

BAB II

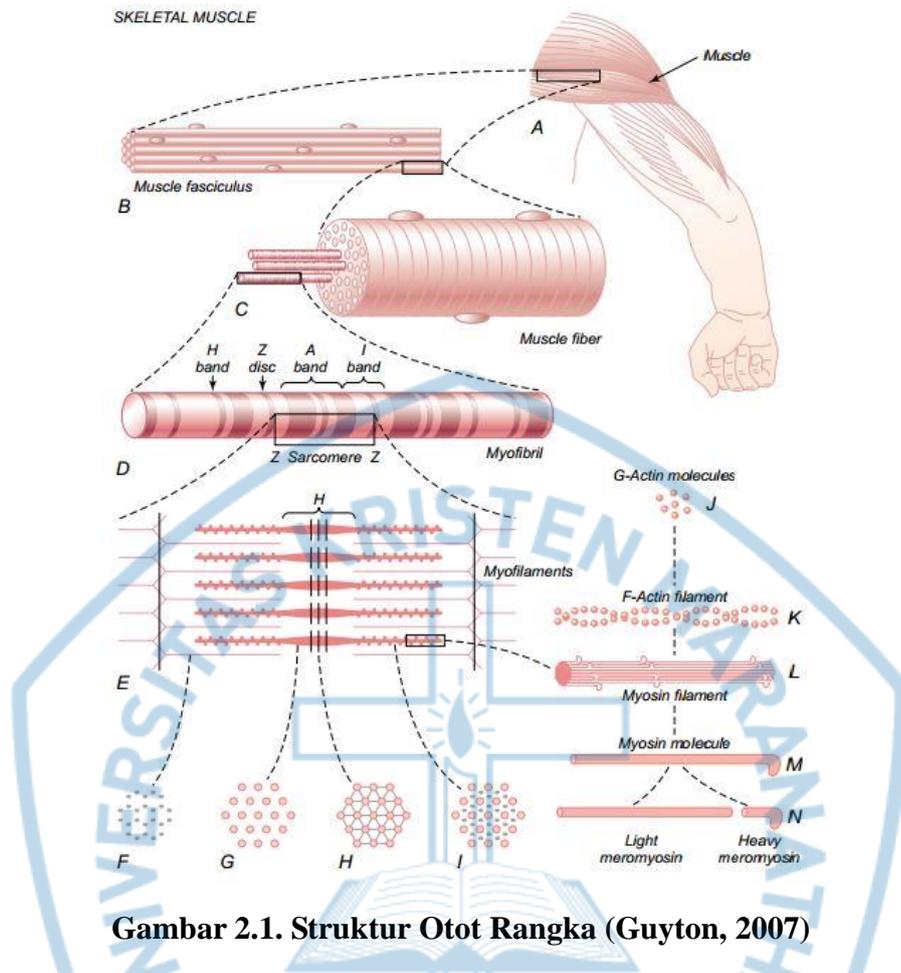
TINJAUAN PUSTAKA

Orang yang mampu mempertahankan agar tubuhnya tetap bugar dapat memperpanjang dan meningkatkan kualitas hidup. Beberapa cara untuk mempertahankan kebugaran adalah dengan menjaga pola makan, olahraga teratur, dan menetapkan pola hidup sehat. Sebuah penelitian menunjukkan bahwa antara usia 50 -70 tahun terjadi penurunan kematian tiga kali lipat pada orang yang bugar daripada yang tidak terlalu bugar (Guyton, 2007).

2.1. Anatomi dan Histologi Serabut Otot Rangka

Otot merupakan kelompok jaringan terbesar yang membentuk tubuh. Otot rangka membentuk sekitar 40% berat tubuh pada pria dan 32% pada wanita, dengan otot polos dan otot jantung membentuk 10% berat lainnya. Berdasarkan struktur dan fungsinya, otot dibedakan menjadi tiga jenis yaitu otot rangka, otot polos, dan otot jantung. Otot rangka atau disebut juga otot lurik bersifat volunter dan berfungsi untuk pergerakan tubuh relatif. Otot polos bersifat involunter, berbentuk gelendong, dan berfungsi untuk pergerakan isi organ berongga. Otot jantung bersifat involunter, tampak lurik dengan adanya khas serat-serat otot jantung disatukan dalam suatu anyaman bercabang. Otot jantung berfungsi khusus untuk memompa darah keluar jantung (Sherwood, 2012).

Otot rangka berukuran relatif besar dengan bentuk silindris, dengan ukuran garis tengah berkisar dari 10 hingga 100 μm dan panjang hingga 750.000 μm . Otot rangka terdiri dari serat-serat otot yang tersusun sejajar satu sama lain dan terbentang di keseluruhan panjang otot. Serat-serat otot dipersatukan oleh jaringan ikat (Sherwood, 2012).



