

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka

1. Latihan

Dalam olahraga kemampuan berprestasi adalah perpaduan dari sekian banyak kemampuan yang turut menentukan prestasi, yang dibangun dalam proses latihan yang berlangsung dalam jangka waktu yang lama. Banyak pendapat yang telah dikemukakan oleh para ahli mengenai pengertian atau definisi dari latihan. Berkaitan dengan proses dan jangka waktu latihan Nossek (1982: 10) menyatakan bahwa *“Training is a process or, expressed in other words, a period of time lasting several years, until the sportsman achieves a high standart of performance”*. Latihan adalah suatu proses atau, dinyatakan dengan kata lain, periode waktu yang berlangsung selama beberapa tahun sampai atlet tersebut mencapai standart penampilan yang tinggi.

Sedangkan Harsono (1988: 101) mengemukakan bahwa “Latihan adalah proses yang sistematis dari berlatih atau bekerja yang dilakukan secara berulang-ulang dengan kian hari kian bertambah jumlah beban atau pekerjaannya”. Pendapat senada dikemukakan oleh Bempa (1990: 2) yang menyatakan bahwa *“Training...is a systematic athletic activity of long duration, progressively and individually graded, aiming at modelling the human's physiological and psychological function to meet demanding tasks .“* Latihan ... adalah merupakan aktivitas olahraga yang sistematis dalam waktu yang lama, ditingkatkan secara progresif dan individual, yang mengarah kepada ciri-ciri fungsi fisiologis dan psikologis manusia untuk mencapai sasaran yang telah ditentukan. dari uraian tersebut di atas, dapat disimpulkan bahwa latihan adalah suatu proses kerja yang diorganisir dan direncanakan secara sistematis, dilakukan secara berulang-ulang dan berkelanjutan serta adanya unsur peningkatan beban secara bertahap.

Latihan dilakukan secara sistematis maksudnya adalah latihan dilaksanakan secara terencana, menurut jadwal, menurut pola dan sistem tertentu, dari yang mudah ke yang sukar dan dari yang sederhana ke yang lebih kompleks. Latihan mengandung unsur pengulangan, dengan tujuan untuk meningkatkan kemampuan

tubuh (fisik) dalam melakukan kerja. Disamping itu latihan dapat pula ditujukan untuk meningkatkan efisiensi dalam gerakan, agar gerakan-gerakan yang semula sukar dilakukan menjadi semakin mudah dan otomatis dalam pelaksanaannya sehingga semakin menghemat energi. Latihan fisik merupakan salah satu unsur dari latihan olahraga secara menyeluruh yang penekanannya adalah terhadap peningkatan kemampuan fisik dalam melakukan kerja. “Pengembangan kondisi fisik dari hasil latihan tergantung pada tipe beban yang diberikan serta tergantung dari kekhususan latihan” (Fox, Bowers & Foss, 1993). Oleh karena itu perlu dipahami prinsip-prinsip dasar latihan yang akan dijadikan pedoman. Dengan latihan fisik yang terencana, sistematis dan kontinyu dengan pembebanan tertentu akan mengubah faal tubuh yang selanjutnya akan berpengaruh terhadap tingkat kesegaran jasmani ke tingkat yang lebih tinggi, sehingga dapat menunjang penampilan atlet dalam berolahraga.

a. Prinsip-Prinsip Latihan

Latihan yang sistematis adalah dilakukan secara teratur, latihan tersebut berlangsung beberapa kali dalam satu minggu, tergantung pada standard atlet dan periode latihan. Lebih lanjut Nossek (1982: 10) menambahkan bahwa *“Training principle are guidelines a well-organized training should adopt. Such principles refer to all aspects and tasks of training, they determine the contents, the means and methods as well as the organization of training”*. Pelaksanaan latihan harus berpedoman pada prinsip-prinsip latihan yang benar. Prinsip latihan merupakan garis pedoman yang hendaknya dipergunakan dalam latihan yang terorganisir dengan baik.

Prinsip-prinsip tersebut adalah 1) Prinsip overload, 2) Prinsip penggunaan beban secara progresif, 3) Prinsip pengaturan latihan, 4) Prinsip kekhususan program latihan, 5) Prinsip Individual, serta 6) Prinsip pulih asal. Latihan yang dilakukan dapat mencapai hasil sesuai yang diharapkan jika dilaksanakan dengan berdasarkan pada prinsip-prinsip latihan yang benar.

1.) Prinsip Beban Lebih (*Overload Principle*)

Latihan olahraga pada prinsipnya adalah memberikan tekanan (stress) pada tubuh yang akan dilakukan sedemikian rupa sehingga dapat meningkatkan kapasitas kemampuan kerja dan mengembangkan system

serta fungsi organ ketingkat standart nilai yang lebih tinggi. Prinsip beban lebih merupakan dasar dalam latihan. Beban latihan yang diberikan harus diatas ambang rangsang latihan. Jika latihan tidak ditingkatkan meskipun latihan dilakukan dengan rutin, prestasi tidak akan meningkat. Berkaitan dengan beban lebih ini, Harsono (1988: 50) mengemukakan bahwa “Perkembangan otot hanyalah mungkin apabila otot-otot tersebut dibebani dengan tahanan yang kian bertambah berat”. Lebih lanjut dijelaskan pula bahwa “Kalau beban terlalu ringan atau tidak ditambah atau tidak diberi (overload), maka berapa lamapun kita berlatih, betapa seringpun kita berlatih atau sampai bagaimanapun capeknya kita mengulang-ulang latihan tersebut, peningkatan prestasi tidak mungkin tercapai” (Harsono, 1988: 103). Hal ini menunjukkan bahwa untuk meningkatkan kemampuan seseorang, beban yang diberikan dalam latihan harus lebih berat dari beban sebelumnya. Oleh karena itu prinsip latihan ini harus benar-benar diterapkan dalam pelaksanaan latihan. Jonath et al (1987: 29) menjelaskan bahwa “Peningkatan prestasi terus menerus hanya dapat dicapai dengan peningkatan beban latihan”. Pembebanan yang lebih berat dapat merangsang penyesuaian fisiologis dalam tubuh yang dapat mendorong peningkatan kemampuan otot atau tubuh.

2.) Prinsip Penggunaan Beban secara Progresif.

Peningkatan beban secara progresif adalah peningkatan beban secara teratur dan bertahap sedikit demi sedikit. Dengan pemberian beban yang dilakukan secara bertahap yang kian hari kian meningkat jumlah pembebanannya, maka otot akan mengalami adaptasi fisiologis dimana akan terjadi proses peningatan kekuatan otot. Jika proses adaptasi ini telah dicapai, maka kerja otot yang tadinya melebihi beban kemampuannya akan tidak lagi terjadi. Penambahan beban latihan tidak boleh tergesa-gesa dan berlebihan, sehingga peningkatan beban latihan harus tepat dan disesuaikan dengan tingkat kemampuan atlet serta ditingkatkan setahap demi setahap. Penambahan beban yang meningkat tersebut dapat diberikan dengan menambah jumlah berat beban yang diberikan atau menambah jumlah pengulangannya.

3.) Prinsip Pengaturan Latihan.

Latihan harus dilakukan secara teratur dan kontinyu, hal ini dimaksudkan agar terjadi adaptasi terhadap jenis keterampilan yang dipelajari. Seperti halnya dalam program latihan berbeban harus disusun agar kelompok otot yang lebih besar dilatih sebelum kelompok otot yang lebih kecil. Seperti yang dikemukakan oleh Sajoto (1995: 31) bahwa “Latihan hendaknya diatur sedemikian rupa, sehingga kelompok otot-otot besar dulu yang dilatih, sebelum otot yang lebih kecil. Hal ini dilaksanakan agar kelompok otot kecil tidak akan mengalami kelelahan lebih dulu”. Alasan perlunya penyusunan dan pengaturan latihan ini adalah otototot yang lebih kecil cenderung lebih cepat lelah dan lebih lemah daripada kelompok otot yang lebih besar. Oleh karena itu untuk menentukan urutan latihan, lebih tepat mendahulukan melatih otot-otot yang lebih besar baru kemudian melatih otot-otot yang lebih kecil sebelum mengalami kelelahan.

4.) Prinsip Kekhususan

Pada dasarnya pengaruh yang ditimbulkan akibat latihan bersifat khusus, sesuai dengan karakteristik kondisi fisik, pola gerakan dan system energi yang digunakan selama latihan. Latihan yang ditujukan pada unsur kondisi fisik atau teknik dasar tertentu hanya akan memberikan pengaruh besar terhadap komponen kondisi fisik atau teknik dasar yang dipelajari.

5.) Prinsip individual (*the principles of individuality*)

Prinsip ini didasarkan bahwa setiap orang mempunyai karakteristik yang berbeda, baik secara fisik maupun secara psikologis. oleh karena itu latihan yang diberikan harus disesuaikan dengan tingkat kesegaran seseorang dan tujuan yang hendak dicapai (Fox, 1993).

6.) Prinsip pulih asal (*recovery*)

Prinsip pulih asal bertujuan untuk mernulihkan kondisi tubuh pada keadaan sebelum aktivitas, baik pemulihan terhadap cadangan energi, maupun pembuangan asam laktat dari darah dan otot, serta pemulihan cadangan oksigen (Sukarman, 1981).

b. Dosis latihan

Dosis latihan merupakan takaran dari pemberian beban latihan terhadap tubuh. Faktor yang mempengaruhi latihan antara lain: a) Intensitas, b) Frekuensi latihan dan c) Durasi latihan (Fox et al,1993).

a.) Intensitas latihan

Intensitas menunjukkan sebuah kualitas elemen latihan. Intensitas dapat diartikan sebagai tingkatan kualitas dengan pemberian beban berdasarkan berat badan antara lain: ringan, sedang dan berat (Bompa, 1994). Banyak cara untuk menentukan intensitas latihan, salah satu alternatif untuk menentukan intensitas latihan adalah berdasarkan sistem energi yang dipakai dalam kegiatan olahraga tersebut, metode latihan untuk menentukan intensitas latihan adalah berdasarkan penentuan denyut nadi maksimal (*maksimum heart rate*). Denyut nadi maksimal adalah jumlah denyut nadi yang dicapai permenit waktu melakukan kerja maksimal, rumus untuk memprediksi denyut nadi maksimal adalah $HR_{max} = 220 - \text{usia}$ (Deborah, 2006)

b.) Frekuensi latihan

Frekuensi latihan dapat dilakukan 1 kali, 2 kali, 3 kali, 4 kali dan 5 kali perminggu tergantung tujuan yang ingin dicapai (Fox et al,1993). Penentuan frekuensi latihan tergantung dari status kesehatan dan kesegaran jasmani atlet yang akan dilatih. Agar memperoleh peningkatan kualitas komponen kondisi fisik, maka frekuensi latihan sebaiknya dilakukan 3-5 kali perminggu (Bompa,1994; Fox,1993).

c.) Durasi latihan

Lama latihan dapat dijadikan sebagai rentang waktu yang dapat berupa berapa menit atau berapa jam latihan dilakukan dalam setiap kali seminggu atau berapa bulan suatu program latihan berlangsung (Bompa,1994). Skala persentase latihan menurut Bompa Tudor (1994). Sebagai berikut:

Tabel. 2.1 Intensitas latihan menurut Bompa Tudor (1994).

<i>Intencity Number</i>	<i>Persentage Of The Maximum Performance</i>	<i>Intencity</i>
1	30-50%	<i>Low</i>
2	50-70%	<i>Intermediate</i>
3	70-80%	<i>Medium</i>
4	80-90%	<i>Submaximum</i>
5	90-100%	<i>Maximum</i>
6	100-105%	<i>Supermaximum</i>

Latihan fisik dengan intensitas tinggi, otot berkontraksi dalam keadaan anaerobik, sehingga penyediaan ATP terjadi melalui glikolisis anaerobik. Hal ini mengakibatkan meningkatnya kadar asam laktat dalam darah maupun otot

2. Latihan Berbeban

Latihan berbeban atau *weight training* merupakan latihan fisik dengan bantuan alat berupa besi sebagai beban, yang tujuan utamanya untuk memberikan efek terhadap otot-otot rangka dan memberikan perubahan secara morfologis, khususnya ditujukan untuk meningkatkan kekuatan dan ketahanan otot guna membantu kemajuan penampilan seseorang. Latihan untuk mengembangkan kekuatan otot dapat dilakukan dengan menggunakan beban. baik latihan secara isometric (statis), secara isotonic (dinamis) maupun secara isokinetic. Latihan beban atau *weight training* merupakan cara yang paling baik dan efektif untuk mengembangkan power, kekuatan dan daya tahan. Harus selalu diingat bahwa kekuatan, kecepatan dan daya ledak serta keterampilan merupakan kualitas fisik yang tidak dapat dipisahkan satu persatu.

