



Pengaruh *cold water immersion* terhadap laktat, nyeri otot, fleksibilitas dan tingkat stres pasca latihan intensitas sub maksimal

Moh Nanang Himawan Kusuma^{1*}, Muh. Syafei¹, Saryono Saryono¹, Wildan Qohhar²

¹ Universitas Jenderal Soedirman. Jalan Profesor DR. HR Boenyamin No.708, Banyumas, Jawa Tengah, 53122, Indonesia.

² STKIP Situs Banten. Jalan Bayangkara, Cipocok Jaya, Serang-Banten 42121, Indonesia.

* Corresponding Author. Email: anankusuma@yahoo.com

Received: 9 March 2020; Revised: 5 May 2020; Accepted: 6 May 2020

Abstrak: *Weight Training* adalah metode latihan untuk meningkatkan kekuatan dan kinerja neuromuskular melalui proses hypertrophy, namun juga meningkatkan produksi Laktat, menyebabkan inflamasi otot, mengganggu metabolisme tubuh sehingga menurunkan performa. Stimulus dingin pada *Cold water Immersion* dapat mengurangi laju metabolisme, menyerap suhu jaringan lokal, menurunkan kepekaan saraf dan mengurangi rasa nyeri sehingga menurunkan resiko terjadinya cedera musculoskeletal dan kelainan metabolisme. Penelitian ini bertujuan untuk menguji pengaruh *cold water Immersion* 5°C (*CWI*5°C) terhadap Laktat pada darah, nyeri otot, fleksibilitas dan tingkat stress pasca latihan berbeban intensitas sub maksimal. Pre- dan *Post-test* dalam penelitian ini menggunakan kelompok kontrol dengan pendekatan *cross sectional*. Sebanyak 15 sampel kelompok eksperimen diberikan *CWI*5°C selama 15 menit setelah latihan berbeban, sedangkan 15 sampel kelompok kontrol menggunakan metode *Statis Stretching* (SS) selama 15 menit. Uji prasarat menggunakan Shapiro-Wilk, sedangkan analisa Bivariate menggunakan *Paired Sample T-test* dan *Independent Sample t-test*. Hasil yang diperoleh yaitu metode *CWI*5°C lebih cepat menurunkan Kadar Laktat ($t=2.32\pm 0.27$, $p=0,001$), mengurangi nyeri otot ($t=5.32\pm 1.07$, $p=0,003$) dan menurunkan stress ($t=13.02\pm 1.27$, $p=0,001$), sedangkan SS meningkatkan fleksibilitas ($t=17.98\pm 2.76$, $p=0,001$). Dapat disimpulkan *cold water Immersion* suhu 5°C selama 15 menit mempercepat proses recovery, mengurangi inflamasi otot dan menurunkan stress, sedangkan *statis stretching* meningkatkan fleksibilitas setelah latihan berbeban intensitas sub maksimal.

Kata Kunci: Laktat, nyeri otot, stres, berendam air dingin, kelelahan

The effect of cold water immersion on lactate, muscle soreness, flexibility and stress level post-sub-maximal physical exercises

Abstract: *Strength is one of the main components of bio-motor affecting the development of other physical components. Strength training improves strength and neuromuscular coordination, muscle hypertrophy, contrary causes physical stressor, muscle inflammation, produce muscular disease, increases lactate levels, interferes body metabolism, thus decreases performance. Appropriate recovery methods can prevent over-training, musculoskeletal injuries, stress levels. The study examines the effect of cold water immersion 5°C (CWI5°C) on blood lactate, muscle soreness, flexibility, and stress level after high-intensity resistance training. The study design was pre- and post-test using a cross-sectional approach with the control group. It gave selected 15 samples treated with CWI5°C for 15 minutes directly after high-intensity resistance training, while control samples with static stretching for 15 minutes. The prerequisite test uses Shapiro-Wilk, while the bivariate analysis uses paired sample T-test and independent sample T-test. The prerequisite test uses Shapiro-Wilk, while the bivariate analysis uses paired sample T-test and independent sample T-test. The results showed there were significant differences between the two groups ($p=0.001$). The CWI-5 C method recover lactate levels faster ($p = 0.001$), reduces muscle pain ($p=0.003$), decrease stress ($p=0.002$), while SS increase muscle flexibility ($p=0.001$). We can conclude that 15°C cold water immersion for 15 minutes accelerates recovery, reduce muscle inflammation and stress level, while static stretching increases flexibility after high-intensity resistance training.*

Keywords: *Lactate, muscle soreness, stress, cold water immersion, fatigue recovery*

How to Cite: Kusuma, M. N. H., Syafei, M., Saryono, S., & Qohhar, W. (2020). Pengaruh *cold water immersion* terhadap laktat, nyeri otot, fleksibilitas dan tingkat stres pasca latihan intensitas sub maksimal. *Jurnal Keolahragaan*, 8(1), 77-87. doi:<https://doi.org/10.21831/jk.v8i1.30573>



PENDAHULUAN

Kekuatan (*strength*) adalah salah satu komponen utama biomotor yang berkaitan dengan kemampuan kontraksi otot dengan melibatkan persendian, ligament, tendon dan sistem neuromuskular untuk dapat mengatasi beban latihan internal dan eksternal yang diterima (Kusuma, 2014). Komponen kekuatan mutlak dimiliki oleh atlet karena mempengaruhi pengembangan kemampuan biomotorik lainnya seperti kecepatan, daya tahan otot, koordinasi, power dan kelincahan (Roy, 2013). Kekuatan dapat ditingkatkan dengan latihan berbeban. Prinsip latihan berbeban untuk peningkatan kekuatan (*strength training*) berbeda dengan latihan untuk angkat beban (*weight training*). *Strength training* bertujuan untuk memberikan rangsangan pada otot untuk agar terjadi peningkatan kekuatan, koordinasi neuromuskular dan jumlah kontraksi serabut otot, sedangkan latihan angkat besi berfokus pada peningkatan penambahan ukuran dan massa otot secara sub maksimal melalui proses *hypertrophy* (Hoffman et al., 2004).

Peningkatan kekuatan otot saat berkontraksi merupakan hasil dari proses *hypertrophy* dimana diawali dengan terjadinya kerusakan filamen aktin myosin pada jaringan myofibril kemudian meningkatnya konsentrasi H⁺ serta terjadi penurunan kadar pH (*power of Hydrogen*) dan menyebabkan produksi laktat tinggi sehingga mengakibatkan terjadinya perlambatan proses glikolisis enzim, mengurangi penyediaan ATP (*Adenosine Triphosphate*) dan menimbulkan terjadinya kelelahan muskuloskeletal yang merupakan akibat dari respon tubuh terhadap beban latihan (McGlory & Phillips, 2015). Kondisi kerusakan mikro pada jaringan otot terutama pada filamen aktin myosin yang terjadi pada jaringan myofibril menimbulkan munculnya kelainan dan gangguan otot, menurunkan fungsi dan kemampuan kontraksi otot, mengurangi cadangan glikogen, mengakibatkan terjadinya penumpukan laktat, menimbulkan *Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS)* atau nyeri otot, dan beresiko terjadi cedera muskuloskeletal apabila tidak disertai dengan proses *recovery* dan kecukupan nutrisi yang tepat (Schoenfeld, 2010).

