

KEBUTUHAN CAIRAN DAN ELEKTROLIT DALAM APLIKASI ILMU KEPERAWATAN



Penulis :

**Rustam Aji Rochmat, Yasin Wahyurianto, Awatiful Azza,
Dewi Rahmawati, Lela Aini, Apriyani Puji Hastuti,
Wahyuny Langelo, Reny Deswita**

KEBUTUHAN CAIRAN DAN ELEKTROLIT DALAM APLIKASI ILMU KEPERAWATAN

**Rustam Aji Rochmat
Yasin Wahyurianto
Awatiful Azza
Dewi Rahmawati
Lela Aini
Apriyani Puji Hastuti
Wahyuny Langelo
Reny Deswita**



GET PRESS INDONESIA

KEBUTUHAN CAIRAN DAN ELEKTROLIT DALAM APLIKASI ILMU KEPERAWATAN

Penulis :

Rustam Aji Rochmat
Yasin Wahyurianto
Awatiful Azza
Dewi Rahmawati
Lela Aini
Apriyani Puji Hastuti
Wahyuny Langelo
Reny Deswita

ISBN : 978-623-125-493-1

Editor : Dr. Oktavianis, M.Biomed.

Penyunting : Mila Sari., S.ST, M.Si

Desain Sampul dan Tata Letak : Atyka Trianisa, S.Pd

Penerbit : GET PRESS INDONESIA

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi :

Jln. Palarik Air Pacah No 26 Kel. Air Pacah
Kec. Koto Tangah Kota Padang Sumatera Barat
Website : www.getpress.co.id
Email : adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, November 2024

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan
dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT dalam segala kesempatan. Sholawat beriring salam dan doa kita sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW. Alhamdulillah atas Rahmat dan Karunia-Nya penulis telah menyelesaikan Buku Kebutuhan Cairan Dan Elektrolit Dalam Aplikasi Ilmu Keperawatan ini.

Buku Ini Membahas Defenisi Kebutuhan Cairan Dan Elektrolit Serta Tujuannya, Sistem Yang Berperan Dalam Kebutuhan Cairan Dan Eelektrolit, Mekanisme Perpindahan Cairan Tubuh, Pengaturan Volume Cairan Tubuh Manusia, Jenis-Jenis Cairan, Jenis Jenis Cairan Lektrolit, Masalah Kebutuhan Elektrolit Pada Manusia, Keseimbangan Asam Dan Basa Serta Jenisnya.

Proses penulisan buku ini berhasil diselesaikan atas kerjasama tim penulis. Demi kualitas yang lebih baik dan kepuasan para pembaca, saran dan masukan yang membangun dari pembaca sangat kami harapkan.

Penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung dalam penyelesaian buku ini. Terutama pihak yang telah membantu terbitnya buku ini dan telah mempercayakan mendorong, dan menginisiasi terbitnya buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi masyarakat Indonesia.

Padang, November 2024

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
BAB 1 DEFENISI KEBUTUHAN CAIRAN	
DAN ELEKTROLIT SERTA TUJUANNYA	1
1.1 Pengertian	1
1.2 Fungsi elektrolit	1
1.3 Tujuan elektrolit	1
1.4 Cairan dan elektrolit.....	1
1.5 Gangguan Elektrolit	2
1.6 Kebutuhan Cairan Dan Elektrolit	2
1.7 Gangguan cairan dan elektrolit Secara medis	2
1.8 Tujuan dari pemeriksaan elektrolit.....	2
1.9 Nilai normal elektrolit	3
1.10 Jenis Makanan dan Minuman	3
1.11 Cara menjaga keseimbangan cairan dan elektrolit	3
1.12 Apa efek kelebihan cairan dalam tubuh?.....	4
1.13 Apakah Pocari Sweat termasuk cairan elektrolit ?	4
1.14 Ciri ciri elektrolit lemah.....	4
1.15 Komponen elektrolit di dalam tubuh	5
1.16 Gangguan kebutuhan cairan dan elektrolit.....	5
1.17 Gangguan keseimbangan cairan.....	5
1.18 Menjaga Keseimbangan Cairan Dan Elektrolit	5
1.19 Apa yang dapat menyebabkan ketidakseimbangan elektrolit dalam tubuh?.....	6
1.20 Tanda awal dehidrasi	6
1.21 Pemeriksaan elektrolit untuk penyakit apa saja? ..	7
1.22 Apakah faktor faktor yang mempengaruhi hasil pemeriksaan elektrolit?	7
1.23 Metode Pemeriksaan elektrolit	7
1.24 Berapa lama pemeriksaan elektrolit?	7

1.25 Kapan waktu yang tepat untuk mengonsumsi minuman elektrolit?	7
1.26 Nutrisi apa yang berperan dalam menjaga keseimbangan elektrolit?	7
1.27 Kondisi apa yang dapat menyebabkan kekurangan cairan dalam tubuh?.....	8
1.28 Apa yang terjadi jika seseorang mengalami kelebihan cairan elektrolit?.....	8
1.29 Cairan elektrolit itu apa saja?.....	8
DAFTAR PUSTAKA.....	9
BAB 2 SISTEM YANG BERPERAN DALAM KEBUTUHAN CAIRAN DAN ELEKTROLIT	11
2.1 Pendahuluan.....	11
2.2 Peran Sistem Tubuh dalam Kebutuhan Cairan dan Elektrolit	12
2.2.1 Sistem Pencernaan	12
2.2.2 Sistem Perkemihan (Ginjal).....	14
2.2.3 Sistem Endokrin	17
2.2.4 Sistem Kardiovaskuler.....	21
DAFTAR PUSTAKA.....	26
BAB 3 MEKANISME PERPINDAHAN CAIRAN TUBUH. 29	29
3.1 Struktur cairan Tubuh	29
3.2 Kompartemen cairan (Huang et al., 2021)	31
3.3 Komposisi Cairan Tubuh.....	34
3.4 Perpindahan Cairan tubuh	35
3.5 Distribusi Pemasukan dan Pengeluaran Cairan Tubuh.....	43
DAFTAR PUSTAKA.....	46
BAB 4 PENGATURAN VOLUME CAIRAN TUBUH MANUSIA	47
4.1 Fisiologi Keseimbangan Cairan	47
4.1.1 Pengaturan <i>Intake</i> Cairan	47
4.1.2 Peran Ginjal dalam Proses Regulasi Cairan	48
4.1.3 Regulasi Sistem Hormonal	54
4.1.4 Pengaturan Tekanan Osmotik	55
4.1.5 Pengaturan Homeostasis Asam Basa	58
4.1.6 Regulasi Tekanan Darah	59

4.2 Faktor yang Mempengaruhi Keseimbangan Cairan dan Elektrolit.....	60
4.2.1 Usia.....	60
4.2.2 Gaya Hidup	61
DAFTAR PUSTAKA.....	62
BAB 5 JENIS-JENIS CAIRAN TUBUH	63
5.1 Konsep Cairan Tubuh.....	63
5.2 Fungsi Cairan.....	64
5.3 Jenis Cairan Tubuh	64
5.4 Komposisi Cairan Tubuh.....	68
5.5 Distribusi Cairan Tubuh.....	68
DAFTAR PUSTAKA.....	71
BAB 6 JENIS CAIRAN ELEKTROLIT	73
6.1 Pendahuluan.....	73
6.2 Elektrolit	74
6.3 Jenis Cairan Elektrolit	75
6.4 Cairan Elektrolit dalam Tubuh	82
6.4.1 Penyebab gangguan elektrolit	82
6.4.2 Jenis elektrolit dan faktor yang dapat menyebabkan kadar elektrolit terganggu	83
DAFTAR PUSTAKA.....	86
BAB 7 MASALAH KEBUTUHAN CAIRAN DAN ELEKTROLIT PADA MANUSIA	87
7.1 Pendahuluan.....	87
7.2 Cairan	88
7.2.1 Volume Cairan Tubuh	88
7.2.2 Kompartemen Cairan Tubuh.....	88
7.2.3 Keseimbangan Cairan	88
7.2.4 Cara Pengeluaran Cairan	89
7.2.5 Masalah Keseimbangan Cairan.....	90
7.3 Elektrolit	91
7.3.1 Jenis Elektrolit.....	92
7.3.2 Kadar dan Fungsi Elektrolit.....	93
7.3.2 Ketidakseimbangan Elektrolit	94
DAFTAR PUSTAKA.....	99

BAB 8 KESEIMBANGAN ASAM DAN BASA

SERTA JENISNYA	101
8.1 Pendahuluan.....	101
8.2 Keseimbangan Asam dan Basa	101
8.3 Regulasi Keseimbangan Asam dan Basa.....	105
8.3.1 Sistem Dapar.....	105
8.3.2 Sistem pernapasan	107
8.3.3 Ginjal.....	109
8.4 Gangguan Keseimbangan Asam dan Basa.....	111
DAFTAR PUSTAKA.....	114

BIODATA PENULIS

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Keseimbangan masukan dan keluaran air	44
Tabel 6.1. Tabel Elektrolit	74
Tabel 6.2. Tabel Cairan Isotonik	76
Tabel 6.3. Jenis dan Kandungan Cairan Hipotonis.....	78
Tabel 6.4. cairan hipertonis	79
Tabel 6.5. Komposisi Cairan Koloid.....	81
Tabel 6.6. Perbandingan Cairan Kristaloid dan Koloid..	82
Tabel 7.1. Intake dan Output Cairan/24 Jam	89
Tabel 7.2. Kadar dan Fungsi Elektrolit	93

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1. Kadar Air pada Organ dan Jaringan Tubuh	30
Gambar 3.2. Kompartemen Cairan dalam Tubuh Manusia	31
Gambar 3.3. Ukuran kompartemen cairan antara laki-laki dan perempuan.....	32
Gambar 3.4. Grafik Pie yang Menunjukkan Proporsi Total Cairan Tubuh di Setiap Kompartemen Cairan Tubuh.....	33
Gambar 3.5. Konsentrasi Berbagai Unsur dalam Cairan Tubuh Utama	34
Gambar 3.6. Pompa Natrium-Kalium.....	35
Gambar 3.7. Molekul glukosa menggunakan difusi terfasilitasi untuk menurunkan gradien konsentrasi melalui saluran protein pembawa di membran.	37
Gambar 4.1. Alur Proses Pembentukan Urin	52
Gambar 4.2. Skema Alur Sirkulasi Darah di Renal.....	54
Gambar 4.3. Kompartemen Cairan	56
Gambar 4.4. Regulasi Tekanan Darah yang Diperantarai RAA System.....	60
Gambar 5.1. Distribusi Cairan Tubuh	70
Gambar 8.1. Pengaturan Asam-Basa Oleh Paru	109

BAB 1

DEFENISI KEBUTUHAN CAIRAN DAN ELEKTROLIT SERTA TUJUANNYA

Oleh Rustam Aji Rochmat

1.1 Pengertian

Cairan tubuh adalah larutan yang terdiri dari air (pelarut) dan zat tertentu (zat terlarut). Elektrolit adalah zat kimia yang menghasilkan partikel-partikel yang bermuatan listrik yang disebut ion jika berada dalam larutan. Greenbaum (2014)

1.2 Fungsi elektrolit

Elektrolit berfungsi untuk mendukung aktivitas sel dan jaringan tubuh, seperti saraf dan otot. Elektrolit juga berperan penting dalam memelihara fungsi jantung dan menjaga kadar cairan tubuh tetap seimbang. Aji (2023)

1.3 Tujuan elektrolit

Sel menggunakan elektrolit untuk menghantarkan muatan listrik, yang merupakan cara otot untuk berkontraksi. Muatan listrik yang sama juga membantu reaksi kimia, terutama dalam hal hidrasi dan keseimbangan cairan di dalam dan di luar sel. Parlindungan (2006)

1.4 Cairan dan elektrolit

Cairan Elektrolit sangat berguna dalam mempertahankan fungsi dalam organ tubuh manusia. Agar semua organ tubuh dapat berfungsi dengan baik, diperlukan asupan elektrolit yang cukup. Elektrolit berfungsi untuk mendukung aktivitas sel dan jaringan tubuh, seperti saraf dan otot. Selain itu, elektrolit juga berperan penting dalam memelihara fungsi jantung serta menjaga kadar cairan tubuh tetap seimbang.

1.5 Gangguan Elektrolit

Apa yang terjadi jika tubuh kekurangan elektrolit? Gangguan elektrolit adalah kondisi ketika kadar elektrolit di dalam tubuh tidak seimbang, bisa terlalu tinggi atau terlalu rendah. Ketidakseimbangan kadar elektrolit ini dapat menimbulkan berbagai gejala, mulai dari mual, diare, hingga kram otot.

1.6 Kebutuhan Cairan Dan Elektrolit

Sistem apa saja yang berperan dalam kebutuhan cairan dan elektrolit?

Ginjal adalah organ penting yang memiliki peran cukup besar dalam kebutuhan cairan dan elektrolit. Fungsinya membuang sisa-sisa metabolisme dan racun yang ada di dalam tubuh kedalam bentuk urin. Proses pengaturan keseimbangan air ini diawali oleh kemampuan bagian ginjal, seperti glomerulus, dalam menyaring cairan. Parlindungan (2006)

1.7 Gangguan cairan dan elektrolit Secara medis

Gangguan cairan dan elektrolit Secara medis, menurut Greenbaum (2014) beberapa jenis kondisi spesifik untuk gangguan elektrolit, misalnya:

1. *Hipernatremia* (kelebihan natrium di dalam darah)
2. *Hiponatremia* (kekurangan natrium di dalam darah)
3. *Hiperkalsemia* (kelebihan kalsium di dalam darah)
4. *Hipokalsemia* (kekurangan kalsium di dalam darah)

1.8 Tujuan dari pemeriksaan elektrolit

Pemeriksaan elektrolit berguna untuk membantu diagnosis dokter dalam memastikan gangguan ketidakseimbangan cairan atau kadar asam dan basa pada tubuh. Beberapa gangguan tersebut seperti, kanker, dehidrasi, diabetes, penyakit ginjal, penyakit hati, dan penyakit kardiovaskular. Greenbaum (2014)

1.9 Nilai normal elektrolit

Serum dari darah yang diambil sebanyak 5 ml digunakan sebagai sampel setelah disentrifuse selama 3 menit dengan kecepatan 4000 rpm. Dimana nilai normal dari kadar elektrolitnya yaitu: Natrium (Na^+): 135 – 145 mEq/L, Kalium (K^+): 3,5 – 5,3 mEq/L dan Klorida (Cl^-): 100 – 106 mEq/L. Greenbaum (2014)

1.10 Jenis Makanan dan Minuman

Jenis Makanan dan Minuman Untuk Meningkatkan dan Mengembalikan Elektrolit dalam Tubuh Setelah Berpuasa, menurut Greenbaum (2014)

1. Bayam menjadi sumber **elektrolit** kalsium dan magnesium yang fenomenal.
2. Biji bunga matahari.
3. Tempe, kacang kedelai.
4. Pisang.
5. Semangka.
6. Jeruk.
7. Segelas susu.
8. Air kelapa merupakan sumber **elektrolit** yang baik
9. Kubis.
10. Alpukat.
11. Brokoli.
12. Kentang.
13. Kacang polong.
14. Kacang almond.
15. Makanan asin
16. Jus buah

1.11 Cara menjaga keseimbangan cairan dan elektrolit

Bagaimana cara menjaga keseimbangan cairan dan elektrolit Adapun beragam tips yang bisa dilakukan agar tubuh tetap terhidrasi dengan baik. Aji (2023)

1. Minum segelas air setiap selesai makan, termasuk ketika ngemil.
2. Minum sebelum merasa haus.
3. Konsumsi makanan yang kaya akan **cairan**, seperti sup, stroberi, dan tomat.
4. Bawa botol minum setiap bepergian.
5. Konsumsi jus tanpa gula atau infused water.

1.12 Apa efek kelebihan cairan dalam tubuh?

Overhidrasi adalah kondisi ketika tubuh kelebihan cairan dan harus segera mendapatkan penanganan. Apabila dibiarkan, kondisi ini berisiko menyebabkan kerusakan organ bahkan kematian. Untuk mencegah terjadinya overhidrasi, Anda perlu memperhatikan berapa banyak kebutuhan cairan yang harus dikonsumsi setiap harinya. Greenbaum (2014)

1.13 Apakah Pocari Sweat termasuk cairan elektrolit ?

Pocari Sweat mengandung elektrolit dan berguna untuk menggantikan cairan tubuh yang hilang akibat beraktivitas atau berolahraga. Parlindunga (2006)

1.14 Ciri ciri elektrolit lemah



Elektrolit Lemah

Menghantarkan arus listrik. Lampu menyala redup. Terdapat sedikit gelembung gas. Parlindunga (2006)

1.15 Komponen elektrolit di dalam tubuh

Elektrolit ditemukan dalam cairan tubuh. Dalam cairan intraseluler, ditemukan kalium, magnesium, fosfat, dan sulfat. Dalam cairan ekstraseluler, ditemukan natrium, kalsium, klorida, dan bikarbonat. Greenbaum (2014)

1.16 Gangguan kebutuhan cairan dan elektrolit

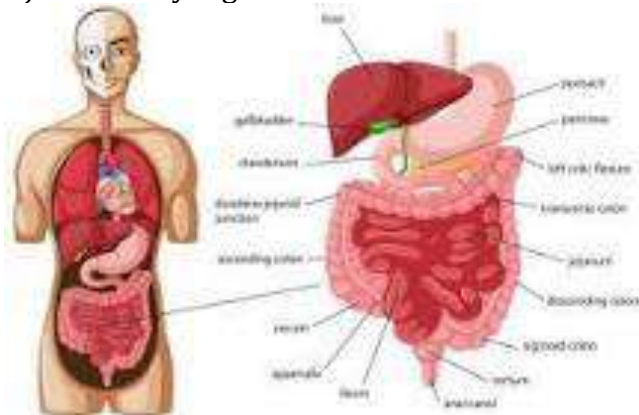
Dampak yang dapat ditimbulkan pada gangguan kebutuhan cairan dan elektrolit. Kondisi kadar elektrolit yang tidak seimbang ini dapat menimbulkan berbagai gangguan pada fungsi organ di dalam tubuh yang dapat menimbulkan berbagai gejala, mulai dari mual, diare, hingga kram otot. Bahkan pada kasus yang cukup berat, kondisi ini bisa menyebabkan kejang, koma, bahkan gagal jantung. Parlindunga (2006)

1.17 Gangguan keseimbangan cairan

Gangguan keseimbangan cairan dan elektrolit dapat terjadi dalam beberapa bentuk, seperti overhidrasi, dehidrasi, hiponatremia, hipernatremia, dan sebagainya. Aji (2023).

1.18 Menjaga Keseimbangan Cairan Dan Elektrolit

Proses apa yang bertanggung jawab untuk menjaga keseimbangan cairan dan elektrolit dalam tubuh dengan mengatur jumlah air yang diekskresikan?



Cara Kerja Sistem Ekskresi

Ginjal memproses darah yang mengalir melalui pembuluh darah yang sangat halus (*glomerulus*). Ginjal menyaring darah untuk menghilangkan produk limbah seperti urea, kreatinin, dan asam urat, serta membantu menjaga keseimbangan elektrolit dan cairan dalam tubuh. Greenbaum (2014)

Penyakit apa saja yang mempengaruhi keseimbangan cairan dan elektrolit? Faktor Risiko Gangguan Elektrolit. Parlindungan (2006)

1. Gangguan makan, seperti anoreksia atau bulimia.
2. Gangguan tiroid dan paratiroid.
3. Mengidap penyakit pernapasan kronis.
4. Gangguan kelenjar adrenal.
5. Gagal jantung.
6. Kecanduan alkohol.
7. Luka bakar.
8. Penyakit ginjal.

1.19 Apa yang dapat menyebabkan ketidakseimbangan elektrolit dalam tubuh?

Ketidakseimbangan elektrolit terjadi ketika Anda memiliki terlalu banyak atau tidak cukup mineral tertentu dalam tubuh Anda. Ketidakseimbangan ini mungkin merupakan tanda adanya masalah seperti penyakit ginjal. Elektrolit adalah mineral yang mengeluarkan muatan listrik ketika larut dalam cairan seperti darah dan urin. Parlindungan (2006)

1.20 Tanda awal dehidrasi

Gejala Dehidrasi yang Harus Diwaspadai

1. Merasa Pusing.
2. Kelelahan/kurang energi.
3. Buang air kecil dengan intensitas jarang.
4. Merasa kering pada daerah mulut bibir dan mata.

1.21 Pemeriksaan elektrolit untuk penyakit apa saja?

Tes elektrolit atau panel elektrolit adalah tes darah yang berguna mengukur kadar tujuh elektrolit dalam darah. Metode ini dapat memeriksa kondisi, termasuk dehidrasi, penyakit *kardiovaskular* dan penyakit ginjal. Greenbaum (2014)

1.22 Apakah faktor faktor yang mempengaruhi hasil pemeriksaan elektrolit?

Faktor-faktor yang mempengaruhi pemeriksaan elektrolit terbagi dalam faktor keseimbangan tubuh dan elektrolit, faktor pra-analitik, analitik dan pasca analitik. Parlindungan (2006)

1.23 Metode Pemeriksaan elektrolit

Pemeriksaan elektrolit biasanya dikerjakan menggunakan spesimen plasma dan serum, metode yang mutahir menggunakan spesimen darah yang ditambahkan antikoagulan heparin. Parlindungan (2006)

1.24 Berapa lama pemeriksaan elektrolit?

Berapa Lama Tes Elektrolit Dilakukan? Umumnya, pengambilan sampel darah untuk tes elektrolit hanya memakan waktu singkat, yaitu sekitar 5 menit. Greenbaum (2014)

1.25 Kapan waktu yang tepat untuk mengonsumsi minuman elektrolit?

Minuman elektrolit yang juga biasa disebut sebagai minuman isotonik, mengandung gula, karbohidrat, dan vitamin yang tepat diminum sehabis berolahraga. Aji (2023)

1.26 Nutrisi apa yang berperan dalam menjaga keseimbangan elektrolit?

Natrium dibutuhkan tubuh untuk menjaga keseimbangan elektrolit, mengendalikan cairan dalam tubuh, dan mengatur kontraksi otot serta fungsi saraf. Normalnya, kadar natrium di

dalam darah berkisar antara 135–145 milimol/liter (mmol/L). Greenbaum (2014)

1.27 Kondisi apa yang dapat menyebabkan kekurangan cairan dalam tubuh?

Penyebab Dehidrasi

Beberapa hal yang dapat menyebabkan seseorang mengalami dehidrasi adalah sebagai berikut: Diare, yaitu gangguan pencernaan yang menyebabkan frekuensi BAB meningkat dan membuat cairan tubuh terbuang bersama feses. Berkeringat berlebihan (*hiperhidrosis*). Greenbaum (2014)

1.28 Apa yang terjadi jika seseorang mengalami kelebihan cairan elektrolit?

Apabila kelebihan elektrolit terus dibiarkan, maka hal ini memperberat kerja ginjal untuk menyaringnya dan memicu sakit ginjal. Sementara jika tubuh terus-terusan kekurangan elektrolit, maka hal ini bisa berakibat fatal seperti kejang, koma, hingga henti jantung. Aji (2023)

1.29 Cairan elektrolit itu apa saja?

Ada banyak jenis elektrolit dalam tubuh, di antaranya kalium (potasium), magnesium, kalsium, natrium (sodium), dan klorida. Parlindungan (2006)

DAFTAR PUSTAKA

- Aji Rustam (2023) Book Chapter Anatomi Fisiologi.Bab.1 Anatomi Fisiologi Breast Care Berbasis Evidance-Based Practce..MK. Anatomi Fisiologi..Tahun 2024. Jilid.1.Penerbit : PT Global Eksekutif Teknologi.Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022.Alat:Jl. Pasir Sebelah No. 30 RT 002 RW 001.Kelurahan Pasie Nan Tigo Kecamatan Koto Tangah.Padang Sumatera Barat Website : www.globaleksekutifteknologi.co.id Email : globaleksekutifteknologi@gmail.com.
- Greenbaum, Larry A.(2014) Cairan dan elektrolit. Edisi ke 6.URI: <https://lib.fkm.ui.ac.id/detail?id=127657&lokasi=loka> l.Singapore : Elsevier.
- Parlindungan (2006) Buku Ajar : Gangguan keseimbangan cairan dan elektrolit. URI: <https://lib.fkm.ui.ac.id/detail?id=117126&lokasi=lokal>. FKUI,Jakarta.

BAB 2

SISTEM YANG BERPERAN DALAM KEBUTUHAN CAIRAN DAN ELEKTROLIT

Oleh Yasin Wahyurianto

2.1 Pendahuluan

Cairan dan elektrolit merupakan komponen vital dalam menjaga fungsi tubuh yang optimal. Kebutuhan cairan dan elektrolit dipengaruhi oleh berbagai sistem tubuh yang bekerja secara sinergis untuk mempertahankan homeostasis. Makalah ini membahas berbagai sistem yang berperan dalam pengaturan cairan dan elektrolit, seperti sistem pencernaan, sistem ginjal, sistem endokrin, dan sistem kardiovaskular. Dengan memahami bagaimana sistem-sistem ini bekerja, kita dapat mengapresiasi pentingnya keseimbangan cairan dan elektrolit dalam menjaga kesehatan, serta mengenali dampak gangguan keseimbangan tersebut pada tubuh (Potter et al., 2021).

Cairan dan elektrolit merupakan dua komponen penting yang berperan dalam menjaga fungsi fisiologis normal tubuh. Cairan tubuh berperan sebagai media transportasi zat-zat penting, sementara elektrolit, seperti natrium (Na^+), kalium (K^+), klorida (Cl^-), dan bikarbonat (HCO_3^-), penting dalam menjaga keseimbangan osmotik, regulasi pH, dan fungsi seluler. Keseimbangan antara cairan dan elektrolit harus dipertahankan dengan baik untuk mendukung berbagai proses biologis, termasuk regulasi tekanan darah, fungsi saraf, dan kontraksi otot (Berman et al., 2016).

Dalam tubuh, berbagai sistem bekerja bersama-sama untuk mengatur kebutuhan cairan dan elektrolit, serta menjaga keseimbangan yang stabil atau homeostasis. Gangguan dalam sistem ini dapat menyebabkan ketidakseimbangan yang

mengarah pada kondisi klinis seperti dehidrasi, hiponatremia, hiperkalemia, atau asidosis.

2.2 Peran Sistem Tubuh dalam Kebutuhan Cairan dan Elektrolit

2.2.1 Sistem Pencernaan

Sistem pencernaan memainkan peran penting dalam pemenuhan kebutuhan cairan dan elektrolit tubuh. Cairan dan elektrolit berperan penting dalam menjaga keseimbangan tubuh dan mendukung berbagai proses fisiologis, termasuk fungsi sel, pengaturan tekanan darah, dan pencegahan dehidrasi. Tubuh memerlukan keseimbangan cairan dan elektrolit yang tepat untuk menjalankan fungsinya secara optimal, dan sistem pencernaan merupakan salah satu jalur utama untuk penyerapan dan ekskresi cairan serta elektrolit. Artikel ini akan membahas secara rinci bagaimana sistem pencernaan berperan dalam proses tersebut, termasuk penyerapan air, elektrolit utama seperti natrium, kalium, dan klorida, serta bagaimana gangguan dalam sistem pencernaan dapat memengaruhi keseimbangan cairan dan elektrolit (Hall, 2016).