Dari uraian tersebut diatas dapat disimpulkan bahwa program latihan berbeban dapat menghasilkan komponen fisik, seperti kekuatan, daya tahan dan power secara positif. Latihan berbeban merupakan latihan fisik dengan bantuan beban berupa barbell atau dapat pula dengan menggunakan beban berat badan sendiri.

Hidayatullah, M.F. (1996: 1) mengemukakan bahwa “Latihan berbeban adalah suatu cara menerapkan prosedur tertentu secara sistematis pada berbagai otot tubuh” Pada program latihan berbeban dalam penelitian ini pelaksanaannya menggunakan alat-alat berupa barbell atau beban yang telah dikombinasikan menjadi alat khusus untuk latihan berbeban (*weight training*).

a. Otot-Otot yang Berpengaruh dalam latihan

Di dalam tubuh manusia terdapat tiga macam jenis otot yang berbeda, yaitu otot halus, otot jantung dan otot rangka. Otot halus terdapat dalam dinding usus, dinding perut, dinding pembuluh darah dan sebagainya yang bekerja tanpa disadari, dan otot jantung bekerja tanpa diperintah oleh otak serta otot rangka adalah otot yang melekat pada tulang. Otot ini disebut juga otot serat lintang yang berfungsi sebagai penggerak tubuh atau anggota tubuh dan bekerja dibawah perintah susunan syaraf pusat. Namun yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah hanya pada otot skeletal.

b. Anatomi dan fisiologi otot lengan

Pada lengan terdapat beberapa otot, sendi, ligament, tendon, dan bursa pada lengan atas terdiri dari group otot *biceps* yang berfungsi sebagai *fleksi elbow joint*, sedangkan *triceps* yang berfungsi sebagai gerak *ekstensi* pada *elbow joint*.



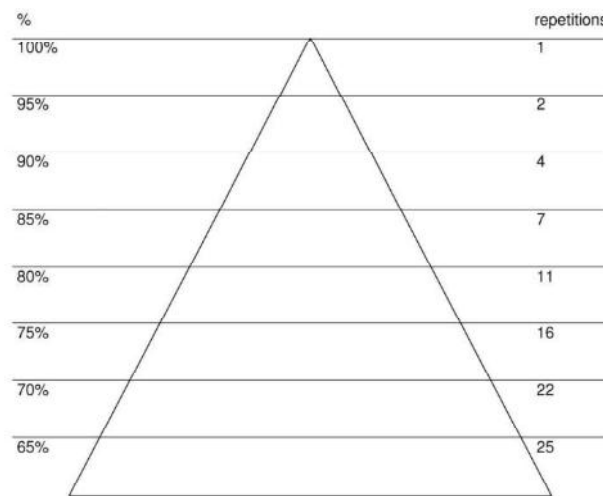
Gambar 2.1 Anatomi Muskuloskeletal <http://www.slideshare.net>

c. Metode latihan Beban 1 RM dengan metode Hollten

Untuk mengetahui adanya kelelahan dilakukan suatu pelatihan yang diberikan pada otot hamstring dengan menggunakan alat barbell. Menghitung 1 RM dengan menggunakan diagram holten. Beban awal pada subjek ditentukan 1 kali beban yang dapat dilakukan dalam 1 kali coba, kemudian subjek melakukan gerakan dengan beban tersebut hingga lelah. Subyek dapat melakukan gerakan berapa kali repetisi. Kemudian dengan diagram holten kita

commit to user

tarik garis lurus pada sisi repetisi ke arah kiri, didapatkan berapa persen . Sehingga didapatkan perhitungan nilai 1 RM .



Gambar 2.2 diagram holten <http://www.biomedcentral.com>

3. Sistem Energi

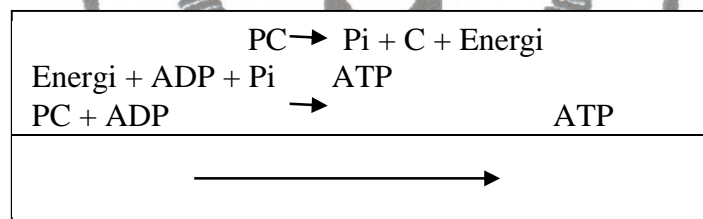
Penyediaan energi dalam otot dapat disediakan melalui tiga sistem penyediaan energi, yaitu :

a. Sistem ATP - PC (*sistem Phosphagen*)

Semua energi yang digunakan untuk menjalankan fungsi tubuh kita berasal dari ATP. Di dalam tubuh jumlah ATP yang terbanyak terdapat dalam otot. Pada bagian otot yang terlatih dengan baik akan memiliki jumlah persediaan ATP yang lebih banyak. Jumlah ATP yang tersimpan didalam otot sangat terbatas, oleh karena itu otot akan menjadi lebih cepat kehilangan energi apabila seseorang melakukan aktivitas sangat berat (Bompa, 1994), oleh karena itu ATP yang telah digunakan harus dibentuk kembali (resintesa). Pembentukan kembali ATP memerlukan energi agar otot dapat berkontraksi dengan cepat dan kuat, maka ATP harus disintesa lebih cepat lagi. Sistem ATP-CP berguna untuk menggerakkan otot 5 - 8 detik, misalnya pada olahraga anerobik seperti sprint 100 m, angkat besi, tolak peluru. Ketika ATP pecah menjadi *adenosine diphosphate* dan *phosphate inorganic* (Pi), dihasilkan energi yang dapat digunakan untuk kontraksi otot skelet selama *exercise* (Fox, 1993).

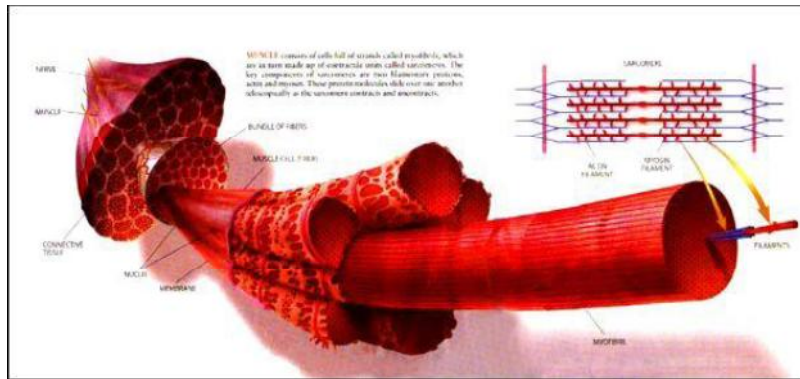
Otot skelet mempunyai energi *phosphate* yang tinggi yaitu *creatine phosphate* (CP), yang dapat dipakai untuk menghasilkan ATP. ATP dan CP yang

dapat digunakan segera, sangat sedikit tersedia di dalam tubuh. cadangan CP di otot skelet 3 - 5 kali lebih besar dari ATP yang tercadang di otot. Oleh karena ATP dan PC juga mengandung senyawa fosfat (P) sehingga sistem ini biasanya disebut juga sebagai *phosphogen system*. Apabila PC pecah akan keluar energi. Pemecahan tersebut tidak memerlukan oksigen. Dalam otot jumlah PC sangat terbatas, akan tetapi merupakan sumber energi tercepat untuk membentuk kembali ATP. Jumlah PC dalam otot dapat ditingkatkan dengan memberikan latihan dengan irama cepat dan intensitas tinggi. Simpanan PC dalam otot jumlahnya sangat sedikit, sehingga energi yang dihasilkan hanya untuk bekerja yang cepat dan energi tersebut akan cepat habis, untuk membentuk ATP kembali kalau cadangan PC habis, maka dilakukan pemecahan glukosa tanpa oksigen atau disebut sebagai glikolisis anaerobik. *Phosphagen system* termasuk sistem pengadaan energi tanpa menggunakan oksigen, jadi energi yang dihasilkan sangat terbatas hanya bisa digunakan untuk latihan/kerja berat selama 5-10 detik (Fox, 1993).

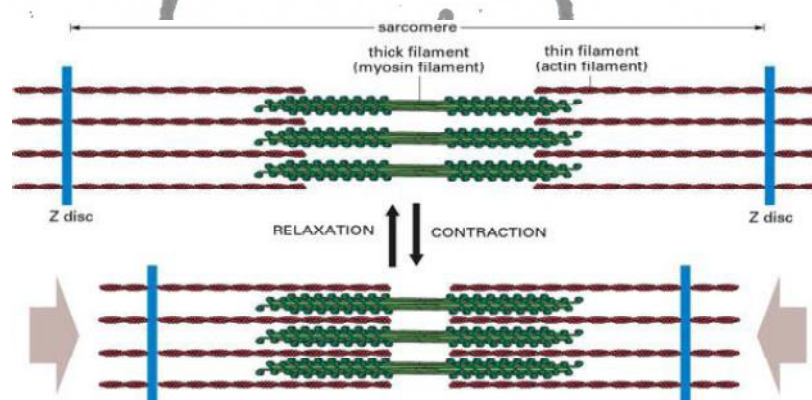


Gambar.2.3 Reaksi pembentukan ATP dari fosfokreatin (PC). C =Creatin, Pi = fosfat energi tinggi (Fox, 1993).

Sistem Fosfagen merupakan sumber energi yang dapat digunakan secara cepat yang diperlukan untuk cabang olahraga yang memerlukan kecepatan. Alasan yang dapat menunjang pernyataan tersebut adalah: (1) sistem fosfagen tidak tergantung pada reaksi kimia yang panjang, (2) sistem fosfagen tidak memerlukan oksigen pada proses kimianya dan (3) ATP-PC tertimbun dalam mekanisme kontraktile otot (Fox, 1993).



Gambar 2.4. Penampang otot tipe cepat. Sumber: *Applied Kinesiology and Bio mechanics*, Chimera *et al.* (2004).



Gambar 2.5 Mekanisme kontraksi otot. Sumber: *Applied Kinesiology and Bio mechanics*, Chimera *et al.* (2004).

Untuk dapat berkontraksi otot memerlukan energi. Energi ini diperoleh dari pemecahan Adenosine Triphosphate (ATP). Jumlah ATP yang terdapat dalam serabut otot jumlahnya sangat terbatas. Oleh karena itu kebutuhan energi dapat dipenuhi melalui sistem rephosphorisasi. Besarnya kontraksi otot akan menentukan kemampuan kekuatan yang ditimbulkannya, kekuatan tersebut tergantung pada besarnya penampang melintang serabut otot yang bersangkutan. Penampang melintang suatu otot tergantung pada besar kecilnya serabut otot yang membentuk otot, sedangkan besar kecilnya serabut otot ditentukan oleh miofibril yang membentuk serabut tersebut. Ukuran penampang melintang otot setiap orang akan mengalami perubahan kearah yang lebih besar, jika orang tersebut melakukan latihan secara intensif. Pembesaran otot ini umunya disebut dengan hipertropi, yang tentunya sangat berguna untuk peningkatan kekuatan otot. Dengan terjadinya peningkatan kekuatan otot, diharapkan dapat meningkatkan kemampuan atlet untuk berprestasi lebih baik.

