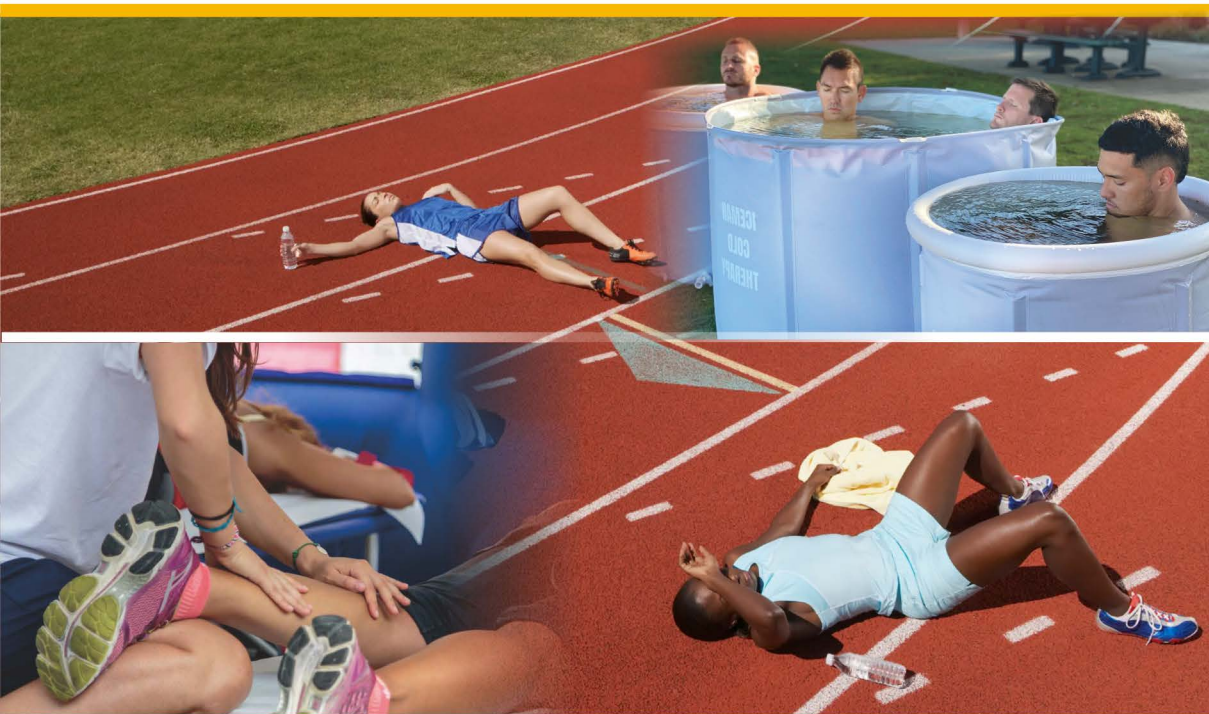


WIDIYANTO



REFLEKSI PENGELOLAAN
FAKTOR
KELELAHAN
& PEMULIHAN
DALAM PELATIHAN OLAHRAGA



REFLEKSI PENGELOLAAN

**FAKTOR KELELAHAN DAN
PEMULIHAN** DALAM PELATIHAN OLAHRAGA

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

Undang-Undang No. 28 Tahun 2014 Tentang Hak Cipta

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
3. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
4. Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

REFLEKSI PENGELOLAAN

**FAKTOR KELELAHAN DAN
PEMULIHAN** DALAM PELATIHAN OLAHRAGA

Widiyanto



REFLEKSI PENGELOLAAN FAKTOR KELELAHAN DAN PEMULIHAN DALAM PELATIHAN OLAHRAGA

Penulis:

Widiyanto

Editor:

Fitriyanti

Cover Design :

Ngadimin

Tata Letak:

Idzmah U.

Diterbitkan dan dicetak oleh **UNY PRESS**

Jl. Gejayan, Gg. Alamanda, Komplek Fakultas Teknik UNY

Kampus UNY Karangmalang Yogyakarta 55281

Telp : 0274-589346

E-mail : unypenerbitan@uny.ac.id

Anggota Ikatan Penerbit Indonesia (IKAPI)

Anggota Asosiasi Penerbit Perguruan Tinggi Indonesia (APPTI)

Ukuran:

vi, 147 hlm., 16 cm x 23 cm

ISBN: 978-602-498-633-9

Cetakan Pertama:

Desember 2023

Hak Cipta Dilindungi oleh Undang-undang.

Dilarang menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit.

PRAKATA

Setiap program pelatihan didasarkan pada tiga prinsip utama yaitu (1) intensitas (2) frekuensi, dan (3) durasi. Dari ketiga prinsip ini, frekuensi mungkin yang paling penting karena stimulasi berulang mendorong proses adaptasi. Oleh karena itu, atlet elit dan profesional berlatih lebih dari yang mereka lawan untuk mengatasi beban pelatihan mereka, penting bagi mereka untuk pulih dengan cepat. Penting juga bagi mereka yang melakukan olahraga rekreasi atau olahraga untuk kesehatan agar cepat pulih sehingga terhindar dari sisa kelelahan dan dampak negatifnya terhadap vitalitas dan semangat mereka untuk aktivitas fisik.

Pada abad ini, olahraga kompetitif telah menjadi lebih profesional, pergerakan kemajuan teknologi dan peningkatan ilmu pengetahuan tentang fisiologi latihan telah berkontribusi untuk meningkatkan efisiensi program latihan. Sesi latihan (sering dilakukan dua kali sehari) merupakan bentuk kuantitatif dan kualitatif dari optimalisasi untuk mendekati pada beban latihan maksimal atau beban latihan supra maksimal. Karena itu, penting bagi atlet untuk berkompetisi memanfaatkan waktu *recovery* (pemulihan) dan penting mempertimbangkan bahwa siklus *loading-recovery* merupakan titik kunci dari proses latihan. Selain istirahat murni dengan pemulihan pasif, beberapa strategi dan metode telah diusulkan bagi olahragawan untuk meningkatkan pemulihan fungsi otot setelah latihan maupun kompetisi.

Optimalisasi masa *recovery* sejalan dengan kajian teoretik yang menyatakan bahwa pengondisian fisiologis atlet tidak hanya dilakukan pada masa latihan tapi juga pada masa *recovery* latihan, masa pertandingan, dan masa *recovery* antar pertandingan. Optimalisasi teknik *recovery* penting untuk dilakukan mengingat kualitas *recovery* yang baik dapat menurunkan kelelahan baik secara objektif (indeks kelelahan) maupun subjektif (*rating of perceived exertion*), meningkatkan adaptasi fisiologis tubuh terhadap latihan fisik serta mengurangi risiko cedera. Pada akhirnya, tantangan kurang optimalnya masa *recovery* pada saat pertandingan harus dijawab oleh ilmuwan di bidang olahraga dengan menemukan formulasi strategi *recovery* yang paling optimal.

Strategi untuk mengoptimalkan pemulihan dari latihan bergantung pada olahraga atau jenis latihan tertentu, intensitas, dan durasinya, serta waktu antara sesi latihan atau kompetisi. Pemulihan yang sukses melibatkan banyak proses fisiologis dan metabolisme yang bertindak bersama untuk mempersiapkan atlet untuk latihan berikutnya. Kembalinya kinerja adalah ukuran yang jelas dari keberhasilan pemulihan. Garis besar isi buku ini akan membahas tentang teori konsep latihan, kelelahan, faktor-faktor penyebab kelelahan, dampak kelelahan terhadap performa, teori dan konsep pemulihan (*recovery*), dan model-model strategi pemulihan.

Akhirnya semoga buku ini bermanfaat bagi Masyarakat luas dan tentu saja penulis terbuka menerima kritik dan saran untuk penyempurnaan buku ini.

November 2023

Penulis

DAFTAR ISI

PRAKATA	i
DAFTAR ISI	iii
BAB 1	
KAJIAN TENTANG LATIHAN.....	1
Adaptasi.....	5
Supercompensation Cycle and Adaptation.....	6
Prinsip-prinsip Latihan.....	8
Prinsip Meningkatkan Tuntutan.....	12
Prinsip Melanjutkan Tuntutan Beban	12
Istirahat (Restoration)	13
Istirahat Aktif (Active Rest).....	14
ATP.....	21
PC.....	21
TOTAL ATP-PC.....	21
BAB 2	
KAJIAN TENTANG KELELAHAN	39
Faktor Penyebab Kelelahan.....	46
Kelelahan Otot Lokal	50

Sistem Penggerak Kelelahan	51
Kelelahan Fisiologis	53
Gangguan Fungsi Otot.....	56

BAB 3

KAJIAN TENTANG RECOVERY	61
--------------------------------------	-----------

Manfaat Recovery dalam Olahraga.....	68
--------------------------------------	----

BAB 4

METODE-METODE PEMULIHAN	71
--------------------------------------	-----------

Pemulihan dengan Nutrisi.....	73
-------------------------------	----

Peran Glikogen Otot dalam Metabolisme Selama Latihan Intens ..	75
--	----

Pemulihan Glikogen Otot: Pemberian Karbohidrat pada Fase Awal Pemulihan.....	76
---	----

Suplementasi karbohidrat selama 4 jam pemulihan	79
---	----

Rehidrasi.....	80
----------------	----

Pemuliahan dengan Metode Masase.....	81
--------------------------------------	----

Swedish Massage	88
-----------------------	----

Efek Fisiologis Massage	92
-------------------------------	----

Manfaat Massage Setelah Melakukan Aktivitas Fisik	95
---	----

Pemulihan dengan Oksigen Hiperbarik (OHB)	98
---	----

Efek dari penggunaan OHB bagi kesehatan tubuh manusia	100
---	-----

Pemulihan (Recovery) aktif	110
----------------------------------	-----

Ice Bath Recovery	112
-------------------------	-----

Contrasbath Recovery	116
----------------------------	-----

Heat and Ice Treatment	119
------------------------------	-----

Perbandingan pengaruh cold bath dan contrast bath terhadap penurunan kadar asam laktat	122
---	-----

Interaksi Metode Perendaman Air Panas (HWI) dan Perendaman Air Dingin (CWI) dengan Gender Menurunkan Asam Laktat	124
Ice Bath Recovery 2	126
Protokol Pemulihan	129
Daftar Pustaka	133
Tentang Penulis.....	147



BAB 1

KAJIAN TENTANG LATIHAN

Latihan olahraga merupakan suatu proses yang berkesinambungan antara seorang atlet dengan pelatihnya (Cormier et al., 2022). Ini secara pedagogis proses yang terorganisir dimana peran pelatih adalah salah satu guru dan organisator, sehubungan dengan membimbing aktivitas atlet, dan mengatur sesi latihannya. Latihan latihan tepatnya tugas-tugas tertentu yang menuntut upaya fisik, dan dalam beberapa hal harus meningkatkan hasil olahraga peserta pelatihan. Beberapa latihan pelatihan kemudian disusun menjadi unit lengkap yang disebut sesi pelatihan (Walton et al., 2018).

Latihan merupakan proses jangka panjang, oleh karena itu diperlukan kegembiraan dan kesenangan dalam berlatih agar tidak terjadi kebosanan dan atlet meninggalkan latihan (Harries et al.,

2012). Pemberian variasi dalam latihan merupakan cara yang baik untuk memberikan kesempatan bagi atlet untuk menikmati latihan dengan rasa senang dan gembira.

Istilah latihan berasal dari kata dalam bahasa Inggris yang mengandung beberapa makna seperti: *Practice*, *Excercise*, dan *Training*. Pengertian latihan yang berasal dari kata *Practice* adalah aktivitas untuk meningkatkan keterampilan (kemahiran) berolahraga dengan menggunakan berbagai peralatan sesuai dengan tujuan dan kebutuhan cabang olahraganya (Dantas et al., 2022). Pengertian latihan yang berasal dari kata *Excercise* adalah perangkat utama dalam proses latihan harian untuk meningkatkan kualitas fungsi organ tubuh manusia sehingga mempermudah atlet dalam penyempurnaan gerakannya. Pengertian latihan yang berasal dari kata *Training* adalah suatu proses penyempurnaan kemampuan berolahraga yang berisikan materi teori dan praktik, menggunakan metode dan aturan pelaksanaan dengan menggunakan pendekatan ilmiah, memakai prinsip-prinsip latihan yang terencana dan teratur, sehingga tujuan latihan dapat tercapai tepat pada waktunya (Dantas et al., 2022).

Dari kutipan tersebut, dapat disimpulkan bahwa persamaan dari makna lebih baik yang berasal dari kata *Excercise*, *Practice*, dan *Training* adalah sama-sama meningkatkan, yaitu meningkatkan kemahiran olahraga, kualitas fungsi tubuh, dan penyempurnaan kemampuan olahraga.

Sejak tahun 1985, istilah-istilah seperti aktivitas fisik, olahraga, pelatihan kebugaran, pelatihan, kebugaran dan kebugaran fisik sering membingungkan satu sama lain dan kadang-kadang istilah tersebut digunakan secara bergantian. Mutasi sosio-ekonomi dan demografi yang cepat, kebutuhan untuk mendapatkan manfaat dari dimensi alami telah menyebabkan diversifikasi penerapan latihan fisik / olahraga yang saat ini dihadirkan dengan tujuan yang berbeda dan dengan penelitian berbagai bentuk kepuasan. Dengan demikian mengurangi permintaan olahraga terorganisir, balap kompetitif dan peningkatan kegiatan fisik individual, yang

bertujuan untuk mencapai tujuan yang berbeda seperti keseimbangan batin atau kesejahteraan psikofisik. Fenomena latihan fisik atau yang biasa didefinisikan sebagai “kebugaran”, “latihan”, “pengondisian”, “pelatihan ketahanan” atau “pelatihan kebugaran” yang lebih baik, adalah kenyataan yang sangat kompleks. Memang, dengan istilah kebugaran, dimungkinkan untuk mengidentifikasi berbagai kegiatan yang dilakukan setiap hari di pusat kebugaran (Gyms) dan kami dapat mengelompokkannya kembali menjadi kegiatan pelatihan resistensi Gym; Kegiatan kebugaran kelompok; Kegiatan kebugaran fungsional.

Dalam dekade terakhir, aktivitas yang menjalani istilah Fitness telah berkembang. Awalnya aerobik, aerobik langkah, jogging, pengondisian dan binaraga adalah kegiatan olahraga yang paling umum yang memungkinkan populasi untuk "menjadi bugar", sekarang kita mungkin menemukan lebih beragam dan lebih hati-hati dengan kebutuhan kegiatan populasi yang aktif dan tidak aktif. Beberapa contoh adalah: funky, zumba, boks kotak, aktivitas bersepeda, pelatihan berbasis senam, cross fit, pelatihan suspensi, pelatihan kettlebell, pengondisian tubuh total, pelatihan inti, kamp pelatihan, pelatihan fungsional, pilates, yoga, peregangan. Jelaslah bahwa dengan memasukkan kegiatan semacam itu di bawah istilah kebugaran atau pelatihan kebugaran yang lebih umum, proses psikologis dimulai dalam pikiran orang bahwa hari demi hari mengubah makna istilah itu sendiri. Ada berbagai definisi kebugaran, yang berubah dari kemampuan untuk melakukan aktivitas sehari-hari dengan penuh semangat, hingga demonstrasi sifat dan kapasitas yang terkait dengan risiko rendah pengembangan dini penyakit hipokinetik (mis., Yang terkait dengan aktivitas fisik yang tidak aktif). Meskipun, ketika kita berbicara tentang kebugaran kita memasukkan keadaan kesehatan yang didefinisikan sebagai keadaan multidimensi yang menggambarkan keberadaan kesehatan positif dalam diri seseorang yang dicontohkan oleh kualitas hidup dan perasaan kesejahteraan.

Tujuan akhir dari suatu sesi latihan adalah penyempurnaan kemampuan atlet, dengan kata lain mencapai kemampuannya potensi alam. Proses pelatihan yang berkesinambungan dapat dipecah secara singkat menjadi berikut ini empat fase:

1. Perencanaan mengacu pada resep unit latihan yang tepat. Siklus sesi pelatihan olahraga fokus pada kalender kompetisi. Ini adalah fase di mana pelatih mempersiapkan jadwal latihan atlet.
2. Realisasi adalah tahap pelaksanaan latihan yang telah disiapkan. Peran pelatih dalam fase ini adalah: menyiapkan peralatan (potensi), melakukan evaluasi psikofisik atlet sebelumnya sesi, memantau intensitas sesi, dan meningkatkan taktik dalam olahraga berbasis tim. Data latihan yang diperlukan untuk analisis lebih lanjut dicatat dalam langkah ini.
3. Kontrol adalah perbandingan latihan yang sebenarnya dilakukan oleh atlet versus yang direncanakan latihan. Hal ini dapat diselesaikan dengan penggunaan analisis video dan komputasi kontemporer teknologi. Dalam olahraga individu, analisis kinerja biometrik dapat dilakukan, sedangkan sistem analisis notasi digunakan dalam olahraga tim.
4. Evaluasi adalah pengukuran kinerja atlet. Ada dua jenis evaluasi: (1) The evaluasi beban pelatihan tunggal (analisis kinerja jangka pendek) dan (2) evaluasi dari total beban siklus pelatihan (analisis kinerja jangka panjang). Evaluasinya adalah perbandingan antara tujuan yang ditetapkan versus hasil yang dicapai, dan jumlah yang direncanakan versus aktual latihan yang dilakukan.

Setiap siklus harus memberikan hasil yang lebih baik bagi atlet. Karena pelatihan olahraga adalah aktivitas setidaknya dua pihak, terutama pelatih dan atlet, berbagai berbasis komputasi Pendekatan ini dapat digunakan untuk membantu pengambilan

keputusan pelatih, atau menggantikannya sama sekali memperkenalkan asisten virtual (Pleša et al., 2022). Hal ini memungkinkan atlet untuk memilih dari berbagai kemungkinan latihan rezim tanpa perlu mempekerjakan orang sungguhan untuk membantu mereka dalam pelatihan.

Adaptasi

Latihan ialah sebuah proses yang terorganisir dimana tubuh dan pikiran yang secara konstan akan terpengaruh dengan tingkat stres baik itu secara kuantitas maupun intensitas. Kemampuan seorang atlet untuk beradaptasi menahan beban berat pada saat pelatihan dan kompetisi sama pentingnya seperti kemampuan suatu makhluk hidup dalam beradaptasi dengan lingkungan sekitar, jika makhluk tersebut tidak bisa beradaptasi maka mereka tidak akan bisa bertahan hidup. Bagi para atlet dibutuhkan kemampuan untuk dapat beradaptasi terhadap beban latihan yang bervariasi dan juga kompetisi yang diikuti sehingga bisa terhindar dari kelelahan, yang akan menyebabkan atlet tersebut tidak bisa mencapai tujuan akhir dari sebuah pelatihan yang telah ditetapkan.

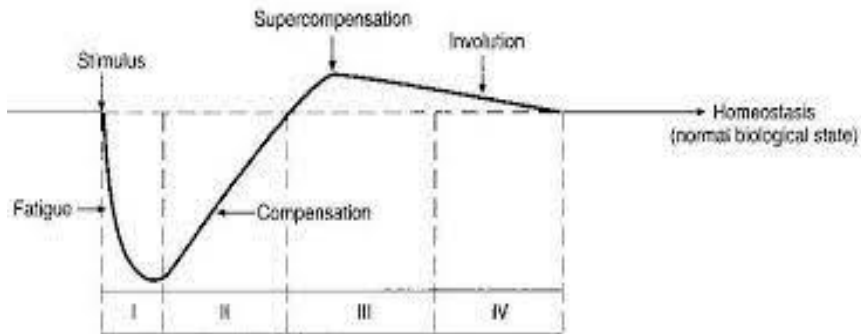
Jika seorang atlet ingin mendapatkan performa superior maka dia harus menjalani proses latihan yang sistematis secara terus menerus tahap demi tahap yang didesain sedemikian rupa untuk meningkatkan kapasitas performa yang diharapkan. Tapi semua itu tidak bisa dilakukan sembarangan karena harus sesuai dengan proses adaptasi dari fungsi utama tubuh seperti neuromuscular (pergerakan dan koordinasi sistem syaraf), metabolik (kemampuan otot dalam mengantisipasi asam laktat), dan cardiorespiratory (peningkatan kemampuan paru-paru). Semua perubahan fisiologis dan psikologis yang terjadi merupakan akibat dari hasil latihan dengan proses waktu yang cukup lama. Untuk mempertahankan atau bahkan meningkatkannya perlu adanya proses latihan yang intensif dan kontinyu.

Selain itu perlu diperhatikan juga efek samping dari proses pelatihan, karena setiap program pelatihan akan menimbulkan reaksi tertentu yang merupakan respon dari adaptasi tersebut yang dikenal dengan istilah *training effect* (efek latihan). Sejak tahun 1960 para penulis telah mendiskusikan hal tersebut, salah satu diantaranya adalah H.K. Cooper dengan hasil karyanya yang sangat berpengaruh *the new aerobic*. Menurut beliau *training effect* bisa dibagi menjadi tiga kategori yaitu: (1) *Immediate training effect* adalah efek samping yang dapat langsung terdeteksi setelah sesi latihan dilakukan, misalnya meningkatnya detak jantung, tekanan darah meningkat, dan juga kemampuan produktif tubuh menurun yang disebabkan kelelahan. (2) *Delay training effect* yaitu hasil akhir yang diperoleh pada sebuah sesi latihan yang bisa bertahan cukup lama. Meskipun pada awalnya efek tersebut tidak terasa karena kelelahan, tapi hasil positif akan terasa setelah kelelahan itu berakhir. 3) *Cummulative effect* adalah hasil yang diperoleh setelah beberapa kali sesi latihan berlangsung termasuk diantaranya terdapat tantangan yang besar dalam latihan sebagai upaya untuk mencapai batas maksimal dari proses adaptasi dalam serangkaian latihan.

Supercompensation Cycle and Adaptation

Inti dari teori selye tersebut adalah bagaimana cara untuk mengantisipasi adanya tingkatan stres yang tinggi dan tidak diinginkan sebagai akibat dari proses latihan yang melampaui beban maksimal yang bisa diterima oleh tubuh atlet. Seorang pelatih yang baik harus bisa memilah tingkatan-tingkatan pelatihan yang sesuai kemampuan fisik dan psikologi atletnya, sehingga seorang pelatih harus tahu Kapan saatnya memberikan alternatif pilihan latihan yang intensif, sedang, ataupun latihan ringan. Sesuai dengan konsep dari superkompensasi. Banyak sekali hasil yang dapat diperoleh dari penerapan metode superkompensasi tersebut, beberapa diantaranya: (a) membantu atlet dalam menangani stres dan mengantisipasi proses latihan yang berintensitas tinggi, (b)

membantu pelatih dalam membuat struktur sistem pelatihan, (c) menghindari serangan kritis dari kelelahan dan kelebihan beban latihan, (d) menyadarkan pelatih akan pentingnya melakukan alternatif intensitas latihan, (e) mengombinasikan kedua unsur teknik fisiologi dan psikologi dalam berlatih.



Gambar 1.1. Asas Overkompensasi (Harsono, 2015:13)

Skema di atas menjelaskan bahwa superkompensasi merupakan hasil puncak dari dari fase latihan yang didapatkan oleh atlet, tubuh akan merespon rangsangan dari proses adaptasi setelah serangkaian kegiatan latihan yang menimbulkan kelelahan, setelah fase kelelahan maka tubuh akan memasuki fase *compensation* yaitu hasil positif yang diterima tubuh setelah menjalani proses latihan dan terus meningkat sampai kepada titik superkompensasi dimana tubuh dalam posisi terbaik dalam hal fisik maupun psikologi. Setelah mengikuti sesi latihan, para atlet dituntut untuk bisa menghilangkan kelelahan, memulihkan kondisi glikogen dan pospagen otot, mengurangi level sirkulasi cortisol, juga harus bisa menghadapi kondisi asam laktat yang telah terakumulasi. Masa pemulihan tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor misalnya statistik latihan atlet, kontraksi otot yang terjadi selama proses berlatih, teknik pemulihan yang dilakukan, dan keadaan nutrisi tubuh yang dimiliki atlet tersebut. Faktor nutrisi ialah merupakan hal yang paling utama, karena kondisi diet nutrisi yang tidak tercukupi akan memperpanjang masa pemulihan.

Prinsip-prinsip Latihan

Prinsip latihan ini adalah beban yang ditingkatkan secara bertahap dan disesuaikan dengan kemampuan fisiologis dan setiap individu atlet. Ozoli (1971) menyatakan bahwa hasil guna latihan secara fungsional akan positif bila kapasitas kerja ditingkatkan secara terhadap dalam waktu yang cukup lama. Astrand, menyatakan bahwa peningkatan prestasi seseorang memerlukan periode waktu latihan yang lama. Kurangnya perangsangan latihan (beban kerja) akan menghilangkan pengaruh latihan dan akan terlihat dalam jangka waktu yang panjang yaitu menurunnya fisik dan psikologis serta menurunnya prestasi.

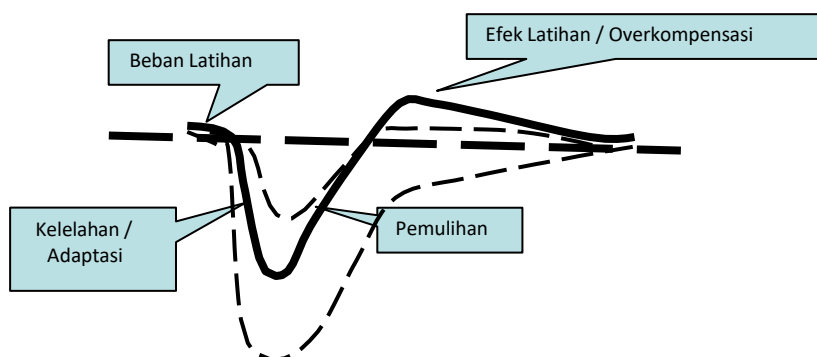
Factor individu harus diperhatikan, karena pada dasarnya setiap individu mempunyai karakteristik yang berbeda, baik secara fisik maupun secara psikologis (Bompa, 1990). Dalam memberikan latihan olahraga harus betul-betul memperhatikan faktor individu, karena setiap individu mempunyai perbedaan. Karakteristik satu sama yang lain tidak sama, baik secara fisik maupun psikologis. Bompa (1994) setiap kemampuan dan usaha yang dilakukan setiap individu tergantung pada faktor-faktor, antara lain biologis, kronologis umum, pengalaman, kapasitas individu, status Kesehatan, latihan, beban latihan, kecepatan atlet untuk pemulihan, bentuk badan atlet, tipe sistem saraf dan jenis kelamin.

penyusunan dan pelaksanaan program latihan hendaknya memperhatikan prinsip-prinsip latihan sebagai berikut: (1) prinsip partisipasi aktif, (2) prinsip perkembangan multilateral, (3) prinsip *individual*, (4) prinsip *overload*, (5) spesifikasi, (6) kembali asal (*reversible*), dan (7) prinsip variasi (Walton et al., 2018).

Bahwa beban latihan berfungsi sebagai suatu stimulus dan mendatangkan suatu respon dari tubuh atlet. Apabila beban latihan lebih berat daripada beban normal pada tubuh maka tubuh akan mengalami kelelahan sehingga tingkat kebugaran akan menjadi lebih rendah dari tingkat kebugaran normal. Hal ini akan membutuhkan masa pemulihan yang lebih lama. Artinya,

pembebanan akan menyebabkan kelelahan, dan ketika pembebanan berakhir, maka pemulihan berlangsung. Jika pembebanan optimal (tidak terlalu ringan dan juga tidak terlalu berat) maka setelah pemulihan penuh tingkat kebugaran akan meningkat lebih tinggi daripada tingkat sebelumnya.

Efek latihan (*overcompensation*) pada tubuh adalah semua yang terjadi dalam latihan. Bagaimanapun, jika pembebanan latihan terlalu ringan, efek latihan setelah pemulihan akan menjadi kurang dari yang diharapkan. Jika pembebanan latihan terlalu besar / berat maka kondisi akan kembali seperti semula.



Gambar 1.2. konsep superkompensasi

Dari pembebanan yang terjadi seperti gambar di atas maka jika latihan terlalu ringan tingkat kelelahannya rendah/sedikit, waktu pemulihannya singkat, dan efek latihannya (stimulus baru) sedikit dan terlalu awal. Apabila latihan terlalu berat maka tingkat kelelahan tinggi/banyak membutuhkan pemulihan yang lama, sehingga efek latihannya rendah dan stimulus baru menjadi terlambat.

Contoh:

1. Seorang atlet melakukan latihan beban dengan tujuan latihan *Kekuatan Maksimal*. Hasil parameter angkatan Squat-nya 200 kg untuk 2 repetisi. Yang ia lakukan kemudian adalah melakukan angkatan seberat 80 kg dengan jumlah pengulangan yang sedikit (misal 4 rep), maka latihannya

dikatakan sebagai latihan yang terlalu ringan untuk latihan kekuatan maksimal atau dikatakan latihan yang terlalu berat apabila ia harus melakukan angkatan seberat 180 kg dengan jumlah repetisibanyak 5 kali.

2. Hasil tes 200 m waktunya 22 detik. Untuk latihan *Daya tahan Kecepatan* ia diminta lari dengan kecepatan per 200-nya 38 detik sebanyak 6 repetisi. Maka latihan tersebut dikatakan latihan yang terlalu ringan untuk tujuan latihan tersbut. Apabila ia diminta untuk menyelesaikan latihan per 200 m-nya dengan kecepatan lari 23 detik sebanyak 6 pengulangan, maka latihannya terlalu berat.

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa dalam menyusun program latihan hendaknya memperhatikan beberapa prinsipnya yaitu: prinsip partisipasi aktif, perkembangan multilateral, prinsip individual, overload, spesifikasi, kembali asal dan variasi. Prinsip-prinsip latihan berupa hal-hal yang harus di taati, dilakukan ataupun dihindari agar tujuan latihan dapat tercapai. Dalam bukunya, *Mylsidayu* menjabarkan beberapa prinsip-prinsip latihan yaitu prinsip kesiapan, prinsip individual, prinsip adaptasi, prinsip beban lebih, prinsip progresif, prinsip spesifikasi, prinsip pemanasan pendinginan, prinsip latihan jangka panjang, prinsip berkebalikan, prinsip tidak berlebihan, prinsip sistematis, dan prinsip variasi. Namun dalam penelitian ini penulis hanya akan memfokuskan tentang prinsip latihan variasi saja.

1. Hukum Kekhususan Latihan (The Law of Exercise Specificity)

Hukum kekhususan adalah bahwa beban latihan yang alami menentukan efek latihan. Latihan harus secara khusus untuk efek yang diinginkan. Metode latihan yang diterapkan harus sesuai dengan kebutuhan latihan. Beban latihan menjadi spesifik ketika itu memiliki rasio latihan (beban terhadap latihan) dan

struktur pembebanan (intensitas terhadap beban latihan) yang tepat.

Intensitas latihan adalah kualitas atau kesulitan beban latihan. Mengukur intensitas tergantung pada atribut khusus yang dikembangkan atau ditekankan. Kecepatan berlari diukur dalam meter per detik (m/dtk) atau langkah per detik (m/sec). Kekuatan diukur dalam pound, kilogram, atau ton. Lompat dan lempar diukur oleh tinggi, jarak, atau jumlah usaha. Intensitas usaha berdasarkan pada persentase usaha terbaik seseorang, seperti tergambar pada tabel berikut (menurut Freeman):

INTENSITAS	PERSENTASE			ENDURANCE VO ₂ Max.
	KERJA	KEKUATAN	DENYUT NADI*	
Maksimal	95 - 100	90 - 100	190 +	100
Sub Maksimal	85 - 95	80 - 90	180 - 190	90
Tinggi	75 - 85		165	75
Sedang	65 - 75	70 - 80	150	60
Ringan	50 - 65	50 - 70		
Rendah	30 - 50	30 - 50	130	50

*** berdasarkan pada persentase denyut nadi maksimal atlet, tergantung individu**

Volume latihan yaitu jumlah seluruh latihan (dalam istilah) waktu, jarak, akumulasi berat dan sebagainya ketika durasi beban adalah porsi beban yang disediakan untuk satu unit atau tipe latihan. Contoh: Seorang pelari menyelesaikan program latihannya untuk untuk satu unit selama 60 menit, maka volume latihannya adalah 60 menit. Atau ia berlari sejauh 10 km, maka volume latihannya adalah 10 km. Seorang lifter mampu berlatih dalam satu unit latihan dengan Squat 150 kg x 5 rep x 3 set ; Bench Press 50 kg x 8 rep x 3 set ; Heel Raise 100 kg x 6 rep x 3 set ; dan Pull Down 60 kg x 5 rep x 3 set. Maka volume latihannya adalah Squat = 2250 kg ;

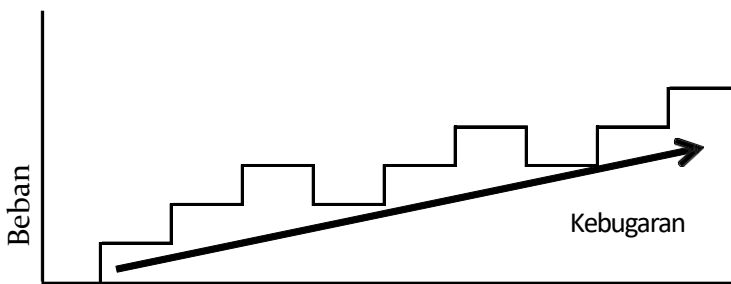
Bench Press = 1200 kg ; Heel Raise = 1800 kg ; Pull Down = 900 kg.
Menjadi $2250 + 1200 + 1800 + 900 = 6150$ kg (6.15 ton).

2. Hukum Reversibilitas (Law of Reversibility)

Hukum ini adalah bahwa tingkat kebugaran akan menurun jika pembebanan latihan tidak dilanjutkan (continued). Ada istilah bahwa "*if you don't use it, you lose it*". Hasil latihan bersifat relatif menetap, artinya tidak permanen. Hasil Latihan (adaptasi latihan) bisa berangsur-angsur menurun apabila atlet atau pelaku olahraga berhenti atau tidak melakukan latihan lagi .

Prinsip Meningkatkan Tuntutan

Dalam pembebanan latihan, tuntutan ini adalah bahwa beban latihan harus berkelanjutan jika kebugaran umum dan khusus atlet terus ditingkatkan, beban latihan harus ditingkatkan secara reguler (*progressive overload*). Rasio latihan adalah kritis. Seorang pelatih terus menentukan beberapa lama pemulihan dibutuhkan dalam suatu sesi dan antar sesi.



Gambar 1.3. Siklus Mikro

Prinsip Melanjutkan Tuntutan Beban

Prinsip ini mengungkapkan bahwa atlet jangan terlalu lama berhenti berlatih. ketika pemuncakan sedang berlangsung dan beban latihan dikurangi maka hasilnya akan menurunkan kondisi.

Oleh karena itu, hati-hati pada fase 'tapering' dan 'tapering off'. Kapan dan bagaimana fase itu harus berlangsung?

Prinsip kemungkinan dapat terjadi dengan mudah (*feasibility*) Prinsip ini menyatakan bahwa beban latihan yang telah direncanakan haruslah realistis. Tujuan latihan tidak boleh mengakibatkan rusaknya atau hancurnya prestasi atlet yang disebabkan oleh tujuan yang tidak realistis. Hal ini bukan saja merusak secara fisik, akan tetapi juga akan berakibat pada kondisi psikologik. Tujuan latihan haruslah sesuai dengan kemampuan seseorang (atlet) yang tentunya berdasar pada hasil tes parameter yang direncanakan dan dilaksanakan secara periodik sesuai kebutuhan setiap tahapan sehingga prestasi menjadi berkembang, tidak mengecilkan hati atau gagal.

Istirahat (Restoration)

Restorasi adalah pemulihan dari suatu beban latihan yang tinggi. Masa istirahat (interval) sama pentingnya dengan latihan. Latihan yang berat atau latihan dengan intensitas yang tinggi maka harus diikuti dengan proses pemulihan yang cukup lama, jika latihan dilakukan dengan intensitas yang rendah maka pemulihan berlangsung cukup singkat. Setiap atlet akan memiliki kemampuan pemulihan yang berbeda. Pemulihan sangat tergantung pada kemampuan fitness seseorang. Semakin tinggi kemampuan fitness (terutama) kemampuan daya tahan jantung dan otot, maka ia akan memiliki kemampuan pemulihan yang relatif lebih singkat/pendek (cepat pulih).

Komponen Latihan	Masa Istirahat dalam Unit Latihan	Keterangan
Kelenturan	Singkat	Berlangsung kurang dari 2'
Kecepatan Gerak (SAQ)	Singkat - Sedang	Bervariasi untuk setiap pengulangannya, karena harus melakukan dalam keadaan 'fresh'
Kekuatan Maksimal	Cukup Lama	Berlangsung antara 3' - 5' per set
Kekuatan Yang Cepat	Sedang - lama	Berlangsung antara 2' - 3' per set

Daya Tahan Kekuatan	Singkat - Sedang	Berlangsung antara 1' - 2' per set
Daya Tahan Aerob	Singkat	Tergantung metode latihan yang digunakan, DNL 120 - 150
Daya Tahan Anaerob (Anaerobe Threshold)	Cukup Lama	Tergantung metode latihan yang digunakan, DNL 170 <

Istirahat Aktif (Active Rest)

Istirahat aktif adalah bentuk istirahat (juga digunakan dalam fase transisi) yang berupa aktivitas fisik secara ringan, seperti jogging atau aktivitas olahraga yang lain selain spesialisasi kecabangannya. Hal ini akan membantu pemulihan dan menjaga/memelihara kebugaran fisik atlet.

Latihan dapat berjalan sesuai dengan tujuan pada perencanaan sejak awal latihan apabila terprogram dengan baik yang mengacu pada panduan yang benar. Program latihan tersebut mencakup segala hal mengenai takaran latihan. Adapun konsep takaran latihan dijelaskan sebagai berikut:

1. Frekuensi

Frekuensi merupakan jumlah latihan yang dilakukan dalam periode waktu tertentu dalam satu minggu (Ferrer-i-Cancho & Vitevitch, 2018). Frekuensi latihan yang lebih banyak dan dengan program yang latihan lebih lama akan mempunyai pengaruh lebih baik terhadap tujuan yang ingin dicapai. Frekuensi latihan yang baik untuk kebugaran jasmani adalah 2–5 kali per minggu, dan untuk *anaerobic training* 3 kali per minggu (Rice et al., 2019). Latihan berselang misalnya senin, rabu, jumat latihan sedangkan selasa, Kamis, Sabtu, minggu libur.

