

BAB II.

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Pustaka

1. Asam Laktat.

Asam laktat merupakan sisa-sisa metabolisme energi anaerobik yang dapat menyebabkan rasa nyeri pada otot (Rohman Kafrawi 2016). Penimbunan laktat dalam darah menjadi masalah mendasar dalam kinerja fisik karena menimbulkan kelelahan dan menurunkan kinerja fisik (Anon 2015).

Sistem anaerobik selain resistensi ATP didalam 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) didalam tubuh, semua karbohidrat di konversi menjadi gula sederhana yaitu glukosa yang segera dapat dipergunakan dalam bentuk glukosa, disimpan didalam hati dan otot sebagai glikogen untuk dipergunakan kemudian. Asam adalah hasil dari glikolisis anarerobik (Tok 2019).

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.

Aktifitas fisik akan menyebabkan perubahan-perubahan pada faal tubuh manusia, baik bersifat sementara/sewaktu-waktu (respons) maupun yang bersifat menetap (adaption). Aktifitas fisik dengan intensitas tinggi (antara sub maksimal hingga maksimal) akan menyebabkan otot berkontraksi secara anaerobik. Kontraksi otot secara anaerobik membutuhkan penyediaan energi (ATP) melalui proses glikolisis anaerobik atau sistem asam laktat (lactit acid system). Glikolisis anaerobik akan meminimalkan pengeluaran radikal bebas. Sedangkan aktifitas fisik yang maksimal dan melelahkan dapat meningkatkan jumlah leukosit dan neutrofil baik dalam sirkulasi maupun di jaringan (Mulyono 2016).

Kontraksi otot yang sangat cepat melakukan ATP-PC, sedangkan untuk kontraksi otot yang cepat digunakan sistem anaerobik. Proses ini berlangsung tanpa ada oksigen, sehingga asam laktat merupakan produk akhir dari metabolisme glukosa dengan sistem metabolisme anaerobik.

Latihan fisik yang dilakukan dengan menggunakan intensitas tinggi dapat menyebabkan peningkatan kadar asam laktat dalam otot maupun dalam darah. Penimbunan laktat dalam darah menjadi masalah mendasar dalam kinerja fisik karena menimbulkan kelelahan dan menurunkan kinerja fisik (Anon 2015).

Kadar asam laktat darah akan meningkat 5 menit setelah aktivitas fisik maksimal. Aktivitas fisik anaerobik akan meningkatkan produksi dan penumpukan asam laktat, yang berperan dalam munculnya kelelahan otot (Rusdiawan and Habibi 2020). . Meskipun demikian jumlah asam laktat dalam tubuh relatif tetap. Pada orang sehat dalam keadaan sedang istirahat, jumlah asam laktat sekitar 1-2 mM/l, 1-1,8 mM/l. Kadar asam laktat darah yang melebihi 6 mM/l dapat mengganggu mekanisme kerja sel otot sampai pada tingkat koordinasi gerakan.

Perubahan biokimia pemulihan asam laktat adalah berkisar 60 menit, puncak penumpukan asam laktat terjadi pada 5 menit setelah latihan. Meningkatnya kadar asam laktat dalam otot dan darah akan mengakibatkan terjadinya perubahan pH menjadi asam. Perubahan ini berdampak kurang menguntungkan bagi aktivitas sel akibat terganggunya kinerja sejumlah enzim untuk proses metabolisme. Untuk menstabilkan pH otot seperti kondisi sebelum latihan dibutuhkan 30-35 menit waktu pulih. sedangkan pemulihan superoksida dismutase (SOD) adalah 1-3 hari dan kembali turun pada periode setelah latihan. (Purnomo 2011)

Asam laktat akan menurunkan pH dalam otot maupun darah. Selanjutnya penurunan pH ini akan menghambat enzim-enzim, glikolitik dan mengganggu reaksi kimia dalam sel otot. Keadaan ini akan mengakibatkan kontraksi otot bertambah lemah dan akhirnya otot mengalami kelelahan.

Peningkatan kadar asam laktat dalam otot dan darah akan berdampak kurang menguntungkan bagi aktivitas sel akibat terganggunya kinerja sejumlah enzim yang bekerja pada pH netral atau basa sebagai katalis pada berbagai proses

metabolisme. Hal ini tentu saja akan semakin mengganggu aktivitas sel dalam memproduksi energi untuk menunjang aktivitas tubuh (Heza 2018).

