

Hubungan *Adenosine Triphosphate* (ATP) Terhadap Kelelahan Otot dan Ketelitian Kerja

Riza Ramadhan*, Fitrianti Darusman, Mentari Luthfika Dewi

Prodi Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

*rizaramadan321@gmail.com, efit.bien@gmail.com, mentariluthfikadewi19@gmail.com

Abstract. Human life cannot be separated from daily physical activities that require muscle contraction. Muscle contractions themselves can occur in the presence of energy in the body called Adenosine Triphosphate (ATP). Unfortunately, the amount of ATP in the body is limited so that continuous muscle contraction will use up the supply of ATP. This study aims to find out what happens to the body if the supply of ATP runs out and its effect on work accuracy. This research was conducted using the *systematic literature review* (SLR) method of scientific articles that have been published in national and international journals. The results of this study indicate that the continuous use of ATP for muscle contraction for a long time can cause a condition called muscle fatigue. Muscle fatigue is characterized by pain due to the accumulation of lactic acid resulting from muscle contractions. Depletion of the supply of ATP in the body can lead to a lack of fulfillment of the energy needs of the brain, hands and eyes in coordinating movements so that it has an impact on impaired concentration and work accuracy.

Keywords: *Adenosine Triphosphate, ATP, Muscle Fatigue*

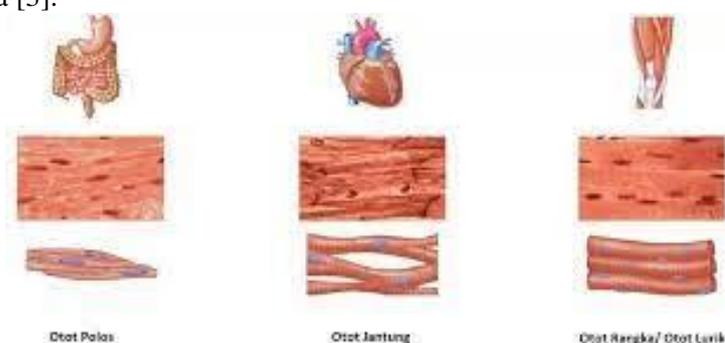
Abstrak. Kehidupan manusia sehari-hari tidak dapat dipisahkan dari aktivitas fisik yang memerlukan kontraksi otot. Kontraksi otot sendiri dapat terjadi dengan adanya energi di dalam tubuh yaitu *Adenosine Triphosphate* (ATP). Sayangnya ATP di dalam tubuh jumlahnya terbatas sehingga kontraksi otot secara terus menerus akan menghabiskan pasokan ATP. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apa yang terjadi pada tubuh jika pasokan ATP habis dan pengaruhnya terhadap ketelitian kerja. Penelitian ini dilakukan dengan metode *systematic literature review* (SLR) dari artikel ilmiah yang telah dipublikasikan pada jurnal nasional dan internasional. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan ATP secara terus menerus untuk kontraksi otot dalam waktu yang lama dapat menyebabkan kondisi yang dinamakan kelelahan otot. Kelelahan otot ditandai dengan adanya rasa sakit akibat penumpukan asam laktat hasil kontraksi otot. Habisnya pasokan ATP di dalam tubuh dapat menyebabkan kurangnya pemenuhan kebutuhan energi otak, tangan, dan mata dalam melakukan koordinasi gerak sehingga berdampak pada gangguan konsentrasi dan ketelitian kerja.

Kata Kunci: *Adenosine Triphosphate, ATP, Kelelahan Otot*

A. Pendahuluan

Sepanjang kehidupan manusia tidak lepas dari yang namanya bergerak, baik itu secara sadar maupun tidak sadar. Gerakan yang terjadi secara tidak sadar artinya diluar kendali tubuh, seperti gerakan organ, detak jantung, peristaltik lambung, dan yang lainnya. Sedangkan gerakan yang terjadi secara sadar dilakukan berdasarkan kendali dan kemauan tubuh, seperti berjalan, menulis, berlari, dan yang lainnya. Persamaan dari kedua gerakan ini yaitu sama-sama membutuhkan peranan otot agar dapat bergerak. Otot harus mengalami kontraksi-relaksasi agar dapat menghasilkan gerakan. Untuk berkontraksi otot memerlukan energi yaitu *Adenosine Triphosphate* (ATP).