Latihan berbeban selain meningkatkan kemampuan kontraksi otot juga sebagai stresor tubuh yang mengakibatkan kerusakan dan inflamasi otot, menurunkan daya tahan otot, meningkatkan kadar asam laktat, mengakibatkan kelelahan dan menurunkan performa olahraga (Nanang et al., 2018). Tubuh memproduksi asam laktat seiring dengan ketidakmampuan jantung dan paru dalam menyediakan dan mensuplai oksigen melalui proses pernafasan pada saat beraktivitas (Martínez-Lagunas et al., 2014). Peningkatan kadar laktat dalam otot dan darah membentuk lingkungan pH menjadi asam, menghambat kerja enzim, menurunkan daya tahan, menghambat terbentuknya kreatin fosfat sehingga menurunkan kemampuan koordinasi gerakan, menyebabkan kenaikan kadar urea dan memperlambat oksidasi lemak sehingga mengganggu kinerja sejumlah enzim yang bekerja pada pH netral, berdampak kurang menguntungkan untuk aktivitas sel dalam memproduksi energi untuk menunjang aktivitas tubuh serta menyebabkan kelelahan (Wallace, 2004).

Kelelahan fisik (*physical fatigue*) merupakan salah satu bentuk respon fisiologis, dimana tubuh mengalami penurunan toleransi kinerja fisik dan kesulitan untuk melakukan aktifitas fisik berikutnya, menipisnya cadangan energi yang ada didalam tubuh dikarenakan aktifitas fisik yang berlebihan dan waktu istirahat yang tidak optimal sehingga mengganggu kinerja metabolisme tubuh, mempercepat produksi laktat dan menurunkan performa kinerja fisik (Bogdanis, 2012). Tubuh memiliki kemampuan homeostatis yang berfungsi untuk mempertahankan kondisi kinerja *enzyme* di dalam tubuh selalu dalam keadaan normal salah satunya dengan cara mengurai dan menetralkan penumpukan asam laktat pada tubuh, agar kadar laktat selalu berada pada keadaan normal (Kusuma, 2013). Jika aktifitas fisik yang dilakukan terlalu berat, tubuh akan memproduksi laktat dalam jumlah banyak, mengakibatkan tubuh tidak mampu mengurai laktat dan terjadi penumpukan kadar laktat yang tinggi sehingga menimbulkan kelelahan akut dan penurunan kebugaran tubuh (Kusuma et al., 2013). Gejala yang ditimbulkan akibat kelelahan akut diantaranya adalah gangguan gerak, kelainan otot, penurunan fungsi kontraksi pada otot, otot menjad tidak nyaman, pegal, kaku dan terasa nyeri serta berpotensi terjadi cedera muskuloskeletal (Kusuma et al., 2019).

Akumulasi kelelahan olahraga secara terus menerus yang tidak disertai dengan *recovery* yang tepat dapat menimbulkan gangguan metabolisme penurunan fungsi otot, penumpukan asam laktat, penurunan kualitas hidup, mengganggu kualitas kinerja dan berdampak pada permasalahan psikosomatis seperti depresi, stress, kehilangan nafsu makan, sulit tidur dan kecemasan (Davis et al., 2007). Gangguan psikosomatis akan direspon oleh tubuh dengan memproduksi hormon kortisol dan epineprin, dimana

hormone tersebut merupakan hormon depresan yang berfungsi menahan tekanan dengan meningkatkan gula darah dan mencegah kinerja insulin untuk tidak diubah menjadi *glikogen* (Rumbold et al., 2012). Keadaan tersebut akan mengakibatkan peningkatan pada denyut jantung dan tekanan darah, penurunan sistim kekebalan tubuh, gangguan fungsi organ, meningkatkan ketegangan otot serta berisiko terkena penyakit degeneratif (Parwata, 2015). Manajemen nutrisi serta metode *recovery* yang tepat dapat merangsang hormon pertumbuhan, *Insulin-like growth factor 1* (IGF-1), sintesis protein *myofibril*, sintesis aktin protein aktin mRNA (*Messenger RNA*) sehingga membantu penambahan jumlah *filament* aktin myosin baru pada jaringan *myofibril*, meningkatkan enzim mitokondria dan metabolisme fosfagen, meningkatkan cadangan glikogen dan trigleserid sehingga jumlah serabut otot, massa dan kemampuan kontraksi otot akan meningkat sebagai hasil adaptasi dari latihan berbeban (Fink et al., 2018).

Terapi dingin (*cold water immersion*) merupakan metode *recovery* berfungsi menggantikan peran nitrogen yang biasa dipergunakan sebagai *anesthetic* dan *analgesia* untuk mengobati nyeri dan mengurangi gejala peradangan pada otot (Peake et al., 2017). Terapi dingin memberikan efek fisiologis diantaranya adalah vasokonstriksi arteriola, penurunan tingkat metabolisme sel sehingga mengakibatkan penurunan kebutuhan oksigen sel, mengurangi proses pembengkakan, mengurangi nyeri, mengurangi spasme otot dan resiko kematian sel (Leeder et al., 2012). Rangsangan air dingin membantu fungsi kinerja permeabilitas kapiler menjadi menurun, meningkatkan fungsi kognitif, suhu *prefrontal korteks* di otak menjadi lebih rendah sehingga menurunkan ketegangan pada saraf otak dan menurunkan respon fisiologis sehingga tubuh menjadi rileks (Kellmann et al., 2018). Penelitian sejenis menjelaskan terapi dingin dengan suhu air 10°C selama 10 menit dapat mengurangi spasme dan rasa nyeri pada otot serta meningkatkan siklus pemulihan, namun tidak berpengaruh pada kekuatan kontraksi otot (Ascensão et al., 2011). Dengan kata lain, aplikasi CWI perlu diberikan segera setelah latihan berbeban untuk menurunkan Laktat, mengurangi nyeri dan stress.