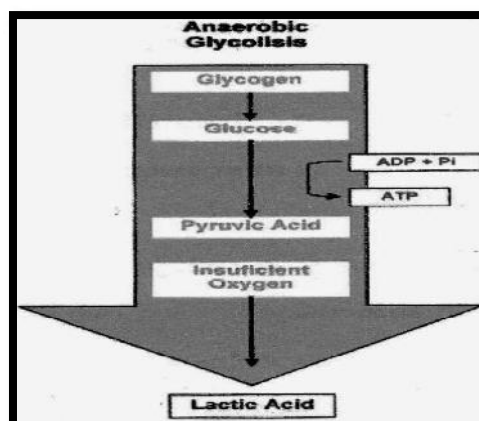
b. Sistem asam laktat (*lactic acid system/ glikolisis anaerobik*)

Sistem asam laktat adalah sistem anaerobik dimana ATP dihasilkan pada otot skelet melalui glikolisis. Sistem asam laktat penting untuk olahraga intensitas tinggi yang lamanya 20 detik - 2 menit (Fox, 1993), seperti renang gaya bebas 100 m. Glukosa dari glikogen otot dipecah menjadi asam laktat. Sistem ini penting untuk *exercise* anaerobik dengan intensitas tinggi yang berguna untuk melakukan kontraksi otot. Setelah 1,5 - 2 menit melakukan *exercise* anaerobik, penumpukan laktat yang terjadi akan menghambat glikolisis, sehingga timbul kelelahan otot. Melalui sistem ini dari 1 mol (180 gram) glikogen otot dihasil 2 molekul ATP.

Menurut Sukarman (1991) sistem asam laktat ini berjalan lebih lambat jika dibandingkan dengan ATP-PC (2 reaksi), adapun ciri-ciri sistem ini adalah sebagai berikut:

- a) Menyebabkan terbentuknya asam laktat dan dapat menyebabkan kelelahan
- b) Tidak membutuhkan oksigen.
- c) Hanya menggunakan karbohidrat.
- d) Pelepasan energi yang hanya cukup untuk resistensi ATP dalam jumlah yang sedikit (Fox, 1993).

Apabila aktivitas maksimum terus berlangsung, maka glikolisis anaerobik akan terus berjalan sehingga produksi asam laktat akan menumpuk, hasil dari glikolisis anaerobik ini akan menghasilkan asam laktat, dan menurunkan pH dalam otot maupun darah. Perubahan pH ini akan menghambat kerja enzim dan akhirnya menghambat reaksi kimia dalam sel tubuh, terutama dalam sel otot, sehingga mengakibatkan kontraksi otot bertambah lemah dan akhirnya otot mengalami kelelahan. (Mc Govern, 1997)



Gambar 2.6 Glikolisis anaerobik (Fox, 1993)

Glikolisis anaerobik yang hanya menghasilkan 2 mol ATP ini dapat digunakan untuk latihan fisik dengan kecepatan maksimal yang berlangsung selama 1-3 menit. Apabila akumulasi asam laktat terjadi, maka akan mengarah ke kejadian kelelahan otot (Fox, 1993).

c. Sistem Energi pada Latihan Fisik

Berbagai tipe latihan fisik yang ada sehubungan dengan sistem energi, Fox (1993) membagi ke dalam dua kategori, yaitu:

- 1) Latihan fisik dalam waktu singkat
- 2) Latihan fisik dalam jangka waktu lama

d. Sistem energi saat latihan fisik dalam waktu singkat

Olahraga atau latihan fisik dalam waktu singkat yaitu latihan dengan intensitas tinggi yang mendekati maksimal dan hanya berlangsung dalam waktu singkat atau tidak lebih dari 2-3 menit. Pada saat berlatih dalam keadaan demikian, sistem energi yang dominan adalah sistem anaerobik dan bahan utama yang dipecah adalah karbohidrat dengan sedikit lemak serta sedikit protein. Hal ini menunjukkan bahwa energi yang diperlukan dalam latihan semacam ini tidak dapat disuplai melalui sistem aerobik saja, oleh karena itu sebagian besar ATP harus disuplai secara anaerobik oleh sistem fosfagen, sehingga akan terjadi penumpukan asam laktat di darah dan otot, karena suplai oksigen tidak mencukupi. Pada saat cadangan glikogen telah habis digunakan, maka penumpukan asam laktat dalam darah telah mendekati maksimal. Sebagai contoh setelah lari sprint 400 m dan 800 m, kadar asam laktat meningkat 20 kali lebih besar dari pada dalam keadaan istirahat. Dengan demikian kadar asam laktat darah merupakan indikator yang baik untuk menentukan sistem energi yang dominan dalam latihan. (Fox, 1993).

e. Sistem energi saat latihan fisik dalam jangka waktu lama

Latihan fisik dalam jangka waktu lama adalah berbagai latihan fisik yang waktu pelaksanaannya diatas 10 menit. Sumber utama ATP disuplai oleh sistem aerobik dengan pemecahan bahan bakar utama berasal dari karbohidrat dan lemak. Jika aktivitas yang dilakukan lebih dari satu jam dengan intensitas kerja submaksimal, maka simpanan glikogen mulai menurun secara bermakna dan lemak menjadi sumber bahan bakar utama untuk pembentukan kembali bahan bakar ATP (Fox,1993).

4. Asam Laktat

Laktat merupakan *intermediate product* dari metabolisme glukosa. Laktat adalah produk akhir dari metabolisme anaerobik, proses ini berlangsung tanpa adanya oksigen. Didalam tubuh asam laktat diproduksi secara terus menerus dalam sitoplasma. Pada orang sehat dalam keadaan istirahat, jumlah asam laktat sekitar 1-1,8 mM/l. Asam laktat merupakan metabolit yang menyebabkan kelelahan dan diproduksi dari sistem asam laktat atau glikolisis anaerobik sebagai akibat pemecahan glukosa yang tidak sempurna (Fox, 1993).

Sistem anaerobik selain dari resintesis 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 asam laktat). Di dalam tubuh, semua karbohidrat dikonveksi menjadi gula sederhana yaitu glukosa, disimpan didalam hati dan otot sebagai glikogen untuk dipergunakan kemudian. Asam laktat adalah hasil dari glikolisis anaerobik (junusul Hairy, 1989).

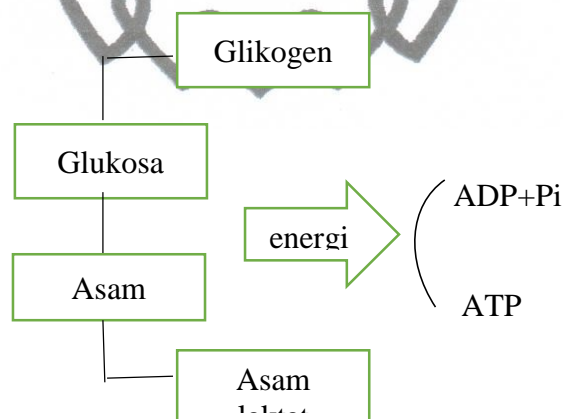
Sistem glikolisis anaerobik atau sistem asam laktat ini lebih rumit dibandingkan dengan sistem ATP-PC. Proses pembentukan energi melalui sistem asam laktat dan memerlukan 12 macam reaksi kimia yang berurutan, sehingga pembentukan energi berjalan lebih lambat jika dibandingkan dengan sistem ATP-PC. Sistem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

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 2 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 metabolisme glukosa dengan sistem anaerobik. Ciri-ciri dari sistem glikolisis anaerobik adalah sebagai berikut : 1.) menyebabkan terbentuknya asam laktat yang dapat menyebabkan kelelahan, 2.) tidak membutuhkan oksigen, 3.) hanya menggunakan sistem energi karbohidrat (glikogen dan glukosa), dan 4.) energi yang dilepaskan hanya cukup untuk resintesis ATP dalam jumlah yang sedikit.

Seperti telah dijelaskan diatas bahwa produk akhir dari glikolisis anaerobik adalah sistem 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 didalam sel otot. Keadaan ini akan mengakibatkan kontraksi otot bertambah lemah dan akhirnya otot mengalami kelelahan.

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



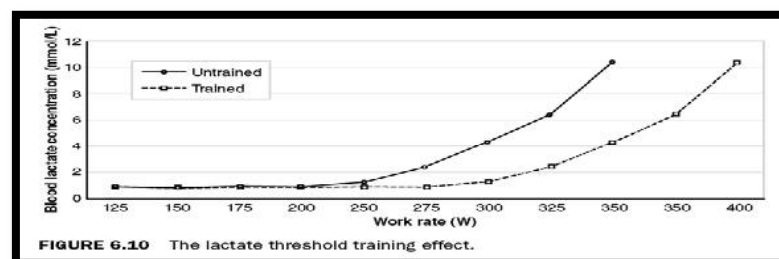
Gambar 2.7 Glikolisis anaerobik (Pyke, Rusel R. 1990)

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 resintesa $\text{ADP}+\text{Pi}$), H_2O , dan CO_2 .

Akumulasi asam laktat dapat terjadi selama melakukan latihan dengan intensitas yang tinggi dalam waktu yang singkat, hal ini disebabkan karena produksi asam laktat lebih tinggi daripada pemusnahannya (Brooks, 1984). Didalam darah asam laktat selalu ada berasal dari metabolisme secara anerobik didalam eritrosit (Fox,1993), meskipun demikian jumlah asam laktat dalam tubuh relatif tetap. Kadar asam laktat darah yang melebihi 6-10mM/l dapat mengganggu mekanisme kerja sel otot sampai pada tingkat koordinasi gerakan. 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 skeletal tersebut (Fanny, 2010).

Batas toleransi antara terhadap ketinggian konsentrasi asam laktat pada otot dan darah selama melakukan aktivitas latihan fisik tidak diketahui pasti. Namun demikian, toleransi kadar asam laktat pada manusia diperkirakan mencapai diatas 20mM/l darah dan 25 mM kg /berat otot basah, dan bahkan bisa mencapai diatas 30 mM/l pada latihan dinamis dengan intensitas tinggi (Gollnick, 1986). Asam laktat akan menurunkan pH dalam otot maupun darah. Selanjutnya penurunan pH ini akan menghambat enzim-enzim glikolisis dan mengganggu reaksi kimia dalam otot. Keadaan ini akan mengakibatkan kontraksi otot bertambah lemah dan akhirnya otot mengalami kelelahan (Fox, 1993)



Gambar 2.8 Perbandingan konsentrasi asam laktat atlet terlatih dengan tidak terlatih (Fox, 1993).

a. Metabolisme asam laktat

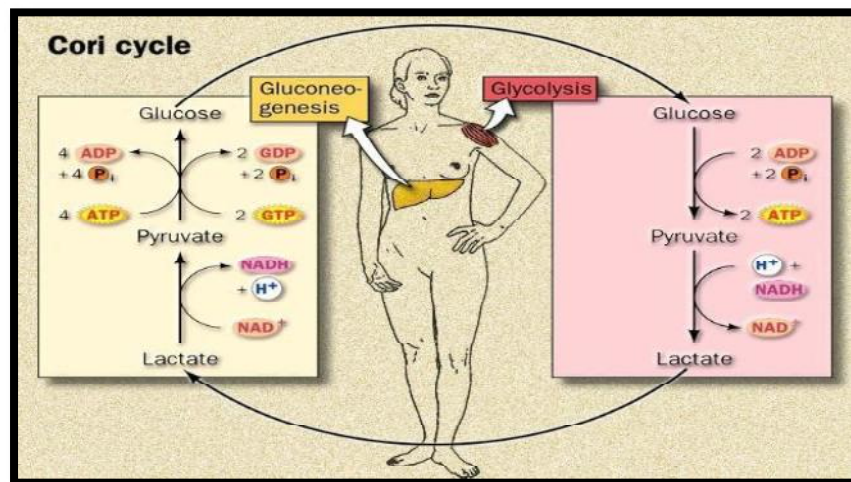
Sebagian besar jaringan tubuh manusia termasuk tubuh janin intrauterin memiliki paling tidak kebutuhan minimal terhadap glukosa. Kebutuhan minimal

terhadap glukosa ini besar pada beberapa jaringan, seperti misalnya otak. Glikolisis merupakan lintasan utama bagi pemakaian glukosa dan berlangsung dalam sitosol semua sel, lintasan ini unik karena dapat menggunakan oksigen bila memang tersedia melalui rantai respirasi di dalam mitokondria (aerob) atau bisa pula bekerja dalam keadaan sama sekali tanpa oksigen (anaerob). Makna biomedis dari proses glikolisis yang sangat menentukan adalah kemampuan glikolisis menghasilkan ATP (adenosin trifosfat) dalam keadaan tanpa oksigen karena proses ini memungkinkan jaringan yang memiliki kemampuan glikolisis bermakna tetap bertahan hidup melewati kondisi anoksia (Guyton, 2006).