Otot merupakan jaringan konektif tubuh yang memiliki tugas untuk berkontraksi. Kontraksi otot ini dapat menggerakkan bagian-bagian tubuh, baik itu organ ataupun tubuh secara menyeluruh [1]. Jaringan otot terdiri dari 3 jenis, yaitu otot rangka (*skeletal muscle*), otot jantung (*cardiac muscle*), dan otot polos (*smooth muscle*). Otot jantung merupakan penyusun organ jantung dan mengalami gerakan tidak sadar, sedangkan otot polos merupakan otot penyusun organ dalam tubuh. Otot rangka menempel pada tulang dan berfungsi untuk menggerakkan tulang, dan hampir keseluruhan dari gerak otot rangka berada dibawah pengaruh kemauan manusia, oleh karena itu otot rangka disebut otot sadar [2]. 40% berat badan manusia merupakan berat dari otot rangka [3].



Gambar 1. Jenis-jenis otot

Otot merupakan sistem penggerak utama tubuh dengan mengubah energi kimiawi menjadi gerakan kontraksi-relaksasi (kinetik) [4]. Serabut otot mengandung banyak miofibril yang tersusun oleh ± 1500 filamen miosin dan ± 3000 filamen aktin, dimana filamen-filamen ini merupakan molekul protein besar yang berfungsi sebagai pemicu gerakan kontraksi-relaksasi otot. Untuk memicu gerakan otot diperlukan energi [5].

Adenosine Triphosphate (ATP) merupakan energi di dalam tubuh yang memiliki peran sangat besar dalam proses kontraksi-relaksasi otot baik otot sadar maupun tidak sadar, sayangnya ketersediaan ATP dalam tubuh sangat terbatas [6]. Jika digunakan secara terus menerus untuk kontraksi otot dalam jangka waktu yang lama seperti kegiatan olahraga atau aktivitas fisik berat lainnya, maka pasokan ATP dalam tubuh dapat habis. Hal ini dapat mempengaruhi kinerja orang-orang yang beraktivitas berat sehari-hari apalagi pekerjaan yang membutuhkan konsentrasi tinggi dan koordinasi gerakan yang baik.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut: “Apakah yang terjadi pada tubuh jika kekurangan pasokan *Adenosine Triphosphate* (ATP) dan akibatnya terhadap ketelitian kerja?”. Selanjutnya, tujuan dalam penelitian ini yaitu untuk mengetahui akibat dari kekurangan *Adenosine Triphosphate* (ATP) pada tubuh dan akibatnya terhadap ketelitian kerja.

B. Metodologi Penelitian

Peneliti menggunakan metode teknik *Systematic Literature Review* (SLR). Pustaka yang digunakan berupa artikel ilmiah yang telah dipublikasikan pada jurnal nasional dan internasional. Penelusuran artikel ilmiah dilakukan secara online pada portal seperti *Google Scholar*, *ResearchGate*, dan sumber lainnya dengan kata kunci utama *Adenosine Triphosphate* (ATP)

dan kelelahan otot. Berdasarkan pencarian, dilakukan skringing jurnal sehingga didapatkan 2 jurnal utama mengenai pengaruh ATP terhadap kelelahan otot dan ketelitian kerja.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Adenosine Triphosphate

Adenosine Triphosphate (ATP) merupakan nukelotida yang berperan dalam proses pertukaran energi intraselular. Di dalam tubuh ATP berfungsi untuk menyimpan dan mentranspor energi ke dalam sel. Dalam hal ini ATP sangat berperan dalam proses kontraksi-relaksasi otot yang menjadi dasar pergerakan pada tubuh manusia. Proses kontraksi-relaksasi secara garis besar terdiri dari 3 tahapan, yaitu :