Tabel 1.1. Penjabaran Frekuensi Latihan 3 kali/minggu

Latihan (1)	Istirahat	Latihan (2)	Istirahat	Latihan (3)	Istirahat	
Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu

2. Intensitas

Intensitas merupakan suatu ukuran yang menunjukkan kualitas dari besarnya pembebanan (Arntz & Claassens, 2004). Intensitas latihan adalah berat atau ringannya beban atau tekanan fisik dan psikis yang harus diselesaikan selama latihan atau takaran intensitas untuk berbagai tujuan penelitian, yang meliputi: pemula (<65% DJM), pembakaran lemak (65%—75% DJM), peningkatan daya tahan jantung (75%—85% DJM) dan peningkatan prestasi atlet (>85% DJM) (Ioanesyan, 2021). Intensitas yang digunakan untuk penurunan komposisi tubuh menggunakan 50%—75% (Paoli, 2013: 1). Sedangkan Bumpa (2019: 272) mengategorikan intensitas berdasarkan kinerja maksimum, seperti pada tabel di bawah ini:

Tabel 1.2. Kategori Intensitas Berdasarkan Kinerja Maksimum

Kategori Intensitas	% Kinerja Maksimum
Super Maksimal	>100
Maksimal	90-100
Sub Maksimal	80-90
Sedang	70-80
Rendah	50-70
Sangat Rendah	30-50

Sumber: Bumpa (2019: 272)

3. Durasi Latihan (time)

Durasi menunjukkan pada lama waktu yang digunakan untuk latihan (Jeukendrup, 2014). Durasi dapat berarti waktu, jarak, atau kalori. Jarak menunjukkan pada panjangnya langkah atau kayuhan (pedal) yang dapat ditempuh, kalori menunjukkan pada jumlah energi yang di gunakan selama latihan. Dalam latihan aerobik durasi minimal yang harus dilakukan adalah 15—20 menit dan idelanya antara 30-60 menit (Nystoriak & Bhatnagar, 2018).

4. Tipe latihan

Tipe latihan adalah bentuk atau model olahraga yang digunakan untuk latihan (Emig & Peltonen, 2020). Sebuah latihan akan berhasil jika latihan dipilih tipe yang sesuai. Tipe latihan yang dipilih harus sesuai dengan tujuan latihan, ketersediaan alat dan fasilitas, serta memperhatikan individu yang dilatih.

5. Sistem Energi

a. Sumber Energi

Energi merupakan kemampuan untuk melakukan pekerjaan atau meletakkan massa menjadi gerak. Bila diterapkan lebih langsung, energi mengacu pada kemampuan otot untuk berkontraksi (energi kinetik) dan menerapkan kekuatan yang dapat membatasi atau meningkatkan kinerja dalam kegiatan fisik. Energi biasanya diukur dalam Joule (J), merupakan unit untuk menggambarkan sebuah gaya 1 Newton (setara dengan 1 kilogram) selama bekerja melalui jarak 1 meter. Energi juga diukur dalam kalori, yaitu 1 kalori sama dengan 4.18 joule. Energi merupakan daya untuk melakukan kerja. Energi umumnya diukur dengan satuan panas kilokalori (kcal). Satu kcal adalah banyaknya panas yang dibutuhkan untuk menaikkan temperatur 1 liter air 1° Celcius (Pate, 1984 diterjemahkan oleh Dwijowijono, 1993).

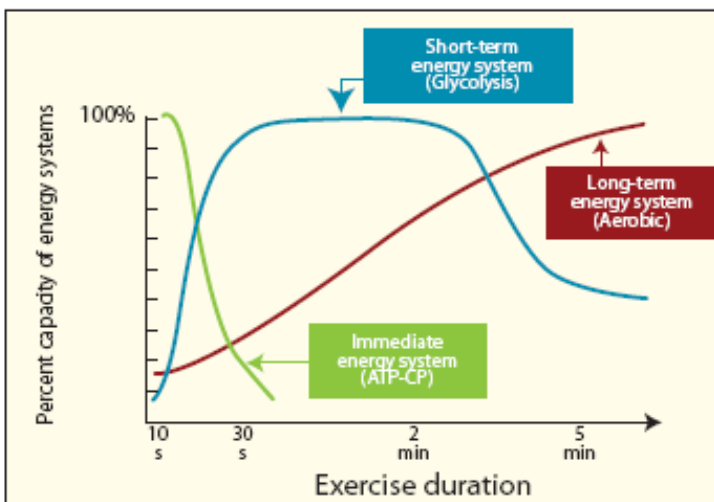
Energi adalah syarat penting untuk aktivitas fisik selama berlatih atau bertanding. Energi berasal dari makanan yang kita makan sehari-hari dan tujuan makan selain untuk menghilangkan rasa lapar adalah untuk pertumbuhan dan mengganti sel-sel yang rusak. Namun, sebenarnya semua energi itu berasal dari matahari, yaitu energi matahari tersebut diubah oleh tumbuh-tumbuhan hijau menjadi sumber energi kimia (Soekarman, 1991).

Bahan-bahan makanan yang kita makan di dalam tubuh diubah menjadi ikatan energi tinggi yang disebut Adenosin Triphosphat (ATP) dan disimpan di dalam otot (Guyton & Hall, 2006).

b. Penyediaan Energi

Penyediaan energi dalam otot dapat dilakukan melalui 3 sistem penyediaan energi. Adapun sistem penyediaan energi di dalam otot tergantung pada jenis aktivitas fisik yang dilakukan. Tiga sistem penyediaan energi tersebut adalah sebagai berikut: 1) sistem ATP-PC (Sistem Phosphagen), 2) sistem asam laktat (*Lactic Acid System/Glycolysis Anaerobic*), dan 3) sistem aerobik (*Sistem Oksigen/Glycolysis Aerobic*).

Sistem ATP-PC dan sistem asam laktat adalah sistem penyediaan energi yang tidak membutuhkan oksigen, sehingga sistem ini disebut sebagai sistem penyediaan energi anaerobik. Adapun sistem energi yang ketiga adalah sistem penyediaan energi yang membutuhkan oksigen, sehingga disebut sebagai sistem penyediaan energi aerobik. Terdapat tiga cara yang utama bagi tubuh untuk bisa memenuhi kebutuhan energi ketika berolahraga. Tubuh menggunakan semua sistem energi tetapi sumber energi utama energi tergantung pada durasi, intensitas, dan jenis latihan yang dilakukannya (Giles, 2010). Sumber energi utama berdasarkan pada waktu, intensitas, dan jenis latihan dapat digambarkan pada Gambar di bawah ini:



Gambar 1.4 Sistem energi berdasarkan waktu dan durasi (Giles, 2010)

Semua aktivitas fisik memerlukan energi, jumlah kebutuhan energi tergantung pada berat dan ringannya latihan yang dikerjakannya. Latihan yang berat dan lama pengadaan energinya diperoleh dari beberapa sumber energi di dalam sel, antara lain dari *long term energy system*. Latihan yang dilakukan dengan frekuensi yang teratur merupakan aktivitas fisik yang menggunakan *long term energy system*. Pada latihan yang menggunakan *long term energy system* dan dilakukan secara berkesinambungan akan menyebabkan terjadinya adaptasi pada mitokondria sehingga metabolisme energi menjadi lebih baik.

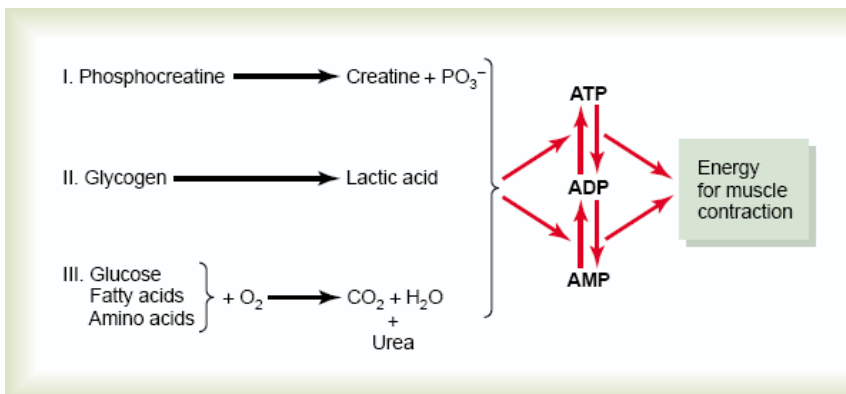
Seperti yang telah diuraikan pengadaan energi di dalam sel dapat berlangsung melalui fenomena sebagai berikut, yaitu:

- 1) Energi yang siap pakai dan proses pengubahan kreatin fosfat menjadi ATP melalui proses fosforilasi ADP oleh kreatin fosfat dengan bantuan enzim kreatin kinase. Prosesnya berlangsung sangat cepat melalui reaksi enzimatik dan terjadi saat persiapan kerja akan dimulai.
- 2) Energi yang diperoleh dari proses glikolisis, yaitu pemecahan glukosa atau glikogen. Fenomena pengadaan energi ini dikenal sebagai *short term energy system*.
- 3) Energi yang diperoleh dari proses fosforilasi oksidasi. Prosesnya berlangsung di dalam mitokondria. Sumber materi yang diproses berasal dari glukosa darah melalui glikolisis terlebih dahulu, asam lemak, dan asam amino. Prosesnya memerlukan banyak oksigen untuk membakar asam laktat, asam lemak, dan kalau mungkin juga asam amino yang berasal dari protein. Fenomena ini dikenal sebagai *long term energy system*. Pada fase selanjutnya pengadaan energi dan pembakaran asam lemak lebih banyak, sedangkan proses glikolisis meningkat bersamaan dengan meningkatnya jumlah enzim untuk proses glikolisis (Mas'ud, 2000).

Tipe energi yang dipergunakan sel otot untuk menghasilkan tenaga kontraktile adalah bahan-bahan kimia, dalam hal ini energi yang tersimpan di dalam molekul-molekul untuk menghasilkan suatu pekerjaan di dalam sel. Molekul tertentu yang disimpan di seluruh sel-sel otot dan dipergunakan di dalam sel otot sebagai sumber energi potensial untuk kontraksi otot yang cepat, atau dipergunakan dengan tiba-tiba adalah adenosine triphosphat (ATP) (Hairy, 1989).

Dalam melakukan aktivitas sehari-hari, apa pun bentuknya tubuh pasti memerlukan energi. Energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja. Berdasarkan sistem energi predominan (*predominant energy system*), maka latihan dibagi menjadi dua bentuk, yaitu latihan anaerobik dan latihan aerobik (Fox, Bowers, & Fross. 1993). Latihan anaerobik adalah latihan yang menggunakan energi dengan sistem ATP-PC (*phosphagen system*) dan glikolisis anaerobik (*lactic acid system*). Latihan aerobik adalah latihan yang menggunakan sistem energi glikolisis aerobik (*aerobic glycolysis*).

Adapun ATP tersebut dapat disediakan dengan tiga cara yaitu: (1) Dengan sistem ATP-PC (*Phosphagen System*), (2) Sistem glikolisis anaerobik (*Lactic Acid System*), dan (3) sistem aerobik (*Aerobic System*). Gambaran tentang penyediaan sumber energi untuk kontraksi otot seperti terlihat pada Gambar di bawah ini.



Gambar 1.5 Sistem metabolisme energi yang penting untuk kontraksi otot (Guyton & Hall, 2006: 1057).

c. Sistem ATP-PC (*Phosphagen Sistem*)

Aktivitas yang dilakukan berulang-ulang akan menyebabkan persediaan ATP di dalam otot menjadi berkurang. ATP adalah simpanan energi di dalam otot yang siap digunakan untuk aktivitas fisik. Namun, simpanan ATP ini tidak bertahan lama, karena jumlah ATP yang tersedia di dalam otot sangat terbatas. ATP yang tersedia di dalam otot hanya dapat melakukan aktivitas maksimal selama 20–30 detik saja. Oleh sebab itu, sistem ini hanya berguna untuk aktivitas fisik yang sangat cepat dan dalam waktu yang singkat, seperti: melompat, meloncat, memukul bola, dan lain sebagainya.

Apabila ATP di dalam otot berkurang selama melakukan aktivitas, maka perlu adanya resintesis ATP kembali untuk aktivitas berikutnya. Sistem penyediaan energi pertama yang digunakan untuk meresintesis ATP yang telah digunakan untuk aktivitas adalah sistem ATP-PC. Sistem ATP-PC adalah bentuk penyediaan energi yang paling cepat dibandingkan dengan sistem penyediaan energi lain. Namun, sistem ATP-PC ini tidak bertahan lama, karena jumlah PC (*phosphocreatin/creatine phosphate*) yang tersedia di dalam otot sangat terbatas, yaitu kira-kira 4 kali banyaknya ATP di dalam otot.

Terdapat 3 proses yang dapat menghasilkan ATP: (1) ATP-PC atau sistem phosphatagen. Pada sistem ini energi disintesis dari ATP yang berasal dari Phosfokreatin, (2) Anaerobik Glikolisis, atau sistem asam laktat, menyediakan ATP dari degradasi parsial dari glikogen atau glukosa. (3) Sistem oksigen. dari proses oksidasi karbohidrat dan beta oksidasi dari asam lemak dan protein. Pada sistem oksigen mengalami reaksi oksidasi melalui siklus Krebs. Energi yang berasal dari pemecahan makanan dan energi pemecahan PC digunakan untuk mensintesis ATP dari ADP (Fox, Bowers, & Fross, 1993).

Apabila PC dipecah, maka akan mengeluarkan energi. Pemecahan tersebut tidak memerlukan oksigen. Sewaktu ATP digunakan, maka PC segera dipecah dan akan membebaskan energi. Energi yang dihasilkan dari pemecahan PC digunakan untuk

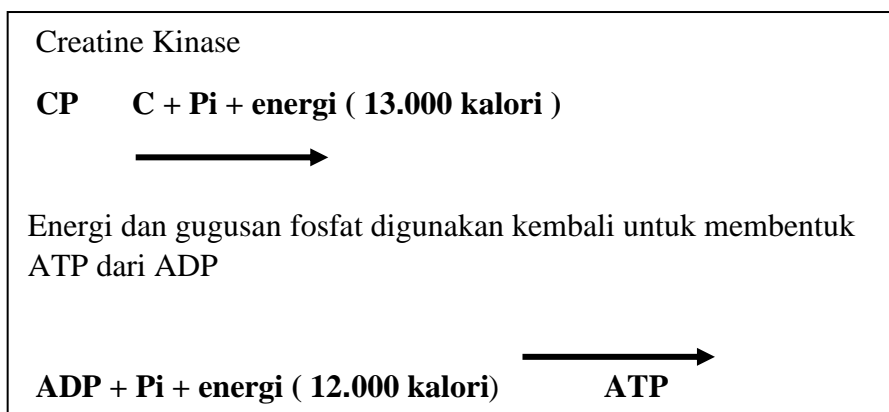
meresintesis ADP+Pi menjadi ATP. ATP yang terbentuk ini dapat digunakan untuk aktivitas kembali (Fox, Bowers, & Fross, 1993). Setiap individu memiliki cadangan PC berbeda-beda. Hal ini tergantung kepada faktor genetik, terlatih atau tidaknya individu, dan bentuk serta intensitas latihan (Janssen, 1989; Fox, Bowers, & Fross, 1993). Soekarman (1991) mengemukakan bahwa keuntungan dari sistem ATP-PC dapat digunakan untuk olahraga yang memerlukan kecepatan dan kekuatan. Alasan yang menunjang dari sistem ATP-PC adalah: (1) tidak tergantung pada reaksi kimia yang panjang, (2) tidak membutuhkan oksigen, dan (3) ATP-PC tertimbun dalam mekanisme kontraktile dalam otot. Jumlah energi yang dapat dihasilkan dari sistem ATP-PC dapat dilihat pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3 Jumlah energi yang dihasilkan dari ATP-PC (Fox, 1993)

OTOT	ATP	PC	TOTAL ATP-PC
MM/kg otot	4-6	15-17	19-23
MM dalam seluruh otot	120-180	450-510	570-690
Energi yang dipakai kkal/kg otot	0,04-0,06	0,15-0,17	0,19-0,23

Phosfokreatin dan ATP sama-sama disimpan di dalam sel otot. Karena ATP dan PC terdiri atas kelompok fosfat, maka mereka secara bersama-sama disebut sebagai sistem fosfagen. Kesamaan antara ATP dan PC adalah kelompok fosfat ini pecah, maka sejumlah besar energi dikeluarkan. Hasil akhir dari pemecahan PC ini adalah kreatin (C = creatin) dan fosfat inorganik (P_i). Energi ini dipergunakan untuk resintesis ATP. ATP dipecah pada saat kontraksi otot berlangsung, kemudian dibentuk kembali dari ADP + P_i oleh adanya energi yang berasal dari pemecahan simpanan PC. (Hairy, 1989: 75).

Fosfat kreatin adalah suatu zat seperti ATP berisi fosfat energi tinggi. Tidak seperti ATP, fosfat kreatin tidak dapat digunakan secara langsung untuk menggerakkan kontraksi otot, tetapi fosfat kreatin digunakan untuk memperbaharui ATP, seperti gambar 2.3 berikut.



Gambar 2.3 Fosfat Kreatin (Pate, 1984).

Kecepatan penyediaan energi ATP lewat sistem ini karena: (1) tidak bergantung pada reaksi kimia yang panjang, (2) Tidak tergantung pada transport oksigen dalam otot (tidak memerlukan oksigen), (3) ATP-PC tertimbun dalam mekanisme kontraksi otot (Fox, Bowers, & Fross, 1993).

d. Glikolisis Anaerobik (Sistem asam laktat)

Dua dari tiga metabolisme yang terlibat dalam resintesis rangkaian ATP, yaitu ATP-PC (sistem phosphagen) dan Glikolisis Anaerobik (sistem asam laktat), kedua-duanya anaerobik. Anaerobik artinya tanpa oksigen, termasuk metabolisme mengenai bermacam-macam reaksi kimia yang terjadi di dalam tubuh (misalnya di dalam sel otot). Jadi metabolisme anaerobik atau ATP yang dihasilkan melalui anaerobik, berarti resintesis ATP melalui reaksi kimia tanpa adanya oksigen (Hairy, 1989).

Seluruh tenaga bagi kegiatan otot diberikan dengan proses aerobik metabolis. Tetapi, beberapa bentuk kegiatan fisik menuntut

bahwa sumber tenaga yang segera dibutuhkan untuk memperbaharui ATP otot rangka harus anaerobik. Serabut otot mempunyai dua sistem penghasil energi yang bekerja ketika tidak ada oksigen (Pate, 1984).

Metabolisme anaerobik adalah proses penyediaan energi yang tidak melibatkan oksigen. Ada dua macam metabolisme anaerobik yaitu sistem ATP-PC dan glikolisis anaerobik (Guyton & Hall, 2006).

Glikolisis anaerobik memerlukan dua belas macam reaksi kimiawi secara berurutan, sehingga pembentukan energi melalui sistem ini berjalan lebih lambat dari pada sistem ATP-PC yang hanya dua reaksi saja. Jadi kontraksi otot yang dihasilkan oleh sistem energi ini berlangsung cepat, lebih lambat dari sistem ATP-PC. Adapun ciri-ciri sistem glikolisis anaerobik adalah (1) menyebabkan terbentuknya asam laktat yang dapat menyebabkan ketidaknyamanan dan kelelahan. (2) Tidak memerlukan oksigen, (3) hanya menggunakan karbohidrat (glukosa atau glikogen otot), (4) memberikan energi untuk resintesis beberapa molekul saja.

Apabila glukosa masuk dalam sel, maka molekul glukosa tersebut dengan serangkaian reaksi kimia diproses menjadi energi, yang disebut peristiwa glikolisis. Energi yang dikeluarkan digunakan untuk membentuk ATP kembali dan menghasilkan tiga ATP. Reaksi ini tidak efisien, karena dari satu mol (180 gr) glikogen hanya membentuk tiga ATP sedangkan bila dengan pertolongan oksigen akan menghasilkan 39 mol ATP. Asam laktat yang terbentuk dari glikolisis akan menurunkan pH otot dan darah. Perubahan pH akan menghambat kerja enzim atau reaksi kimia dalam sel terutama dalam otot sendiri, sehingga menyebabkan kontraksi otot bertambah lemah dan menyebabkan kelelahan (Fox, Bowers, & Fross, 1993).

Sistem glikolisis anaerobik ini diperlukan pada aktivitas fisik yang berlangsung cepat dan berlangsung satu sampai dengan tiga atau empat menit. Daya maksimal 1,6 mol ATP permenit dan kapasitas maksimalnya 1,2 mol ATP.

Sistem anaerobik selain dari resisensis ATP di dalam otot, adalah glikolisis anaerobik, yang melibatkan pemecahan tidak sempurna dari salah satu bahan makanan yaitu karbohidrat (gula), menjadi asam laktat karena itu dinamakan sistem asam laktat. Di dalam tubuh, semua karbohidrat dikonversi menjadi gula sederhana yaitu glukosa, yang segera dapat dipergunakan dalam bentuk glukosa, disimpan di dalam hati dan otot sebagai glikogen untuk dipergunakan kemudian. Asam laktat adalah hasil dari glikolisis anaerobik (Hairy, 1989).

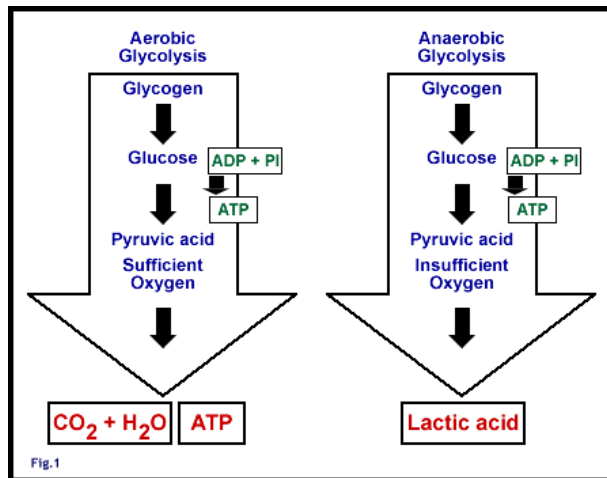
Sistem glikolisis anaerobik atau sistem asam laktat ini lebih rumit dibandingkan dengan sistem ATP-PC. Proses pembentukan energi melalui sistem asam laktat dan memerlukan 12 macam reaksi kimia yang berurutan, sehingga pembentukan energi berjalan lebih lambat jika dibandingkan dengan sistem ATP-PC. Sistem asam laktat mengubah glukosa atau glikogen pada sitoplasma sel otot menjadi energi dan asam laktat.

Soekarman (1991) menjelaskan kembali bahwa proses glikolisis anaerobik memerlukan 12 macam reaksi kimia secara berurutan, sehingga energi yang terbentuk melalui sistem energi ini berlangsung lebih lambat dibandingkan dengan sistem ATP-PC yang hanya membutuhkan dua reaksi kimia saja. Jadi, untuk kontraksi otot yang sangat cepat digunakan ATP-PC, sedangkan untuk kontraksi otot yang cepat digunakan sistem anaerobik. Proses ini berlangsung tanpa adanya oksigen, sehingga asam laktat merupakan produk akhir dari metabolisme glukosa dengan sistem metabolisme anaerobik (McArdle, Katch, Katch, 1996). Ciri dari sistem glikolisis anaerobik adalah sebagai berikut: (1) menyebabkan terbentuknya asam laktat yang dapat menyebabkan kelelahan, (2) tidak membutuhkan oksigen, (3) hanya menggunakan sumber energi karbohidrat (glikogen dan glukosa), (4) energi yang dilepaskan hanya cukup untuk resintesis ATP dalam jumlah yang sedikit (Fox, Bowers, & Fross, 1993).

Seperti telah dijelaskan bahwa produk akhir dari glikolisis anaerobik adalah asam laktat. Asam laktat akan menurunkan pH

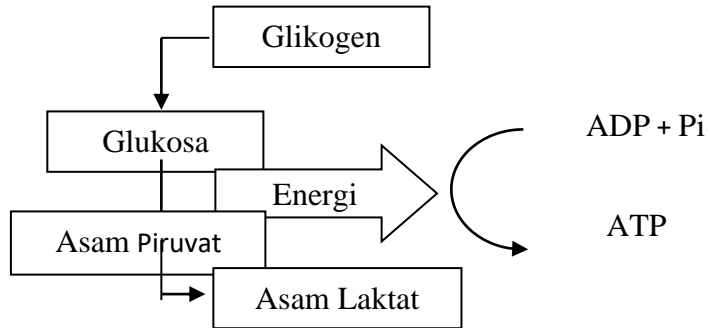
dalam otot maupun darah. Selanjutnya, penurunan pH ini akan menghambat kerja enzim-enzim glikolitik dan mengganggu reaksi kimia di dalam sel otot. Keadaan ini akan mengakibatkan kontraksi otot bertambah lemah dan akhirnya otot mengalami kelelahan (Fox, Bowers, & Fross, 1993).

Berikut ini dapat dilihat gambar proses glikolisis aerobik dan anaerobik (Fox, Bowers, & Fross, 1993) sebagai berikut.



Gambar 1.5 Proses glikolisis aerobik dan anaerobik (Fox, Bowers, & Fross, 1993).

Dalam kegiatan berolahraga atlet seringkali diminta untuk terus menerus berlatih dengan sungguh-sungguh dalam waktu yang cukup lama. Dalam keadaan demikian, energi yang dipakai menggunakan karbohidrat yang tersimpan, yakni glikogen sebagai bahan pokoknya. Glikolisis anaerobik meliputi satu rangkaian reaksi kimia yang melepaskan energi dari molekul glikogen. Energi ini digunakan untuk memperbaharui ATP, yang sebaliknya digunakan dalam kontraksi otot.



Gambar 1.6 Proses glikolisis anaerobik. (Pate, Rusell R., 1984).

Meskipun asam laktat merugikan, tapi asam laktat merupakan sumber energi untuk metabolisme anaerobik. Pada saat jumlah oksigen mencukupi, maka asam laktat akan dioksidasi untuk menghasilkan energi melalui metabolisme aerobik. Asam laktat diubah kembali menjadi asam piruvat. Asam piruvat ini masuk ke dalam mitokondria untuk mengalami suatu rangkaian proses oksidasi siklus Krebs dan sistem transportasi elektron untuk menghasilkan energi (untuk resintesis ADP+Pi), H₂O, dan CO₂.

Pada latihan fisik dengan intensitas tinggi otot berkontraksi dalam keadaan anaerobik, sehingga penyediaan ATP terjadi melalui proses glikolisis anaerobik. Hal ini mengakibatkan meningkatnya kadar laktat dalam darah maupun otot (McArdle, Katch, Katch, 1996). Tetapi, otot yang terlatih tetap dapat berkontraksi dengan baik pada konsentrasi asam laktat yang cukup tinggi. Segera setelah mendapat oksigen, asam laktat diubah kembali menjadi asam piruvat dan selanjutnya diubah menjadi energi, karbondioksida dan air. Jadi, asam laktat merupakan sumber energi yang dapat digunakan sebagai piruvat, lalu masuk ke dalam siklus Krebs's dan sistem transport elektron sehingga menghasilkan energi, H₂O, dan CO₂ (Soekarman, 1991).

Konsentrasi maksimal asam laktat pada darah dan otot manusia setelah latihan belum diketahui secara pasti, tetapi diperkirakan mencapai di atas 20 mM/l darah dan 25 mM.Kg-

1/berat otot basah. Asam laktat yang terbentuk pada saat latihan fisik berat akan masuk ke dalam darah, dan banyaknya laktat yang masuk sebanding dengan tingginya kadar laktat dalam otot.

Clearance asam laktat darah akan berlangsung lebih cepat apabila proses pemulihan dilakukan dengan istirahat aktif, yaitu melakukan aktivitas ringan atau sedang. *Clearance* asam laktat pada individu yang tidak terlatih akan lebih optimal apabila dilakukan dengan aktivitas fisik pada intensitas antara 30–45% VO_2 maks, sedangkan bagi atlet atau individual dilakukan dengan aktivitas fisik pada intensitas antara 50–65% VO_2 maks (Fox, Bowers, & Fross, 1993).

e. Sistem Aerobik

Sistem aerobik adalah suatu sistem penyediaan ATP yang berasal dari metabolisme aerobik. Sistem aerobik meliputi oksidasi karbohidrat, oksidasi lemak, dan oksidasi protein yang berlangsung di mitokondria melalui serangkaian proses glikolisis aerobik. Sistem aerobik dapat digunakan untuk menyediakan ATP bila oksigen dalam otot mencukupi dan kerja otot tidak berlangsung cepat dan bertahan lama. Sistem aerobik ini terjadi dalam mitokondria. Proses penyediaan energi sistem ini merupakan suatu proses rangkaian yang panjang dan sangat kompleks, sehingga sistem ini dapat digunakan untuk melakukan aktivitas dalam waktu yang cukup lama.

Bila oksigen cukup tersedia maka untuk penyediaan ATP digunakan glukosa (glikogen) melalui proses glikolisis aerobik atau asam lemak melalui proses beta oksidasi. Sistem aerobik merupakan sistem pembentukan kembali ATP melalui fosforilasi oksidatif di mitokondria. Pengikatan kembali P_i dengan menggunakan energi yang dihasilkan oleh oksidasi substrat dari makanan penghasil energi (karbohidrat, lemak, dan protein) (Patellongi, 2000).

Untuk aktivitas ketahanan yang tidak memerlukan gerakan cepat, pembentukan ATP terjadi dengan metabolisme aerobik. Bila

cukup oksigen 1 mol glikogen dipecah sempurna menjadi CO₂, H₂O, dan sejumlah energi sebesar 39 mol ATP. Untuk reaksi tersebut diperlukan reaksi kimia yang panjang dengan jumlah enzim yang banyak (Patellongi, 2000).

Metabolisme aerobik ini meskipun terjadi di otot, tetapi letaknya agak jauh dengan mekanisme kontraktil. Oleh karena itu, pengaruhnya juga lebih lambat dan tidak dapat digunakan secara cepat. Reaksi aerobik terjadi di dalam mitokondria yang terbagi menjadi (1) glikolisis aerobik, (2) siklus Krebs, (3) sistem transport elektron.

Tabel 1.3 Klasifikasi Aktivitas Maksimum pada Berbagai Durasi serta Sistem Penyediaan Energi bagi Aktivitas tersebut (Astrand & Rodahl, 2003)

Durasi (detik)	Klasifikasi (aerobik/anaerobik)	Sumber energi	Observasi
1–4	Anaerobik, alaktik	ATP	Belum terjadi akumulasi laktat
4–20	Anaerobik, alaktik	ATP + CP	Belum terjadi akumulasi laktat
20–45	Anaerobik, alaktik anaerobik, laktik	ATP + CP + glikogen otot	Produksi laktat tinggi dengan meningkatnya durasi, produksi laktat menurun
45–120	Anaerobik, laktik	Glikogen otot	Dengan meningkatnya durasi, produksi laktat menurun
120–140	Aerobik + anaerobik, laktik	Glikogen otot	Dengan meningkatnya durasi, produksi laktat menurun
240–600	Aerobik	Glikogen otot + asam lemak	Dengan meningkatnya durasi, dibutuhkan andil lemak yang tinggi

f. Sistem Energi pada Saat Istirahat dan Latihan

Pada saat istirahat kebutuhan energi jauh lebih sedikit dibandingkan pada saat latihan fisik. Pada saat istirahat, energi hanya diperlukan untuk mempertahankan fungsi-fungsi tubuh, misalnya fungsi respirasi, peredaran darah, dan metabolisme. Keperluan pasokan oksigen saat istirahat sudah tercukupi sehingga sistem energi yang digunakan adalah sistem energi aerobik.

Pada latihan fisik energi yang diperlukan akan bertambah, karena di samping untuk mempertahankan fungsi-fungsi tubuh juga diperlukan untuk tambahan energi untuk latihan itu sendiri. Penambahan energi tersebut dapat dilaksanakan dengan menggunakan sistem energi aerobik maupun anaerobik.

Untuk dapat melakukan aktivitas fisik, tubuh memerlukan adanya energi sebagai bahan bakar untuk kontraksi otot sebagai dasar terjadinya suatu gerakan. Tubuh manusia memiliki tiga sistem utama penghasil energi, yaitu: sistem energi ATP - PC, sistem energi glikolisis anaerobik (*lactic acid system*), dan sistem energi aerobik (Astrand & Rodahl, 2003). Pada umumnya setiap penampilan olahraga tidak murni menggunakan energi dari satu sistem saja, akan terjadi percampuran energi antara sistem-sistem energi tersebut. Akan tetapi ada satu atau lebih sistem energi yang sifatnya dominan terhadap aktivitas olahraga. Energi dominan dari ketiga sistem energi, sangat bergantung pada intensitas dan lama aktivitas yang dilakukan. Oleh karena itu agar mencapai prestasi maksimal, perlu diketahui oleh atlet dan pelatih sistem energi dominan yang digunakan dalam satu cabang olahraga.

1) Sistem Energi pada Saat Istirahat

Pada saat istirahat tidak diperlukan gerakan-gerakan yang cepat, sehingga pasokan energi dapat dipenuhi melalui sistem aerobik. Pada saat istirahat kira-kira $\frac{2}{3}$ dicukupi dengan pembakaran lemak dan $\frac{1}{3}$ nya dicukupi dari istirahat (Fox, Bowers, & Fross, 1993). Pada saat istirahat kita tidak membutuhkan gerakan-

gerakan yang cepat ataupun yang memerlukan kekuatan, sehingga sistem pengangkutan oksigen dapat memenuhi kebutuhan oksigen dari sel-sel yang membentuk ATP yang diperlukan.

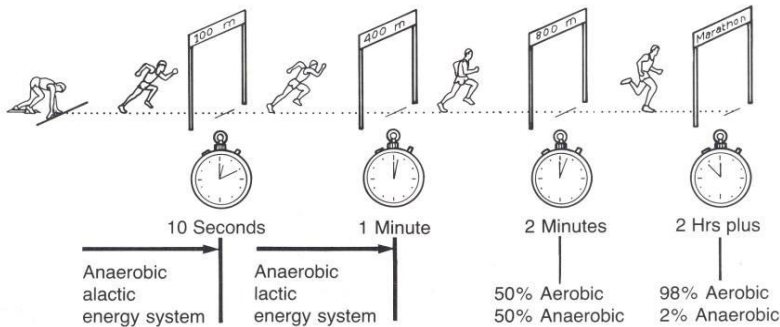
2) **Sistem Energi pada Saat Latihan Fisik**

Pada saat latihan fisik energi yang diperlukan tentunya akan bertambah, karena kebutuhan energi di samping untuk mempertahankan fungsi-fungsi organ tubuh juga diperlukan tambahan energi untuk latihan fisik itu sendiri. Penambahan energi tersebut dapat dilaksanakan dengan menggunakan sistem energi aerobik maupun anaerobik.

Bila sistem penyediaan energi yang diperlukan adalah sistem aerobik, maka diperlukan penambahan pasokan O_2 , namun penambahan O_2 ini akan memerlukan waktu karena memerlukan adaptasi sistem respirasi dan sistem kardiovaskuler.

Bila latihan yang dilakukan dengan menggunakan intensitas latihan yang tinggi dan dilaksanakan dalam jangka waktu yang pendek maka peningkatan pasokan O_2 belum dapat dipenuhi sehingga terpaksa digunakan sistem penyediaan energi anaerobik.

Latihan berat dalam waktu singkat adalah latihan dengan intensitas tinggi yang mendekati maksimal. Artinya latihan ini dilakukan dengan intensitas submaksimal hingga maksimal dan berlangsung kurang dari tiga menit. Sistem energi yang berlangsung dalam aktivitas ini adalah sistem anaerobik, dan energi yang dipakai adalah sistem phosphagen dan sistem glikolisis anaerobik. Fox, Bowers, & Fross, (1993). mengatakan bahwa cabang olahraga yang dilakukan dengan intensitas tinggi dan durasi singkat menggunakan sistem energi predominan (energi utama) yaitu sistem anaerobik.



Gambar 1.5 Kontribusi sistem energi berdasarkan waktu pada gerakan (IAAF, 2011).

g. Sistem Energi pada Kerja Intensitas Tinggi dan Peran Laktat

Seperti yang tampak pada Gambar 2.6, pada kerja dengan intensitas tinggi dan durasi yang pendek digunakan dua sistem bioenergetika tubuh yakni sistem phosphagen dan sistem glikolisis anaerobik. Salah satu contoh aktivitas ini adalah RAST (*Running-based Anaerobic Sprint Test*) yang merupakan uji kapasitas anaerobik yang melibatkan lari dengan kecepatan maksimal sejauh 35 meter, dilakukan pengulangan sebanyak enam kali. Pada keadaan ini terjadi penurunan persediaan ATP, PC, dan glikogen otot. Bersamaan dengan penurunan persediaan ATP, terjadi peningkatan $[H^+]$, laktat, dan degradasi produksi ATP. Pada sebagian besar atlet keadaan ini akan menimbulkan penurunan performa ulangan yang disebabkan oleh berkurangnya ketersediaan PC, peningkatan $[H^+]$, atau faktor lain yang mengakibatkan terjadinya kelelahan (Moughan & Gleeson, 2004).

Pada keadaan ini terjadi reaksi pemecahan ATP dan PC yang berlangsung cepat dan terjadi di dalam sel. Pada saat ATP digunakan maka PC akan segera terurai dan membebaskan energi sehingga terjadi resintesis ATP. ATP dipecah pada saat kontraksi otot berlangsung, kemudian dibentuk kembali dari ADP dan inorganik fosfat oleh adanya energi yang berasal dari pemecahan

simpanan PC. Rangkaian proses kimia pada sistem phosphagen dapat terlaksana dengan bantuan enzim-enzim, seperti *ATP-ase*, *creatin phosphokinase*, dan *myokinase* (Wilmore & Costill, 2004).

Apabila cadangan ATP telah dipakai selama 3—8 detik dan tidak dapat dipenuhi lagi oleh sistem phosphagen sedangkan otot masih membutuhkan energi untuk berkontraksi, maka sumber energi yang digunakan untuk membentuk ATP diperoleh melalui penguraian glukosa tanpa oksigen dalam sarkoplasma sel, yang dikenal dengan sistem glikolisis anaerobik. Efek yang akan terjadi pada saat proses pembentukan ATP melalui sistem glikolisis anaerobik adalah terbentuknya asam laktat, sehingga sistem penyediaan energi ini disebut juga sebagai sistem asam laktat (Morton, 2006). Selama latihan asam laktat diproduksi oleh otot skelet dan ditransport ke hati melalui darah. Ketika masuk ke hati, asam laktat akan dirubah menjadi glucosa melalui gluconeogenesis. Ini merupakan glucosa baru yang dikeluarkan ke darah dan dikirim kembali ke otot skelet untuk digunakan sebagai sumber energi kembali selama latihan (Scoot K. Powers & Edward T. Howley, 2009).

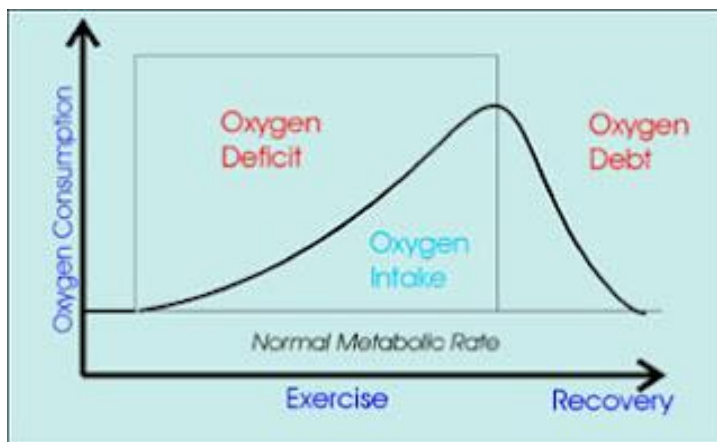
Metode RAST dapat mengakibatkan penurunan persediaan ATP, PC dan glikogen otot, juga menghasilkan sampah metabolisme berupa akumulasi laktat di darah dan otot. Ketersediaan ATP menjadi kendala mengingat sistem glikolisis anaerobik tidak efisien, karena dari satu mol glikogen hanya menghasilkan tiga ATP, sedangkan dengan glikolisis aerobik dapat menghasilkan 39 mol ATP, selain itu pada sistem glikolisis anaerobik dihasilkan asam laktat, peningkatan asam laktat ini sangat memengaruhi penampilan atlet (Morton, 2006). Peningkatan kadar laktat dalam otot dan darah akan menghambat kerja enzim-enzim yang diperlukan untuk menghasilkan ATP, selain itu peningkatan keasaman sarkoplasma yang diakibatkan oleh akumulasi laktat pada otot, mengakibatkan ion Ca^{2+} terhambat pengeluarannya dari retikulum sarkoplasma, sehingga aktin tidak dapat menempel pada kepala myocin, hal ini menyebabkan

hambatan kerja pada mekanisme *sliding filament* elemen kontraktile otot sehingga kontraksi otot tidak maksimal (Wilmore & Costill, 2004).

