
PERUBAHAN FISIOLOGIS TUBUH SELAMA IMMOBILISASI DALAM WAKTU LAMA

Ujang Rohman
Universitas PGRI Adi Buana Surabaya
Email: ujang_roh64@unipasby.ac.id

Received: 31 July 2019; Accepted 26 December 2019; Published 27 December 2019
Ed 2019; 4(2): 367-378

ABSTRAK

Naskah ulasan ilmiah dari hasil kajian pustaka ini menguraikan tentang perubahan yang terjadi pada tubuh sebagai dampak immobilisasi lama. Immobilisasi adalah keadaan di mana seseorang mengalami keterbatasan gerak sebagai akibat adanya gangguan pada organ tubuh. Keterbatasan gerak fisik ini sebagai perubahan fisiologis tubuh akibat dari periode waktu masa immobilisasi. Perubahan fisiologis selama immobilisasi dalam waktu lama menyebabkan gangguan adaptasi pada bagian musculoskeletal meliputi gangguan mobilisasi permanen yang akan mempengaruhi daya tahan otot dan penurunan masa otot, *atrofi* serta stabilitas otot. Pada bagian cardiovascular meliputi gangguan hipotensi ortostatik dan pembentukan thrombus, sedangkan pada bagian respirasi meliputi gangguan terjadinya penurunan berbagai volume paru sebagai akibat melemahnya otot-otot respirasi sehingga berpengaruh terhadap gerakan respirasi. Dengan memahami perubahan fisiologis yang terjadi akibat immobilisasi dalam waktu lama, diharapkan kajian pustaka ini dapat diketahui bagaimana proses pencegahannya dan lebih lanjut proses penanganannya.

Kata Kunci: Perubahan Fisiologis; Immobilisasi

PHYSIOLOGICAL CHANGES OF THE BODY DURING IMMOBILIZATION IN A LONG TIME

ABSTRACT

The scientific review manuscript from the results of this literature review elaborates the changes that occur in the body as an impact of old immobilization. Immobilization is a condition in which a person experiences movement limitations as a result of interference in the body's organs. The limitation of this physical movement as a physiological change in the body results from a period of time immobilization. Physiological changes during immobilization in a long time cause disruption of adaptation in the musculoskeletal includes permanent disruption of mobilization that will affect muscle endurance and decrease muscle mass, atrophy and muscle stability. In the cardiovascular section includes orthostatic hypotension disorders and thrombus formation, whereas on the respiration section includes disturbances in the decrease in various of lung volumes as a result of weakening of the respiratory muscles so that it affects the respiratory motion. By understanding the physiological changes that occur as a result of immobilization in a long time, it is expected that this literature review can find out how the prevention process and further the handling process.

Keywords: *Physiological Changes; Immobilization*

Copyright © 2019, Journal Sport Area

DOI: [https://doi.org/10.25299/sportarea.2019.vol4\(2\).3533](https://doi.org/10.25299/sportarea.2019.vol4(2).3533)

How To Cite: Rohman, U. (2019). Perubahan Fisiologis Tubuh Selama Immobilisasi Dalam Waktu Lama. *Journal Sport Area*, 4 (2), 367-378.

PENDAHULUAN

Immobilisasi adalah keadaan seseorang dalam kondisi tidak bergerak secara aktif sebagai akibat adanya gangguan pada organ tubuh baik fisik maupun mental. Kemampuan setiap individu dalam bergerak adalah salah satu kebutuhan dasar seseorang yang harus dipenuhi. Untuk memenuhi kebutuhan dasar tersebut dengan melakukan aktivitas berupa gerak yang teratur dan kontinue. Gerak tersebut dalam bentuk mobilisasi yang bertujuan memenuhi kebutuhan dasar dengan melakukan aktivitas dalam kehidupan sehari-hari dan mempertahankan diri dari trauma, konsep diri, mengekspresikan emosi dengan berbagai gerakan. Immobilisasi adalah suatu keadaan dimana seseorang mengalami keterbatasan gerak fisik. Sedangkan immobilisasi dapat berbentuk tirah baring yang bertujuan mengurangi aktivitas fisik dan kebutuhan oksigen tubuh, mengurangi nyeri, dan untuk mengembalikan kekuatan. Seseorang yang mengalami tirah baring akan kehilangan kekuatan otot rata-rata 3% sehari (*atrofi disuse*).

Prevalensi in-aktivitas secara fisik semakin meningkat pada orang dewasa, yang merupakan salah satu faktor resiko penyakit kardiovaskular (Demiot et al., 2007). Selain itu, in-aktivitas juga dapat meningkatkan resiko hipertensi 30%, kanker kolon 41%, kanker payudara 31%, diabetes tipe 2 50%, dan osteoporosis 59% (Demiot et al., 2007) Namun terkadang, in-aktivitas adalah suatu kondisi yang tidak dapat dihindari. Immobilisasi cukup lama dapat terjadi pada seseorang yang tidak mampu untuk berdiri atau keadaan yang menyebabkan seseorang harus berbaring akibat adanya kondisi patologis, misalnya fraktur tulang yang juga sering terjadi pada seorang atlet akibat kecelakaan pada saat latihan maupun pertandingan. Immobilisasi akan mempengaruhi beberapa organ tubuh, seperti gangguan pada sistem kardiovaskular, sirkulasi darah ferifer dan pernafasan. Pada sistem kardiovaskular salah satunya terjadi penurunan kemampuan saraf otonom untuk memenuhi persediaan darah dalam tubuh (*orthostatic hipotensi*). Sedangkan gangguan pada sistem pernafasan akan terjadi respon fisiologis dengan menurunnya pergerakan paru dalam mengambil oksigen dari udara (ekspansi paru) sehingga menyebabkan menurunnya asupan oksigen (O₂) pada tubuh. Selain itu Immobilisasi juga akan mempengaruhi kulit secara langsung, berupa penyusutan kolagen dan serat elastis menyebabkan kulit tipis dan melemahnya elastisitas kulit. Hal ini dapat mengakibatkan gesekan (*friction*) atau geser (*shear*) sehingga menyebabkan lapisan kulit memisah atau sobek (Sumara, 2017).