1. Penguraian ATP pada miosin akan menghasilkan energi pada jembatan silang untuk melakukan gerakan mengayun
2. Pengikatan molekul ATP ke miosin dapat menyebabkan jembatan silang lepas dari filamen aktin setelah selesai melakukan gerakan mengayun, sehingga proses penguraian ATP bisa dilakukan kembali dan menghasilkan energi baru pada jembatan silang berikutnya.
3. Transportasi Ca^{2+} sangat bergantung pada energi hasil penguraian ATP [6].

Dapat dilihat pada ketiga proses tersebut, ATP memiliki peran yang sangat besar dalam terjadinya proses kontraksi-relaksasi otot. Akan tetapi, sayangnya jumlah ATP di dalam tubuh sangatlah terbatas sehingga perlu dilakukan bantuan agar terjadinya resintesis ATP dalam tubuh.

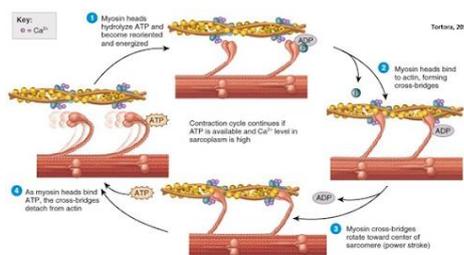
Ada 3 cara yang bisa digunakan untuk menghasilkan kembali ATP agar bisa terus berperan dalam proses kontraksi-relaksasi otot. Cara pertama yaitu penyusunan ATP dari kreatin fosfat. Pada saat melakukan kegiatan angkat beban, kreatin fosfat akan dipecah di persimpangan antara kepala miosin dan aktin yang berfungsi untuk menyebabkan kontraksi otot, pemecahan kreatin fosfat ini akan melepaskan energi dalam jumlah besar yang menyebabkan pengikatan ion fosfat baru pada ADP (Adenosin Difosfat) sehingga dapat membentuk kembali ATP baru [5].

Cara kedua yaitu Cara kedua yaitu penggunaan glikogen, dimana glikogen yang terdapat dalam otot akan mengalami glikolisis menjadi glukosa yang dapat digunakan sebagai energi. Pada proses glikolisis, glukosa hasil pemecahan dari glikogen ini akan membentuk menjadi dua molekul asam piruvat yang akan menghasilkan energi untuk membentuk kembali ATP. Komponen penting dalam proses ini adalah oksigen, dimana jika tidak terdapat pasokan oksigen yang cukup maka asam piruvat yang terbentuk tidak akan menghasilkan ATP tambahan, tetapi menjadi asam laktat yang berdifusi keluar sel otot.

Cara ketiga yaitu oksidasi bahan makanan seperti asam lemak dan asam amino untuk menghasilkan energi untuk mengbah AMP (Adenosin Monofosfat) dan ADP (Adenosin Difosfat) menjadi ATP. Pembentukan ATP dari ADP yaitu dengan menggabungkannya bersama molekul fosfat sehingga ADP yang awalnya mengandung 2 molekul fosfat jadi mengandung 3 molekul fosfat sehingga menjadi ATP dan dapat digunakan sebagai sumber energi untuk kontraksi otot.