2. Kelelahan

Dampak positif olahraga bagi kesehatan dan kebugaran tubuh sudah tidak terbantahkan lagi, namun disisi lain efek yang dapat ditimbulkan dari olahraga dapat menimbulkan kelelahan. Studi yang dilakukan, mengungkapkan akibat dari olahraga berlebihan, dikutip dari Dewi (2015) studi yang dilakukan oleh University of Utah di Salt Lake City yang telah mengidentifikasi reaksi biokimia yang menyebabkan rasa sakit pada otot dan rasa lelah saat berolahraga. Rasa sakit pada otot yang berkelanjutan adalah salah satu tanda bahwa olahraga yang dilakukan melebihi dari yang seharusnya. Sendi, tulang, dan anggota tubuh kemungkinan akan mulai terasa sakit ketika ada otot-otot yang digunakan secara berlebihan (A Triansyah, M Haetami 2020) .

Olahraga adalah hasil dari anaerobik yang meninggi yang segera di ikuti meningginya aerobik. Meningginya anaerobik di perlukan untuk menghasilkan energi yang digunakan untuk melakukan olahraga itu, tetapi bersamaan itu dihasilkan pula zat sampah (Giriwijoyo, 2010). Produksi asam laktat yang melebihi konsumsi di ambang anaerobik akan terakumulasi menjadi kelelahan. Aktivitas di ambang anaerobik biasanya dicapai individu pada 60% dari maksimal oksigen yang di konsumsi (Davis, 2010).

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). Asam laktat yang tertimbun di otot dan darah pada kontraksi otot yang intens atau berkepanjangan akan menimbulkan kelelahan. Asam laktat menimbulkan nyeri otot yang terasa satu atau dua hari setelah olahraga intens (Subekti, 2007). Kelelahan yang dialami seorang atlet akan menurunkan performanya maka dari itu pemulihan merupakan hal penting pada saat latihan serta dalam kompetisi antara pertandingan dan selama turnamen dilakukan (Alpert, 2010).

Terkait dengan proses kelelahan, peneliti mengambil teori kelelahan akibat akumulasi daripada *High Intensity Interval Training (HIIT)*, hal ini dikarenakan

HIIT exercise dapat meningkatkan kinerja dari serat otot secara cepat. Dalam upaya semacam ini, *HIIT* akan menampilkan akselerasi, deselerasi, dan perubahan arah yang lebih besar, sehingga dapat menyebabkan kelelahan otot lebih besar dibandingkan dengan *intensity interval training (IIT)* (Suarez, del Valle, 2017).

Didalam kewajiban atlet dalam menjaga *performance* di setiap waktu latihan dan pertandingan yang cukup berat, diperlukan adanya *recovery*. Tanpa adanya *recovery* yang memadai antara periode latihan atau kompetisi, akan berdampak pada risiko atlet yang akan mengalami kelelahan dan meningkatkan peluang mereka untuk mengalami cedera (Wayne A. Hing, Steven G. White, 2008). Salah satu solusi untuk mengatasi proses *recovery* adalah melalui *cold water immersion*.

3. *Water cold Immersion (Perendeman air dingin)*

Bentuk aktivitas yang dapat mempercepat pemulihan laktat adalah meningkatkan proses oksidasi dan glukoneogenesis, banyak melibatkan serabut otot merah dan mempercepat distribusi laktat ke hati (Anon 2015). Pada masa pemulihan akan terjadi pula pemulihan cadangan energi, pembuangan asam laktat dari darah dan otot dan pemulihan cadangan glikogen (Putra and Lesmana 2016).

Fase pemulihan ini sangat dibutuhkan oleh tubuh guna mengembalikan kondisi tubuh kekeadaan awal sebelum melakukan latihan untuk aktivitas berikutnya sehingga tidak cepat mengalami kelelahan.

Bentuk pemulihan dapat dilakukan dengan cara pemulihan aktif dan pemulihan pasif sebagai contoh berendam di air hangat secara aktif dengan berenang ditempat dan secara pasif dengan duduk diam (Putra and Lesmana 2016). Terapi dingin di sebut juga sebagai *cold therapy*, yang merupakan tindakan yang diberikan ke tubuh untuk mengurangi panas, menurunkan temperatur pada area yang dilakukan terapi.

Terapi dingin (*cold water immersion*) merupakan metode *recovery* berfungsi menggantikan peran nitrogen yang biasa dipergunakan sebagai *anesthetic* dan *analgesia* untuk mengobati nyeri dan mengurangi gejala peradangan pada otot. Terapi dingin memberikan efek fisiologis diantaranya adalah vasokonstriksi arteriola, penurunan tingkat metabolisme sel sehingga mengakibatkan penurunan kebutuhan oksigen sel, mengurangi proses

pembengkakan, mengurangi nyeri, mengurangi spasme otot dan resiko kematian sel. Rangsangan air dingin membantu fungsi kinerja permeabilitas kapiler menjadi menurun, meningkatkan fungsi kognitif, suhu prefrontal korteks di otak menjadi lebih rendah sehingga menurunkan ketegangan pada saraf otak dan menurunkan respon fisiologis sehingga tubuh menjadi rileks. Suhu air 10°C selama 10 menit dapat mengurangi spasme dan rasa nyeri pada otot serta meningkatkan siklus pemulihan, namun tidak berpengaruh pada kekuatan kontraksi otot. (Kusuma 2020). Cold water immersion yang terlalu dingin dengan waktu lama justru mengakibatkan terjadi iritasi kulit, hypothermia, penurunan fleksibilitas otot, mengganggu metabolisme tubuh serta membuat kerusakan pada jaringan kulit karena terpapar suhu yang terlalu dingin.