Adaptasi fisiologis terhadap in-aktivitas secara fisik terjadi ketika berada dalam keadaan immobilisasi yang lama atau berada dalam kondisi mikrogravitasi (di luar angkasa). Dimana perubahan tubuh pada saat immobilisasi lama yang diberi latihan *spaceflight* secara integral berperan dalam mempertahankan fungsi neuromuskuler dan kardiovaskular yang dapat mempertahankan kinerja fungsional tubuh (Mulavara, Peters, Miller and Kofman, 2018). Adaptasi fisiologis yang terjadi pada keadaan immobilisasi merupakan kebalikan dari perubahan fisiologis yang terjadi pada saat aktivitas. Secara umum, adaptasi fisiologis yang terjadi akibat immobilisasi lama adalah hilangnya struktur dan proses fisiologi, yang cenderung bersifat mal-adaptasi menyebabkan kondisi tidak sehat, bahkan pada beberapa kasus dapat mengancam jiwa (Booth & Lees, 2007).

Tulisan ulasan ilmiah dalam bentuk kajian teori ini membahas mengenai perubahan dan respon fisiologis selama immobilisasi dalam waktu lama yang difokuskan pada adaptasi dan gangguan pada sistem metabolisme (*metabolism*), otot rangka

(*musculoskeletal*), jantung (*cardiovascular*) dan pernapasan (*respirasi*). Dengan memahami perubahan fisiologis yang terjadi akibat immobilisasi dalam waktu lama, memungkinkan sebagai bahan referensi untuk mengetahui akibatnya sehingga bagaimana proses pencegahannya dan lebih lanjut proses penanganannya.

Tulisan dalam artikel ini adalah jenis ulasan ilmiah yang didasarkan dan dinarasikan dari hasil beberapa referensi berupa konsep-konsep yang dideskripsikan dalam bentuk judul mengenai perubahan fisiologis selama immobilisasi dalam waktu lama yang kaitannya pada sistem neuromuskular, respirasi dan kardiiovaskular.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini metode penelitian kualitatif. Metode penelitian ini dilakukan melalui pendekatan yang meliputi: (1) studi pustaka yaitu melakukan pengumpulan data dengan referensi kepustakaan dari sumber yang bersifat primer maupun sekunder berupa buku, jurnal, laporan penelitian, majalah, surat kabar dan media internet untuk memperkuat argumen penelitian sebagai literatur, (2) observasi yaitu mengumpulkan data melalui pengamatan langsung pada objek penelitian yang terkait dengan orang-orang yang mengalami in-aktivitas, (3) wawancara yaitu melakukan interaksi dialog langsung dengan objek penelitian yang mengalami in-aktivitas.

Metode penelitian kualitatif dilakukan dengan menentukan sumber data yang diharapkan dapat memberikan informasi untuk melengkapi data yang terkumpul dengan cara menggabungkan data dari hasil kajian literatur dengan hasil obeservasi dan wawancara di lapangan. Berdasarkan konsep tersebut dapat dijabarkan gambaran desain penelitian sebagai berikut:



Gambar 1. Bagan Disain Penelitian Kualitatif

DASAR TEORI

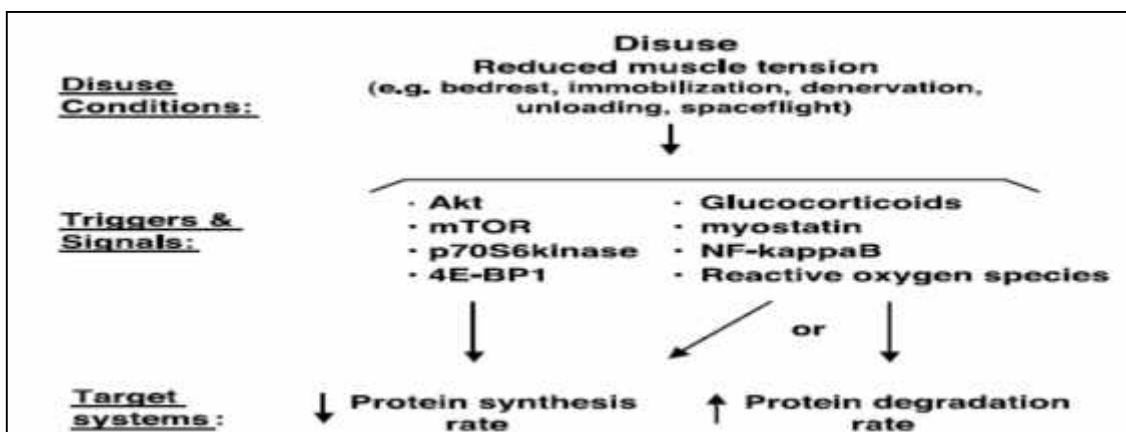
Neuromuskular

Sistem neuromuskular sangat besar pengaruhnya pada mobilisasi seseorang, karena saat seseorang melakukan aktivitas, kontraksi otot selalu dirangsang oleh saraf sehingga otot terkontrol kekuatan dan akurasinya. Sistem *neuromuskular* terdiri dari otot, sendi, tulang, ligamen, *tendon*, *kartilago* dan saraf. Saat kontraksi otot ada dua tipe kontraksi yaitu (1) kontraksi isotonik dimana peningkatan tekanan otot menyebabkan otot

memendek dan (2) kontraksi *isometric* dimana peningkatan tekanan otot tidak ada pemendekan dari otot.