Gambar 2.1. Struktur Otot Rangka (Guyton, 2007)

Serat otot rangka mengandung banyak struktur intrasel berbentuk silindris dengan diameter 1 μm yang memanjang ke keseluruhan panjang serat otot disebut miofibril. Miofibril membentuk 80% volume serat otot. Miofibril terdiri dari susunan teratur mikrofilamen sitoskeleton, yaitu filamen tebal dan filamen tipis. Filamen tebal bergaris tengah 12 sampai 18 nm dan panjang 1,6 μm yang terdiri dari protein miosin. Filamen tipis mempunyai garis tengah 5 hingga 8 nm dan panjang 1 μm , terdiri dari tiga protein yaitu aktin, tropomiosin, dan troponin dengan aktin sebagai protein utama. Melalui mikroskop elektron, sebuah miofibril memperlihatkan pita gelap (pita A) dan pita terang (pita I) secara bergantian. Pita A dibentuk oleh tumpukan filamen tebal dengan sebagian filamen tipis yang tumpang-tindih di kedua ujung filamen tebal. Filamen tebal hanya terdapat di pita A dan terbentang di seluruh lebarnya. Daerah yang lebih terang di tengah pita A,

tempat yang tidak dicapai oleh filamen tipis adalah zona H. Bagian tengah zona H terdapat garis M, yaitu protein-protein penunjang yang menahan filamen-filamen tebal vertikal di dalam setiap tumpukan. Pita I terdiri dari bagian filamen tipis yang tidak menjulur ke dalam pita A dan terlihat garis Z di bagian tengah pita tersebut. Daerah antara dua garis Z disebut sarkomer, yaitu unit fungsional otot rangka. Dengan mikroskop elektron, terlihat adanya jembatan silang halus yang terbentang dari masing-masing filamen tebal menuju filamen tipis sekitar di tempat filamen tebal dan filamen tipis bertumpang tindih. Jembatan silang ini berperan dalam mekanisme kontraksi (Sherwood, 2012).

2.2. Fisiologi Kontraksi Otot

Kontraksi otot disebabkan karena adanya interaksi jembatan silang antara aktin dan miosin melalui mekanisme pergeseran filamen. Sewaktu kontraksi, filamen tipis di kedua sisi sarkomer bergeser ke arah dalam terhadap filamen tebal yang diam menuju ke pusat pita A. Saat bergeser, filamen tipis menarik garis-garis Z sehingga sarkomer memendek, menyebabkan seluruh serat otot memendek. Sewaktu kontraksi jembatan silang miosin dapat berikatan dengan molekul aktin sekitar, disebabkan adanya pergeseran tropomiosin dan troponin oleh Ca^{2+} . Dua kepala miosin di masing-masing molekul miosin bekerja secara independen, dengan satu kepala yang melekat ke aktin pada suatu saat. Ketika tempat perlekatan dengan aktin terpajan, molekul miosin pada ekor menekuk untuk memudahkan pengikatan kepala miosin dengan molekul aktin yang terdekat. Pada pengikatan, kepala miosin menekuk 45° ke arah dalam, menarik filamen tipis ke pusat sarkomer. Mekanisme ini disebut dengan kayuhan kuat jembatan silang (Sherwood, 2012).

Pada akhir satu siklus jembatan silang, ikatan antara jembatan silang miosin dan molekul aktin terputus. Jembatan silang kembali ke bentuk semula dan berikatan dengan molekul aktin berikutnya di belakang aktin pertama. Jembatan silang kembali menekuk ke arah dalam untuk menarik filamen tipis lebih jauh, kemudian terlepas dan mengulangi siklus (Sherwood, 2012).

Kontraksi otot rangka dirangsang oleh adanya pelepasan asetilkolin (ACh) di *neuromuscular junction* antara terminal neuron motorik dan serat otot. Pengikatan ACh dengan *end-plate motoric* suatu serat otot menyebabkan perubahan permeabilitas di serat otot dan menghasilkan potensial aksi yang dihantarkan ke seluruh permukaan membran sel otot. Terdapat dua struktur dalam serat otot yang berperan penting dalam proses eksitasi dan kontraksi, yaitu tubulus transversus (tubulus T) dan retikulum sarkoplasma (Sherwood, 2012).

Di setiap pertemuan antara pita A dan pita I, membran permukaan masuk ke dalam serat otot membentuk tubulus T. Tubulus ini berjalan tegak lurus dari permukaan membran sel otot ke dalam bagian tengah serat otot. Potensial aksi di membran permukaan menyebar turun menelusuri tubulus T, menyalurkan aktivitas listrik permukaan ke bagian tengah serat dengan cepat. Potensial aksi lokal di tubulus T memicu perubahan permeabilitas di retikulum endoplasma. Retikulum endoplasma yang sudah dimodifikasi disebut dengan retikulum sarkoplasma. Retikulum sarkoplasma mengelilingi miofibril di seluruh panjangnya namun tidak kontinu. Ujung dari segmen retikulum sarkoplasma membentuk kantong, disebut *saccus lateralis*. *Saccus* ini mengandung Ca^{2+} , sehingga penyebaran potensial aksi pada tubulus T akan memicu pelepasan Ca^{2+} dari retikulum sarkoplasma di dekatnya masuk ke sitosol. Adanya susunan *foot protein* yang membentang di antara tubulus T dan retikulum sarkoplasma berfungsi sebagai kanal pelepasan ion Ca^{2+} . Pada jembatan silang miosin terdapat tempat untuk ATP-ase yang berfungsi untuk menghasilkan miosin berenergi tinggi. Ketika serat otot mengalami eksitasi, Ca^{2+} menarik kompleks troponin-tropomiosin hingga berikatan dengan molekul aktin. Kontak miosin-aktin menyebabkan pengikatan dan menghasilkan kayuhan kuat (Sherwood, 2012).