Sistem pencernaan terdiri dari organ-organ seperti mulut, kerongkongan, lambung, usus halus, usus besar, dan rektum. Selain itu, organ-organ aksesori seperti hati, pankreas, dan kantung empedu juga mendukung fungsi pencernaan. Sistem ini tidak hanya berperan dalam pencernaan dan penyerapan makanan tetapi juga dalam penyerapan cairan dan elektrolit yang sangat penting untuk homeostasis tubuh (Ellis, 2011).

Setiap hari, tubuh manusia mengonsumsi sekitar 2-3 liter air dari makanan dan minuman. Selain itu, tubuh juga menghasilkan cairan internal seperti air liur, jus lambung, dan empedu, yang semuanya berperan dalam proses pencernaan. Cairan-cairan ini sebagian besar diserap kembali oleh sistem pencernaan, terutama di usus halus dan usus besar, bersama dengan elektrolit yang terkandung di dalamnya.

1. Proses Penyerapan Cairan dalam Sistem Pencernaan

- a. Sekitar 80-90% cairan yang dikonsumsi dan diproduksi tubuh diserap di usus halus, terutama di bagian duodenum dan jejunum. Penyerapan air terjadi melalui mekanisme osmosis, yang dipengaruhi oleh gradien konsentrasi elektrolit di sepanjang dinding usus.
- b. Di usus besar, sekitar 10-20% cairan yang tersisa diserap kembali. Usus besar memainkan peran penting dalam mengatur jumlah air yang diekskresikan melalui tinja, sehingga berperan penting dalam mencegah dehidrasi.

2. Proses Penyerapan Elektrolit dalam Sistem Pencernaan

- a. Natrium (Na^+): Natrium diserap secara aktif di seluruh bagian usus halus dan sebagian usus besar melalui pompa natrium-kalium (Na^+/K^+ -ATPase). Natrium juga berperan dalam penyerapan air melalui osmosis, sehingga menjadi elektrolit kunci dalam menjaga keseimbangan cairan.
- b. Kalium (K^+): Kalium diserap secara pasif di usus halus melalui gradien konsentrasi. Kalium berperan dalam fungsi sel, terutama dalam eksitasi listrik sel otot dan saraf.
- c. Klorida (Cl^-): Klorida diserap di usus besar secara pasif mengikuti natrium melalui mekanisme ko-transpor. Klorida juga berperan dalam menjaga keseimbangan asam-basa dan tekanan osmotik di dalam tubuh.

3. Gangguan Sistem Pencernaan yang Mempengaruhi Keseimbangan Cairan dan Elektrolit

Gangguan pada sistem pencernaan dapat mengganggu penyerapan normal cairan dan elektrolit, yang dapat menyebabkan ketidakseimbangan elektrolit dan dehidrasi. Beberapa gangguan umum meliputi (El-Sharkawy et al., 2014):

- a. Diare: Diare menyebabkan hilangnya cairan dan elektrolit dalam jumlah besar dari usus besar. Ini dapat mengakibatkan dehidrasi berat dan ketidakseimbangan elektrolit, seperti hiponatremia (kekurangan natrium) dan hipokalemia (kekurangan kalium).

- b. Muntah: Muntah berulang menyebabkan kehilangan cairan dari lambung dan bagian atas usus, yang mengarah pada dehidrasi dan ketidakseimbangan elektrolit, terutama kekurangan klorida dan natrium.
- c. Malabsorpsi: Kondisi seperti penyakit celiac atau sindrom usus pendek dapat menyebabkan penurunan kemampuan tubuh untuk menyerap nutrisi, termasuk cairan dan elektrolit, yang dapat menyebabkan dehidrasi kronis dan ketidakseimbangan elektrolit.
- d. Kolitis Ulseratif dan Penyakit Crohn: Gangguan inflamasi pada usus ini dapat mengurangi kemampuan usus besar untuk menyerap air dan elektrolit, menyebabkan diare kronis dan ketidakseimbangan cairan serta elektrolit.

2.2.2 Sistem Perkemihan (Ginjal)

Ginjal adalah organ vital yang berperan penting dalam mengatur keseimbangan cairan dan elektrolit di dalam tubuh. Melalui proses penyaringan darah, ginjal memastikan tubuh menjaga keseimbangan yang tepat antara air dan elektrolit, mengeluarkan limbah dan zat beracun, serta menjaga homeostasis internal yang mendukung berbagai fungsi tubuh. Keseimbangan cairan dan elektrolit yang tepat diperlukan untuk fungsi normal sel, jaringan, dan organ. Makalah ini akan membahas bagaimana ginjal berperan dalam mengatur kebutuhan cairan dan elektrolit tubuh, mekanisme kerja ginjal, serta bagaimana ketidakseimbangan cairan dan elektrolit dapat berdampak pada Kesehatan (Halperin et al., 1994).

Ginjal merupakan sepasang organ berbentuk kacang yang terletak di kedua sisi tulang belakang, tepat di bawah tulang rusuk. Fungsi utama ginjal adalah menyaring darah untuk mengeluarkan produk limbah dan kelebihan cairan dari tubuh, yang dikeluarkan sebagai urine.

1. Peran Sistem Ginjal dalam Keseimbangan Cairan dan Elektrolit adalah :

a. Penyaringan Darah dan Pembentukan Urine

Ginjal menyaring darah melalui unit fungsional yang disebut nefron, yang terdiri dari glomerulus dan

tubulus. Setiap ginjal memiliki sekitar satu juta nefron. Pada tahap awal penyaringan di glomerulus, air dan zat terlarut seperti elektrolit, glukosa, dan limbah disaring dari darah menjadi filtrat glomerulus. Filtrat ini kemudian melewati tubulus ginjal, di mana proses reabsorpsi dan sekresi berlangsung untuk mempertahankan keseimbangan cairan dan elektrolit (Taylor et al., 2019).

b. Reabsorpsi Air dan Elektrolit

Pada tubulus proksimal, sebagian besar air, natrium, kalium, klorida, dan bikarbonat direabsorpsi ke dalam darah. Di sini, sekitar 65% natrium dan air yang difiltrasi diserap kembali.

Loop Henle juga penting dalam pengaturan keseimbangan cairan, terutama dalam menjaga gradien osmotik yang memungkinkan reabsorpsi air dan natrium yang selektif.

Tubulus distal dan duktus pengumpul merupakan lokasi di mana hormon antidiuretik (ADH) dan aldosteron berperan dalam mengatur jumlah air dan elektrolit yang diserap kembali. ADH meningkatkan permeabilitas duktus pengumpul terhadap air, sehingga lebih banyak air diserap saat tubuh mengalami dehidrasi.

c. Pengaturan Natrium dan Kalium

Natrium adalah elektrolit yang paling penting dalam mengatur keseimbangan cairan tubuh. Ginjal mengatur jumlah natrium yang diserap kembali atau dibuang melalui urine. Ketika natrium diserap kembali, air juga ikut direabsorpsi, membantu dalam menjaga volume darah dan tekanan darah.

Kalium adalah elektrolit penting lainnya yang diatur oleh ginjal. Ginjal menjaga kadar kalium dalam tubuh dengan menyaring kelebihan kalium dari darah dan membuangnya melalui urine (Kee, 2010).

d. Pengaturan pH Darah dan Bikarbonat

Ginjal berperan penting dalam menjaga keseimbangan asam-basa tubuh. Saat darah menjadi terlalu asam, ginjal meningkatkan ekskresi ion hidrogen (H^+) dan memproduksi lebih banyak bikarbonat untuk menetralkan asam tersebut. Sebaliknya, jika darah terlalu basa, ginjal akan menahan ion hidrogen dan membuang bikarbonat.

e. Antidiuretik Hormone (ADH)

Hormon ADH yang diproduksi oleh hipofisis posterior mengatur reabsorpsi air di duktus pengumpul ginjal. Saat kadar ADH tinggi, ginjal akan menyerap lebih banyak air, sehingga volume urine berkurang dan cairan tubuh dipertahankan. ADH dilepaskan ketika tubuh mengalami dehidrasi atau ketika konsentrasi natrium dalam darah meningkat.

f. Aldosteron

Aldosteron adalah hormon yang diproduksi oleh kelenjar adrenal yang mengatur reabsorpsi natrium dan sekresi kalium di tubulus distal ginjal. Hormon ini dilepaskan sebagai respons terhadap rendahnya kadar natrium atau volume darah, atau melalui aktivasi sistem renin-angiotensin (Ernstmeyer. & Christman., 2021).

g. Renin-Angiotensin-Aldosteron System (RAAS)

RAAS adalah sistem hormon yang sangat penting dalam pengaturan tekanan darah dan keseimbangan cairan. Renin, yang diproduksi oleh ginjal, menginisiasi konversi angiotensinogen menjadi angiotensin I, yang kemudian diubah menjadi angiotensin II oleh enzim angiotensin-converting enzyme (ACE). Angiotensin II memicu vasokonstriksi dan merangsang pelepasan aldosteron, yang meningkatkan reabsorpsi natrium dan air.

2. Gangguan Ginjal dan Ketidakseimbangan Cairan serta Elektrolit

a. Gagal Ginjal Akut dan Kronis

Ketika ginjal tidak mampu melakukan fungsinya dengan baik, ketidakseimbangan cairan dan elektrolit dapat terjadi. Pada gagal ginjal akut, ginjal kehilangan kemampuan untuk menyaring dan mengeluarkan limbah serta kelebihan elektrolit, yang dapat menyebabkan retensi cairan dan hiperkalemia (kadar kalium yang tinggi). Pada gagal ginjal kronis, fungsi ginjal secara bertahap menurun, menyebabkan akumulasi limbah dalam darah dan gangguan keseimbangan cairan dan elektrolit (Lobo, 2002).

b. Hiponatremia dan Hipernatremia

Hiponatremia adalah kondisi di mana kadar natrium dalam darah terlalu rendah, yang sering terjadi akibat kelebihan cairan atau kerusakan ginjal yang mengurangi ekskresi natrium. Hipernatremia terjadi ketika kadar natrium dalam darah terlalu tinggi, biasanya akibat dehidrasi yang parah.

c. Hiperkalemia dan Hipokalemia

Hiperkalemia terjadi ketika ginjal tidak dapat membuang kelebihan kalium, yang dapat menyebabkan gangguan jantung dan otot. Hipokalemia, di sisi lain, adalah kekurangan kalium yang dapat terjadi akibat kehilangan cairan berlebihan atau penggunaan diuretik, yang memengaruhi fungsi otot dan saraf.

2.2.3 Sistem Endokrin

Sistem endokrin berperan penting dalam mengatur berbagai fungsi tubuh, termasuk keseimbangan cairan dan elektrolit. Melalui sekresi hormon, sistem ini membantu menjaga homeostasis, mengontrol kadar air dalam tubuh, serta memastikan keseimbangan elektrolit seperti natrium, kalium, dan klorida. Hormon-hormon seperti aldosteron, hormon antidiuretik (ADH), hormon paratiroid, dan natriuretik atrial memegang peranan kunci dalam mekanisme tersebut. Dalam

makalah ini, akan dibahas bagaimana sistem endokrin berperan dalam mengatur kebutuhan cairan dan elektrolit, mekanisme kerja hormon-hormon tersebut, serta bagaimana gangguan pada sistem endokrin dapat memengaruhi keseimbangan ini.

Sistem endokrin terdiri dari kelenjar yang menghasilkan dan melepaskan hormon ke dalam darah untuk mengatur berbagai fungsi tubuh. Dalam kaitannya dengan keseimbangan cairan dan elektrolit, beberapa hormon utama berperan penting:

1. Aldosteron (dihasilkan oleh kelenjar adrenal)

- a. Aldosteron adalah hormon steroid yang diproduksi oleh kelenjar adrenal, terutama di zona glomerulosa dari korteks adrenal. Fungsi utama aldosteron adalah meningkatkan reabsorpsi natrium di ginjal, terutama di tubulus distal dan duktus pengumpul (*Aldosterone: What It Is, Function & Levels, 2022*).
- b. Ketika aldosteron dilepaskan, natrium diserap kembali ke dalam darah, dan air juga akan mengikuti natrium melalui proses osmosis, sehingga meningkatkan volume cairan darah dan menurunkan ekskresi natrium dalam urine. Pada saat yang sama, aldosteron merangsang ekskresi kalium, yang penting dalam menjaga keseimbangan antara natrium dan kalium.
- c. Pengaturan Aldosteron: Pelepasan aldosteron diatur oleh sistem renin-angiotensin-aldosteron (RAAS). Ketika volume darah atau tekanan darah rendah, ginjal merilis renin, yang mengaktifasi angiotensinogen menjadi angiotensin I, yang kemudian diubah menjadi angiotensin II. Angiotensin II merangsang pelepasan aldosteron untuk meningkatkan reabsorpsi natrium dan air, meningkatkan volume darah.

2. Hormon Antidiuretik (ADH) (dihasilkan oleh hipotalamus dan disekresikan oleh kelenjar pituitari posterior)

- a. ADH, juga dikenal sebagai vasopresin, adalah hormon yang diproduksi oleh hipotalamus dan disimpan serta disekresikan oleh kelenjar pituitari posterior. Fungsi utama ADH adalah mengatur keseimbangan air tubuh

dengan meningkatkan permeabilitas duktus pengumpul ginjal terhadap air.

- b. Ketika kadar ADH meningkat, ginjal menyerap lebih banyak air, sehingga volume urine menurun dan tubuh mempertahankan lebih banyak cairan. ADH juga membantu meningkatkan tekanan darah dengan menyebabkan vasokonstriksi.
- c. Pengaturan ADH: Pelepasan ADH diatur oleh konsentrasi osmolaritas plasma. Ketika kadar osmolaritas plasma meningkat (menunjukkan dehidrasi atau kelebihan natrium), reseptor osmoreseptor di hipotalamus mendeteksi perubahan ini dan merangsang pelepasan ADH. Sebaliknya, jika osmolaritas plasma menurun, pelepasan ADH berkurang.

3. Hormon Paratiroid (PTH) (dihasilkan oleh kelenjar paratiroid)

- a. PTH disekresikan oleh kelenjar paratiroid dan berperan penting dalam pengaturan kadar kalsium dalam tubuh. Kalsium adalah elektrolit yang sangat penting dalam fungsi sel, pembentukan tulang, dan transmisi impuls saraf.
- b. PTH meningkatkan kadar kalsium dalam darah dengan merangsang pelepasan kalsium dari tulang, meningkatkan reabsorpsi kalsium di ginjal, dan meningkatkan konversi vitamin D ke bentuk aktifnya di ginjal, yang kemudian meningkatkan penyerapan kalsium dari usus.
- c. Pengaturan PTH: PTH dilepaskan sebagai respons terhadap penurunan kadar kalsium dalam darah. Ketika kadar kalsium meningkat, pelepasan PTH ditekan melalui umpan balik negatif.

4. Peptida Natriuretik Atrial (ANP) (dihasilkan oleh atrium jantung)

- a. ANP adalah hormon yang diproduksi oleh sel-sel di atrium jantung sebagai respons terhadap peningkatan tekanan darah atau peningkatan volume darah. Fungsi utama ANP adalah menurunkan volume darah dan

tekanan darah dengan meningkatkan ekskresi natrium oleh ginjal, sehingga mengurangi reabsorpsi natrium dan meningkatkan diuresis (pengeluaran urine).

- b. Pengaturan ANP: ANP dilepaskan ketika serambi jantung (atrium) terdistensi akibat peningkatan volume darah. ANP bekerja berlawanan dengan sistem renin-angiotensin-aldosteron, yaitu menurunkan reabsorpsi natrium dan meningkatkan ekskresi natrium dan air melalui urine.

Hormon-hormon diatas bekerja sama untuk memastikan keseimbangan cairan dan elektrolit dalam tubuh tetap terjaga dalam rentang normal.

Selain hormon-hormon utama tersebut, beberapa hormon lain juga berperan dalam menjaga keseimbangan cairan dan elektrolit:

- a. Kortisol: Kortisol, hormon glukokortikoid yang diproduksi oleh kelenjar adrenal, memiliki efek natrium retentif yang mirip dengan aldosteron dalam kondisi tertentu, meskipun peran utamanya adalah sebagai hormon stres dan pengatur metabolisme.
- b. Estrogen: Hormon estrogen dapat meningkatkan retensi natrium, terutama pada wanita selama fase tertentu dari siklus menstruasi, yang dapat menyebabkan retensi cairan.
- c. Insulin: Hormon insulin juga memengaruhi keseimbangan kalium, karena insulin merangsang masuknya kalium ke dalam sel-sel tubuh. Kekurangan insulin atau resistensi insulin dapat menyebabkan gangguan keseimbangan kalium.

5. Gangguan Sistem Endokrin yang Mempengaruhi Keseimbangan Cairan dan Elektrolit

Gangguan pada sistem endokrin dapat menyebabkan ketidakseimbangan cairan dan elektrolit, yang dapat berdampak serius pada kesehatan. Beberapa kondisi yang relevan adalah:

- a. Hiperkortisolisme (*Sindrom Cushing*): Produksi kortisol yang berlebihan dapat menyebabkan retensi natrium dan

air, yang menyebabkan hipertensi dan edema (pembengkakan).

- b. Hipotiroidisme: Gangguan tiroid yang menghasilkan hormon tiroid dalam jumlah rendah dapat menyebabkan penurunan laju metabolisme dan retensi cairan, yang berkontribusi pada edema.
- c. Diabetes Insipidus: Kondisi ini disebabkan oleh kekurangan ADH atau respons ginjal yang terganggu terhadap ADH, yang menyebabkan produksi urine dalam jumlah besar dan kehilangan cairan yang signifikan, sehingga menyebabkan dehidrasi.
- d. Hiperaldosteronisme (Sindrom Conn): Produksi aldosteron yang berlebihan menyebabkan retensi natrium dan ekskresi kalium yang berlebihan, yang dapat menyebabkan hipertensi dan hipokalemia.

2.2.4 Sistem Kardiovaskuler

Sistem kardiovaskuler memiliki peran penting dalam mempertahankan homeostasis tubuh, termasuk keseimbangan cairan dan elektrolit. Sebagai sistem yang berfungsi mengalirkan darah ke seluruh tubuh, sistem kardiovaskuler tidak hanya mendistribusikan oksigen dan nutrisi, tetapi juga mengatur tekanan darah serta volume cairan yang diperlukan untuk menjaga keseimbangan elektrolit. Dalam makalah ini, kita akan membahas bagaimana sistem kardiovaskuler bekerja dalam kaitannya dengan keseimbangan cairan dan elektrolit, mekanisme yang terlibat, serta hubungan antara gangguan sistem kardiovaskuler dengan ketidakseimbangan cairan dan elektrolit.

Fungsi utama sistem ini adalah:

1. Memompa dan mendistribusikan darah: Jantung memompa darah melalui pembuluh darah untuk mengedarkan oksigen, nutrisi, dan elektrolit ke seluruh jaringan tubuh.
2. Mengatur tekanan darah: Jantung dan pembuluh darah berperan dalam mengatur tekanan darah melalui kontraksi otot jantung dan respon terhadap hormon serta faktor-faktor yang mempengaruhi resistensi vaskular.

3. Menjaga volume darah dan cairan: Sistem kardiovaskuler bekerja sama dengan sistem ginjal dan hormon untuk mengatur volume cairan dalam tubuh, yang secara langsung berkaitan dengan keseimbangan elektrolit.
4. Keseimbangan cairan dan elektrolit dalam tubuh sangat bergantung pada volume darah yang bersirkulasi melalui pembuluh darah. Penurunan atau peningkatan volume darah memicu mekanisme tertentu yang mempengaruhi keseimbangan cairan dan elektrolit, yang dijaga melalui sistem endokrin dan ginjal.

Mekanisme Sistem Kardiovaskuler dalam Pengaturan Keseimbangan Cairan dan Elektrolit

1. Hubungan Antara Volume Darah dan Cairan Tubuh

Volume darah adalah salah satu komponen penting yang berperan dalam keseimbangan cairan. Volume darah yang rendah dapat memicu respons dari jantung, pembuluh darah, dan ginjal untuk mempertahankan tekanan darah dan volume cairan tubuh.

Cairan dalam darah disebut plasma, yang mengandung air, elektrolit (natrium, kalium, kalsium, klorida, dan bikarbonat), protein, dan berbagai zat lain. Plasma membantu mengatur keseimbangan cairan antara jaringan dan sirkulasi darah.

2. Pengaturan Tekanan Darah oleh Sistem Kardiovaskuler

Tekanan darah adalah salah satu faktor kunci yang mengatur distribusi cairan dalam tubuh. Tekanan darah yang stabil memungkinkan cairan dan elektrolit didistribusikan secara merata ke seluruh tubuh.

Saat volume darah turun, tekanan darah akan menurun, yang dapat memicu pelepasan hormon seperti renin oleh ginjal untuk meningkatkan retensi natrium dan air. Sebaliknya, ketika tekanan darah meningkat, hormon seperti peptida natriuretik atrial (ANP) akan dilepaskan untuk meningkatkan ekskresi natrium dan air, sehingga menurunkan tekanan darah dan mengurangi volume cairan.

3. Peran Jantung dalam Pengaturan Volume Darah

Output jantung adalah jumlah darah yang dipompa oleh jantung per menit. Output ini mempengaruhi volume cairan yang mengalir melalui pembuluh darah.

Jika volume darah rendah atau terdapat ketidakseimbangan cairan, jantung akan meningkatkan output untuk menjaga sirkulasi darah dan pengiriman oksigen serta nutrisi, termasuk elektrolit, ke seluruh jaringan tubuh.

4. Pembuluh Darah dan Pengaturan Keseimbangan Cairan

Pembuluh darah, terutama kapiler, memiliki peran penting dalam proses pertukaran cairan antara darah dan jaringan. Melalui tekanan hidrostatik dan tekanan onkotik, cairan dan elektrolit bergerak masuk dan keluar dari kapiler ke ruang interstisial, menjaga keseimbangan cairan di dalam dan di luar sel.

Ketika tekanan darah meningkat, cairan cenderung keluar dari kapiler ke jaringan sekitarnya, yang dapat menyebabkan edema. Sebaliknya, penurunan tekanan darah akan menyebabkan cairan kembali masuk ke kapiler untuk menjaga volume darah.

5. Peran Hormon yang Dipengaruhi oleh Sistem Kardiovaskuler dalam Pengaturan Cairan dan Elektrolit

a. Sistem Renin-Angiotensin-Aldosteron (RAAS)

Sistem RAAS merupakan mekanisme hormonal yang melibatkan interaksi antara sistem kardiovaskuler, ginjal, dan sistem endokrin. Saat volume darah atau tekanan darah rendah, ginjal melepaskan renin, yang menginisiasi konversi angiotensinogen menjadi angiotensin I dan selanjutnya menjadi angiotensin II.

Angiotensin II memicu vasokonstriksi (penyempitan pembuluh darah) untuk meningkatkan tekanan darah, serta merangsang pelepasan aldosteron dari kelenjar adrenal. Aldosteron meningkatkan reabsorpsi natrium dan air di ginjal, sehingga meningkatkan volume darah dan tekanan darah.

b. Peptida Natriuretik Atrial (ANP)

ANP diproduksi oleh atrium jantung sebagai respons terhadap peningkatan tekanan darah atau peningkatan volume darah. Hormon ini berfungsi menurunkan volume darah dengan merangsang ekskresi natrium dan air melalui ginjal.

ANP bekerja berlawanan dengan RAAS dengan menurunkan reabsorpsi natrium di ginjal, yang pada gilirannya menurunkan volume darah dan tekanan darah.

c. Hormon Antidiuretik (ADH)

ADH berperan dalam pengaturan keseimbangan cairan dengan meningkatkan permeabilitas duktus pengumpul ginjal terhadap air. Saat ADH dilepaskan, ginjal akan menyerap lebih banyak air, sehingga volume darah meningkat dan tekanan darah terjaga.

Pelepasan ADH dipicu oleh peningkatan osmolaritas darah (kadar natrium yang tinggi) atau penurunan volume darah. Sistem kardiovaskuler berperan dalam mendeteksi perubahan volume darah melalui baroreseptor di dinding pembuluh darah.

6. Gangguan Sistem Kardiovaskuler yang Mempengaruhi Keseimbangan Cairan dan Elektrolit

a. Gagal Jantung

Pada gagal jantung, jantung tidak mampu memompa darah dengan efisien, yang menyebabkan penurunan output jantung dan volume darah yang bersirkulasi. Kondisi ini memicu retensi cairan dan natrium oleh ginjal sebagai upaya untuk meningkatkan volume darah. Hal ini dapat menyebabkan edema paru dan edema perifer akibat akumulasi cairan di jaringan.

Ketidakseimbangan elektrolit, terutama natrium dan kalium, sering terjadi pada pasien gagal jantung akibat penggunaan diuretik yang merangsang ekskresi elektrolit.

b. Hipertensi

Hipertensi atau tekanan darah tinggi sering kali berkaitan dengan ketidakseimbangan cairan dan

elektrolit, terutama natrium. Peningkatan natrium dalam tubuh menyebabkan retensi cairan, yang meningkatkan volume darah dan tekanan darah.

Penggunaan obat antihipertensi seperti diuretik sering kali menyebabkan kehilangan elektrolit penting seperti kalium, yang dapat mengganggu keseimbangan elektrolit.

c. Edema

Edema terjadi ketika cairan berlebih terkumpul di jaringan tubuh, biasanya akibat tekanan darah yang tinggi atau retensi cairan. Kondisi ini sering terjadi pada penyakit jantung, di mana cairan keluar dari pembuluh darah dan tertahan di jaringan, terutama di kaki dan pergelangan kaki.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldosterone: What It Is, Function & Levels.* (2022). Clevelandclinic.Org.
<https://my.clevelandclinic.org/health/articles/24158-aldosterone>
- Berman, A., Snyder, S. J., & Frandsen, G. (2016). Fluid, Electrolyte, and Acid–Base Balance. In K. Wilson & T. Zak (Eds.), *KOZIER & ERB'S FUNDAMENTALS OF NURSING Concepts, Process, and Practice* (10th ed., pp. 1308–1368). Pearson Education, Inc.
- El-Sharkawy, A. M., Sahota, O., Maughan, R. J., & Lobo, D. N. (2014). The pathophysiology of fluid and electrolyte balance in the older adult surgical patient. *Clinical Nutrition*, 33(1), 6–13.
<https://doi.org/10.1016/J.CLNU.2013.11.010>
- Ellis, D. (2011). Regulation of Fluids and Electrolytes. In *Smith's Anesthesia for Infants and Children: Expert Consult Premium Edition - Enhanced Online Features and Print* (Eighth Edition). Elsevier Inc.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-323-06612-9.00005-5>
- Ernstmeyer., K., & Christman., E. (2021). Fluids and Electrolytes. In *Nursing Fundamentals Textbook* (pp. 931–1018).
[https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK591820/#:~:text=The Renin-Angiotensin-Aldosterone System \(RAAS\) plays an,-Aldosterone System \(RAAS\).](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK591820/#:~:text=The Renin-Angiotensin-Aldosterone System (RAAS) plays an,-Aldosterone System (RAAS).)
- Hall, J. E. (2016). The Body Fluid Compartments: Extracellular and Intracellular Fluids; Edema. In *Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology* (13th ed., pp. 305–321). Elsevier.
- Halperin, M. L., Goldstein, M. B., & Stark, J. (1994). Fluid, Electrolyte and Acid-Base Physiology. In *Critical Care Nursing Quarterly* (Vol. 17, Issue 3).
<https://doi.org/10.1097/00002727-199411000-00016>
- Kee, J. L. et al. (2010). Handbook of Fluid, Electrolyte, and Acid-Base Imbalances. In *Sciences-New York*.