Pengaruh immobilisasi yang cukup lama, akan terjadi respon fisiologis pada sistem otot rangka. Respon fisiologis tersebut berupa gangguan mobilisasi permanen yang menjadikan keterbatasan mobilisasi. Keterbatasan mobilisasi akan mempengaruhi daya tahan otot sebagai akibat dari penurunan masa otot, *atrofi* dan stabilitas. Pengaruh otot akibat pemecahan protein akan mengalami kehilangan masa tubuh yang terbentuk oleh sebagian otot. Karena itu, penurunan masa otot tidak mampu mempertahankan aktivitas tanpa peningkatan kelelahan. Selain itu juga terjadi gangguan pada metabolisme kalsium dan mobilisasi sendi

Atrofi otot adalah perubahan yang terjadi pada otot akibat kondisi tidak dipergunakan (misalnya immobilisasi) atau karena pembebanan yang kurang (mis: *mikrogravitasi* pada astronot di luar angkasa), penuaan, kelaparan, dan sejumlah penyakit lainnya (mis: *kaheksia*). *Atrofi* pada otot ditandai dengan berkurangnya protein pada sel otot, diameter serabut, produksi kekuatan, dan ketahanan terhadap kelelahan (Kandarian, 2008). Jika otot tidak digunakan selama beberapa hari atau minggu, maka kecepatan penghancuran protein kontraktile otot (*aktin* dan *myosin*) lebih tinggi dibandingkan pembentukannya, sehingga terjadi penurunan protein kontraktile otot dan terjadi *atrofi* otot. Hal ini juga dapat terjadi jika suplai saraf pada otot tidak ada. Jika sinyal untuk kontraksi menghilang selama 2 bulan atau lebih, akan terjadi perubahan *degeneratif* pada otot yang disebut dengan *atrofi degeneratif*. Pada akhir tahap *atrofi degeneratif* terjadi penghancuran serabut otot dan digantikan oleh jaringan *fibrosa* dan lemak. Bagian serabut otot yang tersisa adalah membran sel dan *nucleus* tanpa disertai dengan protein kontraktile. Kemampuan untuk meregenerasi *myofibril* akan menurun. Jaringan *fibrosa* yang terjadi akibat *atrofi degeneratif* juga memiliki kecenderungan untuk memendek yang disebut dengan kontraktur. Oleh karena itu sangat penting bagi fisioterapi untuk mencegah otot yang mengalami *atrofi* menjadi kontraktur. Hal ini dapat dicegah dengan peregangan otot setiap hari atau memakai alat yang dapat menjaga otot agar teregang selama proses *atrofi* (Guyton & Hall, 2012). Diagram yang menggambarkan kerangka terjadinya stimulus yang merangsang dan implikasinya terhadap berbagai kondisi immobilisasi yang menyebabkan *atrofi* otot.



Gambar 2. Bagan Kondisi Immobilisasi Menyebabkan *Atrofi* Otot (Kandarian, 2008).

Kardiovaskular

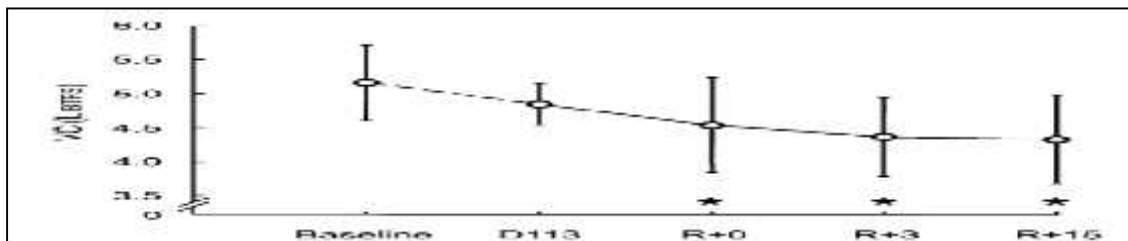
Immobilisasi yang lama dapat menyebabkan penurunan yang *significant* pada volume dan berat ventrikel kiri dan kanan, serta aksis mayor ventrikel kiri setelah 60 hari berbaring dengan kemiringan kepala 6° (*Head DownTilt =HDT*) yang menunjukkan terjadinya *atrofi* pada jantung. Hal ini menyebabkan berkurangnya isi sekuncup (*Stroke Volume=SV*) pada posisi berdiri, curah jantung (*Cardiac Output*), peningkatan denyut jantung dan *hipovolemia* (Dorfman et al., 2007). Menurunnya *cardiac output* (CO) menyebabkan turunnya *VO2 max* (Demiot et al., 2007).