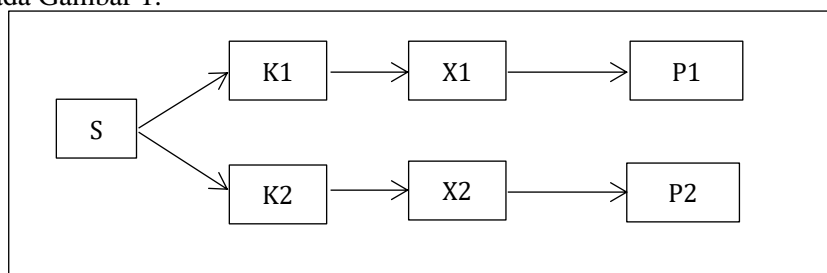
Catatan lain bahwa *cold water immersion* yang terlalu dingin dengan waktu lama justru mengakibatkan terjadi iritasi kulit, hypothermia, penurunan fleksibilitas otot, mengganggu metabolisme tubuh serta membuat kerusakan pada jaringan kulit karena terpapar suhu yang terlalu dingin (*frost bite*) (Tipton et al., 2017). Keterbaruan yang ingin didapatkan pada penelitian ini adalah Tata Laksana CWI 5°C selama 15 menit pada proses *recovery* terkait Profil Penumpukan Laktat, Nyeri Otot, Fleksibilitas untuk menghindari efek iritasi, hypothermia dan *forst bite* yang justru memicu terjadinya gangguan otot, metabolisme tubuh dan gangguan psikologis (Elias et al., 2012)

METODE

Penelitian ini merupakan eksperimen menggunakan metode *cross sectional* dan menggunakan desain penelitian *pretest-post test control group design* (Arikunto, 2006). Populasi sebanyak 39 atlet putra Pusat Pendidikan dan Latihan Pelajar (PPLP) Provinsi Banten. Teknik pengambilan sampel adalah *purposive sampling*, sedangkan penentuan jumlah sampel dengan menggunakan metode *total sampling* terhadap sampel yang lolos kriteria Inklusi dan Eksklusi. Penelitian dilaksanakan di Gedung Olahraga (GOR) PPLP Provinsi Banten, dimulai dengan pengisian *informed consent* dan *Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q)* untuk memastikan bahwa sampel dalam keadaan sehat dan siap melaksanakan tes (Cardinal et al., 1996). *Pre-test* dilakukan untuk mencatat usia, tinggi badan, berat badan serta indeks massa tubuh (IMT) menggunakan digital microtoise stature dengan akurasi 0,1 mm (Markowitz, 2018). Asupan gizi diukur dengan *four day food record*, Kadar Laktat diukur dengan *LactateScout+ h/p cosmos* pada daun telinga (Hale, 2008), denyut nadi diukur dengan metode palpasi pada posisi duduk (Badran et al., 2019), index persepsi nyeri otot diukur dengan *Numeric rating scale* dengan skala ukur 1-10 (Engelen, 2013), fleksibilitas otot punggung bagian bawah dan hamstring diukur dengan menggunakan *sit and reach* (Mayorga-Vega et al., 2014), serta tingkat stress diukur dengan menggunakan *kuesioner Depression anxiety and Stress Scales (DASS-42)* (Randall et al., 2017).

Sampel dikategorikan menjadi kelompok eksperimen dan kontrol dengan teknik *ordinal pairing* berdasarkan nilai t-skor dari tes kadar laktat, persepsi nyeri otot, fleksibilitas dan gangguan psikosomatis yang diukur pada saat *pre-test*. Kedua kelompok melakukan latihan berbeban pada zona latihan intensitas sub maksimal (@3set x 6reps x 85%-95% RM) dengan waktu istirahat antar seri tiga menit dan istirahat set delapan menit. Sampel melakukan gerakan *half-squat*, *bench-press*, *power clean*, *leg press*, *leg curl*, *leg extension*, *pullover* dan *lunges drills*. Setelah selesai melakukan latihan, segera dilanjutkan dengan memberikan intervensi sesuai dengan protokol pelaksanaan. Pelaksanaan *treatment* dimulai

dengan melakukan perendaman estrimitas tubuh bagian bawah dari *Spina Iliaca Anterior Superior (SIAS)* sampai dengan telapak kaki dengan metode 15-menit $CWI5^{\circ}C$ pada kelompok eksperimen, sedangkan kelompok kontrol dengan metode peregangan statis selama 15-menit. Perendaman dilaksanakan pada drum air di ruangan berdiameter 1,4 meter, diisi air dan es batu secara berkala sampai mendapatkan suhu $5^{\circ}C$. Sampel memasukkan kaki untuk beradaptasi dengan suhu dingin lalu perlahan memasukkan badan kedalam drum yang berisi air bersuhu $5^{\circ}C$ sampai dengan posisi duduk dan waktu perendaman dimulai (Cochrane, 2004). Setelah 15 menit, sampel keluar dari drum air, membersihkan diri dengan handuk kemudian dilakukan pengukuran kadar laktat, denyut nadi, persepsi nyeri otot dan kuessioner psikosomatis. Uji prasyarat dilakukan dengan metode *shapiro wilk*, *homogeneity of variances*, dan analisa bivariat menggunakan *paired sample t-test* serta *independent sample t-test*. Design penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Design Penelitian

Keterangan:

- S = Sampel yang diteliti.
- K₁ = Kelompok Eksperimen ($CWI5^{\circ}C$).
- K₂ = Kelompok Kontrol (*Stretching Pasif*).
- X₁ = Treatment Kelompok Eksperimen
- X₂ = Treatment Kelompok Kontrol
- P₁ = Laktat, Nyeri Otot dan Stres (*Eksperimen*)
- P₂ = Laktat, Nyeri Otot dan Stres (*Kontrol*)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Deskriptif

Pengukuran awal dilakukan untuk mendapatkan data terkait dengan usia, indeks massa tubuh, denyut nadi basal, asupan protein dan kadar laktat dalam keadaan istirahat. Tabel 1 adalah lampiran hasil pengukuran awal.

Tabel 1. Karakteristik Usia, IMT, Protein, Nadi dan Laktat

Variabel	n	Eksperimen	Kontrol
		Mean±SD	Mean±SD
Usia (tahun)	30	18.23±1.17	18.31±1.02
IMT (kg/m ²)	30	21.12±1.56	21.78±1.25
Protein (gr/hari)	30	68.37±6.32	69.23±6.84
Nadi Denyut/menit)	30	63.4±8.2	68.1±6.4
Laktat (mmol/l)	30	2.62±0.41	2.75±0.37

Berdasarkan hasil pada Tabel 1 dapat disimpulkan bahwa nilai rata-rata usia sampel dari kedua kelompok pada saat pengambilan data semuanya berada dalam kelompok usia produktif yaitu pada usia ±18.3 tahun (Longo et al., 2016), dan nilai Indeks Massa Tubuh sampel pada kedua kelompok juga terlihat dalam keadaan normal 21.12kg/m² pada kelompok eksperimen dan 21.78kg/m² pada kelompok kontrol (Markowitz, 2018). Mayoritas sampel di kedua kelompok juga memiliki angka kecukupan protein yang baik dengan kisaran 68-69 gr/hari (Close et al., 2016). Data lain juga menunjukkan bahwa sampel dari kedua kelompok tidak dalam keadaan kelelahan, ditunjukkan oleh tingkat kadar laktat basal yang berkisar antara 2.62 - 2.75 mmol/l dan denyut nadi antara 63-68 detik per menit (dpm), dimana hasil tersebut menyimpulkan bahwa kesemua sampel dalam keadaan sehat dan bugar (Vanhees et al., 2005).