Sistem energi glikolisis anaerobik menghasilkan laktat dan pembebasan ion $[H^+]$. Peningkatan jumlah ion $[H^+]$ pada cairan intra dan ekstraseluler menyebabkan penurunan pH atau meningkatnya tingkat keasaman otot. Peningkatan keasaman juga dihipotesiskan dapat menimbulkan edema otot. Dalam merespon hal ini tubuh kemudian mengupayakan proses *clearance* laktat dengan jalan menarik laktat untuk masuk ke dalam siklus Cori. Pada siklus ini laktat kemudian dimetabolisme oleh hati antara lain menjadi bahan ergogenik. Keseimbangan antara produksi laktat dan *clearance* laktat tersebut menentukan kadar laktat otot yang pada akhirnya memengaruhi kapasitas anaerobik otot.

Satu serabut otot terdiri atas 15 milyar filamen kontraktile, yang masing-masing akan membutuhkan sekitar 2500 ATP per detik untuk pergerakan otot. Selain glikogen, unsur utama yang sangat penting dalam menghasilkan ATP adalah oksigen. Saat berolahraga intensitas tinggi, jumlah oksigen yang disediakan oleh tubuh dari proses pernapasan tidak dapat mengimbangi kebutuhan tubuh sehingga terbentuk "sampah" berupa asam laktat dan ion H^+ . Timbunan "sampah" tersebut yang menyebabkan kelelahan otot. Salah satu unsur utama untuk dapat "mendaur ulang" sampah tersebut adalah oksigen. Semakin banyak asam laktat dan ion H^+ dalam otot dan darah, maka semakin banyak pula oksigen yang dibutuhkan untuk proses daur ulang. Dalam istilah fisiologi olahraga, kondisi tersebut dinamakan dengan "*oxygen debt*", atau disebut juga "hutang oksigen". Gambar di bawah mengilustrasikan bahwa semakin tinggi intensitas olahraga, semakin besar jumlah oksigen yang dibutuhkan. Seorang atlet yang memiliki VO_2 Max rendah akan memiliki "*oxygen debt*" yang lebih tinggi dibanding atlet yang memiliki VO_2 Max tinggi. Itulah sebabnya atlet yang memiliki tingkat VO_2 Max yang rendah akan mudah lelah dalam latihan maupun pertandingan. Selain mudah lelah karena produksi

asam laktat dan ion H⁺, atlet tersebut juga membutuhkan waktu pemulihan yang lebih panjang. (Nanang, 2012).



Gambar 1.6 Kebutuhan oksigen saat latihan dan istirahat (Nanang, 2012).

6. Indikator Kapasitas Anaerobik

Kemampuan anaerobik adalah kecepatan maksimal dengan kerja yang dilakukan menggunakan sumber energi anaerobik. Lebih jauh dikemukakan bahwa, faktor-faktor yang membatasi untuk produksi energi dan penggunaan energi untuk kerja anaerobik tergantung pada: keadaan produksi ATP di dalam serabut otot, tingkat glikogen otot, kemampuan bertahan terhadap tingkat asam laktat yang tinggi, dan kemampuan bertahan terhadap pH intraseluler yang rendah.

Penentuan titik defleksi atau ambang anaerobik atlet dapat dilakukan dengan berbagai cara dan sebagian besar penentuan ini dilakukan di laboratorium. Selama tes, para atlet dibuat stress dengan beban kerja yang terus bertambah dan sampel darah yang harus diambil pada waktu-waktu tertentu untuk menentukan laktat. Di antara metode penentuan ambang anaerobik atlet, yang paling populer adalah dengan metode invasif Janssen dan tes Conconi maupun uji lapangan dengan RAST.

a. Penentuan ambang anaerobik dengan metode invasif Janssen

Menurut Janssen (1989) ambang batas anaerobik (ABA) dapat digambarkan sebagai berikut, ABA adalah intensitas, misalnya kecepatan lari tertinggi yang dapat dipertahankan untuk suatu periode waktu yang lama. Eksersi ini terjadi pada persentase tertentu dari VO_2 maks. Ketika persentase ini terlampaui, akumulasi asam laktat terjadi. Seperti sudah dijelaskan sebelumnya, bahwa produksi laktat meningkatkan pelepasan $[H^+]$ pada cairan intra dan ekstraseluler yang menyebabkan terjadinya peningkatan keasaman plasma dan otot. Kondisi asidosis tersebut, menyebabkan tidak dapat dipertahankannya kondisi fisik pada intensitas tinggi untuk waktu yang lama. Lebih lanjut, Janssen mengemukakan suatu metode pengujian untuk menentukan titik defleksi atau ambang batas anaerobik atlet, yang dapat dilakukan dengan menggunakan ergometer sepeda atau tes lapangan. Selama eksersi bila dibutuhkan, darah dapat diambil tanpa mengganggu jalannya tes. Darah yang diambil dicampurkan dengan cairan tes di dalam tabung, kemudian dilakukan pemisahan antara sel darah dan plasma dengan menggunakan mesin sentrifugal. Dari contoh plasma tersebut kandungan laktat dapat ditentukan dengan metode Boehringer. Perlengkapan yang digunakan untuk melakukan tes penentuan ambang anaerobik Janssen adalah: ergometer sepeda, *sport tester*, alat pengambil darah, mesin sentrifugal, kotak pendingin untuk menyimpan dan mengangkat sampel darah, protokol tes, fasilitas laboratorium untuk penentuan laktat, dan lintasan atau jalur yang harus ditempuh saat melakukan tes lapangan.

b. Penentuan ambang anaerobik dengan tes Conconi

Conconi mengembangkan temuan Janssen dalam penentuan batas ambang anaerobik berdasarkan titik defleksi denyut nadi. Conconi memanfaatkan korelasi yang ada antara intensitas latihan dan denyut nadi, ditemukan bahwa pada aktivitas fisik yang

intensif, denyut nadi dan intensitas tak berjalan paralel. Garis lurus pada awal aktivitas berdefleksi pada intensitas yang tinggi. Dengan kata lain, intensitas dapat ditingkatkan tetapi kenaikan denyut nadi tertinggal pada titik tertentu, titik ini yang kemudian disebut dengan titik defleksi denyut nadi (DN).

Titik defleksi DN merupakan batas ambang anaerobik yang dapat diketahui, tanpa melakukan pengambilan sampel darah yaitu penentuan ambang batas anaerobik non-invasif yang disebut metode Conconi. Pada awalnya tes Conconi dilakukan dengan aktivitas lari. Akan tetapi dalam perkembangannya terjadi modifikasi sehingga dapat juga dilakukan dengan aktivitas bersepeda. Apabila tes Conconi dilakukan dengan bersepeda, dibutuhkan perlengkapan seperti: *ergocycle* dengan (*repetititon per minute*) RPM meter dan pengukur beban Watt (W) atau Newton-meter (Nm), sebuah tabel konversi, pengukur denyut jantung, dan kertas grafik atau komputer dengan program yang cocok untuk mengolah data (Janssen, 1989).

Hasil tes dibuat grafik dan ditemukanlah titik defleksi, titik ini merupakan ambang batas anaerobik, titik defleksi denyut nadi atau disebut juga dengan titik defleksi Conconi merupakan batas ambang anaerobik dimana kadar laktat darah mencapai 4 mmol. Titik defleksi Conconi diprediksi pada denyut nadi yang diukur berdasarkan rumus: $210 - \text{umur}$. Selanjutnya pengolahan data hasil tes Conconi dilakukan menggunakan komputer dengan program khusus.

c. RAST dan stabilitas performa anaerobik

Running-based Anaerobic Sprint Test (RAST) merupakan suatu bentuk tes yang dianggap dapat mengukur kapasitas anaerobik seseorang yang direpresentasikan dalam dua komponen utama yang dimunculkan, yaitu *power* dan *fatigue* indeks. RAST pertama kali dikembangkan di University of Wolverhampton (Inggris) untuk melakukan tes untuk mengetahui kapasitas anaerobik atlet. Teknik pengukuran yang dilakukan pada RAST

hampir sama dengan *Wingate Anaerobic 30 cycle test (WANT)* yang sudah lebih dahulu dikembangkan dan seringkali digunakan sebagai instrumen tes.

Untuk melaksanakan RAST, diperlukan beberapa alat pendukung, di antaranya adalah lintasan lari sepanjang 400 meter – dengan penanda lintasan lurus yang ditandai sepanjang 35 meter dan *stop-watch*. Selain itu, dibutuhkan seorang asisten untuk melakukan pencatatan data hasil tes yang diperoleh orang uji. Mekanisme pelaksanaan RAST sederhana dan tidak memerlukan banyak alat. Pertama-tama, lintasan dan cone penanda jarak harus sudah siap, sementara itu orang uji melakukan pemanasan selama 10 menit, yang bertujuan untuk meningkatkan suhu tubuh, mencegah cedera, dan menyiapkan otot-otot agar siap untuk menerima beban lebih. Kemudian orang uji melakukan enam kali pengulangan lari cepat dengan kecepatan maksimal sejauh 35 meter, sementara asisten penelitian mencatat waktu yang diperlukan oleh testee untuk setiap 35 meter lari cepat. Dari enam kali pengulangan lari cepat sejauh 35 meter, masing-masing dicatat waktunya. Sebagai langkah awal perhitungan, akan diketahui *power* ke enamnya yang diperoleh dari perkalian berat badan dan kuadrat jarak, kemudian dibagi dengan waktu tempuh pangkat tiga. Dari data tersebut, kita dapat mengetahui *power* minimum, *power* maksimum, *power* rata-rata, dan indeks kelelahan dengan cara memasukan hasil waktu lari *sprint* 35 meter pertama hingga ke enam ke dalam rumus sebagai berikut (Marckenzie, 2005).

$$\text{Indeks Kelelahan} = \frac{\text{Power Maksimal} - \text{Power Minimal}}{\text{Total waktu dari enam kali } \textit{sprint}}$$

Keterangan:

Indeks kelelahan mencerminkan skor daya tahan anaerobik. Nilai indeks kelelahan yang rendah (kurang dari 10) menunjukkan

kemampuan atlet mampu mempertahankan performa anaerobiknya. Nilai indek kelelahan yang tinggi (lebih dari 10) menunjukkan bahwa atlet perlu lebih fokus untuk meningkatkan toleransi terhadap laktat.

Kecepatan = Jarak / waktu

Akselerasi = Kecepatan / waktu

Force = Berat badan x Akselerasi

Power = Force x Kecepatan = Berat badan x Jarak² / waktu³

Dimana

Waktu³ = Waktu x Waktu x Waktu

Rata-rata Power = Jumlah keseluruhan 6 nilai power / 6
(Marckenzie, Brian 2005).

Berdasarkan hasil penelitian Widodo (2007), bahwa uji RAST merupakan jenis tes yang dapat digunakan untuk mengukur komponen kondisi fisik daya tahan anaerobik dengan $r = 0,9301$ dan hasil uji validitas = $0,897$ (sempurna) serta hasil uji reliabilitas = $0,919$ (sempurna) dengan demikian uji RAST ini bisa direkomendasikan untuk mengukur kemampuan daya tahan anaerobik.



BAB 2

KAJIAN TENTANG KELELAHAN

Prestasi olahraga juga merupakan indikator yang dapat digunakan secara langsung untuk melihat status atau tingkat pencapaian dan keberhasilan dalam olahraga. Prestasi yang baik didukung pula oleh performa yang baik, salah satu penyebab menurunnya performa seseorang bisa diakibatkan oleh kelelahan (Ningrum & Rahayu, 2018).

Kelelahan (*fatigue*) adalah suatu fenomena fisiologis suatu proses terjadinya keadaan penurunan toleransi terhadap kerja fisik. Penyebabnya sangat spesifik yang bergantung pada karakteristik kerja tersebut. Aktivitas berlebihan, kurang istirahat kondisi fisik lemah, olahraga dan tekanan sehari-hari yang dapat menyebabkan

kelelahan ditemukan sebanyak 24% dari seluruh orang yang menderita kelelahan (Kemrianus Zebua & Agustina, 2021).

Seperti yang dijelaskan menurut (Giriwijoyo & Zafar Sidik, 2010) tentang kelelahan adalah “menurunnya kualitas dan kuantitas kerja atau olahraga yang di sebabkan oleh karena melakukan kerja atau olahraga”. Semakin tinggi aktivitas yang di lakukan maka semakin cepat pula kelelahan akan timbul. Penyebab terjadinya kelelahan pada atlet adalah akibat dari penumpukan asam laktat pada otot “kelelahan timbul karena penumpukan asam laktat dalam jaringan. Hal ini disebabkan oleh kemampuan tubuh menetralsir tumpukan asam laktat tersebut tidak sebanding dengan kecepatan asam laktat yang terbentuk akibat beratnya aktivitas olahraga yang dilakukan. Jika berlangsung lama, keadaan ini akan sangat mengganggu performa seseorang” (Ningrum & Rahayu, 2018).

Hubungan antara pemulihan dan kelelahan serta pengaruhnya terhadap performa telah menarik minat ilmu olahraga bagi banyak orang bertahun-tahun. Keseimbangan yang memadai antara stres (beban pelatihan dan kompetisi, tuntutan hidup lainnya) dan pemulihan sangat penting untuk atlet untuk mencapai kinerja tingkat tinggi terus menerus. Penelitian telah difokuskan pada pemeriksaan fisiologis dan strategi pemulihan psikologis untuk mengompensasi pelatihan eksternal dan internal dan beban kompetisi. Pemantauan yang sistematis pemulihan dan penerapan rutin pemulihan selanjutnya bertujuan untuk memaksimalkan kinerja dan mencegah hal negatif perkembangan seperti underrecovery, overreaching nonfungsional, sindrom overtraining, cedera, atau penyakit. Karena variabilitas antar dan intraindividual dari respons terhadap pelatihan, persaingan, dan strategi pemulihan, beragam keahlian diperlukan untuk mengatasi fenomena multifaset pemulihan, kinerja, dan interaksinya untuk mentransfer pengetahuan dari olahraga sains hingga praktik olahraga (Kellmann et al., 2018).

Kelelahan sebagai kondisi kelelahan ditambah karena usaha fisik dan mental berkembang. Kelelahan dapat dikompensasi

dengan pemulihan, yaitu organisme keseimbangan allostatik diperoleh kembali dengan membangun kembali sumber daya yang diinvestasikan pada tingkat fisiologis dan psikologis. Pemulihan adalah istilah payung, yang selanjutnya dapat dicirikan dengan berbeda modalitas pemulihan seperti regenerasi atau psikologis strategi pemulihan.

Kelelahan merupakan suatu keanehan yang berhubungan dengan berkurangnya tampilan fisik dan mental serta peningkatan kejadian cedera (Bestwick-Stevenson et al., 2021). Pesaing yang serius diharapkan menyelesaikan program persiapan yang diminta dengan tanggung jawab tinggi untuk membangkitkan variasi fisiologis dan otot luar serta perolehan kemampuan yang penting untuk dieksekusi. Pekerjaan yang tinggi, terutama peningkatan cepat yang tidak terduga dalam mempersiapkan muatan, berhubungan dengan terjadinya kelelahan.

Kelelahan sering digambarkan sebagai suatu hal yang universal, multifaktorial, dan kekhasan yang kompleks, yang harus direnungkan dari sudut pandang agregat dan jaringan-eksplisit (Brownstein et al., 2021). Meskipun demikian, subjek yang khas di antara definisi tersebut adalah penurunan kemampuan kardiorespirasi, neuromuskular, fisiologis, atau mental secara fisik atau eksplisit dalam melakukan tugas tertentu dalam jangka panjang karena latihan yang intens atau terus-menerus serta beban mental (Bestwick-Stevenson et al., 2021).

Kelelahan paling sering ditandai sebagai penurunan kekuatan atau kekuatan selama aktivitas intens, latihan yang memicu penurunan atau melemahnya eksekusi, atau sebagai pengurangan dalam kerja fisiologis dan mental pra-pertandingan/pola pesaing opsional untuk peningkatan beban fisik dan mental secara konstan (Verstappen et al., 2021).

Definisi kelelahan pada manusia sangat erat kaitannya dengan desain yang terdapat pada kelemahan material, dimana desain menjadi datar ketika terkena beban yang monoton dan menjadi ciri semacam kerusakan primer pada kejadian apa pun, ketika material mengalami kisaran tekanan jauh di bawah kekuatan statis material yang kuat (Habay et al., 2023). Hal ini sering dimaknai sebagai kerugian yang dilakukan oleh operasi

pembangunan pada tingkat yang kecil, yang berkembang hingga tiba pada saat yang mendasar sehingga tidak dapat lagi menopang beban puncaknya (Habay et al., 2023). Hal ini bergantung pada aturan kerugian langsung Palgren-Digger yang digunakan untuk mengantisipasi kelemahan komponen mengingat penjumlahan siklus yang membosankan. Tingkat kelelahan ini sering digambarkan sebagai dampak kelelahan. Hal ini berhubungan dengan kecukupan tekanan, namun untuk pemeriksaan pasti, tekanan rata-rata harus dipertimbangkan.

Kompleksitas dalam mendefinisikan kelelahan dalam olahraga terkait dengan beberapa domain proses pemulihan dan adaptasi (fisik, kontrol neuro-otot dan psikologis) dan interaksi mereka. Hal ini ditekankan oleh kelelahan yang berasal dari factors yang berbeda atau ganda, termasuk aktivitas fisik yang berkepanjangan, aktivitas mental yang persisten, dan kurang tidur (Bestwick-Stevenson et al., 2021). Berdasarkan asosiasi dengan berbagai stresor, definisi untuk setiap domain yang berpotensi menyebabkan telah dibuat. Penting untuk dipahami bahwa beberapa domain didasarkan pada korelasi yang diamati dalam penelitian dan dapat berupa kausal atau non-kausal. Seringkali diasumsikan bahwa faktor-faktor memiliki nilai prog-nostic berdasarkan kontribusi potensial terhadap penyebab suatu peristiwa (seperti cedera atau perubahan kinerja) melalui langsung atau tidak langsung mekanisme (Dudley et al., 2023).

Kelelahan neuromuskuler telah didefinisikan sebagai pengurangan kekuatan maksimal otot dapat mengerahkan, atau ketidakmampuan untuk mempertahankan ex-ercise pada kekuatan yang dibutuhkan (Supruniuk et al., 2023). Definisi kelelahan fisiologis termasuk kelemahan dari pengerahan tenaga berulang atau penurunan respons sel, jaringan, atau organ setelah aktivitas, stimulasi, atau stres yang berlebihan (Bestwick-Stevenson et al., 2021). Perubahan psikofisiologis following berkelanjutan performance sering dikaitkan dengan keadaan otot-otot organisme tubuh atau sistem saraf pusat tanpa adanya istirahat yang cukup. Pada tingkat jaringan, keadaan kelelahan sering didefinisikan

sebagai pemulihan kapasitas seluler yang tidak mencukupi atau energi seluruh sistem untuk mempertahankan tingkat pelatihan atau pemrosesan asli menggunakan sumber daya tipikal (Aitken & MacMahon, 2019). Kelelahan psikologis (mental) telah dikaitkan dengan aktivitas kognitif yang menuntut berkelanjutan, amal yang ditimbulkan oleh perasaan lelah atau kelelahan yang berkerut, keengganan untuk melanjutkan tugas yang sedang berlangsung, ditambah penurunan kinerja kognitif (Habay et al., 2023). Kelelahan mental telah dikaitkan dengan penurunan kinerja daya tahan pada tugas-tugas kognitif dan fisik serta dorongan individu untuk berlatih (Alix-Fages et al., 2023).

Program latihan khususnya program latihan fisik yang dilaksanakan secara kontinyu dan melewati batas-batas pembebanan ini akan menimbulkan kelelahan. Kelelahan bisa diistilahkan dengan banyak sebutan seperti: kepayahan kecapekan, kepenatan, atau dengan sebutan lainnya. Tidak ada hal yang signifikan yang membedakan istilah-istilah itu. Semua istilah tersebut, secara umum, mengacu pada kondisi tubuh yang tidak bertenaga lagi karena aktivitas yang begitu tinggi. Selain itu, ada rasa yang tidak nyaman secara fisiologis dan rasa sakit pada otot-otot tubuh ketika akan melakukan aktivitas yang berkaitan dengan otot (Aitken & MacMahon, 2019). Dengan uraian ini maka dapat suatu gambaran dalam aktivitas pelatihan dampak negatif dari pelatihan yang berkaitan dengan timbulnya kelelahan tersebut harus mendapat suatu perhatian dari pelatih dan atlet yang bersangkutan.

Hal yang sangat penting bagi seorang atlet yaitu untuk mencapai keseimbangan antara program pelatihan dan masa pertandingan. Ketika seorang atlet melakukan pelatihan dalam volume besar atau pada intensitas sangat tinggi, kebugaran akan meningkat tetapi kelelahan juga akan meningkat (Verstappen et al., 2021). Beragam pengertian atau istilah yang dipahami dimasyarakat dan khususnya pada dunia olahraga yang berkaitan dengan pengertian kelelahan kelelahan. Kelelahan bisa diistilahkan dengan

kecepatan, kepenatan, atau kepayahan. Tidak ada hal yang signifikan yang membedakan istilah-istilah itu (Zhou, 2022). Semua istilah tersebut, secara umum, mengacu pada kondisi tubuh yang tidak bertenaga lagi karena aktivitas yang begitu tinggi. Selain itu, ada rasa yang tidak nyaman dan sakit ketika akan melakukan aktivitas yang berkaitan dengan otot. Dengan demikian, semua istilah tersebut sama pengartiannya.

Kelelahan (fisik) ialah menurunnya kapasitas kerja (fisik) yang disebabkan oleh karena melakukan pekerjaan itu (Thorpe et al., 2017). Menurunnya kapasitas kerja berarti menurunnya kualitas dan kuantitas kerja/gerak fisik itu. Bila lingkungannya dipersempit pada kualitas gerakan, maka kelelahan ditunjukkan oleh menurunnya kualitas gerak (Marqués-Jiménez et al., 2017).

Kelelahan umumnya didefinisikan sebagai berkurangnya kinerja otot dibarengi sensasi rasa Lelah (Yuan et al., 2023). Definisi lain dari kelelahan adalah ketidak mampuan untuk mempertahankan power output otot. Kelelahan dapat pulih asal dengan istirahat. Kelelahan adalah fenomena yang kompleks. Penyebabnya dapat dikeranakan oleh:

1. Adanya masalah dengan penyediaan energy, ATP + PC, glikolisa anaerobic.
2. Akumulasi hasil produk seperti H +, asam laktat.
3. Kegagalan mekanik otot untuk melakukan konsentrasi.
4. Perubahan sistem saraf.

Aktivitas olahraga yang bertipe anaerobi akan meningkatkan konsentrasi asam laktat dalam sel otot. Peningkatan jumlah asam laktat menyebabkan menurunnya pH dari sel, penurunan pH menyebabkan penurunan kecepatan reaksi dan menyebabkan penurunan kemampuan metabolisme dan produksi ATP. Kelelahan otot membatasi kinerja otot. Kelelahan otot dapat bersifat lokal maupun menyeluruh. Dapat menyertai olahraga enduran maupun olahraga yang berintensitas tinggi yang berlangsung singkat (Yuan

et al., 2023). Otot yang lelah adalah otot tidak bias berkontraksi. Ketidakmampuan otot untuk berkontraksi disebabkan oleh gangguan:

1. Sistem saraf, yaitu saraf tidak dapat mengirimkan impuls ke otot –otot yang bersangkutan.
2. Tempat bertemu saraf dan otot (neuromuscular junction) tidak dapat menghantarkan impuls dari saraf motor ke otot.
3. Mekanisme kontraksi yang tidak dapat mengeluarkan tenaga.
4. Sistem saraf pusat yaitu otak dan sumsum tulang belakang untuk menimbulkan rangsangan maupun menghantar rangsangan.

Kelelahan akan berpengaruh pada penampilan dan kualitas mutu dari gerak dan teknik yang ditampilkan, Kualitas atau mutu gerakan disebut tinggi bila pada penampilannya menunjukkan ketepatan dan kecermatan yang tinggi sebagaimana telah dikemukakan (Marqués-Jiménez et al., 2017). Ketepatan dan kecermatan berkaitan dengan kemampuan mengkoordinasikan fungsi neuromuscular secara tepat dan telah mencapai tingkat reflex bersyarat. Dengan demikian maka kelelahan akan menyebabkan menurunnya kualitas reflek bersyarat.

Kelelahan otot lokal (lokal muscular fatigue) mengikuti latihan fisik disebabkan oleh akumulasi produksi asam laktat di dalam otot dan darah. Hal ini berhubungan dengan mekanisme resintesa energi (ATP) selama proses kontraksi otot di dalam serabut otot FT (fast-twitch) yang lebih banyak berperan pada aktivitas fisik atau olahraga yang berintensitas tinggi (Allois et al., 2023). Sebagaimana kita telah ketahui bahwa serabut otot FT lebih cepat mengalami kelelahan disbanding dengan serabutotot ST (*slow-twitch*) karena serabut otot FT mempunyai kemampuan sistem anaerobic yang tinggi dengan sistem aerobic yang rendah, sehingga cepat terbentuknya asam laktat otot lebih cepat terjadi (Allois et al., 2023).

Kelelahan yang menyertai olahraga, kelelahan yang mengikuti olahraga atau latihan daya tahan tidak disebabkan oleh karena akumulasi produksi asam laktat. Kelelahan ini disebabkan selain oleh karena terjadinya kelelahan pada otot local, juga karena faktor diluar otot. Kelelahan karena faktor, disebabkan terkurasnya cadangan glikogen otot. Kelelahan yang bersifat menyeluruh.

Faktor Penyebab Kelelahan

Pemeriksaan faktor kelelahan adalah bidang yang terkenal dalam fisiologi olahraga dan olahraga (Estévez-González et al., 2022). Mulai dari bio-sintetik, hormonal, imunologi, survei mental, dan evaluasi status neuro-sensible, termasuk keseimbangan sistem sensorik otonom (Habay et al., 2023). Penanda yang kontras memberikan pemahaman kepada pesaing, mentor, dan peneliti mengenai reaksi individu terhadap pekerjaan tersebut. Namun, meskipun sejumlah penanda ini memiliki dukungan ilmiah yang kuat untuk penggunaannya, dan hingga saat ini belum ada satu pun penanda kelelahan yang pasti (Bestwick-Stevenson et al., 2021).

Kelelahan mungkin menghambat sensasi sendi dan sifat proprioseptif. Hal ini meningkatkan batas pelepasan batang otot, yang menghalangi kritik aferen, sehingga memodifikasi kesadaran sendi memengaruhi kontrol postur statis, namun kurang signifikan, kontrol postur dinamis (Song et al., 2021). Sebenarnya, kelelahan dapat digambarkan sebagai ketidakberdayaan sistem sensorik terhadap peningkatan unit mesin yang terdaftar, unit utilitarian penting dari kerangka neuromuskular yang terkait dengan penciptaan kekuatan. Dengan demikian, masukan aferen memengaruhi jalur eferen dan otot. Grib-ble, Hertel, Denegar, dkk. merekomendasikan bahwa kelelahan dan kelemahan tungkai bawah yang terus-menerus menyebabkan kurangnya kontrol postural dinamis, yang tampaknya berhubungan dengan perubahan kinematik pada lutut dan pinggul.

Latihan fisik yang dilakukan dengan intensitas mendekati maksimal (submaksimal) menyebabkan terjadinya pergeseran sistem energi aerobik ke sistem energi anaerobik, kondisi ini akan dapat menyebabkan peningkatan kadar asam laktat darah. Dengan meningkatnya aktivitas fisik, maka kebutuhan energi dan kebutuhan akan oksigen juga akan meningkat. Pasokan kebutuhan oksigen dapat ditambah dengan meningkatkan respirasi paru dan denyut jantung. Ketika hal tersebut tidak mencukupi, maka terjadi metabolisme anaerobik sebagai kompensasi terhadap pemenuhan energi. Tingginya konsentrasi kadar asam laktat menurunkan kekuatan kontraksi otot dengan menurunkan daya ikat ion Ca^{2+} pada troponin dan meningkatnya daya ikat retikulum sarkoplasmik terhadap ion Ca^{2+} . Kedua mekanisme ini akan menurunkan jumlah ion Ca^{2+} yang diikat pada troponin selama proses kontraksi otot sehingga akan sangat merugikan aktivitas fisik yang menggunakan kinerja tinggi. Kadar asam laktat yang tinggi juga akan berpengaruh terhadap produksi ATP, sebab enzim yang berperan terhadap proses pembentukan ATP melalui glikolisis akan terhambat oleh keasaman dan akumulasi asam laktat. Enzim tersebut yaitu fosfofruktokinase yang bertugas mengubah fruktosa 6 fosfat menjadi fruktosa 1,6 difosfat.

Kelelahan yang parah baru-baru ini ditunjukkan untuk menunda waktu respons (Yuan et al., 2023). Dengan perluasan respon musim otot-otot utama gastrocnemius dan tibialis terkait pembalikan kejadian keseleo tungkai bawah (Pavelka et al., 2020). Kapasitas proprioseptif, presisi kontrol mesin, dan koordinasi pengembangan sepenuhnya dipengaruhi oleh kelemahan otot. Jelasnya, energi dan kinematika titik terjauh embel-embel yang lebih rendah telah terbukti dipengaruhi oleh kelelahan (Bestwick-Stevenson et al., 2021).

Kelelahan dipandang sebagai pertaruhan penting mengingat terjadinya cedera. Kebanyakan luka terjadi menjelang akhir pertandingan atau aksi ketika pemain kelelahan. Misalnya, tingkat cedera pertandingan sepak bola meningkat menjelang akhir kedua

bagian, berkaitan dengan penurunan 5—10% dalam jarak yang ditempuh, merekomendasikan bukti kelemahan yang kuat (Kobelev, 2023). Demikian pula, sebagian besar cedera asosiasi pada olahraga rugby amatir terjadi di bagian terakhir koordinat dan mungkin akan dikaitkan dengan kelelahan yang disebabkan oleh pengurangan keahlian yang menambah cedera pada para pesaing tersebut (Bestwick-Stevenson et al., 2021). Ketidakstabilan sendi berhubungan dengan kelelahan otot yang berhubungan dengan kerusakan otot dan kekurangan kekuatan, memengaruhi kontrol postural dan ketekunan isokinetik otot. Penurunan kekuatan dihubungkan dengan berkurangnya untaian yang dipilih. Spekulasinya adalah kelelahan otot berhubungan dengan gangguan pada posisi sendi, penurunan hasil motoneuron atau potensi desensitisasi aferen otot tipe III dan IV (Li et al., 2022).

Estimasi yang memuaskan atas kelelahan dan pemulihan pemain dapat menjadi titik fokus teknik penanggulangan cedera dalam olahraga dengan permintaan tinggi dan penyederhanaan siklus pemulihan. Terlebih lagi, memahami tingkat kelelahan seseorang dapat bekerja dengan tanggung jawab yang ideal (persiapan dan kecocokan), mempersiapkan transformasi dan pelaksanaan (Goldberger et al., 2019).

Dalam buku yang berjudul *Fitting the Task to the Human* dianalogikan bahwa tingkat kelelahan di industri dianalogikan seperti air di dalam tong. Dan faktor-faktor penyebab seperti intensitas dan durasi kerja fisik dan mental, lingkungan, ritme *circadian*, masalah fisik, penyakit dan nutrisi sebagai tambahan air yang mengisi tong. Sementara itu pemulihan adalah sebagai aliran air yang keluar dari tong yang dapat mengurangi tingkat kelelahan.

Pada umumnya kelelahan yang terjadi pada para olahragawan ialah kelelahan karena *neuromuscular junction*, kelelahan mekanisme kontraksi otot, dan kelelahan susunan saraf pusat. Sedangkan kelelahan dari saraf, yaitu tidak dapat mengirimkan impuls, hampir tidak pernah terjadi, oleh karenanya tidak memegang peranan yang penting. Kelelahan dapat dibagi

dalam dua tipe, yaitu lelah mental dan lelah fisik. Lelah mental biasanya disebabkan karena kerja mental sedangkan lelah fisik karena pekerjaan otot.

Kelelahan juga bisa ditimbulkan akibat dari sistem metabolisme energi dalam tubuh dengan terjadinya penumpukan asam laktat di dalam otot akan mengganggu mekanisme sel otot yaitu: Menghambat enzim aerobik dan anaerobik, sehingga menurunkan kapasitas ketahanan aerobik dan kapasitas ketahanan anaerobic. Menghambat terbentuknya creatin phosphat (CP) dan akan mengganggu koordinasi gerak. Menghambat enzim *fosfofruktokinase*. Menghambat pelepasan ion Ca^{++} pada troponin C mengalami penurunan dan mengakibatkan gangguan atau terhentinya kontraksi serabut otot. Menghambat aktivitas ATP pada serabut otot cepat, karena ATP pada serabut otot cepat peka terhadap asam laktat yang tinggi dapat timbul sebagai akibat beban kerja yang berat, hal ini karena ketidakmampuan sistem pemasok energi aerobik, sehingga suplai energi dari sumber anaerobic mendominasi. Terbentuknya asam laktat dalam darah menjadi masalah mendasar dalam kerja fisik, karena menimbulkan kelelahan yang kronis dan menurunkan kinerja fisik. Kelelahan otot terjadi karena otot berkontraksi lama dan kuat. Kelelahan diakibatkan dari ketidakmampuan proses kontraksi dan metabolisme serabut – serabut otot untuk terus memberikan hasil kerja yang sama.

Kelelahan otot juga dapat disebabkan karena terjadinya hambatan aliran darah yang menuju ke otot yang sedang berkontraksi yang membawa makan dan oksigen untuk dijadikan bahan bakar factor-factor yang berperan dalam kelelahan otot adalah penimbunan asam laktat dan habisnya cadangan energi pada otot. Removing lactic acid, mengeluarkan LA membutuhkan dua fase dari dalam otot dan dari darah. Aktivitas yang dilakukan selama istirahat akan merupakan faktor yang sangat memengaruhi. Secara durasi membutuhkan waktu 2 jam untuk menghilangkan LA dari otot dan darah apabila atlet melakukannya dengan istirahat

dan recovery pasif ini mengacu kepada berhentinya secara tiba-tiba setelah melakukan aktivitas latihan anaerobic yang intensif. Metode istirahat aktif atau recovery aktif seperti jalan, jogging ringan akan menurunkan derajat LA pada otot dan darah lebih cepat. Tingkat kelelahan yang ditunjukkan oleh pelari 100 meter pada akhir larinya sangat nyata sekali kelihatannya, dengan gerakan atau pernapasan yang cepat dan berat untuk melakukan usaha pemulihan.

Kelelahan Otot Lokal

Dengan merujuk pada penampilan olahraga, kelelahan otot local dibatasi untuk mekanisme kontraktile (sebagai lawan dari persimpangan neuromuscular). Telah kita ketahui bahwa serabut FT pada mekanisme kontraktile merupakan penyebab kelebihan yang lebih memungkinkan daripada serabut ST. sebagaimana disebutkan sebelumnya, serabut FT memiliki kapasitas aerobik rendah, tapi memiliki kapasitas glikolitik tinggi. Jadi, mayoritas energi yang dihasilkan adalah melalui glikolisis aerobik. Dan ini menyebabkan akumulasi asam laktat, akumulasi asam laktat direpresentasikan sebagai rasio konsentrasi asam laktat dalam serabut FT dan ST. hal ini berarti asam laktat lebih banyak diproduksi oleh serabut FT daripada serabut ST. perhatikan bagaimana tensi dalam otot menurun (diukur sebagai torque) karena adanya peningkatan asam laktat FT/ST.

Kelelahan dapat diartikan sebagai ketidakmampuan suatu otot untuk mempertahankan tenaga yang diperlukan pada saat melakukan aktivitas. Hal ini ditandai dengan semakin menurunnya kapasitas kerja yang dilakukan, misalnya saat sedang berlari maka kecepatan lari melambat bahkan bisa berhenti, ini menunjukkan otot-otot yang terlibat dalam melakukan gerakan lari tidak memiliki tenaga yang cukup dalam melaksanakan gerakan tersebut.

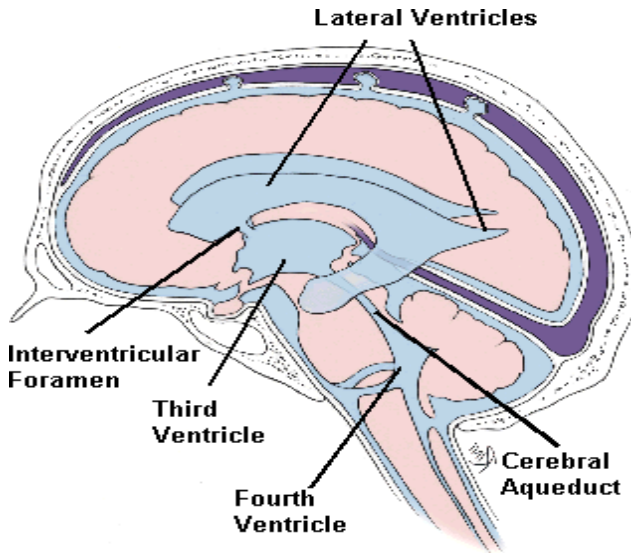
Menurut para ahli fisiologi ada beberapa kemungkinan letak penyebab kelelahan otot rangka yaitu sebagai berikut:

1. Syaraf motor, yaitu serabut syaraf yang mengirimkan impuls (rangsangan) dari otak ke otot berkurang sehingga otot tidak terangsang untuk bergerak.
2. Neomuscular junction (sambungan syaraf dan otot) kemungkinan di daerah ini terjadi penurunan kapasitas transfer impuls dari syaraf ke otot.
3. Kelelahan bisa juga terjadi pada unit kontraktile itu sendiri yang melibatkan actin dan myosin dengan dukungan dari ATP sebagai sumber energi. Habisnya persediaan ATP merupakan salah satu penyebab kelelahan, selain itu bahan-bahan untuk menghasilkan energi terutama glukosa juga sudah habis. Penumpukan asam laktat seperti yang telah dijelaskan sebelumnya juga dapat menyebabkan konsentrasi pH menurun sehingga menyebabkan terganggunya proses kontraksi yang juga menimbulkan kelelahan.
4. Faktor-faktor lain yang ikut menyebabkan kelelahan adalah kurang tersedianya oksigen baik dilingkungan maupun oksigen yang ada di dalam jaringan tubuh. Rendahnya oksigen ini menyebabkan menurunnya metabolisme energi secara aerobik, sehingga produksi energi juga menurun. Disamping itu menurunnya aliran darah ke otot yang sedang aktif ternyata juga dapat menjadi penyebab timbulnya kelelahan pada otot itu sendiri.

