SARKOPENIA

Saat Otot Kehilangan Massa dan Kekuatan



Eka Arum Cahyaning Putri
Bambang Purwanto
Sundari Indah Wiyasihati
Irfiansyah Irwadi
Misbakhul Munir
Raden Roro Shinta Arisanti
Annisa Fitria Az-Zahra

SARKOPENIA

Saat Otot Kehilangan Massa dan Kekuatan

Pasal 113 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta:

(1) Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).

(2) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

(3) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).

(4) Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

SARKOPENIA

Saat Otot Kehilangan Massa dan Kekuatan

Eka Arum Cahyaning Putri
Bambang Purwanto
Sundari Indah Wiyasihati
Irfiansyah Irwadi
Misbakhul Munir
Raden Roro Shinta Arisanti
Annisa Fitria Az-Zahra

Airlangga University Press

SARKOPENIA
Saat Otot Kehilangan Massa dan Kekuatan

Eka Arum Cahyaning Putri, dkk.

ISBN 978-634-7497-48-2(PDF)

© 2026 Penerbit **Airlangga University Press**
Anggota IKAPI dan APPTI Jawa Timur
Kampus C Unair, Mulyorejo Surabaya 60115
Telp. (031) 5992246, 5992247
E-mail: adm@aup.unair.ac.id

Layout (Bagus Firmansah)
Redaktur (Anas Fitrah Abadi)
Cover (Syahrul Isrofi)
AUP (1643/04.26)

Hak Cipta dilindungi oleh undang-undang.
Dilarang mengutip dan/atau memperbanyak tanpa izin tertulis
dari Penerbit sebagian atau seluruhnya dalam bentuk apa pun.



Prakata

Puji syukur ke hadirat Allah Swt. yang telah menganugerahkan kesempatan bagi kami untuk menyelesaikan penulisan Buku berjudul "SARKOPENIA: Saat Otot Kehilangan Massa dan Kekuatan". Buku yang ditulis bersama oleh tim peneliti dan pemerhati *Youth Sarcopenia* berdasarkan hasil observasi dan uji coba.

Buku ini terdiri atas tiga bagian penting, meliputi bagian pendahuluan, bagian permasalahan, dan bagian solusi. Bagian pendahuluan berisi tentang karakteristik otot rangka, asal mula kekuatan otot rangka, dan pembentukan otot rangka. Bagian permasalahan memaparkan gambaran umum penyakit sarkopenia di usia muda. Bagian solusi memandu pembaca untuk melakukan latihan fisik yang tepat dalam rangka mencegah dan menghambat progresivitas sarkopenia.

Besar harapan kami, buku ini dapat menjadi referensi yang tepat bagi pembaca, akademisi, peneliti, maupun profesional di bidang layanan kesehatan. Selain narasi yang detail, buku juga dilengkapi ilustrasi gambar, grafik, tabel, dan *flowchart* yang memvisualisasikan gagasan, ide, dan pemikiran di dalam narasi. Semoga karya ini berdampak dan memberikan manfaat.

Surabaya, Januari 2026

Tim Penulis



Kata Pengantar

Dalam dua dekade terakhir terjadi pergeseran yang besar dalam kecenderungan penyakit yang diderita masyarakat global dunia. Sarkopenia merupakan salah satu contoh yang mengalami pergeseran pola epidemologi. Dahulu sarkopenia sering dikaitkan dengan penyakit akibat penuaan, namun sejak era milenial, mulai ditemukan sarkopenia yang diderita oleh individu dewasa muda, bahkan remaja.

Beberapa negara seperti Amerika, Korea, dan Tailan menganggap serius permasalahan sarkopenia di usia muda. Berbagai riset dan survei berskala Nasional telah dilakukan untuk mengungkap prevalensi dan faktor risiko yang berkaitan dengan fenomena baru ini. Indonesia termasuk tertinggal dalam merespons. Padahal, Indonesia telah mencanangkan target Indonesia Emas 2045. Sarkopenia di usia muda berpotensi menghambat terwujudnya target besar nasional tersebut. Kepedulian insan akademik terhadap persoalan sarkopenia di usia muda mulai tumbuh dari Universitas Airlangga. Sekelompok peneliti mulai melakukan riset berskala lokal hingga regional. Hasil riset tersebut dituangkan secara sistematis dan runtut dalam buku berjudul Sarkopenia:

Saat Otot Kehilangan Massa dan Kekuatan. Buku ini dapat menjadi referensi awal bagi semua insan yang tertarik mempelajari sarkopenia lebih mendalam.