Posisi HDT mengakibatkan adanya *re-distribusi cephalic* dan *intrathoracic* dari volume *intravascular* dan peningkatan transient SV sekunder karena hilangnya *gradient* tekanan *hidrostatik* dan gravitasi (akut). Ketika terjadi *diuresis*, Hal ini menyebabkan terjadinya keseimbangan *hemodinamik* yang baru yang merupakan pertengahan keseimbangan *hemodinamik* antara posisi berdiri dan berbaring telentang. Selain itu, juga terjadi intoleransi *hipotensi ortostatik*. Selain itu system simpatis *hipo-adrenergik* dan volume plasma yang dependen (Dorfman et al., 2007). Perubahan sistem kardiovaskuler dipengaruhi oleh immobilisasi.

Respirasi

Immobilisasi lama menyebabkan terjadinya penurunan berbagai volume paru diakibatkan karena melemahnya otot-otot respirasi sehingga menurunnya gerakan respirasi, di antaranya yaitu:

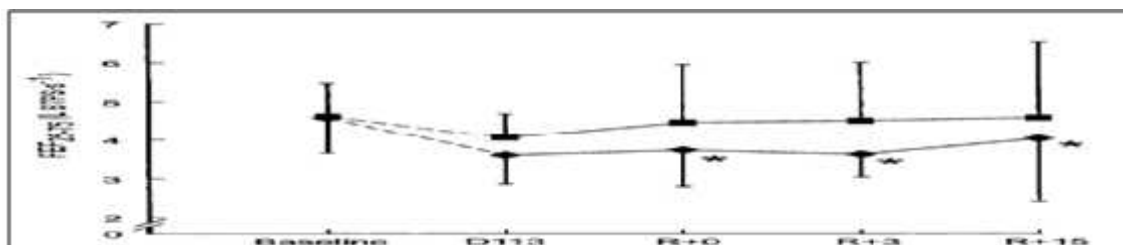
1. Penurunan Kapasitas Vital yang disebabkan karena menurunnya performa otot inspirasi dan ekspirasi.



Gambar 3. Grafik Penurunan Kapasitas Vital Pada Saat Immobilisasi(H 113) dan Setelah Immobilisasi (H 120 +3, +15)

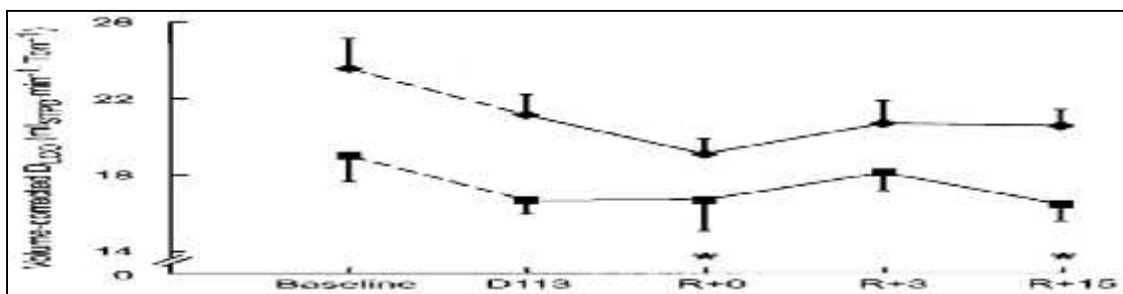
(Montmerle, Spaak, & Linnarsson, 2002)

2. Terjadi penurunan FEF25-75% 20% pada posisi *supine* yang disebabkan karena menurunnya *elastic recoil*.



Gambar 4. Grafik Terjadi Penurunan FEF 25-75% Pada Kondisi yang Sama dengan Kapasitas Difusi Pulmonal Menurun Pada Posisi Berdiri dan Supine 20%

(Montmerle et al., 2002)



Gambar 5. Grafik Terjadi Penurunan Kapasitas Difusi Pada Kondisi yang Sama (Montmerle et al., 2002)

- Aliran darah pulmonal meningkat 20% pada posisi supine dan 35% pada posisi berdiri. Hal ini disebabkan karena menurunnya volume plasma dan darah. Selain itu, immobilisasi lama juga meningkatkan resiko terjadinya *edema pulmonal*, terganggunya kemampuan untuk membersihkan *sekresi tracheobronchial* dan meningkatnya *emboli* paru. Namun immobilisasi lama tidak menyebabkan terjadinya perubahan pada *Peak Expiratory Flow* (PEF)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Immobilisasi atau gangguan mobilisasi adalah keadaan seseorang yang tidak dapat bergerak secara bebas yang disebabkan adanya gangguan pada sistem motorik tubuh. Perubahan fisiologis yang terjadi pada tubuh apabila immobilisasi yang cukup lama antara lain meliputi:

Perubahan Pada Sistem Metabolisme

Immobilisasi pada periode yang lama akan mengganggu sistem metabolisme berupa menurunnya kecepatan metabolisme pada tubuh seseorang yang lebih dikenal dengan istilah tingkat metabolisme *basal* atau *Basal Metabolism Rate* (BMR). Menurunnya BMR akan mengakibatkan berkurangnya pasokan energi pada sel-sel tubuh yang menyebabkan gangguan pada proses pemenuhan kebutuhan oksigen (oksigenasi) sel dan proses anabolisme menurun serta proses katabolisme meningkat sehingga beresiko meningkatkan gangguan metabolisme tubuh.