Hubungan Antara *Adenosine Triphosphate* (ATP) dengan Kelelahan Otot

Proses kontraksi otot yang melibatkan *Adenosine Triphosphate* (ATP) dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 2. Kontraksi Otot [7]

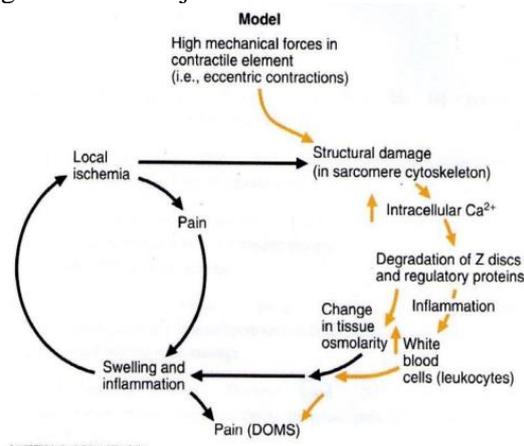
Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa ATP digunakan dalam kontraksi otot sebagai

sumber energi dan keberlangsungan kontraksi otot bergantung pada resintesis ATP itu sendiri. Akan tetapi, karena terbatasnya pasokan ATP dalam tubuh, kontraksi otot yang terjadi secara terus menerus akan menghabiskan pasokan ATP dan menyebabkan kondisi yang dikenal dengan nama kelelahan otot (*muscular fatigue*).

Kelelahan otot (*muscular fatigue*) merupakan penurunan kapasitas kerja otot karena kontraksi otot yang terjadi terus-menerus sehingga menghabiskan pasokan ATP di dalam tubuh. Penurunan kapasitas kerja otot ini dapat secara langsung dilihat dari menurunnya kuantitas gerakan maupun kualitas gerakan [8]. Kontraksi otot yang terjadi secara terus-menerus juga dapat berakibat terjadinya penimbunan asam laktat hasil kontraksi otot yang menghambat enzim pada jalur resintesis ATP. Penimbunan asam laktat juga mengakibatkan penurunan PH otot sehingga menimbulkan rasa nyeri yang menjadi indikator kelelahan otot [9].

Kelelahan otot juga dapat berujung dengan terjadinya gangguan fungsi otot seperti kejang otot. Kejang otot merupakan kontraksi spontan yang menyakitkan pada satu atau lebih dari satu otot yang berlangsung lama. Kejang otot terjadi karena kontraksi otot secara terus-menerus dan menghabiskan banyak pasokan ATP sehingga otot mencapai batas dan berkontraksi sendiri secara spontan diluar kemauan [10].

Kondisi gangguan otot yang disebabkan oleh kelelahan otot yang kedua adalah *Delayed Onset Muscle Soreness* (DOMS). DOMS merupakan rasa sakit atau nyeri yang timbul setelah melakukan aktivitas yang memerlukan kontraksi otot yang berlangsung lama, seperti olahraga dan angkat beban. DOMS terjadi karena penggunaan otot secara berlebihan padahal ATP sebagai energi kontraksi otot telah habis, sehingga kondisi lelah yang dialami oleh otot melebihi batasnya. Sesuai namanya, DOMS tidak langsung terjadi setelah dilakukannya aktivitas, akan tetapi DOMS akan muncul setelah beberapa jam aktivitas selesai dilakukan dan mencapai puncak rasa sakitnya pada rentang waktu 24-48 jam.



Gambar 3. Mekanisme DOMS pada jaringan [8]

Mekanisme terjadinya DOMS pada jaringan terutama jaringan otot dapat dilihat pada gambar 2.

Kelelahan otot sebenarnya mempunyai manfaat positif bagi sel-sel tubuh, akan tetapi penurunan performa yang terjadi akibat kelelahan otot secara langsung dapat berakibat pada penurunan prestasi para atlet [8].

Pengaruh Kelelahan Otot Terhadap Ketelitian Kerja

Keterbatasan kinerja otot akibat kelelahan karena kurangnya pasokan ATP akan mempengaruhi mutu atau kualitas suatu gerakan yang berkaitan dengan ketepatan dan kecermatan koordinasi gerak otot. Koordinasi gerak otot adalah faktor yang sangat berpengaruh pada ketelitian kerja seseorang. Ketelitian merupakan kemampuan psikomotor yang meliputi gerakan tangan, jari-jemari, dan koordinasi mata dan tangan. Jadi dapat dikatakan kelelahan otot secara tidak langsung akan mempengaruhi ketelitian kerja seseorang.