Kesan awal saat membaca, buku ini memberikan banyak kejutan yang menyadarkan kita bahwa selama ini manusia terlalu abai terhadap kesehatan otot rangka. Dalam pemeriksaan *Medical Check Up* (MCU) misalnya, kesehatan jantung, ginjal, dan paru kerap menjadi pusat perhatian. Setiap dari kita kerap takut bahkan paranoid dengan gangguan kesehatan jantung, ginjal, dan paru. Bahkan MCU rutin dilakukan setahun dua kali hanya untuk memastikan organ tersebut baik saja. Apakah kita sudah memperhatikan kesehatan otot rangka sebaik organ lain?

Buku ini juga menyadarkan kita bahwa sarkopenia yang terjadi di usia muda muncul nyaris tanpa tanda dan gejala, bahkan hampir semua penderita tidak mengeluhkan apapun. Inilah yang menjadi dasar *youth sarcopenia* disebut sebagai *silent disease*, yang bermakna penyakit yang tersamarkan. Sebagian besar terdiagnosis setelah komplikasi cedera muncul, seperti patah tulang, cerai sendi atau ruptur tendon dan ligamen. Sungguh mengerikan bila semua komplikasi itu terjadi, karena cedera muskuloskeletal menimbulkan disabilitas dan kecacatan yang melimitasi aktivitas dan produktivitas.

Sudah saatnya buku ini mendapat tempat di hati pembaca. Referensi yang tepat bagi akademisi, peneliti, wartawan, profesional kesehatan, profesional olahraga, dan masyarakat awam yang membutuhkan. Pembaca tidak hanya dibuat paham, namun juga dituntun setiap tahap mulai mencegah sarkopenia. Semakin banyak membaca isinya, semakin tertarik untuk terus bertanya dan mencoba.

Semoga melalui buku ini, banyak pihak yang teredukasi, terdampak, dan memperoleh manfaat untuk bergerak bersama mencegah sarkopenia di usia muda. Pada otot yang sehat, terdapat raga yang kuat dan insan yang bermanfaat. Ayo terus bergerak!

Guru Besar Fisiologi Kedokteran
Prof. Dr. Gadis Meinar Sari dr., M.Kes.



Daftar Isi

Prakata v
Kata Pengantar vii
Daftar Gambar xi
Daftar Tabel xiii

Bab 1 OTOT RANGKA: STRUKTUR DAN KARAKTERISTIKNYA — 1
Peran Otot Rangka 1
Otot Rangka, Organ Terbanyak dengan Sebaran Terluas 2
Jaringan Otot Rangka (Otot, Saraf, dan Vessels) 4
Karakteristik dan Struktur Otot Rangka 6
Klasifikasi Serat Otot Rangka 7

Bab 2 MIOGENESIS: DARI JANIN HINGGA DEWASA — 11
Proses Pembentukan Otot Rangka 11
Selayang Pandang Miogenesis 12
Trimester Awal Kehamilan yang Menentukan 16
Diferensiasi Menentukan Karakter Diri 17
Lingkungan Mengubah Sifat 19
Siklus Kehidupan 21

Bab 3 KEKUATAN OTOT — 23
Definisi Kekuatan Otot 23
Fusi pada Serat Otot Tipe II 26
Rekrutmen Motor Unit 29
Gaya Eksentrik dan Rekoil 32

BAB 4 KONTRAKSI OTOT, KEKUATAN, DAN GERAK TUBUH — 35
Sistem Neuromuskular dan Biomekanika Manusia 35
Kontraksi Otot (*Muscle Contraction*) 36
Kekuatan Otot (*Muscle Strength*) 43
Gerak Tubuh (*Body Movement*) 49

Bab 5 CIDERA OTOT DAN REGENERASINYA — 53
Respons Kerusakan Otot Rangka 53
Kerusakan Otot Rangka 54
Inflamasi pada Kerusakan Otot Rangka 55
Perbaikan Kerusakan Otot Rangka 57
Regenerasi Otot Rangka 58
Hipertrofi Otot Rangka 61
Pembentukan Jaringan Fibrosis Dalam Otot Rangka Pasca Cidera 65

BAB 6 SARKOPENIA DI USIA SENJA — 69
Definisi Sarkopenia 69
Sarkopenia dan Penuaan 71
Skrining Risiko Sarkopenia 74
Diagnosis Sarkopenia 75
Jenis Sarkopenia 77

Bab 7 *YOUTH* SARKOPENIA: ANCAMAN BAGI GENERASI MUDA — 81
Fenomena Sarkopenia di Usia Muda 81
Disfungsi *Growth Hormone* 85
Respons Myostatin 88
Peran Aksis Gonad 91
Stres Berkepanjangan 93
Defisiensi Vitamin D 95

Bab 8 EFEK LATIHAN FISIK TERHADAP RISIKO SARKOPENIA — 97
Pra-Sarkopenia pada Dewasa Muda 97
Profil Aktivitas Fisik Penderita Pra-Sarkopenia 98
Konsep Latihan Dalam Menghambat Progresivitas Sarkopenia 99
Program Latihan untuk Penderita Pra-Sarkopenia 101