Otot rangka memiliki tiga jenis serat yang berbeda berdasarkan kemampuan dalam hidrolisis dan sintesis ATP yaitu serat oksidatif lambat (tipe I), serat oksidatif cepat (tipe IIa), dan serat glikolitik cepat (tipe IIx). Serat cepat memiliki aktivitas miosin ATP-ase (pengurai ATP) yang lebih cepat daripada yang dimiliki serat lambat. Semakin tinggi aktivitas ATP-ase maka semakin cepat ATP terurai dan terbentuk menjadi energi untuk siklus jembatan silang. Tipe serat oksidatif

dan glikolisis dibedakan berdasarkan kemampuannya untuk membentuk ATP. Pembentukan ATP bisa terjadi melalui fosforilasi oksidatif dan glikolisis anaerob. Serat yang melakukan fosforilasi oksidatif menghasilkan lebih banyak ATP sehingga lebih resisten terhadap kelelahan dibanding serat glikolitik. Serat oksidatif kaya akan kapiler dan mioglobin sehingga menimbulkan warna merah. Serat oksidatif disebut juga serat merah. Serat glikolitik disebut serat putih karena mengandung sedikit mioglobin. Persentase tiap-tiap tipe terutama ditentukan oleh jenis aktivitas yang khusus dilakukan untuk otot yang bersangkutan. Selain itu, persentasi tipe serat otot juga berbeda tiap individu (Sherwood, 2012).

2.3. Latihan Fisik

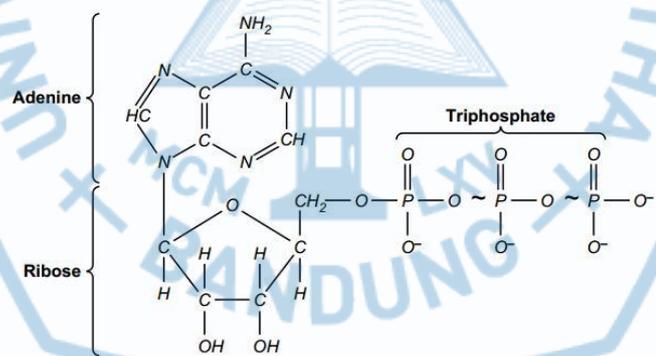
Latihan fisik berat merupakan aktivitas fisik yang menyebabkan adanya perubahan pada tubuh secara fisiologis seperti metabolisme dan hormon. Fisiologi olahraga antara atlet pria dan wanita tidak menunjukkan adanya perbedaan, hanya terdapat perbedaan kuantitatif yang disebabkan karena perbedaan ukuran tubuh, komposisi tubuh, dan ada tidaknya hormon seks pria testosteron. Testosteron yang disekresi oleh testis memiliki efek anabolik yang kuat terhadap peningkatan pengendapan protein di setiap tempat dalam tubuh terutama di dalam otot. Sedangkan hormon estrogen akan meningkatkan penimbunan lemak pada wanita terutama pada payudara, paha, dan jaringan subkutan (Guyton, 2007).

Terdapat tiga komponen aktivitas otot dalam melakukan latihan fisik yaitu kekuatan, daya, dan ketahanan otot. Kekuatan sebuah otot ditentukan terutama oleh ukurannya dengan suatu daya kontraktibilitas maksimum antara 3-4 kg/cm² pada satu daerah potongan melintang otot. Pada manusia yang melakukan latihan kerja sehingga ototnya membesar maka kekuatan ototnya akan bertambah juga. Kekuatan yang mempertahankan otot kira-kira 40% lebih besar dari kekuatan kontraksi, sehingga diperlukan gaya 40% lebih besar untuk meregangkan otot tersebut. Daya kontraksi otot merupakan suatu pengukuran dari jumlah total kerja yang dilakukan oleh otot dalam satuan waktu. Daya ditentukan tidak hanya oleh kekuatan kontraksi otot tetapi juga oleh jarak kontraksi otot dan jumlah otot yang

berkontraksi tiap menit. Daya otot diukur dalam satuan kg-m per menit. Daya otot yang besar memungkinkan seseorang dapat berlari *sprint* dengan jarak 100 m dalam waktu 10 detik pertama, sedangkan untuk perlombaan ketahanan jangka panjang seperti lari *marathon*, daya yang dikeluarkan otot hanya satu perempat lebih besar daripada saat awal kontraksi. Pengukuran lain untuk latihan otot adalah ketahanan. Ketahanan dapat dipengaruhi nutrisi. Seseorang makan tinggi karbohidrat menyimpan lebih banyak glikogen dalam otot sebelum latihan dibanding orang yang makan tinggi lemak (Guyton, 2007).

2.4. Sumber Energi Kontraksi Otot

Sistem metabolik otot dalam latihan dibagi menjadi tiga, yaitu sistem fosfokreatin-kreatin, sistem glikogen-asam laktat, dan sistem aerobik. Sumber energi untuk kontraksi otot adalah adenosine trifosfat (ATP) yang memiliki struktur dasar seperti pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Struktur ATP (Murray, 2009)

Ikatan yang melekatkan dua fosfat radikal terakhir pada molekul yang dilambangkan dengan simbol “ ~ “ merupakan ikatan fosfat berenergi tinggi. Setiap ikatan ini mengandung 7300 kalori energi per mol ATP di bawah kondisi standar. Oleh karena itu bila satu ikatan fosfat dipindahkan, akan dilepaskan lebih dari 7300 kalori untuk melakukan kontraksi otot. Perpindahan fosfat pertama akan mengubah ATP menjadi adenosine difosfat (ADP), perpindahan fosfat kedua akan

mengubah ADP menjadi adenosine monofosfat (AMP). Jumlah ATP yang terdapat di dalam otot hanya cukup untuk mempertahankan daya otot yang maksimal kira-kira tiga detik, sehingga ATP penting dibentuk terus menerus (Guyton, 2007).