Sistem Penggerak Kelelahan

Faktor-faktor lain yang ikut menyebabkan kelelahan adalah kurang tersedianya oksigen baik dilingkungan maupun oksigen yang ada di dalam jaringan tubuh. Rendahnya oksigen ini menyebabkan menurunnya metabolisme energi secara aerobik, sehingga produksi energi juga menurun. Disamping itu menurunnya aliran darah ke otot yang sedang aktif ternyata juga dapat menjadi penyebab timbulnya kelelahan pada otot itu sendiri. Faktor-faktor lain yang ikut menyebabkan kelelahan adalah kurang

tersedianya oksigen baik dilingkungan maupun oksigen yang ada di dalam jaringan tubuh. Rendahnya oksigen ini menyebabkan menurunnya metabolisme energi secara aerobik, sehingga produksi energi juga menurun. Disamping itu menurunnya aliran darah ke otot yang sedang aktif ternyata juga dapat menjadi penyebab timbulnya kelelahan pada otot itu sendiri.



Gambar 2.1 Sistem Aktivasi dan Inhibisi dalam Otak

Keadaan seseorang sangat tergantung kepada hasil kerja di antara dua sistem antagonis tersebut. apabila sistem penghambat lebih kuat, seseorang akan berada pada kelelahan. Sebaliknya, apabila sistem aktivasi lebih kuat seseorang maka seseorang akan dalam keadaan segar untuk melakukan aktivitas. Kedua sistem harus beraoa dalam kondisi yang memberikan stabilitas ke dalam tubuh, agar tenaga kerja berada dalam keserasian dan keseimbangan.

Menurut Mulyana (2011) kelelahan merupakan faktor penyebab dalam penurunan perfoma seseorang setelah olahraga. Seorang atlet akan sulit menampilkan kemampuan yang maksimal

padasaat bertanding jika mengalami kelelahan. Kelelahan merupakan suatu proses alami yang terjadi pada seseorang ketika melakukan olahraga. Aktivitas fisik yang harus di pertahankan pada intensitas yang relatif tinggi selama dua sampai tiga menit seperti olahraga, sumber daya yang digunakan untuk kontraksi otot adalah anaerobik yang akan menghasilkan zat sampah yaitu asam laktat (Giriwijoyo, 2012).

Pada saat seorang atlet melakukan aktivitas fisik yang tinggi tingkat kelelahan pada tubuh akan semakin meningkat, apalagi kapasitas kerja otot yang semakin lama akan semakin mengencang seiring penggunaan aktivitas yang tinggi. Apalagi ketika melakukan olahraga yang sifatnya anaerobik yang semakin meninggi maka akan diikuti dengan meningginya aerobik. Seiring dengan meningginya aktivitas dari tubuh itu sendiri maka risiko tubuh mengalami kelelahan fisik itu akan semakin besar. Kelelahan yang dialami seorang atlet akan menurunkan perfomanya maka dari itu pemulihan merupakan hal penting pada saat latihan serta dalam kompetisi antara pertandingan dan selama turnamen dilakukan (Alpert, 2010).

Dengan kelelahan yang besar seperti itu maka latihan saja tidak cukup untuk seorang atlet memulihkan performa terbaiknya seperti sedia kala, maka dari itu butuh waktu pemulihan. Dengan pemulihan tersebut maka kelelahan akan dapat dikurangi dan dapat mencapai kondisi terbaiknya. Diperkirakan sebanyak 20% dari semua atlet cabang olahraga mengalami *overtraining syndrom*. *Overtraining syndrom* dapat di definisikan sebagai titik akhir dimana atlet mengalami kelelahan kronis dan pemulihan yang tidak memadai (Alpert, 2010).

Kelelahan Fisiologis

Kelelahan umumnya didefinisikan sebagai berkurangnya kinerja otot dibarengi sensasi rasa lelah. Definisi lain dari kelelahan adalah ketidakmampuan seseorang untuk mempertahankan power

output otot. Kelelahan seseorang salah satunya dipengaruhi oleh akumulasi hasil produk seperti H^+ asam laktat. Pada dasar inilah yang dijadikan sebagai acuan untuk pengkajian lebih lanjut terhadap pemulihan seseorang dalam melakukan aktivitas olahraga (Rasyid & Agung, 2017).

Faktor penyebab kelelahan sangat kompleks, baik itu berasal dari kondisi fisiologis maupun kondisi psikologis atlet. Timbulnya kelelahan otot pada waktu berolahraga, dapat disebabkan berbagai hal antara lain: menipisnya cadangan energi yang berasal dari ATP, kreatin fosfat, glikogen atau glukosa, akumulasi laktat di otot, gangguan homeostasis, misalnya gangguan osmolaritas plasma, volume plasma, penurunan pH cairan tubuh, dan penurunan kadar elektrolit cairan tubuh; kelelahan akibat gangguan neuromuskular atau sentral; dan kelelahan yang diakibatkan oleh kondisi lingkungan, baik itu suhu maupun kelembaban udara.

Pusat konsentrasi kelelahan otot difokuskan pada *neuromuscular junction*, mekanisme kontraksi, dan sistem saraf pusat. Kemungkinan dari saraf motorik pada tempat dan sebab dari kelelahan tidak sangat besar antara lain: (1) kelelahan pada *neuromuscular junction*, (2) kelelahan pada mekanisme kontraksi yang meliputi a) akumulasi asam laktat, b) kehabisan penyimpanan ATP-PC, c) kehabisan simpanan glikogen otot, dan (3) sistem saraf pusat dan kelelahan pada otot lokal (Gunawan, E. (2019).

Faktor lain penyebab timbulnya kelelahan adalah karena terjadinya akumulasi asam laktat dalam otot sebagai hasil glikolisis anaerobik. Asam laktat dalam otot berdisosiasi menjadi ion $[H^+]$ dan ion laktat. Peningkatan ion $[H^+]$ menyebabkan penurunan pH di dalam cairan ekstra dan intraseluler. Penurunan pH tersebut akan menghambat pengikatan oksigen oleh Hb di paru, menghambat kerja enzim fosfofruktokinase dan enzim myofibril ATP-ase yang berperan penting dalam sintesis ATP. Perubahan-perubahan ini menyebabkan terganggunya kontraksi otot. Terdapat batas normal pH cairan tubuh antara 7,35—7,40. Nilai pH di bawah

normal disebut asidosis, sedangkan yang di atas normal disebut alkalosis (Wilmore & Costill, 2004).

Setiap keadaan yang menyebabkan perubahan pH akan memengaruhi kecepatan pembentukan energi di dalam tubuh, khususnya pada tubuh atlet selama melakukan latihan. Perubahan pH tersebut dapat mengakibatkan penurunan kemampuan dan daya tahan fisik atlet sebagai akibat terganggunya pembentukan energi. Penurunan pH cairan intra dan ekstraseluler menyebabkan enzim dan co-enzim tidak dapat bekerja optimal pada proses metabolisme aerobik maupun anaerobik. Penghambatan enzim yang berperan dalam proses aerobik dapat menurunkan kapasitas ketahanan aerobik, menghambat terbentuknya kreatin fosfat dan akan mengganggu koordinasi dalam gerakan olahraga (Wiriawan, O., & Kaharina, A. (2022)). Keadaan ini juga menyebabkan terjadinya gangguan pembentukan energi dan akhirnya menyebabkan penurunan daya tahan atlet.

Kadar asam laktat dalam darah vena pada keadaan istirahat adalah 0,63—2,44 mmol/l atau 5,7—22,0 mg/l, sedangkan sumber asam laktat yang terbesar pada keadaan istirahat berasal dari pemecahan glukosa di dalam sel darah. Hal ini terjadi dalam sel-sel yang tidak mengandung mitokondria seperti misalnya eritrosit atau mengandung mitokondria sedikit misalnya sel otot "*fast twitch*". Secara cepat asam laktat yang terbentuk akan dieliminasi secara terus menerus. Apabila terjadi peningkatan asam laktat dalam darah, berarti terdapat peningkatan masuknya asam laktat ke dalam sirkulasi darah yang melebihi laju eliminasi asam laktat (Wilmore & Costill, 2004).

Kadar laktat yang tinggi akan mengganggu koordinasi, sedangkan kapasitas koordinasi sangat penting bagi olahraga yang memerlukan keterampilan teknik yang tinggi seperti bola basket. Kandungan laktat yang tinggi juga akan meningkatkan risiko cedera. Melalui asidosis dalam otot, akan muncul lubang-lubang kecil pada jaringan otot. Kerusakan ringan ini bila tidak pulih seluruhnya akan menjadi penyebab terpenting kerusakan-

kerusakan yang lebih besar. Kadar laktat yang tinggi juga akan mengganggu sistem fosfat kreatin. Pada otot yang asam pembentukan kembali fosfat kreatin tertunda (Hasibuan, M. H., & Jutalo, Y. H, 2020).

Produksi sisa yang berupa asam laktat, setelah mengalami disosiasi menjadi laktat dan H^+ merupakan asam kuat. Ion laktat mempunyai efek yang tidak terlalu besar terhadap kontraksi otot, tetapi peningkatan H^+ sangat berpengaruh terhadap munculnya kelelahan otot skelet tersebut. Kelelahan otot skelet yang disebabkan oleh peningkatan H^+ dibuktikan oleh 2 kenyataan yaitu: 1) penelitian pada kelelahan otot manusia memperlihatkan hubungan yang sangat kuat terjadinya penurunan kekuatan kontraksi otot sebanding dengan penurunan pH (peningkatan keasaman) jaringan otot, dan 2) selanjutnya penelitian pada serat otot skelet menggambarkan dalam keadaan asidosis sel otot akan terjadi reduksi kekuatan isometri dan kecepatan kontraksi otot. Keadaan asidosis sel otot akan menurunkan kemampuan kontraksi otot hingga menimbulkan kelelahan. Keadaan sarkoplasma atau sel otot dengan asam yang tinggi akan menghambat pelepasan Ca^{2+} dari retikulum sarkoplasma, yang pada akhirnya kontraksi otot tidak dapat terjadi lagi, sehingga menghentikan aktivitas. (Ikrar, T. 2006).

Gangguan Fungsi Otot

1. Kejang Otot (Muscle cramps)

Dalam aktivitas berolahraga atau bergerak, maka peranan otot rangka atau otot skeletal dengan fungsinya adalah berkontraksi dalam rangka rangka mengerakan anggota tubuh dan fungsi yang lain. Berkaitan gerak dan aktivitas maka otot harus dapat berkontraksi terus menerus, tetapi otot memiliki suatu batasan sehingga timbul gangguan terhadap proses kontraksi otot yang disebut kejang otot. Kejang otot ialah kontraksi pada satu atau beberapa otot yang terjadi dengan tiba-tiba (spontan) kuat,

berlangsung lama, dan terasa sakit. Mekanisme yang pasti tentang kejadian kejang- otot belum diketahui.

Kram merupakan suatu kontraksi otot yang berlangsung lama dan tidak dipengaruhi kemauna. Otot yang mengalami kram akan memendek, keras dan nyeri hal ini dapat diakibatkan kontusio atau strain dari otot. Otot-otot yang sering terkena : betis, kuadriseps, hamstring, pinggang bawah. Kejang otot terjadi pada otot yang telah lama atau berkontraksi maksimal dalam jangka waktu lama dan berat dan dipicu hanya oleh kontraksi yang ringan saja pada otot yang telah lelah maka kejang otot terjadi. Kadang dapat disengaja melalui kontraksi yang kuat pada otot yang masih segar, hal ini bisa terjadi pada otot-otot telapak kaki. Untuk mengatasi kejang otot yang terjadi tanpa tanda-tanda atau penyebab yang jelas, cara yang paling baik ialah dengan meregangkan (*stretching*) otot yang mengalami kejang otot itu, yang dapat dilakukan dengan cara mengontraksikan otot antagonis atau dengan meregangkan otot-otot yang bersangkutan secara pasif dengan berbagai cara. Penyebab pasti dari kejang otot bersumber dari saraf maupun unsur saraf otot (*neuromuscular*). Apabila kejang otot didahului oleh tanda peringatan, mungkin sekali kejang otot itu disebabkan oleh menurunnya ambang rangsangan saraf-saraf motorik: akibatnya secara tiba-tiba frekuensi impuls saraf ke otot meningkat, yang menyebabkan terjadinya kejang otot. Kram atau kejang otot dapat terjadi karena kelelahan, dapat pula karena dingin atau karena panas.

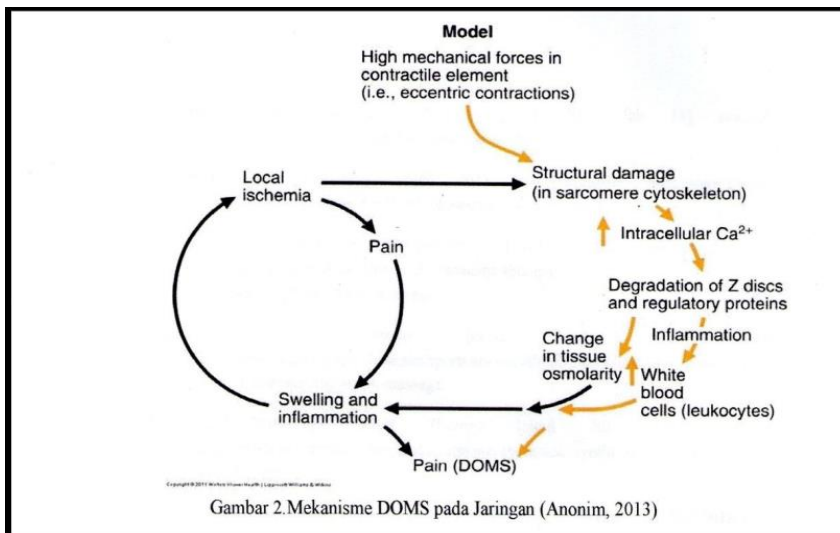
2. Pegal Otot Sesudah Latihan Atau DOM (Delayed Onset Muscle Sorenes)

Rasa sakit atau nyeri, ngilu yang terjadi dan kita rasakan pada otot-otot tubuh sesudah berolahraga merupakan suatu keadaan yang sering dikeluhkan oleh masyarakat yang baru memulaia aktivitas olahraga. Ataupun oleh orang yang sudah sering berolahraga namun takaran dan pembebanan yang dilakuakna pada saat aktivitas olahragaberlebih. Melakukan aktivitas fisik yang

berlebih dapat menyebabkan terjadinya cedera, kerusakan otot atau jaringan ikat pada otot. Apabila otot mengalami kerusakan jaringan maka secara otomatis tubuh akan merespon dengan memperbaiki kerusakan. Kerusakan jaringan menimbulkan rasa nyeri pada otot. Teori mengenai rasa sakit yang datangnya perlahan di antaranya: Adanya kerusakan serabut otot. Adanya senyawa yang merangsang sakit beredar. Adanya kerusakan dari jaringan ikat, tendon, dan ligament.

Lelah dan nyeri otot merupakan hal yang dapat kita rasakan setelah atau selama berolahraga. Ada kalanya lelah dan nyeri otot tersebut muncul esok atau dua hari setelahnya yang kita kenal sebagai fenomena DOMS (*Delayed Onset Muscle Soreness*) atau *muscle fever*. Rasa nyeri mencapai puncaknya dalam waktu 24—48 jam dan hilang dalam 5—7 hari. Kerusakan otot pada latihan fisik atau berolahraga ini disebabkan oleh trauma mekanik dari otot pada saat otot berkontraksi baik memanjang maupun memendek. Oleh karena itu, bila ada rasa sakit di otot jangan berlatih dulu. Timbulnya rasa sakit karena kerusakan jaringan ikat dapat di atasi dengan: Latihan regangan, pemanasan, peningkatan beban yang teratur. Maka untuk mengatasi pegal otot, dapat dilakukan dengan cara melakukan gerakan ringan (senam) yang merupakan istirahat aktif dengan tujuan meningkatkan mekanisme pompa vena, atau dengan cara mengistirahatkan otot yang mengalami pegal otot sambil dilakukan pemijatan (*massage*). Timbulnya rasa sakit atau nyeri akhirnya dianggap sebagai akibat dari microtrauma kerusakan mekanis pada sel-sel jaringan otot yang didefinisikan sebagai DOMS (*Delayed Onset Muscle Soreness*). DOMS tergolong respon fisiologis tubuh terhadap aktivitas fisik. Latihan fisik yang dilakukan secara berlebih, tidak sesuai takarannya dan pada orang yang tidak terlatih dapat menyebabkan nyeri otot, sendi nyeri digerakan, gejala ini disebut *delayed onset muscle soreness* (Ulvie, dkk, 2011). Berlari selama 30 menit menghasilkan DOMS (*Delayed Onset Muscle Soreness*) setelah latihan, meningkatnya kadar serum mioglobin dan enzim ck pada otot tertentu, penanda umum dari cedera otot.

Delayed onset muscle soreness adalah suatu rasa sakit atau nyeri pada otot yang dirasakan 24—48 jam setelah melakukan aktivitas fisik atau olahraga. Gejala khas saat DOMS yaitu nyeri, bengkak, kaku, dan kehilangan kekuatan otot. Reaksi inflamasi merupakan mekanisme yang mendasari timbulnya gejala-gejala tersebut. Saat berolahraga terjadi kerusakan pada sarkomer (unit fungsional otot rangka) yang menyebabkan mikrotrauma dan selanjutnya berkembang menjadi reaksi inflamasi. Penyebab terjadinya *delayed onset muscle soreness* terjadi setelah adanya latihan eksentrik dan konsentrik yang berat atau intens yang menimbulkan adanya kondisi kerusakan yang nyata pada jaringan otot, peradangan, dan diikuti oleh pengeluaran enzim. Kerusakan ini akan menyebabkan adanya peningkatan terjadinya tegangan yang mengakibatkan menurunnya aktif motor unit selama kontraksi eksentrik. Untuk lebih memperjelas terjadinya DOMS maka dapat dilihat dalam gambar sebagai berikut:



Gambar 2.2 Proses terjadinya DOMS



BAB 3

KAJIAN TENTANG RECOVERY

Pemulihan dianggap sebagai multifaset (misalnya, fisiologis, psikologis) proses restoratif relatif terhadap waktu (Kellmann et al., 2018). Pemulihan olahraga akan menjadi bagian dalam intervensi program aktivitas fisik dan *recovery* yang dapat dimodifikasi dalam proses meningkatkan kebugaran fisik”. Sedangkan perkembangan teknologi saat ini, memudahkan masyarakat untuk melakukan kegiatan, sehingga mengakibatkan kurang bergerak yang mengakibatkan kurangnya kebugaran jasmani pada manusia disamping itu, bagi yang gemar berolahraga tidak jarang ditemukan menganggap remeh akan pemulihan setelah berolahraga (Fitrianto

& Habibie, 2023). Hal seperti ini sudah menjadi wajar, sekarang pandangan apabila lelah berolahraga atau aktivitas fisik pemahaman akan pulih semula hanya sebatas istirahat pasif, *the end of the loading component of the training session is an ideal time to introduce active recovery activities* (Calder, 2007), hal ini yang masih banyak tidak diketahui bahwa istirahat pasif untuk pemulihan akan sangat berbeda efeknya apabila dibandingkan dengan pemulihan aktif.

Program pemulihan olahraga, ada banyak opsi pemulihan pasca-olahraga saat ini tersedia yang bisa dilakukan, beberapa di antaranya adalah perendaman air dingin, peregangan, berjalan/atau lari kecil (pemulihan aktif), berenang atau berjalan di kolam renang, *sports massage*, tidur siang dan penggantian cairan/makanan. Meskipun secara umum sudah banyak atlet atau orang yang mengikuti pelatihan fisik melakukan pemulihan pasca-latihan, sepengetahuan penulis saat ini tidak ada yang melakukannya dengan program yang jelas berdasarkan kebutuhan pribadi dan sesuai *training load* terkait strategi pemulihan mana yang digunakan oleh peserta latihan fisik yang berbasis pada keilmuan yang benar. Selain itu belum ada kejelasan mengapa peserta latihan fisik mengambil bagian dalam strategi pemulihan dan mereka tidak mengetahui apa dampak efektifnya terhadap kemampuan recovery (pemulihan asal). "*The main recovery methods practically used by teams include nutritional practices (CHO, proteins, vitamins, creatine [Cr]), ergogenic aids, active recovery, stretching, hydrotherapy, compression garments, massage, psychological means, rest and sleep, and acupuncture*" (Calleja-González et al., 2016). Pengoptimalisasian pemulihan (recovery) pada saat latihan merupakan faktor penting untuk pemulihan pada kondisi fisik atlet (Rasyid & Agung, 2017).

Regenerasi dalam olahraga dan olahraga mengacu pada fisiologis aspek pemulihan dan idealnya mengikuti kelelahan fisik yang diinduksi dengan pelatihan atau kompetisi. Sering diterapkan dan ilmiah pendekatan regenerasi yang dievaluasi mencakup

strategi seperti perendaman air dingin (CWI) dan tidur. Sebaliknya, mental kelelahan (yaitu, kelelahan kognitif) terutama dapat dikompensasi dengan menggunakan strategi pemulihan psikologis seperti kognitif diri regulasi, aktivasi sumber daya, dan relaksasi psikologis teknik (Kellmann et al., 2018).

Proses recovery adalah proses istirahat untuk mengembalikan kondisi tubuh untuk melakukan aktivitas berikutnya (Arifushalat, 2019). Recovery penting untuk dilakukan karena kualitas recovery yang baik dapat meningkatkan performa atlet dan juga meningkatkan adaptasi fisiologis tubuh terhadap latihan fisik serta mengurangi risiko cedera. Tanpa adanya recovery yang baik, atlet dapat terkena cedera karena atlet butuh waktu lama untuk mengembalikan kondisi tubuh setelah latihan ke kondisi awal. Dalam istilah recovery dibagi menjadi 2, yaitu recovery aktif dan recovery pasif, yang pastinya kedua hal ini berbeda: (1) Recovery aktif. Recovery aktif adalah metode latihan dengan intensitas yang rendah. Recovery aktif mengacu pada pemulihan dari recovery pasif adalah metode latihan yang tidak melibatkan aktivitas atau diam atau aktivitas istirahat total. Jadi recovery pasif yaitu suatu aktivitas tanpa adanya kegiatan aktivitas fisik dengan cara diam atau istirahat total (duduk dan tidur) (Andriana et al., 2022).

Recovery aktif umumnya terdiri atas aktivitas aerobik dengan menggunakan berbagai cara, seperti bersepeda, jogging, atau berenang. Recovery aktif dinilai lebih baik dibandingkan dengan recovery pasif untuk menghilangkan laktat dengan cara meningkatkan aliran darah. Peningkatan aliran darah dapat meningkatkan distribusi oksigen dan proses oksidasi (Andriana et al., 2022). Proses oksidasi yang meningkat dapat meningkatkan proses eliminasi asam laktat dalam darah dan menghasilkan zat sisa berupa CO₂ dan air. Latihan intensitas tinggi dapat menyebabkan peningkatan kadar asam laktat dalam sirkulasi darah dan intramuskular. Asam laktat menandakan konsentrasi ion hidrogen. Peningkatan ion hidrogen dapat menghalangi proses glikolisis

sebagai sumber pemenuhan energi sehingga menghambat kontraksi otot dan menyebabkan kelelahan lebih cepat (Krumm et al., 2023).

Recovery pasif merupakan jenis pemulihan dalam olahraga. Recovery pasif bertujuan untuk memulihkan kondisi fisik atlet secepat mungkin setelah melakukan aktivitas olahraga. Metode ini berbeda dengan recovery aktif, saat recovery pasif atlet dianjurkan tidak melakukan kegiatan berat yang memicu aktivitas kontraksi otot yang berlebihan. Pemulihan diharapkan lebih optimal ketika atlet beristirahat penuh. Dalam beberapa penelitian, metode yang digunakan dalam recovery pasif yaitu dengan istirahat 5 sampai 20 menit tanpa melakukan aktivitas apapun (Sánchez-Otero et al., 2022).

Pemulihan pasif yang dimaksudkan dalam penelitian ini juga prosesnya hampir sama dengan pendinginan (cooling down). Menurut Sanchez, pemulihan pasif (rest-recovery) adalah waktu istirahat dalam suatu latihan yang tidak dipakai untuk melakukan latihan tetapi dengan istirahat duduk santai serta melakukan konsentrasi diri dan sugesti diri serta mengencangkan otot-otot tubuh, menarik napas atau oksigen dalam-dalam selama waktu istirahat dengan tujuan untuk relaksasi guna menghilangkan asam laktat selama masa pemulihan. Pemulihan pasif bertujuan untuk menenangkan diri secara psikologis serta menghilangkan asam laktat yang ada dalam darah dan otot tubuh, karena asam laktat adalah produksi sisa sementara yang menghambat pergerakan dan koordinasi kerja otot sehingga seseorang menjadi cepat lelah. Oleh karena itu, diperlukan cara pengurangan asam laktat dengan memasukkan oksigen (O₂) untuk mengoksidasi serta mengeliminir asam laktat yang menumpuk (Muhajirin L, M. L. 2016).

Recovery pasif merupakan cara fisiologis utama tubuh untuk istirahat dan melakukan pemulihan kerja. Fakta menunjukkan bahwa recovery pasif lebih banyak digunakan untuk melakukan pemulihan pasca aktivitas, hal ini disebabkan karena faktor kelelahan (Sánchez-Otero et al., 2022). Rata-rata kebutuhan untuk tidur adalah delapan sampai sembilan jam pada malam hari sesuai

dengan circadian sleep phase. Recovery atau pemulihan adalah proses mengembalikan sisa tubuh ke kondisi sebelum berolahraga (Syaefulloh Ivan & Purbodjati, 2022). Energi dalam bentuk ATP diperlukan untuk regenerasi, yang meliputi pengisian cadangan energi yang terkuras dan pembuangan asam laktat yang terakumulasi selama aktivitas fisik. Faktor regeneratif memainkan peran yang sangat penting dalam olahraga, terutama olahraga kompetitif. Setelah balapan, apalagi jika sudah maksimal atau terlalu lelah, cadangan energi tubuh akan terkuras. Jika tidak cukup fit untuk bertanding keesokan harinya akan lelah dan tidak dapat tampil di level tertinggi dan akan kalah dalam pertandingan. Itulah mengapa sangat penting untuk pulih setelah pertandingan, tidak kelelahan dan berada dalam kondisi terbaik sebelum pertandingan berikutnya. (Arifushalat, 2019).

Kelelahan selama aktivitas olahraga menjadi suatu permasalahan yang dapat berakibat menurunnya performa seseorang yang memiliki rutinitas dalam bidang olahraga baik aerobik maupun non aerobik. Kondisi ini dikaitkan dengan cadangan energi yang rendah dan kadar asam laktat yang tinggi dalam darah. Energi bertindak sebagai bahan bakar selama latihan, memungkinkan otot berkontraksi untuk performa maksimal (Keilani et al., 2016). Tujuan utama pemulihan pasca-olahraga adalah mengembalikan homeostasis fisiologis tubuh setelah berolahraga, termasuk mengembalikan kadar cairan, suhu tubuh, dan fungsi kardiovaskular (Kvist & Silbernagel, 2022).

Tanpa pemulihan yang tepat, atlet dapat melukai dirinya sendiri karena membutuhkan waktu lebih lama untuk pulih dari latihan. Ada dua jenis daur ulang, daur ulang aktif dan daur ulang pasif, yang jelas berbeda. Pemulihan aktif adalah metode latihan intensitas rendah. Pemulihan aktif adalah pemulihan dengan aktivitas ringan setelah latihan, sedangkan pemulihan pasif adalah metode latihan tanpa aktivitas, istirahat total, atau istirahat. Oleh karena itu, pemulihan pasif adalah aktivitas non-fisik yang disertai dengan imobilitas atau istirahat total (Mustofa, 2015). Pemulihan

aktif adalah suatu bentuk istirahat di mana seorang atlet terus melakukan aktivitas fisik dengan intensitas sangat rendah, seperti jogging atau berjalan, daripada duduk diam. Perawatan agresif ini membantu menghilangkan asam laktat yang menyebabkan kelelahan otot. Proses pemulihan aktif di sini sama dengan proses pendinginan. Pemulihan aktif dirancang untuk menghilangkan asam laktat dari darah dan otot tubuh, karena asam laktat adalah produk limbah sementara yang merusak gerakan dan koordinasi otot, menyebabkan kelelahan dan merusak kinerja (Arifushalat, 2019).

Pemulihan aktif seringkali termasuk latihan aerobik menggunakan berbagai metode, seperti bersepeda, jogging, dan berenang. Pemulihan aktif diyakini membersihkan laktat lebih baik daripada pemulihan pasif karena peningkatan aliran darah. Peningkatan aliran darah meningkatkan pengiriman oksigen dan proses oksidasi (Halsen, 2013). Peningkatan oksidasi sejalan dengan meningkatkannya berkurangnya asam laktat dalam darah serta menghasilkan polusi berupa CO₂ dan air. Latihan secara intensif meningkatkan sirkulasi darah dan kadar asam laktat di otot. Asam laktat merupakan wakil dari konsentrasi ion hidrogen. Meningkatnya ion hidrogen mengganggu proses glikolisis untuk sumber energi serta menghambat kontraksi otot kemudian menjadikan kelelahan (Dupuy et al., 2018). Pemulihan pasif adalah bentuk pemulihan selama latihan. Pemulihan pasif dirancang untuk memungkinkan atlet pulih dari latihan secepat mungkin. Pendekatan ini berbeda dengan pemulihan aktif, yang menyarankan atlet untuk tidak melakukan aktivitas berat yang dapat menyebabkan aktivitas otot yang berlebihan. Pemulihan diharapkan akan lebih optimal ketika atlet beristirahat dengan baik. Dalam beberapa penelitian, pemulihan pasif terdiri atas istirahat selama 5 hingga 20 menit tanpa aktivitas apa pun (Kvist & Silbernagel, 2022).

Pemulihan pasif dari penelitian juga memiliki proses yang mirip dengan pendinginan. Istirahat pemulihan adalah waktu

istirahat selama berolahraga yang tidak digunakan untuk berolahraga tetapi untuk pemulihan melalui istirahat, relaksasi duduk, perhatian dan sugesti, oksigen, pernapasan dalam, atau asam laktat pecah saat otot tubuh tegang. Tujuan pemulihan pasif adalah menenangkan pikiran dan menghilangkan asam laktat dari darah dan otot tubuh, produk sampingan sementara yang menghambat gerakan dan koordinasi otot serta menyebabkan kelelahan. Oleh karena itu, perlu dilakukan reduksi asam laktat dengan memasukkan oksigen (O₂) untuk mengoksidasi dan menghilangkan asam laktat yang terakumulasi (Muhajirin, 2016). Metode pemulihan efektif untuk memulihkan energi, denyut nadi dan kadar asam laktat setelah latihan maksimal (Muhajirin L, M. L. 2016). Fase pemulihan merupakan salah satu aspek penting dalam latihan olahraga. Pada fase pemulihan terjadi proses untuk mengembalikan keadaan tubuh ke kondisi awal atau kondisi sebelum latihan. Fase pemulihan yang tidak tuntas dapat menyebabkan keadaan sindrom latihan berlebih (*overtraining syndrome*) yang dapat menimbulkan dampak negatif terhadap berbagai fungsi biologis. Proses pemulihan merupakan proses yang luas dan kompleks, meliputi berbagai jenis dan tingkatan yaitu pada tingkat sistem, organ, seluler maupun molekuler (Arifushalat, 2019).

Salah satu penyebab lambatnya *recovery* adalah akumulasi asam laktat di dalam otot dan darah, tubuh kita memang mampu menerima adanya asam laktat dalam darah. Dalam hal ini prosedur *recovery* atau *cooling down* rutin menjadi penting, harus menjadi bagian yang integral dalam sesi-sesi latihan (Te Wierike et al., 2013). Pendinginan atau *cooling down* merupakan salah satu cara untuk mengembalikan serta memberi pengenduran terhadap otot-otot yang kaku dikarenakan faktor latihan, oleh karena itu proses ini dapat mengurangi timbulnya kelelahan (Mubarak, M., et All. 2020). Lama waktu fase pemulihan merupakan salah satu rujukan untuk menentukan tenggang waktu latihan fisik. Pada tingkat sistem, frekuensi denyut nadi merupakan parameter yang paling sering digunakan, sedangkan pada tingkat molekuler banyak digunakan

konsep dan parameter metabolisme energi. Dan bila seseorang berlatih secara berlebihan, denyut nadi maksimum yang dapat dicapainya akan menunjukkan penurunan. Denyut nadi saat istirahat akan menurun secara nyata pada atlet yang terlatih dengan baik. Tetapi ketika berlatih secara berlebihan denyut nadi istirahat akan naik.

Metode pasif dapat berkisar dari penerapan metode eksternal (misalnya dengan pemijatan) hingga penerapan keadaan istirahat yang ditandai dengan tidak aktif. Pemulihan aktif (misalnya, jalan, jogging) terutama melibatkan aktivitas fisik yang bertujuan untuk mengompensasi respons metabolik dari kelelahan fisik. Pemulihan proaktif (misalnya kegiatan sosial) menyiratkan tingkat penentuan nasib sendiri yang tinggi dengan memilih kegiatan yang disesuaikan dengan kebutuhan dan preferensi individu. Tingkat kelelahan tertentu yang mengakibatkan melampaui batas fungsional diperlukan untuk peningkatan kinerja dan dapat dikompensasi melalui pemulihan komprehensif. Jangkauan fungsional yang berlebihan menggambarkan penurunan kinerja jangka pendek tanpa tanda-tanda maladaptasi sebagai konsekuensi dari pelatihan intensif. Jika pemulihan yang sistematis dan individual tidak tercapai setelah pelatihan dan penjangkauan fungsional yang berlebihan, maka ketidakseimbangan yang terus menerus antara pemulihan yang tidak memadai dan tuntutan yang berlebihan dapat terjadi.

Manfaat Recovery dalam Olahraga

Ketika kita melakukan program latihan fisik yang berat, hal yang perlu diperhatikan selain terus menerus menggenjot latihan fisik adalah fase *recovery* (pemulihan) bagi atlet. Hal yang kadang tidak diketahui adalah pendapat bahwa dengan terus menerus menggenjot fisik tanpa memperhitungkan istirahat dengan tujuan untuk mendapat kualitas fisik yang tinggi adalah hal yang salah besar. Tubuh manusia itu memiliki batas kemampuan maksimal dan membutuhkan waktu untuk beristirahat, selain untuk

mengembalikan kekuatan otot, juga untuk meregenerasi otot-otot yang telah dirusak selama latihan, sehingga terbentuk otot baru yang memiliki kualitas yang lebih bagus dari sebelumnya. Berlatih merupakan kewajiban bagi seorang, setidaknya dua kali sehari. Rutinitas ini berdampak kepada atlet baik fisiologis maupun psikologis. Disini dituntut suatu pengaturan keseimbangan antara latihan, gaya hidup dan istirahat dari seorang atlet.

Faktor pemulihan sangat penting terhadap keberhasilan atlet. Karena pemulihan berkaitan dengan pembentukan cadangan energi dan kesegaran otot untuk menghadapi suatu pertandingan. Pengembangan teknik *recovery* pada dasarnya bertujuan untuk meningkatkan adaptasi atlet terhadap stress fisik maupun mental baik pada fase kompetisi maupun Latihan. *Loading - recovery* merupakan titik kunci dari proses latihan. Selain istirahat murni dengan pemuliharaan pasif, beberapa strategi dan metode telah diusulkan bagi olahragawan untuk meningkatkan pemulihan fungsi otot setelah latihan maupun kompetisi.

Optimalisasi masa *recovery sejalan dengan* kajian teoritik yang menyatakan bahwa pengondisian fisiologis atlet tidak hanya dilakukan pada masa latihan tapi juga pada masa *recovery* latihan, masa pertandingan, dan masa *recovery* antara pertandingan. Optimalisasi teknik *recovery* penting untuk dilakukan mengingat kualitas *recovery* yang baik dapat menurunkan kelelahan baik secara obyektif (indeks kelelahan) maupun subjektif (*rating of perceived exertion*), meningkatkan adaptasi fisiologis tubuh terhadap latihan fisik serta mengurangi risiko cedera. Pada akhirnya, tantangan kurang optimalnya masa *recovery* pada saat pertandingan harus dijawab dengan menemukan formulasi strategi *recovery* yang paling optimal. Pelatihan yang efektif memerlukan penanganan yang terus menerus, makna yang permanen dari *recovery*. *Recovery* mempercepat proses. Proses *recovery* adalah proses multidimensi yang tergantung pada faktor intrinsik dan ekstrinsik. Selama latihan atau masa pertandingan faktor pemulihan memegang peranan yang sangat penting. Dalam hal pengisian atau

pemulihan energi memerlukan waktu. Pemulihan atau *recovery* adalah mengembalikan kondisi tubuh untuk siap untuk melakukan suatu aktivitas berikutnya.

Tabel 3.1 Manfaat Metode Recovery pada pemain Basket (Calleja-González et al., 2016)

Study	Subjects	Exercise	Recovery	Measurement timing	Findings
Lin ZP (2009)	30 Male elite university basketball players	Heart rate (HR_{max}) Oxygen consumption (VO_{2max}) Blood lactate concentration	Acupuncture at the Neiguan (PC6) and Zusanli (ST36) acupoints	Beginning at 15 min prior to exercise and continuing until exhaustion	↓ HR_{max} , VO_{2max} and Blood lactate concentration
Montgomery PG (2008)	29 Male players	Performance tests (sprint and agility performance, vertical jump, 20-m acceleration, 20-m time, sit-and-reach flexibility)	Carbohydrate + stretching Cold-water immersion Full-leg compression garments	Pre and post 3-day tournament style basketball competition	Cold-water immersion: ↑ performance tests; than carbohydrate + stretching and full-leg compression garments.
Zhao J (2012)	20 Elite female basketball players	Pittsburgh Sleep Quality Index Serum melatonin 12-minute run	Red-light treatment	Baseline and post-intervention (14 days)	Improved sleep, serum melatonin level, and endurance performance
Delextrat A (2014)	9 Men + 8 women National-level basketball players	Countermovement jump (CMJ) and repeated sprint ability (RSA)	Massage Massage and stretching (MAS)	Immediately after a competitive match	Men: both treatments ↑ CMJ. Women: MAS ↑ RSA Women > men
Delextrat A (2013)	8 Men + 8 women National-level basketball players	CMJ and RSA	Massage Cold-water immersion	24 h after a competitive match	Cold-water immersion: ↑ CMJ



BAB 4

METODE-METODE PEMULIHAN

Recovery (pulih asal) adalah proses memulihkan otot dan bagian tubuh lainnya ke kondisi sebelum latihan fisik. Selama pemulihan (termasuk pengisian cadangan energi yang terkuras dan pengusaran/perubahan asam laktat yang terkumpul selama latihan fisik) memerlukan energi yang berupa ATP (Douwes, M., 2011).

Masa pemulihan adalah fase yang diperlukan tubuh untuk kembali ke keadaan semula dari keadaan latihan. Pemulihan harus menjadi satu dengan program kepelatihan secara menyeluruh. Masa pemulihan dan kegiatan fisik yang akan digunakan akan sangat berkaitan dengan tujuan dan sistem energi utama yang akan dikembangkan. Beban aktivitas fisik yang akan diterapkan pada saat

pemulihan tidak akan dapat disamaratakan untuk setiap individu. Faktor kemampuan individu, waktu pemulihan dan perbandingan antara kerja dengan masa pemulihan merupakan pertimbangan tersendiri.