Selain itu perubahan metabolisme tubuh akibat immobilisasi yang cukup lama akan menyebabkan cairan elektrolit pada tubuh tidak seimbang dan terjadi gangguan dalam mengubah zat gizi pada sistem pencernaan (*gastrointestinal*). Terjadinya perubahan pada metabolisme, system endokrin dan sebagainya sebagaimana terangkum berikut.

Tabel 1. Efek immobilisasi Pada Berbagai Organ Tubuh

Sistem	Pengaruh
Otot	Kekuatan otot dan aliran darah ke otot menurun
Tulang	Pengeroposan tulang meningkat, kepadatan tulang menurun
Kardiovaskular	Volume tekanan menurun, curah jantung menurun dan hipotensi <i>ortostatik</i>
Pernafasan	Jalan pernafasan menurun, pengambilan oksigen (O ₂) menurun, meningkatkan potential untuk <i>atelectasis</i>
Indek Glikemik (GI)	<i>Anoreksia malnutirisi, sembelit</i>
GU	<i>Inkontinensia</i>

Sistem	Pengaruh
Kulit	Kekuatan berubah berpotensi kerusakan pada kulit
Psikologis	Sosial terisolasi, gelisah, depresi, disorientasi

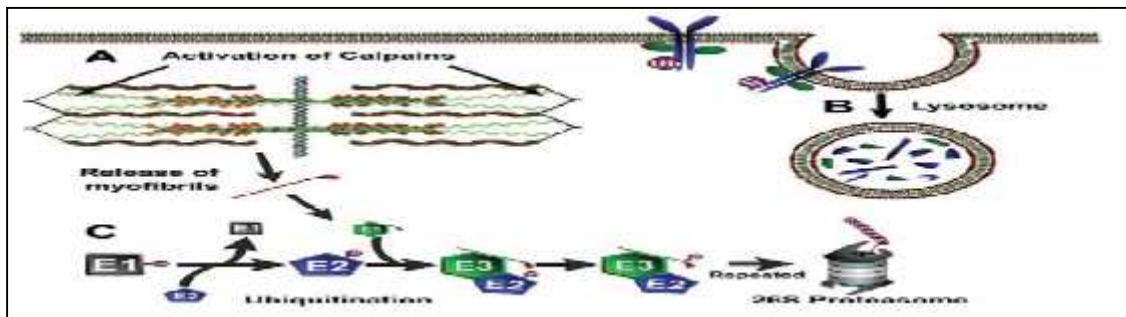
Immobilisasi pada periode yang lama akan mengganggu keseimbangan nitrogen (N) yang negatif sehingga terjadi kerusakan protein terutama protein otot sebagai akibat menurunnya pembentukan protein (sintesis protein), selain itu keseimbangan N yang negatif dapat menurunkan kecepatan penyembuhan fungsional tubuh. Oleh karena itu untuk mengatasinya dilakukan latihan selama periode immobilisasi. Dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang berkontribusi seperti efek latihan, durasi istirahat dan langkah-langkah pengetahuan (kognitif) yang diberikan, maka seseorang yang memiliki aktivitas fisik terbatas (in-aktivitas) dapat dipertahankan melalui upaya kesehatan dan kognitif yang tetap semangat (Dolenc & Petri , 2013)

Perubahan Pada Otot

Tahapan terjadinya *atrofi* otot dimulai dengan berkurangnya *tonus* otot. Hal ini menyebabkan: (1) *Myostatin: regulator negative* untuk pertumbuhan otot: termasuk *family TGF-β*. *Myostatin* menyebabkan *atrofi* otot melalui penghambatan pada proses translasi protein sehingga menurunkan kecepatan sintesis protein. (2) *NF-κB* merupakan family dari 5 faktor transkripsi [p65(Rel A), Rel B, c-Rel, p52, and p50]. *NF-κB* menginduksi *atrofi* dengan aktivasi transkripsi dan *ubiquinasi* protein. Jika otot tidak digunakan menyebabkan peningkatan aktivitas transkripsi dari *NF-κB*. (3) *Reactive Oxygen Species (ROS)* pada otot yang mengalami *atrofi*.

Otot yang tidak mendapatkan pembebanan akan meningkatkan produksi Cu, Zn *Superoksida Dismutase* yang menyebabkan kerusakan yang ditambah lagi dengan menurunnya *catalase*, *glutathioneperoksidase*, dan mungkin Mn, *superoksida dismutase*, yaitu sistem yang akan memetabolisme kelebihan ROS. ROS menyebabkan peningkatan kerusakan protein, menurunnya ekspresi *myosin*, dan peningkatan ekspresi komponen jalur *ubiquitin proteolitik proteosome*.

Ketiadaan beban pada otot menyebabkan menurunnya sintesis protein. Translasi mRNA menjadi protein meliputi tiga tahapan yaitu, *inisiasi*, *elongasi* dan *terminasi*. Proses pertama lebih banyak dipengaruhi pada *atrofi*. 4E-BP-1 merupakan faktor inisiasi translasi yang dalam keadaan tidak *terfosforilasi* bekerja sebagai faktor inhibitor translasi yang kuat dengan mengikat faktor inisiasi pengikatan eukariotik ((eIF)-4E). Pada keadaan tidak terpakai selama 14 hari, ikatan 4E-BP-1 dengan (eIF)-4E m. *gastrocnemius* (tikus) meningkat, sehingga proses translasi akan menurun, sistem *proteolitik* pada *atrofi* otot akibat tidak terpakai. Terjadinya *atrofi* otot dikarenakan serabut-serabut otot tidak berkontraksi dalam waktu yang cukup lama sehingga perlahan akan mengecil (*atrofi*) dimana terjadi perubahan antara serabut otot dan jaringan *fibrosa*.