Latihan fisik dapat menyebabkan adanya perubahan pada otot rangka, bergantung dari jenis latihan fisik yang dilakukan. Latihan fisik yang mementingkan kekuatan otot akan menyebabkan adanya peningkatan ukuran (hipertrofi) dan bisa juga peningkatan jumlah serabut (hiperplasia). Sebaliknya pada latihan ketahanan otot (*endurance*) akan meningkatkan kemampuan oksidatif otot dengan adanya peningkatan jumlah mitokondria. Latihan fisik juga mempengaruhi persentase tipe serat otot pada seseorang. Pada atlet *sprint*, mempunyai serat otot cepat dalam persentase yang besar, sedangkan atlet yang mementingkan ketahanan otot akan mempunyai serat otot lambat lebih banyak dibanding serat otot cepat. Menurut penelitian, latihan ketahanan mempengaruhi perubahan serat otot cepat menjadi serat otot lambat. Awalnya serat otot tipe IIx akan berubah menjadi tipe IIa. Apabila latihan dilakukan dalam jangka panjang, lama kelamaan serat otot tipe IIa akan dikonversikan ke serat otot tipe I (Powers, 2007).

2.5. Daya Tahan Otot dan Kelelahan Otot

Daya tahan otot adalah kapasitas otot untuk melakukan kontraksi secara terus-menerus pada tingkat intensitas submaksimal (Widiastuti, 2015). Terdapat pula definisi lain yaitu daya tahan otot (*endurance*) merupakan kemampuan otot untuk berkontraksi beberapa kali atau menahan sekali kontraksi dalam jangka waktu lama tanpa mengalami kelelahan otot. Faktor yang mempengaruhi daya tahan otot adalah nutrisi terutama kandungan glikogen yang tersimpan dalam otot sebelum latihan. Konsumsi tinggi karbohidrat akan menyimpan lebih banyak glikogen dibandingkan dengan konsumsi tinggi lemak. Selama awal latihan lemak juga digunakan sebagai energi dalam bentuk asam lemak dan asetoasetat yang akan lebih dibutuhkan saat cadangan glikogen otot hampir habis (Guyton, 2007). Faktor lain yang mempengaruhi adalah jumlah mitokondria, jenis serat dan jumlah

serat, sistem kardiovaskuler, dan *heat load*. Peningkatan jumlah mitokondria berhubungan dengan peningkatan enzim yang terlibat dalam metabolisme oksidatif (siklus Krebs, siklus asam lemak, dan transport elektron). Perubahan juga terjadi pada “*shuttle system*” dengan adanya perpindahan NADH yang dihasilkan dalam glikolisis dari sitoplasma ke mitokondria yang digunakan dalam transpor elektron untuk produksi ATP. Jenis dan jumlah serat otot mempengaruhi ketahanan otot dimana serat otot tipe II akan menghasilkan energi yang banyak dalam waktu yang singkat. Sistem kardiovaskuler juga berperan dalam ketahanan otot. *Stroke volume* maksimal akan mempengaruhi *cardiac output* yang akhirnya akan menentukan jumlah VO_{2max} seseorang. Ketahanan aerobik juga dipengaruhi oleh hemoglobin (Hb) yang berfungsi mengikat O_2 dalam darah. *Heat load* akan membutuhkan sebagian dari sistem kardiovaskuler pada kecepatan lari. Ada bukti bahwa pada suhu tertentu, saat beraktivitas fisik bisa membuat kelelahan melalui penurunan impuls saraf yang menggerakkan otot rangka (Powers, 2007).

Faktor yang mempengaruhi ketahanan otot berbeda berdasarkan tipe ketahanan otot. Ketahanan otot jangka pendek bergantung pada serat tipe IIX yang dapat menghasilkan energi banyak melalui proses anaerob. Ketahanan otot jangka panjang membutuhkan sistem kardiovaskuler yang dapat menghantarkan O_2 dalam jumlah banyak ke serat otot yang mengandung banyak mitokondria (Powers, 2007).

Apabila proses kontraksi dan metabolisme serabut-serabut otot sudah tidak mampu untuk terus memberikan hasil kerja yang sama, hal ini yang disebut dengan kelelahan otot (Guyton, 2007).

2.6. Tes Ketahanan (*Endurance*)

Tes berjalan atau tes lari sering digunakan untuk mengukur ketahanan otot, ini disebabkan karena tes ini dapat dipakai untuk semua kelompok umur, berbagai tingkatan kebugaran tubuh, dapat dilakukan sekaligus untuk kelompok besar, dan terutama karena tes ini mudah dilakukan (Balke, 1963).

Salah satu faktor yang menyebabkan kesalahan dari tes ini adalah karena tes ini membutuhkan kecepatan yg baik. Untuk mengurangi kesalahan karena faktor tersebut, instruktur dapat melakukan beberapa upaya antara lain memberi penjelasan pada peserta pentingnya melakukan tes dengan usaha yang maksimal, melakukan tes percobaan satu minggu sebelum tes yang sebenarnya, dan menyemangati peserta (Balke, 1963).