Di saat yang sama, pelaksanaan tes awal juga melakukan pengukuran yang bersifat qualitative yaitu untuk mendapatkan karakteristik status terkait dengan unsur nyeri otot, kemampuan fleksibilitas otot, status psikomatis yang meliputi tingkat depresi, tingkat kecemasan (*anxiety*) dan tingkat stress yang dialami oleh sampel dalam melakukan latihan selama ini. Tabel 2 adalah gambaran karakteristik sampel dari beberapa unsur tersebut.

Tabel 2. Karakteristik Nyeri, Fleksibilitas, Stres

Variabel (n=30)	n	%	Mean±SD
Nyeri otot (skor >5)	18	60	
Tidak Nyeri (skor ≤5)	12	40	6.21±2.17
Fleksibel Tinggi (skor >13)	16	53.4	
Fleksibel Rendah (skor ≤13)	14	46.6	16.52±5.37
Stres (skor >14)	20	66.7	
Tidak Stres (skor ≤14)	10	33.3	14.86±3.24

Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui bahwa lebih dari separuh (60%) dari jumlah sampel memiliki status otot dalam keadaan Nyeri, sedangkan sisanya (40%) dalam keadaan tidak nyeri. Demikian juga pada aspek Fleksibilitas, diketahui bahwa sebanyak 16 sampel (53.46%) didapati memiliki tingkat fleksibilitas tinggi, sedangkan sampel yang lain dalam tingkat fleksibilitas rendah. Pada aspek psikomatis didapati bahwa hampir ¾ dari jumlah total sampel (67%) dalam Stress terhadap akumulasi latihan yang dilakukan selama ini.

Analisa Bivariat

Uji ini dilakukan untuk melihat perbedaan nilai variabel antara sebelum dan sesudah intervensi pada kedua kelompok penelitian dan menguji perbedaan antar kedua kelompok penelitian. Tabel 3 adalah perbedaan *pre-test* dan *post-test* variabel pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol.

Tabel 3. Perbedaan Laktat, Status Nyeri, Fleksibilitas dan Stres pada Pre dan *Post-test*

Variabel	Kelompok	Rerata±SD	Selisih Rerata±SD	Signf.
Kadar Laktat	CWI (Pre)	2.77±0.23	2.54±0.25	0.001
	CWI (Post)	2.32±0.27		
	SS (Pre)	2.93±0.10	2.77±0.21	0.004
	SS (Post)	2.62±0.31		
Nyeri Otot	CWI (Pre)	7.37±0.23	6.34±0.65	0.001
	CWI (Post)	5.32±1.07		
	SS (Pre)	7.51±0.87	7.39±0.61	0.015
	SS (Post)	7.26±0.33		
Fleksibilitas	CWI (Pre)	17.88±4.01	16.02±3.66	0.004
	CWI (Post)	14.46±3.31		
	SS (Pre)	17.27±2.23	16.17±2.49	0.157
	SS (Post)	17.98±2.76		
Tingkat Stress	CWI (Pre)	14.68±1.14	13.85±1.21	0.001
	CWI (Post)	13.02±1.27		
	SS (Pre)	14.73±1.35	15.17±1.91	0.028
	SS (Post)	15.62±2.48		

Signifikansi (p<0,05)

Hasil pada Tabel 3 menunjukkan perbedaan hasil Rerata dan Simpangan Baku dari semua variabel penelitian dengan taraf signifikansinya. Perbedaan Rerata Kadar Laktat antara sebelum dan sesudah Perlakuan menunjukkan nilai ($r=2.54±0.25, p=0.001$) pada kelompok CWI5°C, sedangkan untuk kelompok SS ($r=2.77±0.21, p=0.004$), dimana dapat disimpulkan bahwa terdapat Pengaruh Pemberian CWI5°C dan SS terhadap Penurunan Kadar Laktat.

Pada variabel Status Nyeri Otot kelompok Eksperimen menunjukkan adanya perbedaan dengan nilai rerata ($r=6.34±0.65$) dengan signifikansi $p=0.001$ dan nilai rerata kelompok Kontrol sebesar ($r=7.39±0.61$) dengan nilai signifikansi $p=0.095$, mengandung makna bahwa pemberian CWI5°C memberikan pengaruh terhadap Penurunan tingkat Nyeri Otot, sedangkan pemberian SS tidak berpengaruh pada penurunan Nyeri Otot setelah latihan ($p>0.05$).

Pada variabel tingkat fleksibilitas kelompok eksperimen menunjukkan nilai rerata ($r=16.02\pm 3.66$) dengan $p=0.004$ ($p<0,05$) dan untuk kelompok Kontrol memiliki rerata ($r=16.17\pm 2.49$) dengan nilai signifikansi $p=0.157$, sehingga menjelaskan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pemberian CWI $^{\circ}C$ terhadap fleksibilitas, namun tidak terdapat pengaruh signifikan pemberian SS terhadap tingkat fleksibilitas otot ($p<0,05$).

Untuk variabel tingkat Stress pemberian CWI $^{\circ}C$ pada kelompok Eksperimen memiliki nilai rerata ($r=13.85\pm 1.21$) dengan nilai signifikansi $p=0.001$, sedangkan pada kelompok Kontrol memiliki nilai rerata ($r=15.17\pm 1.91$) dengan signifikansi $p=0.028$. Hal ini menjelaskan bahwa CWI $^{\circ}C$ dan SS memberikan pengaruh signifikan terhadap tingkat Stress dengan CWI $^{\circ}C$ memiliki nilai signifikansi lebih besar. Hasil Uji Perbedaan Pretest dan Posttest terkait dengan Pengaruh CWI $^{\circ}C$ dan SS terhadap Kadar Laktat, Nyeri otot, Fleksibilitas dan Stres dijelaskan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji T berpasangan

Variabel	Grup	Rerata \pm SD	Signf.	Ket.
Laktat	CWI	2.77 \pm 0.23	0.062	Tidak Signifikan
	SS	2.93 \pm 0.10		
Nyeri Otot	CWI	7.37 \pm 0.23	0.053	Tidak Signifikan
	SS	7.51 \pm 0.87		
Fleksibilitas	CWI	17.88 \pm 4.01	0.107	Tidak Signifikan
	SS	17.27 \pm 2.23		
Stres	CWI	14.68 \pm 1.14	0.052	Signifikan
	SS	14.73 \pm 1.35		

Hasil pada Tabel 4 memperlihatkan bahwa nilai signifikansi dari variabel Laktat ($p=0.062$), Nyeri Otot ($p=0.053$), Fleksibilitas ($p=0.107$) dan Stres ($p=0.052$) menunjukkan nilai signifikansi $p>0.05$ dimana dapat disimpulkan tidak adanya kebermaknaan pada *Pre-test*. Penjelasan tentang hasil uji perbedaan terkait dengan Pengaruh CWI $^{\circ}C$ dan SS terhadap Kadar Laktat, Nyeri otot, Fleksibilitas dan Stres dijelaskan pada Tabel 5.