- Lobo, D. N. (2002). *Physiological Aspects of Fluid and Electrolyte Balance* (Issue October). University of Nottingham.
- Potter, P. A., Perry, A. G., & Stockert, P. A. (2021). Fluid, Electrolyte, and Acid-Base Balance. In *FUNDAMENTALS OF NURSING* (10th ed).
- Taylor, C., Lynn, P., & Bartlett, J. L. (2019). Fluid, Electrolyte, and Acid- Base Balance. In E. Buccieri & L. Ries (Eds.), *Fundamentals of Nursing The Art and Science of Person-Centered Care* (9th Editio). Wolters Kluwer.

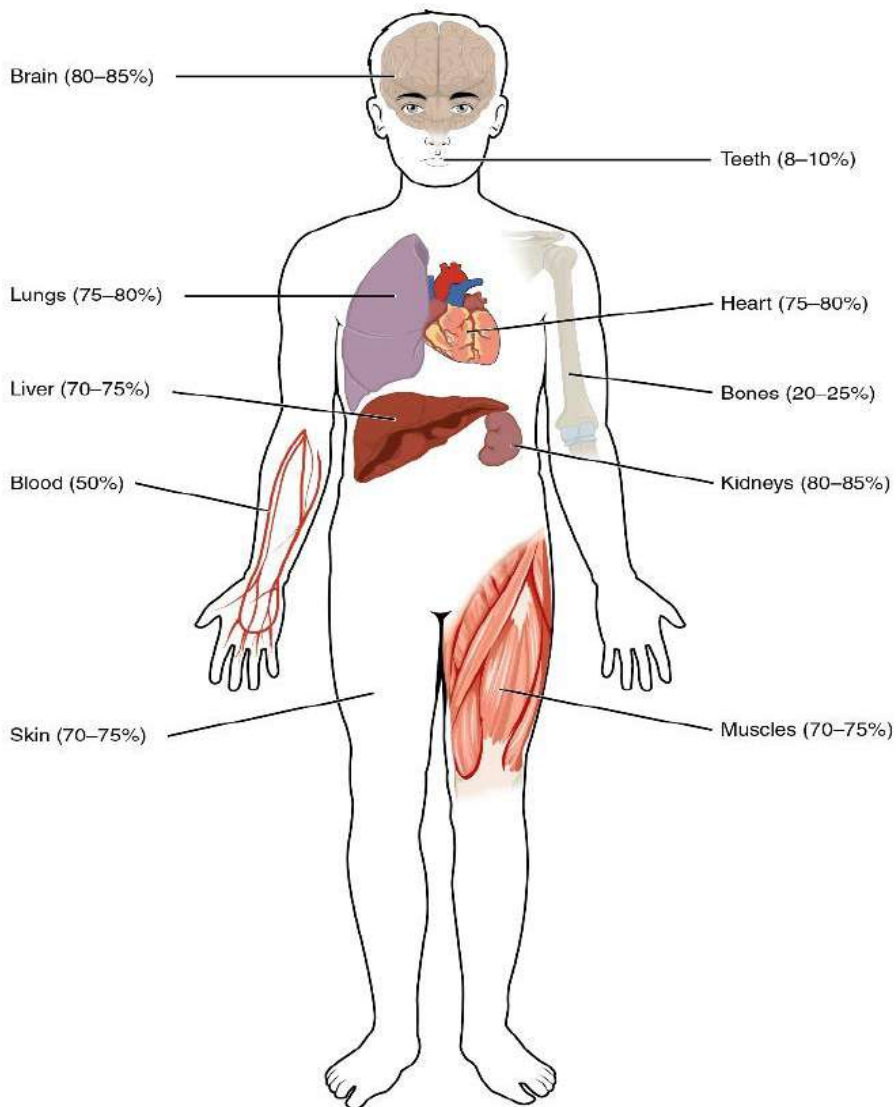
BAB 3

MEKANISME PERPINDAHAN CAIRAN TUBUH

Oleh Awatiful Azza

3.1 Struktur cairan Tubuh

Tubuh Manusia sebagian besar terdiri dari air dan berkisar antara 75 persen massa tubuh pada bayi, 50–60 persen pada pria dan wanita dewasa, dan hanya 45 persen pada usia tua. Persentase cairan tubuh berubah seiring dengan perkembangan dan usia, karena proporsi tubuh yang diberikan kepada masing-masing organ, otot, lemak, tulang, dan jaringan lain berubah dari masa bayi hingga dewasa. Otak dan ginjal manusia memiliki proporsi air tertinggi, yaitu 80–85 persen massanya. Sebaliknya, gigi memiliki proporsi air paling rendah, yaitu 8–10 persen (Williams, 2020).



Gambar 3.1. Kadar Air pada Organ dan Jaringan Tubuh

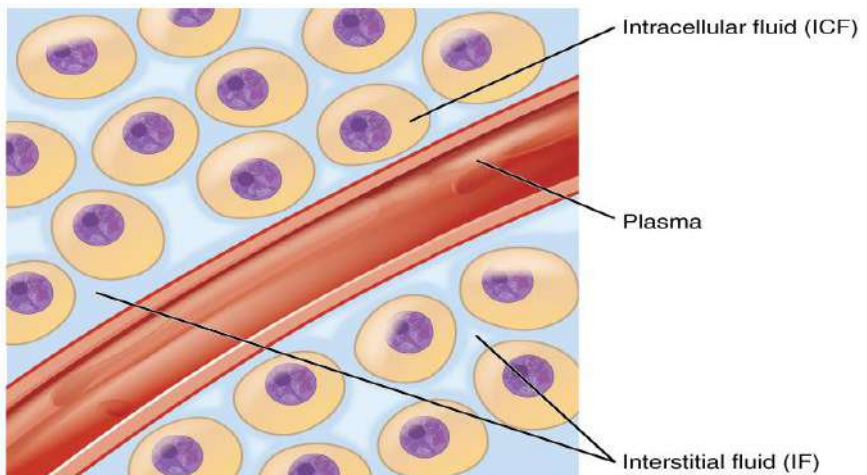
Sumber:

<https://pressbooks.bccampus.ca/dcbiol12031209/chapter/26-1-body-fluids-and-fluid-compartments/>

3.2 Kompartemen cairan (Huang et al., 2021)

Cairan tubuh dapat diidentifikasi berdasarkan kompartemen, sebuah lokasi yang sebagian besar terpisah dari kompartemen lain. Kompartemen cairan intraseluler (ICF) adalah sistem yang mencakup semua cairan yang terpisah dalam sel oleh membran plasmanya. Cairan ekstraseluler (ECF) mengelilingi semua sel dalam tubuh.

Cairan ekstraseluler memiliki dua unsur utama: komponen cairan darah (disebut plasma) dan cairan interstisial (IF) yang mengelilingi semua sel di luar darah.

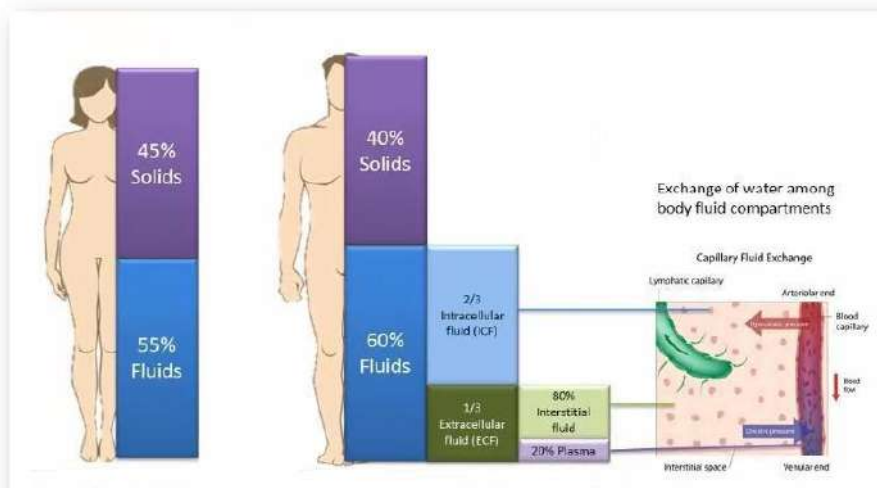


Gambar 3.2. Kompartemen Cairan dalam Tubuh Manusia
Sumber:

<https://pressbooks.bccampus.ca/dcbiol12031209/chapter/26-1-body-fluids-and-fluid-compartments/>

Perbedaan jumlah cairan dalam tubuh antara laki-laki dan perempuan

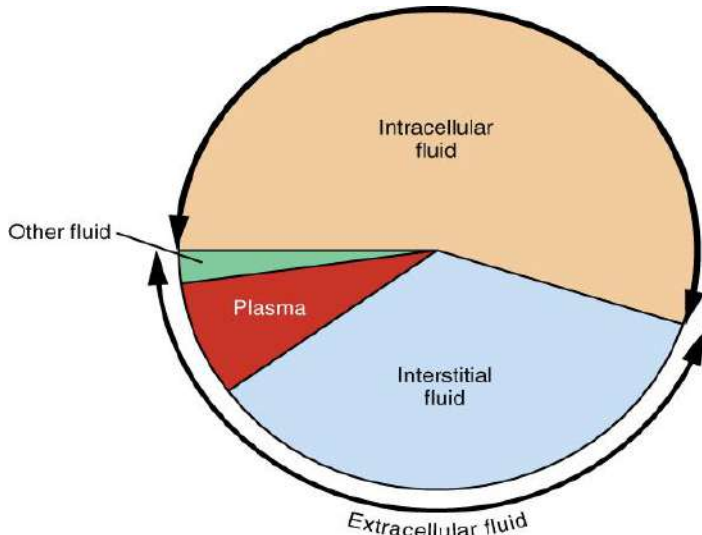
Terlihat seperti gambar di bawah ini:



Gambar 3.3. Ukuran kompartemen cairan antara laki-laki dan perempuan

1. Cairan Intraseluler (ICF)

ICF (*intra cell fluid*) terletak di dalam sel dan merupakan komponen utama sitosol/sitoplasma. ICF menyumbang sekitar 60 persen dari total air dalam tubuh manusia, dan pada pria dewasa dengan ukuran rata-rata, ICF menyumbang sekitar 25 liter (tujuh galon) cairan. Volume cairan ini cenderung sangat stabil, karena jumlah air dalam sel hidup diatur secara ketat. Jika jumlah air di dalam sel turun ke nilai yang terlalu rendah, sitosol menjadi terlalu pekat dengan zat terlarut untuk menjalankan aktivitas seluler normal; jika terlalu banyak air yang masuk ke dalam sel, sel dapat pecah dan hancur.



Gambar 3.4. Grafik Pie yang Menunjukkan Proporsi Total Cairan Tubuh di Setiap Kompartemen Cairan Tubuh

Sumber: [https://courses.lumenlearning.com/suny-](https://courses.lumenlearning.com/suny-ap2/chapter/body-fluids-and-fluid-compartments-no-content/)

[ap2/chapter/body-fluids-and-fluid-compartments-no-content/](https://courses.lumenlearning.com/suny-ap2/chapter/body-fluids-and-fluid-compartments-no-content/)

2. Cairan Ekstraseluler (ECF)

ECF (*ekstra cell fluid*) menyumbang sepertiga dari kandungan air tubuh. Sekitar 20 persen ECF ditemukan dalam plasma. Plasma mengalir ke seluruh tubuh melalui pembuluh darah dan mengangkut berbagai bahan, termasuk sel darah, protein (termasuk faktor pembekuan dan antibodi), elektrolit, nutrisi, gas, dan limbah. Gas, nutrisi, dan bahan limbah berpindah antara kapiler dan sel melalui IF. Sel dipisahkan dari IF oleh membran sel selektif permeabel yang membantu mengatur lewatnya bahan antara IF dan bagian dalam sel.

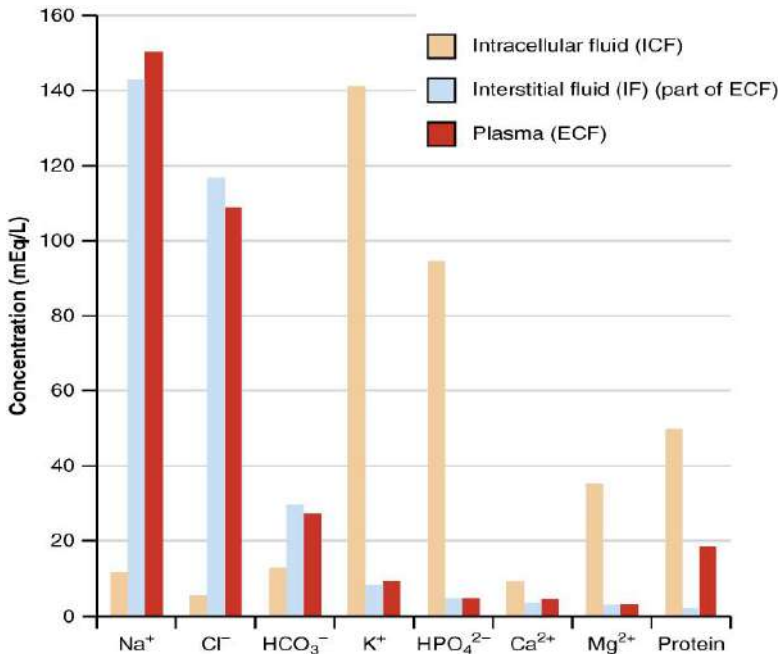
Tubuh memiliki ECF berbasis air lainnya. Ini termasuk cairan serebrospinal yang membasahi otak dan sumsum tulang belakang, getah bening, cairan sinovial di persendian, cairan pleura di rongga pleura, cairan perikardial di kantung jantung, cairan peritoneum di rongga peritoneum, dan aqueous humor. mata. Karena cairan ini

berada di luar sel, cairan ini juga dianggap sebagai komponen kompartemen ECF.

3.3 Komposisi Cairan Tubuh

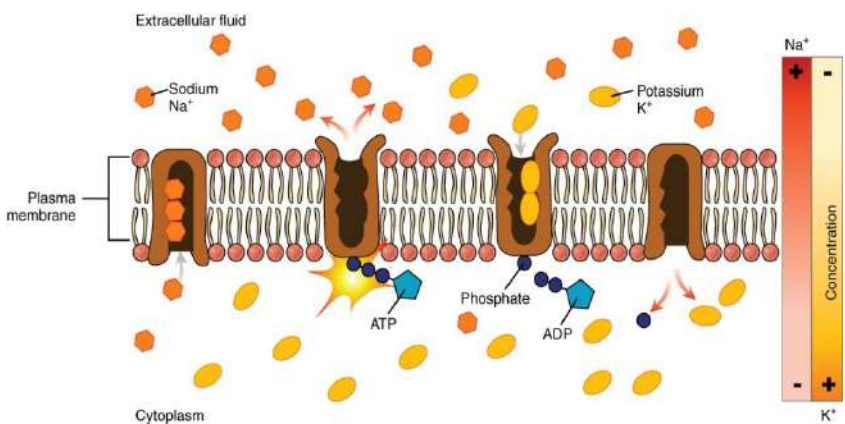
Komposisi kedua komponen ECF—plasma dan IF(interstisiil fluid(—lebih mirip satu sama lain dibandingkan dengan ICF (*intra cell fluid*). Plasma darah memiliki konsentrasi natrium, klorida, bikarbonat, dan protein yang tinggi. IF mempunyai konsentrasi natrium, klorida, dan bikarbonat yang tinggi, tetapi konsentrasi proteinnya relatif lebih rendah. Sebaliknya, ICF mengalami peningkatan jumlah kalium, fosfat, magnesium, dan protein.

Secara keseluruhan, ICF mengandung kalium dan fosfat (HPO_4^{2-}) dengan konsentrasi tinggi, sedangkan plasma dan ECF mengandung natrium dan klorida dengan konsentrasi tinggi.



Gambar 3.5. Konsentrasi Berbagai Unsur dalam Cairan Tubuh Utama

Sebagian besar cairan tubuh bersifat netral. Jadi, kation, atau ion bermuatan positif, dan anion, atau ion bermuatan negatif, berada dalam keadaan seimbang dalam cairan. Meskipun natrium dan kalium dapat “bocor” melalui “pori-pori” masuk dan keluar sel, kadar kalium yang tinggi dan kadar natrium yang rendah di ICF dipertahankan oleh pompa natrium-kalium di dalam membran sel. Pompa ini menggunakan energi yang disuplai oleh ATP untuk memompa natrium keluar sel dan kalium ke dalam sel.



Gambar 3.6. Pompa Natrium-Kalium
(kredit: modifikasi karya Mariana Ruiz Villarreal)

3.4 Perpindahan Cairan tubuh

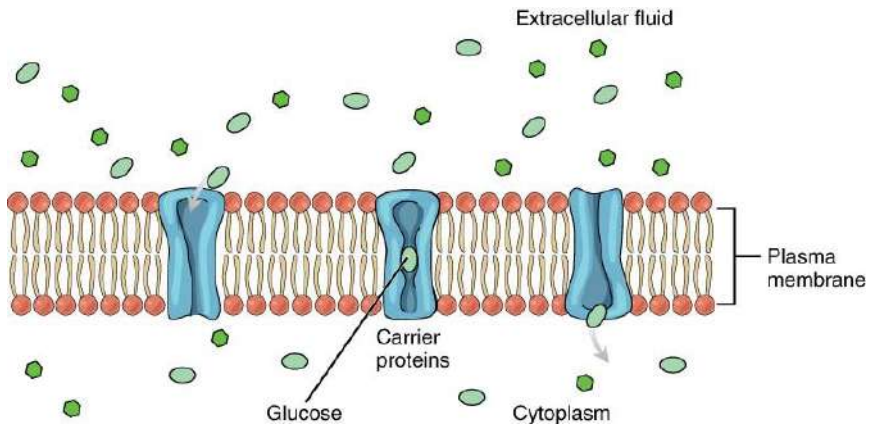
Pergerakan beberapa zat terlarut antar kompartemen bersifat aktif, yang memerlukan energi dan merupakan proses transpor aktif, sedangkan pergerakan zat terlarut lainnya bersifat pasif, yang tidak memerlukan energi. Transportasi aktif memungkinkan sel untuk memindahkan zat tertentu melawan gradien konsentrasinya melalui protein membran, yang membutuhkan energi dalam bentuk ATP. Misalnya, pompa natrium-kalium menggunakan transpor aktif untuk memompa natrium keluar sel dan kalium ke dalam sel, dengan kedua zat tersebut bergerak melawan gradien konsentrasinya.

Transpor pasif suatu molekul atau ion bergantung pada kemampuannya melewati membran, serta adanya gradien

konsentrasi yang memungkinkan molekul berdifusi dari area dengan konsentrasi lebih tinggi ke area dengan konsentrasi lebih rendah. Beberapa molekul, seperti gas, lipid, dan air itu sendiri (yang juga memanfaatkan saluran air di membran yang disebut aquaporin), cukup mudah lolos melalui membran sel; termasuk molekul polar seperti glukosa, asam amino, dan ion. Beberapa molekul ini masuk dan keluar sel menggunakan transpor terfasilitasi, dimana molekul bergerak menuruni gradien konsentrasi melalui saluran protein spesifik di membran. Proses ini tidak memerlukan energi. Misalnya, glukosa ditransfer ke dalam sel melalui pengangkut glukosa yang menggunakan transportasi terfasilitasi.

Ada proses menerima dan mengeluarkan cairan secara terus menerus. Setiap kompartemen akan dipisahkan oleh barrier atau membran yang membatasi mereka. Setiap zat yang akan pindah harus dapat menembus barrier tersebut. Bila substansi zat tersebut dapat menembus berarti membran tersebut permeabel terhadap zat tersebut. Jika substansi zat tidak dapat menembusnya, maka membran tersebut tidak permeabel terhadap zat tersebut. Jika membran disebut dengan semi permeabel (permeabel selektif) bila beberapa partikel dapat melaluinya tetapi partikel lain tidak dapat menembusnya.

Perpindahan cairan dan elektrolit dibagi menjadi tiga fase yaitu pertama, cairan yang terkandung oleh nutrisi dan oksigen diambil dari paru-paru dan saluran gastrointestinal akan dibawa melalui pembuluh darah berpindah dari seluruh tubuh ke dalam sistem sirkulasi, dimana cairan tersebut merupakan bagian dari cairan intravaskular. Kedua, cairan intravaskular dan zat-zat yang terlarut didalamnya akan saling bertukar dengan cairan interstitial melalui membran kapiler yang semipermeabel dan cairan interstitial tersebut bertukar tempat dengan cairan intraseluler melalui membran sel yang permeabel selektif. Perpindahan air dan zat terlarut di antara bagian-bagian tubuh melibatkan mekanisme transportasi aktif dan pasif. Mekanisme transportasi aktif memerlukan energi, sedangkan mekanisme transportasi pasif tidak.



Gambar 3.7. Molekul glukosa menggunakan difusi terfasilitasi untuk menurunkan gradien konsentrasi melalui saluran protein pembawa di membran. (kredit: modifikasi karya Mariana Ruiz Villarreal)

Proses perpindahan cairan melalui:

1. *Difusi*

Difusi merupakan bercampurnya molekul-molekul dalam cairan, gas, atau zat padat secara bebas dan acak. Proses difusi dapat terjadi bila dua zat bercampur dalam sel membran. Dalam tubuh proses difusi air, elektrolit, dan zat-zat lain terjadi melalui membran kapiler yang permeabel. Kecepatan proses difusi bervariasi, bergantung pada faktor ukuran molekul, konsentrasi cairan, dan temperatur cairan. Zat dengan molekul yang besar akan bergerak lambat dibanding molekul kecil. Molekul akan lebih mudah berpindah dari larutan dengan konsentrasi tinggi ke larutan dengan konsentrasi rendah. Larutan dengan konsentrasi yang tinggi akan mempercepat pergerakan molekul, sehingga proses difusi berjalan lebih cepat.

2.

3. *Osmosis*

Proses perpindahan zat ke larutan lain melalui membran semipermeabel biasanya terjadi dari larutan dengan konsentrasi yang kurang pekat ke larutan dengan

konsentrasi lebih pekat. Solut adalah zat pelarut, sedang solven adalah larutannya. Air merupakan solven, sedang garam adalah solut. Proses osmosis penting dalam mengatur keseimbangan cairan ekstra dan intrasel. Osmolaritas adalah cara untuk mengukur kepekatan larutan dengan menggunakan satuan mol. Natrium dalam NaCl berperan penting dalam mengatur keseimbangan cairan dalam tubuh. Apabila terdapat tiga jenis larutan garam dengan kepekatan yang berbeda dan di dalamnya dimasukkan sel darah merah, maka larutan yang mempunyai kepekatan sama yang akan seimbang dan berdifusi. Larutan NaCl 0,9% merupakan larutan yang isotonik karena larutan NaCl mempunyai kepekatan yang sama dengan larutan dalam sistem vaskular. Larutan isotonik merupakan larutan yang mempunyai kepekatan sama dengan larutan yang dicampur. Larutan hipotonik mempunyai kepekatan lebih rendah dibanding larutan intrasel. Pada proses osmosis dapat terjadi perpindahan dari larutan dengan kepekatan rendah ke larutan yang kepekatannya lebih tinggi melalui membran semipermeabel. Dengan demikian, larutan yang berkonsentrasi rendah volumenya akan berkurang, sedang larutan yang berkonsentrasi lebih tinggi akan bertambah volumenya.

Tekanan osmotik dalam larutan ideal dipengaruhi oleh suhu dan volume:

$$P = nRT / V$$

P adalah tekanan osmotik,

n adalah jumlah partikel,

R adalah konstanta gas,

T suhu absolut, dan

V volume.

Jumlah partikel (n) dapat dihitung dengan mengkalikan (massa zat terlarut / berat molekul zat terlarut) dengan jumlah partikel dimana zat terlarut terdisosiasi. Total tekanan osmotik plasma adalah sekitar 5545 mm Hg.

Osmolalitas dapat digunakan untuk menggambarkan solusi yang mengandung banyak jenis partikel dan jumlah osmol (masing-masing mengandung 6×10^{23} dari semua jenis partikel yang hadir) hadir dalam 1 kg pelarut. Osmolalitas tubuh normal adalah 285 hingga 290 mOsm / kg dan sama dalam kompartemen intraseluler dan ekstraseluler karena pergerakan air bebas antar kompartemen yang akibatnya mencegah perkembangan gradien osmotik.

Kontribusi terbesar terhadap osmolalitas plasma dibuat oleh natrium dan anionnya yang terkait, klorida dan bikarbonat. Itu bisa diperkirakan dengan: Osmolalitas serum = $(2 \times \text{Na}) + (\text{glukosa} / 18) + (\text{urea} / 2,8)$ di mana Na adalah konsentrasi natrium serum (mEq / L), glukosa adalah konsentrasi glukosa serum (mg / dL), urea adalah konsentrasi nitrogen urea darah (mg / dL), dan komponen $(2 \times \text{Na})$ mencerminkan keduanya Na dan anionnya yang terkait (terutama Cl^- dan HCO_3^-). Atau, osmolalitas dapat diukur dengan depresi titik beku plasma. Osmolaritas adalah jumlah osmol zat terlarut per liter larutan.

4. *Transpor aktif*

Proses perpindahan cairan tubuh dapat menggunakan mekanisme transpor aktif. Transpor aktif merupakan gerak zat yang akan berdifusi dan berosmosis. Proses ini terutama penting untuk mempertahankan natrium dalam cairan intra dan ekstrasel. Proses pengaturan cairan dapat dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu tekanan cairan dan membran.

a. *Tekanan cairan*

Proses difusi dan osmosis melibatkan adanya tekanan cairan.

Proses osmotik juga menggunakan tekanan osmotik yang merupakan kemampuan partikel pelarut untuk menarik larutan melalui membran. Bila dua larutan dengan perbedaan konsentrasi dan larutan yang mempunyai konsentrasi lebih pekat molekulnya tidak dapat bergabung, maka larutan tersebut disebut koloid.

Sementara itu, larutan yang mempunyai kepekatan yang sama dan dapat bergabung disebut sebagai kristaloid. Sebagai contoh, larutan kristaloid adalah larutan garam, tetapi dapat menjadi koloid apabila protein bercampur dengan plasma. Secara normal, perpindahan cairan menembus membran sel permeabel tidak terjadi. Prinsip tekanan osmotik ini sangat penting dalam proses pemberian cairan intravena. Biasanya, larutan yang sering digunakan dalam pemberian infus intravena bersifat isotonik karena mempunyai konsentrasi yang sama dengan plasma darah. Hal ini penting untuk mencegah perpindahan cairan dan elektrolit ke dalam intrasel. Larutan intravena bersifat hipotonik, yaitu larutan yang konsentrasinya kurang pekat dibanding konsentrasi plasma darah. Tekanan osmotik plasma akan lebih besar dibandingkan tekanan osmotik cairan interstisial karena konsentrasi protein dalam plasma dan molekul protein lebih besar dibanding cairan interstisial, sehingga membentuk larutan koloid dan sulit menembus membran semipermeabel. Tekanan hidrostatik adalah kemampuan tiap molekul larutan yang bergerak dalam ruang tertutup. Hal ini penting guna mengatur keseimbangan cairan ekstra dan intrasel.

b. *Membran semipermeable*

Membran semipermeabel merupakan penyaring agar cairan yang bermolekul besar tidak tergabung. Membran semipermeabel terdapat pada dinding kapiler pembuluh darah, yang terdapat di seluruh tubuh sehingga molekul atau zat lain tidak berpindah ke jaringan.