Salah satu tes kebugaran yang dilakukan adalah tes Balke. Cara kerja tes ini yaitu peserta berlari selama 15 menit dan jumlah jarak yang ditempuh akan dicatat. Berjalan diperbolehkan namun peserta tetap diharapkan untuk tetap berupaya semaksimal mungkin. Tes Balke sudah dilakukan sejak dahulu sehingga terdapat beberapa modifikasi, contohnya *Balke treadmill test*. Peserta berjalan di atas *treadmill* pada kecepatan tertentu yang konstan, kemudian pemeriksa mengukur waktu dari mulai tes hingga peserta sudah tidak mampu lagi untuk melanjutkan tes (Hanson, 1984).

2.7. Cairan Tubuh

Homeostasis merupakan pemeliharaan aneka kondisi yang hampir selalu konstan di dalam tubuh, dengan bagian yang penting adalah mempertahankan volume cairan tubuh agar relatif konstan dan komposisinya tetap stabil. Kestabilan cairan tubuh yang relatif disebabkan karena adanya pertukaran cairan dan zat terlarut yang terus menerus dengan lingkungan eksternal, dan dalam berbagai kompartemen tubuh lainnya. Asupan cairan yang sangat bervariasi harus disesuaikan dengan pengeluaran yang sebanding dari tubuh, untuk mencegah adanya penurunan atau peningkatan volume cairan tubuh (Guyton, 2007).

Asupan cairan yang masuk ke dalam tubuh manusia terjadi melalui dua sumber utama yaitu melalui cairan dalam makanan (normalnya menambah cairan tubuh sekitar 2100 mL/hari) dan melalui proses oksidasi karbohidrat di dalam tubuh (menambah sekitar 200 mL/hari). Jadi asupan cairan harian total \pm 2300 ml/hari. Namun asupan cairan sangat bervariasi tergantung pada cuaca, kebiasaan, dan tingkat aktivitas fisik (Guyton, 2007).

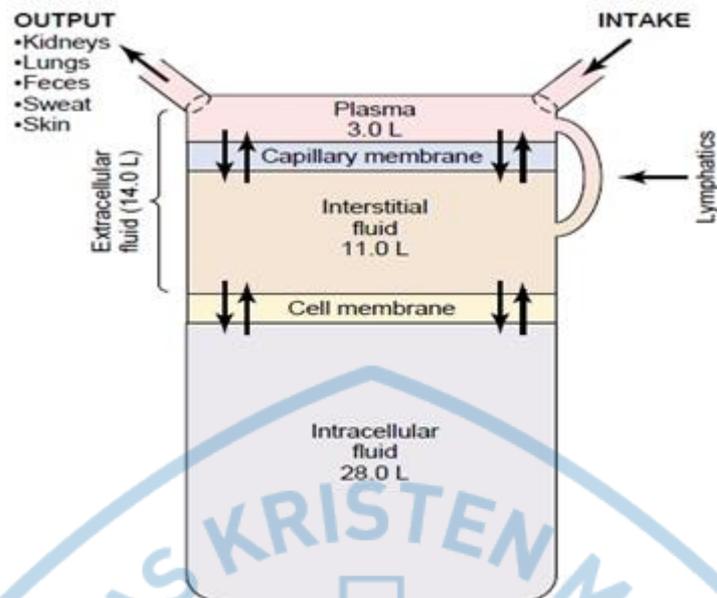
Insensible water loss adalah keadaan di mana terjadi pengeluaran cairan terus menerus tanpa dapat dirasakan melalui mekanisme evaporasi dari saluran pernapasan dan difusi melalui kulit. Pada keadaan normal, kedua mekanisme ini dapat mengeluarkan air \pm 700 mL/hari. *Insensible water loss* yang terjadi pada kulit tidak bergantung pada keringat, jumlah kehilangan cairan melalui mekanisme ini rata-rata 300-400 mL/hari. Jumlah rata-rata pengeluaran melalui saluran pernapasan \pm 300-400 mL/hari. Kehilangan cairan melalui keringat jumlahnya sangat bervariasi, bergantung pada aktivitas fisik dan suhu lingkungan. Volume keringat normalnya \pm 100 mL/hari, namun pada cuaca yang panas atau selama melakukan aktivitas berat kehilangan cairan bisa mencapai 1-2 liter/jam. Kehilangan air melalui feses relatif sedikit, yaitu 100 mL/hari. Namun pengeluaran dapat meningkat hingga beberapa liter sehari, biasanya terjadi pada orang dengan diare berat. Kehilangan air melalui ginjal terjadi dalam bentuk urin. Volume urin yang dikeluarkan bervariasi, pada orang dehidrasi urin yang dikeluarkan berkurang hingga 0,5 liter/hari. Sedangkan orang yang minum sejumlah besar air dapat mengeluarkan urin sebanyak 20 liter/hari. Selain air, ginjal juga mengatur pengeluaran elektrolit tubuh seperti natrium, klorida, dan kalium. Kehilangan air dalam volume besar dapat menghabiskan cairan tubuh apabila asupan air tidak ditingkatkan melalui peningkatan refleksi haus (Guyton, 2007).