Tabel 4. Hasil Uji T Independen *Post-test* Laktat, Status Nyeri, Fleksibilitas dan Stres

Variabel	Grup	Rerata \pm SD	Signf.	Ket.
Laktat	CWI	2.32 \pm 0.27	0.002	Signifikan
	SS	2.62 \pm 0.31		
Nyeri Otot	CWI	5.32 \pm 1.07	0.008	Signifikan
	SS	7.26 \pm 0.33		
Fleksibilitas	CWI	14.46 \pm 3.31	0.081	Tidak Signifikan
	SS	17.98 \pm 2.76		
Stres	CWI	13.02 \pm 1.27	0.015	Signifikan
	SS	15.62 \pm 2.48		

Tabel 4 menjelaskan perbedaan rerata nilai dari variabel Kadar Laktat, Nyeri Otot, Fleksibilitas dan Tingkat Stres kelompok eksperimen (CWI $^{\circ}C$) dan kontrol (SS). Nilai rerata kadar laktat pada kelompok CWI $^{\circ}C$ lebih rendah dengan kadar 2.32 mmol/l dibandingkan dengan kelompok SS. Berdasarkan nilai *sig.(2-tailed)* antara kedua kelompok yang menunjukkan nilai signifikansi $p=0.002$ ($p<0,05$) menjelaskan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua kelompok dengan kelompok CWI $^{\circ}C$ menurunkan kadar laktat lebih rendah dibandingkan dengan SS pada kelompok kontrol.

Nilai skala rerata status nyeri otot pada kelompok CWI $^{\circ}C$ memperlihatkan lebih rendah dengan skala 5.32 dimana mengandung arti tidak merasakan nyeri otot, dibandingkan dengan kelompok SS dengan skala rerata 7.26 dimana menunjukkan masih merasakan nyeri otot. Nilai *sig.(2-tailed)* pada variabel ini menunjukkan angka $p=0.008$ ($p<0,05$) menjelaskan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan skala nyeri otot yang dialami kedua kelompok setelah latihan dimana kelompok CWI $^{\circ}C$ menurunkan rasa nyeri otot lebih baik dibandingkan dengan kelompok SS.

Pada tingkat fleksibilitas, kelompok CWI $^{\circ}C$ memiliki rerata lebih kecil dengan skala 14.46 dimana menjelaskan bahwa sampel tidak memiliki tingkat fleksibilitas yang bagus setelah diberikan CWI $^{\circ}C$, sedangkan pada kelompok SS justru memiliki skala rerata lebih tinggi yaitu 17.98 dimana dapat dikategorikan memiliki fleksibilitas bagus. Merujuk pada nilai *sig.(2-tailed)* menunjukkan angka $p=0.081$ ($p<0,05$), menjelaskan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan pemberian CWI $^{\circ}C$ pada tingkat fleksibilitas otot.

Untuk status tingkat stres, kelompok CWI5°C memiliki rerata skala lebih rendah dengan selisih 2.6 dibandingkan dengan kelompok SS yang memiliki rerata skala 15.52 dimana mengandung makna tingkat stress yang tinggi. Dengan angka *sig.(2-tailed)* $p=0015$ ($p<0,05$) menjelaskan bahwa terdapat perbedaan signifikan antara kelompok CWI5°C dan SS, dimana kelompok CWI5°C memiliki skala stress rendah atau dalam status tidak stres dibandingkan dengan kelompok SS yang memiliki skala lebih tinggi dengan makna memiliki tingkat stress yang tinggi.

Pembahasan

Kekuatan merupakan aspek penting dalam komponen biomotor tubuh karena dapat mempengaruhi perkembangan aspek biomotor lainnya seperti kecepatan, power, kelincahan dan biomotor lainnya. Metode Latihan berbeban dapat meningkatkan kekuatan melalui proses *hyperthropy* otot, sekaligus meningkatkan kinerja koordinasi sistem neuromuskular. Namun, latihan berbeban juga memberikan stresor fisik yang besar, menyebabkan inflamasi otot, menurunkan daya tahan otot, meningkatkan kadar laktat, mengganggu metabolisme tubuh, menyebabkan kelelahan tinggi dan menimbulkan terjadinya *overtraining* sehingga menurunkan performa itu sendiri. *Cold water immersion* merupakan salah satu metode recovery yang sering dipergunakan saat ini pada fase pemulihan menggantikan metode recovery konvensional *static stretching* (SS).

Hasil studi tersebut menemukan pengaruh yang signifikan antara *cold water immersion* suhu 5°C (CWI5°C) dan *Static Stretching* (SS) terhadap kadar laktat, status nyeri otot, tingkat fleksibilitas dan tingkat stress setelah latihan beban intensitas sub maksimal. Metode CWI5°C dapat membantu mempercepat proses penurunan kadar laktat dan pemulihan denyut nadi jika dibandingkan dengan SS. Teori lain juga mendukung kesimpulan ini bahwa stimulasi air dingin yang diberikan pasca latihan fisik dengan kelelahan struktural dapat membantu memperlancar proses transportasi cairan intraselular dan *intra-vascular*, meningkatkan curah jantung tanpa mengeluarkan energi, meningkatkan aliran darah dan nutrisi ke seluruh tubuh serta memperlancar aliran pembuangan limbah tubuh, mempercepat penguraian kadar laktat sehingga mempercepat proses pemulihan (Bleakley et al., 2012).

Metode CWI5°C juga terbukti mampu mengurangi persepsi rasa nyeri pada otot punggung bawah dan hamstring setelah latihan berbeban dibandingkan dengan metode SS. Hasil ini diperkuat oleh penelitian lain dimana menjelaskan bahwa manipulasi *cold water immersi* membantu kinerja permeabilitas kapiler pada tubuh menjadi menurun yang berefek pada rendahnya suhu prefrontal korteks di otak, menurunkan ketegangan pada saraf otak dan menurunkan respon fisiologis dan tubuh menjadi rileks, menurunkan kadar hormone kortisol sehingga mampu mengurangi spasme dan rasa nyeri pada otot (*delay onset muscle soreness*) serta mempercepat siklus recovery (Buchheit et al., 2009).