Cairan Volume dan komposisi masing-masing kompartemen fluida tergantung pada penghalang yang memisahkannya dari kompartemen lain:

1. Membran sel

Membran sel memisahkan kompartemen intraseluler dan ekstra seluler dan sebagai bilayer lipid tidak dapat dilakukan oleh molekul hidrofilik besar dan partikel

bermuatan seperti ion bebas. Selain oleh difusi pasif molekul tertentu, zat terlarut dapat melintasi membran sel dalam beberapa cara.

2. Protein Pembawa Aktif Primer.

Transport solusi terhadap gradien konsentrasi memerlukan energi dan karenanya secara langsung digabungkan ke hidrolisis adenosin trifosfat (ATP) — misalnya, oleh Na^+/K^+ -Adenosine triphosphatases (ATPases). Ini adalah mekanisme dasar dimana gradien konsentrasi ion dipertahankan, yang pada gilirannya mendorong berbagai proses biologis, termasuk gerakan air dan zat terlarut dan transmisi impuls listrik dalam jaringan yang mudah terbakar. Transport Aktif Sekunder. Proses pengangkutan aktif sekunder menggunakan gradien konsentrasi yang diatur oleh ATPases untuk mengangkut zat terlarut yang digerakkan oleh ion yang bergerak turun gradien konsentrasinya, biasanya Na^+ . Proses ini disebut ko-transport ketika zat terlarut juga bergerak ke bawah gradien konsentrasinya atau countertransport ketika zat terlarut dipindahkan terhadap gradien konsentrasinya.

3. Saluran terlarut.

Saluran zat terlarut memungkinkan pengangkutan zat terlarut lebih cepat daripada dengan ATPases atau difusi transmembran. Contohnya termasuk voltagegated Na^+ saluran dan transporter glukosa GLUT1, yang ketika dimasukkan ke dalam membran plasma memungkinkan glukosa untuk melakukan perjalanan turun gradien konsentrasi. Proses ini disebut difusi difasilitasi.

4. Endositosis dan Eksositosis.

Proses endositosis dan eksositosis terlibat dalam pengangkutan protein besar dan polipeptida melintasi membran sel.

5. Endotelium Vaskular

Fungsi penghalang dari endotel pembuluh darah sangat relevan secara perioperatif karena peran utamanya dalam mempertahankan volume cairan intravaskular. Trauma jaringan pada pembedahan biasanya menyebabkan

hilangnya volume intravaskular melalui kehilangan darah saat pembedahan atau pergeseran terkait peradangan ke kompartemen jaringan lainnya. Efek fisiologis cairan intravena yang diberikan untuk mengatasi kehilangan ini dan mempertahankan pengiriman oksigen jaringan yang memadai sangat tergantung pada penanganan cairan pada tingkat kapiler.

6. Struktur Kapiler.

Struktur kapiler bervariasi tergantung pada fungsi organ yang mendasarinya. Jenis kapiler yang paling umum adalah kapiler nonfenestrasi, terdiri dari membran basement kontinu dan satu lapisan sel endotel yang dihubungkan oleh persimpangan yang diselingi oleh jeda. Celah antar seluler ini adalah saluran utama untuk aliran cairan transkapiler. Aspek intravaskuler sel endotel tertutup oleh jaringan glikosaminoglikan (GAG) yang terus-menerus, termasuk sindecan-1, asam hialuronat, dan glikogen, yang terkait dengan proteoglikan yang terikat membran; dan glikoprotein, bersama-sama membentuk lapisan glikokaliks endotel (EGL). EGL mencakup fenestrasi dan celah antar sel dan memiliki ketebalan hingga 1 μm . Selain fungsinya dalam mencegah adhesi trombosit dan leukosit, air dan elektrolit dapat bergerak bebas melintasi penghalang endotel vaskular melalui EGL dan kemudian celah antar sel atau melalui fenestrasi di kapiler yang lebih khusus. Protein sebelumnya dianggap dikeluarkan dari ISF pada tingkat sel endotel; Namun, sekarang tampaknya ini terjadi pada tingkat glikokaliks. Lapisan subglycocalyceal (SGL) mengandung cairan yang tidak mengandung protein; transportasi protein yang lebih lambat ke dalam ISF dapat terjadi di sel-sel endotelial oleh endositosis dan eksositosis dan melalui transportasi melalui sejumlah kecil pori-pori besar, membentuk gradien dalam konsentrasi protein dari kompartemen SGL ke ISF. Volume SGL mungkin sekitar 700 hingga 1000 mL; volume ini membentuk bagian dari volume intravaskular dan memiliki komposisi elektrolit dalam keseimbangan dengan plasma tetapi konsentrasi protein

yang jauh lebih rendah karena pengecualian efektif molekul yang lebih besar oleh glikokaliks.

7. Fungsi Kapiler.

Pergerakan cairan melintasi membran kapiler pada awalnya dijelaskan oleh Starling dan kemudian disempurnakan. Gradien tekanan hidrostatik pada ujung arteriol kapiler, lebih besar dari gradien tekanan onkotik ke dalam, mengarah ke filtrasi bersih air ke dalam ISF. Sebagian besar air ini sebelumnya dianggap diserap kembali ke dalam ruang vaskular menuju ujung venular kapiler, di mana tekanan hidrostatik keluar lebih rendah dan gradien tekanan onkotik meningkat dengan pengecualian protein dari filtrat kapiler oleh kapiler. endotelium Air yang tidak diserap kembali oleh kapiler dikeluarkan dari ISF oleh limfatik.

3.5 Distribusi Pemasukan dan Pengeluaran Cairan Tubuh

Keseimbangan cairan tubuh adalah keseimbangan antara jumlah cairan yang masuk dan keluar. Melalui mekanisme keseimbangan, tubuh berusaha agar cairan didalam tubuh setiap waktu selalu berada dalam jumlah yang kosntan. Dalam keadaan normal, masukan cairan akan dipenuhi melalui minum atau makanan yang masuk ke dalam tubuh secara peroral, serta air yang diperoleh sebagai hasil metabolisme. Air yang keluar dari tubuh, termasuk yang dikeluarkan sebagai urin, air didalam feses, isensibel dan air yang dikeluarkan melalui kulit dan paru-paru. Gambaran keseimbangan masukan dan keluaran cairan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3.1. Keseimbangan masukan dan keluaran air

Masukan		Keluaran	
Terlihat	Tak	Terlihat	Tak
Minuman	-	Urin 700	
Makanan	750	Kulit -	500
Oksigenasi	350	Nafas -	400
		Feses -	1500
650 ml	1100 ml	700 ml	1050 ml

Kebutuhan air setiap hari dapat ditentukan dengan dua cara, ditentukan berdasarkan umur dan berat badan. Jika berdasarkan umur ditentukan dari umur 0-1 tahun memerlukan air sekitar 120 ml/kg BB, 1-3 tahun memerlukan air sekitar 100 ml/kg BB, 3-6 tahun memerlukan air sekitar 90 ml/kg BB, 7 tahun memerlukan air sekitar 70 ml/kg BB, dan dewasa memerlukan sekitar 40-50 ml/kg BB. Sedangkan berdasarkan berat badan ditentukan mulai dari 0-10 kg kebutuhan cairannya 100 ml/kg BB, 10-20 kg kebutuhan cairannya 1000 ml ditambah dengan 50 ml/kg BB (jika diatas 10 kg), dan jika diatas 20kg kebutuhan cairannya sekitar 1500ml ditambah 20 ml/kg BB (jika diatas 20 kg), dan jika dewasa memerlukan cairan 40-50 ml/kg BB.

Pengeluaran cairan sebagai bagian dalam mengimbangi kebutuhan cairan pada orang dewasa. Pengeluaran cairan ini dibagi menjadi empat proses yaitu urin, IWL (*Insensible Water Loss*), keringat, dan feses. Dalam kondisi normal, output urin sekitar 1400-1500 ml per 24 jam, atau sekitar 30-50 ml per jam. Pada orang sehat kemungkinan produksi urin bervariasi dalam setiap harinya. Bila aktivitas kelenjar keringat meningkat, maka produksi urin akan menurun sebagai upaya tetap mempertahankan keseimbangan dalam tubuh. IWL terjadi melalui paru-paru dan kulit, melalui mekanisme difusi. Pada orang dewasa normal, kehilangan cairan tubuh melalui IWL berkisar 200-400 ml perhari. Tetapi, IWL akan meningkat jika ada proses peningkatan suhu tubuh dan proses respirasi meningkat. Pengeluaran cairan dari proses berkeringat terjadi sebagai respon terhadap kondisi tubuh yang panas, respon ini

berasal dari anterior hypothalamus, lalu impulsnya akan ditransfer melalui sumsum tulang belakang yang dirangsang oleh susunan saraf simpatis pada kulit. Pada pengeluaran air melalui feses, berkisar antara 1500 mL per hari, yang diatur melalui mekanisme reabsorpsi di dalam mukosa usus besar (kolon).

DAFTAR PUSTAKA

- Huang, L., Shao, D., Wang, Y., Cui, X., Li, Y., Chen, Q., & Cui, J. (2021). Human body-fluid proteome: Quantitative profiling and computational prediction. *Briefings in Bioinformatics*, 22(1), 315–333. <https://doi.org/10.1093/bib/bbz160>
- Laksana, Eri. 2015. Strategi Terapi Cairan pada Dehidrasi. SMF Anestesi dan Terapi Intensif RSUP dr. Kariadi. Semarang.
- M. Sawdon *et al.* (2017). Capillary dynamics and the interstitial fluid–lymphatic system. *Anaesth Intensive Care Med*
- Panelmark A. Henderson, Stuart Gillon, Mo Al-Haddad . (2021). Organization And Composition Of Body Fluids. **Anaesthesia & Intensive Care Medicine** Volume 22, Issue 8, August 2021, Pages 511-517
- Williams, G. A. (2020). Body fluid identification: A case for more research and innovation. *Forensic Science International: Reports*, 2(May), 100096. <https://doi.org/10.1016/j.fsir.2020.100096>

BAB 4

PENGATURAN VOLUME CAIRAN

TUBUH MANUSIA

Oleh Dewi Rahmawati

4.1 Fisiologi Keseimbangan Cairan

Tubuh secara normal menjaga keseimbangan antara jumlah cairan yang masuk dan jumlah yang dikeluarkan yang dikenal dengan homeostasis cairan. Interaksi berbagai sistem tubuh berkontribusi pada pengaturan volume cairan tubuh manusia untuk menjaga keseimbangan antara masuknya dan keluarnya cairan. Proses homeostasis cairan dikenal sebagai kemampuan tubuh untuk mempertahankan keseimbangan antara masuknya dan keluarnya cairan.

Mekanisme kerja homeostasis cairan menurut Taylor, C., Lillis, C., Lemone, P., & Lynn, P. (2018) terdiri dari beberapa proses yaitu sebagai berikut :

4.1.1 Pengaturan *Intake* Cairan

Proses ini berupa proses pada tubuh yang mengatur rasa lapar dan haus untuk meregulasi jumlah intake yang dikonsumsi. Hal ini dipengaruhi juga oleh pengeluaran hormon antidiuretik dan sistem syaraf mengatur respons haus.

Haus menjadi respons alami tubuh ketika terjadi kehilangan cairan atau peningkatan konsentrasi elektrolit dalam darah. Sistem syaraf dan hormonal mengatur proses ini untuk menjaga tubuh tetap mendapatkan cairan yang cukup. Fisiologi haus digambarkan sebagai berikut :

1. Persepsi Haus: Saat tubuh kekurangan cairan, reseptor tertentu di ginjal dan otak menunjukkan peningkatan konsentrasi elektrolit dalam darah atau penurunan volume cairan tubuh. Jika ada peningkatan konsentrasi elektrolit, seperti natrium atau kalium, dalam darah, tubuh dapat

merasa haus dan meningkatkan penyerapan air oleh ginjal untuk mengembalikan keseimbangan elektrolit.

2. **Sistem Syaraf:** Sistem saraf memainkan peran penting dalam mengatur perasaan haus. Sinyal dari reseptor haus dikirim ke bagian otak yang disebut hipotalamus melalui sistem syaraf. Hipotalamus menggabungkan sinyal ini dan mengirimkannya ke bagian otak lainnya yang mengatur perasaan haus dan reaksi perilaku terhadapnya dengan langsung minum cairan untuk mengurangi rasa haus dan membantu mendapatkan keseimbangan cairannya.
3. **Sistem Hormonal:** Selain sistem saraf, regulasi haus juga dipengaruhi oleh hormon. Kelenjar hipofisis di otak mengeluarkan hormon antidiuretik (ADH) ketika tubuh dehidrasi atau konsentrasi elektrolit dalam darah meningkat. ADH melakukan ini untuk mendorong ginjal untuk menyerap kembali air dan elektrolit sehingga absorpsi air bisa dikirimkan ke seluruh jaringan dan organ tubuh untuk memenuhi kebutuhan hidrasi,

4.1.2 Peran Ginjal dalam Proses Regulasi Cairan

Ginjal memainkan peran penting dalam mengontrol volume cairan tubuh. Proses filtrasi di glomerulus ginjal memungkinkan zat-zat berukuran kecil seperti air, elektrolit, dan limbah keluar dari darah ke dalam tubulus ginjal. Kemudian, reabsorpsi mengembalikan zat-zat penting seperti air, natrium, kalium, dan glukosa kembali ke dalam darah untuk tetap ada.

Ginjal mengontrol pH ECF dengan menghilangkan ion hidrogen atau ion bikarbonat dari cairan tubuh. Jika konsentrasi bikarbonat dalam ECF lebih besar dari normal, ginjal mengeluarkan lebih banyak ion bikarbonat, sehingga urin menjadi lebih basa. Sebaliknya, jika lebih banyak ion hidrogen diekskresikan dalam urin, maka urin menjadi lebih asam. Mekanisme ginjal untuk mengatur keseimbangan asam-basa tidak dapat menyesuaikan pH dalam hitungan detik, seperti halnya sistem penyangga ECF, atau dalam hitungan menit, seperti halnya mekanisme kompensasi pernapasan, tetapi dapat berfungsi dalam jangka waktu beberapa jam atau beberapa hari

untuk mengoreksi ketidakseimbangan asam-basa (Taylor, C., Lillis, C., Lemone, P., & Lynn, P, 2018).

Sistem ekskresi memiliki fungsi dalam homeostasis tubuh yang meliputi proses pembentukan urin, ekskresi produk limbah, regulasi ekskresi elektrolit, asam dan air serta mekanisme autoregulasi tekanan darah. Berikut ini akan dibahas setiap fisiologi pada sistem perkemihan yang berperan dalam pengaturan cairan tubuh yaitu sebagai berikut.

Proses Pembentukan Urin

Proses pembentukan urin terjadi di nefron ginjal melalui tiga tahapan antara lain: filtrasi glomerulus, reabsorpsi tubular, dan sekresi tubular.

1. Filtrasi glomerulus

Pada ginjal yang normal, proses ini diawali dengan adanya darah mengalir yang berasal dari arterioli aferen menuju ke glomerulus ginjal sebanyak 1.200 ml/menit. Terjadi proses filtrasi glomerulus dan cairan hasil filtrasi dikenal sebagai filtrat atau ultrafiltrat. Proses berikutnya adalah filtrat akan masuk ke tubulus ginjal. Dalam kondisi normal, sekitar 20% darah yang melewati glomerulus disaring ke dalam nefron sebanyak 180 liter filtrat/hari. Filtrat yang disaring terdiri dari air, elektrolit dan molekul kecil lainnya, karena air dan molekul kecil dibiarkan lewat, sedangkan molekul yang lebih besar tetap berada di aliran darah. Filtrasi yang efisien tergantung pada aliran darah yang memadai untuk dapat mempertahankan tekanan yang konsisten melalui glomerulus. Terdapat beberapa faktor mempengaruhi perubahan aliran dan tekanan darah ini seperti kondisi hipotensi, penurunan tekanan onkotik dalam darah, dan peningkatan tekanan pada tubulus ginjal akibat obstruksi.

2. Reabsorpsi Tubulus

Reabsorpsi Tubulus terdiri dari 99% merupakan H₂O yang terfiltrasi, 100% gula yang terfiltrasi dan 95 % adalah garam. Proses reabsorpsi harus melewati 5 sawar dimana tahap 1 : bahan meninggalkan cairan tubulus dg melewati

membran luminal tubulus, tahap 2 : bahan harus melewati sitosol dr satu sisi ke sel tubulus ke sisi lain, tahap 3 : bahan harus melewati membran basolateral sel tubulus untuk masuk ke cairan interstitium, tahap 4 : bahan harus berdifusi melalui cairan interstitium, tahap 5 : bahan harus menembus dinding kapiler utk masuk ke plasma darah. Dalam reabsorpsi tubular, zat yang sudah di filter akan diserap kembali ke kapiler peritubular atau vasa recta. Dalam sekresi tubular, suatu zat bergerak dari kapiler peritubular atau vasa recta ke tubular proksimal. Sekitar 180 liter (45 galon) zat metabolik yang diproduksi ginjal setiap hari, 99% diserap kembali ke dalam aliran darah, sehingga akan menghasilkan sekitar 1.000-1.500 ml urin setiap hari. Meskipun sebagian besar reabsorpsi terjadi di tubulus proksimal, reabsorpsi terjadi di sepanjang seluruh tubulus (tubulus distal dan kolektivus). Reabsorpsi dan sekresi di tubulus melalui proses transport pasif dan aktif serta mungkin memerlukan menggunakan energi. Filtrat menjadi terkonsentrasi di tubulus distal dan saluran pengumpul di bawah pengaruh hormon antidiuretik (ADH) dan menjadi urin yang kemudian masuk ke pelvis ginjal (Brunner & Suddarth, 2005 ; Brunner & Suddarth, 2013).

3. *Sekresi Tubulus*

Sekresi tubulus menjadi proses berikutnya dimana mekanismenya berupa pengeluaran sisa metabolik, sekresi mulai dari kapiler peritubulus menuju lumen tubulus. Terdapat beberapa zat lain seperti kalium, kreatinin, hidrogen, ammonia serta asam organik yang turut berpindah dari darah di kapiler peritubular ke dalam tubulus yang disebut dengan filtrat. Zat sisa lain yang turut disekresi berupa obat dan sisa metabolik yang tidak dibutuhkan tubuh. Proses sekresi ini memiliki peran dalam mengatur homeostasis asam basa serta mengeluarkan zat kimia yang tidak diinginkan. Bahan penting yang disekresi di dalam tubulus diantaranya ion hidrogen (H^+), K, serta anion dan kation organik. Sekresi ion H^+ penting utk keseimbangan asam basa dimana jika cairan terlalu asam

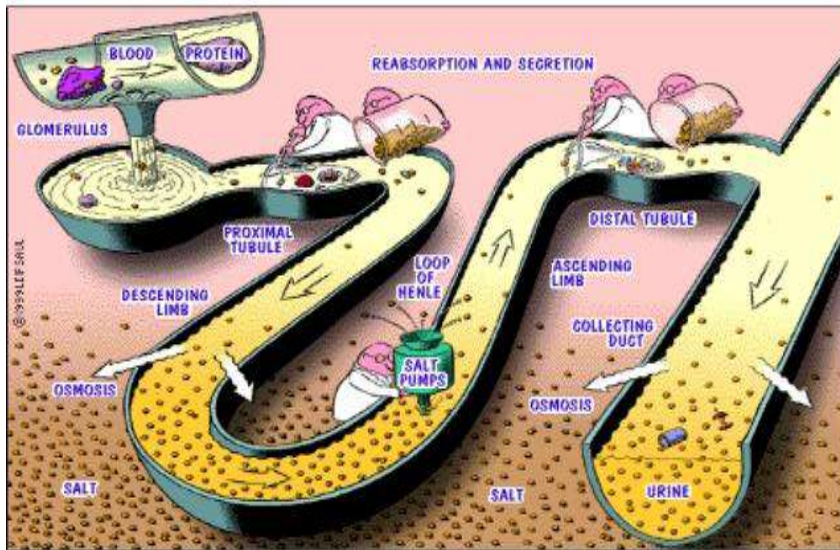
maka terjadi sekresi H^+ meningkat, sebaliknya jika cairan terlalu basa maka sekresi H^+ menurun.

Sekresi zat lain berupa ion kalium yang dikontrol oleh aldosteron. Dimana aldosteron merangsang sekresi K^+ untuk meningkatkan reabsorpsi Na^+ oleh sel tubulus. Mekanisme yang terjadi jika terjadi peningkatan K^+ plasma maka akan merangsang pengeluaran aldosteron sehingga terjadi sekresi K^+ oleh korteks adrenal. Sedangkan, jika terjadi penurunan Na^+ plasma maka akan merangsang sekresi aldosteron melalui Sistem Renin Angiotensin Aldosteron. Sekresi anion dan kation organik dimana sistem sekresi memiliki fungsi untuk mengeluarkan pembawa pesan kimiawi dalam darah (prostaglandin, histamin norepinefrin), ion organik yang bersifat kurang larut dalam air, eliminasi senyawa asing dlm tubuh (obat dan lain - lain) (Brunner & Suddarth, 2005 ; Brunner & Suddarth, 2013).

4. Ekskresi Produk Limbah

Ginjal berfungsi sebagai organ ekskresi utama dalam tubuh, karena memiliki kemampuan membuang produk sisa metabolisme tubuh. Produk limbah utama dari metabolisme protein adalah urea sebanyak 25 hingga 30 gram diproduksi serta diekskresikan setiap hari. Semua urea ini harus dikeluarkan melalui urin dan sisanya akan terakumulasi di jaringan tubuh. Produk limbah metabolisme lainnya yaitu kreatinin, fosfat, dan sulfat yang juga harus dikeluarkan. Zat metabolik seperti asam urat merupakan hasil dari proses metabolisme purin yang juga akan dibuang melalui urin. Ginjal berfungsi berperan dalam mekanisme utama pengeluaran obat.

Ekskresi urine dan bersihan plasma terdiri dari 125 ml plasma terfiltrasi, ada 124 ml/menit direabsorpsi sehingga jumlah urin yang dibentuk 1 ml/menit. Bersihan Plasma terdiri dari volume plasma yang dibersihkan secara tuntas oleh ginjal per menit (efektivitas ginjal dalam mengeluarkan berbagai bahan dari lingkungan cairan internal).



Gambar 4.1. Alur Proses Pembentukan Urin

Sumber : <https://www.kenhub.com/en/library/anatomy/urinary-system>

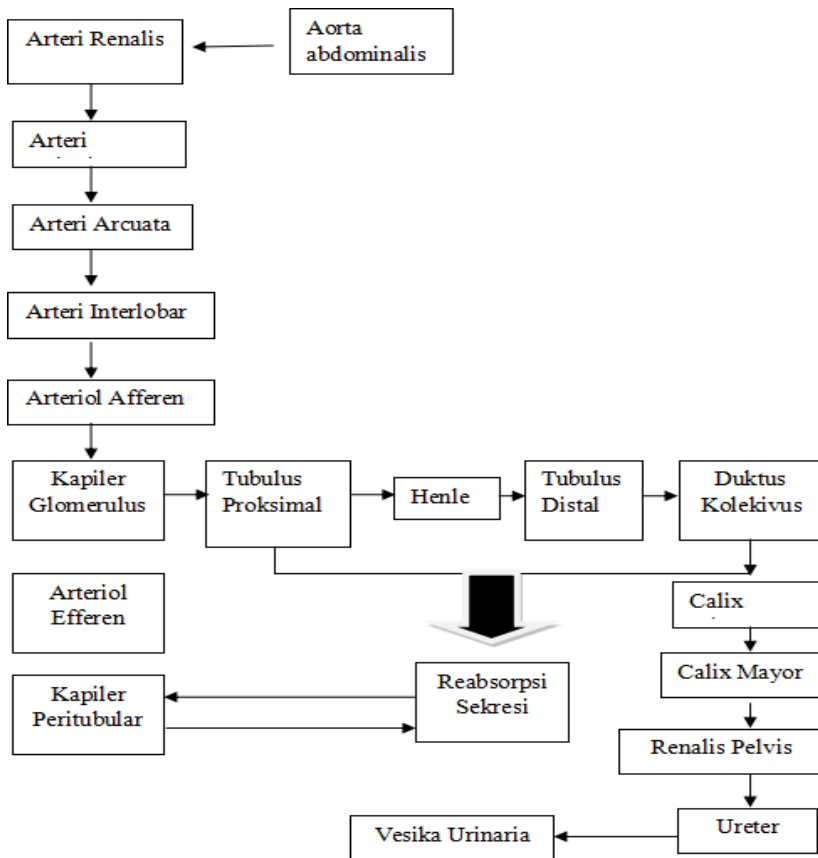
Pada gambar diatas mengilustrasikan seluruh proses pembentukan urin. Dalam tahapan pertama berbagai zat akan di filter oleh glomerulus untuk kemudian reabsorpsi (diserap) oleh tubulus serta diekskresikan dalam urin termasuk natrium, klorida, bikarbonat, kalium, glukosa, urea, kreatinin, dan asam urat. Di dalam tubulus, beberapa zat ini diserap kembali ke dalam darah. Sedangkan hasil metabolik lain disekresikan dari darah ke dalam filtrat saat mengalir ke tubulus.

Zat metabolik seperti asam amino serta glukosa biasanya disaring oleh glomerulus dan diserap kembali sehingga keduanya tidak diekskresikan dalam urin. Akan tetapi, glukosa muncul dalam urin (glikosuria) jika terjadi uptake glukosa dalam darah dan filtrat glomerulus melebihi jumlah yang dapat diserap kembali oleh tubulus. Biasanya, glukosa benar-benar diserap kembali ketika kadar glukosa darah kurang dari 200 mg/dL (11 mmol/L). Pada diabetes, ketika kadar glukosa darah melebihi kapasitas reabsorpsi ginjal, glukosa akan muncul di dalam urin (Glikosuria). Molekul protein juga biasanya tidak

akan ditemukan dalam urin, akan tetapi protein dengan berat molekul rendah seperti globulin dan albumin secara bertahap dapat diekskresikan dalam jumlah kecil. Kondisi proteinuria transien dalam jumlah kurang dari 150 mg/dL dianggap normal dan tidak memerlukan evaluasi lebih lanjut. Proteinuria persisten biasanya menandakan kerusakan pada glomerulus (Brunner & Suddarth, 2005 ; Brunner & Suddarth, 2013).

Dalam pengaturan suplai darah di ginjal, ada sekitar 20 – 25 % cardiac output menuju ke ginjal. Sekitar 1,2 liter darah melewati ginjal setiap menitnya. Hasil penyaringan darah yang masuk ke renal dalam tubuh sekitar 60 kali/24 jam. Filtrasi darah di renal melalui 3 lapisan yaitu Lapisan pertama endotel : mengandung lubang2 tipis (jendela) komponen protein bisa lewat, lapisan kedua yaitu membran basalis :basemen kapiler merupakan fibrous protein, dan lapisan ketiga disebut lapisan viseral glomerulus kapsul dan sel Podosit (Sel epitelia) : podosit berukuran besar spt tangan punya jari2 disebut foot processes atau pedicels.

Berikut ini digambarkan alur sistem aliran darah di ginjal yang terangkum dalam skema berikut ini.



Gambar 4.2. Skema Alur Sirkulasi Darah di Renal
 Sumber : Haryani, A., Halimatussadiah, I., Sanusi, S. (2009)

4.1.3 Regulasi Sistem Hormonal

Hormon seperti antidiuretik hormon (ADH) dan aldosteron memainkan peran penting dalam mengatur keseimbangan cairan tubuh. ADH meningkatkan reabsorpsi air di ginjal, yang menyebabkan volume urine yang dihasilkan lebih sedikit. Aldosteron juga mengatur keseimbangan natrium dan kalium, yang juga berdampak pada volume cairan tubuh.