Daftar Pustaka 105
Glosarium 117
Indeks 129



Daftar Gambar

Gambar 1.1 Sistem Otot Rangka 2
Gambar 1.2 Satu serabut otot dengan banyak myofibril. 3
Gambar 1.3 Otot rangka, tulang, dan sendi 4
Gambar 1.4 Gambar skematis sarkomer 7
Gambar 2.1 Tahapan perkembangan sel selama miogenesis. 13
Gambar 2.2 Perkembangan otot rangka pada fase embryonal. 17
Gambar 2.3 Tahapan Fusi dalam Miogenesis. 19
Gambar 2.4 Distribusi tipe sel otot rangka dan potensi fisik dalam olahraga. 20
Gambar 3.1 Alat pengukur kekuatan otot. 25
Gambar 3.2 Mekanisme Fusi pada Serat Otot Tipe II. 27
Gambar 3.3 Motor unit 29
Gambar 3.4 Motor unit besar dan kecil. 31
Gambar 3.5 Hubungan antara panjang otot dan kekuatan kontraksi otot 33
Gambar 3.6 Hubungan antara beban dan kecepatan kontraksi otot. 34
Gambar 4.1 Proses *Excitation – contraction coupling*. 37
Gambar 4.2 Sliding Filament Theory 39
Gambar 4.3 Hubungan *length-tension* dari sarkomer. 46
Gambar 5.1 Mekanisme aktivasi dan deaktivasi RhoA 59
Gambar 5.2 Mekanisme regulasi fiber typing otot rangka. 60
Gambar 5.3 Perubahan myofibril selama fusi pada otot rangka yang mengalami regenerasi. 62

Gambar 5.4 Korelasi antara ukuran fiber dengan ukuran dan besar stimulasi motorneuron menentukan besar kekuatan otot 64
Gambar 5.5 Pertumbuhan sel otot versus CSA pada regenerasi pasca cidera..... 64
Gambar 5.6 Pembentukan fibrosis pada inflamasi kronis melibatkan TGFβ..... 66
Gambar 5.7 Perubahan jaringan otot rangka karena pembentukan fibrosis 66
Gambar 5.8 Efek fibrosis pada jaringan otot rangka..... 67
Gambar 6.1 Patofisiologi sarkopenia. 74
Gambar 6.2 Algoritma Sarkopenia menurut AWGS 2019.....75
Gambar 7.1 *Life course model* sarkopenia 84
Gambar 7.2 Perubahan kadar IGF1 serum berdasarkan usia. 87
Gambar 7.3 Model MSTN/GH/IGF1..... 90
Gambar 7.4 Aksis HPG-Tfeb sebagai kontributor utama proses penuaan sel satelit.....92
Gambar 8.1 Perbandingan profil massa, kekuatan dan performa otot antara subjek dengan luaran energi tinggi versus yang ringan sampai dengan sedang. 98
Gambar 8.2 Prinsip latihan pembebanan pada otot. 100
Gambar 8.3 Ilustrasi program latihan resistan dengan 5 repetisi dengan rasio 1:1 selama 15 menit. 103
Gambar 8.4 Superkompensasi pada latihan resistan progresif. 104



Daftar Tabel

Tabel 1.1 Jenis otot, antagonisnya dan arah gerak otot.....6
Tabel 1.2 Jenis serat otot rangka.....9
Tabel 4.1 Perbandingan Jenis-jenis Kontraksi Otot Rangka.....40
Tabel 4.2 Perbandingan Jalur Bioenergetika Otot Rangka. 42
Tabel 4.3 Karakteristik Serat Otot Rangka Manusia.....44
Tabel 4.4 Faktor Fisiologis Penentu Kekuatan Otot. 45
Tabel 4.5 Perbandingan Metode Pengukuran Kekuatan Otot 48
Tabel 6.1 Nilai *Cut-off* Sarkopenia menurut AWGS 2019..... 77
Tabel 6.2 Karakteristik sarkopenia primer 78
Tabel 6.3 Karakteristik sarkopenia sekunder. 79



Glosarium

A

Abduktor (*Abductor*) **:** otot yang berfungsi menggerakkan anggota tubuh menjauh dari garis tengah tubuh.

Adduktor (*Adductor*): otot yang berfungsi menggerakkan anggota tubuh mendekati garis tengah tubuh.

Aksis GH/IGF-1 (*GH/IGF-1 Axis*): hubungan antara hormon pertumbuhan (*growth hormone*) dan *insulin-like growth factor-1* yang mengatur pertumbuhan, regenerasi, serta metabolisme otot.

Aksis HPG (*HPG Axis*): hubungan hormonal antara hipotalamus, hipofisis, dan gonad yang memengaruhi fungsi reproduksi serta pertumbuhan otot.

