keseimbangan dan mendorong kapal bergerak maju dengan kecepatan tinggi (Callewaert et al., 2015). Sehingga dalam komponen daya tahan otot tungkai dan vo2max atlet layar Provinsi Banten juga rendah. Namun jika dibandingkan dengan olahraga yang dominan penggunaan alat yang mayoritas masuk pada *cluster 1*, atlet layar Provinsi Banten lebih baik kemampuan daya tahan otot dan VO2max meskipun secara karakteristik cabang olahraga tidak terlalu jauh.

Selanjutnya, cabang olahraga atletik yang dominan pada eksplosifitas tungkai salah satunya yaitu nomor lompat, meskipun nomor lompat juga tidak membutuhkan tingkat aerobik yang sangat tinggi, tetapi atlet lompat jauh masih

membutuhkan awalan lari yang cukup panjang yaitu sekitar 30-40 meter dengan kecepatan tinggi dan pengulangan dalam perlombaan yaitu maksimal 6 kali lompatan (Focke et al., 2013). Namun, hasil evaluasi kondisi biomotor atlet lompat jauh di Provinsi Banten menunjukkan tingkat kemampuan yang cukup tinggi, hasil tersebut tergolong dalam *cluster* 3. Meskipun sebagian dari komponen daya tahan otot tungkai masih termasuk dalam kategori daya tahan otot rendah, namun VO2max menunjukkan rentang yang baik hingga sangat baik. Hasil tersebut selaras dengan kondisi ideal atlet lompat pada cabang olahraga atletik yang dominan menggunakan keterampilan dan kemampuan otot tungkai untuk mendapatkan performa terbaik secara terukur (Boccia et al., 2017; Tønnessen et al., 2015). Kondisi awal atlet lompat Provinsi Banten ini sangat membantu performa atlet dalam menunjang prestasi terukur pada nomor lompat dimana atlet berfokus pada eksplosivitas otot tungkai.

Pada *cluster* 3 selanjutnya terdapat cabang olahraga hoki yang merupakan olahraga permainan beregu dengan tempo cepat dan durasi yang cukup panjang. Dominan gerak cabang olahraga hoki juga terdapat pada aktivitas tungkai, maka dalam komponen tes yang telah dilakukan atlet hoki Provinsi Banten termasuk pada kategori baik (daya tahan otot menuju baik, sementara VO2Max sudah dalam kategori baik-sangat baik. Hal ini sejalan dengan kemampuan daya tahan otot tungkai dan VO2max yang dominan pada gerak ekstremitas bawah dengan karakteristik cabang olahraga hoki yang juga dominan gerak tungkai, maka data pengukuran pada atlet cabang olahraga hoki dapat dikatakan sudah sesuai dan dalam kondisi yang baik untuk menunjang performa atlet dalam pembinaan prestasi jangka panjang atlet hoki di Provinsi Banten (Buglione et al., 2013). Sedangkan pada cabang olahraga bulu tangkis yang dominan pada sistem aerobik dan anaerobik yang sama-sama bekerja dengan optimal (Sales et al., 2021). Sehingga jika hasil tes komponen daya tahan otot tungkai dan VO2max masuk pada *cluster* 3, maka dapat dikatakan kurang sesuai jika dihubungkan dengan tingkat kesulitan dan intensitas pada permainan bulu tangkis dalam pertandingannya yang berlangsung dengan durasi panjang dan selalu dilakukan dengan eksplosif (Apriantono et al., 2020). Hasil kontradiktif ini perlu mendapatkan perhatian para

atlet bulu tangkis Provinsi Banten untuk pembinaan prestasi jangka panjang agar dapat mendukung performa atlet terus meningkat dengan tepat.