Terapi dingin (cold therapy) merupakan modalitas fisioterapi yang banyak digunakan pada fase akut cedera olahraga. Seperti yang diungkapkan oleh Penny Simpin, dkk, (2007: 164) bahwa kompres dingin dapat memberikan kelegaan. Sebagai contoh kantung berisi es, kompres dingin instan, camper ice, atau kompres dingin yang digunakan untuk mengatasi cedera pada atlet. Secara keseluruhan proses tadi dapat mengurangi proses pembengkakan, mengurangi nyeri, mengurangi spasme otot, dan resiko kematian sel.

Cold therapy atau terapi dingin adalah pemanfaatan dingin untuk mengobati nyeri dan mengurangi gejala peradangan lainnya. Istilah cryotherapy digunakan untuk penggunaan terapi dingin yang sangat ekstrim, biasanya menggunakan cairan nitrogen yang digunakan sebagai anesthetic-analgesia (Swenson, 1996). Terapi dingin, digunakan modalitas terapi yang dapat menyerap suhu jaringan sehingga terjadi penurunan suhu jaringan melewati mekanisme konduksi. Efek pendinginan yang terjadi tergantung jenis aplikasi terapi dingin, lama terapi dan konduktivitas. Terapi dapat efektif, lokal cedera harus dapat diturunkan suhunya dalam jangka waktu yang mencukupi (Bleakley, 2004). Inti dari terapi dingin adalah menyerap kalori area lokal cedera sehingga terjadi penurunan suhu. Berkaitan dengan hal ini, jenis terapi dengan terapi es basah lebih efektif menurunkan suhu dibandingkan es dalam kemasan mengingat pada kondisi ini lebih banyak kalori tubuh yang dipergunakan untuk mencairkan es (Ernst, 1994). Semakin lama waktu terapi, penetrasi dingin semakin dalam.

Umumnya terapi dingin pada suhu 3.5°C selama 10 menit dapat mempengaruhi suhu sampai dengan 4 cm dibawah kulit (Ernst, 1994). Jaringan otot dengan kandungan air yang tinggi merupakan konduktor yang baik sedangkan jaringan lemak merupakan isolator suhu sehingga menghambat penetrasi dingin (Ernst, 1994). Adapun tujuan dari terapi dingin atau dengan menggunakan kompres dingin yaitu menurunkan suhu tubuh, mencegah peradangan meluas, mengurangi kongesti, mengurangi perdarahan setempat, mengurangi rasa sakit (Asmadi: 2008). 2) Novita Intan Arovah (2010) mengatakan terapi dingin dapat digunakan dalam beberapa cara antara lain melalui beberapa teknik yang sering dipergunakan adalah es dan massage es, imersi air dan es, *ice packs* dan *vacpocoolant sprays*, termasuk ;

- a. Es dan Massase Es, Terapi ini dapat dikemas dengan berbagai cara dengan membekukan es pada styrofoam. Ujung styrofoam dapat digunakan sebagai pegangan pada saat dilakukan terapi. Es sebaiknya tidak kontak langsung dengan kulit karena itu sebaiknya menggunakan handuk sebagai pelindung. Di samping itu, handuk juga diperlukan untuk menyerap es yang mencair. Indikasi terapi es dapat digunakan pada bagian otot lokal seperti tendon, bursae maupun bagian bagian *myofacial trigger point*. Es dapat digunakan langsung untuk memijat atau untuk memati-rasakan jaringan sebelum terapi pijat. Massase es, memberikan dingin yang lebih efisien daripada cold packs atau metode lain yang menggunakan terapi dingin. Terapi ini memerlukan waktu 10 - 20 menit.
- b. *Ice Pack*, merupakan kemasan yang dapat menyimpan es atau membuat es sehingga terjaga dalam waktu relatif lama saat dalam kemasan. *Ice pack* dapat dipergunakan selama 15- 20 menit. Pemakaian *ice packs* memerlukan handuk untuk mengeringkan air kondensasi. *Ice pack* lebih praktis pemanfaatannya namun dapat menimbulkan iritasi pada kulit jika kemasan ice pack rusak (bocor).
- c. *Vapocoolant spray*, sebagai spray yang berisi fluoromethane atau ethyl chloride. Spray ini digunakan untuk mengurangi nyeri akibat spasme otot serta meningkatkan *range of motion*. Penyemprotan *Vapocoolant spray* sebaiknya dengan jarak 30- 50 cm dari kulit, dan dari arah proksimal ke distal otot serta

kecepatan penyemprotan 10 cm per detik dan dapat diulang sampai dengan 2-3 kali.