Aktin (*Actin*): protein filamen tipis dalam sarkomer yang berinteraksi dengan miosin untuk menghasilkan kontraksi otot.

Aktivasi Sel Satelit (*Satellite Cell Activation*): proses di mana sel punca otot yang dorman menjadi aktif untuk memperbaiki jaringan otot yang rusak.

Anabolik (*Anabolic*): proses metabolik yang membangun jaringan tubuh, seperti pembentukan protein otot.

Antioksidan (*Antioxidant*): senyawa yang melindungi sel dari kerusakan akibat radikal bebas.

Aponeurosis (*Aponeurosis*): jaringan ikat lebar dan datar yang menghubungkan otot dengan tulang atau jaringan lain.

Apoptosis (*Apoptosis*): kematian sel terprogram yang berperan dalam menjaga keseimbangan jaringan, namun berlebihan dapat mempercepat sarkopenia.

Asam Laktat (*Lactic Acid*): hasil metabolisme anaerob yang menumpuk saat otot bekerja keras dan dapat menyebabkan kelelahan otot.

ATP (*Adenosine Triphosphate*): molekul penyimpan energi utama yang digunakan dalam berbagai proses seluler, termasuk kontraksi otot.

Atrofi Otot (*Muscle Atrophy*): penurunan massa dan ukuran otot akibat inaktivitas, penyakit, atau penuaan.

Autofagi (*Autophagy*): proses daur ulang komponen sel yang rusak untuk mempertahankan fungsi sel otot.

B

***Body Movement* (Gerak Tubuh):** hasil koordinasi otot rangka, tulang, dan sistem saraf untuk menghasilkan gerakan.

D

Defisiensi Vitamin D (*Vitamin D Deficiency*): kekurangan vitamin D yang dapat menurunkan fungsi otot dan mempercepat kehilangan massa otot.

Degenerasi (*Degeneration*): proses penurunan fungsi dan struktur jaringan, termasuk otot, akibat usia atau stres seluler.

E

Eksitabilitas (*Excitability*): kemampuan otot atau sel saraf untuk merespons rangsangan.

Eksitasi-Kontraksi (*Excitation-Contraction Coupling*): mekanisme konversi sinyal listrik (impuls saraf) menjadi kontraksi otot melalui pelepasan ion kalsium.

Endomisium (*Endomysium*): lapisan jaringan ikat halus yang membungkus setiap serabut otot tunggal.

Energi Aerob (*Aerobic Energy*): energi yang dihasilkan dengan menggunakan oksigen melalui respirasi seluler di mitokondria.

Energi Anaerob (*Anaerobic Energy*): energi yang dihasilkan tanpa oksigen, cepat namun menghasilkan sedikit ATP dan menimbulkan asam laktat.

Enzim Oksidatif (*Oxidative Enzyme*): enzim yang berperan dalam metabolisme aerobik, seperti sitokrom oksidase dan dehidrogenase.

Epimisium (*Epimysium*): jaringan ikat terluar yang membungkus keseluruhan otot.

F

Faktor Pertumbuhan (*Growth Factors*): protein yang mengatur pembelahan, diferensiasi, dan perbaikan sel, termasuk IGF-1 dan FGF.

Fasikulus (*Fascicle*): sekelompok serabut otot yang dibungkus oleh perimisium.

Fatigue Otot (*Muscle Fatigue*): kondisi penurunan kemampuan otot untuk menghasilkan gaya akibat kelelahan metabolik atau saraf.

Fibrosis (*Fibrosis*): penggantian jaringan otot normal dengan jaringan ikat (fibrosa) yang mengurangi elastisitas dan kekuatan.

Fibrosis Otot (*Muscle Fibrosis*): pembentukan jaringan parut berlebih di dalam otot akibat cedera atau inflamasi kronis.

Fleksor (*Flexor*): otot yang berfungsi membengkokkan sendi atau memperkecil sudut antar tulang.

Fungsi Lokomotor (*Locomotor Function*): kemampuan tubuh untuk bergerak dari satu tempat ke tempat lain melalui aktivitas otot rangka.

Fusi Miofibril (*Myofibril Fusion*): proses penggabungan beberapa sel otot (*myoblast*) menjadi satu serat otot besar (*myotube* atau *myocyte*).

G

Gaya Eksentrik (*Eccentric Force*): gaya yang dihasilkan otot ketika memanjang untuk menahan beban, sering menyebabkan mikrocidera.

Gaya Konsentrik (*Concentric Force*): gaya yang dihasilkan otot saat memendek untuk mengangkat atau mendorong beban.

Glikogen (*Glycogen*): bentuk penyimpanan karbohidrat di otot dan hati, digunakan sebagai sumber energi utama saat kontraksi.