Pemulihan dalam lomba atau pertandingan olahraga seringkali ditentukan oleh seberapa cepat pulihnya kondisi atlet dan secara umum seberapa cepat sistem energi dapat cepat pulih kembali. Pemulihan akan menjadikan seorang atlet kembali dengan penampilan terbaiknya. Dalam pemulihan terjadi pemulihan energi yang telah digunakan pada saat latihan maupun pada saat bertanding. Pada saat pemulihan terjadi pembentukan cadangan energi, diantaranya terbentuknya cadangan fosfagen dan cadangan glikogen.

Selama latihan dan pertandingan faktor pemulihan memegang peranan yang sangat penting. Setelah bertanding apalagi kalau pertandingannya harus “*all out*” atau sampai mengalami kelelahan yang berlebihan maka cadangan energi di dalam tubuh akan terkuras habis. Jika keesokan harinya harus bertanding lagi sedangkan pemulihannya kurang sempurna maka akan mengalami kelelahan dan tidak bisa tampil maksimal bahkan sampai kalah. Oleh sebab itu pemulihan harus dilakukan setelah pertandingan agar seseorang tidak mengalami kelelahan yang berlebihan dan dapat tampil maksimal pada pertandingan berikutnya.

Aktivitas fisik dengan intensitas tinggi yang dilaksanakan secara terus menerus dapat menimbulkan stres fisik. Dalam hal ini, fase pemulihan (*recovery*) diperlukan untuk membantu tubuh beradaptasi terhadap stres, meningkatkan kualitas fisik dan psikis sekaligus mengurangi risiko cedera. Masa *recovery* bagi atlet sangat vital untuk dilakukan pada masa latihan maupun masa kompetisi. Istirahat (*rest*) dan pemulihan (*recovery*) merupakan bagian penting dari rutinitas setiap latihan. Setelah latihan rutin pemulihan memiliki dampak besar pada keuntungan kebugaran dan kinerja dalam olahraga dan memungkinkan untuk berlatih jauh lebih efektif (Quinn, Elizabeth, 2011).

Selanjutnya, (Kellmann et al., 2018) membedakan antara pasif, aktif, dan pendekatan proaktif untuk pemulihan. Metode pasif dapat berkisar dari penerapan metode eksternal (misalnya, pijat) untuk menerapkan keadaan istirahat yang ditandai dengan tidak aktif. Aktif pemulihan (misalnya, *cooldown jogging*) terutama melibatkan aktivitas fisik ditujukan untuk mengompensasi respons metabolisme fisik kelelahan. Pemulihan proaktif (misalnya, kegiatan sosial) menunjukkan tingkat yang tinggi tingkat penentuan nasib sendiri dengan memilih kegiatan disesuaikan dengan kebutuhan dan preferensi individu.

Pemulihan dengan Nutrisi

Gizi adalah salah satu faktor penting untuk mendukung olahraga. Setiap zat gizi memiliki peran bagi tubuh dalam proses metabolisme. Asupan gizi yang lengkap dan porsi yang tepat akan membuat olahraga yang dilakukan menjadi lebih baik dan fungsi tubuh juga akan maksimal. Gizi adalah salah satu faktor penting untuk mendukung olahraga. Setiap zat gizi memiliki peran bagi tubuh dalam proses metabolisme. Asupan gizi yang lengkap dan porsi yang tepat akan membuat olahraga yang dilakukan menjadi lebih baik dan fungsi tubuh juga akan maksimal (Kesehatan RI, 2021)

Pengertian periodisasi gizi merupakan penatalaksanaan gizi selama masa periodisasi yang memiliki tujuan untuk mendukung latihan fisik pada atlet. Selain itu, waktu pemberian asupan zat gizi yang tepat pada atlet juga dapat mendukung peningkatan performa tubuh disebabkan karena asupan energi yang diberikan sesuai dengan kebutuhan atlet. Peran penting lainnya dari periodisasi gizi yaitu mendukung program latihan yang memerlukan berbagai perencanaan spesifik seperti perencanaan harian asupan zat gizi makro dan mikro yang harus disesuaikan berdasarkan jenis olahraga, posisi atlet, olahraga yang digeluti, komposisi tubuh, dan berat badan atlet. Selain zat gizi makro dan mikro, asupan lainnya

yang umum dikonsumsi para atlet adalah suplemen (Kesehatan RI, 2021).

Strategi pemulihan, baik pada populasi Masyarakat umum maupun pada atlet, harus diarahkan pada penyebab utama kelelahan. Setiap aktivitas fisik melibatkan peningkatan metabolisme dan fungsi sistem fungsional tubuh kita. Ada banyak penelitian tentang protein, asam amino, prinsip langsung dan pengatur metabolisme (vitamin dan mineral) yang telah menunjukkan pentingnya dan efektivitasnya dalam pemulihan otot.

Selama latihan intensif, otot mengalami kelelahan dan kelemahan selama periode waktu yang terbatas. Proses ini diperparah dalam kasus subjek yang tidak berolahraga secara teratur (tidak terlatih), serta selama latihan yang sangat intens. Dalam kasus khusus ini, kerusakan otot mungkin membutuhkan waktu berhari-hari untuk pemulihan. Melakukan proses pemulihan melalui intervensi gizi dapat menjadi kunci, baik pada masyarakat umum maupun pada atlet khususnya. Pemulihan yang lebih cepat dan lebih efisien akan memungkinkan atlet untuk berlatih lebih keras dan merespons latihan dengan lebih positif, di mana asupan nutrisi yang memadai sangat penting.

Setiap program pelatihan didasarkan pada tiga prinsip utama yaitu (1) intensitas (2) frekuensi dan (3) durasi. Dari ketiga prinsip ini, frekuensi mungkin yang paling penting karena stimulasi berulang mendorong proses adaptasi. Oleh karena itu, atlet elit dan profesional berlatih lebih dari yang mereka lawan untuk mengatasi beban pelatihan mereka, penting bagi mereka untuk pulih dengan cepat. Penting juga bagi mereka yang melakukan olahraga rekreasi atau olahraga untuk kesehatan agar cepat pulih sehingga terhindar dari sisa kelelahan dan dampak negatifnya terhadap vitalitas dan semangat mereka untuk aktivitas fisik.

Strategi untuk mengoptimalkan pemulihan dari latihan bergantung pada olahraga atau jenis latihan tertentu, intensitas dan durasinya, serta waktu antara sesi latihan atau kompetisi. Pemulihan yang sukses melibatkan banyak proses fisiologis dan

metabolisme yang bertindak bersama untuk mempersiapkan atlet untuk latihan berikutnya. Namun, persyaratan penting untuk pemulihan jangka pendek yang berhasil adalah (1) resintesis simpanan karbohidrat tubuh (2) rehidrasi, dan (3) istirahat yang cukup. Kembalinya kinerja adalah ukuran yang jelas dari keberhasilan pemulihan.

Peran Glikogen Otot dalam Metabolisme Selama Latihan Intens

Selama bersepeda dengan kecepatan konstan atau berlari dengan intensitas sedang, misalnya $\sim 70\%$ VO_2 max, karbohidrat dan lemak adalah bahan bakar utama untuk produksi energi. Kontribusi karbohidrat terutama berasal dari simpanan glikogen di otot rangka dan, pada tingkat yang lebih rendah, dari glukosa hepatik. Kontribusi lemak untuk metabolisme energi merupakan konsekuensi dari oksidasi asam lemak dari sel jaringan adiposa serta dari kumpulan trigliserida intramuskular. Selama sprint selama beberapa detik, penggantian cepat ATP berenergi tinggi disediakan oleh degradasi glikogen otot dan fosfokreatin (PCr). Saat olahraga terus berlanjut, oksidasi asam lemak meningkat dalam upaya untuk memastikan produksi ATP yang cepat dan berkelanjutan. Namun pengaturan metabolisme lemak ini tidak memadai untuk menutupi tingkat produksi ATP yang tinggi yang dibutuhkan untuk latihan yang intens. Kontribusi glukosa darah untuk metabolisme otot meningkat, tetapi juga tidak memadai untuk mempertahankan latihan intensitas tinggi, bahkan ketika konsentrasi glukosa darah yang tinggi dipertahankan selama latihan dengan infus glukosa (Claassen et al. 2005).

Sebagai konsekuensi dari tingkat produksi ATP yang menurun, atlet tidak dapat lagi berlari pada kecepatan lari optimalnya (Hargreaves, 2005). Mengurangi kecepatan lari memungkinkan asam lemak dan oksidasi glukosa menjadi bahan bakar resintesis ATP yang memungkinkan atlet untuk terus berlari. Namun, lari dengan kecepatan rendah pun tidak dapat berlanjut

tanpa batas waktu karena penurunan glukosa darah dan timbulnya hipoglikemik. Glukosa darah adalah bahan bakar utama untuk otak dan sistem saraf pusat. Oleh karena itu, tidak mengherankan jika otak akan melakukan tindakan yang melindungi suplai bahan bakar esensial ini. Menghambat perekrutan unit motorik selama latihan adalah salah satu tindakan yang membantu melindungi konsentrasi glukosa darah (Matsui et al. 2011). Mungkin ada cara lain di mana otak mengatur kapasitas olahraga untuk melindungi pasokan bahan bakar esensialnya dari pengurangan yang tidak dapat diperbaiki.

Pemulihan Glikogen Otot: Pemberian Karbohidrat pada Fase Awal Pemulihan

Resintesis glikogen dimulai segera setelah latihan dan paling cepat selama 5-6 jam pertama pemulihan (Goforth et al. 2003; Piehl 1974), sehingga tidak mengherankan jika makan karbohidrat segera setelah latihan mempercepat proses pemulihan. Setelah meninjau studi awal tentang resintesis glikogen Ivy (1991) menyarankan bahwa mengonsumsi sekitar 1 sampai 1,5 g karbohidrat/kg berat badan, dikonsumsi segera setelah latihan dan pada interval 2 jam sampai makan berikutnya memaksimalkan resintesis glikogen. Pengaturan waktu asupan karbohidrat penting karena resintesis glikogen segera setelah latihan paling cepat.

Aktivitas kontraktif otot rangka menurunkan simpanan glikogen dan sebagai konsekuensinya merangsang pelepasan protein pengangkut glukosa (GLUT 4) dari tempat penyimpanan intra-seratnya dan meningkatkan aktivitas enzim glikogen sintase. Translokasi pengangkut GLUT4 ke membran mempercepat pengangkutan glukosa ke dalam serat otot di mana ia melewati proses anabolik resintesis glikogen. Aktivasi transporter GLUT4 diperpanjang saat karbohidrat dikonsumsi setelah latihan karena peningkatan konsentrasi insulin plasma. Reseptor insulin pada membran serat menyebabkan proses pensinyalan yang memperpanjang aktivasi transporter GLUT4 dan pengambilan glukosa diperpanjang selama berjam-jam setelah latihan.

Konsekuensinya adalah resintesis terus mengisi simpanan glikogen. Inilah alasan mengapa makan karbohidrat segera setelah berolahraga sangat dianjurkan (Jensen dan Richter 2011).

Sebagian besar penelitian tentang penyimpanan glikogen setelah berolahraga menggunakan pria sebagai subjek. Studi sebelumnya tentang pemuatan karbohidrat pada wanita menunjukkan bahwa mereka tidak dapat meningkatkan konsentrasi glikogen otot (Tarnopolsky et al. 1990), atau setidaknya tidak pada tingkat yang sama seperti yang terjadi pada pria (Walker et al. 2000). Namun, penelitian selanjutnya menunjukkan bahwa ketika asupan karbohidrat pria dan wanita dicocokkan dengan hati-hati, kedua jenis kelamin meningkatkan simpanan glikogen mereka ke nilai supra-normal yang serupa (James et al. 2001).

Penting juga untuk dicatat bahwa tingkat resintesis glikogen tidak hanya bergantung pada jumlah karbohidrat yang dikonsumsi setelah latihan tetapi yang lebih penting pada intensitas dan durasi latihan (Price et al. 2000). Semakin rendah simpanan glikogen pasca latihan, semakin besar kebutuhan untuk mengonsumsi karbohidrat dalam jumlah yang lebih besar. Namun bila olahraga tidak berkepanjangan atau intens maka tidak perlu mengonsumsi karbohidrat dalam jumlah besar selama masa pemulihan.

Menambahkan protein dan beberapa asam amino ke karbohidrat meningkatkan konsentrasi insulin ke nilai yang lebih tinggi daripada yang dicapai dengan mengonsumsi karbohidrat dalam jumlah yang sama (van Loon et al. 2000a; Zawadzki et al. 1992). Ivy et al termasuk yang pertama melaporkan bahwa mengonsumsi campuran karbohidrat-protein segera setelah latihan meningkatkan tingkat resintesis glikogen otot pasca latihan di luar yang terjadi dengan karbohidrat saja (Fogt dan Ivy 2000; Ivy et al. 2002; Zawadzki et al. 1992). Namun, penelitian awal ini tidak cocok dengan asupan energi total saat membandingkan tingkat resintesis glikogen antara konsumsi karbohidrat saja setelah berolahraga, karbohidrat plus protein, dan plasebo. Kegagalan serupa untuk mencocokkan asupan energi selama pemulihan merusak

kesimpulan mereka bahwa kapasitas olahraga lebih besar saat menelan campuran karbohidrat-protein dibandingkan dengan minuman olahraga karbohidrat (Williams et al. 2003).

Tidak semua penulis melaporkan bahwa resintesis glikogen setelah konsumsi campuran karbohidrat-protein segera setelah latihan lebih baik daripada setelah mengonsumsi karbohidrat dalam jumlah yang setara dengan energi (Carrithers et al. 2000; Jentjens et al. 2001; van Hall et al. 2000; van Loon dkk. 2000b). Dalam penelitian yang lebih baru, Bangsbo dan rekannya meneliti apakah mengonsumsi karbohidrat dan campuran protein whey meningkatkan resintesis glikogen otot empat puluh delapan jam setelah pertandingan sepak bola kompetitif (Gunnarsson et al. 2013). Mereka tidak dapat mengonfirmasi resintesis glikogen yang lebih besar ketika diet pemulihan normal pemain sepak bola mengandung protein whey dan karbohidrat tambahan dibandingkan dengan peningkatan karbohidrat saja. Studi awal yang mempromosikan manfaat menambahkan protein ke karbohidrat selama pemulihan dari latihan menggunakan peningkatan kapasitas latihan selanjutnya sebagai bukti tidak langsung dari resintesis glikogen yang lebih besar. Namun, temuan ini belum didukung secara luas (Betts dan Williams 2010; McLellan et al. 2014).

Bukti yang ada tidak mendukung manfaat kinerja dari mengonsumsi campuran karbohidrat-protein setelah latihan namun beberapa penulis menyarankan mereka akan menurunkan tingkat nyeri otot setelah latihan. Namun demikian, bobot bukti yang tersedia tidak mendukung manfaat yang diusulkan ini (Pasiakos et al. 2014).

Setelah latihan kekuatan, keseimbangan dinamis antara sintesis protein dan degradasi cenderung mendukung sintesis protein. Mengonsumsi protein setelah latihan kekuatan menyediakan substrat untuk proses sintesis yang dipercepat (Phillips 2011). Manfaat dari peningkatan sintesis protein tidak terlihat dalam periode pemulihan yang singkat karena diperlukan

waktu yang sangat lama untuk pembentukan protein baru yang melayani berbagai fungsi biologis. Namun demikian, mengonsumsi campuran karbohidrat-protein (4:1) menyediakan substrat untuk menutupi glikogen yang digunakan selama latihan serta untuk sintesis protein.

Suplementasi karbohidrat selama 4 jam pemulihan

Dalam olahraga tim multi-sprint profesional seperti sepak bola, tenis lapangan, rugby, hoki lapangan dan es, dan bola basket, hanya satu permainan atau pertandingan yang biasanya dimainkan setiap hari. Namun, dalam turnamen atau kompetisi kejuaraan di beberapa cabang olahraga, pemain mungkin harus bertanding lebih dari satu kali dengan waktu pemulihan hanya beberapa jam di antara pertandingan. Dengan tidak adanya studi tentang pengaruh nutrisi pada pemulihan dalam keadaan ini, tampaknya masuk akal untuk menyarankan agar atlet menerapkan rekomendasi nutrisi yang sama yang ditawarkan kepada atlet ketahanan. Seperti disebutkan sebelumnya, atlet disarankan untuk meminum minuman olahraga yang diformulasikan dengan baik segera setelah berolahraga dan dengan interval 30 menit selama masa pemulihan.

Namun, ketika pemulihan sangat singkat maka pemulihan pasca-olahraga menyatu dengan persiapan nutrisi sebelum berolahraga. Makanan sebelum olahraga yang dianjurkan adalah makanan tinggi karbohidrat yang mudah dicerna dan memiliki kandungan serat yang rendah sehingga tidak menyebabkan gangguan saluran cerna. Makanan karbohidrat indeks glikemik tinggi (HGI) diserap dan dicerna lebih cepat daripada makanan karbohidrat indeks glikemik rendah (LGI). Misalnya ketika glikogen otot rangka dinilai tiga jam setelah pelari menelan sarapan karbohidrat HGI atau LGI (2,5g/kg berat badan), konsentrasinya meningkat sekitar 15% sedangkan tidak ada peningkatan terukur setelah makan LGI (Wee et al. 2005).

Rehidrasi

Segera setelah berolahraga kebanyakan atlet umumnya lebih memilih untuk minum cairan daripada mengonsumsi makanan padat. Pilihan ini membantu merehidrasi atlet, yang merupakan bagian penting dari proses pemulihan. Volume, jenis, dan waktu cairan yang tertelan selama periode pemulihan singkat (misalnya, hanya beberapa jam) merupakan pertimbangan penting untuk keberhasilan rehidrasi dan olahraga selanjutnya. Agar dapat terhidrasi sepenuhnya selama pemulihan jangka pendek, atlet harus minum setara dengan 150% volume massa tubuh yang hilang melalui keringat (Shirreffs dan Maughan, 2000) karena cara ginjal menangani beban cairan. Cairan yang paling efektif dalam merehidrasi atlet setelah berolahraga adalah minuman olahraga (*sport drink*) yang diformulasikan dengan baik daripada air putih (Gonzalez-Alonso et al., 1992). Minum minuman olahraga segera setelah berolahraga tidak hanya menyediakan cairan, tetapi karbohidrat membantu memulai proses resintesis glikogen dan natrium dalam minuman olahraga meningkatkan retensi cairan dalam tubuh.

Tampaknya ketika durasi pemulihan singkat, misalnya ~4 jam, atlet harus meminum minuman isotonis dalam jumlah yang sesuai (150% dari penurunan berat badan) dalam porsi yang dialokasikan selama periode pemulihan; mereka seharusnya tidak hanya mengonsumsi minuman secepat mungkin. Ketika atlet diizinkan untuk minum minuman isotonis dalam volume yang diperlukan secara sukarela, mereka mengonsumsi sebagian besar volume segera setelah berolahraga, dan kapasitas daya tahan mereka selama sesi latihan berikutnya lebih sedikit daripada saat asupan cairan dicerna selama periode pemulihan 4 jam. seperti yang ditentukan (Wong et al. 1998). Oleh karena itu, penting untuk mengembangkan rencana rehidrasi sebagai bagian dari strategi pemulihan agar berhasil mempersiapkan putaran latihan berikutnya baik dalam pelatihan atau kompetisi.

Pemulihan simpanan glikogen otot mendukung pemulihan kapasitas daya tahan untuk latihan intensitas sedang hingga tinggi. Oleh karena itu, mengonsumsi karbohidrat yang cukup setelah olahraga intens yang berkepanjangan merupakan bagian penting dari setiap strategi pemulihan. Asupan karbohidrat yang dibutuhkan untuk menggantikan penurunan besar glikogen otot dalam waktu 24 jam adalah sekitar 10 g/kg/hari (Burke et al., 2011). Ketika asupan karbohidrat harian kurang dari 4 g/kg/hari, itu tidak cukup untuk mendukung latihan submaksimal harian yang berkepanjangan (Kirwan et al. 1988; Pascoe et al., 1990). Ketika pemulihan berlangsung singkat, masih ada keuntungan yang didapat dari mengonsumsi minuman olahraga yang dapat memberikan setara dengan 1—1,2 g karbohidrat/kg/jam karena akan mempercepat resintesis glikogen, membantu proses rehidrasi, dan bermanfaat bagi kinerja selama latihan berikutnya. Ketika atlet mengalami nyeri setelah berolahraga, pemulihannya mungkin tertunda, tidak hanya karena nyeri itu sendiri, tetapi juga karena laju resintesis glikogen mungkin lebih lambat.

Pemuliahan dengan Metode Masase

Kata *massage* berasal dari kata Arab “*mash*” yang berarti “*menekan dengan lembut*” atau kata Yunani “*massien*” yang berarti “*memijat atau melulut*”. Selanjutnya *massage* disebut pula sebagai ilmu pijat atau ilmu lulut. Dalam bahasa Indonesia, tulisan “*massage*” diadaptasi menjadi *masase*. Para pelaku *massage* biasa disebut sebagai *masseur* untuk pria dan *masseus* untuk wanita yang diambil dari bahasa Perancis. Lahirnya *massage* tidak diketahui secara pasti, yang jelas *massage* dimulai bersamaan dengan kelahiran manusia itu sendiri. Hal ini ditandai dengan adanya gambar-gambar peninggalan zaman dahulu pada dinding kuno ataupun buku-buku kuno yang berhubungan dengan kedokteran. Di Mesir dan Libya sekitar abad ke-12 telah dikenal *massage* dengan cara menggosok dan memukul. Sedangkan *massage* sendiri telah dikenal

perawatan masase di sekolah pendidikan jasmani kedokteran tepatnya di Cina kuno.

Yunani kuno sendiri *massage* sendiri sudah dikenal tapi caranya berbeda, diawali dengan menggosok dan memijat yang minyaknya yang terbuat dari minyak yang bahan dasarnya air wangi atau tanam-tanaman. Dari Yunani *massage* yang cukup sistimatis dilanjutkan oleh bangsa Romawi. Di India kuno sendiri masase digunakan sebagai upacara keagamaan. Sedangkan di Rusia kuno *massage* dilakukan dengan cara memukul seluruh tubuh dengan alat yang terbuat dari kayu diselingi asap tanaman yang dibakar. Sedangkan *massage* olahraga sendiri di Roma kuno dan Yunani kuno dilakukan didalam gedung olahraga hal ini dimaksudkan untuk menjagah kelelahan tubuh stres dan mengistirahatkan otot setelah latihan dengan menggunakan minyak dan air wangi setelah mandi (Purnomo, 2015).

Massage (pijatan) adalah suatu pijatan yang dilakukan untuk membantu mempercepat proses pemulihan dengan menggunakan sentuhan tangan dan tanpa menggunakan obat kedalam tubuh yang bertujuan untuk meringankan atau mengurangi keluhan atau gejala-gejala pada beberapa penyakit yang merupakan indikasi untuk di pijat. Tujuan dari pada teknik manipulasi tangan (*massage*) antara lain adalah untuk pengurangan rasa nyeri, perbaikan fleksibilitas, relaksi otot, dan perbaikan sirkulasi darah (Kemrianus Zebua & Agustina, 2021).

Massage merupakan unsur yang sangat penting dan berharga jika diterapkan kedalam latihan-latihan bagi para atlet dengan efek rangsangan terhadap fungsi-fungsi tubuh dan penyesuaiannya terhadap latihan yang semakin lama menjadi semakin berat. Juga untuk memulihkan kondisi badan yang lelah setelah mengalami aktivitas dengan waktu yang secepat-cepatnya ke dalam keadaan seperti semula. Massage sangat berharga untuk tubuh apabila dilakukan setiap hari. Karena *massage* mempertahankan kesehatan dan menambah baiknya fungsi tubuh, selain itu masase juga mempunyai fungsi dalam pengembalian dan penyembuhan

beberapa kerusakan sebagai akibat suatu kecelakaan (Kemrianus Zebua & Agustina, 2021).

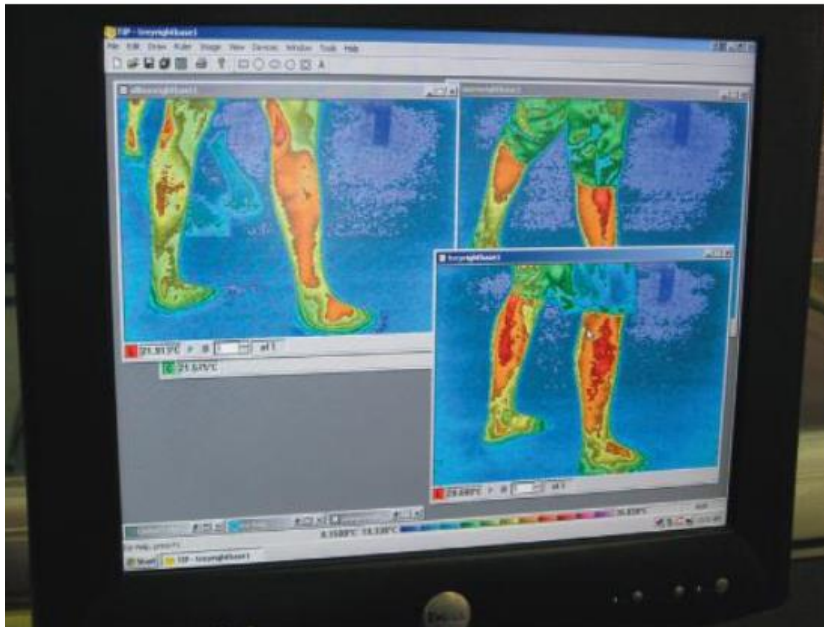
Aktivitas olahraga yang di Indonesia secara berkesinambungan semakin berkembang dari tahun ke tahun. Semua cabang olahraga telah tersebar dan terkenal sampai ke berbagai pelosok tanah air. Dengan demikian, perhatian yang dilakukan oleh pemerintah akan sarana prasarana penunjang dan kondisi para atlet kita semakin lama harus semakin membaik dan dapat sejajar dengan perkembangan prestasi olahraga baik nasional maupun internasional. Salah satu usaha yang penting dalam persiapan dan pemeliharaan kondisi fisik adalah *massage*. *Massage* merupakan unsur yang sangat penting dan berharga jika diterapkan kedalam latihan-latihan bagi para atlet dengan efek rangsangan terhadap fungsi-fungsi tubuh dan penyesuaianya terhadap latihan yang semakin lama menjadi semakin berat. Juga untuk memulihkan kondisi badan yang lelah setelah mengalami aktivitas dengan waktu yang secepat-cepatnya ke dalam keadaan seperti semula (Purnomo, 2015).

Massage sangat berharga untuk tubuh apabila dilakukan setiap hari. Karena *massage* mempertahankan kesehatan dan menambah baiknya fungsi tubuh, selain itu *massage* juga mempunyai fungsi dalam pengembalian dan penyembuhan beberapa kerusakan sebagai akibat suatu kecelakaan. Semua itu dilakukan atas nasehat seorang dokter atau pelatih, tapi juga oleh sebagian besar olahragawan. Seperti yang diungkapkan oleh Bompa (1999) dan Sharkey (2002: 166) bahwa olahragawan/atlet setiap harinya harus selalu dituntut untuk mempunyai kondisi fisik yang prima diantaranya: menjaga kebugaran pada otot yang digunakan untuk kekuatan, kecepatan, kelincahan, koordinasi, daya ledak, kelentukan, keseimbangan, ketepatan, daya tahan dan reaksi.

Banyak cara yang dapat dilakukan ketika mengalami kelelahan dan untuk mempercepat pemulihan setelah aktivitas salah satunya adalah dengan metode *massage*. Dengan perawatan yang sering dilakukan oleh atlet adalah dengan *Swedish massage* yang

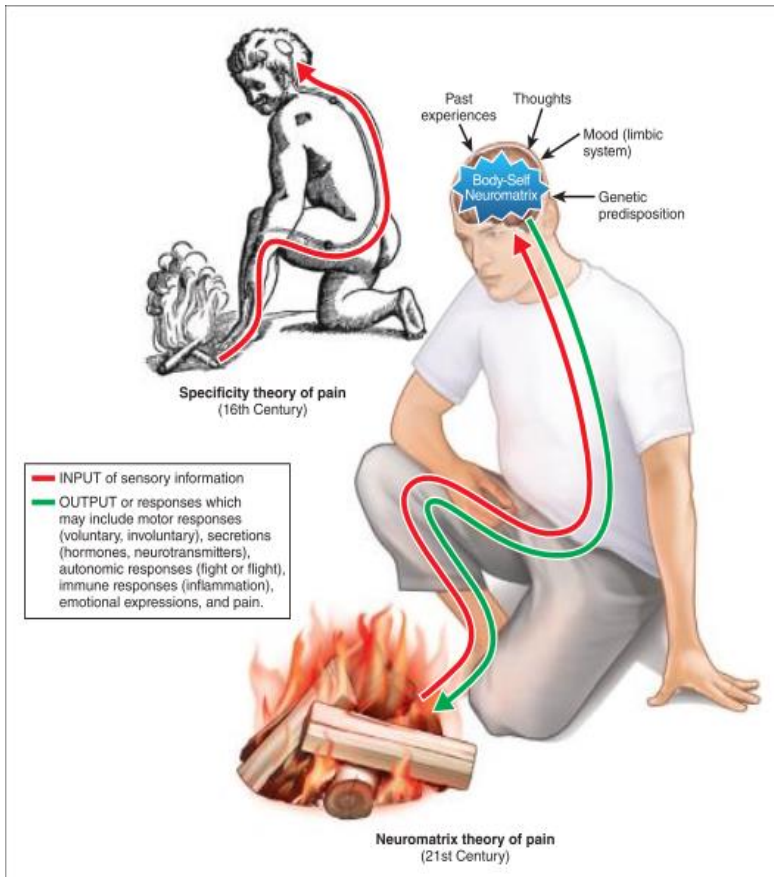
bertujuan untuk mengurangi ketegangan otot akibat aktivitas latihan ataupun bertanding. Ketegangan otot yang terjadi dipengaruhi oleh asam laktat dalam darah akibat proses tubuh mengeluarkan energi. *Swedish massage* adalah suatu pijatan yang dilakukan seorang *massage* untuk membantu mempercepat proses pemulihan dengan menggunakan sentuhan tangan dan tanpa memasukkan obat ke dalam tubuh yang bertujuan untuk meringankan atau mengurangi keluhan atau gejala pada beberapa macam penyakit yang merupakan indikasi untuk di pijat. Tujuan dari teknik manipulasi tangan (*massage*) antara lain adalah rileksasi otot, perbaikan fleksibilitas, pengurangan nyeri, dan perbaikan sirkulasi darah (Wiyoto, 2011).

Manfaat fisiologis tersebut telah banyak digunakan atlet baik untuk mendukung performa fisik maupun untuk tujuan lain seperti pencegahan, terapi dan rehabilitasi cedera maupun dampak negatif dari olahraga. Efek fisiologis dari terapi pijat meliputi cara pemijatan mengubah fungsi tubuh, seperti penurunan tekanan darah dan detak jantung, perubahan hormon dan neurotransmitter level, dan peningkatan rentang gerak sendi (ROM) di sekitar sendi. Banyak efek yang dianggap sebagai hasil manual kekuatan yang diberikan pada jaringan, seperti dengan meremas, mendorong, menarik, menggosok, meregangkan, dan menekan. Sambil memahami lagi tentang satu spesifik fisiologis memengaruhi, Kami Bisa mengeksplorasi terkait efek dan meningkatkan kita memahami bahkan lagi. Misalnya, terapi pijat memengaruhi aliran darah pada otot rangka. Tidak akan memijat juga mempromosikan perubahan oksidasi jaringan, pertukaran nutrisi, dan limbah pemindahan? Sangat mudah untuk melihat bagaimana temuan dalam satu penelitian mengarah pada hal tersebut lebih banyak penelitian dan pemahaman yang lebih baik tentang pijat (Susan et al., 2016).



Gambar 4.1 Efek pijatan terhadap peningkatan aliran darah (Susan et al., 2016)

Efek psikologis dari pijatan termasuk yang paling banyak didokumentasikan dan termasuk berkurangnya tingkat kecemasan dan stres dan rasa sejahtera yang meningkat. Konsep psikologis abstrak, seperti kecemasan dan stres, dapat dengan mudah diukur melalui kuesioner, survei, dan wawancara. Namun, menerjemahkan pikiran dan perasaan ke dalam nilai numerik adalah sulit, itulah sebabnya mengukur faktor psikologis adalah hal yang sulit lebih menantang dibandingkan faktor fisiologis. Meskipun begitu, efek psikologis memengaruhi hasil fisiologis. Klien di bawah banyak tekanan psikologis akan menghasilkan peningkatan kortisol dan hormon lainnya. Hal ini dapat memengaruhi hasil fisiologis yang diharapkan dari terapi pijat perlakuan.



Gambar 4.2 Model Teori Nyeri (Susan et al., 2016)

Kata *massage* berasal dari kata Arab “*mash*” yang berarti “*menekan dengan lembut*” atau kata Yunani “*massien*” yang berarti “*memijat atau melulut*”. Selanjutnya *massage* disebut pula sebagai ilmu pijat atau ilmu lulut. Dalam bahasa Indonesia, tulisan “*massage*” di adaptasi menjadi *masase*. Para pelaku *massage* biasa disebut sebagai *masseur* untuk pria dan *masseus* untuk wanita yang diambil dari bahasa Perancis.

Lahirnya *massage* tidak diketahui secara pasti, yang jelas *massage* dimulai bersamaan dengan kelahiran manusia itu sendiri. Hal ini ditandai dengan adanya gambar-gambar peninggalan zaman dahulu pada dinding kuno ataupun buku-buku kuno yang

berhubungan dengan kedokteran. Di Mesir dan Libya sekitar abad ke-12 telah dikenal *massage* dengan cara menggosok dan memukul. Sedangkan *massage* sendiri telah dikenal perawatan masase di sekolah pendidikan jasmani kedokteran tepatnya di Cina kuno. Yunani kuno sendiri *massage* sendiri sudah dikenal tapi caranya berbeda, diawali dengan menggosok dan memijat yang minyaknya yang terbuat dari minyak yang bahan dasarnya air wangi atau tanam-tanaman.

Dari Yunani *massage* yang cukup sistematis dilanjutkan oleh bangsa Romawi. Di India kuno sendiri masase digunakan sebagai upacara keagamaan. Sedangkan di Rusia kuno *massage* dilakukan dengan cara memukul seluruh tubuh dengan alat yang terbuat dari kayu diselingi asap tanaman yang dibakar. Sedangkan *massage* olahraga sendiri di Roma kuno dan Yunani kuno dilakukan didalam gedung olahraga hal ini dimaksudkan untuk menjaga kelelahan tubuh stres dan mengistirahatkan otot setelah latihan dengan menggunakan minyak dan air wangi setelah mandi.

Sejarah *massage* terungkap dengan penemuan artefak oleh para arkeolog yang menunjukkan penggunaan *massage* di sejumlah wilayah di dunia. Meskipun tidak ada bukti pre-historis langsung yang menjelaskan penggunaan *massage* untuk alasan-alasan medis, bukti tidak langsung sangat jelas menunjukkan kaitan *massage* dengan medis. Lukisan-lukisan di gua Eropa (abad 15000 SM) misalnya, menunjukkan apa yang bisa disebut sebagai kegunaan sentuhan terapi. Pijat telah terkenal di seluruh dunia sebagai bentuk pengobatan dengan sentuhan, baik itu dengan menekan, mengurut dan sebagainya. Pijat populer di masyarakat selain karena manfaatnya bagi tubuh, tetapi juga karena sentuhan tangan dianggap memiliki energi penyembuh dan dapat menimbulkan perasaan nyaman.

Praktik *massage* diterapkan di bidang olahraga, pertama kali dilakukan di Yunani. Pada saat itu *massage* digunakan sebagai salah cara dan metode yang sangat penting ketika pemeliharaan kesehatan pada olahragawan atau atlet. Sedangkan di Cina tercatat

bahwa *massage* telah berkembang sejak 3000 tahun SM. Kepercayaan pada saat itu bahwa *massage* dapat dijadikan untuk meningkatkan sirkulasi darah, memperbaiki kondisi hormonal, sebagai penenang atau perangsang saraf, dan sebagai pengobatan bermacam-macam penyakit. Di negara berkembang dan maju pada saat itu *massage* digunakan oleh masyarakat sebagai cara atau teknik penyembuhan cedera, orang sakit yang dialami oleh olahragawan atau atlet yang berguna untuk mengembalikan kebugaran dan mencapai performa puncaknya. Seorang dokter Swedia Gustaf Zander pada saat itu menciptakan tahapan *massage* yang sampai saat ini masih digunakan dan terus berkembang seiring perkembangan zaman dan banyak dipakai diseluruh dunia. Dalam perkembangannya dokter-dokter dari Yunani mempraktikkan *massage* yang dipersiapkan khusus sebagai persiapan fisik dari atlet negara tersebut serta digunakan untuk melawan kelelahan setelah atlet tersebut melakukan aktivitas fisik yang berat. Dari hasil analisis yang dilakukan oleh dokter yang bernama Celcius menunjukkan bahwa gerakan *effleurage*, *petrissage* dan *friksi* pada bagian tubuh akan ada pengaruhnya terhadap kapasitas atlet terutama pada organ pernapasan. Sehingga dianjurkan penggunaan masase pada olahragawan (*Swedish massage*) sebelum latihan, saat berlatih dan sesudah latihan olahraga yang berat (Johnson,1995; Rachim, 1988; Salvano, 1999). Akhir-akhir ini masase yang berkembang di seluruh dunia dan dipakai oleh kalangan olahragawan adalah *Swedish massage*.

Swedish Massage

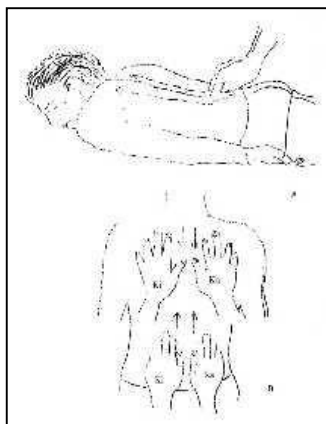
Swedish massage merupakan teknik masase yang pada saat ini lebih sering dipakai oleh atlet sebelum, selama, dan sesudah pertandingan atau latihan. Setelah melaksanakan latihan atau setelah pertandingan atlet sangat merasakan manfaat *massage* ini untuk mengatasi kelelahan dan mengembalikan kebugaran (Johnson, 1995; Salvano, 1999). Manipulasi yang dikerjakan saat jeda dalam bertanding biasanya hanya terdiri atas manipulasi

menggosok, memukul, dan menggoncang kemudian ditutup dengan menggosok pada daerah sekelompok otot yang sering digunakan dalam olahraga. Waktu dan frekuensi manipulasi tergantung lama waktu jeda untuk istirahat, pada waktu itulah manipulasi dilakukan.