Pengelompokan pada *cluster 4* merupakan mewakili kondisi tertinggi pada tingkat kemampuan atlet yang dilakukan tes pada komponen daya tahan otot tungkai dan vo2max, sehingga dalam kategori ini kinerja atlet pada cabang olahraga tertentu telah dilakukan dengan proses yang optimal pada fase program persiapan umum. Beberapa cabang olahraga yang masuk pada *cluster 4* yaitu sepak takraw, sepatu roda, dan atletik nomor lari jarak menengah. Dari beberapa cabang olahraga yang masuk pada *cluster 4* telah sesuai dengan karakteristik cabang olahraganya yang menggunakan dominan gerak tungkai. Sebagai contoh, dalam cabang olahraga atletik, terdapat nomor lari jarak menengah, yaitu atlet diwajibkan menempuh jarak antara 800 hingga 3000 meter sebagai bagian dari kompetisi tersebut (Borgen, 2018). Pada jarak tersebut dilakukan dengan kecepatan optimal sesuai jarak tempuh, konsistensi kecepatan berlari (*pace* dalam berlari) yang dilakukan oleh atlet lari jarak menengah, maka tingkat intensitasnya masuk pada kategori intensitas tinggi dengan sistem siklis (Grivas, 2020). Mengingat hasil tes yang relevan dengan karakteristik cabang olahraga atletik nomor lari jarak menengah, maka diharapkan para atlet lari jarak menengah Provinsi Banten dapat terus mengembangkan potensi untuk memiliki performa terbaiknya secara berkelanjutan.

Pada cabang olahraga sepak takraw yang juga masuk pada *cluster 4*, memberikan gambaran yang positif jika dikorelasikan dengan karakteristik cabang olahraga. Sepak takraw memiliki dominan biomotor pada eksplosif power tungkai, flexibility tungkai, dan koordinasi mata kaki (Ansori, 2015). Hasil tes daya tahan otot tungkai dan vo2max atlet sepak takraw masuk pada kategori tertinggi, sehingga secara performa atlet pada karakteristik pertandingan sepak takraw yang menggunakan sistem permainan beregu dengan durasi singkat, cepat, dan eksplosif, berpotensi mendapatkan kinerja yang optimal didukung oleh nilai vo2max atlet yang sangat baik mengingat sepak takraw juga dilakukan secara atraktif dan berlangsung selama beberapa babak (Chen et al., 2018; Udomtaku & Konharn, 2020).

Cabang olahraga yang terakhir masuk pada *cluster 4* yaitu cabang olahraga sepatu roda yang merupakan cabang olahraga dengan sistem dominan aerobik pada

otot tungkai. Selain itu atlet sepatu roda juga membutuhkan daya tahan otot tungkai yang optimal untuk mendukung dorongan setiap langkah para atlet dalam menyelesaikan *race* (Rebelo et al., 2022). Semakin kuat dorongan tungkainya, maka akan menguntungkan secara efektivitas dan efisiensi gerak untuk mengurangi jumlah frekuensi langkah yang dilakukan selama jarak tempuh tertentu (Helena Vila et al., 2013). Sistem aerobik dan anaerobik pada cabang olahraga sepatu roda juga harus dikembangkan dengan sama baiknya, agar atlet sepatu roda dapat mengembangkan performanya dengan optimal (Medeiros et al., 2016).

Analisis data hasil tes yang telah dilakukan oleh peneliti pada 25 cabang olahraga di Provinsi Banten ini dilakukan pada tahap akhir Tahap Persiapan Umum masih berfokus pada generalisasi kondisi fisik umum untuk mendukung performa atlet masuk pada spesifikasi cabang olahraga masing-masing yang akan diberikan pada fase program khusus (Bompa & Buzzichelli, 2015). Dengan begitu komponen daya tahan otot tungkai dan VO2max atlet mayoritas cabang olahraga diharapkan dapat masuk pada cluster 3 dan 4, namun dari 25 cabang olahraga yang telah dilakukan tes, hanya terdapat 10 cabang olahraga yang masuk pada cluster 3 dan 4. Hal ini menandakan bahwa ada beberapa cabang olahraga yang seharusnya memiliki karakteristik dominan pada aktivitas otot tungkai dan sistem olahraga aerobik yang tinggi masih masuk pada cluster 1 dan 2. Perolehan hasil analisis data pada studi ini dapat menjadi bahan evaluasi beberapa cabang olahraga yang perlu memperbaiki pola pembinaan dan pelatihan untuk tahap program berikutnya agar performa atlet dapat meningkat secara optimal dan sesuai periodisasi yang telah dirancang sesuai tujuan utama dari KONI Provinsi Banten. Namun beberapa cabang olahraga yang karakteristiknya tidak dominan pada otot tungkai dan sistem aerobik, diharapkan mengalami peningkatan agar dapat masuk pada area cluster 2, agar tujuan utama dari tahap persiapan umum tercapai dengan optimal melalui pengembangan dan peningkatan komponen (VO2max) terlebih dahulu, diikuti dengan peningkatan kemampuan daya tahan otot pada fase selanjutnya (Bompa & Buzzichelli, 2019).