H

Hiperplasia (*Hyperplasia*): peningkatan jumlah serat otot, yang masih menjadi topik kontroversial dalam fisiologi otot.

Hipertrofi (*Hypertrophy*): peningkatan ukuran serat otot akibat latihan atau stimulasi fisik.

Hipoksia (*Hypoxia*): kondisi kekurangan oksigen pada jaringan yang dapat mengganggu fungsi otot dan metabolisme.

Homeostasis (*Homeostasis*): kondisi keseimbangan internal tubuh yang dipertahankan melalui mekanisme fisiologis.

Hormon Pertumbuhan (*Growth Hormone*): hormon yang merangsang pertumbuhan jaringan dan pembentukan protein otot.

I

IGF-1 (*Insulin-like Growth Factor-1*): hormon yang memediasi efek anabolik dari GH dan meningkatkan sintesis protein otot.

Inflamasi (*Inflammation*): respons alami tubuh terhadap kerusakan jaringan, infeksi, atau stres, ditandai dengan bengkak, panas, dan nyeri.

Inflamasi Kronis (*Chronic Inflammation*): peradangan jangka panjang yang dapat merusak jaringan otot dan mempercepat penuaan sel.

Insertio (*Insertion*): titik perlekatan otot pada tulang yang bergerak saat otot berkontraksi.

Isometrik (*Isometric*): jenis kontraksi otot di mana panjang otot tidak berubah meskipun menghasilkan gaya.

Isotonik (*Isotonic*): kontraksi otot di mana panjang otot berubah untuk menghasilkan gerakan (terdiri atas konsentrik dan eksentrik).

K

Kalsium (*Calcium*): ion penting yang memicu kontraksi otot dengan mengikat troponin.

Kekuatan Otot (*Muscle Strength*): kemampuan otot untuk menghasilkan gaya maksimal selama kontraksi.

Ketahanan Otot (*Muscular Endurance*): kemampuan otot untuk mempertahankan kontraksi berulang dalam waktu lama tanpa kelelahan.

Kontraksi Eksentrik (*Eccentric Contraction*): kontraksi otot saat otot memanjang sambil menahan beban.

Kontraksi Konsentrik (*Concentric Contraction*): kontraksi otot saat otot memendek untuk menghasilkan gaya.

Kontraktilitas (*Contractility*): kemampuan otot untuk memendek dan menghasilkan gaya ketika dirangsang.

L

Latihan Aerobik (*Aerobic Exercise*): latihan yang melibatkan aktivitas berkelanjutan dengan penggunaan oksigen, seperti berjalan dan berlari.

Latihan Resistensi (*Resistance Training*): jenis latihan yang menggunakan beban untuk menstimulasi hipertrofi dan kekuatan otot.

Ligamen (*Ligament*): jaringan ikat yang menghubungkan tulang dengan tulang untuk menstabilkan sendi.

M

Massa Otot (*Muscle Mass*): jumlah total jaringan otot dalam tubuh, yang memengaruhi kekuatan dan metabolisme.

Massa Tanpa Lemak (*Fat-Free Mass*): total berat badan dikurangi lemak tubuh, termasuk otot, tulang, dan air tubuh.

Mioblas (*Myoblast*): sel punca otot yang berproliferasi dan berdiferensiasi menjadi serat otot.

Miofibril (*Myofibril*): struktur panjang di dalam serabut otot yang terdiri atas susunan sarkomer berulang.

Miogenesis (*Myogenesis*): proses pembentukan otot dari sel punca hingga menjadi serat otot dewasa.

Miogenik (*Myogenic*): bersifat berasal dari atau berhubungan dengan jaringan otot.

Mioglobin (*Myoglobin*): protein pengikat oksigen dalam sel otot yang berfungsi menyimpan dan menyalurkan oksigen untuk metabolisme aerobik.

Miosin (*Myosin*): protein filamen tebal dalam sarkomer yang berperan dalam pembentukan gaya kontraksi otot.

Miotube (*Myotube*): struktur sementara hasil fusi *myoblast* sebelum menjadi serat otot dewasa (*myocyte*).

Mitofagi (*Mitophagy*): proses pembersihan mitokondria yang rusak agar fungsi sel tetap optimal.

Mitokondria (*Mitochondria*): organel penghasil energi (ATP) melalui proses respirasi aerobik di dalam sel.

Motor Unit (*Motor Unit*): satu neuron motorik beserta semua serat otot yang dikendalikannya.

Motorneuron: sel saraf yang mengirimkan sinyal dari sistem saraf pusat ke otot untuk memicu kontraksi.

MyHC (*Myosin Heavy Chain*): protein utama pada filamen tebal yang menentukan tipe serabut otot dan kecepatannya berkontraksi.

Myostatin: protein penghambat pertumbuhan otot yang mengatur ukuran dan massa otot.