ADH (Antidiuretik Hormon) dibuat oleh kelenjar hipofisis posterior dan berfungsi untuk meningkatkan reabsorpsi air di ginjal untuk menjaga volume cairan tubuh. Aldosteron dibuat

oleh kelenjar adrenal dan berfungsi untuk mengatur keseimbangan natrium dan kalium, serta mempengaruhi reabsorpsi air di ginjal.

Kelenjar endokrin memproduksi dan melepaskan hormon tertentu untuk mengontrol berbagai fungsi tubuh, termasuk regulasi cairan. Regulasi hormonal adalah salah satu cara penting untuk menjaga keseimbangan cairan dan elektrolit dalam tubuh manusia. Berikut ini regulasi cairan melalui regulasi hormonal yaitu sebagai berikut :

1. Hormon Antidiuretik (ADH) atau Vasopressin

Hormon ini diproduksi oleh hipotalamus dan disimpan dan dilepaskan oleh kelenjar hipofisis posterior. Fungsi utamanya adalah mengontrol reabsorpsi air di ginjal untuk menjaga keseimbangan cairan tubuh. Mekanisme Kerja: konsentrasi ADH dalam darah meningkat ketika kadar air dalam tubuh rendah (seperti saat dehidrasi), dan ADH mendorong ginjal untuk meningkatkan reabsorpsi air kembali ke dalam darah, sehingga volume urine yang dihasilkan berkurang.

2. Aldosteron

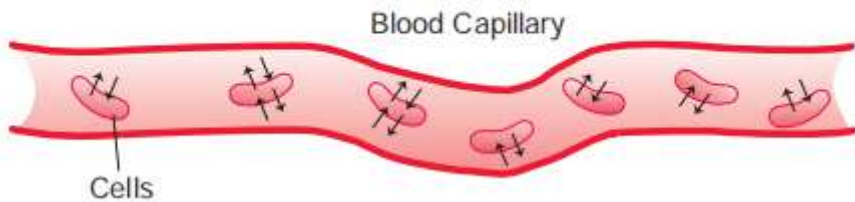
Kelenjar adrenal memproduksinya. Fungsi utamanya adalah untuk mengontrol keseimbangan elektrolit, terutama natrium dan kalium, serta mempengaruhi reabsorpsi air di ginjal. Mekanisme kerjanya termasuk ginjal meningkatkan reabsorpsi natrium dan mengeluarkan kalium dari urine. Reabsorpsi air yang meningkat juga menyebabkan peningkatan volume darah dan tekanan darah. Efek pada keseimbangan elektrolit

4.1.4 Pengaturan Tekanan Osmotik

Osmolalitas plasma darah diatur untuk memastikan konsentrasi cairan di dalam dan di luar sel tetap seimbang. Ketidakseimbangan osmotik dapat menyebabkan cairan berpindah antara ruang intraseluler dan ekstraseluler, yang dapat menyebabkan edema atau dehidrasi.

Cairan tubuh terdapat dalam tiga kompartemen yang berbeda, yaitu sel, pembuluh darah, dan ruang jaringan. Pada

kompartemen sel, cairan berada di dalam sel itu sendiri. Pada kompartemen pembuluh darah, cairan berada di dalam pembuluh darah. Sedangkan pada kompartemen ruang jaringan, cairan berada di ruang di antara sel dan pembuluh darah. Konsep ini dapat dianalogikan dengan mobil-mobil di jalan bebas hambatan, di mana mobil-mobil mewakili sel, jalur mewakili pembuluh darah, dan ruang di antara mobil-mobil mewakili ruang jaringan. Cairan tubuh terus bergerak dari satu kompartemen ke kompartemen lainnya untuk memenuhi kebutuhan metabolisme sel. Terdapat istilah khusus yang digunakan untuk menggambarkan cairan tubuh dalam kompartemen-kompartemen ini, seperti cairan intraseluler yang berada di dalam sel, cairan intravaskular yang berada di dalam pembuluh darah, dan cairan interstisial yang berada di antara sel dan mengelilingi sel.



Gambar 4.3. Kompartemen Cairan

Sumber : Taylor, C., Lillis, C., Lemone, P., & Lynn, P. (2018)

Dalam tubuh kita terdapat dua jenis cairan, yaitu cairan intraseluler (ICF) yang berada di dalam sel, dan cairan ekstraseluler (ECF) yang berada di luar sel. Pergerakan molekul dalam cairan tubuh dapat dijelaskan menggunakan beberapa istilah. Zat terlarut adalah zat yang dilarutkan dalam larutan, sedangkan pelarut adalah cairan yang mengandung zat dalam larutan. Permeabilitas mengacu pada kemampuan suatu zat, molekul, atau ion untuk berdifusi melalui membran. Membran sel merupakan membran yang permeabel sehingga memungkinkan cairan dan zat terlarut masuk dan keluar dari sel. Permeabilitas ini penting bagi sel untuk mendapatkan nutrisi dari cairan ekstraseluler dan menghilangkan produk

limbah metabolisme. Pembuluh darah juga memiliki membran permeabel yang memungkinkan pembawaan oksigen dan nutrisi ke sel serta pengambilan produk limbah dari aktivitas sel. Sel dan kapiler membentuk struktur seperti jala yang memungkinkan akses seluler ke sistem vaskular. Ruang interstisial memfasilitasi akses sel ke arteriol dan venula.

Pengaturan produksi air merupakan fungsi penting dari ginjal. Dengan asupan cairan yang tinggi, sejumlah besar urin encer dapat diekskresikan. Akan tetapi jika asupan cairan tubuh kurang maka yang akan terjadi urin pekat yang akan dikeluarkan. Konsumsi air dianjurkan sekitar 1 - 2 liter per hari akan diekskresikan sekitar 400 - 500 ml cairan ke dalam urin. Sisanya akan keluar melalui sistem integumen (kulit), proses bernapas (melalui organ paru) dan dikeluarkan bersama feses dalam sistem pencernaan (Kowalak, 2011 ; Brunner & Suddarth 2013).

Tingkat pengenceran atau konsentrasi urin dapat diukur dari segi osmolalitas, jumlah partikel (elektrolit dan molekul lain) yang terlarut per kilogram urin. Filtrat di kapiler glomerulus normalnya memiliki osmolalitas yang sama dengan darah, dengan nilai sekitar 300 mOsm/L (300 mmol/L). Saat filtrat melewati tubulus dan saluran pengumpul, osmolalitas dapat bervariasi dari 50 hingga 1.200 mOsm/L, menunjukkan kemampuan pemekatan dan pengenceran yang maksimal di renal. Ketika seseorang mengalami dehidrasi atau menahan cairan, lebih sedikit air yang diekskresikan, dan secara proporsional lebih banyak partikel hadir dalam urin, membuat urin tampak pekat dan osmolalitas tinggi. Ketika seseorang mengeluarkan sejumlah besar air, partikel-partikelnya diencerkan. Urine tampak encer dan osmolalitas rendah (Kowalak, 2011 ; Brunner & Suddarth 2013)

Zat tertentu dapat mengubah volume air yang dikeluarkan dan digambarkan aktif secara osmotik. Ketika zat ini disaring, mereka menarik air melintasi glomeruli dan tubulus dan meningkatkan volume urin. Glukosa dan protein adalah dua contoh molekul yang aktif secara osmotik. Osmolalitas urin biasanya berkisar antara 300 hingga 1.100 mOsm/kg; namun,

setelah pembatasan cairan selama 12 jam, kisaran tersebut menyempit menjadi 500 hingga 850 mOsm/kg. Kisaran normal yang luas ini membuat tes ini berharga hanya ketika kemampuan pemekatan dan pengenceran ginjal dipertanyakan. (Kowalak, 2011 ; Brunner & Suddarth 2013).

Ketika asupan cairan berkurang, berat jenis biasanya meningkat. Dengan asupan cairan yang tinggi, berat jenis menurun. Pada pasien dengan penyakit ginjal, berat jenis urin tidak bervariasi dengan asupan cairan, dan urin pasien dikatakan memiliki berat jenis tetap. Gangguan atau kondisi yang menyebabkan berat jenis urin rendah antara lain diabetes insipidus, glomerulonefritis, dan kerusakan ginjal berat. Hal-hal yang dapat menyebabkan peningkatan berat jenis antara lain diabetes melitus, nefrosis, dan kehilangan cairan yang berlebihan (Kowalak, 2011 ; Brunner & Suddarth 2013).

4.1.5 Pengaturan Homeostasis Asam Basa

Keseimbangan asam-basa mengacu pada homeostasis konsentrasi ion hidro konsentrasi ion hidrogen dalam ECF. Variasi sekecil apa pun dalam konsentrasi ion hidrogen menyebabkan perubahan yang nyata dalam laju reaksi kimia seluler. Simbol pH digunakan untuk menunjukkan konsentrasi ion hidrogen dari cairan tubuh; hingga 7,45 adalah kisaran pH normal ECF. Ion hidrogen (H^+), yang membawa muatan positif, adalah proton. Tergantung tergantung pada jumlah ion hidrogen yang ada, suatu larutan bisa jadi bisa bersifat asam, netral, atau basa.

Cairan menjadi asam ketika jumlah ion hidrogen meningkat dan keasaman larutan meningkat seiring dengan penurunan nilai pH. Asam adalah zat yang menyumbangkan ion hidrogen, contohnya asam klorida (HCl) terionisasi dalam air untuk membentuk ion hidrogen dan ion klorida. Asam karbonat dan asam asetat dianggap sebagai asam lemah karena memberikan konsentrasi ion hidrogen yang rendah. Cairan menjadi basa ketika jumlah ion hidrogen berkurang dan alkalinitas larutan meningkat seiring dengan peningkatan nilai pH. Basa adalah zat yang menerima ion hidrogen. Larutan netral

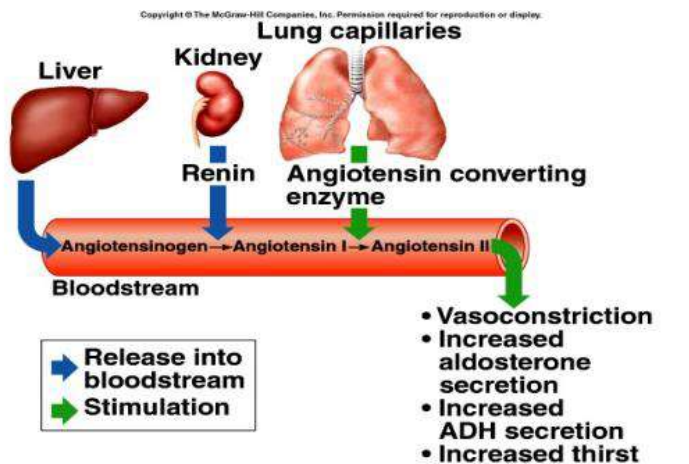
memiliki pH 7 karena jumlah ion hidrogen dan ion hidroksil (OH^-) dalam jumlah yang sama. Ketika jumlah ion hidrogen meningkat atau berkurang, larutan menjadi asam atau basa dengan nilai pH di bawah atau di atas 7. Ketika jumlah ion hidrogen meningkat hingga nilai pH menjadi kurang dari 7,35, tubuh mengalami asidosis, sementara alkalosis terjadi jika nilai pH lebih tinggi dari 7,45 akibat konsentrasi ion hidrogen yang rendah.

Pengaturan keseimbangan asam-basa dalam tubuh dilakukan oleh sistem penyangga pernapasan. Sistem ini bertugas mengendalikan kandungan karbon dioksida dalam darah untuk menjaga keseimbangan basa dan melawan kondisi asidosis atau alkalosis. Tubuh memiliki tiga sistem kontrol utama yang bekerja bersama dalam mengatur konsentrasi ion hidrogen, yakni sistem penyangga ECF, tingkat metabolisme, dan kontrol ginjal. Proses metabolisme dalam tubuh mempengaruhi pembentukan karbondioksida, yang merupakan salah satu faktor penting dalam menjaga keseimbangan asam-basa. Karbon yang ada dalam makanan akan teroksidasi oleh oksigen untuk membentuk karbondioksida. Selain itu, mekanisme pengaturan pernapasan juga diperlukan untuk menjaga keseimbangan asam-basa (Potter, P. A., Perry, A. G., Stockert, P., & Hall, A, 2020).

4.1.6 Regulasi Tekanan Darah

Pengaturan tekanan darah juga merupakan fungsi renal. Vasa recta yang menjadi pembuluh darah spesifik yang mengatur autoregulasi ini secara konstan memantau tekanan darah saat darah mulai mengalir menuju ke ginjal. Disaat vasa recta mendeteksi adanya tekanan darah yang menurun, maka sel juxtaglomerular khusus di dekat arterioler aferen, tubulus distal, dan arterioler eferen akan mensekresi hormon renin. Renin mampu mengubah angiotensinogen menjadi angiotensin I dan pada akhirnya berubah menjadi angiotensin II (vasokonstriktor paling kuat). Vasokonstriksi yang terjadi mengakibatkan tekanan darah meningkat. Selanjutnya, korteks adrenal mensekresi aldosteron sebagai respons adanya rangsangan dari

kelenjar hipofisis yang menjadi indikator perfusi yang kurang baik atau peningkatan osmolalitas serum. Pada akhirnya terjadi kondisi peningkatan tekanan darah. Ketika vasa recta mendeteksi adanya peningkatan tekanan darah maka secara otomatis sekresi renin berhenti. Kegagalan mekanisme umpan balik ini menjadi penyebab terjadinya hipertensi (Kowalak, 2011 ; Brunner & Suddarth 2013)



Gambar 4.4. Regulasi Tekanan Darah yang Diperantarai RAA System

Sumber : <https://www.mheducation.com>

4.2 Faktor yang Mempengaruhi Keseimbangan Cairan dan Elektrolit

Keseimbangan cairan dan elektrolit dalam tubuh tergantung pada banyak faktor dan akan bervariasi dengan elemen-elemen seperti usia dan gaya hidup.

4.2.1 Usia

Distribusi air dalam tubuh relatif terhadap ukuran tubuh. Semakin kecil tubuh, semakin besar kandungan cairannya terdiri dari orang dewasa yaitu 60% air, anak-anak sekitar 60%-77% air, bayi sebanyak 77% air dan pada Embrio janin 97% komponen berupa air.

Pada orang dewasa yang lebih tua, air tubuh berkurang karena kehilangan jaringan; persentase total berat badan yang berupa cairan dapat berkurang hingga 45% hingga 50% pada orang yang berusia di atas 65 tahun. Perhatian harus diberikan ketika memberikan diuretik, terutama diuretik tiazid, pada orang dewasa yang lebih tua untuk mencegah gangguan elektrolit yang disebabkan oleh diuretik.

4.2.2 Gaya Hidup

Kehilangan cairan tubuh bisa terjadi karena stres, olahraga, atau lingkungan yang hangat atau lembab. Faktor-faktor ini dapat menyebabkan peningkatan volume darah dan penurunan produksi urin serta meningkatkan kadar ADH dalam tubuh. Berkeringat dan berolahraga juga dapat menyebabkan kehilangan air dan natrium sehingga perlu menggantikan elektrolit dan meningkatkan rasa haus. Iklim hangat juga dapat memiliki efek yang sama. Pola makan juga memengaruhi kadar cairan dan elektrolit seseorang. Asupan cairan, karbohidrat, kalium, kalsium, natrium, lemak, dan protein yang cukup penting untuk menjaga keseimbangan tubuh dan kinerjanya. Dehidrasi adalah ketidakseimbangan cairan yang serius yang dapat terjadi karena pola makan yang buruk. Salah satu tujuan keperawatan adalah memastikan bahwa semua klien memahami pentingnya air bagi kesehatan dan cara menjaga status hidrasi yang cukup.

DAFTAR PUSTAKA

- Black, J dan Hawks, J. (2014). *Keperawatan Medikal Bedah Manajemen Klinis untuk Hasil yang Diharapkan Edisi 8*. Elviesier (Singapore) Pte. Ltd
- Brunner & Suddarth's. (2005). *Textbook of Medical-Surgical Nursing*. 10th Edition. Wolters : Lippincott Williams & Wilkins Kluwer.
- Brunner & Suddarth's. (2013). Buku Ajar Keperawatan Medikal Bedah Edisi 8 volume 2. Jakarta EGC
- Brunner & Suddarth's. (2018). *Textbook of Medical-Surgical Nursing*. 14th Edition. Wolters : Lippincott Williams & Wilkins Kluwer.
- Haryani, A., Halimatussadiyah, I., Sanusi, S. (2009). *Anatomi Fisiologi Tubuh Manusia*. Bandung : Penerbit Cakra.
- Kowalak, J. P. (2011). Buku Ajar Patofisiologi (Professional Guide to Pathophysiology). EGC.
- <https://www.kenhub.com/en/library/anatomy/urinary-system>
- <https://www.mheducation.com>
- <http://classes.midlandstech.edu/carterp/Courses/bio211/chap17/Slide7.JPG>
- Taylor, C., Lillis, C., Lemone, P., & Lynn, P. (2018). *Fundamentals of Nursing: The Art and Science of Person-Centered Care*. Wolters Kluwer.
- Potter, P. A., Perry, A. G., Stockert, P., & Hall, A. (2020). *Fundamentals of Nursing (10th ed.)*. Elsevier.

BAB 5

JENIS-JENIS CAIRAN TUBUH

Oleh Lela Aini

5.1 Konsep Cairan Tubuh

Komponen utama dan terbanyak dalam tubuh manusia adalah cairan (Purnamasari et al., 2022). Air membentuk lebih dari 60% dari seluruh berat tubuh orang dewasa (Sirait, 2019). Namun, proporsi ini mungkin antara 50 dan 70 persen dari total berat badan orang dewasa, tergantung jumlah otot dan lemak dalam tubuh. Akibatnya, jika dibandingkan dengan bukan atlet, tubuh atlet yang terlatih dan terbiasa seringkali akan menyimpan lebih banyak air. Sel otot dan organ dalam seperti jantung dan paru-paru memiliki kandungan air tertinggi dalam tubuh, sedangkan sel jaringan seperti gigi dan tulang memiliki konsentrasi air paling rendah (Mubarak et al., 2022).

Cairan dan elektrolit sangat penting agar tubuh tetap sehat. Salah satu aspek fisiologi homeostatis adalah mempertahankan rasio elektrolit dan cairan tubuh yang tepat. Keseimbangan cairan dan elektrolit dipengaruhi oleh susunan dan aliran cairan tubuh yang berbeda (Rachmawati, 2022). Cairan tubuh merupakan campuran bahan kimia tertentu (zat terlarut) dan air (pelarut). Ketika molekul kimia yang disebut elektrolit berada dalam larutan, mereka memancarkan ion, yang merupakan partikel bermuatan listrik. (Solichah, 2020).

Keseimbangan elektrolit dan cairan saling bergantung. Yang lain akan terkena dampak jika salah satu terganggu (Mai Sabela, 2021). Cairan tubuh dapat dibagi menjadi dua kategori utama: cairan ekstraseluler dan intraseluler. Ada tiga jenis cairan ekstraseluler yang dikenali: cairan intravaskular (plasma), cairan interstisial, dan cairan transeluler. Cairan ekstraseluler adalah cairan yang ada di luar sel. Semua sel tubuh mengandung cairan yang disebut cairan intraseluler. Cairan interstisial adalah apa yang ditemukan di antara sel, cairan intravaskular (plasma) sistem

peredaran darah, dan cairan sekretori tertentu, seperti sekresi gastrointestinal, cairan mata, dan cairan serebrospinal semuanya dianggap sebagai bagian dari cairan traseluler (Anggeria et al., 2023).

5.2 Fungsi Cairan

Air memiliki dua tujuan utama dalam proses metabolisme tubuh: pertama, mengangkut nutrisi termasuk vitamin, mineral, dan karbohidrat ke dalam sel, dan kedua, mengantarkan oksigen ke sel-sel tersebut (Mastuti et al., 2023). Selain itu, air digunakan oleh tubuh untuk membuang produk limbah dari metabolisme, seperti molekul nitrat dan karbon dioksida (CO). Selain memperlancar metabolisme, air memainkan beberapa fungsi vital lainnya dalam tubuh, seperti melumasi cairan sendi, melindungi organ dan jaringan tubuh, serta menyuplai kelembapan ke area seperti mulut, hidung, dan mata. Ini juga membantu menjaga tekanan darah. kadar zat terlarut dan darah.

Selain itu, fungsi cairan lainnya antara lain memberikan bentuk pada tubuh, membantu mengontrol suhu tubuh, melakukan berbagai tugas pelumasan, bertindak sebagai bantalan, pelarut, metode penyampaian komponen nutrisi dan elektrolit yang berbeda, serta media untuk berbagai jenis cairan. proses kimiawi tubuh dan memfasilitasi kerja fisik.

5.3 Jenis Cairan Tubuh

Cairan tubuh dipisahkan jadi dua kategori utama:

1. Cairan intraseluler
2. Cairan ekstraseluler.

Menurut Nasyafa dkk. (2024), Istilah "cairan ekstraseluler" digunakan untuk menggambarkan cairan yang ditemukan di luar sel dan dipisahkan menjadi tiga jenis: cairan intravaskular (plasma), cairan transeluler, dan cairan interstisial. Cairan intraseluler adalah cairan yang ada di dalam setiap sel dalam tubuh. Cairan di dalam sistem peredaran darah disebut cairan intravaskuler (plasma), cairan antar sel disebut cairan interstisial, dan cairan sekretorik

spesifik seperti cairan serebrospinal, cairan mata, dan sekret saluran cerna disebut cairan traseluler (Ardianti, 2022).

Cairan tubuh mencakup elektrolit dan nonelektrolit sebagai zat terlarut. Istilah "non-elektrolit" mengacu pada senyawa terlarut yang tidak memiliki muatan listrik dan tidak larut dalam larutan, seperti protein, urea, glukosa, oksigen, dan karbon dioksida. Pada tahun 2022, Arum Pampudi dkk. Elektrolit meliputi natrium (Na^+), kalium (K^+), kalsium (Ca^{++}), magnesium (Mg^{++}), bikarbonat (HCO_3^-), fosfat (HPO_4^{2-}), sulfat (SO_4^{2-}), dan klorida (Cl^-).

Hukum netralitas listrik menyatakan bahwa setiap komponen harus mempunyai jumlah muatan positif dan negatif yang sama, meskipun konsentrasi elektrolit bervariasi di seluruh cairan tubuh. Hal ini berlaku meskipun konsentrasi ion di dalam setiap bagian berfluktuasi.

Pengaturan Elektrolit

1. Sodium (Na^+)

Na^+ berdampak pada kontraksi otot, konduksi impuls saraf, dan keseimbangan air. Melalui proses yang disebut difusi, ion natrium dapat memasuki cairan ekstraseluler dari sistem pencernaan, makanan, atau minuman. ekskresi ion natrium melalui epidermis, saluran pencernaan, sistem pernapasan, dan ginjal. Ginjal bertugas mengendalikan konsentrasi ion (Mataram, 2022). Biasanya antara 135 dan 148 mEq/Lt.

Di daerah ekstraseluler, natrium berfungsi sebagai kation berlebih dan penyeimbang cairan. Selain itu, natrium berfungsi sebagai pembawa pesan antara *nerves* dan *musculus*, memfasilitasi pertukaran ion hidrogen di tubulus ginjal untuk memperlancar ekskresi ion hidrogen dan menjaga keseimbangan asam basa. Sumber: daging panggang, kue, makanan ringan, dan bumbu-bumbu.

2. Kalium (K^+)

Kation utama cairan intraseluler adalah ini. melakukan peran mekanisme rangsangan *neuromuskular* dan kontraksi otot. Karena ion K^+ mampu diubah menjadi H^+ (ion hidrogen), ion ini penting untuk sintesis protein, pembuatan

glikogen, dan pemeliharaan keseimbangan asam-basa. Daging, pisang, alpukat, jeruk, tomat, kismis, dan sayuran termasuk makanan yang tinggi kalium (Wahyuningsih et al., 2021). Kalium dapat dihilangkan melalui sistem pencernaan, keringat, dan ginjal. Variasi ion kalium dalam cairan ekstraseluler berdampak pada pengendalian konsentrasi kalium. Nilai yang biasa terlihat adalah 3,5–5,5 mEq/Lt. Selain itu, kalium berfungsi sebagai kation berlebih di lingkungan intraseluler, menjaga keseimbangan kalium intraseluler dan mengontrol *polarisasi* dan *repolarisasi* otot dan neuron untuk menghasilkan kontras.

3. Calcium (Ca^{++}) :

Ion yang paling banyak terdapat dalam tubuh, kalsium diperlukan untuk pembekuan darah, konduksi jantung, komposisi dan integritas sel kulit, serta pertumbuhan gigi dan tulang (Ariestini, 2022). Kelenjar paratiroid dan tiroid mengontrol jumlah kalsium dalam cairan ekstraseluler. Kalium diserap oleh sistem pencernaan dan disekresikan oleh ginjal berkat hormon paratiroid. Penyerapan kalsium+ tulang dihambat oleh hormon tirokalsitonin. Sejumlah kecil kalsium hilang melalui keringat, tertahan di tulang, dan diserap melalui usus dan resorpsi tulang. 8,5 hingga 10,5 mg/dl kalsium dianggap normal.

Bersama dengan fosfat, karbonat, dan fluorida, kalsium menciptakan garam pada gigi dan tulang yang memberi kekuatan dan kekerasan. Kalsium merangsang protrombin dan trombin, yang meningkatkan efisiensi proses pembekuan darah dan meningkatkan fungsi saraf dan otot. Sumbernya antara lain sayuran, makanan laut dengan tulang, dan susu tinggi kalsium.

4. Anion :

a. Chloride (Cl^-)

Terletak di cairan ekstraseluler dan intraseluler, ia terlibat dalam manajemen volume darah, regulasi osmolaritas serum, regulasi asam-basa, dan buffering

pertukaran karbon dioksida dan sel darah merah mengandung oksigen. Bersama dengan natrium, klorida dibuat dan diserap di ginjal, dan aldosteron mengatur kadar klorida. Biasanya berkisar antara 95 hingga 105 mEq/l.

- 1) Konsentrasi tinggi di ruang ekstraseluler
- 2) Membantu pengaturan kadar natrium.
- 3) Merupakan konstituen utama sekresi yang disekresikan oleh kelenjar lambung.
- 4) Sumber : garam dapur.

b. Bicarbonat (HCO_3^-)

Buffer kimia utama tubuh, HCO_3^- , terdapat dalam cairan ekstraseluler dan intraseluler dan sebagian besar bertugas menjaga keseimbangan asam-basa yang sesuai. Ginjal mengontrol jumlah biknate.

Bagian dari bicarbonat buffer sistem

- 1) Menghasilkan garam dan asam karbonat ketika bersentuhan dengan asam kuat untuk
- 2) Menurunkan PH.

c. Fosfat (H_2PO_4^- dan HPO_4^{2-})

Dalam cairan ekstraseluler dan intraseluler, ia berfungsi sebagai anion penyangga. meningkatkan metabolisme karbohidrat, kontrol asam basa, dan aktivitas neuromuskular (Juffrie, 2019). Kontrol hormon paratiroid.

- 1) Bagian dari fosfat *buffer system*
- 2) Menyediakan energi untuk metabolisme sel
- 3) Ketika dikombinasikan dengan ion kalsium, ini memperkuat dan mengeraskan tulang.