KESIMPULAN

Karakteristik cabang olahraga dengan dominan aerobik berbanding lurus dengan kebutuhan kemampuan daya tahan otot dan kebugaran fisik yang superior.

Namun tidak berlaku sebaliknya, karena karakteristik cabang olahraga berbeda-beda meskipun kemampuan kardiovaskular menjadi komponen utama dalam mendukung kemampuan fisik atlet.

REFERENSI

- American College of Sports Medicine. (2009). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181915670>
- Ansori. (2015). Quality of the physical condition and basic techniques of sepak takraw. *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*, 3(April), 49–58.
- Apriantono, T., Herman, I., Winata, B., Hidayat, I. I., Hasan, M. F., Juniarsyah, A. D., & Ihsani, S. I. (2020). Physiological characteristics of Indonesian junior badminton players: Men's double category. *International Journal of Human Movement and Sports Sciences*, 8(6), 444–454. <https://doi.org/10.13189/saj.2020.080617>
- Argus, C. K., Gill, N. D., & Keogh, J. W. L. (2012). Characterization of the differences in strength and power between different levels of competition in rugby union athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(10), 2698–2704. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318241382a>
- Boccia, G., Moisè, P., Franceschi, A., Trova, F., Panero, D., Torre, A. La, Rainoldi, A., Schena, F., & Cardinale, M. (2017). Career performance trajectories in track and field jumping events from youth to senior success: The importance of learning and development. *PLoS ONE*, 12(1), 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170744>
- Bompa, T., & Buzzichelli, C. (2015). *Periodization Training for Sports-3rd Edition*.
- Bompa, T. O., & Buzzichelli, C. A. (2019). Periodization: Theory and Methodology of Training. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- Borgen, N. T. (2018). Running Performance, V O 2 max , and Running Economy: The Widespread Issue of Endogenous Selection Bias. *Sports Medicine*, 48(5), 1049–1058. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0789-9>
- Brown, S. R., Brughelli, M., & Bridgeman, L. A. (2016). Profiling isokinetic strength by leg preference and position in rugby union athletes. *International*

- Journal of Sports Physiology and Performance, 11(4), 500–507.
<https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0241>
- Buglione, A., Ruscello, B., Milia, R., Migliaccio, G. M., Granatelli, G., & D'Ottavio, S. (2013). Physical and Physiological demands of elite and sub-elite Field Hockey players. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 13(3), 872–884. <https://doi.org/10.1080/24748668.2013.11868695>
- Callewaert, M., Boone, J., Celie, B., De Clercq, D., & Bourgois, J. G. (2015). Indicators of sailing performance in youth dinghy sailing. *European Journal of Sport Science*, 15(3), 213–219. <https://doi.org/10.1080/17461391.2014.905984>
- Campus, A. K. (2015). E Ffect of C Rcuit T Raining on the. *Strength And Conditioning*, 23(6), 1803–1810.
- Chen, H. L., WU, C. J., & Chen, T. C. (2011). Physiological and Notational Comparison of New and Old Scoring Systems of Singles Matches in Men's Badminton. *Asian Journal of Physical Education & Recreation*, 17(1), 6–17. <https://doi.org/10.24112/ajper.171882>
- Chen, S., Dai, H., Tang, J., & Xiao, R. (2018). PHYSIOLOGICAL PROFILE OF SEPAK TAKRAW UNIVERSITY PLAYERS. 1(1), 63–66.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* - John W. Creswell, J. David Creswell - Google Books. In SAGE Publications, Inc.
- Faude, O., Meyer, T., Rosenberger, F., Fries, M., Huber, G., & Kindermann, W. (2007). Physiological characteristics of badminton match play. *European Journal of Applied Physiology*, 100(4), 479–485. <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0441-8>
- Fitzsimons, M., Dawson, B., Ward, D., & Wilkinson, A. (1993). Cycling and running tests of repeated sprint ability. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 25(4), 82–87.
- Focke, A., Strutzenberger, G., Jekauc, D., Worth, A., Woll, A., & Schwameder, H. (2013). Effects of age, sex and activity level on counter-movement jump performance in children and adolescents. *European Journal of Sport Science*, 13(5), 518–526. <https://doi.org/10.1080/17461391.2012.756069>
- Gabbett, T. J., Jenkins, D. G., & Abernethy, B. (2012). Physical demands of professional rugby league training and competition using microtechnology.