Teknik dasar *massage* terdiri atas:

1. *Effleurage* (menggosok)

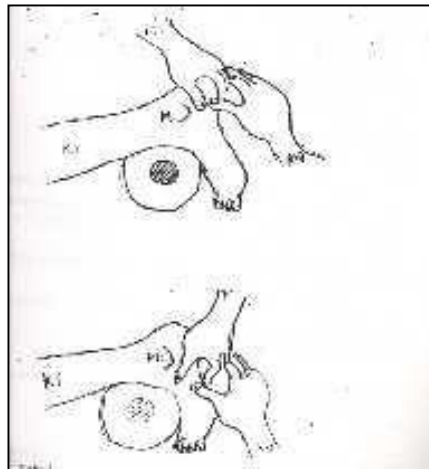
Adalah gerakan dengan cara mengurut mengusap secara ritmis atau berirama dan berurutan dari arah bawah ke atas. *Effleurage* dilakukan dengan telapak tangan dan jari merapat. Pada saat tangan melakukan gerakan di atas permukaan tubuh diharuskan gerakan mengikuti kontur tubuh dan seirama tanpa gerakan terputus. Pada saat melakukan gerakan *effleurage* ini dilakukan dengan gerakan ringan, tetapi tekanan akan semakin kuat ketika mengarah ke jantung. Dan saat tangan kembali keposisi awal dilakukan dengan ringan dengan tujuan sebagai rasa penenang. Gerakan *effleurage* ini biasanya dilakukan untuk mengawali dan mengakhiri manipulasi *massage*, serta digunakan ketika adanya transisi antara gerakan satu dengan yang lainnya. Selain itu manipulasi ini bertujuan untuk meratakan minyak keseluruh bagian tubuh dan juga membantu memperlancar aliran darah serta meningkatkan suhu tubuh.



Gambar 4.3 Teknik *massage effleurage*

2. *Petrissage* (memijat-mijat)

Merupakan gerakan yang dilakukan menggunakan satu tangan atau kedua tangan. Bertujuan untuk melemaskan kekakuan yang ada didalam jaringan. Apabila *petrissage* dilakukan di tempat yang lebar maka dilakukan dengan menggunakan kedua tangan dilakukan secara bergantian dan berurutan. Tujuan dari dilakukan manipulasi ini adalah untuk memperlancar penyaluran zat-zat di dalam jaringan kedalam pembuluh darah dan juga getah bening. Sehingga dengan manipulasi ini memberikan keuntungan berupa peningkatan aliran darah, membantu membuang hasil metabolik, meredakan pembengkakan lokal dan meningkatkan nutrisi seluler dalam tubuh. Disamping itu *petrissage* juga memberikan efek mekanis sehingga menyebabkan relaksasi otot dan juga merangsang sistem saraf (Goats 1994;Rachim A. 1988;Salvano, 1999).

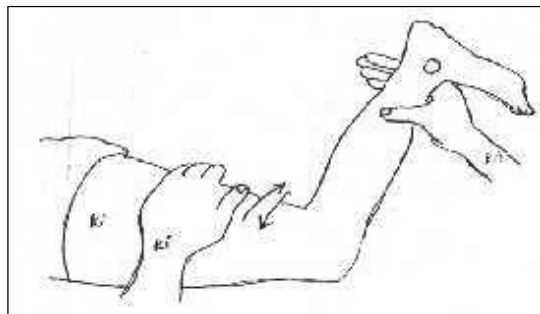


Gambar 4.4 Teknik massage petrissage

3. *Vibration* (menggetarkan)

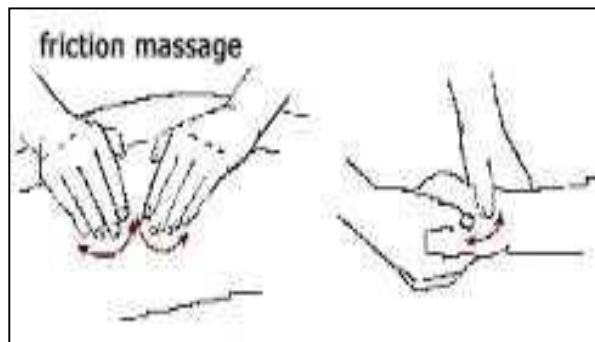
Yaitu gerakan yang dilakukan dengan cara menggetarkan secara manual dan juga dapat dilakukan secara mekanik. Tujuannya adalah merangsang saraf secara halus dan lembut agar mengurangi dan melmahkan rangsangan yang bersifat berlebihan pada saraf yang sedang mengalami ketegangan. Manipulasi ini dilakukan

dengan menggunakan telapak tangan atau jari-jari untuk menghasilkan kontraksi isometri dari bagian tubuh yang mengalami kontraksi tetapi tanpa harus mengalami pemendekan atau pengerutan serabut otot yang ada dalam bagian tubuh yang diberikan manipulasi. Tujuan lain diberikan manipulasi ini adalah memberikan ketenangan pada saraf yang sedang mengalami ketegangan.



Gambar 4.5 Teknik Massage vibration

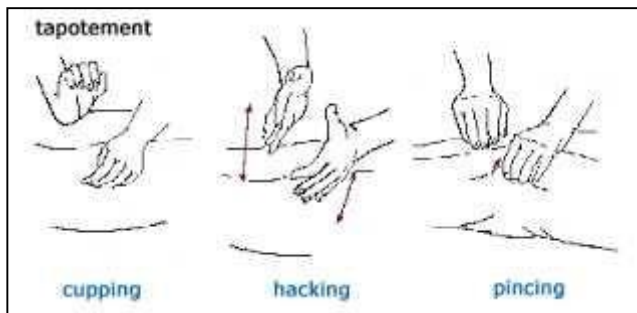
Merupakan sebuah gerakan manipulasi yang dilakukan dengan cara menggerus arahnya naik turun secara bebas. Dilakukan dengan menggunakan ujung jari yang dilakukan dengan cara menggerus melingkar seperti spiral pada bagian otot tertentu. Dengan tujuan untuk menghancurkan myoglossis, yaitu timbunan dari sisa pembakaran energi yang terdapat pada otot atau yang menyebabkan otot mengeras.



Gambar 4.6 Teknik massage friction

4. *Tapotement* (memukul)

Manipulasi ini merupakan gerakan dengan cara memukulkan tangan secara ringan dan berirama yang lebih banyak dilakukan pada bagian tubuh yang berdaging. Dengan tujuan untuk mempercepat aliran darah dan mendorong sisa-sisa pembakaran yang ada didalam tubuh juga merangsang serabut saraf tepi dan merangsang organ-organ tubuh bagian dalam. Manipulasi ini dapat dilakukan dengan cara memukulkan kepalan tangan, jari lurus atau dengan telapak tangan yang mencekung, dan dilakukan kebagian tubuh otot besar seperti punggung.



Gambar 4.7 Teknik *massage tapotement*

Efek Fisiologis *Massage*

Manfaat *massage* yang dilakukan pada tubuh dapat memberikan efek fisiologis yaitu berupa peningkatan aliran darah, aliran limfatik, stimulasi sistem saraf, meningkatkan aliran balik vena. Dapat menghilangkan rasa sakit yaitu dengan cara meningkatkan ambang rasa sakit, oleh karena merangsang peningkatan produksi hormon endorphen. Penelitian yang dilakukan oleh Dubrouvsky (1990) menunjukkan bahwa *massage* secara langsung dapat meningkatkan aliran vena di kulit serta meningkatkan aliran balik vena. Meningkatnya aliran balik vena ini akan membantu secara efisien pengembalian darah ke jantung, serta membantu mengalirkan asam laktat yang tertimbun dalam otot sehingga membantu mepercepat eliminasi asam laktat dalam darah dan otot (Cafarelli & Flint, 1992; Corrigan, 1997). Masih

banyak lagi penelitian yang dapat membuktikan manfaat fisiologi dari *massage*. Proses dari fisiologi *massage* ini diuraikan oleh Best (2008:446):

1. Membantu mengurangi pembengkakan pada fase kronis lewat mekanisme peningkatan aliran darah dan limfe.
2. Mengurangi persepsi nyeri melalui mekanisme penghambatan rangsang nyeri (*gate control*) serta meningkatkan hormon *morphin endogen*.
3. Meningkatkan relaksasi otot sehingga mengurangi ketegangan/spasme atau kram otot.
4. Meningkatkan jangkauan gerak, kekuatan, koordinasi, keseimbangan dan fungsi otot sehingga dapat meningkatkan performa fisik atlet sekaligus mengurangi risiko terjadinya cedera pada atlet.
5. Berpotensi untuk mengurangi waktu pemulihandengan jalan meningkatkan *supply* oksigen dan *nutrient* serta meningkatkan eliminasi sisa metabolisme tubuh karena terjadi peningkatan aliran darah

Swedish Massage ini mempunyai fungsi yang sangat penting ketika dikaitkan dengan persiapan fisik atlet sebelum dan sesudah pertandingan karena dapat mengurangi risiko cedera pada saat pertandingan juga bermanfaat ketika seorang atlet tersebut akan mempercepat pemulihan setelah melakukan aktivitas fisik tinggi.

Manipulasi masase ditujukan untuk mendiagnosis ada tidaknya gangguan fisik sebelum atau sesudah pertandingan, memperbaiki gangguan fisik yang terjadi, memobilisasi dan memperbaiki tonus otot, mencetuskan relaksasi, menstimulasi sirkulasi untuk mempercepat proses pemulihan (Martin *et al.* 1998: 30). Pada saat seperti ini seorang *massur* harus mengenal otot-otot yang paling terdampak pada saat melakukan aktivitas olahraga tersebut, sehingga akan cepat pada saat mengambil keputusan apa yang akan diberikan kepada atlet.

Adapun menurut Hemming (2000:109) yang menjelaskan efek utama daripada *massage* pada atlet merupakan mekanisme kerjanya, sehingga dapat dijelaskan yaitu ditinjau dari faktor fisik *massage* terutama *massage* dapat meningkatkan stabilitas kerja aerobik lewat mekanisme stimulasi otot dan perbaikan adhesi otot. Dilihat dari sisi biologi dapat meningkatkan pembuangan metabolisme (klirens laktat) lewat mekanisme peningkatan sirkulasi darah dan limfe. Sedangkan dilihat dari segi psikologi *massage* menurut Hemming yaitu berperan dalam peningkatan penurunan persepsi kelelahan mekanisme hormonal.

Pada dasarnya apabila ditarik kesimpulan dan garis besar seperti yang sudah dijelaskan diawal pendahuluan *massage* ini dibagi ke dalam beberapa kategori yaitu *massage* sebelum pertandingan (*postevent*), *massage* sesudah antar pertandingan (*inter-event*), dan *massage* sesudah pertandingan (*post-event*) (Moroska, 2005:370). *Massage* sebelum pertandingan membantu atlet dalam mempersiapkan diri untuk menghadapi kompetisi pertandingan, *massage* pada saat pertandingan digunakan antar kerja fisik pada saat pertandingan sedangkan *massage* sesudah pertandingan dilakukan untuk mempercepat pemulihan atlet (Cafarelli *et al.* 1992: 8). Menurut Moraska (2005:370) fungsi dan ketrja dari *massage* sebelum, pada saat dan sesudah pertandingan atau aktivitas itu dibagi menjadi 3 bagian yang paling mendasar: pada saat sebelum pertandingan *massage* berguna untuk mengurangi risiko cedera pada saat pertandingan, meningkatkan kesiapan fisik dan mempersiapkan relaksasi psikis. Pada saat pertandingan *massage* disini berguna untuk mempertahankan stabilitas fisik, biologis dan biologi selama pertandingan berlangsung dan dilakukan secara berturut-turut dalam jangka waktu pendek. Pada fase sesudah pertandingan ini sangat penting sekali karena pada masa ini atlet dituntut untuk menjaga kondisinya, dan *massage* berguna untuk mempercepat proses pemulihan fisik setelah melakukan aktivitas, memperbaiki

kerusakan, cedera maupun gangguan yang terjadi setelah beraktivitas olahraga.

Manfaat *Massage* Setelah Melakukan Aktivitas Fisik

Ketika seorang atlet melakukan aktivitas fisik seperti pertandingan atau latihan yang mengutamakan fisik didalamnya ketegangan otot pasti akan dialami setelahnya karena hal tersebut meningkatkan kadar metabolisme di dalam tubuh setelah tubuh tersebut melakukan aktivitas fisik yang dengan intensitas tinggi. Penelitian membuktikan bahwa penggunaan masase setelah pertandingan mengurangi waktu pemulihan dan secara bermakna dapat mencegah nyeri setelah pertandingan (*DOMS: delayed onset of muscle soreness*) (Hilbert *et al.* 2003: 72).

Sebelum dilakukan manipulasi dengan menerapkan *swedish massage* pengetahuan atlet, pelatih dan *masseur* sangat dibutuhkan yaitu terlebih dahulu melakukan pendinginan. Setelah itu *messeur* dapat menerapkan perlakuan kepada atlet. Dari manfaat *massage* ini diharapkan dapat mempercepat pemulihan otot yang tegang setelah menerima beban yang berat dapat kembali dalam keadaan rileks dan istirahat. Pada saat kondisi ini akan terjadi peningkatan aliran darah vena sehingga dapat meningkatkan proses pembersihan sisa metabolisme. Sehingga seorang *messeur* dapat dengan mudah mengidentifikasi letak nyeri yang diakibatkan aktivitas yang berat ketika atlet melakukan aktivitas. Masase setelah pertandingan biasanya dilakukan sekitar 10 sampai 15 menit. Rekomendasi beberapa jenis teknik yang bisa dilakukan ketika melakukan perlakuan untuk pemulihan sebagai berikut:

1. *Effleurage* untuk menenangkan sistem saraf.
2. *Friction* untuk mengembalikan serabut otot pada posisinya serta meningkatkan sirkulasi darah dan limfe.
3. *Petrissage* untuk mengurangi kekakuan otot.
4. *Vibration* yang bertujuan untuk menghancurkan sel-sel yang menggumpal ketika setelah melakukan aktivitas.

5. *Tapotement* diakhiri *effleurage* kompresif untuk meringankan rasa nyeri.

Dengan catatan apabila seorang atlet mengalami luka luar maka pengobatan secara medis yang paling utama dilakukan. Kemudian apabila didapati adanya luka memar ditandai dengan gejala *strain* atau *sprain* agar *messeur* melakukan penanganan secara dini agar tidak semakin memburuk apa yang dialami oleh atlet tersebut. Manipulasi dilakukan selama 1 atau 2 jam secukupnya setelah latihan agar pelebaran pembuluh darah yang dialami dapat kembali normal pada saat menjalani latihan kembali nantinya. Masase setelah pertandingan dilakukan secara ringan dengan intensitas ringan untuk menghindari perburukan cedera yang terjadi (Martin *et al.* 1998: 30). Perlakuan *massage* setelah melakukan aktivitas fisik ini bertujuan untuk meningkatkan pembuangan metabolisme yang ada didalam tubuh dan mengurangi pembengkakan. *Eufleurage* ringan disini akan mengurangi pembengkakan yang terjadi sedangkan *petrissage* akan membantu menghilangkan toksin dan mengurangi ketegangan atau pengerasan otot. Pada prinsipnya *massage* setelah aktivitas fisik berguna untuk mempercepat kembalinya fungsi *homeostasis*, mengatasi ketegangan otot, kram dan inflamasi (Callaghan 1993: 28). Sehingga ketika seorang atlet akan memulai latihan kembali atau memulai pertandingan kondisi fisiknya akan kembali seperti sedia kala seperti ketika atlet tersebut belum melakukan aktivitas apapun. Setidaknya dapat membantu pemulihan dapat terjadi secara cepat dengan diberikan manipulasi dalam *massage*.

Atlet menggunakan berbagai teknik pemulihan dikaitkan dengan olahraga yang intens, sehingga pasca latihan dengan keyakinan bahwa teknik mengurangi kerusakan jaringan dan mempercepatnya tersebut efektif dalam meningkatkan kembali ke pemulihan pasca kompetisi dan pelatihan. Modalitas umum termasuk Faktor pembatas dalam menentukan manfaat masase, perendaman dalam air dingin, kompresi, masase sebagai modalitas

pemulihan pasca latihan stimulasi aliran listrik, terapi getaran dan kombinasi dari beragamnya protokol satu atau lebih strategi ini. Prosedur olahraga yang menggunakan model pemulihan dengan pendekatan lain mencakup protokol diet dan digunakan untuk mengatasi penyebab kelelahan dan hidrasi, pemulihan aktif, dan tidur. Kerusakan jaringan sangat bervariasi, sehingga terlepas dari popularitasnya, bukti efektivitas perbandingan antar penelitian agak menantang.

Sebagian besar modalitas ini masih terbatas, Sebaliknya, penelitian pada hewan baru-baru ini meskipun upaya terbaru telah mengembangkan telah menerapkan protokol standar untuk ilmu pengetahuan yang dapat membantu dalam menghasilkan cedera yang dapat direproduksi merekomendasikan indikasi dan protokol yang diperkirakan dengan pengurangan torsi puncak optimal isometrik dan jumlah serat yang rusak. Tinjauan literatur ilmiah tentang masase pasca latihan secara meta-analisis telah menunjukkan bahwa manfaat masase berkembang pesat dalam dekade terakhir. Sejumlah hasil penelitian menggunakan metode masase pada pemulihan kinerja sangat besar tergantung penelitian klinis dan hewan telah membahas pada jenis protokol latihan yang digunakan untuk kemungkinan pengaruh biologis.

Studi klinis telah menyelidiki menginduksi kelelahan. Status pelatihan atlet juga klaim lama bahwa pijat memediasi migrasi leukosit dapat memengaruhi efektivitas pijat pascalatihan, dan melemahkan respons peradangan terhadap mungkin karena persepsi rasa sakit dan nyeri olahraga, serta mengurangi rasa sakit, tonus otot, setelah pelatihan dan kompetisi. Masase memiliki manfaat psikologis menunjukkan peningkatan yang mencolok yang signifikan, termasuk peningkatan relaksasi pemulihan torsi isometrik puncak dari latihan dan penurunan ekspresi biomarker stres (yaitu eksentrik yang intens setelah masase pada kortisol). Efek dari sentuhan terapeutik kemungkinan empat hari berturut-turut juga telah terbukti besar berkontribusi dan harus direkomendasikan bahwa pemijatan yang dimulai segera setelah uji

klinis di masa depan untuk mencoba memberikan latihan dan pemijatan yang ditunda selama 48 jam, rekomendasi yang pasti.

Penelitian pada hewan keduanya efektif dalam mengurangi edema otot dan telah menjawab pertanyaan penting mengenai mengurangi dosis jumlah kerusakan pada otot, serat otot dan waktu pemijatan pada pemulihan sifat kontraktil dibandingkan dengan kelompok kontrol pada yang tidak dilakukan pemijatan menunjukkan bahwa pemulihan berolahraga dengan perlakuan masase menunjukkan efek yang lebih baik dibandingkan yang tidak dimasase. Penelitian ini bergantung pada besarnya gaya tekan dan frekuensi masase menunjukkan bahwa terjadi pengurangan sel inflamasi (Best & Crawford, 2017).

Pemulihan dengan Oksigen Hiperbarik (OHB)

Hyperbaric Chamber atau dikenal dengan Ruang Udara Bertekanan Tinggi (RUBT), merupakan salah satu metode pengobatan yang dilakukan dengan penggunaan 100% oksigen pada tekanan yang lebih besar dari tekanan atmosfer. Oksigenasi hiperbarik adalah pemberian oksigen bertekanan tinggi untuk pengobatan yang dilaksanakan dalam ruang udara bertekanan tinggi (RUBT). Individu yang mendapat terapi OHB adalah suatu keadaan di mana individu berada di dalam ruang udara bertekanan tinggi (lebih besar dari 1 ATA). Biasanya tekanan yang diberikan 1,1—3 ATA untuk kasus klinik, sedangkan pada umumnya tekanan yang biasa diberikan sehari-hari diberikan di Lakesla untuk kasus klinik adalah 2,4 ATA (Rosyanti, L., Hadi, I., Rayahu, D. Y. S., & Birawida, A. B. 2019).

Pelayanan medik hiperbarik merupakan pengobatan oksigen hiperbarik yang dilaksanakan di sarana pelayanan kesehatan dengan menggunakan Ruang Udara Bertekanan Tinggi (RUBT) dan pemberian pernapasan oksigen murni ($O_2 = 100\%$) pada tekanan lebih dari satu atmosfer dalam jangka waktu tertentu (Thiornado, T. K. (2015).



Gambar 4.8 Ruang Oksigen Hiperbarik
(hyperbaric-chamber.com/terapi-hiperbarik-terapi-hiperbarik-oksigen-hbot)

Terapi oksigen hiperbarik diperkenalkan pertama kali oleh Behnke pada tahun 1930. Saat itu terapi oksigen hiperbarik hanya diberikan kepada para penyelam untuk menghilangkan gejala penyakit dekompresi (*Caisson's disease*) yang timbul akibat perubahan tekanan udara saat menyelam, sehingga fasilitas terapi tersebut sebagian besar hanya dimiliki oleh beberapa rumah sakit TNI AL dan rumah sakit yang berhubungan dengan pertambangan (Azhar, N. N. (2015).

Di Indonesia terapi oksigen hiperbarik pertama kali dimanfaatkan pada 1960 oleh Lakesla yang bekerjasama dengan RSAL Dr. Ramelan, Surabaya. Hingga saat ini fasilitas tersebut merupakan yang terbesar di Indonesia. Oksigenasi hiperbarik melibatkan penyediaan oksigen inspirasi seseorang sampai dengan 100% dalam lingkungan dengan tekanan lebih besar dari yang di permukaan laut (760 mmHg; 14,7 pound per square inchi-psi, atau satu atmosfer absolut-ATA). Pada tekanan sebesar 2,4 ATA (45 kaki dari air laut) dengan pernapasan oksigen murni 100% terjadi peningkatan tekanan oksigen parsial di arteri (PaO_2) dari 100 mmHg menjadi lebih dari 2000 mmHg. Tekanan yang meningkat menyebabkan oksigen dalam plasma larut meninggalkan hemoglobin dari sel darah merah sehingga tidak terjadi perubahan. Dalam kondisi normal, hampir semua oksigen diangkut oleh hemoglobin dan sangat sedikit yang larut dalam plasma. Kondisi ini

akan membuat sebuah gradien yang sangat besar pada tingkat jaringan yang dapat meningkatkan kadar oksigen di jaringan lebih dari 300 mmHg. Tampaknya logis dengan kondisi tingginya tekanan oksigen dalam darah dan jaringan mampu memberikan keunggulan kompetitif bagi atlet bersaing dalam kompetisi yang bersifat aerobik (Wilson, J.R. & Prather, I. 2004).

Terapi oksigen hiperbarik (HBOT) merupakan terapi medis yaitu pasien dalam suatu ruangan menghisap oksigen tekanan tinggi (100%) atau pada tekanan barometer tinggi (*hyperbaric chamber*). Kondisi lingkungan dalam HBOT bertekanan udara yang lebih besar dibandingkan dengan tekanan di dalam jaringan tubuh (1 ATA). Keadaan ini dapat dialami oleh seseorang pada waktu menyelam atau di dalam ruang udara yang bertekanan tinggi (RUBT) yang dirancang baik untuk kasus penyelaman maupun pengobatan penyakit klinis. Individu yang mendapat pengobatan HBOT adalah suatu keadaan individu yang berada di dalam ruangan bertekanan tinggi (> 1 ATA) dan bernafas dengan oksigen 100%. Tekanan atmosfer pada permukaan air laut sebesar 1 atm. Setiap penurunan kedalaman 33 kaki, tekanan akan naik 1 atm. Seorang ahli terapi hiperbarik, Laksma Dr. dr. M. Guritno S, SMHS, DEA yang telah mendalami ilmu oksigen hiperbarik di Perancis selama 5 tahun menjelaskan bahwa terdapat dua jenis dari terapi hiperbarik, efek mekanik dan fisiologis. Efek fisiologis dapat dijelaskan melalui mekanisme oksigen yang terlarut plasma. Pengangkutan oksigen ke jaringan meningkat seiring dengan peningkatan oksigen terlarut dalam plasma (Supondha, Erick, 2010).

Efek dari penggunaan OHB bagi kesehatan tubuh manusia

Ada dua bidang utama yang menarik mengenai peran HBO dalam bidang olahraga kesehatan (*sport medicine*). Bidang yang pertama telah menjadi pertanyaan apakah HBO memiliki efek ergogenic pada kinerja fisik dalam olahraga. Bidang kedua yang menarik difokuskan pada peran HBO dalam pemulihan dari

kelelahan dan cedera jaringan lunak pada olahraga (Anthony L.W., 2000).

Menurut Supondha (2010) terdapat dua efek penting yang mendasar pada terapi oksigen hiperbarik adalah: 1) Efek mekanik meningkatnya tekanan lingkungan atau *ambient* yang memberikan manfaat penurunan volume gelembung gas atau udara seperti pada terapi penderita dekompresi akibat kecelakaan kerja penyelaman dan gas emboli yang terjadi pada beberapa tindakan medis rumah sakit dan 2) Efek peningkatan tekanan parsial oksigen dalam darah dan jaringan yang memberikan manfaat terapeutik: bakteristatik pada infeksi kuman anaerob, detoksikasi pada keracunan karbon monoksida, sianida dan hidrogensulfida, reoksigenasi pada kasus iskemia akut, *crush injury*, *compartment syndrome* maupun kasus iskemia kronis, luka yang tidak sembuh, nekrosis radiasi, *skin graft preparation*, dan luka bakar.

Ada dua efek dasar dari HBO pada tubuh manusia. Pertama adalah efek mekanik dari peningkatan tekanan yang berguna untuk mengurangi ukuran gelembung dalam aliran darah (seperti yang ditemukan selama penyakit dekompresi dan emboli udara atau gas). Efek mekanik ini diatur oleh Hukum Boyle yang menyatakan bahwa volume gas dalam ruang tertutup adalah berbanding terbalik dengan proporsional tekanan yang diberikan di atasnya. Kedua adalah efek biokimia dan fisiologis dari hiperoksia (misalnya tekanan parsial peningkatan oksigen dalam jaringan tubuh). Ini adalah efek terakhir yang primer dan penting dalam pengobatan sebagian besar kondisi klinis yang telah menggunakan HBO, termasuk pada cedera olahraga (Anthony L.W. 2000).

Efek penting yang bersifat umum dari penggunaan OHB bagi kesehatan tubuh manusia terlihat menurut (Rosyanti, L., Hadi, I., Rayahu, D. Y. S., & Birawida, A. B. (2019)

**Tabel 4.1 Efek dari penggunaan OHB bagi kesehatan tubuh manusia
(Rosyanti, L., Hadi, I., Rayahu, D. Y. S., & Birawida, A. B. (2019))**

No	Efek OHB
1	Transport oksigen dan metabolisme a. Inaktivasi peran dari hemoglobin dalam transport oksigen dan karbon dioksida b. Pembakaran secara biologis yang normal dari metabolisme oksigen
2	Sistem Respirasi a. Supresi dari badan carotid dan aortik dengan depresi dari ventilasi b. Penghanyutan N ₂ dengan peningkatan kerentanan pada paru yang mengalami <i>collaps</i>
3	Sistem kardiovaskular a. Bradicardia b. Penurunan <i>cardiac output</i> dan penurunan aliran darah ke otak
4	Pembuluh perifer a. Vasokonstriksi dari pembuluh darah perifer: pada otak, ginjal, mata b. Peningkatan ketahanan pada perifer
5	Metabolisme dan biokimia a. Peningkatan CO dan ion H dengan penurunan pH pada jaringan b. Inhibisi dari sel respirasi c. Inhibisi dari aktivitas enzim d. Peningkatan produksi radikal bebas

Penelitian yang dilakukan Sueblinvong T, Egtasaeng N, Sanguangrangsirikul S. (2004) menunjukkan bahwa terjadi penurunan yang signifikan pada konsentrasi laktat darah pada menit ke 15, 20, 25 setelah pemulihan dengan oksigen hiperbarik jika dibandingkan dengan kelompok pemulihan yang berbeda.

Oksigen di dalam *chamber* adalah sekitar 95%—100%. Seseorang yang berada dalam kondisi hiperbarik, isi oksigen di plasma akan terjadi peningkatan dari 0.3 ke 6.6 mL/100 mL darah dengan tanpa perubahan transport oksigen melalui hemoglobin.

Oksigen hiperbarik pada tekanan 3.0 ATA mampu meningkatkan penyediaan oksigen ke jaringan dari 20.0 menjadi 26.7 mL O₂ / 100 mL darah (Scott Delaney, MD; D. L. Montgomery, 2001). Oksigenasi hiperbarik menyediakan 100% pengambilan oksigen (760 mmHg; 14.7 pounds per square inch-psi; atau 1ATA). Pada tekanan 2.4 ATA (45m di bawah laut) dan bernafas 100% oksigen, ada kenaikan tekanan partial O₂ (Pa O₂) dari 100 mmHg menjadi ± 2000 mmHg (Irvine D. Prather and Judy R. Wilson, 2004). Kondisi inilah yang diyakini bahwa peran oksigen hiperbarik mampu meningkatkan suplai oksigen ke sistem muskuloskeletal di daerah yang aktif dan mengalami kelelahan seluler setelah aktivitas, meningkatkan sintesis adenosin trifosfat (ATP), dan mendorong metabolisme zat kelelahan, sehingga atlet lebih cepat pulih setelah latihan maupun pertandingan.

Perubahan kadar asam laktat dalam darah dan otot selama masa pemulihan dari suatu latihan yang melelahkan dengan cara dioksidasi melalui sistem aerobik adalah sekitar 50% setelah 15 menit, 75% setelah 30 menit dan sekitar 95% setelah 60 menit (Fox, E.L., Bowers R.W. & Fross, M.L. 1993). Perubahan asam laktat lebih cepat bila pemulihan dilakukan secara aktif, yaitu dengan melakukan aktivitas ringan atau sedang. Bagi individu yang tidak terlatih, optimal bila dilakukan dengan aktivitas dengan intensitas antara 30% hingga 45% dari VO₂ Max, dan bagi atlet yang terlatih antara 50 hingga 65% dari VO₂ Max (Patellongi, I., 2000).

Lebih lanjut Patellongi, I., (2000), menyatakan bahwa asam laktat yang terakumulasi dalam darah dan otot setelah suatu kerja yang melelahkan akan disingkirkan melalui beberapa cara, antara lain: diubah menjadi glikogen hati, menjadi glukosa darah, menjadi protein, dioksidasi melalui sistem aerobik membentuk ATP, CO₂, dan H₂O. Ini menunjukkan bahwa sebagian besar asam laktat dioksidasi melalui sistem aerobik (lebih dari 60%). Jaringan yang melakukan oksidasi tersebut antara lain: otot rangka, otot jantung, hati, dan ginjal.

Tubuh seorang atlet mengalami stres yang luar biasa setiap hari. Untuk mengatasi risiko cedera dan kelelahan fisik yang dihasilkan dari siklus latihan sehari-hari banyak atlet yang beralih ke pengobatan alternatif untuk memastikan kinerja puncak dan untuk melindungi investasi mereka yang paling berharga. Performa atlet sangat tergantung pada kondisi fisik atlet. Pemulihan dengan oksigen hiperbarik merupakan salah satu perawatan pemulihan yang paling menarik dan efektif digunakan bagi atlet saat ini. Oksigen hiperbarik bekerja dengan cara memicu kondisi tubuh atlet sampai ke tingkat sel, yaitu dengan sesuatu yang paling penting dari semua unsur kehidupan, yaitu oksigen (Staples, J. & Clement, D. 1996). Pemanfaatan ruang oksigen hiperbarik untuk pemulihan memungkinkan atlet akan pulih lebih cepat dan mampu meningkatkan kesehatan tubuhnya secara umum sehingga atlet memiliki kinerja fisik yang lebih besar (Brown, D, 2012). Penelitian yang dilakukan pada pemain sepak bola di Skotlandia, waktu pemulihan yang dibutuhkan untuk cedera sendi, otot, ligament, dan tendon berkurang sampai 70% setelah pemain menggunakan terapi oksigen hiperbarik.

Menurut Mahdi, Sasongko, Siswanto, Suharsono, dan Supriyono (1999), peran oksigen hiperbarik secara khusus tampak bermanfaat dalam situasi ketika terdapat kompresis (risiko untuk menjadi lebih jelek) pada oksigen sampai di tingkat jaringan, difusi oksigen dalam darah yang terhambat oleh cairan edema, interupsi pembuluh darah yang nyata atau keadaan aliran lambat (*low-flow state*) akibat vasokonstriksi arteriosklerosis atau vaskulitis (kondisi ketika terdapat komoromais oksigenasi jaringan dan keadaan ketika kelangsungan hidup jaringan terancam).

Dasar dari terapi hiperbarik sedikit banyak mengandung prinsip fisika. Teori Toricelli yang mendasari terapi digunakan untuk menentukan tekanan udara 1 atm adalah 760 mmHg. Dalam tekanan udara tersebut komposisi unsur-unsur udara yang terkandung di dalamnya mengandung Nitrogen (N₂) 79 % dan Oksigen (O₂) 21%. Dalam pernapasan kita pun demikian, pada

terapi hiperbarik oksigen ruangan yang disediakan mengandung Oksigen (O_2) 100%. Terapi hiperbarik juga berdasarkan teori fisika dasar dari hukum-hukum Dalton, Boyle, Charles dan Henry. Sedangkan prinsip yang dianut secara fisiologis adalah bahwa tidak adanya O_2 pada tingkat seluler akan menyebabkan gangguan kehidupan pada semua organisme. Oksigen yang berada di sekeliling tubuh manusia masuk ke dalam tubuh melalui cara pertukaran gas. Fase-fase respirasi dari pertukaran gas terdiri atas fase ventilasi, transportasi, utilisasi dan difusi. Dengan kondisi tekanan oksigen yang tinggi, diharapkan matriks seluler yang menopang kehidupan suatu organisme mendapatkan kondisi yang optimal.

Benefits of Hyperbaric Oxygen Therapy for Athletes

INCREASED OXYGEN IN THE BLOOD STREAM



Gambar 4.9 Manfaat HBO bagi Atlet
(<https://hyperbaricmedspa.com/sports-injury-concussions-recovery/>)

Oksigen Hiperbarik dengan tekanan ringan (*mild* HBO) merupakan suatu bentuk terapi yang aman untuk meningkatkan ambilan oksigen bagi tubuh dengan cara meningkatkan tekanan udara. Ruang oksigen hiperbarik dengan tekanan ringan memungkinkan seseorang di dalam ruang HBO mengalami tekanan atmosfer lebih besar dari tekanan lingkungan normal yaitu 1 ATA. HBO bertekanan ringan berkisar antara 1,3 sampai dengan 1,5 ATA (kondisi ini mirip dengan berenang dengan kedalaman 11 hingga 15 meter), sedangkan HBO dengan tekanan tinggi > 1,5 ATA. Pada HBO dengan tekanan rendah dikombinasikan dengan udara oksigen murni 89-93% dan dilewatkan melalui masker oksigen sederhana, kondisi ini memungkinkan oksigen yang larut dalam cairan tubuh berjalan ke daerah-daerah tubuh yang sulit dijangkau lebih besar dibandingkan dengan kondisi oksigen hiperbarik dengan tekanan yang lebih besar. Oksigen larut pada cairan yang jenuh, getah bening, cairan (sendi) sinovial dan cairan cerebrospinal yang mengelilingi otak dan sumsum tulang belakang. Oksigen hiperbarik dengan tekanan ringan merupakan suatu bentuk terapi oksigen yang bermanfaat untuk meningkatkan kadar oksigen dalam plasma darah. Oksigen dalam plasma mengalami peningkatan dengan jumlah yang lebih tinggi sehingga oksigen yang dikirim langsung ke jaringan-jaringan dalam tubuh, organ, dan ke otak (Fellows, 2011).

Secara empiris diketahui bahwa oksigen 100% yang diberikan pada tekanan lebih besar dari 3 ATA akan menginduksi oksigen yang bersifat toksik, sedangkan pemberian oksigen murni pada tekanan yang lebih besar dari 1,75 ATA terbukti menyebabkan insiden oksigen toksik yang lebih tinggi dari pemberian tekanan 1,5 ATA. Dengan demikian, dalam penelitian kami menggunakan kompresi udara pada tekanan yang sangat rendah yaitu sebesar 1,3 ATA ini bertujuan untuk menghilangkan kebutuhan untuk menyediakan oksigen tambahan dan meminimalkan keracunan oksigen dan efek samping yang mengkhawatirkan dari oksigen hiperbarik (Kim, Sungdo, et. all. 2011).

Pemanfaatan oksigen hiperbarik bagi pemain tenis mampu menghilangkan amonia dari darah, menyebabkan pemulihan lebih cepat dari kelelahan, dan mempersiapkan pemain untuk pertandingan berikutnya. Dalam studi ini, kondisi pemanfaatan oksigen hiperbarik pemberian tekanannya lebih ringan daripada kondisi untuk terapi medis. Juga, tekanan atmosfer tidak perlu melebihi 1,5 ATA dan waktu paparan oksigen dalam ruang oksigen hiperbarik tidak lebih dari 30 menit (Ishii, Yoshimasa, et all., 2005).

Pemulihan dengan oksigen hiperbarik merupakan salah satu metode pemulihan yang paling menarik dan paling efektif jika digunakan bagi atlet saat ini. Oksigen hiperbarik bekerja dengan cara memacu kondisi tubuh atlet sampai ke tingkat sel, yaitu dengan sesuatu yang paling penting dari semua unsur kehidupan, yaitu oksigen (Staples, J. & Clement, D. 1996). Oksigen hiperbarik meningkatkan kemampuan sel darah merah dan plasma darah untuk membawa oksigen sampai ke tingkat jaringan dalam tubuh, oksigen hiperbarik juga membantu proses penyembuhan dan memulihkan tubuh dalam kondisi yang sangat baik dan cepat. Setelah beberapa waktu latihan, dengan oksigen hiperbarik otot dapat diperbaiki dan otak akan berfungsi lebih baik dengan kondisi kecukupan akan oksigen. Beberapa atlet juga menggunakan ruang hiperbarik sebagai alternatif untuk proses pemulihan akibat cedera dan pemulihan setelah latihan maupun pertandingan (Kahului, 2011).

Selama pemulihan dengan oksigen hiperbarik, atlet berada dalam suatu ruangan yang sangat nyaman, dengan tekanan oksigen yang lebih besar jika dibandingkan dengan kondisi di luar ruang oksigen hiperbarik. Dengan kondisi tekanan oksigen yang lebih besar ini akan memungkinkan peningkatan oksigen ke lapisan yang berada dalam jaringan dan organ. Dengan meningkatnya tekanan bariatrik di ruangan memungkinkan sel darah merah dan plasma darah membawa oksigen jauh ke dalam jaringan dan serat otot tubuh, sehingga kondisi ini akan memungkinkan peningkatan fungsi dan kinerja secara alami. Pemanfaatan oksigen hiperbarik

untuk pemulihan ini didasari pada teori yang menyatakan bahwa mitokondria yang sering disebut sebagai seluler “pembangkit listrik” karena mitokondria berfungsi merubah protein, karbohidrat, dan lemak yang kita konsumsi menjadi energi yang dibutuhkan oleh sel-sel tubuh. Ada beberapa hal yang dibutuhkan oleh mitokondria agar mitokondria dapat bekerja dengan baik. Hal yang paling penting adalah oksigen. Ketika kadar oksigen rendah, mitokondria akan menghasilkan asam laktat, senyawa kimia yang identik dengan rasa lelah dan nyeri otot (Staples, J. & Clement, D. 1996).

Oksigen merupakan bagian penting dari kehidupan kita dan digunakan untuk semua fungsi penting tubuh. Sebagai contoh, otak, yang hanya dua persen dari berat total kita menggunakan lebih dari dua puluh persen dari oksigen tubuh. Hanya sepuluh persen dari energi kita berasal dari makanan yang kita makan, sedangkan sembilan puluh persen sisanya berasal dari oksigen. Bakteri, racun, virus, dan parasit tidak dapat bertahan hidup dalam lingkungan yang kaya oksigen.

Jika asupan oksigen oleh tubuh tidak mencukupi, maka tubuh akan mengalami ketidakseimbangan. Dalam kondisi sekarang ini, faktor yang paling penting yang menyebabkan asupan oksigen berkurang adalah polusi dan stres.