5.4 Komposisi Cairan Tubuh

Zat	Plasma (mOsm/l)	Intertisial (mOsm/l)	Intraselular (mOsm/l)
Na ⁺	142	139	14
K ⁺	4,2	4,0	140
Ca ²⁺	1,3	1,2	0
Mg ²⁺	0,8	0,7	20
Cl ⁻	108	108	4
HCO ₃ ⁻	24	28,8	1,0
HPO ₄ ⁻ , H ₂ PO ₄	2	2	11
SO ₄ ²⁻	0,5	0,5	1
Fosfokreatin	-	-	45
Kamosin	-	-	14
Asam Amino	2	2	8
Kreatin	0,2	0,2	9
Laktat	1,2	1,2	1,5
Adenosin trifosfat	-	-	5
Heksosa monofosfat	-	-	3,7
Glukosa	5,6	5,6	-
Protein	1,2	1,2	4
Ureum	4	4	4
Lain-lain	4,8	3,9	10
Total mOsm/l	3001,8	300,8	301,2
Aktivitas osmolar terkoreksi	282	281	281
Tekanan osmotik total	5443	5423	5423

5.5 Distribusi Cairan Tubuh

Dibagi menjadi dua bagian yang berbeda.

1. *Cairan Ekstrasel*, seperti cairan intravaskular (IVF) dan cairan interstitial (CIS). Kebanyakan cairan tubuh terdiri dari cairan interstitial, yang mengisi celah yang ditinggalkan oleh sebagian besar sel dalam tubuh. Sekitar 15% berat badan terdiri dari cairan interstitial (Untari et al., 2023).
2. Cairan intravascular mengandung plasma, cairan getah

bening yang terdiri dari air tidak berwarna, dan darah yang mengandung leukosit, eritrosit, dan trombosit yang tersuspensi di dalamnya. 5% berat badan terdiri dari plasma (Aliviameita, 2020).

3. *Cairan Intrasel* adalah cairan yang terlarut dalam zat atau zat terlarut yang terdapat dalam membran sel dan sangat penting untuk metabolisme, elektrolit, dan keseimbangan cairan. Berat badan terdiri dari 40% cairan intraseluler.

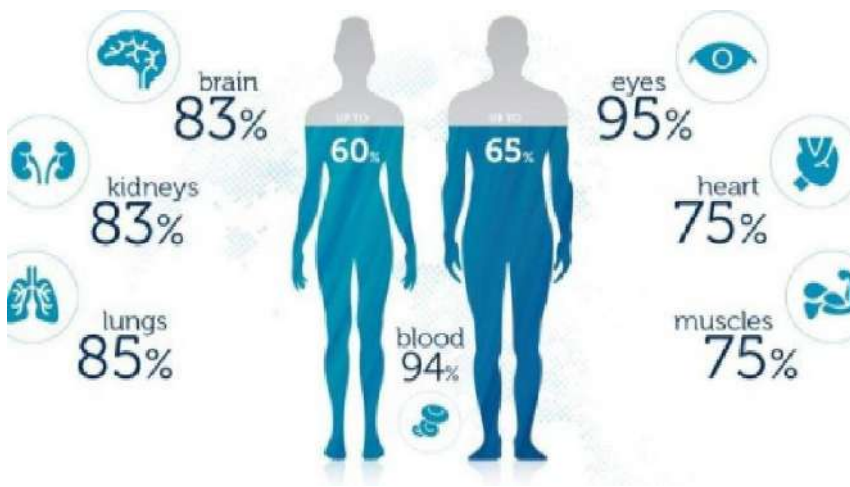
Cairan di ruang ekstraseluler dan kompartemen cairan intraseluler mengandung banyak zat terlarut yang sama. Namun terdapat perbedaan dalam jumlah senyawa tersebut. Misalnya, dibandingkan cairan luar, cairan intraseluler memiliki jumlah kalium yang lebih tinggi (Arum Pambudi et al., 2022).

Representasi grafis berikut menggambarkan variasi dan kuantitas cairan tubuh: Ukuran tubuh mempengaruhi cara distribusi cairan tubuh yang bersifat relatif.

- a. Dewasa 60%
- b. Anak-anak 60 – 77%
- c. Infant 77%
- d. Embrio 97%
- e. Manula 40 – 50 %

Akibat hilangnya jaringan, proporsi total cairan tubuh pada lansia menurun.

- a. *Intracellular volume = total body water – extracellular volume*
- b. *Interstitial fluid volume = extracellular fluid volume – plasma volume*
- c. *Total bloods volume = plasma volume / (1 - hematocrite)*



Gambar 5.1. Distribusi Cairan Tubuh
Sumber : Dokumen Kemenkes (RSMH Palembang)

DAFTAR PUSTAKA

- Aliviameita, A. (2020). Buku Ajar Mata Kuliah Imunohematologi. *Umsida Press*, 1–148.
- Anggeria, E., Silalahi, K. L., Halawa, A., Parida Hanum, S. S. T., Keb, S., Tiarnida Nababan, S. S. T., Sitopu, R. F., Silaban, V. F., Keb, S. T., & Keb, M. T. (2023). *Konsep Kebutuhan Dasar Manusia*. Deepublish.
- Ardlianti, R. (2022). *Hubungan Nilai Hematokrit dan Kecepatan Tetes Cairan Parenteral Pasien DBD Studi Observasional Analitik di Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang Periode Bulan Januari sd Desember Tahun 2019*. Universitas Islam Sultan Agung.
- Ariestini, T. R. (2022). *Patofisiologi*. UNISMA PRESS.
- Arum Pambudi, A., Peni, T., & Indatul Laili, S. (2022). *Asuhan Keperawatan Pada Anak dengan GEA dengan Kasus Resiko Ketidakseimbangan Elektrolit di Ruang Kertawijaya RSUD Dr. Wahidin Sudiro Husodo Kota Mojokerto*. Perpustakaan Universitas Bina Sehat.
- Juffrie, M. (2019). Gangguan Keseimbangan Cairan dan Elektrolit pada Penyakit Saluran Cerna. *Sari Pediatri*, 6(1), 52–59.
- Mai Sabela, C. (2021). *Asuhan Keperawatan Pada Anak Gastroenteritis dengan Masalah Keperawatan Risiko Ketidakseimbangan Elektrolit di RSUD Muhammadiyah Ponorogo*. Universitas Muhammadiyah Ponorogo.
- Mastuti, D. N. R., Pratiwi, Y. S., Chaniago, R., Rosida, R., Sanjaya, Y. A., Yulistiani, R., Astani, A. D., Priharwanti, A., Meri, M., & Swasono, M. A. H. (2023). *Pengantar Ilmu Gizi: Pemahaman tentang Nutrisi dan Kesehatan*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Mataram, S. Y. (2022). *Anatomi dan Fisiologi Sisem Perkemihan. Asuhan Keperawatan Pasien Dengan Gangguan Sistem Perkemihan Berbasis SDKI, SLKI Dan SIKI*, 1.
- Mubarak, M., Sauria, N., Kartini, K., Rosanty, A., Romantika, I. W., Nasruddin, N. I., Patawari, A., Jasmin, M., Asriati, A., & Firman, F. (2022). *Anatomi Fisiologi Tubuh Manusia*.

- Nasyafa, S. F., Saputra, O., & Zuraida, R. (2024). Homeostasis Tubuh. *Medical Profession Journal of Lampung*, 14(2), 249–253.
- Purnamasari, A., ST, S., Musni, S. K. M., Kaswi, N., Al Muzafri, S. T. P., Tenriola, N. A., Rivai, A. T. O., Dewi, R., Khalid, N. F., & Ked, S. (2022). *Fisiologi Manusia dan Zat Gizi*. Cendekia Publisher.
- Rachmawati, D. (2022). *Asuhan Keperawatan Gangguan Keseimbangan Cairan Tubuh*.
- Sirait, R. H. (2019). Bahan Kuliah Fisiologi Cairan Tubuh dan Elektrolit. *Fk Uki*, 1–17.
- Solichah, N. (2020). *Asuhan Keperawatan Resiko Ketidakseimbangan Elektrolit Pada Bayi Gastroenteritis Akut (GEA) di Ruang NICU RS Muhammadiyah Lamongan*. UNIVERSITAS AIRLANGGA.
- Untari, S., Susanti, M. M., Kodiyah, N., & Himawati, L. (2023). *Buku Ajar Anatomi dan Fisiologi*. Penerbit NEM.
- Wahyuningsih, N., Martaningsih, S. T., & Supriyanto, A. (2021). *Makanan Sehat dan Bergizi Bagi Tubuh*. Penerbit K-Media.

BAB 6

JENIS CAIRAN ELEKTROLIT

Oleh Apriyani Puji Hastuti

6.1 Pendahuluan

Cairan elektrolit merupakan komponen penting dalam tubuh manusia yang berperan dalam berbagai proses fisiologis. Elektrolit adalah zat yang terlarut yang terurai menjadi ion bermuatan listrik dalam larutan yang berperan dalam menjaga keseimbangan cairan, mengatur pH darah dan memfasilitasi transmisi impuls saraf serta kontraksi otot. Jenis cairan dan elektrolit ini penting dalam manajemen gangguan keseimbangan cairan dan elektrolit, terapi rehidrasi, dan penanganan berbagai kondisi medis seperti syok, luka bakar, atau gangguan metabolik.

Pemberian cairan merupakan aspek terpenting dan menjadi intervensi utama untuk mengatasi masalah dalam pengelolaan keseimbangan cairan dan elektrolit dimana cairan tubuh terbagi menjadi cairan intraseluler dan ekstra seluler yang tersebar ke seluruh tubuh seperti paru-paru, kulit, otak, darah, dan tulang. Cairan dalam tubuh sangat dibutuhkan oleh organ tubuh karena berfungsi untuk mengoptimalkan fungsi tubuh agar dapat berfungsi dengan baik. Menurut WHO (2018), pengelolaan manajemen pemberian cairan sangat penting untuk menjaga keseimbangan cairan tubuh (homeostasis). Cairan juga berpengaruh untuk pembentukan sel, sarana transportasi oksigen ke seluruh tubuh, pengaturan suhu tubuh dan juga berpengaruh terhadap sistem pencernaan.

Pengaturan keseimbangan cairan dipengaruhi oleh hormon Anti Diuretik Hormon (ADH), aldosteron, prostaglandin, dan glukokortikoid. Hormon tersebut akan mengirimkan impluks kepada hipotalamus dan kelenjar pituitari untuk merangsang rasa haus sebagai bentuk pertahanan dalam mempertahankan homeostasis tubuh, sehingga tubuh mendapat asupan cairan

dan tetap mempertahankan dalam keadaan homeostasis. Dalam keadaan tubuh tidak homeostatis pemenuhan kebutuhan cairan ini harus segera terpenuhi, ketika tubuh tidak mendapatkan cairan untuk mempertahankan homeostasisnya maka tubuh akan mengalami kondisi dimana tubuh dalam keadaan kekurangan cairan (syok hipovolemik).

6.2 Elektrolit

Zat terlarut yang ada dalam cairan tubuh etrdiri dari elektrolit dan non elektrolit. Non elektrolit adalah zat terlarut yang tidak terurai dalam larutan dan tidak bermuatan listrik, seperti protein, urea, glukosa, oksigen, karbon dioksida, dan asam organik. Sedangkan elektrolit tubuh mencakup natrium (Na+), kalium (K+), kalsium (Ca++), magnesium (Mg++), klorida (Cl-), bikarbonat (HCO3-), fosfat dan sulfat).

Konsentrasi elektrolit dalam cairan tubuh bervariasi pada satu bagian dengan bagian yang lainnya, tetapi meskipun konsentrasi ion pada tiap bagian berbeda, hukum netralitas listrik menyatakan bahwa jumlah muatan- muatan negatif harus dengan jumlah muatan positif. Komposisi dari elektrolit- elektrolit tubuh baik pada intraseluler maupun pada plasma terinci dalam tabel berikut:

Tabel 6.1. Tabel Elektrolit

No	Elektrolit	Ekstraseluler	Interstisial	Intraseluler Plasma
1	Kation			
	Natrium	144,0 mEq	137,0 mEq	10 mEq
	Kalium	5,0 mEq	4,7 mEq	141 mEq
	Kalsium	2,5 mEq	2,4 mEq	0
	Magnesium	1,5 mEq	1,4 mEq	31 mEq
2	Anion			
	Klorida	107,0 mEq	112,7 mEq	4 mEq
	Bikarbonat	27,0 mEq	28,3 mEq	10 mEq
	Fosfat	2,0 mEq	2,0 mEq	11 mEq
	Sulfat	0,5 mEq	0,5 mEq	1 mEq
	Protein	1,2 mEq	0,2 mEq	4 mEq

6.3 Jenis Cairan Elektrolit

1. Larutan kristaloid

Larutan kristaloid merupakan larutan yang mengandung molekul kecil yang dapat melewati membran kapiler dengan mudah. Larutan ini digunakan untuk menggantikan cairan tubuh dan elektrolit. Komposisi larutan kristaloid terdiri dari air dan elektrolit seperti natrium, kalium, klorida dan bikarbonat. Larutan ini terdistribusi ke seluruh ruang ekstraseluler termasuk ruang ruang intravaskuler dan interstisiil, contohnya meliputi:

a. Larutan isotonis

Cairan isotonis adalah cairan infus yang osmolaritasnya (tingkat kepekatan) cairannya mendekati serum (bagian cair dari komponen darah) sehingga terus berada di dalam pembuluh darah. Osmolaritas pada tekanan osmotik yang sama dengan cairan tubuh (280- 300 mOsm/L). penggunaan cairan isotonis sering digunakan dalam situasi klinis yang membutuhkan penggantian cairan tanpa mengubah keseimbangan osmotik tubuh. Mekanisme kerja cairan isotonis mempertahankan volume cairan dalam kompartemen tubuh tanpa menyebabkan pergeseran cairan yang signifikan.

Manfaat klinis: rehidrasi/ penggantian cairan tubuh, bermanfaat pada pasien yang mengalami hipovolemi (kekurangan cairan tubuh, sehingga tekanan darah terus menurun), pengenceran obat- obatan, pemberian nutrisi parenteral, memiliki resiko terjadinya overload (kelebihan cairan) khususnya pada penyakit gagal jantung kongestif dan hipertensi. Contohnya adalah cairan ringer- laktat dan normal saline/ larutan garam fisiologis (NaCl 0.9%)

Keuntungan menggunakan cairan isotonis: 1) aman bagi sebagian besar pasien, 2) tidak mengganggu keseimbangan cairan tubuh, 3) efektif untuk menggantikan cairan ekstraseluler.

Pertimbangan khusus penggunaan cairan isotonis diantaranya adalah sebagai berikut pemilihan jenis

larutan isotonis harus disesuaikan dengan kebutuhan elektrolit pasien, pemantauan keseimbangan cairan dan elektrolit tetap diperlukan selama pemberian.

Tabel 6.2. Tabel Cairan Isotonik

Nama Cairan	Komposisi	Osm/ Kal	Indikasi	Catatan
Nomal saline 0.9%	Na= 154 Cl= 154	308/-	Resusitasi cairan, diare, luka bakar, gagal ginjal akut, asidosis diabetikum	Resiko terjadinya oedema paru (dalam jumlah besar)
Ringer laktat	Na=130- 140 K=4-5 Ca=2-3 Cl=109-110 BE= 28- 30 Laktat= 28	273/-	Dehidreasi, syok, hipovolemik, stok perdarahan, asidosis metabolik, suplai ion bikarbonat	Hanya dimetabolisme di hepar dapat menyebabkan hiperkloremia dan asidosis metabolik akibat akumulasi laktat
Glukosa	Glukosa = 50 gr/L	278/ 200	Hidrasi selama dan sesudah operasi, rumatan perioperatif, restriksi natrium	Kontraindikasi: hiperglikemi
Ringerfundin	Na= 145, K=4, Ca= 5, Mg= 2, Cl=109, asetat= 24, maleat= 5		Dehidrasi isotonis, DHF, kasus braintrauma, syok hemoragik	
Kaen 3A	Na= 50, K= 10, Cl= 50, lactate=20, glucose= 27	290/ 108	Rumatan cairan dan elektrolit (terutama kalium) dengan asupan oral terbatas	
Kaen 3B	Na= 50, K= 10, Cl= 50, lactate=20, glucose= 27	290/ 108		

b. Cairan hipotonis

Cairan hipotonis adalah larutan yang memiliki konsentrasi zat terlarut lebih rendah dibandingkan dengan cairan di dalam sel tubuh. Cairan yang osmolaritasnya lebih rendah dibandingkan serum (konsentrasi ion Na^+ lebih rendah dibandingkan serum), sehingga larut dalam serum dan menurunkan osmolaritas serum maka cairan ditarik dari dalam pembuluh darah keluar ke jaringan sekitarnya (prinsip cairan berpindah dari osmolaritas rendah ke osmolaritas tinggi) sampai akhirnya mengisi sel yang dituju. Osmolaritas memiliki tekanan osmotik yang lebih rendah dibandingkan cairan tubuh (kurang dari 280 mOsm/L). Mekanisme cairan hipotonis menarik air dari kompartemen ekstraseluler ke dalam sel, menyebabkan pembengkakan sel.

Kegunaan klinis: 1) mengatasi dehidrasi hipertonik, 2) mengencerkan elektrolit tubuh yang berlebihan, 3) mengurangi edema serebral dalam kasus tertentu, 4) digunakan pada keadaan sel yang mengalami dehidrasi misalnya pada pasien yang menjalani dialisis dalam terapi diuretik, juga pada pasien hiperglikemi (kadar gula tinggi) dengan ketoasidosis diabetik. Komplikasi yang membahayakan adalah perpindahan tiba-tiba cairan dari dalam pembuluh darah ke sel, menyebabkan kolaps kardiovaskuler dan peningkatan tekanan darah intrakranial (dalam otak) pada beberapa orang. Contoh cairannya adalah NaCl 45%, dextrose 2,5%, air steril.

Resiko: 1) dapat menyebabkan hemolisis jika diberikan dalam jumlah besar, 2) berpotensi menyebabkan edema seluler, 3) tidak cocok untuk pasien dengan resiko edema otak.

Pertimbangan khusus penggunaan harus diobservasi dengan ketat dan tidak direkomendasikan untuk pasien dengan trauma kepala atau resiko peningkatan tekanan intrakranial.

Tabel 6.3. Jenis dan Kandungan Cairan Hipotonis

Nama Cairan	Komposisi	Osm/ Kal	Indikasi	Catatan
Ringer asetat	Na= 130, K= 4, Ca= 2,7- 3, Cl= 108,7- 127, asetat= 28	273/-	Dehidrasi (syok hipovolemik dan asidosis) pada kondisi: diare, DHF, luka bakar, syok hemoragik	Dapat memperburuk edema serebral
NaCl 0.45%	Na= 77, Cl= 77	-	Pasien dengan restriksi natrium	Rawan oedema anasarka

c. Cairan hipertonis

Cairan hipertonis adalah cairan infus yang osmolaritas yang lebih tinggi dibandingkan serum, sehingga menarik cairan dan elektrolit dari jaringan dan sel ke dalam pembuluh darah. Mampu menstabilkan tekanan darah, meningkatkan produksi urine dan mengurangi edema (bengkak). Karakteristik cairan hipertonis memiliki tekanan osmotik yang lebih tinggi dibandingkan cairan tubuh (lebih dari 290 mOsm/L), dan efek pada sel menyebabkan sel mengerut karena air bergerak dari dalam sel ke cairan melalui proses osmosis. Mekanisme kerja cairan ini dimana cairan hipertonis menarik air dari dalam sel ke kompartemen ekstraseluler menyebabkan pengerutan sel.

Manfaat klinis diantaranya adalah 1) mengatasi edema serebral, 2) menurunkan tekanan intrakranial, 3) mengatasi hiponatremia

Penggunaannya kontradiktif dengan cairan hipotonik misalnya Dextrose 5%, NaCl 45% hipertonik, manitol, Dextrose 5% + Ringer- lactat, Dextrose 5% + NaCl 0.9%, produk darah (darah) dan albumin.

Penggunaan cairan ini dalam situasi klinis pada keadaan pengurangan cairan intraseluler atau peningkatan osmolaritas plasma.

Resiko dapat menyebabkan dehidrasi sel, berpotensi mengganggu keseimbangan elektrolit, iritasi vena jika diberikan melalui infus.

Pertimbangan khusus penggunaan cairan ini harus dipantau ketat, dan perlu memperhatikan status cairan dan elektrolit pasien.

Tabel 6.4. cairan hipertonis

Nama Cairan	Komposisi	Osm/ Kal	Indikasi	Catatan
Glukosa 10%	Glukosa 100 gr/l	556/ 400	Suplai air dan karbohidrat secara parenteral pada penderita diabetik, kanker, sepsis dan defisiensi protein	Resiko hiperglikemi
NaCl 3%	Na= 513, Cl= 513	1026/-	Koreksi natrium	
Manitol 20%	Glukosa= 200 gr/ L	1228/ -	Diuretik sistemik pada kasus serebral edema (menurunkan TIK), sindrom TUR-P, menurunkan TIO pada glaukoma	
Kaen Mg3	Na= 50, K= 20, Cl= 50= glucose= 100 g	695/ 400	Asupan oral inadeguate (karena stroke),	

Nama Cairan	Komposisi	Osm/ Kal	Indikasi	Catatan
			anoreksia, pasien kanker, malnutrisi, mengingitis, diabetik asidosis	

2. Larutan koloid

Larutan koloid mengandung molekul besar yang cenderung tetap dalam ruang intravaskular. Contohnya albumin, hidroksietil pati (HES), dextran dan gelatin. Larutan koloid pada pasien memiliki peran penting dalam terapi cairan dan manajemen volume intravaskuler. Fungsi larutan koloid diantaranya 1) mempertahankan tekanan osmotik plasma, 2) menjaga volume intravaskuler, 3) mencegah edema jaringan.

Indikasi penggunaan:

- Hipovolemi
- Syok hemoragik
- Luka bakar berat
- Plasmarexis

Mekanisme kerja: menarik cairan dari ruang interstisiil ke dalam pembuluh darah melalui tekanan osmotik. Keuntungan: efek volume yang lebih lama dibandingkan kristaloid.

Pertimbangan khusus: pemilihan jenis koloid berdasarkan kondisi klinis pasien, monitoring ketat terhadap fungsi ginjal dan parameter koagulasi, penggunaan hati-hati pada pasien dengan resiko perdarahan atau gangguan ginjal

Evaluasi: 1) tanda- tanda vital, 2) keseimbangan cairan, 3) fungsi ginjal, 4) parameter koagulasi, 5) tekanan onkotik plasma (jika memungkinkan).

Tabel 6.5. Komposisi Cairan Koloid

Cairan koloid	Produksi	Tipe	Waktu paruh	Indikasi
Plasma protein	Human plasma	Serum consered Human albumin	4- 15 hari	Pengganti volume Hipoproteinemia Hemodilusi
Dextran	Leconostoc Mesenteroid B512	D 60/ 70	6 jam	Hemodilusi Gangguan mikrosirkulasi (stroke)
Gelatin	Hidrolisis dari kolagen binatang	Modifien gelatin Urea linked Oxyfopi gelatin	2- 3 jam	Subtitusi volume
Starch	Hidrolisis asam dan EO	Hydroxyethyl	6 jam	Subtitusi volume Hemodilusi

Jenis cairan koloid

Berdasarkan hasil penelitian SAFE study mengatakan bahwa, jenis cairan koloid dibagi menjadi:

1. Non protein koloid

Jenis cairan ini sebaiknya digunakan sebagai pilihan kedua pada pasien yang tidak merespon terhadap kritaloid, dimana cairan ini dapat digunakan pada kasus kebocoran kasus katub jantung atau edema periferall.

2. Protein koloid

Jenis cairan ini sebaiknya digunakan sebagai pilihan ketiga setelah non protein koloid, dimana pasien lanjut usia yang tidak dapat toleransi menerima cairan dalam jumlah besar.

Tabel 6.6. Perbandingan Cairan Kristaloid dan Koloid

Kritaloid	Koloid
Komposisi menyerupai plasma (asetat ringer, dan lactat ringer)	Ekspansi volume plasma tanpa disertai ekspansi colume interstisial
Menggantikan volume dan meningkatkan CO dan tekanan darah	Ekspansi volume lebih besar dibandingkan volume dengan kristaloid
Bebas reaksi anafilaksis	Masa kerja lebih panjang
Bebas disimpan di suhu kamar	Oksigenasi jaringan lebih baik
Komplikasi minimal	Gradien alveolar, arterial O ₂ lebih sedikit Insiden edema paru dan atau edema sistemik lebih rendah

6.4 Cairan Elektrolit dalam Tubuh

Didalam tubuh manusia terdapat beberapa jenis elektrolit yaitu natrium, kalium, kalsium, magnesium, fosfat dan fosfor. Elektrolit tersebut didapatkan dari makanan, minuman dan suplemen lainnya. Elektrolit dibutuhkan oleh tubuh untuk menjaga organ tubuh agar dapat berfungsi dengan normal. Beberapa fungsi tubuh yang dipengaruhi oleh elektrolit diantaranya adalah irama jantung, kontraksi otot dan fungsi otak.

Elektrolit utama yang terkandung dalam cairan tubuh meliputi:

1. Kation : Natrium (Na⁺), Kalium (K⁺), Kalsium (Ca²⁺), Magnesium (Mg²⁺)
2. Anion : Klorida (Cl⁻), bikarbonat (HCO₃⁻), fosfat

6.4.1 Penyebab gangguan elektrolit

Gangguan elektrolit umumnya terjadi akibat hilangnya cairan tubuh secara berlebihan seperti akibat memiliki luka bakar luas, keringat berlebih, diare, muntah secara terus menerus. Selain itu, efek samping obat juga dapat menyebabkan gangguan elektrolit.

6.4.2 Jenis elektrolit dan faktor yang dapat menyebabkan kadar elektrolit terganggu

1. Fosfat

Hiperfosfatemia dapat terjadi karena beberapa faktor yaitu mengkonsumsi obat pencahar/ laksatif yang mengandung fosfat secara berlebihan, mengalami komplikasi akibat pengobatan kanker, kelenjar paratiroid yang kurang aktif, memiliki kadar kalsium yang rendah, menderita gagal ginjal kronis, mengalami sesak nafas, mengalami cedera otot. Sedangkan kekurangan fosfat atau hipofosfatemia dapat terjadi karena beberapa faktor berikut ini diantaranya adalah menderita malnutrisi berat akibat anoreksia, mengkonsumsi alkohol berlebihan, mengalami luka bakar yang parah, komplikasi diabetes/ ketoasidosis diabetik, menderita sindrom fanconi yaitu gangguan pada ginjal yang menyebabkan penyerapan dan pelepasan zat tertentu di dalam tubuh menjadi tidak normal, menderita kekurangan vitamin D, memiliki kelenjar paratiroid yang terlalu aktif, menderita diare kronis

2. Klorida

Klorida merupakan jenis elektrolit yang berfungsi untuk menjaga keseimbangan pH dalam darah dan meneruskan impuls saraf. Kadar klorida diatur oleh ginjal, sehingga ketidak seimbangan klorida dimungkinkan terjadi akibat kerusakan ginjal. Beberapa faktor yang menyebabkan klorida (hipokloremia) dapat terjadi karena beberapa faktor seperti gangguan pH darah (asidosis metabolik atau alkalosis respiratorik), konsumsi acetazolamide dalam jangka panjang.

Sementara itu kekurangan klorida (hipokloremia) dapat terjadi karena faktor diantaranya menderita diare atau muntah berkepanjangan, menderita penyakit paru kronis seperti emfisema, menderita gagal jantung, mengalami gangguan pH darah (alkalosis metabolik), mengkonsumsi obat pencahar, diuretik, atau kortikosteroid.