- Journal of Science and Medicine in Sport, 15(1), 80–86.
<https://doi.org/10.1016/j.jsams.2011.07.004>
- Girard, O., Racinais, S., Cecchinello, L., & Grantham, J. (2008). Monitoring Moto GP Rider's Physiological Strain - A role for the sport scientist? *Aspetar Sports Medicine Journal*, 362–365.
- Grivas, G. (2020). Physiological predictors of distance runners' performance: A narrative review. *Trends in Sport Sciences*, 27(3), 117–123.
<https://doi.org/10.23829/TSS.2020.27.3-1>
- Helena Vila, M., Arturo Abbraldes, J., Rodríguez, N., Manchado, C., & Ferragut, C. (2013). The anthropometric profile of elite roller figure skaters. *Journal of Human Sport and Exercise*, 8(3), 2–5.
<https://doi.org/10.4100/jhse.2013.8.Proc3.09>
- Hull, M. V., Neddo, J., Jagim, A. R., Oliver, J. M., Greenwood, M., & Jones, M. T. (2017). Availability of a sports dietitian may lead to improved performance and recovery of NCAA division I baseball athletes. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14, 29.
<https://doi.org/10.1186/s12970-017-0187-6>
- Jeukendrup, A. E. (2011). Nutrition for endurance sports: Marathon, triathlon, and road cycling. *Journal of Sports Sciences*, 29(SUPPL. 1).
<https://doi.org/10.1080/02640414.2011.610348>
- Jiménez-Reyes, P., Cross, M., Ross, A., Samozino, P., Brughelli, M., Gill, N., & Morin, J. B. (2019). Changes in mechanical properties of sprinting during repeated sprint in elite rugby sevens athletes. *European Journal of Sport Science*, 19(5), 585–594. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1542032>
- Kenney, W. L., Wilmore, J. H., & Costil, D. L. (2015). *Physiology of Sport and Exercise*. Sixth Edition. In *Human Kinetics*.
- Kozina, Z. L., Cieslicka, M., Prusik, K., Muszkieta, R., Sobko, I. N., Ryepko, O. A., Bazilyuk, T. A., Polishchuk, S. B., Osiptsov, A. V., & Korol, S. A. (2017). Algorithm of athletes' fitness structure individual features' determination with the help of multidimensional analysis (on example of basketball). *Physical Education of Students*, 21(5), 225.
<https://doi.org/10.15561/20755279.2017.0505>
- Landell-mills, N. (2022). Kitesurfing explained by Newtonian physics . June 2021.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.22209.68962>
- Malone, S., Earls, M., Shovlin, A., Eddy, A., & Winkelman, N. (2020). Match-Play Running Performance and Exercise Intensity in Elite International Women's