- d. *Water cold immersion baths*, merupakan terapi mandi di dalam air dingin dalam jangka waktu maksimal 20 menit. Peralatan yang dipergunakan berupa tanki whirlpool, selanjutnya diberi air dan es untuk mendapatkan suhu 10°- 15° C. *Water cold immersion* dilakukan untuk pemulihan paska latihan maupun kompetisi, dengan proses ini berlangsung sekitar 10- 15 menit. Ketika nyeri berkurang, terapi dihentikan dan dilanjutkan terapi lain seperti massage atau stretching. Saat nyeri kembali dirasakan, dapat dilakukan perendaman kembali. Setiap sesi terapi perendaman kembali dapat dilakukan sampai tiga kali ulangan. Hal yang perlu diperhatikan adalah terapi dingin berpotensi untuk meningkatkan penjudalan kolagen, konsekuensinya aktivitas fisik harus dilakukan secara bertahap paska terapi dingin.

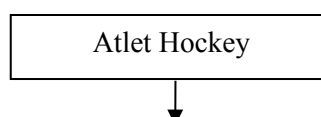
Cold water immersion: mempengaruhi penurunan suhu tubuh, menyebabkan vasokonstriksi pembuluh darah dan penurunan pembengkakan dan peradangan melalui perlambatan produksi metabolisme metabolit (Cochrane, D. J., 2004; Allen, C. et all, 2002). Sedangkan *protocol* dalam menjalankan *cold water immersion* adalah suhu CWI disarankan dalam rentang suhu dari 5-20° C; Namun, suhu baik 5° C. Waktu perendaman total biasanya berkisar dari 3–20 menit) (Versey, 2013).

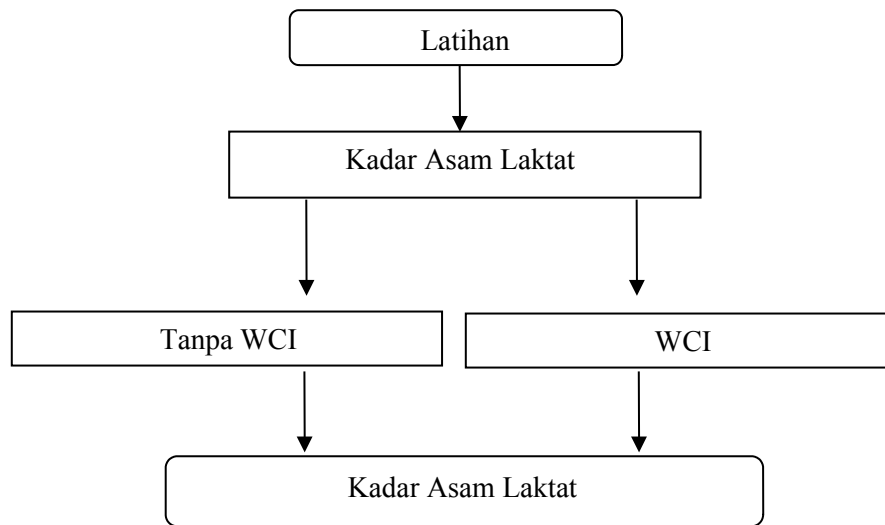
Dalam proses *water immersion*, peneliti mengharuskan perendaman total untuk tubuh bagian bawah, dan tubuh bagian atas (kecuali leher dan kepala) (Vaile J, Halson S, Gill N, 2008). Sedangkan heart rate selalu diukur pada setiap participants selama *pre exercise, exercise, post exercise, dan post therapy* (Hamlin. 2007).

Setelah mengetahui teori dan beberapa *protocol* tentang *water cold immersion* tersebut, peneliti menerapkan dan mengaplikasikan *protocol* tersebut untuk menjawab pertanyaan, apakah *water cold immersion* (WCI) memiliki efektivitas dalam menurunkan tingkat indeks fatigue?.

B. Kerangka Berpikir

Adapun kerangka berpikir penelitian ini adalah :





Gambar 2.1. Kerangka Konsep

C. Hipotesis

Berdasarkan kajian teori dan kerangka berfikir hipotesis penelitian ini adalah ada pengaruh *water cold immersion* terhadap kadar asam laktat.

Hipotesis statistik

$$H_0 : X_1 = X_2$$

$$H_a : x_1 \neq x_2$$

H_0 : Tidak ada pengaruh *water cold immersion* terhadap kadar asam laktat..

H_a : Ada pengaruh *water cold immersion* terhadap kadar asam laktat.