Oksigen merupakan sesuatu yang penting bagi atlet karena oksigen memfasilitasi produksi glikogen, yang merupakan salah satu sumber utama dari energi otot. Dalam proses yang disebut glikolisis, glukosa (gula) molekul ini dibagi menjadi dua molekul asam piruvat. Sebuah molekul asam piruvat memasuki sel otot, di mana ia menggabungkan dengan oksigen untuk menghasilkan adenosin trifosfat (ATP), sumber dari energi otot. Ketika oksigen tidak cukup untuk memproduksi ATP, asam piruvat dirubah menjadi asam laktat. Asam laktat ini secara alami berdifusi ke aliran darah, di mana asam laktat terbawa. Namun, selama latihan intensif, asam laktat tidak dapat dirubah dengan cepat dan mengumpul dalam sel otot, kondisi ini yang menyebabkan kelelahan.

Pemulihan (*Recovery*) aktif

Adnyana, I. (2011). mengemukakan adanya tiga macam jenis istirahat yang dapat digunakan oleh atlet, baik itu setelah melakukan latihan maupun di antara latihan yang masih dilakukan, yaitu istirahat aktif sangat ringan (*rest-relief*); istirahat aktif ringan (*work-relief*); dan istirahat pasif (*complete-rest*). Pada penelitian ini akan diuji istirahat aktif. Pada istirahat aktif berarti bahwa, saat istirahat atlet tidak berdiam diri, tetapi tetap melakukan aktivitas fisik dengan intensitas sangat ringan (20% DNM) sampai ringan (50% DNM) seperti *jogging* atau berjalan. Pengaruh yang dapat ditimbulkan oleh jenis istirahat yang dilakukan terhadap performa atlet terkait dengan intensitas latihan, kriteria performa, lama waktu istirahat, dan besar intensitas saat istirahat aktif.

Banyak penelitian yang telah membuktikan keuntungan dan efek positif dari istirahat aktif yang dilakukan setelah ataupun saat latihan. Istirahat aktif dapat mempercepat pemulihan pH melalui aktivasi sistem penyangga, selain itu istirahat aktif juga meningkatkan pengangkutan dan penghantaran oksigen melalui hemoglobin ke sel-sel otot aktif yang pada akhirnya akan berpengaruh terhadap resintesis fosfokreatin, maka istirahat aktif akan lebih direkomendasikan dan dapat mempertahankan performa atlet dibanding istirahat pasif (Monedero, 2000).

Penelitian yang dilakukan Sugiharto (1999) pada mahasiswa FPOK IKIP Surabaya angkatan 1995-1997 untuk mengetahui bentuk pemulihan yang paling efektif untuk menurunkan kadar laktat darah dan denyut nadi dengan pemulihan aktif dan pemulihan pasif. Bentuk pemulihan aktif dalam penelitian ini meliputi pemulihan aktif berkesinambungan dengan intensitas 30% dari kemampuan kerja maksimal, pemulihan aktif berkesinambungan dengan beban 45% dari kemampuan maksimal, pemulihan aktif berselang dengan beban 30% dari kemampuan maksimal, dan pemulihan aktif berselang 45% dari kemampuan maksimal. Adapun hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa: 1) waktu 10 menit pemulihan belum cukup menurunkan kadar laktat darah dan

denyut jantung hingga mencapai nilai sebelum latihan fisik, 2) jenis pemulihan pasif lebih menguntungkan untuk penurunan denyut jantung, 3) pada pemulihan 5 menit pertama kadar laktat darah masih menunjukkan peningkatan dibandingkan dengan akhir aktivitas fisik maksimal, 4) pemulihan aktif berkesinambungan dengan beban 45% dari kapasitas kerja maksimal paling efektif dalam menurunkan kadar laktat darah, hal ini disebabkan oleh meningkatnya kerja aerobik, sirkulasi darah lebih lancar dan keterlibatan otot lambat lebih banyak, 5) penurunan kadar laktat darah ternyata dipengaruhi oleh gabungan bentuk pemulihan dan besar beban sebagai kesatuan, 6) penurunan denyut jantung ternyata lebih banyak dipengaruhi oleh bentuk pemulihan daripada beban.

Terdapat perbedaan pendapat mengenai perbedaan efektivitas jenis istirahat yang dilakukan. Beberapa hasil penelitian menyatakan bahwa meskipun lebih banyak direkomendasikan untuk dilakukan, tidak selamanya istirahat aktif lebih baik dibandingkan dengan istirahat pasif, terutama pada pola-pola latihan tertentu. Beberapa peneliti mengemukakan bahwa untuk aktivitas latihan intensitas tinggi dengan waktu istirahat yang sangat singkat, akan lebih efektif jika menggunakan istirahat pasif, sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan juga oleh Declan A, et al (2003), yang menyatakan bahwa istirahat pasif lebih direkomendasikan untuk latihan yang sifatnya *intermittent* karena lebih efektif mempertahankan performa atlet. Hal senada juga disampaikan oleh Toubekis (2005) bahwa istirahat pasif dapat mempertahankan performa atlet pada latihan renang cepat (8 x 25 meter) yang diselingi oleh waktu istirahat yang pendek (45 dan 120 detik) dibandingkan istirahat aktif. Perbedaan jenis *recovery* antara aktif, pemijatan, dan pasif terhadap kadar asam laktat dalam darah.

Ice Bath Recovery

Sistem pemulihan olahraga merupakan aspek integral untuk membantu atlet beradaptasi lebih cepat terhadap latihan. Ini merupakan proses persiapan fisik yang penting dengan mengurangi kelelahan sehingga atlet dapat bersiap untuk kompetisi atau latihan berikutnya. Namun, sebagian besar atlet melakukan latihan tanpa mengalami pemulihan sepenuhnya setelah latihan dan dapat memengaruhi performanya. Mandi air dingin merupakan salah satu teknik yang umum dilakukan untuk memulihkan rasa penat. Pada penelitian ini, Neurosky mindwave digunakan untuk mengekstraksi gelombang otak seorang atlet untuk mengetahui respon seorang atlet ketika melakukan perendaman di air dingin.

Recovery merupakan aktivitas yang dilakukan atlet setelah melakukan latihan ataupun pertandingan yang berguna untuk mengembalikan energi atau tenaga dari atlet untuk bersiap mengadakan latihan atau pertandingan selanjutnya (Xiao et al., 2023). Apabila atlet mendapatkan pemulihan yang baik maka energi yang telah terkuras ketika latihan ataupun bertanding akan pulih lebih cepat sehingga tenaga dari atlet tadi bisa maksimal kembali. Cedera olahraga secara umum dibedakan menjadi cedera traumatis dan cedera berkelanjutan (cedera akibat penggunaan berlebihan). Cedera traumatis terjadi akibat benturan sedangkan overuse cedera terjadi akibat beban kerja fisiologis yang berlebihan. Bentuk cedera dapat berupa memar, regangan, keseleo sampai dengan fraktur tulang. Respon tubuh terhadap kerusakan jaringan ini berupa peradangan (inflamasi) yang dipicu oleh mediator inflamasi yang dihasilkan oleh sel yang rusak maupun mati.

Karakteristik peradangan berupa nyeri (dolor), pembengkakan (tumor), kemerahan (rubor), peningkatan suhu (kalor) serta penurunan fungsi (fungsi leissa). Pada keadaan ini terjadi kerusakan pembuluh darah yang menimbulkan pendarahan pada jaringan. Pada stadium lanjut terjadi proses

penjendalan yang difasilitasi oleh trombosit, faktor penjendalan darah dan fibroblast yang membentuk jaringan parut. Berbagai bentuk terapi seperti masase es, ice pack, coldbath, vapocoolant spray dan cyrokinetics digunakan untuk mengatasi peradangan dan mengurangi waktu yang diperlukan untuk pemulihan cedera melalui berbagai mekanisme fisiologis (Ihsan et al., 2016)

Perubahan suhu jaringan bervariasi tergantung bentuk terapi, waktu pemaparan, suhu awal dan lokasi anatomi. Efek fisiologis terapi dingin disebabkan oleh penurunan suhu jaringan yang mencetuskan perubahan hemodinamik lokal dan sistemik serta adanya respon neuromuskular. Terapi dingin secara klinis dapat meningkatkan ambang nyeri, mencegah pembengkakan dan menurunkan kinerja motorik lokal (Ihsan et al., 2016) Meskipun demikian aplikasi dingin yang Kemungkinannya harus dihindari untuk mencegah terjadinya efek samping antara iritasi lainnya, hipotermia dan frost bite. Penggunaan terapi dingin harus dilakukan pada indikasi yang tepat serta dihindari pada keadaan yang merupakan kontra indikasi.

Ice bath adalah teknik dimana perendaman di air dingin atau mandi es, pijat es, atau paket es yang di obati untuk mengobati trauma akut dan memfasilitasi *postexercise* atau pemulihan setelah kompetisi atau bertanding. Perendaman air dingin, ketika perendaman dalam air dingin digunakan sebagai teknik *ice bath*, suhu inti dapat di pertahankan dengan pencelupan temperature air terendah 12° C selama sekitar 10–20 menit, Literatur perendaman air dingin dapat dilakukan selama 10 sampai 20 menit pada suhu 12 sampai 18° C. Perendaman air dingin tidak hanya sekedar berendam saja tetapi juga harus ada aturan suhu dan waktunya juga, agar tidak terjadi hal yang tidak di inginkan. *ice bath* itu ada dua manfaatnya yang pertama untuk mengobati trauma akut atau cedera pada seseorang (*sports injury*) dan kedua yaitu sebagai pemulihan (*recovery*) untuk penurunan asam laktat setelah bertanding atau latihan. Serta merelaksasikan otot-otot yang tegang

dan sebagai suatu teknik pemulihan dapat mengurangi daya tahan dan adaptasi latihan daya tahan.

Cold therapy adalah pemanfaatan dingin untuk mengobati nyeri atau gangguan kesehatan lainnya, digunakan untuk penggunaan terapi dingin yang sangat *extream*, biasanya menggunakan berendam di air dingin atau cairan *nitrogen*, untuk merusak jaringan (Chaillou et al., 2022). *Cold therapy* atau biasa disebut dengan *ice bath* merupakan penggunaan untuk cedera akut ketika mengalami cedera tersebut, tetapi dapat digunakan juga sebagai pemulihan kondisi fisik untuk menurunkan kadar asam laktat dalam darah setelah latihan atau pertandingan. Inti dari terapi dingin adalah untuk menyerap kalori area lokal pada cedera sehingga terjadi penurunan suhu. Terkait dengan hal tersebut, jenis terapi dengan terapi es basah lebih efektif menurunkan suhu dibandingkan es dalam kemasan mengingat pada kondisi ini lebih banyak kalori tubuh yang digunakan untuk mencairkan es. Semakin lama waktu terapi, penetrasi semakin dalam.

Cold baths merupakan terapi mandi di dalam air dingin dalam jangka waktu maksimal 20 menit.¹³ Peralatan yang di pergunakan tergantung bagian tubuh mana yang digunakan, pada perendaman seluruh tubuh diperlukan tangki *whirephool* atau sejenisnya. Pada terapi ini air di campur dengan es untuk mendapatkan suhu 10° C Sampai dengan 15° C. terapi ini biasanya dilakukan untuk pemulihan pasca latihan ataupun kompetisi.

Cold bath adalah berendam sebagian atau keseluruhan tubuh dengan air dingin pada suhu tertentu selama beberapa menit untuk mengurangi sisa metabolisme (asam laktat). Pada fase akut, penerapan terapi dingin dapat menurunkan suhu kulit, jaringan kulit dan suhu otot. Penurunan suhu ini dapat menyebabkan terjadinya vasokonstriksi pada arteriola dan venula, penurunan kepekaan akhiran saraf bebas dan penurunan metabolisme dan hasil metabolisme sel sehingga mengakibatkan penurunan kebutuhan oksigen sel, penurunan pembengkakan dan peradangan sehingga membatasi tingkat cedera. Secara klinis keseluruhan

proses tadi dapat mengurangi proses pembengkakan, mengurangi nyeri, mengurangi spasme otot dan risiko kematian sel. Menurut Ascensao, et al (2011) menyatakan bahwa terapi dingin dapat menyebabkan penurunan metabolisme, vasokonstriksi lokal, penurunan kejang otot, penurunan efek inflamasi, penurunan nyeri, dan penurunan kecepatan konduksi saraf. Penurunan tingkat metabolisme selanjutnya dapat mengurangi metabolisme sel sehingga limbah metabolisme seperti asam laktat menjadi berkurang. Penurunan limbah metabolisme pada akhirnya dapat mengurangi kelelahan dan menurunkan spasme otot.



4.9 ICE BATH atau berendam di air dingin

Menurut (Kurniawan et al., 2020) penggunaan suhu dingin dapat memberikan rasa rileks pada otot, rasa rileks secara psikologi, menghambat kerusakan otot, mengurangi edema serta rasa nyeri pada otot. Salah satu efek pertama dari penggunaan air dengan suhu dingin pada sistem tubuh adalah vasokonstriksi yang diberikan pada area. Vasokonstriksi ini dapat menurunkan sel-sel untuk melakukan metabolisme. Penurunan tingkat metabolisme jaringan akan menurunkan suhu. Respon fisiologis tubuh terhadap suhu dingin berupa penurunan metabolisme lokal tentunya sangat membantu dalam menghentikan laju sisa metabolisme berupa asam

laktat untuk tidak terakumulasi lebih banyak dalam otot. Penurunan sisa metabolisme pada akhirnya dapat menurunkan spasme otot. Namun vasokonstriksi ini berlangsung sementara, pemaparan air dengan suhu dingin dalam jangka waktu yang lama akan menyebabkan respon hunting oleh tubuh. Respon hunting itu berupa vasodilatasi.

Terjadinya vasodilatasi tentunya akan memperlancar aliran darah dan meningkatkan metabolisme, juga untuk mencegah jaringan mengalami anoxia. Menurut Guyton dan Hall (2014), semakin kurang penyediaan oksigen semakin besar kecepatan pembentukan zat-zat vasodilator yang dapat menyebabkan vasodilatasi. Meningkatnya aliran darah juga akan meningkatkan oksigen karena pengikatan oleh hemoglobin dalam darah. Proses ini juga akan menjamin ketersediaan oksigen khususnya pada bagian tubuh yang direndam, dengan demikian “pembersihan” asam laktat sebagai zat sisa metabolisme akan semakin cepat dengan kehadiran oksigen khususnya pada bagian yang dilakukan perendaman, asam laktat kemudian diubah menjadi asam piruvat yang selanjutnya asam piruvat akan masuk ke siklus krebs dan diubah menjadi energi. Dengan demikian asam laktat yang terbentuk selama proses glikolisis anaerobik tidak hilang dari tubuh karena begitu oksigen tersedia kembali, asam laktat dapat dioksidasi untuk membentuk ATP ataupun menjadi glukosa dan glikogen. Sejauh ini sebagian besar dari proses perubahan kembali ini terjadi di hati.

Contrastbath Recovery

Pemulihan Aktif merupakan dengan latihan ringan lebih efisien dalam menambah pemulihan setelah latihan dari pada strategi pemulihan pasif, efek tersebut di catat sebageaian besar pemulihan aktif dilakukan pada intensitas kurang dari 50% dari VO_2 MAX meliputi peningkatan yang signifikan dalam tingkat *clearance* laktat (Argus et al., 2016).

Metode pemulihan aktif salah satunya adalah dengan mengombinasikan antara terapi dingin dan terapi panas saat mandi (yang dikenal sebagai *contrast bath*). Caranya: Pertama, mandi menggunakan air hangat sekitar 2—3 menit, kemudian langsung menurunkan suhu air menjadi air dingin selama 1 menit. Satu kombinasi itu disebut sebagai satu siklus. Setiap kali melakukan *contrast bath*, dapat dilakukan sebanyak 3—5 siklus.

Penggunaan bergantian dari *thermotherapy* (panas) dan *cryotherapy* (dingin) disebut terapi kontras (*Contrastbath*), terapi kontras ini telah di sarankan untuk menghasilkan “tindakan memompa otot” sebagai akibat dari silih bergantinya antara vasodilatasi dan vasokonstriksi, yang meningkat oleh kontras suhu dingin panas, rasio 3:1 Atau 4:1. Dan direkomendasikan dengan suhu panas 37—44 °C dan suhu dingin 7—20 °C. Dengan Durasi waktunya 20—30 menit dapat di ulang dua atau 3 kali (Angelopoulos et al., 2022).

Berdasarkan kutipan tersebut terapi kontras atau *contrastbath* merupakan terapi dengan menggunakan panas dan dingin yang digunakan untuk memompa otot dengan silih bergantinya dalam pelaksanaannya. Terapi ini diterapkan bahwa *thermotherapy* diterapkan tiga atau empat kali lebih lama dari *cryotherapy*. Hal ini umumnya di rekomendasikan bahwa terapi kontras dimulai dengan *thermotherapy* dan di akhiri dengan *cryotherapy* untuk memperkecil kemungkinan pembengkakan dan untuk pemulihan otot-otot yang mengalami perobekan atau bisa juga pengurangan asam laktat.

Contrastbath Merupakan proses pemulihan yang menggabungkan antara terapi panas dengan terapi dingin secara bergantian. Teknik bolak balik panas dingin di maksudkan untuk memompa pembuluh darah melalui vasodilatasi dan vasokonstriksi akibat dari perubahan suhu tersebut.

Berdasarkan kutipan di atas bahwa dijelaskan teknik yang di gunakan dalam *recovery contrast bath* tersebut untuk memompa darah akibat dari perubahan suhu tersebut yang silih berganti yang

tadinya suhu dingin ada perubahan suhu ke suhu panas. Sehingga ada pemompaan pembuluh darah melalui vasodilatasi dan vasokonstriksi.

Perendaman periodik menggunakan air panas dengan suhu 38°C selama 4 menit dan air dingin dengan suhu 18°C selama 1 menit dan kembalike air hangat selama empat menit. ⁵ Penggunaan *thermotherapi* dan *criotherapi* disebut terapi kontras. Biasanya untuk merawat trauma. Terapi kontras ini telah disarankan untuk menghasilkan tindakan “memompa otot” sebagai akibat dari silih bergantinya antara vasodilatasi dan vasokonstriksi yang meningkat oleh kontras suhu dingin panas (Angelopoulos et al., 2022). Terapi Dingin Bisa dilakukan dengan kompres es batu, berendam di air es, atau bahkan pijat es. Terapi dingin ini juga dapat mengurangi rasa nyeri akibat cedera dan untuk pemulihan badan setelah latihan atau bertanding.

Contras Bath merupakan *hidroterapi* yang mengombinasikan suhu panas dan dingin biasanya digunakan untuk aplikasi pada *extremitas*, pada pelaksanaanya terapi ini memerlukan dua wadah untuk menampung air hangat (41-43°C) dan air dingin (10-18°C). rasio terapi ini dengan suhu panas dan dingin adalah 3:1 hingga 4:1 selama 15-20 menit. ⁷ Dalam metode ini, panas dan dingin diaplikasikan secara bersamaan untuk mempercepat pemulihan juga dapat digunakan untuk merawat cedera tubuh. ⁸ Perendaman secara periodik dalam kurun waktu tertentu. Manfaat dari perendaman secara periodik ini adalah pada saat perendaman akan terjadi peningkatan aliran darah dan getah bening ke arah jantung, dan pada pengangkatan tubuh dari air, darah dan getah bening yang tadi sudah terperas ke arah jantung, tidak akan kembali ke bagian bawah lagi karena adanya sistem katup pada pembuluh darah vena dan getah bening. Keadaan inilah yang akan meningkatkan aliran (sirkulasi) pada pembuluh darah dan getah bening ⁹

Heat and Ice Treatment

Perawatan pemulihan segera, seperti mandi es, adalah fitur rutin dalam pengaturan olahraga profesional. Mereka menawarkan pemulihan lebih cepat dan pengurangan cedera. Semua atlet dan pelatih mereka, apa pun levelnya, harus menerapkan pendekatan proaktif serupa. Jika Anda tidak memiliki fasilitas yang diperlukan, cobalah yang berikut ini. Saat mandi, gantilah air panas dan dingin pada kaki bagian atas dan bawah. Semprotkan air dingin selama dua menit dan air panas selama satu menit. Terapi panas alternatif ini akan meningkatkan aliran darah melalui otot dan membantu pembuangan produk limbah.

Perawatan pemulihan segera, seperti pemandian es, adalah hal biasa dari rangkaian olah raga. pemulihan yang lebih cepat dan pengurangan cedera. Semua atlet dan pelatih mereka, apa pun tingkatnya, harus menerapkan dan melakukan proaktif. Jika Anda tidak memiliki fasilitas yang diperlukan, cobalah yang berikut. Saat mandi air panas dan dingin bergantian di kaki bagian atas dan bawah. Semprotkan air dingin selama dua menit dan panaskan selama satu menit. Terapi panas alternatif ini akan meningkatkan aliran darah melalui otot dan membantu pembuangan produk limbah atau asam laktat. Meningkatnya sirkulasi akan berpengaruh terhadap kelancaran suplai oksigen yang akan membantu pendaur ulangan asam laktat menjadi sumber energi. Dengan tersedianya energi kembali yang berasal dari asam laktat akan memulihkan kelelahan yang berdampak pada mengembalian performa seperti semula. Demikian penjabaran relevan terkait latihan dan pertandingan. Bahwasannya setiap atlet pasti membutuhkan istirahat serta pemulihan agar organ-organ tubuh agar mampu meregenerasi fungsi-fungsinya. Perhatian sang pelatih terhadap pemulihan atlet sangat berpengaruh besar terhadap cadangan energi, untuk pencapaian kondisi *homeostasis* (Normal).



Gambar 4.10 Kolam renang untuk recovery Contras Bath

1. Pengaruh contrast bath terhadap pemulihan kekuatan otot pada atlet

Perbandingan pengaruh contrast bath terhadap pemulihan kekuatan otot pada atlet. Contrast bath merupakan modalitas termal dimana bagian tubuh direndam secara bergantian dalam air panas dan air dingin untuk suhu, waktu dan durasi untuk meningkatkan kekuatan otot, mengurangi nyeri otot, menyembuhkan kerusakan otot (Bieuzen et al, 2013). Penelitian yang dilakukan oleh Wisnuaji et al (2017) menunjukkan efek pemberian contrast bath dapat menyebabkan penurunan asam laktat dengan proses vasokonstriksi dan vasodilatasi. Fase vasokonstriksi akan menyebabkan menurunnya metabolisme lokal untuk menghambat akumulasi asam laktat sehingga spasme otot akan menurun. Fase vasodilatasi akan menyebabkan peningkatan aliran darah sehingga tersedia jumlah oksigen yang cukup agar sisa metabolik cepat menurun yang memberikan efek positif pada elastisitas otot. Dari proses pembersihan, metabolik akan didaur ulang dan menghasilkan asetil COA, dari asetil COA terbentuk sumber energi (ATP) yang dipergunakan untuk kekuatan otot (Norlinta, 2013). Sayers et al (2011), pemulihan aktif, pemulihan pasif, dan contrast bath, didapatkan kesimpulan bahwa contrast

bath lebih efektif daripada pemulihan pasif dan pemulihan aktif dalam pemulihan pada atlet terutama pada saat mengikuti perlombaan atau pelatihan dengan periode pemulihan yang terbatas.

2. Pengaruh contrast bath terhadap penurunan kadar asam laktat

Air adalah konduktor yang baik dibandingkan udara, perbandingannya bisa mencapai 24:1 sehingga suhu otot pasca latihan dapat turun dengan cepat ke titik normal. Ketika dilakukan perendaman, air memberikan gaya tekan pada tubuh yang disebut tekanan hidrostatis. Tekanan ini dapat menyebabkan perpindahan cairan dalam tubuh dari ekstremitas menuju *central cavity*. Selain itu tekanan hidrostatis menyebabkan cairan dari ekstrasvaskuler pindah ke intravaskuler (sistem pembuluh darah) melalui proses difusi. Difusi adalah proses Bergeraknya molekul lewat pori-pori. Pada dasarnya cairan dalam tubuh akan bergerak dari konsentrasi tinggi ke cairan berkonsentrasi rendah. Perpindahan cairan ini dapat meningkatkan translokasi substrat dari otot, meningkatkan volume darah dan didistribusikan ke *central cavity*, yang pada gilirannya meningkatkan preload jantung, stroke volume, cardiac output, dan aliran darah ke seluruh tubuh. Lancarnya aliran darah ke seluruh tubuh juga akan membantu kerja jantung lebih efisien. Dengan peningkatan aktivitas cairan ekstra-intravaskular menyebabkan metabolisme limbah juga akan meningkat tanpa pengeluaran energi tambahan.

Perendaman hangat dingin secara bergantian akan menyebabkan proses vasokonstriksi dan vasodilatasi. Pada saat perendaman dingin, terjadi proses vasokonstriksi pada area yang direndam. Vasokonstriksi ini dapat menurunkan sel-sel untuk melakukan metabolisme lokal, sehingga membantu menghentikan laju sisa metabolisme dalam bentuk asam laktat agar tidak terakumulasi terlalu banyak. Perendaman dalam suhu dingin juga menyebabkan suhu otot dapat kembali ke titik normal dengan

cepat dan mengurangi spasme otot. Kemudian pada saat perendaman air hangat, akan terjadi proses vasodilatasi, yang akan melancarkan aliran darah lokal, meningkatkan elastisitas otot dan mengurangi kejang otot. Meningkatnya aliran darah juga akan meningkatkan jumlah oksigen yang diikat oleh hemoglobin dalam darah. Proses ini akan menjamin ketersediaan oksigen sehingga pengurangan asam laktat sebagai zat sisa metabolisme akan semakin cepat karena kehadiran oksigen. Hal ini sejalan dengan yang dikatakan Lorete, Riley & Lauren (2016) bahwa, *contrast water immersion post exercise* efektif dalam mengurangi kelelahan yang dirasakan oleh otot atau nyeri secara fisik pada seseorang.

Perbandingan pengaruh *cold bath* dan *contrast bath* terhadap penurunan kadar asam laktat

Dalam penelitian ini tidak didapatkan perbedaan pengaruh cold bath dan contrast bath terhadap penurunan kadar asam laktat dalam darah. Kedua treatment pemulihan masing-masing memberikan efektivitas yang sama baiknya dalam mereduksi asam laktat serta mempercepat pemulihan otot dari kelelahan pasca beraktivitas fisik. Perendaman cold bath dan contrast bath pada dasarnya merupakan metode yang sama yang dikenal dengan Hydrotherapy Methods. Pemanfaatan air dengan suhu tertentu agar tubuh memberikan respon fisiologis yaitu vasokonstriksi dan vasodilatasi, prinsip inilah yang dimiliki dari kedua metode pemulihan ini yang berdampak pada peningkatan metabolisme dalam tubuh, elastisitas pembuluh darah, meningkatkan suplai oksigen sehingga zat sisa metabolisme anaerobik berupa asam laktat yang juga merupakan penyebab dari kelelahan otot dapat dirubah menjadi energi yang kemudian dapat dimanfaatkan oleh tubuh. Higgins (2012) dalam penelitiannya yang mengevaluasi hidroterapi sebagai strategi pemulihan setelah simulasi permainan rugby union dalam kesimpulannya mengatakan cold bath dan contrast bath lebih menguntungkan bagi pemulihan atlet dari olahraga tim daripada istirahat pasif.

Dengan menggunakan metode recovery yang tepat penurunan kinerja latihan fisik dan terjadinya berbagai cedera olahraga dapat dicegah dicegah (Kurniawan et al., 2020). Cedera olahraga secara umum dibedakan menjadi cedera traumatis dan cedera berkelanjutan (*overuse injuries*). Cedera traumatis terjadi akibat benturan sedangkan *overuse injury* terjadi akibat beban kerja tubuh yang berlebihan. Bentuk cedera dapat berupa memar, strain, sprain sampai dengan fraktur tulang. Respon tubuh terhadap kerusakan jaringan ini berupa reaksi peradangan (*inflamasi*) yang dipicu oleh mediator inflamasi yang dihasilkan oleh sel yang rusak maupun mati. Salah satu metode pemulihan yang banyak digunakan saat ini adalah *cold water immersion* atau yang lebih dikenal sebagai *ice bath* atau berendam di dalam kolam es. Pada dasarnya, metode pemulihan dengan kolam es akan membantu mengatasi rasa sakit setelah melakukan latihan fisik yang berat. Serta bisa dilakukan dengan cara *sport massage* yang memanipulasi mekanika jaringan tubuh menggunakan tekanan yang ritmis untuk meningkatkan kesehatan dan kebugaran serta di gunakan untuk mempersiapkan pemulihan sebelum dan sesudah latihan (Almeyda & Hakim, 2022).

Beberapa kondisi yang dapat diatasi dengan terapi dingin antara lain:

1. Cedera (*keseleo*, tegang dan kontusi)
2. Sakit kepala (*migrain*, sakit kepala tegang dan sakit kepala cluster).
3. Gangguan temporomandibular (*gangguan TMJ*).
4. Nyeri testis dan skrotum.
5. Nyeri pasca operasi.
6. Fase *arthritis* akut (*peradangan* pada sendi).
7. Sindrom terowongan karpal.
8. Nyeri lutut.
9. Nyeri sendi.
10. Nyeri perut.

Pemulihan setelah latihan merupakan elemen penting dari siklus pelatihan-adaptasi. Akibatnya, banyak atlet profesional dan rekreasional menerapkan strategi pemulihan setelah sesi latihan dan/atau acara kompetitif. Strategi pemulihan setelah olahraga yang sering diterapkan adalah asupan nutrisi berupa karbohidrat dan protein. Strategi pemulihan lain yang sering diterapkan setelah berolahraga adalah mandi es atau mandi air panas. Dalam tesis ini, dampak dari berbagai strategi pemulihan pasca latihan dinilai. Tesis ini memberikan bukti bahwa atlet yang menginginkan pemulihan cepat penyimpanan energinya sebaiknya mengonsumsi gula meja daripada glukosa. Selain itu, untuk merangsang pertumbuhan otot, lebih baik mengonsumsi protein daripada suplemen BCAA yang biasa dikonsumsi. Bagi para atlet yang suka mengonsumsi telur setelah berolahraga, sepertinya tidak masalah jika mereka mengonsumsi telur mentah atau direbus untuk pertumbuhan otot.

Interaksi Metode Perendaman Air Panas (HWI) dan Perendaman Air Dingin (CWI) dengan Gender Menurunkan Asam Laktat

Ketika banyak hal yang harus dilakukan tanpa cukup waktu istirahat, tubuh menggunakan energi dari glikolisis anaerobik sebagai sumber bahan bakar utamanya. Hal ini dapat menyebabkan penumpukan asam laktat dalam darah, yang pada gilirannya mencegah sel-sel otot mengambil darah yang kaya oksigen dan oksigen, sehingga menyebabkan kelelahan (Made Yoga Putra, 2015). Ketidakmampuan mempertahankan kontraksi otot inilah yang menyebabkan kelelahan otot. Ketiga jenis kelelahan tersebut adalah kelelahan sentral, kelelahan otot, dan kelelahan neuromuskular. Asam laktat yang menumpuk di otot dapat menyebabkan kelelahan. Penurunan penerimaan otot terhadap rangsangan adalah akibat langsung dari penumpukan asam laktat. Menipisnya cadangan energi dapat disebabkan oleh beberapa faktor antara lain masalah pasokan energi, ATP+PC, glikolisis anaerobik, penimbunan produk

berupa H⁺, asam laktat, ketidakmampuan mekanis otot untuk berkonsentrasi, dan perubahan sistem saraf.

Kelelahan lebih sering terjadi pada wanita dibandingkan pria karena adanya variasi biologis antar jenis kelamin, yaitu siklus biologis bulanan dalam sistem tubuh wanita yang dapat memengaruhi kesehatan fisik dan psikis serta menyebabkan kelelahan. memengaruhi peningkatan produksi asam laktat (Heza, 2018). Sebaliknya, secara umum dibandingkan wanita, pria memiliki massa otot lebih besar, konsentrasi hemoglobin lebih tinggi, volume darah lebih banyak, dan konsumsi oksigen maksimal lebih tinggi.

Istilah "burnout" mengacu pada penurunan kinerja dan keluaran yang mungkin terjadi sebagai akibat langsung dari melakukan jenis pekerjaan atau aktivitas fisik tertentu. Kelelahan fisik dan mental merupakan kemungkinan akibat dari kelelahan saat berolahraga dan jelas bahwa orang tidak dapat berfungsi dengan baik ketika kelelahan. Efek negatif dari kelelahan dapat terjadi jika keadaan tidak dapat diprediksi dengan pemulihan seiring dengan berlanjutnya latihan (*overtraining*). Dengan merelaksasi tubuh dan memperlambat detak jantung, terapi air hangat juga dapat menurunkan tekanan darah (Malibel, 2020).

Mengurangi rasa lelah dan meningkatkan daya tahan otot merupakan dua dari sekian banyak manfaat terapi air panas (Festiawan, 2021). Terapi air dingin atau dikenal juga dengan istilah Cold Therapy memiliki banyak keunggulan antara lain biaya yang murah, kecepatan, dan kemudahan penerapannya (Nurusyaikhi et al., 2022). Perendaman dalam air dingin segera setelah berolahraga diyakini dapat mengurangi kerusakan otot dan ketidaknyamanan, sehingga berkontribusi pada pemulihan fungsi neuromuskular yang lebih cepat (Setiawan & Kusumawardhana, 2021). Perendamandalam air dingin dapat mengurangi kekakuan otot dan jumlah kerusakan pasca-latihan setelah aktivitas berat yang eksentrik. Oleh karena itu seorang olahragawan harus mempunyai kondisi fisik yang prima, dengan kekuatan dan stamina yang besar, untuk itu perlu adanya pengobatan untuk mengatasi penurunan fungsi otot dan upaya

pengecahan terjadinya cedera pada olahragawan (Harun & Syafriani, 2021).

Ice Bath Recovery 2

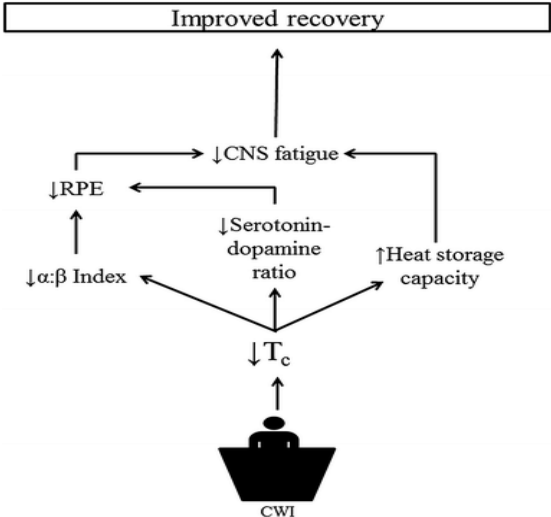
Kemampuan seorang atlet untuk pulih dengan cepat menjadi penting ketika waktunya terbatas antara latihan dan kompetisi. Oleh karena itu, strategi pemulihan biasanya digunakan untuk mempercepat proses pemulihan. Dalam fungsi fisiologis dan kinerja. Bagi atlet modern, pemulihan dapat dicapai dengan cepat dan optimal untuk memastikan mereka mampu mempertahankan beban kerja dan/atau performa yang diperlukan selama sesi latihan atau kompetisi berikutnya (Haq et al., 2022). Tanpa hal ini, ketidakseimbangan antara pemulihan dan stres latihan kemungkinan besar akan menyebabkan pencapaian non-fungsional yang berlebihan dan akibatnya kini terdapat banyak penelitian yang menyelidiki strategi pemulihan yang optimal dan tepat setelah latihan berat.

Perendaman dalam air dingin (CWI) secara konsisten telah dilaporkan sebagai pilihan populer untuk pemulihan di kalangan atlet profesional. Penggunaan CWI untuk pemulihan setelah berolahraga berasal dari penggunaannya dalam lingkungan atletik, di mana penerapan es dalam pengobatan segera cedera jaringan lunak akut sering dikombinasikan dengan istirahat, kompresi, dan elevasi (Allan et al., 2021).

Kemanjuran CWI untuk pemulihan pasca-latihan sebelumnya dianggap samar-samar kemungkinan karena ketidakkonsistenan dalam protokol CWI, dengan suhu yang berbeda, durasi, kedalaman dan bahkan waktu yang diterapkan setelah latihan digunakan dalam penelitian dan praktik terapan. Meta-analisis menunjukkan protokol suhu 10–15 °C selama 10–15 menit dapat secara efektif mendorong pemulihan (Allan et al., 2021). Yang lain berpendapat bahwa dosis 1,1 (yaitu 11 menit pada suhu 10°C) diperlukan untuk mengurangi suhu jaringan otot

secara signifikan, sebuah mekanisme fisiologis utama dimana CWI dimaksudkan untuk memengaruhi pemulihan dalam beberapa cara. Perlu dicatat bahwa CWI tidak efektif hanya dengan penurunan suhu jaringan otot, namun merupakan hasil gabungan yang diusulkan dari berkurangnya persepsi nyeri dan nyeri melalui penurunan kecepatan konduksi saraf, bersamaan dengan perubahan aliran darah yang disebabkan oleh suhu dan tekanan. metabolisme, peradangan dan suhu jaringan tulang. Saat ini terdapat sejumlah tinjauan sistematis dan meta-analisis yang menguraikan pengaruh menguntungkan CWI pada pemulihan pasca latihan.

Persepsi yang samar-samar mengenai kemanjuran CWI, baik untuk pemulihan maupun adaptasi. Pentingnya transfer pengetahuan sebelumnya telah dibahas (Bartlett & Drust, 2021). Memang, baru-baru ini dilaporkan bahwa rendahnya kepercayaan terhadap kemanjuran CWI untuk pemulihan mungkin disebabkan oleh ketidaksesuaian dalam literatur terkait.



Pengaruh ice bath terhadap pemulihan kekuatan otot pada pemain

Pengaruh *ice bath* terhadap pemulihan kekuatan otot pada pemain futsal SMA Kota Malang. Menurut Elias et al (2012), *ice bath* dapat memulihkan kinerja fisik, meningkatkan kekuatan otot dan mengurangi nyeri otot. Perendaman air dingin akan menginduksi vasokonstriksi perifer (Peiffer et al, 2009). Vasokonstriksi ini dapat mengurangi permeabilitas pembuluh kapiler, seluler dan limfatik dan akan mencegah pembengkakan dari difusi cairan, sehingga membatasi respon inflamasi akut setelah kerusakan otot akibat latihan. Selain itu, *ice bath* dapat mengurangi nyeri, relaksasi otot, relaksasi psikologi, menghambat kerusakan otot, mengurangi edema dan menurunkan suhu jaringan (Rifan, 2014).