- Rugby Sevens. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(6), 1741–1749. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002547>
- McArdle, W. D., Katch, V. L., & Katch, F. I. (2009). *Exercise Physiology: Nutrition, Energy, and Human Performance* (7th ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
- McGrath, T. M., Hulin, B. T., Pickworth, N., Clarke, A., & Timmins, R. G. (2020). Determinants of hamstring fascicle length in professional rugby league athletes. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 23(5), 524–528. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2019.12.006>
- Medeiros, A. R., Tonello, L., Gasparini, N., Foster, C., & Boullosa, D. A. (2016). Lowered heart rate response during competition in figure skaters with greater aerobic fitness. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 16(2), 581–589. <https://doi.org/10.1080/24748668.2016.11868910>
- Mielgo-Ayuso, J., Calleja-González, J., Refoyo, I., León-Guereño, P., Cordova, A., & Del Coso, J. (2020). Exercise-induced muscle damage and cardiac stress during a marathon could be associated with dietary intake during the week before the race. *Nutrients*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/nu12020316>
- Norris, C. (2011). Sport, craft or technique? The case of competitive aeromodelling. *Sport, Ethics and Philosophy*, 5(2), 124–148. <https://doi.org/10.1080/17511321.2010.536958>
- Pan, D., Zhong, B., Guo, W., & Xu, Y. (2022). Physical fitness characteristics and performance in single-handed dinghy and 470 classes sailors. *Journal of Exercise Science and Fitness*, 20(1), 9–15. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2021.11.001>
- Phomsoupha, M., & Laffaye, G. (2015). The Science of Badminton: Game Characteristics, Anthropometry, Physiology, Visual Fitness and Biomechanics. In *Sports Medicine* (Vol. 45, Issue 4, pp. 473–495). <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0287-2>
- Rebelo, A., Valamatos, M. J., Franco, S., & Tavares, F. (2022). Physical and Physiological Characteristics of Female Artistic Roller Skaters Based on Discipline and Level of Expertise. *Polish Journal of Sport and Tourism*, 29(1), 30–38. <https://doi.org/10.2478/pjst-2022-0006>
- Sales, K. C. G., Santos, M. A. P., Nakamura, F. Y., Silvino, V. O., Da Costa Sena, A. F., Ribeiro, S. L. G., Rodrigues, J. F. C., Cabido, C. E. T., & Mendes, T. T. (2021). Official matches and training sessions: Physiological demands of

- elite junior badminton players. *Motriz. Revista de Educacao Fisica*, 27.
<https://doi.org/10.1590/S1980-65742021021520>
- Sánchez-Muñoz, C., Rodríguez, M. A., Casimiro-Andújar, A. J., Ortega, F. B., Mateo-March, M., & Zabala, M. (2011). Physical profile of elite young motorcyclists. *International Journal of Sports Medicine*, 32(10), 788–793.
<https://doi.org/10.1055/s-0031-1279722>
- Silva, J. R., Brito, J., Akenhead, R., & Nassis, G. P. (2016). The Transition Period in Soccer: A Window of Opportunity. *Sports Medicine*.
<https://doi.org/10.1007/s40279-015-0419-3>
- Spiteri, T., Newton, R. U., Binetti, M., Hart, N. H., Sheppard, J. M., & Nimphius, S. (2015). Mechanical Determinants of Faster Change of Direction and Agility Performance in Female Basketball Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(8), 2205–2214.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000876>
- Tabben, M., Chaouachi, A., Mahfoudhi, M., Aloui, A., Habacha, H., Tourny, C., & Franchini, E. (2014). Physical and physiological characteristics of high-level combat sport athletes. *Journal of Combat Sports and Martial Arts*, 5(1), 1–5.
<https://doi.org/10.5604/20815735.1127445>
- Thomas, C., Comfort, P., Dos'Santos, T., & Jones, P. A. (2017). Determining Bilateral Strength Imbalances in Youth Basketball Athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 38(9), 683–690. <https://doi.org/10.1055/s-0043-112340>
- Tønnessen, E., Svendsen, I. S., Olsen, I. C., Guttormsen, A., & Haugen, T. (2015). Performance development in adolescent track and field athletes according to age, sex and sport discipline. *PLoS ONE*, 10(6), 1–10.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0129014>
- Udomtaku, K., & Konharn, K. (2020). Energy expenditure and movement activity analysis of sepaktakraw players in the Thailand league. *Journal of Exercise Science and Fitness*, 18(3), 136–141.
<https://doi.org/10.1016/j.jesf.2020.04.001>
- Van Dusen, D. P., Kelder, S. H., Kohl, H. W., Ranjit, N., & Perry, C. L. (2011). Associations of Physical Fitness and Academic Performance Among

Schoolchildren. *Journal of School Health*, 81(12), 733–740.
<https://doi.org/10.1111/j.1746-1561.2011.00652.x>

Vernillo, G., Pisoni, C., & Thiébat, G. (2018). Physiological and physical profile of snowboarding: A preliminary review. *Frontiers in Physiology*, 9(JUN), 1–7.
<https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00770>

Wang, L., Zhang, J., Wang, J., He, W., & Huang, H. (2012). Effects of high-intensity training and resumed training on macroelement and microelement of elite basketball athletes. *Biological Trace Element Research*, 149(2), 148–154. <https://doi.org/10.1007/s12011-012-9420-y>