3. Sodium/ natrium

Natrium berfungsi untuk menjaga keseimbangan cairan tubuh, serta mengatur fungsi saraf dan kontraksi otot. Sejumlah faktor yang dapat meningkatkan resiko seseorang mengalami kelebihan natrium (hipernatremia) adalah dehidrasi berat, kehilangan cairan tubuh karena demam atau olahraga berlebihan, diare, muntah, penyakit pernafasan kronis seperti bronkitis, konsumsi kortikosteroid. Selain itu hiponatremia dapat terjadi akibat beberapa faktor diantaranya malnutrisi, gangguan kelenjar tiroid, adrenal, hipotalamus, gagal ginjal, gagal jantung, kecanduan alkohol, konsumsi obat diuretik atau anti konvulsan

4. Kalsium

Kalsium adalah mineral yang penting untuk fungsi organ, saraf, otot dan sel tubuh. Kalsium juga berguna untuk pembekuan darah dan kesehatan tulang. Meski demikian, kelebihan kadar kalsium dalam darah (hiperkalsemia) dapat menimbulkan berbagai gejala diantaranya sakit kepala, tubuh lemas, mual, muntah dan nyeri tulang. Seseorang berisiko mengalami hiperkalsemia jika memiliki kondisi diantaranya penyakit ginjal, gangguan tiroid misalnya hipertiroidisme, konsumsi obat tertentu seperti lithium, theofilin atau diuretik, penyakit paru seperti Tuberkulosis paru atau sarkoidosis, jenis kanker tertentu seperti kanker paru dan kanker payudara, konsumsi antasida ataupun suplemen vitamin D secara berlebihan. Kadar kalsium dalam darah (hipokalsemia) juga tidak baik karena dapat meningkatkan resiko osteoporosis. Kondisi ini terjadi akibat pankreatitis, gagal ginjal, kanker prostat, kekurangan vitamin D, konsumsi obat heparin atau antikonvulsan.

5. Kalium

Kalium berperan penting dalam mengatur fungsi jantung serta menjaga fungsi saraf dan otot. Kadar kalium di dalam tubuh dapat melebihi nilai normalnya/ hiperkalemia pada kondisi menderita gagal ginjal, menderita dehidrasi berat, mengkonsumsi obat diuretik, menderita komplikasi

diabetes seperti ketoasidosis diabetik. Sebaliknya hipokalemia apabila menderita gangguan makan, mengalami dehidrasi, muntah dan diare, mengkonsumsi obat pencahar, diuretik datau insulin.

6. Magnesium

Magnesium adalah mineral penting yang berfungsi untuk mengatur fungsi saraf, tekanan darag dan kadar gula darah, menjaga kesehatan jantung, menghasilkan energi bagi tubuh dan menjaga kesehatan tulang. Kelebihan kadar magnesium/ hipermagnesemia dapat menyebabkan otot menjadi lemah, refleks lambat, mudah mengantuk, pusing dan sakit kepala, mual, muntah, denyut jantung lambar atau tidak teratur. Seseorang mengalami hipermagnesemia jika mengalami overdosis suplemen magnesium, menderita gagal ginjal, mengkonsumsi obat tertentu, menderita penyakit tertenti misalnya hiporiroidisme dan penyakit addison, mengalami luka bakar luas.

Selain itu hipomagnesemia juga dapat menimbulkan berbagai gangguan kesehatan diantaranya remor, kedutan otot, insomnia, kesemutan, mati rasam jantung berdebar, takikardia, bingung, kejang. Beberapa faktor yang dapat meningkatkan resiko mengalami hipomagnesemia : gagal jantung, malnutrisim penggunaan diuretik, insulina tau obat kemoterapi, diare kronis dan kecanduan alkohol.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwari, I.M. 2017. Cairan Tubuh Elektrolit dan Mineral.
<http://www.pssplab.com>.
- Darwis D, Moenajat Y, Nur B.M, Madjid A.S, Siregar P, Aniwidyaningsih W, dkk. 2018. Fisiologi Keseimbangan Air dan Elektrolit. ed. ke-2, FK-UI, Jakarta.
- Ganong W.F. 2005. Buku Ajar Fisiologi Kedokteran.edisi ke-22, Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta.
- Guyton A.C & Hall J.E. 2008. Buku Ajar Fisiologi Kedokteran.edisi ke-11, Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta.
- Hartanto. W, 2017. Terapi Cairan dan Elektrolit. Bagian Farmakologi Klinik FK Universitas Pajajaran.
- Ishak, G. I, Purwanto, D.S, Paruntu , M.E. 2015. Kadar Klorida Serum Pada Latihan Fisik Intensitas Ringan Mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Sam Ratulangi. Skripsi. Fakultas Kedokteran Universitas Sam Ratulangi, Manado.

BAB 7

MASALAH KEBUTUHAN CAIRAN DAN ELEKTROLIT PADA MANUSIA

Oleh Wahyuny Langelo

7.1 Pendahuluan

Manusia adalah organisme multiseluler yang dikelilingi oleh lingkungan luar dan sel-selnya yang hidup di dalam lingkungan yang ada di dalam yang berupa darah dan cairan tubuh lainnya. Dalam menjalankan fungsinya diperlukan cairan tubuh yang terlarut dengan zat-zat yang ada pada makanan serta ion-ion sehingga sel dapat hidup. Agar fungsinya dapat berjalan dengan baik maka dia dipengaruhi oleh lingkungannya. Pengaturan secara fisiologis ini dilakukan untuk mempertahankan keadaan normalnya dan disebut dengan homeostatis (Probowati, 2022).

Tubuh manusia memerlukan air sebagai medium yang penting dengan jumlahnya sebesar 50 – 75 % dari berat badan seseorang. Air disebut sebagai elemen yang penting yang ada dalam plasma darah yang fungsinya diperlukan dalam menyebarkan ke seluruh tubuh sari-sari makanan, oksigen dan elektrolit. Selain itu air juga membentuk ukuran sel, melakukan pengaturan suhu badan, melindungi organ yang ada dalam tubuh dan menjadi pelumas pada persendian. Elektrolit merupakan mineral bermuatan listrik yang tersimpan di dalam tubuh yang bekerja sama dengan air untuk memelihara homeostatis. Penyimpangan kecil di luar kondisi normal secara signifikan dapat mempengaruhi tubuh secara negatif (Vaughans, 2013).

Hasil ketidakseimbangan disebabkan oleh penyakit, gangguan asupan cairan, serta muntah atau diare yang berlebihan dan lama. Ketidakseimbangan akan mengganggu fungsi sistem respirasi, metabolisme, kardiovaskular,

perkemihan dan sistem saraf pusat. Volume cairan yang kurang dapat diakibatkan karena terjadinya luka bakar, adanya penyakit atau kejadian trauma (Potter, 2010).

7.2 Cairan

7.2.1 Volume Cairan Tubuh

Volume cairan tubuh disebut dengan (*total body water-TBW*) yang ada dalam tubuh. Pada pria sebanyak 60% dari berat badan (BB) dan 50% BB wanita. Volume ini dipengaruhi oleh adanya kandungan lemak yang ada pada tubuh dan umur seseorang. Cairan yang tersimpan pada lemak jaringan sedikit, dimana lemak yang ada pada pria sedikit dibandingkan wanita sehingga jumlah volume cairan yang ada pada pria kurang. Umur sangat mempengaruhi dalam TBW, semakin tua seseorang jumlah kandungan air berkurang. Pada bayi baru lahir TBW (70-80% dari BB); ketika Umur 1-12 tahun (64% dari BB), umur 40-60 tahun (pria sebesar 55% dari BB dan wanita sebesar 47%) (Tarwoto, 2023).

7.2.2 Kompartemen Cairan Tubuh

Tubuh memiliki distribusi cairan dalam dua kompartemen utama yaitu intraseluler dan ekstraseluler. Cairan Intraseluler (CIS) merupakan cairan yang berada di ruang sel, memiliki jumlah yang lebih besar dibandingkan ekstraseluler, yakni 42% dari total berat badan. Pada orang dewasa 2/3 jumlah TBW terdiri dari CIS kira-kira 28 liter pada pria dewasa dan 20 liter pada wanita dewasa. Cairan ekstraseluler (CES) merupakan cairan yang berada di luar sel. CES membentuk kurang lebih 17% berat badan total (1/3 jumlah TBW) yang terbagi menjadi tiga bagian kompartemen kecil yaitu cairan interstisial, cairan intravascular (CIV) dan cairan transelular (Widiyono, 2023).

7.2.3 Keseimbangan Cairan

Input dan output cairan yang seimbang merupakan hal yang penting. Input cairan dari minuman dan makanan. Intake cairan dan output cairan dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 7.1. Intake dan Output Cairan/24 Jam

Intake Cairan		Output Cairan	
Minuman	1.200 ml	Urine	1.500 ml
Makanan	1.000 ml	Feses	200 ml
Oksidasi makanan	300 ml	Respirasi	100-200 ml
		IWL	600-800 ml
Jumlah	2.500 ml	Jumlah	2.400 - 2500 ml

Sumber : (Tarwoto, 2023)

7.2.4 Cara Pengeluaran Cairan

Pengeluaran cairan dapat terjadi melalui organ-organ berikut ini:

1. Ginjal
 - a. Cairan yang seimbang akan diatur oleh organ ini. Jumlah darah yang diterima sebesar 170 liter darah yang nantinya akan disaring per hari.
 - b. Pada semua usia jumlah urine yang diproduksi sebesar 1ml/kg/jam
 - c. Produksi urine orang dewasa sekitar 1,5 liter/hari
 - d. ADH dan Aldosteron mempengaruhi jumlah urine yang di produksi oleh ginjal
2. Kulit
 - a. Aktifitas kelenjar keringat diatur oleh saraf simpatis yang menyebabkan hilangnya cairan yang keluar melalui kulit.
 - b. Adanya demam, suhu lingkungan yang meningkat, dan aktivitas otot dihasilkan dari adanya rangsangan pada kelenjar keringat.
 - c. Output cairan lewat kulit dan paru-paru disebut *Insensible Water Loss* (IWL) sekita 15-20 ml/24 jam
3. Paru-Paru
 - a. Organ ini mengeluarkan IWL sebesar 200 ml/hari

- b. Pergerakan atau demam menyebabkan meningkatnya jumlah cairan yang hilang karena perubahan laju dan kedalaman napas
4. Gastrointestinal
- a. Jumlah cairan yang hilang dalam keadaan normal tiap hari sebesar 100-200 ml
 - b. Perhitungan IWL sebesar 10-15 cc/Kg BB/24 Jam, dengan kenaikan 10% dari IWL/ kenaikan temperatur 1°C

7.2.5 Masalah Keseimbangan Cairan

1. Hipovolemia

Asumsi yang tidak adekuat atau kehilangan cairan dalam jumlah yang besar akan menyebabkan terjadinya hipovolemia. Ketika seseorang tidak mampu untuk menelan atau mengunyah, membutuhkan bantuan untuk makan, tidak memiliki jangkauan air bersih dan makanan, terjadinya anoreksia dan mual merupakan faktor-faktor penyebab kurangnya cairan. Muntah, diare, terjadinya pendarahan, menggunakan diuretik dalam jumlah yang besar, adanya trauma pada ginjal baik salah satu ataupun keduanya, aldosterone yang sedikit dan adanya luka bakar yang melepuh serta terjadinya asites menyebabkan jumlah cairan hilang dalam jumlah yang besar (Vaughans, 2013).

Hipovolemi atau dehidrasi dapat terjadi dalam 3 keadaan yakni hilangnya cairan dan elektrolit secara seimbang (dehidrasi isotonik), kehilangan air lebih banyak dari elektrolit (hipertonik), kehilangan elektrolit lebih banyak dari air (hipotonik). Berdasarkan tingkat keparahannya , dibedakan menjadi 3 tingkatan yakni, dehidrasi ringan (tubuh kehilangan cairan 5% dari BB atau 1,5-2 liter), dehidrasi sedang (tubuh kehilangan cairan 5-10% dari BB atau 2-4 liter), dan dehidrasi berat (tubuh kehilangan cairan >10% dari BB)(Urissetiowati, 2023).

Gejala klien yang mengalami hipovolemia adalah terjadinya pusing, badan terasa lemah dan letih, anoreksia, mual muntah, peningkatan rasa haus, gangguan mental, kesulitan

dalam buang air besar dan oliguri, tekanan darah rendah, takikardi, peningkatan suhu, penurunan turgor kulit, lidah kering dan kasar, mukosa mulut kering. Pada bayi dan anak-anak adanya penurunan jumlah air mata (Tarwoto, 2023).

2. Hipervolemia

Hipervolemia adalah jumlah cairan yang banyak yang disebabkan oleh asupan berlebih atau berkurangnya eksresi cairan. Asupan berlebih cairan secara oral jarang terjadi; namun, kebanyakan kasus kelebihan asupan cairan terkait infusi jumlah cairan intravena berlebihan. Penurunan pengeluaran cairan menyebabkan terjadinya gagal jantung, penyakit pada ginjal, kelainan endokrin, dan gangguan pada sistem saraf pusat serta pulmoni. Medikasi tertentu juga dapat menyebabkan retensi cairan (Vaughans, 2013). Gejala pada hipervolemia adalah kesulitan bernapas, tekanan darah yang tinggi dan rendah, nadi kuat, asites, edema, adanya ronchi, kulit lembap, pelebaran vena leher dan irama gallop (Tarwoto, 2023).

Fungsi ginjal yang tidak normal menyebabkan terjadinya overhidrasi. Peningkatan volume darah dan edema adalah manifestasi yang muncul. Adanya tekanan hidrostatis dan tekanan osmotik yang rendah menyebabkan terjadinya edema. Area yang sering terjadi edema adalah pada jari, area mata dan ekstremitas bawah. Pada daerah perifer edema disebut dengan edema pitting dimana jika dilakukan tekanan maka area tersebut akan ada cekungan yang tidak dapat kembali ke keadaan normal dalam waktu yang cepat (Mubarak, 2007).

7.3 Elektrolit

Mineral yang memiliki muatan listrik yang ada pada bagian dalam sel dan luar sel tubuh disebut dengan elektrolit. Mineral tersebut akan masuk ke dalam tubuh dalam bentuk cairan, makanan dan pengeluarannya dilakukan di ginjal. Pengeluaran elektrolit juga dalam jumlah yang sedikit ada pada organ hati, kulit dan paru-paru. Agar tubuh dapat berfungsi dengan optimal maka jumlah elektrolit akan diatur dengan melakukan

penyerapan serta pengeluaran yang baik. Dalam jumlah sedikit atau banyak elektrolit lain dapat diserap dalam makanan yang dikonsumsi, ini dilakukan untuk mengurangi dan meningkatkan level elektrolit agar optimal bagi tubuh (Vaughans, 2013).

7.3.1 Jenis Elektrolit

1. Kation. Kation yang terdapat dalam tubuh meliputi:

a. Natrium

Kation utama yang ada dalam cairan ekstra seluler (CES) adalah natrium. ADH dan aldosteron yang mengatur agar konsentrasi natrium normal. Natrium melakukan pergerakan ke dalam dan keluar sel serta melakukan pergerakan pada dua kompartemen cairan. Keseimbangan pada cairan, mengantar impuls dan kontraksi otot merupakan peran yang dilakukan oleh natrium.

b. Kalium

Kation utama yang ada dalam cairan intraseluler (CIS) adalah kalium. Makanan yang mengandung kalium terdiri dari pisang, brokoli, jeruk, dan kentang. Keseimbangan cairan intraseluler, pengaturan asam basa dan pengaturan impuls jantung serta pergerakan otot diatur oleh kalium. Keseimbangan kalium diatur oleh ginjal dengan perubahan dan penggantian dengan ion kalium di tubulus ginjal.

c. Kalsium

Kalsium dapat diperoleh lewat produk susu. Ada tiga bentuk kalsium dalam cairan tubuh, yaitu kalsium ion, kalsium yang terikat protein dan tidak bisa berdifusi, serta kalsium sitrat dan kalsium fosfat. Kelenjar paratiroid dan tiroid pengaturannya oleh kalsium.

d. Magnesium

Dalam cairan intrasel terdapat kation yang paling banyak kedua. Aktivitas enzim eksisibilitas neurokimia dan otot diatur oleh magnesium

2. Anion. Anion yang terdapat dalam tubuh meliputi:

a. Klorida

Klorida merupakan anion yang paling besar yang ada dalam cairan ekstrasel.

b. Bikarbonat

Pada cairan ekstrasel dan intrasel terdapat bikarbonat yang merupakan buffer kimia utama dalam tubuh. Regulasi bikarbonat dilakukan oleh ginjal.

c. Fosfat

Pada cairan intrasel dan ekstra sel terdapat fosfat yang merupakan anion buffer. Fosfat juga membantu kerja neuromuskular, metabolisme karbohidrat, dan mengatur keseimbangan asam basa. Kerja fosfat diatur oleh hormon paratiroid dengan mengaktifkan vitamin D.

7.3.2 Kadar dan Fungsi Elektrolit

Tabel 7.2. Kadar dan Fungsi Elektrolit

Elektrolit	Fungsi	Nilai Normal (mEq/l)
Sodium (Na^+)	• Pengiriman dan menghantar impuls saraf • pengaturan osmolaritas cairan di luar sel • pengaturan pompa sodium • pengaturan keseimbangan asam basa	135-148
Potasium (K^+)	• pengiriman dan menghantar impuls saraf • pengaturan mekanisme kerja otot • pengaturan osmolaritas cairan dalam sel • Membantu keseimbangan asam basa	3,5-5,5
Kalsium (Ca^{++})	• permeabilitas sel • pengiriman impuls saraf pada otot jantung dan tulang	4,3 – 5,3

Elektrolit	Fungsi	Nilai Normal (mEq/l)
	• pembekuan darah • kekuatan tulang dan gigi	
Magnesium (Mg^{++})	• pengiriman saraf pusat • Aktivitas saraf dan otot • mengaktifkan enzim • Metabolisme protein dan karbohidrat	1,5 – 2,5
Klorida (Cl^-)	• Keseimbangan asam basa • Pertahanan osmolaritas cairan di luar sel	95 - 105
Bikarbonat (HCO_3^-)	• Buffer utama keseimbangan asam basa	22 - 26
Fosfat (HPO_4^{2-} , $H_2PO_4^-$)	• Buffer di dalam dan luar sel • Meningkatkan kegiatan saraf dan otot, metabolisme karbohidrat, dan pengaturan asam basa • Membentuk ATP sebagai energi pada sel • pertahanan membran sel • menjalankan fungsi saraf dan oto • kekuatan tulang dan gigi	1,7 – 2,6

Sumber: (Tarwoto, 2023)

7.3.2 Ketidakseimbangan Elektrolit

Tidak seimbangnnya elektrolit dalam tubuh dapat menyebabkan beberapa masalah atau gangguan, seperti

1. Elektrolit : Sodium (Na^+)

Nilai Normal : 135-148 mEq/L

a. Hiponatremia

Kadar natrium yang ada dalam darah lebih rendah dari normal yang terjadi karena kehilangan natrium atau kehilangan cairan dalam jumlah yang berlebihan. Hiponatremia umumnya terjadi pada klien dengan penyakit ginjal, penyakit Addison, natrium yang hilang melalui pencernaan, jumlah keringat yang banyak serta asidosis metabolik. Tanda dan gejalanya adalah mengalami kelemahan, pusing, vertigo, hipotensi, takikardi, oliguria, mual dan muntah.

b. Hipernatremia

Kadar konsentrasi natrium yang lebih dari normal dan disebabkan oleh cairan yang hilang secara berlebihan atau natrium hilang secara berlebihan. Selain itu penyebabnya adalah sensasi haus yang tidak berfungsi, kesulitan menelan, diare, paru-paru kehilangan cairan berlebih, poliuria karena diabetes insipidus, *heatstroke*. Tanda dan gejala meliputi kulit tidak lembap, mukosa bibir kering, pireksia, agitasi, kejang, oliguria, anuria, nyeri kepala, kejang dan kebingungan.

2. Elektrolit : Potasium (K^+)

Nilai Normal : 3,5-5,5 mEq/L

a. Hipokalemia

Jumlah kalium yang berada pada cairan ekstraseluler yang tidak cukup menyebabkan ketidakseimbangan elektrolit. Kalium yang berpindah keluar sel menyebabkan kurangnya konsentrasi kalium yang ada di cairan ekstrasel. Hal ini menyebabkan ion hidrogen dan kalium ada dalam sel sehingga terjadinya gangguan serta perubahan pH plasma. Gejala defisiensi kalium seperti kelemahan pada otot, kelelahan, fungsi otot menurun, distensi usus, bising usus menurun, serta irreguler pada denyut nadi.

b. Hiperkalemia

Jumlah kalium yang lebih dalam cairan ekstrasel. Kejadian ini jarang terjadi, jika terjadi sangat fatal bagi

kehidupan karena akan terjadi hambatan transmisi impuls jantung sehingga berdampak pada kejadian serangan jantung. Tanda dan gejala meliputi cemas, iritabilitas, irama jantung ireguler, hipotensi, parastesia, dan kelemahan.

3. Elektrolit : Kalsium (Ca^{++})

Nilai Normal : 4,3 – 5,3 mEq/L

a. Hipokalsemia

Jumlah kalsium yang kurang dalam cairan ekstrasel. Jika terjadi dalam jangka waktu yang lama dapat menyebabkan osteomalasia. Tubuh akan mengambil dari tulang jika kalsium tidak terpenuhi kebutuhannya. Tanda dan gejala hipokalsemia meliputi spasme dan tetani, peningkatan motilitas gastrointestinal, gangguan kardiovaskular dan osteoporosis. Penyebab hipokalsemia adalah kurangnya masukan nutrisi, kekurangan vitamin D, diare berat, malnutrisi protein dan gagal ginjal.

b. Hiperkalsemia

Jumlah kalsium yang berlebih pada ekstrasel. Penurunan eksitabilitas otot dan saraf berdampak pada flaksiditas. Tanda dan gejala meliputi, fungsi otot menurun, anoreksia, mual, muntah, kelemahan dan letargi, nyeri pada bagian belakang tubuh dan serangan jantung. Penyebabnya meliputi hiperparatiroid, kanker payudara dan paru, kerusakan metastasis tulang dan menurunnya intake fosfat.

4. Elektrolit : Magnesium (Mg^{++})

Nilai Normal : 1,5 – 2,5 mEq/L

a. Hipomagneemia

Jumlah magnesium kurang dari batas normal. Kondisi ini disebabkan juga karena mengkonsumsi alkohol dalam jumlah yang banyak, nutrisi yang tidak adekuat, diabetes melitus, gagal hati, penyerapan usus yang kurang baik. Tanda dan gejalanya meliputi tremor, refleks tendon

profunda yang hiperaktif, disorientasi, halusinasi, kejang, takikardia dan hipertensi.

b. Hiper magnesemia

Peningkatan kadar magnesium yang ada di serum. Ini jarang terjadi tetapi dapat terjadi pada klien yang mengalami gagal ginjal terlebih khusus yang mengkonsumsi antasida dengan kandungan magnesium dan klien yang menggunakan laksatif. Tanda dan gejalanya adalah aritmia jantung, depresi refleks tendon profunda, depresi pernapasan.

5. Elektrolit : Klorida (Cl^-)

Nilai Normal : 95 – 105 mEq/L

a. Hipokloremia

Penurunan kadar ion klorida dalam serum. Secara khusus, kondisi ini disebabkan oleh kehilangan sekresi gastrointestinal yang berlebihan, seperti muntah, diare, diuresis, serta pengisapan nasogastrik. Tanda dan gejala yang muncul menyerupai alkalosis metabolik, yaitu apatis, kelemahan, kekacauan mental, kram dan pusing.

b. Hiperkloremia

Adalah peningkatan kadar ion klorida dalam serum. Kondisi ini dikaitkan dengan hipernatremia, khususnya saat terdapat dehidrasi dan masalah ginjal. Kondisi ini menyebabkan penurunan bikarbonat sehingga menimbulkan ketidakseimbangan asam basa. Lebih lanjut kondisi ini bisa menyebabkan kelemahan, letargi, dan pernapasan kussmaul.

6. Elektrolit : Fosfat (HPO_4^{2-})

Nilai Normal : 1,7 – 2,6 mEq/L

a. Hipofosfatemia

Jumlah konsentrasi fosfat yang kurang dalam serum. Ini dapat terjadi karena penyerapan fosfat dalam usus yang kurang, pengeluaran fosfat yang meningkat, fosfat yang meningkat pada tulang. Hipofosfatemia dapat terjadi akibat alkoholisme, nutrisi yang tidak adekuat,

ketoasidosis diabetes dan hipertiroidisme. Tanda dan gejalanya meliputi anoreksia, pusing, parestesia, kelemahan otot, serta gejala neurologis yang tersamar.

b. Hiperfosfatemia

Adanya jumlah fosfat yang melebihi batas normal dalam serum. Pada klien dengan gagal ginjal akan muncul kondisi ini atau dapat juga karena penurunan hormon paratiroid. Kondisi ini dapat juga diakibatkan karena jumlah fosfat yang ada meningkat atau penggunaan laksatif yang salah. Kadar fosfat berbanding terbalik dengan kalsium sehingga tanda dan gejala yang ada pada hipokalsemia mirip. Tanda dan gejalanya adalah peningkatan eksitabilitas sistem saraf pusat, spasme otot, konvulsi dan tetani, peningkatan motilitas usus, masalah kardiovaskular seperti penurunan kontraktilitas jantung/gejala gagal jantung dan osteoporosis.

DAFTAR PUSTAKA

- Hidayat, A.A & Uliyah, M. (2011). *Praktik Kebutuhan Dasar Manusia*. Health Books Publishing: Surabaya
- Hidayat, A.A & Uliyah, M. (2012). *Buku Ajar Kebutuhan Dasar Manusia*. Health Books Publishing: Surabaya
- Mubarak I. W, Chayatin N. (2008). *Buku Ajar Kebutuhan Dasar Manusia Teori & Aplikasi dalam praktik*. EGC: Jakarta
- Potter, P.A. & Perry, A.G. (2010). *Fundamental Keperawatan (3-vol set)* . Edisi Bahasa Indonesia 7. Elsevier (Singapore) Pte.Ltd.
- Probowati, R. (2022). *Kebutuhan Dasar Manusia Dengan Masalah Gangguan Kebutuhan Keseimbangan Cairan, Elektrolit Dan Asam-Basa Berdasarkan SDKI, SLKI Dan SIKI*. Malang :Rena Cipta Mandiri
- Sukmawati. S.A., dkk. (2023). *Buku Ajar Pemenuhan Kebutuhan Dasar Manusia*. Jambi: Sonpedia Publishing Indonesia.
- Tarwoto, Wartonah. (2023). *Kebutuhan Dasar Manusia dan Proses Keperawatan, Edisi ke-6*. Jakarta: Salemba.
- Vaughans, W. B. (2013). *Keperawatan Dasar*. Yogyakarta: Rapha Publisihing
- Widiyono. (2023). *Konsep Keperawatan Dasar*. Kediri: Lembaga Chakra Brahmanda Lentera
- Yurissetiowati, dkk. (2023). *Kebutuhan Dasar Manusia*. Malang: Rena Cipta Mandiri

BAB 8

KESEIMBANGAN ASAM DAN BASA SERTA JENISNYA

Oleh Reny Deswita

8.1 Pendahuluan

Sel-sel di dalam tubuh dapat melakukan fungsinya secara optimal hanya apabila lingkungan sekitar sel menopang keberlangsungan hidup sel. Sehingga untuk menjaga agar kondisi ini tetap stabil, lingkungan internal ini menjadi penting untuk dijaga tetap stabil. Pemeliharaan kestabilan lingkungan internal tubuh tersebut dikenal dengan istilah homeostasis. Komposisi kimiawi dan lingkungan fisik internal tubuh harus dijaga ketat dalam batas normal. Salah satunya adalah kondisi keseimbangan asam dan basa tubuh yang merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi homeostasis tubuh. Keseimbangan asam-basa yang dapat menopang homeostasis lingkungan internal tubuh dipertahankan berada dalam rentang pH normal antara 7,35 – 7,45. Apabila terdapat perubahan pH, hal ini dapat menimbulkan efek yang serius pada fungsi sel normal. Kematian dapat terjadi apabila pH darah arteri dibawah 6,8 atau di atas 8, walaupun kondisi ini hanya terjadi selama hitungan detik (Guyton, 1990; Sherwood, 2013; Viswanatha & Putra, 2017).