Pemberian metode *recovery* dengan *static stretching* (SS) pasca latihan berbeban ternyata secara signifikan lebih memberikan efek pada tingkat fleksibilitas otot dibandingkan dengan metode CWI5°C. Beberapa literature menjelaskan bahwa dengan peregangan statis (SS) membantu dalam pengurangan makrofag pada otot yang rusak, mengembalikan aliran darah ke otot, mengurangi sintesis prostaglandin E2, merangsang hormon endorphin sehingga transmisi impuls nyeri di medulla spinalis menjadi terhambat, meningkatkan sirkulasi darah yang menyebabkan fleksibilitas otot akan terjaga (Ahmed et al., 2015). Beberapa penelitian juga menunjukkan adanya hubungan signifikan antara CWI5°C dengan fleksibilitas otot. Hal ini dikarenakan lingkungan dingin yang diberikan pada otot menurunkan limbah metabolisme, menurunkan aliran darah, mengurangi inflamasi serta mengurangi rasa nyeri sehingga meningkatkan kemampuan fleksibilitas otot (Arofah, 2009). Sebaliknya, penelitian lain menjelaskan bahwa perendaman air dingin hanya memiliki efek kecil terhadap permasalahan gangguan otot, fleksibilitas dan peningkatan kinerja (Diong & Kamper, 2014).

Kelompok CWI5°C secara signifikan membuktikan adanya penurunan tingkat stress setelah latihan berbeban. Hal ini dijelaskan pada penelitian lain dimana dapat sensasi dingin pada *cold water immersion* dapat mengurangi kecepatan konduksi saraf sensorik (*nerve conduction velocity*), mengubah konduksi sensorik dan meningkatkan produksi glutathione dan antioksidan, serta sensasi dingin yang diterima oleh reseptor pada kulit membuat saraf pusat menerima banyak impuls listrik yang dikirimkan oleh saraf perifer merangsang efek *hypoalgesic* dan menghasilkan efek antidepresan sehingga mampu menurunkan ketegangan pada saraf otak. Sekaligus menurunkan stres (Herrera et al., 2010).

Penelitian lain menjelaskan terapi dingin dengan suhu air 10°C selama 10 menit mampu mengurangi spasme dan rasa nyeri pada otot serta meningkatkan siklus pemulihan, namun tidak berpengaruh pada kekuatan kontraksi otot (Ascensão et al., 2011). Pada kasus lain, pemberian metode CWI5°C

memberikan kontraindikasi diantaranya adalah perlambatan aliran darah pada pembuluh darah diantara organ tubuh akibat suhu dingin yang diberikan, mengurangi laju aliran darah yang mengandung nutrisi dan oksigen sehingga terjadi keterlambatan pemenuhan nutrisi dan kebutuhan oksigen pada otak dan dapat berakibat terjadinya kerusakan tubuh perifer (Machado et al., 2016). Efek negatif *cold water immersion* juga dilaporkan pada penelitian serupa yang menjelaskan adanya peradangan pada pembuluh darah (*vasculitis*), menurunnya kandungan protein di dalam darah (*cryoglobulinemia*) serta terbentuknya *antibody* yang merusak sel darah merah sebagai respon tubuh terhadap efek dingin yang diberikan (Crowe et al., 2007).

Latihan berbeban (*strength training*) merupakan salah satu bentuk latihan fisik yang ditandai dengan usaha tubuh untuk melakukan perlawanan terhadap beban eksternal yang bekerja untuk meningkatkan kekuatan otot secara maksimal (Suchomel et al., 2018). *Strength training* berfokus pada peningkatan kinerja koordinasi intermuskular yang bekerja pada kelompok otot cepat (*fast twitch muscle*) melalui perangsangan beban yang diterima oleh sistem neuromuskular dengan tujuan untuk meningkatkan kecepatan kontraksi otot, jumlah serabut otot yang bekerja pada saat berkontraksi serta meningkatkan kekuatan otot saat berkontraksi (Haff & Nimphius, 2012). Prinsip latihan *strength training* haruslah selalu berfokus pada kelompok otot cepat, sehingga intensitas yang dilakukan haruslah merupakan intensitas submaksimal atau maksimal, dengan jumlah volume yang sedikit dan waktu istirahat cukup lama. Penentuan jenis intensitas, volume dan istirahat sangatlah penting untuk mendapatkan kecepatan dan kekuatan kontraksi otot yang maksimal, berbeda dengan latihan *weight training* yang bekerja pada kelompok otot lambat (*slow twitch muscle*) dan berfokus pada peningkatan kekuatan maksimal melalui hipertrofi otot saja (Kusuma et al., 2012). Selain meningkatkan kecepatan dan kekuatan kontraksi, *strength training* merupakan stresor tubuh yang mengakibatkan kerusakan pada filament aktin myosin, menurunkan kemampuan kontraksi otot, mengakibatkan inflamasi otot, terjadi penumpukan laktat dan kelelahan yang tinggi sehingga beresiko terjadi cedera muskuloskeletal.

Metode CWI memberikan efek positif terhadap penurunan kadar laktat, rasa nyeri otot dan tingkat stres setelah latihan berbeban, sedangkan SS mampu menjaga tingkat fleksibilitas otot. Hal lain dijelaskan pada penelitian serupa dimana penggunaan metode CWI dan SS secara bergantian yang disesuaikan dengan jenis dan tingkat kelelahan yang dialami, mampu mempercepat proses regenerasi, mengurangi resiko cedera akibat overtraining sekaligus mempertahankan performa (Peck et al., 2014). Beberapa literatur menjelaskan bahwa CWI merupakan metode yang tepat untuk diberikan pada jenis kelelahan yang bersifat struktural dimana mengakibatkan penumpukan laktat yang tinggi, muscle soreness dan tingkat stress yang tinggi namun akan memberikan efek negatif jika diberikan pada jenis kelelahan yang bersifat hormonal yang diakibatkan oleh latihan endurance (Baar, 2014).

SIMPULAN

Cold water immersion dengan menggunakan suhu air 5 derajat (CW15°C) selama 15 menit memberikan pengaruh signifikan terhadap penurunan kadar laktat, nyeri otot dan tingkat stress, sedangkan *Static Stretching* (SS) memberikan pengaruh signifikan pada peningkatan fleksibilitas otot punggung bagian bawah dan hamstring.

Proses regenerasi selain dipengaruhi faktor stimulus faktor eksternal, juga ditentukan oleh faktor internal seperti nutrisi, usia, genetic dan kondisi fisik (Kusuma et al., 2020). Penelitian ini sudah melibatkan aspek Protein sebagai unsur nutrisi, namun tidak terdapat perbedaan yang signifikan terhadap laktat, nyeri otot, fleksibilitas dan stress. Hal ini diasumsikan karena belum dilibatkannya unsur makro nutrient secara menyeluruh meliputi karbohidrat, protein dan lemak sebagai variabel penelitian sehingga mempengaruhi metabolisme dan kemampuan untuk memperbaiki sel tubuh (Potgieter, 2013).