***Myotube*:** tahap awal pembentukan serat otot hasil fusi *myoblast*, sebelum menjadi *myocyte* dewasa.

O

Origo (*Origin*): titik perlekatan otot pada tulang yang relatif tidak bergerak saat otot berkontraksi.

Otot Jantung (*Cardiac Muscle*): otot lurik yang bekerja involunter dan menyusun dinding jantung.

Otot Polos (*Smooth Muscle*): otot involunter yang terdapat pada organ dalam seperti usus dan pembuluh darah.

Otot Rangka (*Skeletal Muscle*): otot lurik yang dikendalikan secara sadar dan melekat pada rangka tubuh untuk menghasilkan gerakan.

***Oxidative Capacity* (Kapasitas Oksidatif):** kemampuan otot untuk menghasilkan energi melalui jalur aerobik.

P

Patofisiologi (*Pathophysiology*): studi tentang perubahan fungsi tubuh akibat penyakit.

Pax3/Pax7: gen yang mengatur perkembangan dan diferensiasi sel punca otot (sel satelit).

Penuaan (*Aging*): proses biologis yang menyebabkan penurunan fungsi jaringan termasuk otot.

Performa Otot (*Muscle Performance*): kombinasi kekuatan, ketahanan, dan kecepatan otot dalam melakukan kerja fisik.

Perimisium (*Perimysium*): lapisan jaringan ikat yang membungkus sekelompok serabut otot (*fascicle*).

Pra-Sarkopenia (*Pre-Sarcopenia*): tahap awal kehilangan massa otot tanpa disertai penurunan fungsi yang nyata.

Progresivitas (*Progressivity*): sifat kondisi yang memburuk atau meningkat seiring waktu, seperti pada sarkopenia.

Proliferasi (*Proliferation*): proses pembelahan dan perbanyakan jumlah sel.

Protein Degradasi (*Protein Degradation*): pemecahan protein otot yang berlebihan dapat menyebabkan penurunan massa otot.

Protein Kontraktil (*Contractile Proteins*): protein seperti aktin dan miosin yang memungkinkan otot untuk berkontraksi.

R

Regenerasi Otot (*Muscle Regeneration*): proses perbaikan dan pembentukan ulang serat otot setelah cedera.

Regulasi Otot (*Muscle Regulation*): pengendalian pertumbuhan dan kontraksi otot melalui sinyal hormonal dan genetik.

Resistensi Insulin (*Insulin Resistance*): kondisi di mana sel tubuh kurang responsif terhadap insulin, sering berkaitan dengan kehilangan massa otot.

Retikulum Sarkoplasma (*Sarcoplasmic Reticulum*): sistem membran di dalam sel otot yang menyimpan dan melepaskan ion kalsium untuk kontraksi.

RhoA: protein GTPase yang mengatur proliferasi dan diferensiasi *myoblast* selama miogenesis.

S

Sarkolema (*Sarcolemma*): membran plasma yang membungkus setiap serabut otot.

Sarkomer (*Sarcomere*): unit fungsional terkecil otot tempat terjadinya kontraksi.

Sarkopenia (*Sarcopenia*): kondisi kehilangan massa, kekuatan, dan fungsi otot secara progresif, biasanya terkait usia atau inaktivitas.

Sarkoplasma (*Sarcoplasm*): cairan di dalam serabut otot yang mengandung organel, enzim, dan cadangan energi.

Sel Satelit (*Satellite Cell*): sel punca otot dewasa yang berperan dalam perbaikan dan regenerasi otot.

Serabut Otot (*Muscle Fiber*): sel otot panjang berbentuk silindris yang menjadi unit dasar otot rangka.

Serat Glikolitik Cepat (*Fast Glycolytic Fiber, Type IIb*): serat otot yang berkontraksi cepat namun mudah lelah.

Serat Oksidatif Cepat (*Fast Oxidative Fiber, Type IIa*): serat otot yang memiliki kombinasi kecepatan tinggi dan ketahanan sedang.

Serat Oksidatif Lambat (*Slow Oxidative Fiber, Type I*): serat otot yang berkontraksi lambat namun tahan terhadap kelelahan.

***Silent Disease*:** istilah untuk penyakit yang berkembang tanpa gejala jelas, seperti sarkopenia pada usia muda.

Sitokin (*Cytokine*): molekul sinyal sistem imun yang mengatur proses inflamasi dan regenerasi jaringan otot.

Stres Oksidatif (*Oxidative Stress*): ketidakseimbangan antara produksi radikal bebas dan kapasitas antioksidan tubuh.

Superkompensasi (*Supercompensation*): peningkatan performa otot setelah fase pemulihan dari latihan intensif.

T

Tendon (*Tendon*): jaringan ikat kuat yang menghubungkan otot dengan tulang.