Gambar 5. A. Sistem *Calpain Dependent Calcium*. B. Sistem *Protease Lysosomal (Katesin)*. C. Sistem *Ubiquitin (Ub;c) Proteosome Dependent ATP* (Kandarian, 2008)

Pada gambar 5 memperlihatkan peningkatan ke 3 sistem ini terlibat pada proses *proteolitik*. Protein yang berperan pada pembentukan dan pelipatan protein *myofibril* adalah *substrate calpain: titin, vinculin, nebulin*, dan lain-lain. Aktivasi *calpain* akan menyebabkan dis-integrasi dan lepasnya *myofibril* dari susunannya. *Miofibril* yang terlepas kemudian akan mengalami *degradasi* oleh *system ubiquitin (Ub;c)-proteosomedependent ATP*, dan masuk ke dalam *lisosom* untuk dihancurkan (Kandarian, 2008).

Akibat dari hal tersebut di atas adalah (1) kekuatan otot menurun 4-5% perminggu, (2) *Atrofi* otot dengan cepat (primer: *bedrest, gips* pada tungkai dan sekunder: *polineuropathy* dan *myopathy*), (3) Grup otot yang paling cepat terkena adalah otot-otot yang dipergunakan untuk mempertahankan postur, (4) Satu hari *bedrest* memerlukan 2 minggu rekondisi untuk mengembalikan kekuatan otot (Candow & Chilibeck, 2005).

Perubahan Pada *Skeleton*

Perubahan yang terjadi pada sistem *skeleton* sebagai akibat immobilisasi pada periode yang lama berupa adanya gangguan metabolisme kalsium dan kelainan sendi. Gangguan tersebut mengakibatkan *resorpsi* pada tulang yang menyebabkan jaringan tulang menjadi tidak padat sehingga terjadi pengeroposan tulang (*osteoporosis*). Menurut Kaneguchi, Ozawa, Minamimoto, & Yamaoka (2018) latihan dalam waktu jangka panjang setelah durasi imobilisasi lainnya dapat secara positif mempengaruhi pemulihan dari kontraktur sendi yang diinduksi imobilisasi. Selain itu olahraga dengan intensitas tinggi harus dihindari selama fase awal remobilisasi setelah imobilisasi sendi, bukan untuk menyebabkan cedera *iatrogenic* (Kaneguchi et al., 2018).

Immobilisasi yang lama menyebabkan terjadinya proses *demineralisasi* yang cepat dan *diffuse* pada tulang, dimana mineral tubuh hilang 0,5% per bulan dan terjadi *hipercalciuria*. *Densitas* tulang panggul (*hip*) dan vertebra turun 2,9% dan 3,8% pada immobilisasi 12 minggu. Hal ini menyebabkan percepatan terjadinya *osteoporosis* dan faktor resiko terjadinya fraktur (Hudec & Camacho, 2012). Sedangkan perubahan lainnya adalah terjadinya pembengkokan lateral tulang belakang. Menurut Holla et al., (2016) bisa dilakukan dengan bantuan perangkat torak setinggi bagian leher (*cervico*) akan mengurangi fleksi dan ekstensi dan juga mengurangi pembengkokan lateran dan rotasi ke tingkat lebih rendah. Perangkat *torak service* rendah membatasi tekukan lateral ke tingkat yang sama seperti perangkat *torak servico-tinggi*, tetapi jauh lebih efektif untuk membatasi fleksi, ekstensi, dan rotasi. Akhirnya, perangkat *kranio-torak* hampir sepenuhnya membatasi pergerakan tulang belakang leher (Holla et al., 2016). Menurut

Moseley et al., (2015) pembatasan gerak pada kemungkinan cedera tulang belakang harus dievaluasi dengan benar dan diambil tindakan yang tepat. Tidak semua pasien trauma memerlukan restriksi gerak tulang belakang.