Glukosa memasuki lintasan glikolisis melalui fosforilasi menjadi glukosa 6-fosfat yang diselenggarakan oleh enzim heksokinase. Reaksi ini akan disertai dengan hilangnya energi bebas dalam jumlah besar sebagai panas dan dengan demikian, dalam kondisi fisiologis, reaksi tersebut bisa dianggap tidak reversibel. Karena setiap glukosa yang menjalani glikolisis menghasilkan dua molekul triosa fosfat. Molekul triosa fosfat melalui reaksi oksidasi dengan perantara NAD^+ menjadi piruvat. Piruvat melalui reaksi oksidasi anaerob diubah menjadi asam laktat (Fox, 1993).

Asam laktat tidak hanya dianggap sebagai suatu zat metabolit laktat tetapi juga merupakan sumber energi dari energi kimia yang terakumulasi didalam tubuh selama melakukan latihan fisik. Asam laktat siap dikonversi dalam tubuh menjadi asam piruvat dan digunakan sebagai salah satu sumber energi. Jalur metabolisme yang menghasilkan asam laktat dalam tubuh adalah jalur *Emden-Mayerhoff* (E-M). Asam laktat dibuat dari asam piruvat dengan bantuan katalis *lactate dehydrogenase*. Berdasarkan siklus cori, asam laktat yang diproduksi melalui jalur E-M dalam sitoplasma akan berdifusi kedalam darah dan diangkut kehati untuk diubah kembali menjadi asam piruvat. Asam laktat yang terbentuk didalam otot selama latihan dan diubah didalam hati melalui siklus cori (*cory cycle*) (McArdle, 1986). Metabolisme glukosa menjadi piruvat juga terjadi sebagai akibat reduksi dari kofaktor enzim yang mengoksigenasi bentuk NAD^+ menjadi NADH , bentuk tereduksi. Laktat diproduksi melalui proses glikolisis dan dibentuk di dalam sitosol yang dikatalisasi oleh enzim laktat

dehidrogenase seperti yang diperlihatkan sebagai berikut: Piruvat + NADH + H^+ = laktat + NADH⁺ (Guyton, 2006).



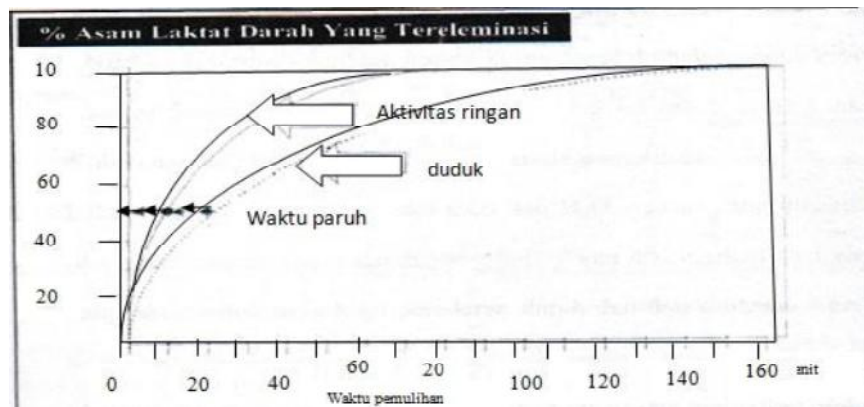
Gambar 2.9 Siklus asam laktat dan siklus cori (Guyton dan Hall, 2006)

Batas toleransi antara terhadap ketinggian konsentrasi asam laktat pada otot dan darah selama melakukan aktivitas latihan fisik tidak diketahui pasti. Namun demikian, toleransi kadar asam laktat pada manusia diperkirakan mencapai di atas 20mM/l darah dan 25 mM kg /berat otot basah, dan bahkan bisa mencapai di atas 30 mM/l pada latihan dinamis dengan intensitas tinggi (Gollnick, 1986).

b. Eliminasi asam laktat

Seorang atlet dapat melakukan aktivitas kembali dengan penampilan terbaiknya, maka kadar laktat yang ada harus diturunkan sampai batas kadar laktat yang tidak mengganggu aktivitas tubuh. Dalam penurunannya asam laktat membutuhkan persediaan oksigen yang mencukupi. Meningkatnya kadar laktat disebabkan karena kurangnya oksigen yang tersedia (Balson, 1994).

Eliminasi asam laktat dari darah terutama berlangsung pada periode *recovery* setelah melakukan aktivitas latihan berintensitas tinggi. Namun rumusan matematikanya belum diketahui secara pasti. Waktu paruh proses eliminasi laktat dari darah berkisar antara 10-15 menit. Eliminasi laktat darah pada orang yang terlatih lebih cepat daripada orang yang tidak terlatih (Soedarso, 2004).



Gambar 2.10 Waktu paruh eliminasi asam laktat antara pemulihan yang dilakukan dengan aktivitas ringan dengan tanpa aktivitas (istirahat pasif) (Patelongi , 2000).

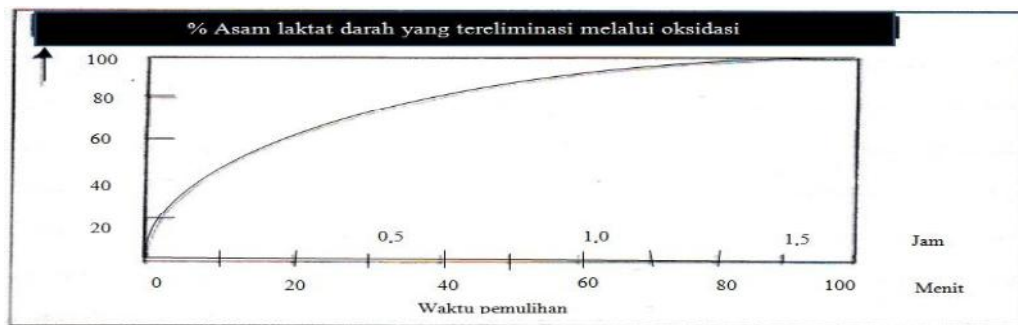
c. Eliminasi asam laktat di otot dan darah

Eliminasi asam laktat dari otot dan darah setelah kerja fisik yang melelahkan tergantung dari aktivitas fisik yang dilakukannya pada saat pemulihan. Menurut Fox (1993), penyingkiran asam laktat dapat terjadi karena beberapa hal yaitu :

- Asam laktat akan dikeluarkan lewat urin dan keringat , akan tetapi dengan cara ini selama fase pemulihan jumlahnya sangat sedikit.
- Sebagian kecil laktat akan diubah menjadi glukosa atau glikogen didalam hati dan otot. Resintesis glikogen di otot dan dihati jauh lebih lambat dibandingkan dengan penggusuran laktat, disamping itu besarnya perubahan dalam kadar glukosa selama masa pemulihan juga kecil. Oleh karena itu perubahan laktat menjadi glukosa dan glikogen hanya mencukupi sebagian kecil dari laktat seluruhnya yang disingkirkan.
- Sebagian kecil laktat juga dibentuk menjadi asam amino (alanin). Karbohidrat termasuk laktat, secara kimia dapat diubah menjadi asam amino (alanin) dalam tubuh. Akan tetapi, dalam hal ini relatif sedikit laktat yang diubah menjadi asam amino selama periode pemulihan.
- Laktat akan dioksidasi menjadi CO_2 dan H_2O yang kemudian masuk dalam siklus krebs dan sistem transpor elektron.

Asam laktat darah yang dieliminasi 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



Gambar 2.11 Kecepatan pelunasan hutang laktat melalui oksidasi selama masa pemulihan setelah latihan fisik yang melelahkan (Patellongi, 2000).

5. Latihan Fisik dan Asam Laktat

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. 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, karbohidrat dan air. Jadi, asam laktat merupakan sumber energi yang dapat digunakan sebagai piruvat, piruvat masuk ke dalam siklus Kreb's dan Sistem Transport Elektron sehingga menghasilkan energi. H_2O , dan CO_2 (Soekarman, 1987).

Saat melakukan latihan terutama dengan intensitas tinggi, jumlah energi yang diperlukan sangat besar dalam waktu yang relatif singkat. Persediaan energi dalam bentuk ATP, akan digunakan secara besar-besaran untuk mendukung aktivitas tersebut. Agar terjadi kesetimbangan energi dalam tubuh dan untuk menjaga kestabilan fungsi tubuh seluruh aktivitas basal tubuh maka bahan-bahan cadangan energi seperti lemak dan glikogen akan dioksidasi untuk menghasilkan energi. Dalam kondisi ini pasokan oksigen sebagai oksidator utama harus mencukupi kebutuhan (Ganong, 2004).

Latihan maksimal selama 30-120 detik, kadar laktat bisa mencapai 15-25 mM yang diukur setelah latihan 3-8 menit, peningkatan kadar asam laktat yang tinggi mengindikasikan terjadinya iskemia dan hipoksia (Goodwin, 2007). Akan tetapi pada

latihan yang submaksimal akan menyebabkan penurunan akumulasi asam laktat terutama pada latihan daya tahan. Penurunan akumulasi asam laktat akan menyebabkan ambang anaerobik menjadi meningkat. Ini disebabkan karena sistem aerobik sangat tergantung pada kecepatan pembentukan asam laktat (Fox, 1993).

Ciri adanya penimbunan asam laktat (acidosis) adalah rasa sakit pada tungkai (untuk pembalap sepeda atau pelari) atau rasa sakit pada lengan (untuk dayung). Hal ini menyebabkan rasa tidak berdaya.

6. Efek Penumpukan Asam Laktat

Latihan anaerobik yang berlangsung secara glikolisis anaerobik akan meningkatkan konsentrasi asam laktat dalam sel otot. Peningkatan konsentrasi asam laktat tersebut akan menurunkan pH dari sel (tingkat keasaman dalam sel lebih tinggi dibandingkan diluar sel). Enzim-enzim didalam sel sangat peka terhadap pH. Penurunan pH menyebabkan penurunan kecepatan reaksi dan enzim-enzim didalam sel, sehingga menurunkan kemampuan metabolisme dan produksi ATP.

Keberadaan asam didalam otot akan mengganggu berbagai mekanisme sel otot, yaitu: 1.) menghambat enzim aerobik dan anaerobik, sehingga menurunkan kapasitas ketahanan aerobik (*endurance aerobic capacity*) dan kapasitas ketahanan anaerobik (*endurance anaerobic capacity*), 2.) menghambat terbentuknya creatin fosfat (CP) dan akan mengganggu koordinasi gerak, 3.) menghambat enzim fosfofruktokinase, 4.) menghambat pelepasan ion Ca^{++} pada troponin C mengalami penurunan, dan mengakibatkan gangguan atau terhentinya kontraksi serabut otot, 5.) menghambat aktivitas mATPase terutama pada serabut otot cepat, karena mATPase terutama pada serabut otot cepat, karena mATPase pada serabut otot cepat peka terhadap asam.

Dosis yang tepat dan latihan yang teratur akan memberikan perubahan peningkatan kemampuan secara maksimal, sehingga menghasilkan kinerja secara maksimal pula. Aktivitas fisik yang dilakukan secara teratur akan memberikan penyesuaian erhadap tubuh, sehingga akan mengurangi gangguan terhadap interior sel, meminimalkan kelelahan, meningkatkan kinerja, dan mengurangi penggunaan tenaga secara berlebihan selama aktivitas.

Otot dapat melakukan aktivitas yang sangat kuat selama beberapa detik dengan membutuhkan energi ekstra. Sebagian besar energi ekstra tersebut dibutuhkan selama kerja berat dalam waktu lebih dari 5 sampai 10 detik, tetapi kurang dari 1 sampai 2 menit didapatkan dari glikolisis anaerob. Akibatnya glikogen otot selama kerja berat menjadi berkurang, sedangkan kadar asam laktat darah meningkat.

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 anaerobik mendominasi (Janssen, 1989). Namun demikian dalam keadaan istirahat laktat tetap terbentuk, hal ini karena adanya reaksi reduksi asam piruvat oleh NADH dengan pertolongan laktat dehidrogenase (LDH) yang tetap berlangsung walaupun dalam jumlah yang sedikit (Mattner, 1988). Reaksi ini terjadi karena adanya sebagian sel-sel tubuh yang tidak mengandung mitokondria, misalnya eritrosit dan bagian tubuh yang hanya mengandung sedikit mitokondria, misalnya sel otot *fast twitch*.