Tabel 2.1. Tabel Pemasukan dan Pengeluaran Cairan Harian (Guyton, 2007)

| | Normal | Aktivitas Berat |
|-----------------------|-------------|-----------------|
| Masukan | | |
| Asupan cairan | 2100 | |
| Metabolisme | <u>200</u> | <u>200</u> |
| Total intake | 2300 | |
| Keluaran | | |
| Insensible- kulit | 350 | 350 |
| Insensible- paru-paru | 350 | 650 |
| Keringat | 100 | 5000 |
| Feses | 100 | 100 |
| Urin | <u>1400</u> | <u>500</u> |
| Total output | 2300 | 6600 |

2.7.1. Kompartemen cairan tubuh

Distribusi cairan dalam tubuh terbagi menjadi dua kompartemen, yaitu cairan ekstrasel dan cairan intrasel. Cairan ekstrasel sendiri dibagi lagi menjadi cairan interstitial dan plasma. Ada juga kompartemen cairan lainnya yang disebut sebagai cairan transelular, meliputi cairan dalam rongga sinovial, peritoneum, perikardium, intraokular serta cairan serebrospinal. Cairan transelular seluruhnya berjumlah satu sampai dua liter. Cairan tubuh total pada manusia sekitar 60% berat badan, sebagai contoh pada orang dengan berat 70 kg memiliki total cairan tubuh sekitar 42 liter. Perubahan dapat terjadi bergantung pada usia, jenis kelamin, dan derajat obesitas. Pada orang yang lebih tua memiliki persentase total cairan tubuh yang lebih rendah dibanding dengan orang yang lebih muda. Hal ini disebabkan karena adanya peningkatan persentase lemak tubuh sehingga mengurangi persentase cairan dalam tubuh (Guyton, 2007).



Gambar 2.3. Kompartemen Cairan Tubuh (Guyton, 2007)

Cairan intrasel merupakan 40% dari berat badan total atau sekitar 28 liter dari jumlah total 42 liter cairan di dalam tubuh. Cairan masing-masing sel berbeda komposisinya namun konsentrasi zat antara satu sel dengan sel lainnya mirip. Cairan ekstrasel merupakan semua cairan yang berada di luar sel. Cairan ini merupakan 20% dari berat badan atau sekitar 14 liter pada orang dewasa normal dengan berat badan 70 kg. Cairan interstitial mencakup lebih dari tiga perempat bagian cairan ekstrasel, sedangkan plasma berjumlah hampir seperempat cairan ekstrasel atau sekitar tiga liter. Plasma merupakan bagian darah yang tidak mengandung sel, biasanya bertukar zat dengan cairan interstitial melalui pori-pori membran kapiler. Pori-pori ini bersifat sangat permeabel untuk hampir semua zat terlarut dalam cairan ekstrasel, kecuali protein (Guyton, 2007).

2.7.2. Komposisi cairan tubuh

Komposisi cairan tubuh dalam cairan ekstrasel berbeda dengan cairan intrasel, hal ini dapat dilihat pada tabel. Seperti yang sudah dibicarakan sebelumnya, cairan ekstrasel terdiri dari cairan plasma dan cairan interstitial. Kedua cairan ini dipisahkan oleh membran kapiler yang sangat permeabel sehingga komposisi ion plasma serupa dengan komposisi cairan interstitial. Perbedaan utama antara dua kompartemen ini adalah konsentrasi protein yang lebih tinggi pada cairan plasma. Hal ini disebabkan karena kapiler memiliki permeabilitas yang rendah terhadap protein plasma, hanya sebagian kecil protein yang masuk dalam ruang interstitial di kebanyakan jaringan. Karena efek *Donan*, konsentrasi ion bermuatan positif (kation) lebih besar sekitar dua persen dalam plasma dibanding pada cairan interstitial. Protein plasma mempunyai muatan akhir negatif sehingga cenderung mengikat kation seperti natrium dan kalium, karena itu sebagian besar kation berada di dalam plasma. Sebaliknya konsentrasi ion negatif (anion) dalam cairan interstitial cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan plasma. Namun untuk tujuan praktis, konsentrasi ion dalam cairan interstitial dan plasma dianggap sama (Guyton, 2007).

Cairan intrasel dipisahkan dari cairan ekstrasel oleh membran sel yang sangat permeabel terhadap air namun tidak permeabel terhadap sebagian besar elektrolit dalam tubuh. Cairan intrasel hanya mengandung sedikit ion natrium dan klorida, bahkan hampir tidak ada ion kalsium. Sebaliknya, ion kalium dan fosfat banyak terdapat di dalam cairan intrasel, ion magnesium dan fosfat dalam jumlah sedang. Sel juga mengandung sejumlah besar protein, jumlahnya hampir empat kali dibandingkan dengan jumlah protein dalam plasma (Guyton, 2007).

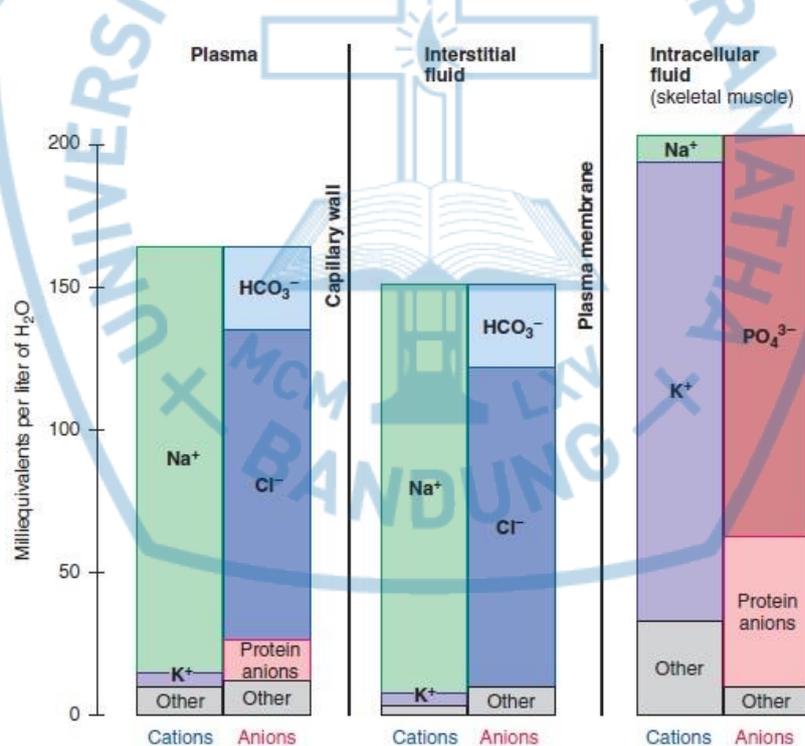
Tabel 2.2. Tabel Komposisi cairan intraseluler dan ekstraseluler
(Guyton, 2007)