Keterbatasan lainnya adalah latar belakang atlet yang berasal dari beberapa cabang olahraga dimana memiliki karakteristik kondisi fisik khusus yang berbeda seperti atletik, sepak bola, basket dan bulutangkis. Hal ini diyakini mempengaruhi struktur, sistem kerja dan metabolisme otot sehingga mempengaruhi kemampuan recovery (Hartmann et al., 2015). Keterbatasan berikutnya adalah pengukuran laktat, nyeri otot, fleksibilitas dan stress belum dilakukan dengan menggunakan waktu jeda (*Repetitives*) seperti diukur pada sesaat selesai latihan, 5 menit, 15 menit dan 30 menit (Georgieva et al., 2017). Hal ini dimungkinkan akan lebih mendapatkan hasil yang akurat terkait dengan pengaruh CWI dan SS terhadap proses recovery pasca latihan berbeban submaksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, H., Iqbal, A., Anwer, S., & Alghadir, A. (2015). Effect of modified hold-relax stretching and static stretching on hamstring muscle flexibility. *Journal of Physical Therapy Science*, 27(2), 535–538. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.535>
- Arikunto, S. (2006). *Metodelogi penelitian*. Bina Aksara.
- Arofah, N. I. (2009). Terapi dingin (cold therapy) dalam penanganan cedera olahraga. *MEDIKORA*, V(1), 102–117. <https://doi.org/10.21831/medikora.v0i1.4696>
- Ascensão, A., Leite, M., Rebelo, A. N., Magalhães, S., & Magalhães, J. (2011). Effects of cold water immersion on the recovery of physical performance and muscle damage following a one-off soccer match. *Journal of Sports Sciences*, 29(3), 217–225. <https://doi.org/10.1080/02640414.2010.526132>
- Baar, K. (2014). Nutrition and the adaptation to endurance training. *Sports Medicine*, 44(S1), 5–12. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0146-1>
- Badran, D., Abreu, P., & Restivo, M. T. (2019). Blood pressure measurement. *2019 5th Experiment International Conference (Exp.at'19)*, 476–480. <https://doi.org/10.1109/EXPAT.2019.8876538>
- Bleakley, C., McDonough, S., Gardner, E., Baxter, D. G., Hopkins, T. J., & Davison, G. W. (2012). Cold-water immersion (cryotherapy) for preventing and treating muscle soreness after exercise. *Sao Paulo Medical Journal*, 130(5), 348–348. <https://doi.org/10.1590/S1516-31802012000500015>
- Bogdanis, G. C. (2012). Effects of physical activity and inactivity on muscle fatigue. *Frontiers in Physiology*, 3. <https://doi.org/10.3389/fphys.2012.00142>
- Buchheit, M., Peiffer, J. J., Abbiss, C. R., & Laursen, P. B. (2009). Effect of cold water immersion on postexercise parasympathetic reactivation. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 296(2), H421–H427. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.01017.2008>
- Cardinal, B. J., Esters, J., & Cardinal, M. K. (1996). Evaluation of the revised physical activity readiness questionnaire in older adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 28(4), 468–472. <https://doi.org/10.1097/00005768-199604000-00011>
- Close, G. L., Hamilton, D. L., Philp, A., Burke, L. M., & Morton, J. P. (2016). New strategies in sport nutrition to increase exercise performance. *Free Radical Biology and Medicine*, 98, 144–158. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2016.01.016>
- Cochrane, D. J. (2004). Alternating hot and cold water immersion for athlete recovery: a review. *Physical Therapy in Sport*, 5(1), 26–32. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2003.10.002>
- Crowe, M. J., O'Connor, D., & Rudd, D. (2007). Cold water recovery reduces anaerobic performance. *International Journal of Sports Medicine*, 28(12), 994–998. <https://doi.org/10.1055/s-2007-965118>
- Davis, H., Orzeck, T., & Keelan, P. (2007). Psychometric item evaluations of the recovery-stress questionnaire for athletes. *Psychology of Sport and Exercise*, 8(6), 917–938. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2006.10.003>
- Diong, J., & Kamper, S. J. (2014). Cold water immersion (cryotherapy) for preventing muscle soreness after exercise. *British Journal of Sports Medicine*, 48(18), 1388–1389. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092433>
- Elias, G. P., Varley, M. C., Wyckelsma, V. L., McKenna, M. J., Minahan, C. L., & Aughey, R. J. (2012). Effects of water immersion on posttraining recovery in Australian footballers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 7(4), 357–366. <https://doi.org/10.1123/ijsp.7.4.357>
- Engelen, E. van. (2013). Numeric (pain) rating scale. In *Meetinstrumentenzorg.nl*. de Fysiotherapeut.
- Fink, J., Schoenfeld, B. J., & Nakazato, K. (2018). The role of hormones in muscle hypertrophy. *The Physician and Sportsmedicine*, 46(1), 129–134. <https://doi.org/10.1080/00913847.2018.1406778>
- Georgieva, K. N., Hadjieva, M. S., Shishmanova-Doseva, M. S., Terzieva, D. D., Georgiev, N. G., Andreev, G. G., & Tchekalarova, J. D. (2017). Effect of training at lactate threshold intensity on