Latihan dengan intensitas lebih dari 50% VO_2 maks akan meningkatkan penumpukan asam laktat, sehingga dapat menurunkan pH. Pada latihan sub maksimal diperkirakan terjadi penumpukan H^+ yang berpengaruh terhadap perubahan pH. Dalam keadaan istirahat tubuh memiliki pH darah normal 7,4 dan pada latihan fisik pH dapat menurun menjadi 7,0 dan pada latihan fisik yang maksimal pH darah dapat turun hingga 6,5. Penurunan pH darah dan otot dapat menyebabkan produksi asam laktat pada jaringan hypoxia dan menurunkan pengusiran asam laktat oleh karena terhambatnya glikolisis (Bangsbo, 1997).

Pengusiran laktat yang lambat menyebabkan sindroma latihan yang berlebihan (*overtraining syndrome*) pada atlet, sehingga mengakibatkan peningkatan insiden cedera yang dapat menyebabkan kecacatan baik sementara maupun menetap. Bentuk aktivitas yang dapat mempercepat pemulihan laktat adalah meningkatkan proses oksidasi dan glukoneogenesis, banyak melibatkan serabut otot merah dan mempercepat distribusi laktat dari otot aktif ke otot yang kurang aktif (Falks, 1995).

Keadaan asam (pH rendah) didalam otot dapat mengganggu berbagai macam mekanisme sel otot, seperti: 1) menghambat kerja enzim aerobik sehingga menurunkan kapasitas ketahanan aerobik, 2) menghambat terbentuknya kreatin

fosfat, sehingga mengganggu koordinasi dalam gerakan olahraga. 3) kerusakan pada sel otot, yang dapat menyebabkan kenaikan kadar urea, dan 4) memperlambat oksidasi lemak (Janssen, 1989).

Disaat kondisi lelah jumlah asam laktat yang diproduksi meningkat sebagai akibat dari tidak sempurnanya proses oksidasi karbohidrat didalam tubuh. Kelelahan merupakan indikator secara fisiologis sedangkan peningkatan jumlah asam laktat darah merupakan indikator secara biokimiawi yang menandai kurangnya pasokan oksigen ke dalam mitokondria (Shephard, 1982). Parameter asam laktat sebagai indikator kelelahan diperkuat oleh pendapat Westerblad et al (2000), yang menjelaskan dalam penelitiannya bahwa kelelahan otot disebabkan oleh asidosis intraseluler akibat akumulasi asam laktat.

Jadi dapat disimpulkan bahwa peningkatan kadar asam laktat akan menurunkan pH darah dan penurunan pH darah akan menyebabkan penurunan kecepatan reaksi enzim di dalam sel sehingga akan menurunkan kemampuan metabolisme dan produksi ATP yang merupakan salah satu faktor penyebab kurangnya pasokan ATP pada jaringan sehingga berdampak pada kelelahan.

7. Kelelahan

Kelelahan (*fatigue*) adalah suatu fenomena fisiologis, suatu proses terjadinya keadaan penurunan toleransi terhadap kerja fisik. Penyebabnya sangat spesifik bergantung pada karakteristik kerja tersebut. Penyebab kelelahan dapat ditinjau dari aspek anatomi berupa kelelahan sistem saraf pusat, neuromuskular dan otot rangka, dan dari aspek fungsi berupa kelelahan elektrokimia, metabolik, berkurangnya substrat energi, hiper/hipotermia dan dehidrasi. Menurut Santoso dan Muchtamadji (2006) kelelahan merupakan menurunnya kerja atau penampilan seseorang dalam olahraga yang disebabkan oleh intensitas dan durasi sehingga menyebabkan terjadinya gangguan homeostasis.

Terdapat beberapa pendapat yang menjelaskan timbulnya kelelahan otot, diantaranya 1) penimbunan asam laktat merupakan penyebab timbulnya kelelahan otot, 2) akibat penimbunan H^+ bebas yang berasal dari hasil hidrolisis ATP dan glikolisis anaerob pada otot yang berolahraga. Salah satu faktor yang penting dalam timbulnya kelelahan adalah mengumpulkannya asam laktat. Pada saat terjadi kelelahan

jumlah asam laktat dalam darah meningkat (Fox, 1993). Berbagai bentuk aktivitas fisik yang dilakukan dengan intensitas tinggi dapat menyebabkan peningkatan kadar asam laktat dalam otot maupun dalam darah. Pada aktivitas submaksimal, sistem yang berperan menyediakan energi 70% berasal dari sistem glikolisis anaerobik dan 30% dari sistem aerobik (Bompa, 1994). Aktivitas anaerobik yang berlangsung secara glikolisis anaerobik akan meningkatkan konsentrasi asam laktat dalam otot.

ATP merupakan satu-satunya sumber energi yang dapat secara langsung digunakan untuk aktivitas otot. ATP harus terus menerus tersedia agar aktivitas kontraksi dapat berlanjut. Di jaringan otot, ATP yang tersedia terbatas, meskipun begitu, ada tiga jalur yang dapat memasok ATP sesuai keperluan selama kontraksi otot, yaitu sistem fosfagen, glikolisis anaerob dan fosforilasi oksidatif. Pada olahraga dengan intensitas tinggi dan durasi singkat, pemenuhan kebutuhan energi meningkat hampir 100 kali lipat. Fosforilasi oksidatif tidak mampu menghasilkan energi yang besar dalam waktu singkat, sehingga pemenuhan kebutuhan energi pada olahraga jenis ini bergantung pada sistem fosfagen dan glikolisis anaerob. Sistem fosfagen hanya dapat menyediakan energi untuk aktivitas dengan rentang waktu di bawah 10 detik, sehingga glikolisis anaerobik merupakan jalur metabolisme utama pada olahraga dengan intensitas tinggi. Namun jalur metabolisme glikolisis anaerob ini menghasilkan produk samping yaitu asam laktat. Peningkatan ketergantungan energi dari glikolisis anaerob menyebabkan terjadinya akumulasi asam laktat. Penimbunan asam laktat, menurut sebagian peneliti menyebabkan kelelahan otot yang timbul ketika olahraga intensif sedang berlangsung (Tirtayasa, 2001).

Parameter akumulasi asam laktat sebagai indikator kelelahan diperkuat dengan pendapat Westerblad (2000) yang menjelaskan dalam penelitiannya bahwa kelelahan otot disebabkan oleh asidosis intraseluler akibat akumulasi asam laktat. Peningkatan kadar asam laktat dalam plasma atau otot selama aktivitas berat disebabkan oleh kebutuhan energi yang sangat tinggi, berupa peningkatan kebutuhan energi sekitar 100 kali lipat dibandingkan dengan kondisi istirahat. Dalam kondisi aktivitas yang sangat berat kebutuhan energi diperoleh dari metabolisme anaerobik.

Dalam keadaan anaerobik terjadi metabolisme glukosa yang tidak sempurna dengan hasil akhir berupa 2 ATP ditambah produk sisa berupa asam laktat.

Pendapat kedua menyatakan bahwa asam laktat bukanlah faktor penyebab kelelahan otot. Pada peningkatan intensitas olahraga, energi terutama didapatkan dari hasil hidrolisis ATP ($\text{ATP} + \text{ADP} + \text{Pi} + \text{H}^+ + \text{Energi}$) dan glikolisis anaerob. Kedua proses ini menghasilkan H^+ bebas. Dengan makin meningkatnya intensitas dan kebutuhan akan ATP, maka proses glikolisis anaerob dan ATP hidrolisis semakin meningkat. Pada kondisi ini, terjadi peningkatan konsentrasi ion H^+ yang berasal dari proses glikolisis anaerob dan hidrolisis ATP, dan jika kapasitas dapar dari sel terlampaui maka akumulasi H^+ bebas tersebut akan menimbulkan kelelahan otot (Tirtayasa, 2001).

Pengaturan keseimbangan ion hidrogen H^+ dalam beberapa hal sama dengan pengaturan ion lain dalam tubuh, untuk mencapai homeostasis harus ada keseimbangan antara asupan atau produksi H^+ dan pembuangan H^+ dari tubuh. Berbagai mekanisme yang turut membantu mengatur konsentrasi H^+ dengan penekanan khusus pada pengaturan sekresi H^+ yaitu sistem pengaturan asam-basa dalam cairan tubuh. Konsentrasi H^+ erat kaitannya dengan pH cairan intrasel, pH intrasel biasanya lebih sedikit rendah dari pada pH plasma karena metabolisme sel menghasilkan asam terutama H_2CO_3 . Bergantung pada jenis sel, pH cairan intrasel diperkirakan berkisar antara 6,0 dan 7,4. Hipoksia jaringan dan aliran darah yang buruk ke jaringan dapat menyebabkan pengumpulan asam dan dapat menurunkan pH intrasel yang mampu mengakibatkan gejala asidosis metabolik sehingga mampu menimbulkan fenomena kelelahan (Guyton dan Hall, 2006). Adapun Faktor-faktor yang mempengaruhi kelelahan menurut Guyton dan Arthur (2009) adalah :

1. Usia

Kebutuhan zat tenaga terus meningkat sampai akhirnya menurun pada usia 40 tahun. Berkurangnya kebutuhan zat tenaga tersebut dikarenakan telah menurunnya kekuatan fisik sehingga kegiatan yang bisa dilakukan biasanya juga berkurang dan lebih lamban.

Usia atau umur merupakan waktu atau masa hidup seseorang selama masih hidup di dunia yang dihitung mulai dari manusia dilahirkan. Para ahli psikologi membagi umur menjadi beberapa kelompok-kelompok yang didasarkan pada

pertumbuhan fisik dan pertumbuhan mental antara lain : a.) Masa dewasa dini : 18 tahun – 40 tahun. b.) Masa dewasa madya : 41 tahun – 60 tahun Usia berkaitan dengan kinerja karena pada usia yang meningkat akan diikuti dengan proses degenerasi dari organ sehingga dalam hal ini kemampuan organ akan menurun. Dengan adanya penurunan kemampuan organ, maka hal ini akan menyebabkan tenaga kerja akan semakin mudah mengalami kelelahan.

2. Jenis Kelamin.

Pada wanita akan terjadi siklus biologis setiap bulan di dalam mekanisme tubuhnya sehingga akan mempengaruhi kondisi fisik maupun psikisnya dan hal ini akan menyebabkan tingkat kelelahan wanita akan lebih besar dari pada tingkat kelelahan pria. Dimana yang mempengaruhi tersebut adalah hormon seks atau hormon androgen yang diproduksi di kelenjar adrenal dan ovarium perempuan hormon tersebut mempengaruhi jumlah massa otot dan kekuatan otot, dan massa tubuh. Selain itu pada wanita dipengaruhi oleh hormon estrogen yang berperan dalam menstruasi, jika pada wanita tidak teratur dalam menstruasinya yang disebabkan menurunnya kadar estrogen, menyebabkan lebih mudah terjadinya stress metabolik, dan wanita juga memiliki perbedaan sistem pernafasan dan kardiovaskular, dan anatomi ukuran jantung yang lebih kecil, sehingga volume jantung juga lebih kecil dan tekanan diastolik lebih rendah dari pria. Bahkan dengan peningkatan denyut jantung, curah jantung perempuan adalah sekitar 30% lebih rendah dari curah jantung laki-laki walaupun keduanya sama-sama dilatih. Sehingga fungsi sirkulasi pada wanita jelas lebih kecil dari pada laki-laki., karenanya maka kemampuan daya tahan wanita lebih kecil dari pada pria (Giriwijoyo, sidik 2013).

Karena hal tersebut diatas, menyebabkan volume stroke pada wanita lebih rendah. Bukti terbaru juga menunjukkan bahwa selama olahraga aerobik berat, wanita memiliki keterbatasan aliran ekspirasi lebih besar , peningkatan kerja pernapasan , dan hipoksemia arteri akibat olahraga mungkin lebih besar dari pada laki-laki (Vernon, Lynch 2010).