| Komponen | Plasma (mOsm/L H ₂ O) | Interstisial (mOsm/L H ₂ O) | Intraseluler (mOsm/L H ₂ O) |
|---|----------------------------------|--|--|
| Na | 142 | 139 | 14 |
| K | 4.2 | 4.0 | 140 |
| Ca | 1.3 | 1.2 | - |
| Mg | 0.8 | 0.7 | 20 |
| Cl | 108 | 108 | 4 |
| HCO ₃ | 24 | 28.3 | 10 |
| HPO ₄ , H ₂ PO ₄ | 2 | 2 | 11 |
| SO ₄ | 0.5 | 0.5 | 1 |
| Kreatin fosfat | - | - | 45 |
| Karnosin | - | - | 14 |
| Asam amino | 2 | 2 | 8 |
| Kreatin | 0.2 | 0.2 | 9 |
| Laktat | 1.2 | 1.2 | 1.5 |
| ATP | - | - | 5 |
| HMP | - | - | 3.7 |
| Glukosa | 5.6 | 5.6 | - |
| Protein | 1.2 | 0.2 | 4 |
| Urea | 4 | 4 | 4 |
| Lain-lain | 4.8 | 3.9 | 10 |
| Total mOsm/L | 301.8 | 300.8 | 301.2 |

Perbedaan komposisi ion antara cairan intrasel dengan cairan ekstrasel disebabkan karena efek pompa Na⁺ - K⁺ yang terdapat di membran semua sel. Pompa ini aktif memindahkan Na⁺ keluar dan K⁺ masuk ke dalam sel, sehingga Na⁺ menjadi kation utama di cairan ekstrasel dan K⁺ kation utama di cairan intrasel. Sebagian besar cairan ekstrasel dan cairan intrasel secara elektrik seimbang, kecuali sebagian kecil ion total intrasel dan ekstrasel yang terlibat

dalam potensial membran. Pada cairan ekstrasel Na^+ diiringi oleh anion Cl^- dan dengan sedikit HCO_3^- (bikarbonat). Anion intrasel utama adalah PO_4^{3-} (fosfat) dan protein-protein bermuatan negatif yang tertahan di dalam sel (Sherwood, 2012).

Elektrolit di dalam tubuh memiliki fungsi yang bermacam-macam. Na^+ berfungsi untuk menjaga keseimbangan cairan di dalam tubuh, menjaga aktivitas saraf, kontraksi otot, dan juga berperan dalam proses retensi air dan absorpsi glukosa. Di dalam tubuh K^+ mempunyai fungsi dalam keseimbangan cairan dan elektrolit serta keseimbangan asam-basa. Bersama dengan Na^+ dan Ca^{2+} , K^+ akan berperan dalam transmisi saraf, pengaturan enzim, dan kontraksi otot. Cl^- mempunyai fungsi fisiologis yang penting yaitu sebagai pengatur derajat keasaman lambung dan ikut berperan dalam menjaga keseimbangan asam-basa tubuh (Anwari, 2007).



Gambar 2.4. Kation dan Anion dalam Cairan Plasma, Cairan Interstitial, dan Cairan Intraselular (Sherwood, 2012)

2.8. Kelapa(*Cocos nucifera*)

2.8.1. Taksonomi Kelapa (Classification, n.d.)

| | |
|--------------|----------------------------|
| Kingdom | : Plantae |
| Subkingdom | : Tracheobionta |
| Superdivisio | : Spermatophyta |
| Divisio | : Magnoliophyta |
| Kelas | : Liliopsida |
| Subkelas | : Arecidae |
| Ordo | : Arecales |
| Famili | : Arecaceae |
| Genus | : <i>Cocos L.</i> |
| Spesies | : <i>Cocos nucifera L.</i> |

Kelapa (*Cocos nucifera L.*) dikenal sebagai pohon kelapa yang tumbuh meluas di seluruh dunia. Setiap bagian dari pohon ini berguna, mulai dari daun dan batang pohonnya, dapat digunakan sebagai material bangunan, serta akarnya dapat digunakan untuk obat. Fokus utama dari pohon kelapa adalah buah kelapa, merupakan bagian yang paling banyak kegunaannya. Bagian sekam (*mesocarp*) dapat diproses menjadi tali, karpet, geotekstil, dan media pertumbuhan. Bagian batok kelapa dapat digunakan sebagai arang yang berkualitas tinggi. Bagian dalam dari buah disebut juga *endosperm*, dibagi menjadi daging buah dan air kelapa (Priya, 2014).