TGF-β (*Transforming Growth Factor Beta*): protein yang terlibat dalam pembentukan fibrosis dan penghambatan regenerasi otot.

Tonus Otot (*Muscle Tone*): ketegangan ringan pada otot yang dipertahankan bahkan saat istirahat.

***Training Adaptation* (Adaptasi Latihan):** perubahan fisiologis tubuh terhadap latihan yang meningkatkan kekuatan dan kapasitas otot.

Tropomiosin (*Tropomyosin*): protein yang menutupi situs aktif aktin saat otot dalam keadaan istirahat.

Troponin (*Troponin*): kompleks protein yang mengatur posisi tropomiosin dan mengontrol kontraksi otot melalui kalsium.

U

Ubiquitin–Proteasome Pathway: jalur degradasi protein yang berperan dalam pemecahan protein otot saat atrofik.

Y

Youth Sarkopenia (*Youth Sarcopenia*): kondisi kehilangan massa dan kekuatan otot yang terjadi pada usia muda akibat faktor gaya hidup, hormonal, atau stres.



Indeks

A

Abduktor 117
Adduktor 117
Aerob 119
Aksis 117
Aktin 118
Aktivasi Sel Satelit 118
Anabolik 118
Anaerob 119
Antioksidan 118
Aponeurosis 118
Apoptosis 118
Asam Laktat 118
ATP 118
Atrofi Otot 118
Autofagi 118

B

Body Movement 118

C

Calcium 121

D

Defisiensi Vitamin D 119
Degenerasi 119

E

Eksentrik 120
Eksitabilitas 119
Eksitasi 119

Endomisium 119
Enzim Oksidatif 119
Epimisium 119

F

Faktor Pertumbuhan 119
Fasikulus 120
Fatigue Otot 120
Fibrosis 120
Fibrosis Otot 120
Fleksor 120
Fusi Miofibril 120

G

GH 19, 61, 65, 73, 79, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 100, 115, 117, 121
Glikogen 120

H

Hiperplasia 120
Hipertrofi 120
Hipoksia 121
Homeostasis 121
Hormon Pertumbuhan 121

I

IGF-1 59, 61, 72, 73, 94, 95, 100, 115, 117, 119, 121
Inflamasi 121
Insertio 121
Isometrik 121
Isotonik 121

K

Kalsium 121
Konsentrik 120
Kontraksi 119
Kontraktilitas 122

L

Ligamen 122
Lokomotor 120

M

Massa Otot 122
Massa Tanpa Lemak 122
Mioblas 122
Miofibril 122
Miogenesis 122
Miogenik 123
Mioglobin 123
Miosin 123
Miotube 123
Mitofagi 123
Mitokondria 123
Motorneuron 123
Motor Unit 123
MyHC 123
Myostatin 123
Myotube 123

O

Origo 123
Otot Jantung 124
Otot Polos 124
Otot Rangka 124
Oxidative Capacity 124

P

Patofisiologi 124
Penuaan 124
Perimisium 124
Pra-Sarkopenia 124

Progresivitas 124
Proliferasi 124
Protein Degradasi 125
Protein Kontraktil 125

R

Regenerasi Otot 125
Regulasi Otot 125
Resistensi 122
Resistensi Insulin 125
Retikulum Sarkoplasma 125
RhoA 125

S

Sarkolema 125
Sarkomer 125
Sarkopenia 125
Sarkoplasma 125
Sel Satelit 126
Serabut Otot 126
Serat Glikolitik Cepat 126
Serat Oksidatif Cepat 126
Serat Oksidatif Lambat 126
Sitokin 21, 56, 58, 126
Stres Oksidatif 126
Superkompensasi 126

T

Tendon 126
TGF-β 126
Tonus Otot 126
Training Adaptation 127
Tropomiosin 127
Troponin 127

U

Ubiquitin 106, 110, 127

Y

Youth Sarkopenia 127

Biografi Penulis



Bambang Purwanto

Guru Besar Ilmu Faal Universitas Airlangga. Telah berkarier sebagai Dosen Ilmu Kedokteran, Fisiologi, Kesehatan Olahraga dan Fisika Medik sejak 2005. Membimbing mahasiswa S-1, S-2 dan S-3 dalam bidang Kedokteran, Keperawatan, Gizi, dan Olahraga. Memiliki keminatan terhadap Kajian Fisiologi Otot Rangka. Saat ini bersama tim riset, sedang meneliti fenomena sarkopenia di usia muda.



Irfiansyah Irwadi

Dosen Ilmu Faal Universitas Airlangga sejak tahun 2019. Memiliki minat terhadap bidang ilmu Fisiologi Olahraga. Saat ini sedang menempuh pendidikan S-3 Ilmu Kedokteran di Universitas Airlangga.