3. Status Gizi

Status gizi adalah salah satu faktor dari faktor kapasitas kerja, dimana keadaan gizi buruk dengan beban kerja yang berat akan mengganggu kerja dan

menurunkan efisiensi serta mengakibatkan kelelahan. Dan jika tata gizi pada olahraga dibiarkan, maka gangguan keseimbangan tata gizi dapat menghambat latihan yang efektif, sehingga penampilan menjadi tidak maksimal dan tidak sesuai dengan potensinya. (giriwijoyo, sidik 2013).

8. Kelelahan dalam berolahraga.

Kelelahan otot lokal (*local muscular fatigue*) mengikuti latihan fisik berintensitas tinggi dan berlangsung singkat disebabkan oleh akumulasi produksi asam laktat di dalam otot dan darah (Cannon, 1996). 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. Serabut otot FT lebih cepat mengalami kelelahan dibandingkan dengan serabut otot ST (*slow-twitch*) karena serabut otot FT mempunyai kemampuan sistem anaerobik yang tinggi dengan sistem aerobik yang rendah, sehingga cepat terbentuk asam laktat. Hal ini akan menyebabkan kelelahan otot lebih cepat terjadi (Tirtayasa, 2001).

Kelelahan yang mengikuti olahraga atau latihan endurans (*endurance exercise*) tidak disebabkan oleh karena akumulasi produksi asam laktat. Kelelahan ini disebabkan selain oleh karena terjadinya kelelahan pada otot (komponen lokal), juga karena faktor diluar otot (komponen tubuh lainnya) (Beckman, 1997). Kelelahan karena faktor komponen lokal, disebabkan terkurasnya cadangan glikogen otot baik pada serabut otot FT maupun ST, sedangkan kelelahan karena komponen tubuh lainnya, mungkin disebabkan oleh: (1) hipoglikemia, (2) penipisan glikogen hati, (3) dehidrasi, (4) kehilangan elektrolit, (5) hipertermia dan (6) kebosanan (psikologis). Kelelahan yang menyertai olahraga enduran merupakan kelelahan yang bersifat menyeluruh (Guyton dan Hall, 2006).

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 skeletal tersebut. Kelelahan otot skeletal yang disebabkan oleh peningkatan H^+ dibuktikan oleh dua pernyataan yaitu 1) penelitian pada kelelahan otot manusia memperlihatkan hubungan yang sangat kuat terjadinya

penurunan kekuatan kontraksi otot sebanding dengan penurunan pH jaringan otot, 2) kondisi asidosis sel otot akan terjadi reduksi kekuatan isometrik dan kecepatan kontraksi otot. Keadaan asidosis sel otot akan terjadi reduksi kekuatan isometri dan kecepatan kontraksi otot. Keadaan asidosis sel otot akan menurunkan kontraksi otot hingga menimbulkan kelelahan. Keadaan sarkoplasma atau sel otot dengan asam yang tinggi akan menghambat pelepasan Ca^{++} dari retikulum sarkoplasma yang pada akhirnya kontraksi otot tidak dapat terjadi lagi, sehingga menghentikan aktivitas (Taruna, Ikrar, 2006).

Pengaturan keseimbangan ion hidrogen H^+ dalam beberapa hal sama dengan pengaturan ion lain dalam tubuh, untuk mencapai homeostasis harus ada kesimbangan antara asupan atau produksi H^+ dan pembuangan H^+ dari tubuh. Berbagai mekanisme yang turut membantu mengatur konsentrasi H^+ dengan penekanan khusus pada pengaturan sekresi H^+ yaitu sistem pengaturan asam-basa dalam cairan tubuh. Konsentrasi H^+ erat kaitannya dengan pH cairan intrasel, pH intrasel biasanya lebih sedikit rendah dari pada pH plasma karena metabolisme sel menghasilkan asam terutama H_2CO_3 . Bergantung pada jenis sel, pH cairan intrasel diperkirakan berkisar antara 6,0 dan 7,4. Hipoksia jaringan dan aliran darah yang buruk ke jaringan dapat menyebabkan pengumpulan asam dan dapat menurunkan pH intrasel yang mampu mengakibatkan gejala asidosis metabolik sehingga mampu menimbulkan fenomena kelelahan (Guyton dan Hall, 2006).

9. Penanganan kelelahan dengan *massage*

Kata *massage* berasal dari bahasa Arab “mash” yang berarti menekan dengan lembut, atau dari Yunani “massien” yang berarti memijat atau melulut. *Massage* merupakan salah satu manipulasi sederhana yang pertama-tama ditemukan oleh manusia untuk mengelus-elus rasa sakit. Hampir setiap hari manusia melakukan pemijatan sendiri. Semenjak 3000 tahun sebelum masehi, masase sudah digunakan sebagai terapi. Di kawasan Timur Tengah *massage* merupakan salah satu pengobatan tertua yang dilakukan oleh manusia.

Menurut Susan (2001: 10) masase merupakan bentuk sentuhan terstruktur dengan menggunakan tangan atau kadang-kadang bagian tubuh yang lain seperti lengan atas dan siku digunakan untuk menggerus kulit dan memberikan tekanan

pada otot-otot dalam. Menurut Tarumetor (2000: 1-2) *massage* adalah suatu metode refleksologi yang bertujuan untuk memperlancar kembali aliran darah, dengan penekanan-penekanan atau pijatan-pijatan kembali aliran darah pada titik-titik sentra refleks. Hal ini senada dengan yang diutarakan oleh Kardinal (1990: 7-8) bahwa *massage* merupakan suatu tindakan yang bertujuan untuk menyembuhkan suatu penyakit melalui urat-urat saraf dan memperlancar peredaran darah.

Tjipto Soeroso (1983: 9) dalam bukunya yang berjudul *Ilmu Lulut*

- a. Olahraga (*Sports Massage*) menyatakan bahwa dalam perkembangannya, *masase* dapat dibedakan menjadi beberapa macam, di antaranya adalah sebagai berikut:
 - a. Sport *massage* adalah *masase* yang khusus diberikan kepada orang yang sehat badannya, terutama olahragawan karena pelaksanaannya memerlukan terbukanya hampir seluruh tubuh. Tujuan sport *massage* adalah:
 - 1) Memperlancar peredaran darah.
 - 2) Merangsang persarafan terutama saraf tepi untuk meningkatkan kepekaan rangsang.
 - 3) Meningkatkan ketegangan otot dan meningkatkan kekenyalan otot untuk meningkatkan daya kerja otot.
 - 4) Mengurangi atau menghilangkan ketegangan saraf dan mengurangi rasa sakit.
- b. *Segment massage* adalah *massage* yang ditujukan untuk membantu penyembuhan terhadap gangguan atau kelainan-kelainan fisik yang disebabkan oleh penyakit tertentu. Ada beberapa macam *segment massage* salah satunya adalah *masase terapi*.
- c. *Cosmetic massage* adalah *massage* yang khusus ditujukan untuk memelihara serta meningkatkan kecantikan muka serta keindahan tubuh berserta bagian-bagiannya.

Macam-macam manipulasi *massage* terapi dan tujuan dari tiap-tiap manipulasi *massage* terapi untuk menangani kelelahan otot adalah Menekan pada titik akupresur, *Friction* (menggerus), *Strocking Effleurage*, Traksi (tarikan), *Effleurage*, *Tappotement*, Vibrasi.

Pada umumnya *massage* pertandingan dilakukan secara cepat dalam durasi yang pendek (10-15 menit) dan ditujukan pada kelompok otot yang besar. Menurut Moraska (2005:370) fungsi dan kerja *massage* sebelum, pada saat dan sesudah pertandingan terdapat pada tabel berikut.

Tabel 2.2 Fungsi *Massage* Sebelum, Pada Saat dan Sesudah Pertandingan
(Moraska 2005:370)

Sebelum pertandingan	<ul style="list-style-type: none"> • Mengurangi resiko cedera • Meningkatkan kesiapan fisik • Meningkatkan relaxasi psikis
Saat pertandingan	Mempertahankan stabilitas fisik , biologis, dan biologis selama pertandingan yang dilakukan secara berturut-turut dalam jangka waktu pendek.
Sesudah pertandingan	Mempercepat proses pemulihan Memperbaiki kerusakan, cedera maupun, gangguan yang terjadi setelah olahraga.

a. *Massage* Sebelum Pertandingan

Massage sebelum pertandingan (pre-event massage) merupakan jenis *Massage* yang digunakan sebagai pelengkap dari kegiatan pemanasan atlet untuk meningkatkan sirkulasi peredaran darah dan limfe serta untuk mengurangi ketegangan otot sebelum bertanding. *Massage* jenis ini dilakukan beberapa saat sebelum kompetisi (Hemmings 2001: 165). *Massage* sebelum pertandingan dilakukan idealnya dilakukan selama 10-15 menit. *Massage* dengan intensitas ringan dan jangka waktu terlalu lama justru akan menurunkan kemampuan kontraksi otot.

Hemmings (2000:109) mengemukakan beberapa hal yang perlu diperhatikan pada *massage* sebelum pertandingan adalah sebagai berikut :

1. Gunakan teknik *massage* sesuai dengan tujuan kompetisi.
2. *Massage* ditujukan untuk menimbulkan hyperimia jangka panjang.
3. *Massage* diawali dengan intensitas ringan kemudian secara bertahap ditingkatkan tekanan dan kecepatannya.
4. terapis tidak diperkenankan untuk memberikan komentar negatif kepada atlet untuk mencegah turunnya mental atlet.
5. Apabila ditemukan terjadi cedera, kekakuan otot yang sangat, hal ini sebaiknya dikemukakan terlebih dulu pada pelatih untuk ditindaklanjuti oleh pelatih

6. Waktu *massage* memeperhitungkan waktu terjadinya kompetisi, sebagai contoh bila kompetisi akan dimulai dalam 30 menit, *massage* dilakukan secara singkat (5-10 menit) sehingga masih terdapat waktu untuk pemanasan.
7. Pada olahraga endurance, teknik masase ditujukan untuk fleksibilitas.
8. Pada olahraga dengan kebutuhan kekuatan, target masase adalah otot spesifik.

b. *Massage* Pada Pertandingan.

Massage dalam pertandingan dilakukan diantara *event* olahraga yang dilakukan secara berturut-turut pada durasi waktu yang pendek (inter-workout-recovery) seperti pada kompetisi renang, tennis, lari, futsal dan sebagainya (Bestet al.2008: 446). Pada keadaan ini, terapis mengidentifikasi tempat terjadinya ketegangan otot maupun gangguan lainnya yang terjadi selam kompetisi.

Pada dasarnya perlu dilakukan berbagai jenis teknik *massage* untuk meningkatkan proses pemulihan, meningkatkan potensi stabilitas kapasitas aerobik dan anaerobik serta mengurangi resiko cedera (Cafarelliet al.1992:8).

Massage intra-even takan membantu meningkatkan fleksibilitas dan biasanya dilakukan pada waktu jeda antar set pertandingan. Proses ini penting untuk mencegah terjadinya cedera akibat ketegagnn otot. *Massage* jenis ini hanya dilakukan selama 10 menit dan dikerjakan pada area otot yang banyak dipergunakan oleh atlet (Cafarelliet al.1992: 8).

c. *Massage* Sesudah Pertandingan.

Massage sesudah pertandingan dilakukan beberapa saat setelah pertandingan dengan tujuan mengurangi ketegangan otot dan meningkatkan pembuangan sisa metabolisme yang terjadi setelah kerja fisik dengan intensitas tinggi. Selain itu dilakukan juga upaya untuk mengurangi nyeri paska latihan yang terjadi segera maupun beberapa saat setelah kerja fisik, memelihara jangkauan sendi dan meningkatkan peredaran darah dan limfe pada otot yang mengalami ketegangan (Hemmingset al.2000: 109).

Penelitian membuktikan bahwa penggunaan *Massage* setelah pertandingan mengurangi waktu pemulihan dan secara bermakna dapat mencegah nyeri setelah pertandingan (DOMS: *delayed onset of muscle soreness*) (Hilbert et al.2003: 72).