2.8.2. Komposisi Air Kelapa

Air kelapa merupakan minuman menyegarkan dan manis yang diambil langsung dari dalam buah kelapa. Air kelapa dibedakan dengan santan, dimana santan adalah cairan putih yang diperas dari parutan daging kelapa yang segar. Air kelapa dikenal tidak hanya sebagai minuman tropis tapi juga sebagai obat tradisional, media pertumbuhan mikrobiologi, dan bisa diproses menjadi cuka

ataupun *wine*. Komposisi mineral tertentu dan kandungan glukosa didalamnya membuat air kelapa menjadi cairan isotonik alami. Karakteristik air kelapa ini menjadikan air kelapa sebagai minuman rehidrasi yang menyegarkan setelah melakukan aktivitas fisik (Prades, 2012).

Air kelapa sebagian besar dikonsumsi sebagai minuman alami yang menyegarkan selama bertahun-tahun di negara-negara tropis. Air kelapa adalah minuman bernutrisi dan mengandung sejumlah besar mineral seperti natrium, kalium, fosfor, klorida, magnesium, asam askorbat, dan juga mengandung glukosa. Air kelapa juga mengandung beberapa elemen seperti zink, selenium, iodin, sulfur, mangan, dan lain-lain. Semua mineral berbentuk elektrolit, sehingga memudahkan diabsorpsi oleh tubuh. Lebih dari dua dekade, air kelapa digunakan untuk mengobati penyakit kolera, disentri, influenza, dan berbagai macam penyakit infeksi lain yang dapat menyebabkan dehidrasi. Air kelapa memiliki berbagai fungsi seperti sebagai cairan hidrasi elektrolit, anti-karsinogenik, anti-oksidan, *anti-aging*, anti-trombotik, dan lain-lain (Manjunatha, 2013).

Komponen yang terkandung di dalam air kelapa antara lain adalah gula-gula, elektrolit-mineral, asam amino, dan vitamin. Air kelapa mengandung glukosa, fruktosa, dan sukrosa yang akan membentuk energi untuk metabolisme manusia. Konsentrasi gula di dalam air kelapa akan meningkat seiring dengan kematangan buah (Reddy, 2014).

Air kelapa mempunyai komposisi elektrolit yang dibutuhkan oleh tubuh. Elektrolit-elektrolit yang dibutuhkan antara lain kalium, natrium, magnesium, fosfor, dan kalsium. Kalium adalah kation terpenting intrasel. Fungsi kalium adalah untuk regulasi denyut jantung dan fungsi otot. Natrium merupakan kation paling penting ekstrasel. Natrium adalah ion yang paling banyak hilang melalui keringat dan urin setelah melakukan aktivitas. Magnesium merupakan ion yang penting dalam menjaga potensial aksi dalam sel dan mencegah kelebihan kalsium. Fosfor berperan dalam kontraksi otot, serta bersama-sama dengan kalsium meregulasi kesehatan tulang dan fungsi saraf. Klorida adalah ion yang penting yang bergabung dengan ion hidrogen menjadi HCl dalam perut. Klorida dan HCO_3^- berperan dalam mempertahankan level pH darah. Mineral seperti Fe

dibutuhkan dalam proses transportasi oksigen di dalam tubuh. Fe juga ikut berperan dalam konversi gula darah menjadi energi (C. Nancy, 2000). Sejumlah kecil asam amino terdapat di dalam air kelapa. Persentase jumlah arginin, alanin, sistein, dan serin dalam air kelapa lebih banyak dibandingkan dengan susu sapi. Asam amino berperan tidak hanya untuk pembentukan tubuh saja tapi juga sebagai sumber energi dan membentuk produksi limfosit (W. H. Jean, 2009). Vitamin yang terkandung di dalam air kelapa antara lain asam askorbat, dan kelompok vitamin B. Vitamin mempunyai peran vital dalam berbagai metabolisme dan meningkatkan aktivitas selular untuk melawan infeksi (Ewan, 2003).

2.8.3. Air Kelapa Sebagai Pengganti Cairan Tubuh

Air kelapa terdiri dari berbagai kompleks vitamin, mineral, asam amino, karbohidrat, antioksidan, enzim, dan nutrisi penting lainnya. Karena kandungan elektrolit dalam air kelapa sama dengan cairan plasma, air kelapa bisa dijadikan *sport drink* alami. Berbeda dengan minuman lain, air kelapa dapat digunakan sebagai infus karena sangat kompatibel dengan tubuh manusia (Pummer, 2001).

Menurut Kalman, air kelapa dipertimbangkan oleh berbagai penelitian sebagai minuman sumber karbohidrat dan elektrolit yang alami. Secara spesifik air kelapa terbukti mengandung glukosa 1 g/dL, kalium 51 mEq/L, natrium 33 mEq/L, kalsium 5-17 mEq/L dan klorida 52 mEq/L, namun semua ini bergantung pada variasi buah kelapa.

2.8.4. Kandungan Air Minum

Air minum memiliki kandungan elektrolit yang dapat berkontribusi dalam jumlah signifikan untuk asupan sehari-hari. Kandungan elektrolit yang dapat ditemukan adalah natrium, kalium, kalsium, magnesium, Fe, mangan, fosfor, dan zinc. Air mineral secara standar internasional mengandung kalium 12,8 mEq/L, natrium 21 mEq/L, kalsium 5 mEq/L, dan klorida 14 mEq/L (WHO, 2005).