Perubahan Pada Kardiovaskular

Perubahan yang terjadi pada kardiovaskular sebagai akibat immobilisasi pada periode yang lama, menyebabkan hipotensi ortostatik yaitu peningkatan beban kerja jantung dan adanya pembentukan *trombus* (*thrombus*). Hal ini disebabkan adanya penurunan kemampuan saraf otonom. Selain itu akan menurunkan *reflek neurovaskular* dan menyebabkan vasokonstriksi dimana darah terkumpul pada *vena* bagian bawah sehingga sistem sirkulasi darah akan mengalami hambatan. Penurunan tekanan darah sistolik 25 mmhg dan diastolik 10 mmhg ketika dari posisi berbaring atau duduk keposisi berdiri. Peningkatan kerja jantung dikarenakan adanya posisi berbaring (*horizontal*) yang menyebabkan darah pada bagian anggota bagian bawah (*lower extremity*) meningkatkan aliran *vena* kembali ke jantung sehingga terjadi peningkatan kerja jantung. Efek immobilisasi akan terjadi peningkatan status *adrenergic* (*tonus simpatis*) denyut jantung dan penurunan efisiensi jantung. Selain itu immobilisasi dalam waktu yang lama akan menyebabkan aliran darah pada anggota badan bagian bawah (*lower extremity*) tidak lancar (*statis*) yang mengganggu faktor-faktor pembekuan pada *endotel* pembuluh darah. Sedangkan adanya pembentukan trombus pada immobilisasi yang cukup lama disebabkan oleh *vena statis* yaitu menurunnya kontraksi otot (*muskular*) yang dapat meningkatkan arus balik *vena*. Terganggunya faktor pembekuan akan timbul bekuan darah (*trombus*) di katub-katub *vena extremitas* bawah. Selain itu pada immobilisasi lama terjadi perubahan disfungsi *endotel* pada mikro sirkulasi yang ditandai dengan penurunan *vasodilatasi-dependent endothel* dan peningkatan sel *endotel* yang bersirkulasi terutama disebabkan jalur *prostaglandin*. *Endotel* memiliki fungsi yang penting pada homeostasis dan aliran darah lokal. *Endotel* akan menginduksi *vasodilatasi*, membatasi *inflamasi vaskular*, dan mempertahankan kekentalan cairan. Disfungsi *endotel* mengakibatkan adanya *vasokonstriksi*, *thrombosis* dan *inflamasi* dan merupakan faktor utama penyebab terjadinya *aterosklerosis*.

Aliran darah pada sirkulasi memiliki tekanan *tangensial* pada permukaan sel *endotel* yang kemudian mencegah tekanan yang terlalu besar pada arteri-arteri kecil dan *resistensi perifer vaskular*. Penurunan kronis tekanan pada *lumen vascular* akan menyebabkan terganggunya fungsi *endotel* dan meningkatnya *apoptosis* sel. Disfungsi *endothelial* pada mikrosirkulasi menyebabkan terjadinya *atrofi* otot, perubahan metabolisme energi, pembentukan mulkus pada kulit (Demiot et al., 2007). Immobilisasi lama tidak menyebabkan terjadinya perubahan yang signifikan pada tekanan arteri rata-rata seperti terlihat berikut.

Immobilisasi dalam periode yang lama akan menyebabkan terjadinya *orthostatic hipotensi* yaitu terjadinya penurunan kemampuan saraf otonom untuk memenuhi persediaan darah dalam tubuh (Mulavara, Peters, Miller and Kofman, 2018). Selain itu immobilisasi dalam periode yang lama juga menyebabkan penurunan pada *tonus* otot pada tungkai sehingga akan mengurangi aliran darah pada pembuluh darah *vena* besar di bagian *ektremitas* bawah tubuh. Immobilisasi dalam periode yang lama menyebabkan meningkatnya resorpsi tulang sehingga menimbulkan penurunan kalsium dalam darah dan juga meningkatkan terjadinya pengeluaran kalsium melalui urin (hiperkalsemia).

Tabel 2. Tekanan Arteri Rata-Rata Pada Orang yang Tidak Latihan dan Latihan Pada Posisi Berbaring

Immobilisasi Lama	Grup Tanpa-EX		Grup-EX	
	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
Rerata tekan arteri, mmHg				
Periode Basal	75 ± 2	72 ± 3	81 ± 7	72 ± 4
<i>Iontophoresis</i>	75 ± 2	73 ± 3	78 ± 6	71 ± 2
Pemanasan	75 ± 2	68 ± 4	78 ± 7	68 ± 4
Kontrol <i>Doppler</i> , au				
Periode Basal	10.8 ± 2.1	8.7 ± 1.5	8.3 ± 1.5	10.2 ± 2.0
<i>Iontophoresis</i>	11.0 ± 1.9	8.4 ± 1.1	8.3 ± 1.2	10.4 ± 2.6
Pemanasan	11.7 ± 2.4	9.5 ± 0.9	10.4 ± 1.9	10.9 ± 1.9
Kontrol Suhu Kulit, °C				
Periode Basal	33.7 ± 0.1	33.8 ± 0.1	33.9 ± 0.2	33.7 ± 0.2
<i>Iontophoresis</i>	33.8 ± 0.1	33.8 ± 0.1	34.1 ± 0.2	33.8 ± 0.1
Pemanasan	33.9 ± 0.2	34.0 ± 0.3	34.2 ± 0.1	33.9 ± 0.3

Selain itu immobilisasi dalam periode lama dapat menyebabkan penurunan yang berarti pada volume dan berat ventrikel kiri dan kanan, serta aksis mayor ventrikel kiri setelah 60 hari berbaring dengan kemiringan kepala 6° (*Head Down Tilt =HDT*) menunjukkan terjadinya *atrofi* pada jantung. Hal ini menyebabkan berkurangnya isi sekuncup (*stroke volume=SV*) pada posisi berdiri dan curah jantung (*cardiac output*), peningkatan denyut jantung dan *hipovolemia*. Menurunnya *cardiac output* (CO) menyebabkan turunnya.

Perubahan Pada Respirasi

Immobilisasi pada periode yang lama menyebabkan menurunnya gerakan respirasi, di antaranya berupa penurunan kapasitas vital yang disebabkan karena menurunnya performa otot inspirasi dan ekspirasi, kemudian terjadi penurunan *Peak Expiratory Flow* (PEF) 25-75% dan 20% pada posisi berbaring (*supine*) yang disebabkan karena elastisitas otot menurunnya (*elastic recoil*). Selanjutnya terjadi penurunan volume plasma dan darah dikarenakan aliran darah paru meningkat 20% pada posisi berbaring dan 35% pada posisi berdiri. Selain itu juga akan meningkatkan resiko terjadinya *edema* paru (*edema pulmonal*), terganggunya kemampuan untuk membersihkan *sekresi trakea bronkial* (*trachea bronchial*) dan meningkatnya *emboli* paru. Namun immobilisasi lama tidak menyebabkan terjadinya perubahan pada puncak aliran *ekspirasi* (*Peak Expiratory Flow*).