Massage setelah pertandingan dilakukan setelah dilakukan fase pendinginan dan stretching. Manfaat dari *Massage post-even* membantu mempercepat pemulihan otot untuk dapat kembali pada keadaan rileks dan istirahat. *Massage* pada keadaan ini terjadi peningkatan aliran darah vena (*venous return*) sehingga dapat meningkatkan proses pembersihan sisa metabolisme. Pada keadaan ini, terapis juga dapat mengidentifikasi adanya titik-titik nyeri yang timbul akibat kerja dengan intensitas tinggi. *Massage* setelah pertandingan biasanya dilakukan sekitar 10 sampai 15 menit.

Dalam penelitian ini peneliti menggunakan 2 metode *massage* dalam mengatasi kelelahan otot antara lain :

1. Foam Rollers Massage

Foam Rollers Massage merupakan tehnik merelaksasikan otot dengan menggulirkan anggota gerakoleh masing-masing individu pada otot yang mengalami kelelahan, *foam roller* berbentuk silinder dan berfungsi melancarkan area pembuluh darah dan mengurangi inflamasi, *massage* dengan *foam rollers* dan *stretching* digunakan untuk otot yang sedang *recovery* atau pemulihan (Boston, 2014). *Foam rollers massage* dengan mengikuti zaman sudah banyak di ketahui oleh masing-masing orang, yang dulunya hanya lebih terkenal oleh atlet profesional, terapis, dan pelatih. *Foam rollers* bisa dilakukan dengan tenaganya sendiri dan menerapkan tekanan pada titik-titik tertentu pada tubuh. Yang dapat membantu dalam pemulihan otot dan membantu dalam mengembalikan fungsi otot secara normal. Fungsi yang normal adalah otot kembali elastis,sehat dan siap untuk tampil saat itu juga.



Gambar 2.12. *Self Foam rollers massage* (<http://hpsm.ca/my-hpsm/exercise-tutorials/foam-roll-massage/>)



Gambar 2.13. *Foam rollers massage* (<http://camshands.com/2014/10/29/mad-love-for-the-foam-roller/>)

a. Efek Fisiologi *Foam Rollers Massage*

Sampai dengan dewasa ini terdapat banyak penelitian yang telah membuktikan manfaat fisiologis *massage*. Secara umum jaringan tubuh yang banyak terpengaruh oleh *massage* adalah otot, jaringan ikat, pembuluh darah, pembuluh limfe dan saraf. Goats (1994:149) menguraikan pengaruh *massage* pada organ-organ tersebut seperti yang terlihat pada tabel berikut.

Tabel 2.3 Pengaruh *massage* pada organ-organ. (Goats 1994:149).

Otot	Rilaxasi otot
Pembuluh Darah	Peningkatan aliran darah
Pembuluh limfe	Peningkatan aliran Limfe
Struktur Sendi	Meningkatkan elastisitas sehingga meningkatkan jangkauan sendi
Syaraf	Mengurangi nyeri

Sistem hormone	Peningkatan sintesis hormon <i>morphin endogen</i> , serta pengurangan <i>hormon simpatomimetic</i>
----------------	---

Secara keseluruhan proses pada Best (2008:446) menguraikan bahwa proses tersebut kemudian dapat :

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 resiko terjadinya cedera pada atlet.
5. Berpotensi untuk mengurangi waktu pemulihan dengan jalan meningkatkan supply oksigen dan *nutrient* serta meningkatkan eliminasi sisa metabolisme tubuh karena terjadi peningkatan aliran darah.

Massage dalam hal ini merupakan manipulasi dari struktur jaringan lunak yang dapat menenangkan serta mengurangi stress psikologis dengan meningkatkan hormon *morphin endogen* seperti *endorphin*, *enkefalin* dan *dinorfin* sekaligus menurunkan kadar stress hormon seperti hormon *cortisol*, *norepinephrine* dan *dopamine* (Bestet al.2008: 446). Secara fisiologis, *massage* terbukti dapat menurunkan denyut jantung, meningkatkan tekanan darah, meningkatkan sirkulasi darah dan limfe, mengurangi ketegangan otot, meningkatkan jangkauan gerak sendi serta mengurangi nyeri (Callaghan 1993: 28).

2. Ice massage

commit to user

Ice massage merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk membantu mengurangi kerusakan jaringan, dan mencegah terjadinya inflamasi pada otot, tendon dan ligamen. *Ice massage* sangat baik untuk menyembuhkan atau mengurangi rasa nyeri, dan rasa tidak nyaman yang disebabkan strain otot, proses pembengkakan, yang terjadi setelah cedera dan *Ice massage* dapat diaplikasikan pada semua anggota tubuh. *Ice massage* dapat diaplikasikan sewaktu waktu dan dapat digunakan sebagai metode penanganan cedera akut tetapi tergantung dari tingkat cedera yang dialami dari jaringan otot. Proses dari pemberian *ice massage* sangat sederhana, posisi pasien yang nyaman sebelum terapi. *Ice* digerakkan secara perlahan secara menyilang pada area yang terkena cedera atau *soreness* dengan gerakan menyilang dari kulit dan usahakan otot pasien dalam keadaan rilek.

Rasa dingin dari *ice* akan mengurangi terjadinya proses peradangan pada jaringan ikat dan mengurangi terjadinya resiko bengkak. Dan efek dari *massage* dapat memberikan efek rileksasi yang menimbulkan efek sedatif bagi jaringan otot. ketika metabolisme menurun saat diberikan *ice massage*, dan darah akan kembali membawa nutrisi dan akan mempercepat proses penyembuhan. *Ice massage* akan mengurangi terjadinya kerusakan pada cedera dengan mengurangi terjadinya bengkak dan menjaga peredaran darah. Proses dari pemberian *ice massage* sangat sederhana, posisi pasien yang nyaman sebelum terapi. *Ice* digerakkan secara perlahan secara menyilang pada area yang terkena cedera atau dengan gerakan menyilang dari kulit dan usahakan otot pasien dalam keadaan rilek.

a.) Indikasi dan kontra indikasi.

Indikasi *Ice Massage*

1. Cedera (sprain, strain, contusio)
2. Sakit kepala
3. Gangguan temporo mandibular (TMJ disorder)

4. Nyeri post operasi
5. Peradangan pada sendi
6. Tendinitis dan bursitis
7. Nyeri lutut, nyeri sendi, nyeri perut

Kontra Indikasi *Ice Massage*

1. Open wounds
2. Robekan pada otot
3. Robekan pada tendon
4. Luka bakar
5. Fraktur, dll

b.) Efek Fisiologis Pemberian *Ice Massage* terhadap Jaringan

Ice massage yang dilakukan atau diaplikasikan langsung pada kulit akan mempengaruhi penurunan suhu pada kulit. Aplikasi *ice massage* selama 5 menit akan berpengaruh pada penurunan suhu 18,9 derajat pada otot. Studi lain juga menyebutkan dengan *ice massage* penurunan suhu ada kulit sebesar 2,7 derajat. Adapun aplikasi *ice massage* selama 10 menit akan menurunkan suhu kulit 26,6 derajat celcius pada kedalaman kulit sekitar 2 cm. Namun ada penelitian menyebutkan penurunan suhu 15,9 derajat celcius selama 5 menit dengan kedalaman 2 cm (Stern, 2008).

Pemberian *ice massage* pada kulit tidak hanya akan mempengaruhi kecepatan konduksi dan nyeri sensorik pada saraf pada serabut A delta dan C delta, tetapi juga dapat merangsang serabut A delta. Serabut yang berdiameter besar akan mengaktifkan gerbang kontrol nyeri dan akan menghambat munculnya sensasi nyeri karena cedera. Derajat penurunan suhu akan meningkat dengan pemberian *ice massage* yang lebih. Penelitian menunjukkan adanya penurunan suhu kulit 7,4 ° C akan berpengaruh terhadap kecepatan konduksi saraf sebanyak 33% . dengan pemberian *ice massage* tersebut menunjukkan bahwa suhu akan menurun 26,6 ° C pada paha setelah diberikan *ice massage* selama 10 menit dimana suhu kulit

normal adalah 33 ° C. Penurunan suhu dari 33 ° C menjadi 26,6 ° C akan membuat suhu kulit menjadi 6,4 ° C. Ini jauh di bawah 14,4 ° C yang merupakan batas terjadinya analgesik maksimum (Stern, 2008).

Respon terhadap cedera akut, ada vasokonstriksi pada tingkat arteriola dan venula yang berlangsung 5 – 10 menit. Pemberian *ice massage* akan menyebabkan terjadinya vasokonstriksi yang dapat memperlambat terjadinya pendarahan dan memungkinkan trombosit darah untuk melakukan perbaikan. Terjadi reaksi kimia yang dapat menyebabkan vasodilatasi dari pembuluh. Vasodilatasi ini akan membawa lebih banyak darah ke daerah yang mengalami cedera serta meningkatkan permeabilitas pembuluh darah. Reaksi kimia yang memicu vasodilatasi ini membuang leukosit dan racun yang tertinggal setelah cedera. Proses peredaran darah yang kembali lancar memungkinkan untuk menghambat terjadinya proses peradangan. Respon sel terjadi bersamaan dengan respon vaskular. Setelah trauma terdeteksi mediator kimia memicu respon vaskular. Mediator kimia lainnya juga akan mengingatkan tubuh untuk mengirim leukosit yang menggunakan fagositosis untuk membersihkan dan Sel-sel ini memainkan peran besar dalam perbaikan struktur yang menyebabkan pembengkakan dan edema. Vaskular limfatik dan sistem vaskular berperan untuk menghilangkan getah bening dan zat racun pada tubuh. Pada fase ini aliran darah yang membaik akan membantu untuk menghilangkan zat racun dan leukosit pada area yang cedera (Stern, 2008).

c.) Metode *Ice Massage*

Metode yang digunakan dalam *ice massage* adalah *efflurage* (*stroking movement*), *efflurage* merupakan gerakan mengusap yang dilakukan secara ritmis dan berturut turut ke arah proksimal. Teknik *efflurage* memiliki efek seudatif yaitu

menenangkan, oleh karena itu gerakan ini dapat dilakukan pada awal dan akhir pijatan. *Efflurage* terhadap peredaran darah antara lain mempercepat pengangkutan zat sampah dan darah yang mengandung karbondioksida dan memperlancar aliran limfe baru dan darah yang mengandung banyak sari makanan dan oksigen. *Massage* diberikan secara langsung ke area atau otot tungkai dengan gerakan memutar dan stroking selama 15 menit (Purnama, 2012). Beberapa studi menyebutkan penanganan yang sering dilakukan untuk *muscle soreness* dan DOMS adalah *pasif stretching* dan *massage*. Tetapi penelitian yang mendukung studi tersebut masih sedikit. Beberapa studi yang lain juga melakukan beberapa kombinasi penanganan seperti pemanasan, *stretching* dan *massage*, *Cryotherapy* dan *ice massage*, *massage* dan *stretching*, *massage* dengan elektrik stimulasi dan infra merah. Kombinasi penanganan yaitu pemanasan sebelum latihan dan *massage* setelah latihan menghasilkan efek yang positif (Connolly et al., 2003). Dalam penelitian yang dilakukan oleh Ploen dkk, *cryotherapy* digunakan untuk mencegah dan untuk mengobati DOMS, Sebanyak 21 subyek dipilih secara acak umur 18 – 25 tahun sebagai kontrol grup.

Pre exercise dicatat untuk latihan kontraksi volunter maksimal dan mencatat nyeri. Kelompok kontrol diberikan latihan eksentrik dengan menggunakan dumbel 10 lb dengan tempo 1 detik konsentrik dan 3 detik eksentrik untuk *induced muscle soreness*. Kelompok yang diberikan perlakuan menggunakan aplikasi es selama 30 menit setelah latihan 2,4,6,24 dan 48 jam. variabel dependen yang dinilai pada 0, 24, 48, 72 dan 96 jam setelah latihan. Hasilnya adalah adanya perbedaan yang signifikan antara grup kontrol dan grup aplikasi terhadap nyeri dengan menggunakan latihan dumbel. Dan tidak terdapat perbedaan yang signifikan latihan menggunakan isometrik Hal ini menunjukkan kegunaan *ice* pada kasus DOMS efektif untuk mencegah terjadinya nyeri 24-96 jam setelah latihan. Sedangkan

aplikasi menggunakan cryotherapy tidak efektif untuk mengurangi adanya defisit fungsional pada DOMS (Ploen et al., 2010).