- maximal time to exhaustion, depression and anxiety behaviour of spontaneously hypertensive rats after kainate-induced status epilepticus. *Folia Medica*, 59(1), 91–97. <https://doi.org/10.1515/folmed-2017-0004>
- Haff, G. G., & Nimphius, S. (2012). Training principles for power. *Strength and Conditioning Journal*, 34(6), 2–12. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e31826db467>
- Hale, T. (2008). History of developments in sport and exercise physiology: A. V. Hill, maximal oxygen uptake, and oxygen debt. *Journal of Sports Sciences*, 26(4), 365–400. <https://doi.org/10.1080/02640410701701016>
- Hartmann, H., Wirth, K., Keiner, M., Mickel, C., Sander, A., & Szilvas, E. (2015). Short-term periodization models: Effects on strength and speed-strength performance. *Sports Medicine*, 45(10), 1373–1386. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0355-2>
- Herrera, E., Sandoval, M. C., Camargo, D. M., & Salvini, T. F. (2010). Motor and sensory nerve conduction are affected differently by ice pack, ice massage, and cold water immersion. *Physical Therapy*, 90(4), 581–591. <https://doi.org/10.2522/ptj.20090131>
- Hoffman, J. R., Cooper, J., Wendell, M., & Kang, J. (2004). Comparison of Olympic vs. traditional power lifting training programs in football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(1), 129–135. <https://doi.org/10.1519/00124278-200402000-00019>
- Kellmann, M., Bertollo, M., Bosquet, L., Brink, M., Coutts, A. J., Duffield, R., Erlacher, D., Halson, S. L., Hecksteden, A., Heidari, J., Wolfgang Kallus, K., Meeusen, R., Mujika, I., Robazza, C., Skorski, S., Venter, R., & Beckmann, J. (2018). Recovery and performance in sport: consensus statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(2), 240–245. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0759>
- Kusuma, M. N. H. (2014). Identifikasi cedera olahraga atlet badminton usia anak dan remaja sebagai bentuk evaluasi program latihan. *Mandala of Health: A Scientific Journal*, 7(1).
- Kusuma, M. N. H. (2013). Affecting factors of interval aerobic exercise on physiological function changes in elderly. *The 3rd International Seminar on PE, Sport & Health*, 254–259.
- Kusuma, M. N. H., Hartmann, U., & Niessen, M. (2013). Affecting factors of interval aerobic exercise on physiological function changes in elderly. *Journal of Sports Medicine and Applied Physiology*, 4, 45.
- Kusuma, M. N. H., Syafei, M., & Rilastiyo, D. (2019). The effect of nutritional status, level of physical activity and hemoglobins on physical endurance. *JUARA: Jurnal Olahraga*, 4(2), 186. <https://doi.org/10.33222/juara.v4i2.607>
- Kusuma, M. N. H., Syafei, M., & Rilastiyo, D. (2020). Erratum: Pengaruh status gizi, tingkat aktivitas fisik dan kadar hemoglobin terhadap kemampuan daya tahan fisik. *JUARA: Jurnal Olahraga*, 5(1), 121. <https://doi.org/10.33222/juara.v5i1.933>
- Kusuma, M. N. H., Thomas, D., & Portela, J. (2012). Affecting factors of plyometric exercise on jumping performance. *Journal of Sports Medicine and Applied Physiology*, 52, 121.
- Leeder, J., Gissane, C., van Someren, K., Gregson, W., & Howatson, G. (2012). Cold water immersion and recovery from strenuous exercise: a meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 46(4), 233–240. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090061>
- Longo, A. F., Siffredi, C. R., Cardey, M. L., Aquilino, G. D., & Lentini, N. A. (2016). Age of peak performance in Olympic sports: A comparative research among disciplines. *Journal of Human Sport and Exercise*, 11(1). <https://doi.org/10.14198/jhse.2016.111.03>
- Machado, A. F., Ferreira, P. H., Micheletti, J. K., de Almeida, A. C., Lemes, Í. R., Vanderlei, F. M., Netto Junior, J., & Pastre, C. M. (2016). Can water temperature and immersion time influence the effect of cold water immersion on muscle soreness? A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 46(4), 503–514. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0431-7>
- Markowitz, J. S. (2018). Body Mass Index (BMI). In *SpringerBriefs in Public Health* (pp. 39–49). https://doi.org/10.1007/978-3-319-77203-5_5
- Martínez-Lagunas, V., Niessen, M., & Hartmann, U. (2014). Women’s football: Player characteristics and demands of the game. *Journal of Sport and Health Science*, 3(4), 258–272.

<https://doi.org/10.1016/j.jshs.2014.10.001>

- Mayorga-Vega, D., Viciano, J., Cocca, A., & Merino-Marban, R. (2014). Criterion-related validity of toe-touch test for estimating hamstring extensibility: A meta-analysis. *Journal of Human Sport and Exercise*, 9(1), 188–200. <https://doi.org/10.4100/jhse.2014.91.18>
- McGlory, C., & Phillips, S. M. (2015). Exercise and the regulation of skeletal muscle hypertrophy. In *Progress in Molecular Biology and Translational Science* (pp. 153–173). <https://doi.org/10.1016/bs.pmbts.2015.06.018>
- Nanang, M., Fuad, N., Didik, R., Topo, S., & Panuwun, J. (2018). Effect of alkaline fluids to blood PH and lactic acid changes on sub maximal physical exercise. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 197(1), 012049. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/197/1/012049>
- Parwata, I. M. Y. (2015). Kelelahan dan recovery dalam olahraga. *Jurnal Pendidikan Kesehatan Rekreasi*, 1(1), 2–13. <https://ojs.ikipgribali.ac.id/index.php/jpkr/article/view/2>
- Peake, J. M., Roberts, L. A., Figueiredo, V. C., Egner, I., Krog, S., Aas, S. N., Suzuki, K., Markworth, J. F., Coombes, J. S., Cameron-Smith, D., & Raastad, T. (2017). The effects of cold water immersion and active recovery on inflammation and cell stress responses in human skeletal muscle after resistance exercise. *The Journal of Physiology*, 595(3), 695–711. <https://doi.org/10.1113/JP272881>
- Peck, E., Chomko, G., Gaz, D. V., & Farrell, A. M. (2014). The effects of stretching on performance. *Current Sports Medicine Reports*, 13(3), 179–185. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000052>
- Potgieter, S. (2013). Sport nutrition: A review of the latest guidelines for exercise and sport nutrition from the American College of Sport Nutrition, the International Olympic Committee and the International Society for Sports Nutrition. *South African Journal of Clinical Nutrition*, 26(1), 6–16. <https://doi.org/10.1080/16070658.2013.11734434>
- Randall, D., Thomas, M., Whiting, D., & McGrath, A. (2017). Depression Anxiety Stress Scales (DASS-21). *Journal of Head Trauma Rehabilitation*, 32(2), 134–144. <https://doi.org/10.1097/HTR.0000000000000250>
- Roy, B. A. (2013). High-intensity interval training. *ACSM's Health & Fitness Journal*, 17(3), 3. <https://doi.org/10.1249/FIT.0b013e31828cb21c>
- Rumbold, J. L., Fletcher, D., & Daniels, K. (2012). A systematic review of stress management interventions with sport performers. *Sport, Exercise, and Performance Psychology*, 1(3), 173–193. <https://doi.org/10.1037/a0026628>
- Schoenfeld, B. J. (2010). The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(10), 2857–2872. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e840f3>
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., Bellon, C. R., & Stone, M. H. (2018). The importance of muscular strength: Training considerations. *Sports Medicine*, 48(4), 765–785. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0862-z>
- Tipton, M. J., Collier, N., Massey, H., Corbett, J., & Harper, M. (2017). Cold water immersion: kill or cure? *Experimental Physiology*, 102(11), 1335–1355. <https://doi.org/10.1113/EP086283>
- Vanhees, L., Lefevre, J., Philippaerts, R., Martens, M., Huygens, W., Troosters, T., & Beunen, G. (2005). How to assess physical activity? How to assess physical fitness? *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation*, 12(2), 102–114. <https://doi.org/10.1097/01.hjr.0000161551.73095.9c>
- Wallace, W. (2004). Sport and exercise physiology. In *MCQs & EMQs in Human Physiology*, 6th edition (pp. 273–290). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b13563-12>