Immobilisasi pada periode yang lama dapat menurunkan ekspansi paru karena terjadi tekanan yang berlebihan pada permukaan paru-paru sehingga terjadi penurunan volume udara yang masuk dan adanya peningkatan *sekresi respirasi*.

KESIMPULAN

Berdasarkan kajian teori dan pembahasan beberapa konsep dapat disimpulkan bahwa immobilisasi dalam periode yang lama akan terjadi respon fisiologis pada sistem otot rangka. Respon fisiologis pada sistem otot rangka tersebut berupa gangguan mobilisasi permanen yang menyebabkan keterbatasan mobilisasi. Keterbatasan mobilisasi akan mempengaruhi daya tahan otot sebagai akibat dari penurunan masa otot, *atrofi* dan stabilitas. Pengaruh otot akibat pemecahan protein akan mengalami

kehilangan masa tubuh yang terbentuk oleh sebagian otot. Karena itu, penurunan masa otot tidak mampu mempertahankan aktivitas tanpa peningkatan kelelahan, selain itu juga terjadi gangguan pada metabolisme kalsium dan mobilisasi sendi.

Perubahan immobilisasi dalam periode lama pada sistem kardiovaskular menyebabkan peningkatan beban kerja jantung (*orthostatic hipotensi*) dan adanya pembentukan *trombus*. Keadaan *hipotensi ortostatik* ditandai dengan pusing, pucat, keluar keringat dan jika berdiri terasa nyeri di kaki, sedangkan pembentukan *trombus* ditandai dengan peningkatan statis *vena* dan tekanan luar yang melawan *vena*. Sedangkan pada sistem respirasi menyebabkan terjadinya penurunan volume paru sebagai akibat dari melemahnya otot-otot respirasi sehingga menurunnya gerakan respirasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Booth, F. W., & Lees, S. J. (2007). Fundamental questions about genes, inactivity, and chronic diseases. *Physiological Genomics*, 28(2), 146–157.
- Candow, D. G., & Chilibeck, P. D. (2005). Differences in size, strength, and power of upper and lower body muscle groups in young and older men. *Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences*, 60(2), 148–156. <https://doi.org/10.1093/gerona/60.2.148>
- Demiot, C., George, F. D., Fortrat, J. O., Sabatier, F., Gharib, C., Larina, I., ... Custaud, M. A. (2007). WISE 2005: Chronic bed rest impairs microcirculatory endothelium in women. *American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology*, 293(5), 1–26. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00591.2007>
- Dolenc, P., & Petri, M. (2013). The effects of prolonged physical inactivity induced by bed rest on cognitive functioning in healthy male participants. *Annales Kinesiologiae*, 4(2), 130–142.
- Dorfman, T. A., Levine, B. D., Tillery, T., Peshock, R. M., Hastings, J. L., & Schneider, S. M. (2007). Cardiac atrophy in women following bed rest. *Journal of Applied Physiology*, 103(1), 8-16.
- Guyton, C. A., & Hall, J. E. (2012). *Textbook of Medical Physiology* (Thirteenth). Philadelphia: Elsevier Saunder.
- Holla, M., Huisman, J. M., Verdonschot, N., Goosen, J., Hosman, A. J., & Hannink, G. (2016). The ability of external immobilizers to restrict movement of the cervical spine: a systematic review. *European Spine Journal*, 25(7), 2023–2036.
- Hudec, S., & Camacho, P. (2012). Secondary causes of osteoporosis. *Endocrine Practice*, 19(1), 120–128.

- Kandarian, S. (2008). The molecular basis of skeletal muscle atrophy - Parallels with osteoporotic signaling. *Journal of Musculoskeletal Neuronal Interactions*, 8(4), 340–341.
- Kaneguchi, A., Ozawa, J., Minamimoto, K., & Yamaoka, K. (2018). Active exercise on immobilization-induced contracted rat knees develops arthrogenic joint contracture with pathological changes. *Journal of Applied Physiology*, 124(2), 291–301. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00438.2017>
- Montmerle, S., Spaak, J., & Linnarsson, D. (2002). Lung function during and after prolonged head-down bed rest. *Journal of Applied Physiology*, 92(1), 75–83. <https://doi.org/10.1152/jappl.2002.92.1.75>
- Moseley, A. M., Beckenkamp, P. R., Haas, M., Herbert, R. D., Lin, C. W. C., Evans, P., ... Russell, T. (2015). Rehabilitation after immobilization for ankle fracture: The EXACT randomized clinical trial. *JAMA - Journal of the American Medical Association*, 314(13), 1376–1385. <https://doi.org/10.1001/jama.2015.12180>
- Sumara, R. (2017). Tekanan Interface Pasien Tirah Baring (Bed Rest) Setelah Diintervensi dengan metode Hospital Corner Bed Making Interface Pressure in Patients Bedrest After being Intervented with Hospital Corner Bed Making Method. *Mutiara Medika*, 17(1), 14–21.