Dewasa ini terapi dingin banyak digunakan untuk menangani cedera akut pada cedera olahraga ataupun karena cedera latihan. Berbagai macam bentuk terapi seperti *ice massage*, *ice pack*, *cold bath*, *cryotherapy* digunakan untuk mengatasi peradangan dan mengurangi waktu yang diperlukan untuk pemulihan cedera lewat berbagai mekanisme fisiologis (Hurme et al.1993). Perubahan suhu jaringan bervariasi tergantung pada bentuk terapi, waktu pemaparan, suhu awal, dan lokasi anatomis (Bleakly et al.2004).

Efek fisiologis terapi dingin disebabkan oleh penurunan suhu jaringan yang mencetuskan perubahan hemodinamis lokal dan sistemik serta disertai respon neuromuskuler. Secara klinis terapi dingin dapat meningkatkan ambang nyeri, mencegah pembengkakan dan menurunkan performa motorik lokal. Namun perlu dihindari pemberian aplikasi dingin yang berkepanjangan untuk menghindari terjadinya efek iritasi, hipotermia dan fros bite (Swenson et al., 1996).

d.) Efek *Ice Massage* Terhadap kelelahan (Respon Mekanik Dan Neurofisiologis *Ice Massage*)

Masuknya ion kalsium ke dalam *muscle fibre* dan adanya gangguan keseimbangan kalsium pada saat latihan eksentrik akan pulih kembali dengan meningkatnya oksigen pembuluh darah pada area yang cedera. Peningkatan aliran darah dengan pemberian *ice massage* akan mencegah jumlah produksi neutrofil dan mengurangi kerusakan lanjut yang dapat menyebabkan timbulnya proses peradangan. Peningkatan jumlah asupan oksigen dapat mendorong terjadinya regenerasi mitokondria pada ATP dan transpor aktif kalsium kedalam retikulum sarkoplasma. efek pengaruh pemberian *ice massage* pada aliran darah lokal dapat meningkatkan aliran darah pada pembuluh darah vaskuler. Penelitian menunjukkan efek

pemberian *ice massage* pada proses terjadinya DOMS sangat bervariasi, tidak ada perbedaan tingkat kelemahan atau penurunan kekuatan dengan menggunakan teknik *massage petrissage* (kneading) pada anggota tubuh atau ekstremitas atau kombinasi *efflurage* dan *petrissage massage* (2 menit *efflurage*, 5 menit *petrissage* dan 1 menit *efflurage*) pada latihan dengan intensitas tinggi (Stern, 2008). Tubuh dapat memberikan respon hipoksia sekunder karena adanya vasodilatasi dari pembuluh darah. Salah satu efek pertama dari aplikasi *ice massage* 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 temperatur dan dengan terjadinya vasokonstriksi ini dapat mengurangi terjadinya edema. Timbulnya nyeri dapat dicegah dengan pemberian *Ice massage* karena memberikan pengaruh terhadap konduksi saraf. Serabut saraf akan terpengaruh oleh aplikasi yang diberikan terutama pada *synapsis*. Satu studi mengatakan penurunan 33% dalam kecepatan konduksi saraf sensorik setelah 10 derajat penurunan temperatur kulit. Penelitian yang sama mengatakan, hasil yang sama dalam menurunkan suhu kulit saraf motorik sebesar 14%. Sensasi saraf sensorik yang menurun akan mengurangi sensasi rasa sakit dengan terjadinya penutupan pada gerbang Gate (Stern, 2008).

Penurunan sensasi saraf motorik akan mengurangi terjadinya kejang otot oleh karena cedera. Semakin cepat pemberian *ice massage* maka kecepatan konduksi diturunkan dan akan memberikan efek analgesia. Saraf *proprioceptive* memiliki ambang batas yang sangat rendah dan bermielin tebal yang terletak jauh di dalam jaringan. Dengan pemberian es maka akan terjadi penurunan metabolisme dan akan mengurangi terjadinya nyeri dan spasme otot. Satu studi menunjukkan setelah diberikan *Ice massage* selama 20 menit dan dibagi menjadi beberapa sesi,

dilakukan latihan eksentrik, konsentrik, dan isokinetik akan terjadi penurunan kekuatan otot dan kelelahan. Hal ini menunjukkan pemberian *Ice massage* dalam jangka pendek akan mempengaruhi produksi oksigen (Sterner, 2008).

B. Penelitian yang relevan

Penelitian yang peneliti ambil berdasarkan penelitian yang relevan yang pernah diteliti sebelumnya :

1. Tesis yang berjudul “ Pengaruh pemberian cairan alkali sebelum latihan submaksimal terhadap pH darah dan kadar asam laktat” Penelitian Eksperimental oleh Fuad Noor Heza Universitas Airlangga, dengan hasil penelitian bahwa pemberian cairan alkali pH 9 sebelum latihan submaksimal menghambat peningkatan kadar asam laktat darah dan menghambat penurunan pH darah, penurunan pH darah lebih rendah dan peningkatan kadar asam laktat lebih tinggi bila dibandingkan dengan yang tidak diberi cairan alkali.
2. Penelitian yang berjudul “Perbedaan pengaruh aplikasi pemberian *Ice massage* dan tanpa pemberian *ice massage* sesudah pelatihan dalam mengurangi terjadinya DOMS pada otot hamstring” Oleh Nn. Dengan hasil penelitian bahwa pemberian *ice massage* lebih baik dalam mengurangi terjadinya DOMS pada otot Humstrings.

C. Kerangka Pemikiran

Berdasarkan tinjauan pustaka yang telah dikemukakan diatas, maka dapat dirumuskan kerangka berpikir sebagai berikut :

1. Perbedaan pengaruh *foam rollers massage* dan *ice massage* terhadap kadar asam laktat

Laktat merupakan produk akhir dari metabolisme anaerobik, proses ini berlangsung tanpa adanya oksigen. Selama latihan fisik akan terjadi kenaikan kadar laktat darah maupun otot. Penimbunan laktat dalam darah menjadi masalah mendasar dalam kinerja fisik, karena menimbulkan kelelahan yang kronis dan menurunkan kinerja fisik. Penggusuran laktat yang lambat menyebabkan sindroma latihan yang

berlebihan pada atlet sehingga dapat mengakibatkan peningkatan insiden cedera olahraga yang dapat menyebabkan kecacatan baik sementara maupun menetap.

Dimana aktivitas yang dilakukan disini adalah dengan latihan beban (*weight training*), pada otot lengan atas menggunakan tenaga yang *overload* atau beban berlebih, karena latihan tersebut terjadi dengan intensitas tinggi dan dalam jangka waktu yang pendek, maka peningkatan pasokan O₂ belum terpenuhi, sehingga terpaksa digunakan sistem energi aerobik. Kelelahan yang timbul biasanya ditandai dengan rasa yang tidak nyaman pada tubuh, nyeri otot, otot tegang sehingga mempermudah terjadinya cedera. Penanganan kelelahan otot bermacam-macam diantaranya : diberikan *foam rollers massage*, dan *ice massage*. Pada era modern *form rollers* sudah banyak digunakan terutama dalam dunia kebugaran, *form rollers massage* merupakan teknik *massage* menggunakan guling busa dimana masing-masing orang menggunakan gaya tubuh untuk *massage* di daerah lengan dengan menggulirkannya diatas *foam roller* pada masing-masing group otot lengan atas. *Foam roller* tersebut berfungsi untuk memberikan efek relaksasi pada otot yang mengalami *muscle soreness* sehingga mampu melakukan latihan kembali tanpa rasa lelah. Kemudian selain penggunaan *foam roller massage* pada otot bisa juga menggunakan *ice massage* merupakan salah satu modalitas yang banyak digunakan untuk cedera pada fase akut. Pada fase akut, akan terjadi efek fisiologis dari modalitas yang digunakan yaitu berupa vase konstriksi arteri dan vena, penurunan kepekaan saraf bebas dan penurunan tingkat metabolisme sel sehingga mengakibatkan penurunan kebutuhan oksigen sel. Proses tersebut akan mengurangi proses pembengkakan, mengurangi nyeri, mengurangi spasme otot, dan resiko kematian sel.

2.) Perbedaan Jenis kelamin mempengaruhi tingkat kadar asam laktat.

Jenis kelamin merupakan faktor biologis yang mempengaruhi dari latihan, baik itu intensitasnya, frekwensi dan dosis yang diberikan. Diantaranya hasil yang menonjol utama adalah denyut nadi, pada waktu istirahat frekuensi denyut nadi atau jantung laki-laki akan sama dengan denyut nadi atau jantung wanita. Tetapi setelah melakukan aktivitas 50% dari kemampuan konsumsi oksigen maksimumnya, ternyata denyut nadi wanita lebih tinggi dari laki-laki. Frekuensi

denyut nadi wanita menjadi 140 denyut permenit, sedangkan laki-laki hanya menjadi 130 denyut permenit. Tetapi pada pemberian aktivitas maksimum tidak menunjukkan perbedaan kenaikan frekuensi denyut nadi yang bermakna. Dalam pemberian latihan memang bisa berbeda dalam memberikan hasil latihan, tetapi terjadinya *muscle soreness* setelah latihan hampir sama hasilnya. Namun ada juga yang menyatakan bahwa pada perempuan dipengaruhi oleh hormon seks yang tidak hanya mempengaruhi komposisi tubuh mereka juga memiliki dampak besar pada pernafasan dan sistem kardiovaskular, wanita memiliki ukuran jantung yang lebih kecil, termasuk volume jantung, dan tekanan diastolik lebih rendah dari pada pria, bahkan ketika mengendalikan berat badan. Bahkan dengan peningkatan denyut jantung, curah jantung laki-laki adalah sekitar 30% lebih tinggi dari pada curah jantung perempuan dilihat dari volume stroke pada wanita lebih rendah. Selain perbedaan jantung, pria memiliki sel darah merah sekitar 6% lebih tinggi dan 10% sampai 15% lebih hemoglobin per 100 ml darah dari pada wanita, dalam meningkatkan kapasitas oksigen pada laki-laki. Dengan perbedaan ukuran jantung yang mutlak lebih besar dan volume total darah yang lebih besar, sistem kardiovaskular pria bisa menyediakan lebih banyak darah per menit untuk kerja otot. Selain memiliki jantung yang lebih rendah output dan tingkat hemoglobin yang lebih rendah, perempuan juga memiliki kapasitas vital lebih rendah. Sehingga bisa menyebabkan terjadinya penumpukan asam laktat.

3.) Interaksi antara *massage* (*foam roller* dan *ice massage*) serta jenis kelamin terhadap kadar asam laktat

Foam rollers massage dan *ice massage* memberikan pengaruh rileksasi pada otot setelah melakukan latihan dengan intensitas yang *overload* dari kemampuan otot, kedua *massage* ini memiliki efek yang berbeda dimana pada *foam rollers massage*, memberikan efek relaksasi pada otot yang mengalami kelelahan yang ditandai dengan rasa tidak nyaman, spasme otot, dan nyeri, sebagai akibat dari penumpukan asam laktat. Dengan *massage* ini maka diharapkan akan melancarkan metabolisme pembuluh darah, metabolisme limfatik, dan mengembalikan kebugaran. Namun berbeda dengan *ice massage*, *massage* ini memberikan efek terapi sedatif, pengaruh dari *ice* tersebut memberikan rasa dingin pada kulit sehingga

terjadi vasokonstriksi pembuluh darah dan mencegah terjadinya inflamasi terutama nyeri otot, disini lebih banyak mengaktifkan teori *gate control*, untuk memblokir nyeri.

Diharapkan dengan kedua treatment tersebut dapat memberikan pengaruh pada terjadinya kelelahan latihan, baik itu pada laki-laki dan perempuan, sehingga mampu menurunkan kadar asam laktat.

D. Hipotesis

Berdasarkan kajian teori dapat di susun hipotesis sebagai berikut :

4. Ada perbedaan pengaruh antara pemberian *foam rollers massage* dan *ice massage* terhadap kadar asam laktat.
5. Ada perbedaan pengaruh jenis kelamin laki-laki dan perempuan terhadap kadar asam laktat
6. Ada pengaruh interaksi antara metode *massage* dan jenis kelamin terhadap kadar asam laktat