Ketelitian kerja melibatkan otak untuk mengkoordinasikan gerakan tangan dan

penglihatan. Otak sebagai pilar utama dalam melakukan kegiatan tentu saja memerlukan pasokan ATP sebagai energi. Akan tetapi, setelah melakukan aktivitas fisik yang memerlukan kontraksi otot dalam waktu yang lama dan terjadi kelelahan otot, jumlah ATP di dalam tubuh sangatlah terbatas. Pasokan ATP yang tersisa di dalam tubuh akan disalurkan dan digunakan oleh otak sehingga pasokan ATP untuk organ tubuh lainnya berkurang dan terjadilah gangguan konsentrasi karena koordinasi kerja otak, tangan, dan mata yang tidak berjalan dengan baik dan berdampak pada ketelitian kerja [9].

Uji ketelitian dilakukan pada 30 orang subyek dengan merangkai manik-manik sesuai urutan warna (hijau, putih, biru, ungu, orange, merah muda, dan merah) pada saat subyek sebelum melakukan aktivitas fisik dan setelah melakukan aktivitas fisik. Kemudian ketelitian kerja dihitung dengan rumus :

$$\text{Ketelitian Kerja} : \frac{\text{Jumlah rangkaian benar} - \text{Jumlah rangkaian salah}}{\text{Jumlah seluruh rangkaian}} \times 100\%$$

Tabel 1. Hasil Uji Ketelitian [9]

N	Sebelum aktivitas fisik	SD	Setelah aktivitas fisik	SD
30	97,729%	2,291	93,448%	3,566

Keterangan : N = Jumlah subyek

SD = Simpangan Deviasi

Dari hasil tersebut dapat dilihat adanya perbedaan ketelitian kerja pada subyek sebelum dan sesudah aktivitas fisik. Setelah dilakukan analisis statistik, dapat disimpulkan bahwa kelelahan akibat aktivitas fisik dapat mempengaruhi tingkat ketelitian kerja.

Setiap harinya otak memerlukan ATP hasil resintesis dari glukosa untuk berpikir dan menjalankan fungsi normal otak. Untuk berpikir otak memerlukan banyak ATP, terutama otak besar yang berperan dalam pengaturan aktivitas mental dan kepandaian. Jika tubuh berada pada kondisi yang lelah dan suplai ATP dalam tubuh telah banyak digunakan untuk aktivitas fisik, glukosa dalam tubuh akan disalurkan ke otak untuk membantu proses resintesis ATP yang berguna sebagai energi otak untuk menjalankan fungsinya. Oleh karena itu, tubuh menjadi kekurangan glukosa dan menyebabkan tubuh menjadi kurang tenaga, lesu, berkurangnya gairah dan kecepatan kerja, dan menurunnya ketelitian kerja.

Maka dari itu, ada hal yang tidak dapat dipisahkan dari aktivitas sehari-hari maupun aktivitas olahraga, yaitu fase pemulihan (*recovery*). Anggapan bahwa latihan secara terus-menerus memaksakan kemampuan otot untuk mencapai hasil yang maksimal adalah salah besar. Hal tersebut dikarenakan otot juga mempunyai batas sehingga tidak dapat dipaksakan terus-menerus. Fase pemulihan berfungsi untuk memulihkan kekuatan otot dan juga memberikan waktu bagi tubuh untuk membentuk kembali ATP yang telah habis digunakan [8].

ATP merupakan satu-satunya sumber energi yang dapat digunakan langsung untuk kontraksi otot sehingga ATP harus selalu diproduksi. Selama masa pemulihan, cadangan energi dalam tubuh seperti fosfokreatin, karbohidrat, lemak, dan protein akan dimetabolisme hingga menjadi ATP yang siap digunakan. Hal ini juga berlaku untuk penggunaan energi oleh otak. Ketika otak digunakan untuk melakukan kegiatan yang memerlukan konsentrasi tinggi, artinya otak akan menggunakan banyak ATP untuk berpikir, sehingga dalam kegiatan itu pun diperlukan fase pemulihan agar tubuh dapat memproduksi kembali ATP sehingga dapat digunakan oleh otak [8].

D. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dalam penelitian ini, peneliti menyimpulkan bahwa kurangnya pasokan ATP sebagai energi karena kontraksi otot yang berlangsung dalam waktu yang lama dapat menyebabkan kondisi kelelahan otot dan ditandai dengan rasa nyeri akibat penumpukan asam laktat hasil kontraksi otot. Kelelahan otot yang terjadi dapat berdampak pada menurunnya ketelitian kerja karena ATP yang tersisa di dalam tubuh tidak dapat mencukupi kebutuhan otak, tangan, dan mata dalam melakukan koordinasi gerak.

Acknowledge

Dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari doa, bimbingan, serta dukungan dari segala pihak. Maka dari itu, penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang
2. Orangtua dan keluarga penulis yang senantiasa mendoakan dan selalu memberikan dukungan kepada penulis
3. Bapak Abdul Kudus, M.Si., Ph.D., sebagai Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Bandung
4. Ibu apt. Sani Ega Priani, M.Si., sebagai Ketua Program Studi Farmasi Universitas Islam Bandung
5. Ibu apt. Fitrianti Darusman, S.Si., M.Si., sebagai dosen pembimbing utama dan Ibu apt. Mentari Luthfika Dewi, M.Farm., sebagai dosen pembimbing serta yang telah senantiasa memberikan ilmu, arahan serta dukungan kepada penulis selama penelitian dan penulisan skripsi.
6. Dosen Wali, apt. Mentari Luthfika Dewi, M.Farm. atas segala dukungan dan nasihatnya.
7. Seluruh dosen, staff pengajar, karyawan, laboran labolatorium Farmasi FMIPA Unisba yang memberikan ilmu dan fasilitas dalam menyelesaikan masalah teknis selama penelitian.

Daftar Pustaka

- [1] Rokhana, R., Susetyo Wardana Jurusan Teknik Elektronika, P., & Elektronika Negeri Surabaya, P. (2009). *Identifikasi Sinyal Electromyograph (Emg) Pada Gerak Ekstensi-Fleksi Siku Dengan Metode Konvolusi Dan Jaringan Syaraf Tiruan*.
- [2] Fawcett DW. (1994). *A Textbook of Histology* (12th ed.). Chapman & Hall.
- [3] Guyton A.C. (1995). *Texbook of Medical Physiology* (8th ed.). WB Saunders \Company.
- [4] Murray, R. K., Granner, D. K., Mayes, P. A., & Rodwell, V. W. (2003). Biokimia Harper edisi 25. In *Biokimia Harper* (25th ed.). eGC.
- [5] Guyton, A. C., & John, E. H. (2008). Buku Ajar Fisiologi Kedokteran (I. Setiawan, Ed.; 11th ed.). Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- [6] Sherwood, L. (2001). Fisiologi Manusia Dari Sel Ke Sistem. EGC.
- [7] Tortora, G. J., Derrickson, Bryan H. (2012). *Principles of Anatomy and Physiology*. USA: Biological Science Textbooks, Inc.
- [8] Parwata, I. M. Y. (2015). Kelelahan dan Recovery dalam Olahraga. *Jurnal Pendidikan Kesehatan Rekreasi*. 1(1).
- [9] Indriana, T. (2015). Pengaruh Kelelahan Otot Terhadap Ketelitian Kerja (The Influence Fatigue On Work Carefulness). *STOMATOGNATIC-Jurnal Kedokteran Gigi*. 7(3).
- [10] Giriwijoyo, S. (2010). Ilmu Faal Olahraga, Fungsi Tubuh Manusia pada Olahraga untuk Kesehatan dan Prestasi. Bandung: FPOK UPI