Sundari Indah Wiyasihati

Adalah dosen di Fakultas Kedokteran, Universitas Airlangga sejak tahun 2010. Mengajar mata kuliah Fisiologi Kedokteran dan Fisiologi Manusia di berbagai program studi di bidang kesehatan. Memiliki keminatan mendalam terhadap fisiologi endokrin, reproduksi, dan tumbuh kembang. Konselor menyusui dalam pengabdian kepada masyarakat dan telah menerbitkan buku terkait ASI dan menyusui. Saat ini tengah menempuh studi lanjut di S-3 Ilmu Kedokteran dan meneliti fenomena sarkopenia pada usia muda.



Eka Arum Cahyaning Putri

Adalah wanita kelahiran tahun 1991 di Surabaya, Jawa Timur. Ia lulus pendidikan kedokteran dan menjadi dokter umum pada tahun 2014 serta melanjutkan studi S-2 Ilmu Kesehatan Olahraga pada tahun 2019. Ia menjadi wisudawan terbaik tingkat pascasarjana Universitas Airlangga periode Juni 2021. Selepas lulus S-2, ia mulai berkarier menjadi dosen bidang fisiologi di Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga dan telah memiliki beberapa karya penelitian, artikel ilmiah, serta pengabdian masyarakat. Ia dapat dihubungi melalui alamat email: eka-arum-cp@fk.unair.ac.id



Misbakhul Munir

Penulis lahir pada tanggal 5 Desember 1990 di Kabupaten Tulungagung. Penulis menempuh pendidikan di SDN Plosokandang 1 (1997-2003), SMPN1 Tulungagung (2003–2006), dan SMAN 1 Boyolangu, Tulungagung (2006-2009). Penulis melanjutkan studinya di S-1 Pendidikan Dokter, Fakultas Kedokteran, Universitas Airlangga, dan kemudian di S-2 Ilmu Kesehatan Olahraga, Fakultas Kedokteran, Universitas Airlangga. Bidang minat penulis adalah fisiologi dan fisiologi olahraga. Saat ini, penulis bekerja sebagai dosen di Departemen Ilmu Faal dan Biokimia Fakultas Kedokteran, Universitas Airlangga, Surabaya. Penulis dapat dihubungi melalui surat elektronik misbakhulmunir@fk.unair.ac.id



Raden Roro Shinta Arisanti

Dosen Fisiologi Universitas Ciputra Surabaya, membimbing mahasiswa S-1 dalam bidang kedokteran. Memiliki keminatan dalam kedokteran dan kesehatan olahraga, antiaging melalui olahraga, serta fisiologi otot rangka. Saat ini sedang meneliti fenomena sarkopenia pada populasi remaja.



Annisa Fitria A.

Memperoleh gelar Sarjana Biologi dari Universitas Airlangga. Saat ini ia menempuh pendidikan Magister Ilmu Kedokteran Dasar dengan bidang minat Ilmu Faal di Universitas yang sama. Saat ini ia tengah meneliti peran stres oksidatif pada kondisi pra-sarkopenia usia dewasa muda melalui analisis kadar MDA dan aktivitas SOD.

SARKOPENIA

Saat Otot Kehilangan Massa dan Kekuatan

Sarkopenia pada usia muda menjadi perhatian penting yang tak boleh terlewatkan oleh masyarakat pada umumnya dan pemangku kebijakan kesehatan sebagai representasi pemerintah dalam kehidupan bermasyarakat. Otot rangka memiliki bentuk dan ukuran yang berbeda-beda, tetapi struktur utama sel otot rangka secara garis besar adalah sama. Otot rangka adalah organ terbanyak di dalam tubuh dengan sebaran terluas. Bagi sebagian masyarakat Indonesia, berbicara mengenai kesehatan otot masih sangat jarang, sehingga informasi dan data kesehatan otot tidak menggambarkan persoalan yang sesungguhnya sesuai dengan fakta di lapangan. Data prevalensi youth sarcopenia masih sangat terbatas. Hal ini disebabkan masih kurangnya skrining yang dilakukan serta belum adanya konsensus mengenai definisi maupun algoritma diagnostik yang spesifik untuk populasi usia muda. Walaupun demikian, beberapa studi telah melaporkan adanya fenomena ini di berbagai belahan dunia. Melalui buku ini, masyarakat diajak oleh penulis, sebagai pemerhati youth sarcopenia berdasarkan hasil observasi dan uji coba, untuk mengenal lebih dekat tentang kesehatan otot sebagai bagian dari pencegahan youth sarcopenia. Lebih lanjut lagi, buku ini menjelaskan tentang program latihan yang dapat diaplikasikan oleh penderita pra-sarkopenia sebagai salah satu upaya mencegah kejadian sarkopenia di usia muda.

Airlangga University Press

ISBN 978-634-7497-48-2