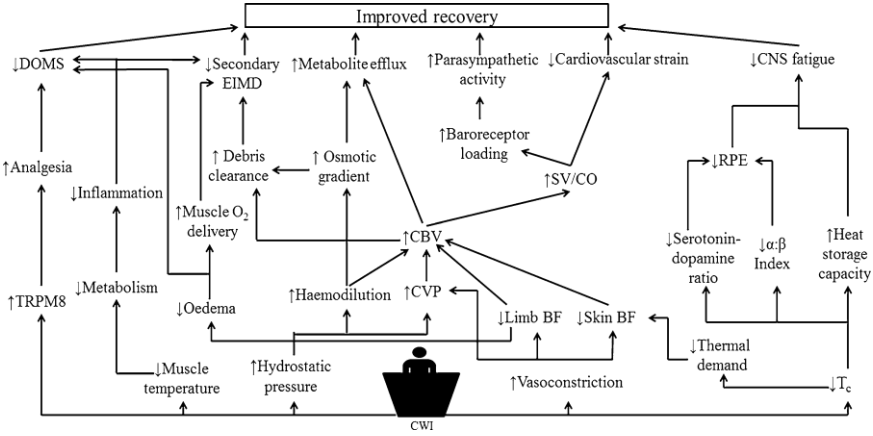
Secara fisiologis, metode cryotherapy menyebabkan terjadinya vasokonstriksi arteriola dan venula secara lokal. Vasokonstriksi ini disebabkan oleh aksi reflek dari otot polos yang timbul akibat stimulasi sistem saraf otonom dan pelepasan epinephrin dan norepinephrin. Walaupun demikian apabila dingin tersebut terus diberikan selama 15 sampai dengan 30 menit akan timbul fase vasodilatasi yang terjadi intermiten selama 4 sampai 6 menit. Periode ini dikenal sebagai respon hunting. Respon hunting terjadi untuk mencegah terjadinya kerusakan jaringan akibat dari jaringan mengalami anoxia jaringan (Arovah, 2010). Dalam keadaan dingin, hipotalamus akan mengatur otot rangka untuk vasokonstriksi secara aktif. Hal ini akan menyebabkan seseorang mengigil dan meningkatkan suhu badan. Pada saat yang sama, kelenjar adrenal akan mensekresikan hormon adrenalin dan nonadrenalin, adapun tiroid akan mensekresikan hormon tiroksin, semua hormon ini bertujuan untuk meningkatkan suhu badan dengan cara meningkatkan metabolisme tubuh. Meningkatnya suhu dalam tubuh membuat peredaran darah menjadi lancar sehingga suplai glukosa dan oksigen dalam otot terpenuhi untuk proses energi, sehingga akan membantu proses pemulihan kelelahan otot yang akan berdampak pada kekuatan otot (Rifan, 2014).

Protokol Pemulihan

Dua menit setelah pengujian pasca latihan berakhir, subjek menyelesaikan salah satu tiga strategi pemulihan. Selama CWI, subjek membenamkan tubuhnya sepenuhnya (tidak termasuk kepala dan leher) dalam air dingin (15°C) selama empat belas menit. CWT terdiri atas mata pelajaran bergantian antara air panas (38°C) selama satu menit dan air dingin (15°C) selama satu menit sehingga totalnya adalah tujuh siklus (total empat belas menit). Perubahan dari waktu ke waktu dari panas ke dingin dan sebaliknya memerlukan waktu sekitar 3-4 detik, saat stopwatch dihentikan selama waktu tersebut (Almeida et al., 2016). Semua air perendaman dilakukan pada pakaian renang milik subjek. Kelompok kontrol duduk secara pasif empat belas menit (suhu kamar 23°C). Subyek kemudian diberi waktu enam menit untuk handuk keringkan dan kembali ke pakaian latihan mereka. Selama periode antara Pasca-Rec, 2 jam Pasca-Rec, dan pengujian Post-Rec 4 jam, subjek duduk pasif.

Para atlet umumnya menggunakan CWI untuk pemulihan, dan penggunaannya pasca-kompetisi adalah hal yang umum, terutama setelah tekanan panas.⁵⁸ Namun, manfaatnya selama latihan terhambat karena potensi keterlambatan dalam pemulihan otot dan adaptasi latihan.⁵⁹ ⁶⁰ Pengamatan terbaru dari Kejuaraan Dunia Atletik 2019 menunjukkan bahwa lebih dari separuh atlet ketahanan merencanakan pasca lomba CWI (tidak dipublikasikan). CWI untuk pemulihan merupakan pelengkap penting dari CWI medis untuk EHS tetapi memiliki alasan yang berbeda. Triase yang tepat akan mengarahkan semua atlet yang mengalami kelelahan akibat panas ringan ke pemandian es pemulihan, sehingga memungkinkan untuk menyisihkan rendaman es medis di dalam dek pemanas untuk EHS. Perlu ditekankan pengaruh pendinginan terhadap kinerja olahraga dan adaptasinya berbeda, dan dipengaruhi oleh banyak faktor termasuk durasi, waktu, besarnya, respons individu dan sifat aktivitas. Sedangkan studi

mekanistik seperti Cheng dkk. (Moore et al., 2023) sangat penting untuk membantu memahami faktor intramuskular yang memengaruhi fungsi otot setelah pendinginan dan pemanasan, ekstrapolasi dan penerapan data tersebut ke ilmu olahraga pengaturannya harus berada dalam konteks dan pemahaman yang sesuai. CWI melibatkan 10-15 menit perendaman pada suhu 10-15°C telah terbukti meningkatkan pemulihan akut dan pemulihan hari berikutnya dalam olahraga kinerja dan kesejahteraan, dan mungkin merupakan alat pemulihan yang berguna selama periode intensif pelatihan atau kompetisi. Protokol CWI seperti itu tampaknya tidak mengganggu resintesis glikogen otot 4 jam pasca latihan [4]. Sedangkan penelitian Cheng et al. (Moore et al., 2023) telah menunjukkan hal yang penting respon fisiologis terhadap pendinginan ekstrim, tidak disarankan untuk melakukan CWI pasca latihan (10-15 menit @ 10-15°C) akan memberikan efek yang serupa. Selain itu, penggunaan CWI juga harus dihindari segera setelah pelatihan resistensi. Terlepas dari beberapa peringatan, ada bukti mendukung penggunaan CWI untuk meningkatkan pemulihan fisiologis, dan menurut pendapat kami - waktu untuk melakukannya meredakan keresahan yang tidak perlu terhadap penggunaan modalitas pemulihan ini.



Singkatnya, sejumlah mekanisme telah disarankan untuk bertanggung jawab atas peningkatan pemulihan akut dan jangka panjang yang terkait dengan CWI pasca-latihan. Di bawah tekanan panas, CWI memfasilitasi pemulihan jangka pendek dengan mekanisme terintegrasi dimana CWI meningkatkan pemulihan. CWI meningkatkan pemulihan dan meningkatkan kesiapan atlet melalui berbagai mekanisme yaitu; menurunkan EIMD sekunder, menurunkan sensasi DOMS, meningkatkan pembersihan metabolit otot, meningkatkan aktivitas parasimpatis pasca-latihan, menurunkan ketegangan kardiovaskular dan mengurangi kerusakan otot akibat kelelahan akibat latihan SSP, DOMS memperlambat timbulnya nyeri otot, kation potensial reseptor transien TRPM8 saluran M8, perendaman air dingin CWI, suhu inti T_c , aliran darah BF, tekanan vena sentral CVP, volume darah sentral CBV, volume sekuncup/curah jantung SV/CO, sistem saraf pusat SSP, peringkat RPE dari aktivitas yang dirasakan, : peningkatan, ; menurunkan suhu tubuh dengan cepat, akibatnya memperbaiki kelelahan yang dimediasi SSP, dan dengan mengurangi ketegangan kardiovaskular. Sampai saat ini, hanya ada sedikit bukti yang mendukung gagasan bahwa CWI dapat meningkatkan pemulihan akut dengan memfasilitasi pembuangan metabolit otot.

Selain itu, reaktivasi parasimpatis setelah CWI tampaknya merugikan kinerja intensitas tinggi yang dilakukan segera setelahnya, namun tampaknya bermanfaat dalam kaitannya dengan pemulihan fisiologis jangka panjang dan kinerja pelatihan sehari-hari. Kemanjuran CWI untuk mengurangi efek sekunder EIMD tampaknya bergantung pada cara latihan yang digunakan, karena CWI memiliki pengaruh terbatas pada EIMD yang disebabkan oleh kontraksi bias eksentrik sendi tunggal. Sebaliknya, CWI tampaknya lebih efektif dalam memperbaiki efek EIMD yang disebabkan oleh daya tahan tubuh yang

berkepanjangan/modalitas latihan berbasis intermiten. Memahami mekanisme ini akan membantu praktisi dalam penerapan dan optimalisasi strategi CWI untuk memenuhi kebutuhan pemulihan spesifik, meningkatkan kinerja atletik, dan meningkatkan adaptasi terhadap olahraga.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnyana, I. (2011). *Perbedaan pengaruh metode latihan continuous circuit dan football circuit terhadap peningkatan volume oksigen maksimal (V_{O2max}) pemain sepakbola mahasiswa ditinjau dari rasio kerja-istirahat 1: 2 dan 1: 3 (studi eksperimen pada mahasiswa Fakultas Ola (Doctoral dissertation, UNS (Sebelas Maret University).*
- Aitken, B., & MacMahon, C. (2019). Shared Demands Between Cognitive and Physical Tasks May Drive Negative Effects of Fatigue: A Focused Review. *Frontiers in Sports and Active Living*, 1(October), 1–7. doi.org/10.3389/fspor.2019.00045
- Alix-Fages, C., Jiménez-Martínez, P., de Oliveira, D. S., Möck, S., Balsalobre-Fernández, C., & Del Vecchio, A. (2023). Mental fatigue impairs physical performance but not the neural drive to the muscle: a preliminary analysis. *European Journal of Applied Physiology*. <https://doi.org/10.1007/s00421-023-05189-1>
- Allan, R., Akin, B., Sinclair, J., Hurst, H., Alexander, J., Malone, J. J., Naylor, A., Mawhinney, C., Gregson, W., & Ihsan, M. (2021). Athlete, coach and practitioner knowledge and perceptions of post-exercise cold-water immersion for recovery: a qualitative and quantitative exploration. *Sport Sciences for Health*, 18(3), 699–713. <https://doi.org/10.1007/s11332-021-00839-3>
- Allois, R., Pagliaro, P., & Roatta, S. (2023). Ischemic Conditioning to Reduce Fatigue in Isometric Skeletal Muscle Contraction.

Biology, 12(3). <https://doi.org/10.3390/biology12030460>

- Almeida, A. C., Machado, A. F., Albuquerque, M. C., Netto, L. M., Vanderlei, F. M., Vanderlei, L. C. M., Netto Junior, J., & Pastre, C. M. (2016). The effects of cold water immersion with different dosages (duration and temperature variations) on heart rate variability post-exercise recovery: A randomized controlled trial. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19(8), 676–681. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2015.10.003>
- Andriana, L. M., Ratna Sundari, L. P., Muliarta, I. M., Ashadi, K., & Nurdianto, A. R. (2022). Active recovery is better than passive recovery to optimizing post-exercise body recovery. *Jurnal SPORTIF: Jurnal Penelitian Pembelajaran*, 8(1), 59–80. https://doi.org/10.29407/jjs_unpgri.v8i1.17685
- Angelopoulos, P., Diakoronas, A., Panagiotopoulos, D., Tsekoura, M., Xaplanteri, P., Koumoundourou, D., Saki, F., Billis, E., Tsepis, E., & Fousekis, K. (2022). Cold-Water Immersion and Sports Massage Can Improve Pain Sensation but Not Functionality in Athletes with Delayed Onset Muscle Soreness. *Healthcare (Switzerland)*, 10(12). <https://doi.org/10.3390/healthcare10122449>
- Anthony L.W., 2000. *The role of hyperbaric oxygen in sports medicine*. A thesis submitted to the Faculty of Graduate Studies and Research in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy. Faculty of Physical Education and Recreation. Edmonton, Alberta.
- Argus, C. K., Broatch, J. R., Petersen, A. C., Polman, R., Bishop, D. J., & Halson, S. (2016). *Do Not Improve Short-Term Recovery Following*.
- Arifushalat. (2019). *Pengaruh Recovery Aktif dan Pasif Terhadap Denyut Nadi Pemulihan pada Atlet Sepak Bola SMA Negeri Keberbakatan Olahraga*. 1–16. eprints.unm.ac.id/id/eprint/13697
- Arntz, A., & Claassens, L. (2004). The meaning of pain influences its

- experienced intensity. *Pain*. doi.org/10.1016/j.pain.2003.12.030
- Astrand, P.O., & Rodahl, K. (2003). *Textbook of work physiology, physiological basis of exercise*. New York: McGraw-Hill.
- Azhar, N. N. (2015). Uji Efektivitas Terapi Oksigen Hiperbarik pada Pasien Diabetes Melitus di Rumah Sakit TNI Angkatan Laut Dr. Mintohardjo Jakarta Pusat.
- Bartlett, J. D., & Drust, B. (2021). A framework for effective knowledge translation and performance delivery of Sport Scientists in professional sport. *European Journal of Sport Science*, 21(11), 1579–1587. doi.org/10.1080/17461391.2020.1842511
- Bestwick-Stevenson, T., Toone, R., Neupert, E., Edwards, K., & Kluzek, S. (2021). Assessment of Fatigue and Recovery in Sport: Narrative Review. *International Journal of Sports Medicine*, 43(14), 1151–1162. <https://doi.org/10.1055/a-1834-7177>
- Best, T. M., & Crawford, S. K. (2017). Massage and postexercise recovery: The science is emerging. *British Journal of Sports Medicine*, 51(19), 1386–1387. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096528>
- Bompa, T. O., & Buzzichelli, C. (2019). *Periodization: theory and methodology of training*. Human kinetics.
- Brownstein, C. G., Rimaud, D., Singh, B., Fruleux-Santos, L. A., Sorg, M., Micklewright, D., & Millet, G. Y. (2021). French Translation and Validation of the Rating-of-Fatigue Scale. *Sports Medicine - Open*, 7(1). <https://doi.org/10.1186/s40798-021-00316-8>
- Brown, Diana. 2012. *Hyperbaric Oxygen Therapy (HBOT) for Athletes*. Dalam. <http://www.progresivemedicalcentre.com>. Akses 15 Februari 2012.
- Calder, A. (2007). *Recovery and Regeneration for Long-Term Athlete Development*. Canadian Sport Centres.
- Calleja-González, J., Terrados, N., Mielgo-Ayuso, J., Delextrat, A., Jukic, I., Vaquera, A.,... & Ostojic, S. M. (2016). Evidence-based post-exercise recovery strategies in basketball. *The Physician*

and sportsmedicine, 44(1), 74-78.

- Chaillou, T., Treigyte, V., Mosely, S., Brazaitis, M., Venckunas, T., & Cheng, A. J. (2022). Functional Impact of Post-exercise Cooling and Heating on Recovery and Training Adaptations: Application to Resistance, Endurance, and Sprint Exercise. *Sports Medicine - Open*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00428-9>
- Cormier, P., Freitas, T. T., Loturco, I., Turner, A., Virgile, A., Haff, G. G., Blazevich, A. J., Agar-Newman, D., Henneberry, M., Baker, D. G., McGuigan, M., Alcaraz, P. E., & Bishop, C. (2022). Within Session Exercise Sequencing During Programming for Complex Training: Historical Perspectives, Terminology, and Training Considerations. *Sports Medicine*, 52(10), 2371-2389. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01715-x>
- Dantas, E. H. M., Barrón-Luján, J. C., Bispo, M. D. C., de Godoy, E. S., dos Santos, C. K. A., de Nazaré Dias Bello, M., & Gastélum-Cuadras, G. (2022). Criteria for identifying and assessing sports training periodization models. *Retos*, 45(2002), 174-183. <https://doi.org/10.47197/retos.v45i0.90837>
- Declan A, et al (2003). Effect of active versus passive recovery on power output during repeated bouts of short term high intensity exercise. *Journal of Sport Science and Medicine* 2, 47-51.
- Douwes, M., 2011. *Fisiologi recovery*. Diklat Fisiologi Latihan. Prodi Ilmu Keolahragaan Program Pasacasarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Dudley, C., Johnston, R., Jones, B., Till, K., Westbrook, H., & Weakley, J. (2023). Methods of Monitoring Internal and External Loads and Their Relationships with Physical Qualities, Injury, or Illness in Adolescent Athletes: A Systematic Review and Best-Evidence Synthesis. In *Sports Medicine* (Vol. 53, Issue 8). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01844-x>

- Dupuy, O., Douzi, W., Theurot, D., Bosquet, L., & Dugué, B. (2018). An evidence-based approach for choosing post-exercise recovery techniques to reduce markers of muscle damage, Soreness, fatigue, and inflammation: A systematic review with meta-analysis. *Frontiers in Physiology*, 9(APR), 1–15. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00403>
- Emig, T., & Peltonen, J. (2020). Human running performance from real-world big data. *Nature Communications*. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-18737-6>
- Estévez-González, A. J., Pérez-Ruiz, M., Cobo-Vicente, F., Donadio, M. V. F., & Larumbe-Zabala, E. (2022). Effects of Physical Training on Heart Rate Variability in Children and Adolescents with Chronic Diseases: A Systematic Review and Meta-analysis. *International Journal of Sports Medicine*, 43(8), 679–686. <https://doi.org/10.1055/a-1524-2421>
- Fellows, Miranda. 2011. *Hyperbaric oxygen therapy for athletes*. Journal of Hyperbaric Medicine. Number 845 • Friday, January 7, 2011
- Ferrer-i-Cancho, R., & Vitevitch, M. S. (2018). The origins of Zipf's meaning-frequency law. *Journal of the Association for Information Science and Technology*. doi.org/10.1002/asi.24057
- Fitrianto, A. T., & Habibie, M. (2023). *Program Fisik Intensitas Sedang-Tinggi Pada Anggota Lembaga*. 6(1), 16–26.
- Fox, E.L., Bowers R.W. & Fross, M.L. 1993. *The physiological basis of exercise and sport*. USA: Wim. Brown Publisher.
- Giles, Warrington. 2010. *Get fit for sport*. Coaching Ireland The Lucozade Sport Education Programme.
- Ginástica, N., Brasileira, A., Myrian Nunomura, D. A., Pires, F. R., & Carrara, M. P. (2009). ANÁLISE DO TREINAMENTO. *Rev. Bras. Cienc. Esporte, Campinas*.
- Goldberger, J. J., Arora, R., Buckley, U., & Shivkumar, K. (2019). Autonomic Nervous System Dysfunction: JACC Focus Seminar. *Journal of the American College of Cardiology*, 73(10),

1189–1206. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2018.12.064>

Guyton, AC & Hall. 2006. *Text book of medical physiology*. Printed in China. W.B. Saunders Company.

Halson S. (2013). Recovery Techniques for Athletes. *Sport Science Exchanges*. 26(120), 1–6.

Habay, J., Uylenbroeck, R., Van Droogenbroeck, R., De Wachter, J., Proost, M., Tassignon, B., De Pauw, K., Meeusen, R., Pattyn, N., Van Cutsem, J., & Roelands, B. (2023). Interindividual Variability in Mental Fatigue-Related Impairments in Endurance Performance: A Systematic Review and Multiple Meta-regression. *Sports Medicine - Open*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/s40798-023-00559-7>

Hairy, J. 1989. *Fisiologi olahraga*. Jakarta: Dirjen Dikti.

Haq, A., Ribbans, W. J., Hohenauer, E., & Baross, A. W. (2022). The Comparative Effect of Different Timings of Whole Body Cryotherapy Treatment With Cold Water Immersion for Post-Exercise Recovery. *Frontiers in Sports and Active Living*, 4(July). <https://doi.org/10.3389/fspor.2022.940516>

Harahap, d. s., & jayadi, i. (2019). Efek perendaman air dingin terhadap fleksibilitas otot hamstring setelah melakukan latihan intensitas tinggi. *Jurnal Prestasi Olahraga*, 2(4).

Harries, S. K., Lubans, D. R., & Callister, R. (2012). Resistance training to improve power and sports performance in adolescent athletes: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 15(6), 532–540. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.02.005>

Heza, F. N. (2019, March). Asam Laktat Indikator Kelelahan Dan Kerusakan Saat Berolahraga. In *Prosiding Seminar Nasional LPPM Unsoed* (Vol. 8, No. 1).

IAAF. 2011. Introduction to Coaching Theory. “*The energy system*”. Diunduh dari http://www.coachr.org/energy_systems.htm.

Ihsan, M., Watson, G., & Abbiss, C. R. (2016). What are the Physiological Mechanisms for Post-Exercise Cold Water

- Immersion in the Recovery from Prolonged Endurance and Intermittent Exercise? *Sports Medicine*, 46(8), 1095–1109. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0483-3>
- Information, A., Glossary, A., Book, C., Forms, D., Collection, I., Exam, L., & Videos, T. (2016). *Massage Therapy: Principals and Practice*. In *Journal of Athletic Training*.
- Ioanesyan, E. R. (2021). Typology of Words and Constructions with a High Degree of Meaning. *Nauchnyi Dialog*. <https://doi.org/10.24224/2227-1295-2021-6-43-58>
- Ishii, Y., Deie, Masatake., Adachi, Nobuo, Yasunaga, Sharman, Miyanaga and Ochi 2005. *Hyperbaric oxygen as an adjuvant fo athletes*. Department of Orthopaedic Surgery, Hiroshima University, Hiroshima, Japan, and Sport Medicine Inatitute of Health and Sport Science, University of Tsukuba, Ibraki, Japan. *Sport Med*: 35(9): 739-746.
- Jeukendrup, A. (2014). A step towards personalized sports nutrition: Carbohydrate intake during exercise. *Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0148-z>
- Kahului., 2011. *Athletes use portable hyperbaric oxygen chambers for fast fitness results*. *Balanced Health Today*. Chapter 7. 22-26.
- Keilani, M., Hasenöhr, T., Gartner, I., Krall, C., Fürnhammer, J., Cenik, F., & Crevenna, R. (2016). Use of mental techniques for competition and recovery in professional athletes. *Wiener Klinische Wochenschrift*, 128(9–10), 315–319. <https://doi.org/10.1007/s00508-016-0969-x>
- 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>
- Kemrianus Zebua, D., & Agustina, D. (2021). Pengaruh Massage

Terhadap Penurunan Kelelahan Pada Pemain Futsal Big Family Futsal Club Serdang Bedagai. *Health Science and Rehabilitation Journal*, 1, 42–50.

- Kesehatan RI, K. (2021). Panduan Pendampingan Gizi-Pada Atlet. In *Panduan Pendampingan Gizi Pada Atlet*.
- Kim, S., Yukishita, T., Lee, K., Yokota, S., Nakata, K., Suzuki, D., Kobayashi, H. 2011. *The effect of mild-pressure hyperbaric therapy (oasis O₂) on fatigue and oxidative stress*. Health Today. Vol.3 No.7, July 2011. PP.432-436.
- Kobelev, V. (2023). Effects of Mean Stress and Multiaxial Loading on the Fatigue Life of Springs. *Eng*, 4(2), 1684–1697. <https://doi.org/10.3390/eng4020095>
- Krumm, B., Luisier, F., Rapillard, A., & Faiss, R. (2023). Is Recovery Optimized by Using a Cycle Ergometer Between Ski-Mountaineering Sprints? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 18(5), 553–556. <https://doi.org/10.1123/IJSPP.2022-0422>
- Kurniawan, R., Prabowo, E., & Yudhaprawira, A. (2020). Pelatihan Terapi Ice Bath Untuk Recovery Cabang Olahraga Futsal Pada Tim Cosmo Futsal Club Jakarta. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat UBJ*, 3(1), 59–66. <https://doi.org/10.31599/jabdimas.v3i1.57>
- Kvist, J., & Silbernagel, K. G. (2022). Fear of Movement and Reinjury in Sports Medicine: Relevance for Rehabilitation and Return to Sport. *Physical Therapy*, 102(2). doi.org/10.1093/ptj/pzab272
- Li, P., Wei, Z., Zeng, Z., & Wang, L. (2022). Acute effect of kinesio tape on postural control in individuals with functional ankle instability following ankle muscle fatigue. *Frontiers in Physiology*, 13(August), 1–8. doi.org/10.3389/fphys.2022.980438
- Liebenson, C. (2009). Training for speed. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. doi.org/10.1016/j.jbmt.2009.07.001
- Mahdi, Sasongko, Siswanto, Suharsono, dan Supriyono. 1999. *Ilmu kesehatan penyelaman dan hiperbarik*. Surabaya: LAKESLA

Lembaga Kesehatan Kelautan.

- Malaibel, Y. A. A. (2020). Pengaruh pemberian hidroterapi (rendam kaki air hangat) terhadap penurunan tekanan darah pada pasien hipertensi di Wilayah Kerja Puskesmas Sikumana Kota Kupang. *CHMK Health Journal*, 4(1), 124-131
- Marckenzie, Brian., 2005. *101 performance evaluation tests*. Electric Word plc 67-71 Goswell Road London.
- Marqués-Jiménez, D., Calleja-González, J., Arratibel, I., Delextrat, A., & Terrados, N. (2017). Fatigue and Recovery in Soccer: Evidence and Challenges. *The Open Sports Sciences Journal*, 10(1), 52–70. <https://doi.org/10.2174/1875399X01710010052>
- Mas'ud, Ibnu. 2000. *Sinopsis faal sistem pengantar faal psikologi*. Malang: KOPMA Press. Universitas Brawijaya Malang.
- McArdle WD., Katch FI., Katch VL. 1996. *Exercise physiology*. (4th ed). Baltimore: Wilkins and Wilkins
- Moore, E., Fuller, J. T., Bellenger, C. R., Saunders, S., Halson, S. L., Broatch, J. R., & Buckley, J. D. (2023). Effects of Cold-Water Immersion Compared with Other Recovery Modalities on Athletic Performance Following Acute Strenuous Exercise in Physically Active Participants: A Systematic Review, Meta-Analysis, and Meta-Regression. *Sports Medicine*, 53(3), 687–705. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01800-1>
- Moughan, Ron., & Michael Gleeson., 2004. *The biochemical basis of sports performance*. New York: Oxford University Press
- Mubarak MF. (2020). Pengaruh Sport Masage terhadap Kecepatan Penurunan Denyut Nadi pada Atlet Pencak Silat Sulawesi Selatan. *Jurnal Sains Keolahragaan Dan Kesehatan*, 2(1).
- Muhajirin LML. (2016). Perbedaan Pengaruh Pemulihan Aktif dan Pasif terhadap Denyut Nadi pada Atlet Renang PRSI Makassar. *Jurnal Pendidikan Jasmani Dan Olahraga*, 4(2).
- Mustofa H. (2015). Analisis Pengetahuan Pelatih Klub Handball Bumi Wali Tuban Terhadap Recovery. *Jurnal Kesehatan Olahraga*. 7(2), 150–155.

- Nanang, 2012. "Instant recovery-hutang oksigen". Diunduh dari <http://dokternanang.blogspot.com/2012/03/instant-recovery-hutang-oksigen.html>.
- Ningrum, D. A., & Rahayu, N. I. (2018). Perbandingan Metode Hydrotherapy Massage dan Massage Manual terhadap Pemulihan Kelelahan Anaerobic Lactacid Pasca Olahraga. *Jurnal Terapan Ilmu Keolahragaan*, 3(1), 30. <https://doi.org/10.17509/jtikor.v3i1.11501>
- Nystoriak, M. A., & Bhatnagar, A. (2018). Cardiovascular Effects and Benefits of Exercise. In *Frontiers in Cardiovascular Medicine*. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2018.00135>
- Parwata, I. M. Y. (2015). Kelelahan dan recovery dalam olahraga. *Jurnal pendidikan kesehatan rekreasi*, 1(1), 2-13.
- Pate, Rusell R., 1984. *Dasar-dasar ilmiah kepelatihan*. CBS. College Publishing AS. Diterjemahan oleh Dwijowijono IKIP Semarang Press (1993).
- Patellongi, I., 2000. *Fisiologi olahraga*. Makasar: Bagian Ilmu Faal Fakultas Kedokteran Universitas Hasanudin.
- Pavelka, R., Třebický, V., Fialová, J. T., Zdobinský, A., Coufalová, K., Havlíček, J., & Tufano, J. J. (2020). Acute fatigue affects reaction times and reaction consistency in Mixed Martial Arts fighters. *PLoS ONE*, 15(1), 1–13. doi.org/10.1371/journal.pone.0227675
- Parwata, I. M. Y. (2015). Kelelahan dan recovery dalam olahraga. *Jurnal pendidikan kesehatan rekreasi*, 1(1), 2-13.
- Pleša, J., Kozinc, Ž., & Šarabon, N. (2022). A Brief Review of Selected Biomechanical Variables for Sport Performance Monitoring and Training Optimization. *Applied Mechanics*, 3(1), 144–159. <https://doi.org/10.3390/applmech3010011>
- Purnomo, A. M. I. (2015). Manfaat Swedish Massage Untuk Pemulihan Kelelahan Pada Atlet. *Efektor*, 3(1), 1–11.
- Rasyid, A., & Agung, N. (2017). Pengaruh Pemulihan Aktif Jogging Terhadap Penurunan Asam Laktat Pada Olahraga

- Bulutangkis. *Journal Sport Area*, 2(2), 10. doi.org/10.25299/sportarea.2017.vol2(2).710
- Rice, C. A., Beekhuizen, B., Dubrovsky, V., Stevenson, S., & Armstrong, B. C. (2019). A comparison of homonym meaning frequency estimates derived from movie and television subtitles, free association, and explicit ratings. *Behavior Research Methods*. <https://doi.org/10.3758/s13428-018-1107-7>
- Sánchez-Otero, T., Tuimil, J. L., Boullosa, D., Varela-Sanz, A., & Iglesias-Soler, E. (2022). Active vs. passive recovery during an aerobic interval training session in well-trained runners. *European Journal of Applied Physiology*, 122(5), 1281–1291. <https://doi.org/10.1007/s00421-022-04926-2>
- Scot K. Powers & Edward T. Howley, 2009. *Exercise physiology. Theory and application to fitness and performance*. New York. America. McGraw-Hill.
- Scott Delaney, MD; D. L. Montgomery, 2001. *How Can Hyperbaric Oxygen Contribute to Treatment?.* The Physician And Sports Medicine - VOL 29 - No. 3 - March 2001
- Setiawan, A. (2021, December). Perbandingan Metode Rendam Menggunakan Air Hangat Dan Air Dingin Terhadap Penurunan Kadar Asam Laktat Setelah Melakukan Aktivitas Fisik Submaksimal 85%. In *Seminar Nasional Keindonesiaan (FPIPSKR)*.
- Soekarman, 1991. *Energi dan sistem energi dominan pada olahraga*. Jakarta : Inti Idayu Press.
- Song, S., Kidziński, Ł., Peng, X. Bin, Ong, C., Hicks, J., Levine, S., Atkeson, C. G., & Delp, S. L. (2021). Deep reinforcement learning for modeling human locomotion control in neuromechanical simulation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 18(1), 1–17. <https://doi.org/10.1186/s12984-021-00919-y>
- Staples, J. & Clement, D., 1996. *Hyperbaric oxygen chambers and the treatment of sports injuries*. *Sports Med.* 22(4): 219-227.

- Sueblinvong T, Egtasaeng N, Sanguangrangsirikul S., 2004. *Hyperbaric oxygenation and blood lactate clearance: study in sixty male naval cadets*. J Med Assoc Thai. 2004 Sep;87 Suppl 2:S2 18-22.
- Sukadiyanto. (2011). *Teori dan Metodologi Melatih Fisik*. In Bandung: Lubuk Agung.
- Supruniuk, E., Górski, J., & Chabowski, A. (2023). Endogenous and Exogenous Antioxidants in Skeletal Muscle Fatigue Development during Exercise. *Antioxidants*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/antiox12020501>
- Syaefulloh Ivan, & Purbodjati. (2022). Perbedaan Pengaruh Recovery Aktif Dan Pasif Terhadap Denyut Nadi Pemulihan Pada Atlet Pencak. *Jurnal Kesehatan Olahraga*, 10(1), 145–152. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jurnal-kesehatan-olahraga/article/view/43872/37521>
- Te Wierike, S. C. M., Van Der Sluis, A., Van Den Akker-Scheek, I., Elferink-Gemser, M. T., & Visscher, C. (2013). Psychosocial factors influencing the recovery of athletes with anterior cruciate ligament injury: A systematic review. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 23(5), 527–540. <https://doi.org/10.1111/sms.12010>
- Thorpe, R. T., Atkinson, G., Drust, B., & Gregson, W. (2017). Monitoring fatigue status in elite team-sport athletes: Implications for practice. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12, 27–34. doi.org/10.1123/ijsp.2016-0434
- Verstappen, S., van Rijn, R. M., Cost, R., & Stubbe, J. H. (2021). The Association Between Training Load and Injury Risk in Elite Youth Soccer Players: a Systematic Review and Best Evidence Synthesis. *Sports Medicine - Open*, 7(1), 1–14. <https://doi.org/10.1186/s40798-020-00296-1>
- Walton, C. C., Keegan, R. J., Martin, M., & Hallock, H. (2018). The potential role for cognitive training in sport: More research

- needed. *Frontiers in Psychology*, 9(JUL), 1–7. doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01121
- Williams, C. (2013). Recovery From Exercise: Role of Carbohydrate Nutrition. *Movement, Health & Exercise*, 3, 1–13. https://doi.org/10.15282/mohevol3.013
- Wilmore H.J. & Costill L.D. 2004. *Physiology of sport and exercise*. The United States of America Human Kinetic.
- Yuan, R., Sun, H., Soh, K. G., Mohammadi, A., Toumi, Z., & Zhang, Z. (2023). The effects of mental fatigue on sport-specific motor performance among team sport athletes: A systematic scoping review. *Frontiers in Psychology*, 14. doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1143618
- Yuliana. (2020). Olahraga yang Aman di Masa Pandemi COVID-19 untuk Meningkatkan Imunitas Tubuh. *Jurnal Bali Membangun Bali*. https://doi.org/10.51172/jbmb.vii2.112
- Zhou, J. (2022). Influence of Hydrotherapy on Fatigue Recovery in Sports Athletes. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, 28(5), 413–415. doi.org/10.1590/1517-8692202228052021_0529
- Sukadiyanto. (2011). Teori dan Metodologi Melatih Fisik. In *Bandung: Lubuk Agung*.
- Supondha, Erick. 2010. *Perkembangan Hiperbarik di Indonesia*. Hiperbaric medicine consultant. Edisi 14 Agustus 2010.
- Thiornado, T. K. (2015). *Pengaruh terapi oksigen hiperbarik terhadap eGFR berdasarkan formula MDRD pada pasien luka kaki diabetik* (Doctoral dissertation, Widya Mandala Catholic University Surabaya).
- Thorpe, R. T., Atkinson, G., Drust, B., & Gregson, W. (2017). Monitoring fatigue status in elite team-sport athletes: Implications for practice. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12, 27–34. doi.org/10.1123/ijsp.2016-0434
- Toubekis, A.G., H.T. Douda., S. P. Tokmakidis., 2005. *Influences of different rest interval during active or passive recovery on*

repeated sprint swimming performance. *Eur J Appl Physiol* 93: 694-700.

Verstappen, S., van Rijn, R. M., Cost, R., & Stubbe, J. H. (2021). The Association Between Training Load and Injury Risk in Elite Youth Soccer Players: a Systematic Review and Best Evidence Synthesis. *Sports Medicine - Open*, 7(1), 1-14. doi.org/10.1186/s40798-020-00296-1

Walton, C. C., Keegan, R. J., Martin, M., & Hallock, H. (2018). The potential role for cognitive training in sport: More research needed. *Frontiers in Psychology*, 9(JUL), 1-7. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01121>

Wilmore H.J. & Costill L.D. 2004. *Physiology of sport and exercise*. The United States of America Human Kinetic.

Wilson, J.R. & Prather, I. 2004. Hiperbaric oxigenation and aerobic performance. *Journal of Sport Science and Madicine* 3, 55-56

Wiriawan, O., & Kaharina, A. (2022). *Pemulihan Olahraga Modalitas Radiasi Inframerah*. uwais inspirasi indonesia.

Xiao, F., Kabachkova, A. V., Jiao, L., Zhao, H., & Kapilevich, L. V. (2023). Effects of cold water immersion after exercise on fatigue recovery and exercise performance--meta analysis. *Frontiers in Physiology*, 14(January), 1-15. doi.org/10.3389/fphys.2023.1006512

Yuan, R., Sun, H., Soh, K. G., Mohammadi, A., Toumi, Z., & Zhang, Z. (2023). The effects of mental fatigue on sport-specific motor performance among team sport athletes: A systematic scoping review. *Frontiers in Psychology*, 14. doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1143618

Yuliana. (2020). Olahraga yang Aman di Masa Pandemi COVID-19 untuk Meningkatkan Imunitas Tubuh. *Jurnal Bali Membangun Bali*. <https://doi.org/10.51172/jbmb.vii2.112>

Zhou, J. (2022). Influence of Hydrotherapy on Fatigue Recovery in Sports Athletes. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, 28(5), 413-415. doi.org/10.1590/1517-8692202228052021_0529

TENTANG PENULIS



WIDIYANTO dilahirkan di Klaten, 5 Juni 1982. Menyelesaikan Pendidikan S₁ di Jurusan Pendidikan Kesehatan Rekreasi (PKR) Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Yogyakarta (S.Or., 2004). Menyelesaikan S₂ di Program Studi Kesehatan Olahraga (Faal Olahraga) Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga (UNAIR) Surabaya (M.Kes., 2008). Menyelesaikan S₃ di Program Doktoral Ilmu Keolahragaan Pascasarjana Universitas Negeri Surabaya (UNESA) (Dr., 2012). Menjadi dosen di Jurusan Pendidikan Kesehatan Rekreasi Prodi Ilmu Keolahragaan Fakultas Ilmu Keolahragaan dan Kesehatan sejak tahun 2005 dan dosen di Program Pascasarjana UNY sejak 2013. Penulis dapat dihubungi melalui email widi@uny.ac.id

REFLEKSI PENGELOLAAN FAKTOR KELELAHAN & PEMULIHAN DALAM PELATIHAN OLAHRAGA

Buku ini diperuntukkan bagi para akademisi olahraga, praktisi olahraga, dan pegiat olahraga karena secara lengkap buku ini membahas tentang teori konsep latihan, penyebab, proses, dan dampak kelelahan, dan teori konsep pemulihan (*Recovery*) serta beberapa metode proses pemulihan. Disamping itu, buku ini juga tepat dijadikan sebagai rujukan dalam melakukan strategi pemulihan pada sesi latihan atau pertandingan.

Garis besar buku ini adalah sebagai berikut:

- Bab 1. Kajian tentang Latihan. Dalam bab ini akan dibahas tentang teori-teori Latihan, prinsip-prinsip Latihan, pengaruh dan adaptasi Latihan, dan sumber energi yang digunakan pada saat Latihan.
- Bab 2. Kajian tentang kelelahan. Dalam bab ini akan dibahas mengenai teori-teori tentang kelelahan, factor penyebab kelelahan, proses terjadinya kelelahan, dan dampak kelelahan.
- Bab 3. Pemulihan (*Recovery*). Pada bab ini akan dibahas mengenai teori-teori pemulihan (*recovery*), konsep dasar pemulihan, manfaat pemulihan, dan strategi pemulihan
- Bab 4. Metode-metode Pemulihan. Pada bab ini akan dibahas mengenai metode-metode pemulihan, metode pemulihan dengan nutrisi, pengantian cairan, pemulihan dengan masase, pemulihan aktif, pemulihan dengan *ice bath*, dan pemulihan dengan oksigen hiperbarik.



UNY Press

Jl. Gejayan, Gg. Alamanda, Komplek Fakultas Teknik UNY
Kampus UNY Karangmalang Yogyakarta 55281

Telp: 0274 - 589346

E-Mail: unypress.yogyakarta@gmail.com

Anggota Ikatan Penerbit Indonesia (IKAPI)

Anggota Asosiasi Penerbit Perguruan Tinggi Indonesia (APPTI)