8.2 Keseimbangan Asam dan Basa

Keseimbangan asam basa merujuk pada pengaturan suatu kondisi dimana konsentrasi ion hidrogen(H^+) yang dibentuk, sama jumlahnya dengan ion hidrogen yang dihasilkan oleh sel. Sehingga dapat dikatakan bahwa keseimbangan asam basa menggambarkan keseimbangan ion hidrogen di dalam tubuh. Tanda pH digunakan dalam menyatakan konsentrasi (H^+). Nilai konsentrasi (H^+) Cairan Ekstra Seluler (CES) adalah 4×10^{-8} Eq/liter, sekitar tiga juta kali lebih sedikit dibandingkan dengan konsentasi natrium dalam CES.

Istilah pH digunakan untuk menyatakan (H^+), merupakan logaritma (log) berbasis 10 dari kebalikan konsentrasi (H^+), sehingga penjelasan terkait konsentrasi ion hidrogen menjadi lebih mudah. Dinyatakan dengan rumus:

$$pH = -\log [H^+]$$

Derajat keasaman darah manusia dijaga ketat agar tetap berada pada rentang 7,35-7,45. Nilai pH ini akan menjadi berbeda tergantung dari jenis pembuluh darahnya. Nilai pH pada pembuluh darah arteri normalnya adalah sekitar 7,45, sementara pH arteri rata-rata sekitar 7,4. pH pada pembuluh darah vena dan cairan interstisial berada pada sekitar 7,35. Hal ini dikarenakan pada daerah tersebut terdapat input sejumlah karbondioksida (CO_2) yang berasal dari jaringan dan membentuk H_2CO_3 . Apabila pH darah di bawah 7,35, kondisi ini disebut dengan asidosis, sementara jika pH lebih dari 7,45 disebut dengan alkalosis (Guyton, 1990; Sherwood, 2013).

Pereseran kecil pada konsentrasi (H^+) dari nilai normal dapat mengganggu fungsi sel tubuh. Beberapa kondisi yang dapat disebabkan gangguan dari keseimbangan asam dan basa, yaitu (Sherwood, 2013):

1. Tanda gejala utama yang muncul sebagai akibat dari asidosis, yaitu dapat menyebabkan depresi pada Susunan Saraf Pusat (SSP), disorientasi, pada kondisi yang buruk pasien dapat mengalami koma, bahkan kematian. Sedangkan pada alkalosis, dapat menyebabkan hiper eksitabilitas pada saraf tepi kemudian akan berlanjut pada SSP. Dimana awalnya saraf perifer menjadi sangat peka, melepaskan impuls listrik walaupun tidak terdapat rangsangan normal. Hiper eksitabilitas pada saraf sensorik menyebabkan sensasi dan kesemutan dan pada saraf motorik menyebabkan kedutan otot. Pada kondisi yang parah, kedutan ini dapat berkembang menjadi spasme yang hebat. Oleh karena itu, kondisi alkalosis berat akan menimbulkan spasme otot pernapasan yang dapat mengganggu proses ekspirasi dan inspirasi pernapasan normal. Kondisi ini dapat menyebabkan kematian karena penurunan

suplai oksigen dan tertahannya karbondioksida di dalam tubuh. Selain itu alkalosis berat juga dapat menyebabkan kematian akibat hiper eksitabilitas saraf otak yang dapat mencetuskan kejang.

2. Perubahan konsentrasi ion hidrogen dapat mengubah bentuk dan aktivitas protein. Sehingga kondisi ini akan mempengaruhi kerja enzim di dalam tubuh. menimbulkan efek yang nyata pada aktivitas enzim. Pada akhirnya akan berdampak pada semua aktivitas metabolisme tubuh yang melibatkan aktivitas enzim.
3. Perubahan $[H^+]$ memengaruhi kadar Kalium di dalam tubuh. Pada kondisi asidosis, pengeluaran kalium oleh ginjal menjadi menurun. Sebaliknya pada kondisi alkalosis, pengeluaran kalium ginjal meningkat. Kondisi ini menyebabkan kadar kalium dalam darah menurun. Kalium yang berperan penting pada kontraksi otot, terutama otot jantung. Sehingga kondisi ini akan menyebabkan gangguan aktivitas pompa jantung.

Sebagian besar $[H^+]$ dihasilkan dari reaksi metabolisme di dalam tubuh. Hanya sebagian kecil $[H^+]$ dihasilkan dari asam yang masuk bersama makanan. Pada kondisi normal, $[H^+]$ ditambahkan ke dalam tubuh melalui beberapa sumber, yaitu: (1) asam organik yang diproduksi dari metabolisme antara (2) produksi asam karbonat dari metabolisme nutrisi (3) produksi asam anorganik selama penguraian nutrisi (Sherwood, 2013).

Pembentukan asam karbonat. Aktivitas metabolisme di dalam sel menghasilkan energi untuk aktivitas tubuh, beserta produk sampingannya berupa CO_2 dan H_2O yang berasal dari proses oksidasi nutrisi dengan bantuan oksigen. Secara lambat tanpa bantuan katalis, CO_2 dan H_2O akan bereaksi membentuk H_2CO_3 . Kemudian secara cepat terdisosiasi membentuk ion H^+ dan HCO_3^- .



Keseimbangan kimia ini bersifat reversibel dan dapat bergeser ke arah kanan maupun kiri untuk membentuk keseimbangan, sesuai dengan konsentrasi zat-zat yang terlibat

berdasarkan hukum aksi massa. Pada kapiler sistemik konsentrasi CO_2 di dalam darah meningkat akibat penambahan CO_2 yang berasal dari hasil metabolisme jaringan. Hal ini menyebabkan keseimbangan reaksi bergeser ke kanan membentuk H^+ . Kemudian ketika sampai di paru-paru, reaksi berbalik ke arah kiri membentuk $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$. Secara difusi CO_2 , berpindah dari kapiler paru ke membran alveolus untuk dikeluarkan bersama udara pernapasan. Apabila sistem pernapasan dapat membuat kelebihan CO_2 hasil produksi proses metabolik. Maka, tidak akan terjadi peningkatan konsentrasi ion hidrogen di dalam darah. Namun, sistem pernapasan mengalami kegagalan dalam mengeliminasi kelebihan CO_2 melalui udara pernapasan, maka akan menyebabkan kelebihan ion hidrogen di dalam darah. Efek dari kondisi tersebut adalah asidosis (Guyton, 1990; Sherwood, 2013).

Asam anorganik. Pada proses penguraian nutrien di dalam tubuh, umumnya akan lebih banyak menghasilkan asam dibandingkan dengan basa. Asam anorganik dihasilkan selama proses metabolisme protein, terutama daging. Proses ini menghasilkan produk sampingan berupa asam sulfat dan asam fosfat. Selain itu, asam juga dihasilkan pada proses pemecahan protein yang terkandung pada produk susu dan sejenis padi-padian. Sementara itu, penguraian nutrien dari sayuran dan buah-buahan menghasilkan basa (Sherwood, 2013).

Asam organik. Metabolisme antara menghasilkan produk asam organik. Metabolisme antara adalah semua reaksi yang berkaitan dengan penyimpanan dan pembentukan energi metabolik yang diperlukan untuk biosintesis senyawa berat molekul rendah dan senyawa penyimpan energi. Produk yang dihasilkan yaitu: asam lemak dan asam laktat. Kelompok asam ini mengalami penguraian sebagian sehingga menghasilkan H^+ bebas. Produksi ion hidrogen pada aktivitas metabolik yang terus menerus, menghasilkan sejumlah tambahan asam yang semakin meningkatkan jumlah total ion hidrogen di dalam tubuh. Kelainan metabolisme lemak yang mengakibatkan

terbentuknya keton yang bersifat asam di dalam tubuh dapat terjadi pada pasien diabetes (Sherwood, 2013).

Konsentrasi ion hidrogen harus dipertahankan tetap konstan di dalam, sehingga pH cairan tubuh dapat tetap berada dalam kisaran sempit yang memungkinkan kehidupan. Kunci keseimbangan pH darah, yaitu mempertahankan pH CES pada rentang 7,4 (cenderung basa). Tubuh memiliki lini pertahanan yang bekerja untuk mempertahankan $[H^+]$ tetap konstan. Lini pertama adalah sistem dapar kimiawi yang bereaksi paling cepat terhadap perubahan konsentrasi ion hidrogen, bekerja untuk regulasi jangka pendek; lini kedua adalah mekanisme pernapasan; lini ketiga adalah mekanisme ginjal dalam mengontrol pH. Organ ginjal dan paru bekerja untuk regulasi jangka panjang (Guyton, 1990; Sherwood, 2013).

8.3 Regulasi Keseimbangan Asam dan Basa

8.3.1 Sistem Dapar

Sistem dapar kimiawi merupakan lini pertama yang bereaksi dalam menjaga keseimbangan pH darah. Bereaksi segera dalam hitungan detik ketika terjadi pergeseran kadar pH darah dari rentang normal. Dapar merupakan larutan yang terdiri dari dua senyawa kimia, dimana salah satu senyawa dapat menghasilkan H^+ pada saat konsentrasi H^+ menurun. Sementara senyawa lainnya dapat mengikat H^+ bebas ketika H^+ mulai meningkat. Sehingga dengan kemampuan ini, sistem dapar dapat menjaga perubahan pH ketika asam atau basa ditambahkan ke atau dikeluarkan dari dalam tubuh. Ada empat jenis sistem dapar, yaitu: dapar $H_2CO_3:HCO_3^-$; dapar protein; dapar hemoglobin; yang terakhir adalah dapar fosfat.

Dapar $H_2CO_3:HCO_3^-$. Pasangan dapar $H_2CO_3:HCO_3^-$ merupakan sistem dapar utama di CES. Hal ini karena H_2CO_3 dan HCO_3^- banyak ditemukan di CES. Sistem dapar ini dapat mengatasi perubahan pH akibat fluktuasi yang H_2CO_3 , selain H_2CO_3 dihasilkan oleh CO_2 . Kerja sistem dapar ini dapat terlihat dari reaksi di bawah ini.



Pada saat terjadi penambahan H^+ ke dalam CES, yang bukan berasal dari CO_2 , misalnya produksi asam laktat pada saat otot digunakan untuk olahraga, keseimbangan reaksi di atas akan bergeser ke arah kiri. H^+ berikatan dengan HCO_3^- membentuk H_2CO_3 . Pada kondisi ini konsentrasi H^+ di CES menurun, sehinggalan keasaman cairan tubuh berkurang. Sebaliknya, pada kondisi di mana tubuh kehilangan H^+ di luar CO_2 , misalnya karena pengeluaran asam lambung akibat muntah. Maka reaksi akan bergeser ke sebelah kanan. Sehingga meningkatkan konsentrasi H^+ pada CES.

Apabila perubahan pH pada CES terjadi akibat fluktuasi H_2CO_3 . Sistem dapar ini tidak dapat mengatasinya, sehingga tidak dapat menyangga dirinya sendiri. Misalnya terjadi retensi CO_2 dalam tubuh. Maka akan terjadi peningkatan konsentrasi H^+ . Namun sistem kesimbangan tidak dapat digeser ke arah kiri sesuai dengan hukum aksi massa untuk mengurangi keasaman CES. Apabila penyebab peningkatan konsentrasi H^+ tadi penyebabnya bukan berasal dari retensi CO_2 . Barulah reaksi keseimbangan dapat digeser ke sebelah kiri. Disinilah peranan ginjal dan paru dalam menangani masalah keseimbangan asam basa karena faktor CO_2 . Oleh karena itu, apabila terjadi disfungsi ginjal dan paru dapat menyebabkan ketidakseimbangan asam-basa karena tubuh tidak mampu mengubah rasio $[HCO_3^-]/[CO_2]$. Dapat dijelaskan dengan rumus:

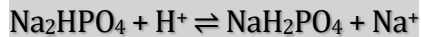
$$pH \propto \frac{(HCO_3^-) \text{ yang dikontrol ginjal}}{(CO_2) \text{ yang dikontrol paru}}$$

Sistem dapar protein. Sistem dapar yang paling banyak terdapat di cairan tubuh adalah protein, termasuk protein intrasel dan protein plasma. Oleh karena itu, dapar protein, merupakan dapar utama di dalam sel (CIS). Protein mengandung gugus asam dan basa yang dapat melepaskan atau mengikat H^+ . Sehingga dapar ini menjadi dapar yang baik dalam menjaga pH darah.

Sistem dapar Hemoglobin. Sistem dapar ini menyangga H^+ yang dihasilkan dari CO_2 hasil metabolisme sel. Kemudian CO_2

dari dalam sel berdifusi ke dalam darah, sebagian besar CO_2 berikatan dengan H_2O untuk membentuk H^+ dan HCO_3^- dengan bantuan enzim karbonat anhidrase di dalam sel darah merah. Sebagian besar H^+ tersebut akan terikat ke Hb tereduksi, karena ikatan dengan hemoglobin inilah H^+ tidak mempengaruhi keasaman cairan tubuh. Jika tidak terdapat Hb atau jumlah Hb menurun, darah akan menjadi terlalu asam setelah terjadi penambahan CO_2 dari jaringan. Karena peran darah sistem Hb inilah mengapa pH darah vena hanya sedikit lebih asam daripada pH darah arteri, walaupun kadar CO_2 dalam vena lebih tinggi

Sistem dapar fosfat. Sistem ini terdiri dari garam fosfat (NaH_2PO_4) dan Na_2HPO_4 . Garam fosfat (NaH_2PO_4) dapat terdisosiasi dan melepaskan ion hidrogen, bersifat asam serta berfungsi sebagai penyangga ketika konsentrasi H^+ turun dalam tubuh. Sementara Na_2HPO_4 bersifat basa, sehingga dapat menerima H^+ bebas, bekerja dalam menyangga pH darah ketika konsentrasi ion hidrogen meningkat. Pada tubulus ginjal, mekanisme kerja dapar ini adalah ketika 1 ion hidrogen dilepaskan ke tubulus ginjal. Maka akan digantikan 1 ion natrium yang bergerak dari tubulus ke plasma kapiler.

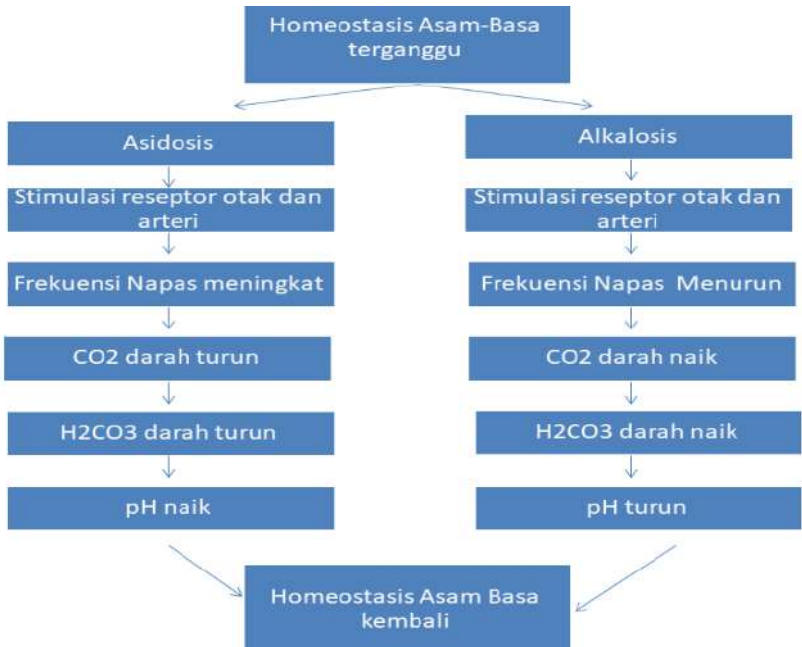


Sistem dapar ini berperan secara penting dalam menyangga keseimbangan intrasel, karena jumlah fosfat paling banyak ditemukan di dalam sel. Bersama-sama dengan dapar protein, menjaga keseimbangan asam basa intrasel. Selain itu juga dapar ini bekerja sebagai penyangga keseimbangan asam basa di urin. Kelebihan fosfat pada filtrat glomerulus, tidak diserap kembali ke aliran darah, namun tetap dipertahankan pada cairan tubulus ginjal (Guyton, 1990; Sherwood, 2013).

8.3.2 Sistem pernapasan

Sistem pernapasan bekerja dalam menjaga keseimbangan asam basa, apabila sistem dapar telah terlampaui batas kemampuannya. Sehingga sistem pernapasan dikenal sebagai lini kedua dalam mempertahankan pH darah. Sistem pernapasan melakukan pengaturan ventilasi paru untuk mengeluarkan atau

untuk menahan CO_2 tetap berada di dalam tubuh. Pengaturan ventilasi paru dipengaruhi oleh konsentrasi $[\text{H}^+]$ di dalam pembuluh arteri. Apabila terjadi peningkatan $[\text{H}^+]$ arteri, kondisi ini akan ditangkap oleh kemoreseptor dan mengirimkannya ke pusat pernapasan di batang otak, dari otak melalui sistem saraf otonom akan diteruskan ke sistem pernapasan untuk meningkatkan ventilasi. Pernapasan akan menjadi cepat dan dalam, melalui mekanisme ini akan semakin banyak CO_2 yang dilekuarkan melalui udara pernapasan. Melalui cara inilah pH darah tetap dijaga dalam batas normal apabila terdapat peningkatan kadar CO_2 di dalam darah. Apabila kondisi sebaliknya terjadi, dimana terdapat penurunan $[\text{H}^+]$ arteri. Sistem pernapasan akan mengatur ventilasi paru-paru menurun, menyebabkan pernapasan menjadi lebih dangkal dan lambat. Tujuannya adalah agar tetap menahan sejumlah CO_2 agar konsentrasi $[\text{H}^+]$ arteri meningkat. Melalui mekanisme ini menjadikan paru-paru memiliki peran yang sangat penting dalam menjaga pH darah. Melalui pengaturan ventilasi ini paru-paru dapat mengeluarkan $[\text{H}^+]$ dari tubuh 100 lebih banyak dari pada ginjal (Guyton, 1990; Sherwood, 2013, Nugraha, 2021).



Gambar 8.1. Pengaturan Asam-Basa Oleh Paru
(Sumber: Nugraha, 2021)

8.3.3 Ginjal

Ginjal sebagai lini ketiga dalam mempertahankan keseimbangan asam dan basa tubuh. Ginjal membutuhkan waktu sekitar hitungan jam hingga hari dalam melakukan kompensasi untuk mengembalikan pH darah ke dalam rentang normal. Sistem pernapasan hanya bisa mempertahankan konsentrasi ion hidrogen tetap stabil melalui pengeluaran CO_2 . Namun pembentukan ion hidrogen dari komponen sulfur, fosfat, laktat dan asam lainnya, hanya ginjal yang mampu melakukannya. Selain itu, ginjal juga dapat mengeliminasi H^+ dari CO_2 . Mekanisme ginjal dalam mempertahankan pH cairan tubuh tetap dalam batas normal, dilakukan dengan pengaturan, ekskresi H^+ , ekskresi HCO_3^- , dan sekresi amonia (NH_3). adalah tanggung jawab ginjal. Sejumlah besar H^+ melalui proses sekresi aktif oleh sel tubulus dipindahkan dari plasma kapiler peritubulus ke dalam lumen tubulus, terutama pada tubulus

proksimal, distal, dan kolektivus. Oleh karena itu, pH urine pada umumnya asam.

Ginjal sebagai mekanisme regulasi asani-basa terkuat dibandingkan dengan sistem yang lain. Karena ginjal dapat memulihkan keseimbangan asam basa lebih efektif dibandingkan dengan mekanisme yang lainnya. Ginjal dapat mengontrol pengeluaran H^+ dari berbagai sumber, menahan atau mengeliminasi HCO_3 . Selain itu, secara bersamaan ginjal mampu mengeliminasi (H^+) dan menambahkan basa HCO_3 ke dalam cairan tubuh.

Koreksi kondisi alkalosis oleh ginjal. Alkalosis adalah kondisi dimana pH darah diatas 7,4. Peningkatan ini terjadi karena tingginya konsentrasi ion bikarbonat ekstrasel, sehingga meningkatkan konsentrasinya di dalam filtrat glomerulus. Kondisi dimana rendahnya konsentrasi karbon dioksida juga menurunkan sekresi ion hidrogen. Oleh karena itu, tidak lagi terjadi keseimbangan sangat baik yang biasanya terdapat di dalam tubulus di antara ion hidrogen dan bikarbonat, ion bikarbonat jumlahnya lebih besar dibandingkan dengan ion hidrogen. Karena tidak ada ion bikarbonat yang dapat direabsorpsi tanpa bereaksi terlebih dahulu dengan ion hidrogen, Sehingga semua kelebihan ion bikarbonat keluar melalui urin, dengan membentuk ikatan antara ion bikarbonat dengan ion natrium atau ion positif lainnya. Keluarnya natrium bikarbonat dari cairan ekstra sel menurunkan bagian ion bikarbonat dari sistem buffer bikarbonat tersebut, Proses ini menyebabkan pergeseran pH cairan tubuh kembali ke arah asam dan kondisi alkalosis dapat dikoreksi.

Koreksi asidosis oleh ginjal. Pada asidosis, perbandingan karbon dioksida dengan ion bikarbonat di dalam cairan ekstrasel meningkat, berbeda dari kondisi alkalosis. Sehingga pada kondisi asidosis, kecepatan sekresi ion hidrogen meningkat ke suatu tingkat yang jauh lebih besar dibandingkan dengan kecepatan filtrasi ion bikarbonat ke dalam tubulus. Hal ini menyebabkan, ketidakseimbangan jumlah antara ion hidrogen dan ion bikarbonat, dimana jumlah ion hidrogen lebih banyak. Pada kondisi asidosis dimana respon tubuh dalam

mengatasi hal tersebut adalah dengan mengeluarkan ion hidrogen dari cairan ekstrasel ke tubulus ginjal untuk dikeluarkan. Setiap pelepasan satu ion hidrogen akan diikuti oleh terbentuknya satu ion bikarbonat di tubulus dan satu ion natrium yang akan diabsorpsi dari tubulus ke ekstrasel untuk menggantikan ion hidrogen yang dilepaskan. Pada mekanisme ini ion hidrogen akan berikatan dengan ion karbonat di tubulus ginjal dan membentuk H_2CO_3 , setelah itu reaksi akan bergeser dan membentuk CO_2 dan H_2O . CO_2 akan berdifusi dengan cepat ke ekstrasel, sementara H_2O akan dikeluarkan melalui urin. Apabila jumlah ion hidrogen melebihi dari jumlah ion bikarbonat. Maka, kelebihan ion hidrogen tadi akan diatasi oleh sistem dapar yang ada di tubulus yaitu dapar amonia dan fosfat (Guyton, 1990; Sherwood, 2013; Lee Hamm, Nakhoul & Hering-Smith, 2015).

8.4 Gangguan Keseimbangan Asam dan Basa

Asidosis Respiratorik. Kondisi ini terjadi apabila terdapat gangguan pada fungsi paru, penyakit saraf atau otot dada menyebabkan hipoventilasi pada pernapasan. Pada kondisi hipoventilasi, CO_2 yang dikeluarkan lebih sedikit dari pada CO_2 yang diproduksi. Karena paru-paru tidak mampu melakukan fungsinya dalam melakukan hiperventilasi untuk membuang kelebihan CO_2 , mengakibatkan pH darah menjadi asam yang dikenal dengan istilah asidosis respiratorik. Peranan ginjal dalam mengatasi hal ini adalah dengan melakukan retensi terhadap ion bikarbonat yang difiltrasi oleh glomerulus dan menambahkan ion bikarbonat baru ke plasma darah sebagai upaya untuk membuat pH darah meningkat. Proses ini dapat memakan waktu jam hingga hari sampai gangguan asidosis respiratorik dapat terkompensasi sempurna. Tanda dan gejala awal berupa sakit kepala dan mengantuk. Namun, seiring dengan perburukan rasa mengantuk dapat menjadi penurunan kesadaran, pasien mengalami stupor bahkan koma. Pemberian obat-obatan dapat dilakukan untuk mengembalikan fungsi pengaturan ventilasi paru. Apabila kondisi pasien berat,

penggunaan ventilator mekanik akan sangat membantu dalam menyelamatkan nyawa pasien.

Asidosis Metabolik. Kondisi ini dikenal juga sebagai asidosis non respiratorik. Gangguan ini terjadi apabila pH darah meningkat, tetapi bukan disebabkan oleh CO_2 . Beberapa penyakit yang dapat menyebabkan gangguan ini adalah: diare, diabetes melitus, olahraga yang berat, asidosis uremikum. Penegakkan diagnosis dapat dilakukan dengan mengukur kadar karbon dioksida dan bikarbonat dalam darah. Pemeriksaan untuk menentukan penyebab: pemeriksaan laboratorium mikroskopis dan pH urin; hiperglikemia; keton urin pada pasien diabetes tidak terkontrol; Adanya bahan toksik dalam darah untuk mengidentifikasi keracunan atau overdosis. Pada asidosis jenis ini dapat ditemukan adalah kondisi dimana terjadi keasaman darah yang berlebihan, ditandai dengan penurunan kadar ion bikarbonat, dan nilai CO_2 normal. Mekanisme kompensasi untuk mengatasi kondisi ini adalah. Pertama yang bekerja adalah sistem dapar dalam menyerap ion Hidrogen di dalam darah. Kemudian akan disusul oleh mekanisme hiperventilasi paru dalam menurunkan jumlah CO_2 tubuh sebagai penyumbang ion hidrogen. Selanjutnya diikuti oleh mekanisme ginjal dalam membuang kelebihan ion hidrogen melalui urin dan menahan ion bikarbonat dalam tubuh. Namun, kemampuan mekanisme tersebut dapat terlampaui jika produksi asam terus menerus ditambahkan ke cairan tubuh, kondisi dapat menjadi asidosis berat dan berakhir dengan keadaan koma bahkan kematian. Asidosis metabolik dapat diatasi tergantung dari faktor penyebabnya. Asidosis akibat penyakit diabetes dapat diatasi dengan pemberian insulin dan resusitasi cairan intravena; asidosis akibat overdosis atau keracunan dapat dilakukan dengan terapi dialisis.

Alkalosis Respiratorik. Alkalosis respiratorik adalah suatu kondisi ketika darah kehilangan banyak CO_2 akibat hiperventilasi. karena pernafasan yang cepat dan dalam akibatnya CO_2 banyak dikeluarkan dari dalam tubuh melalui udara pernapasan. Faktor yang dapat menyebabkan alkalosis jenis ini adalah kondisi yang dapat memicu hiperventilasi: demam, kecemasan, keracunan

aspirin. Tanda dan gejala yang dapat ditemukan antara lain: rasa gatal di sekitar bibir dan wajah, cemas, kejang otot dan penurunan kesadaran apabila kondisi memburuk. Mekanisme tubuh untuk mengkompensasi gangguan ini adalah dengan dilepaskannya banyak H^+ oleh sistem dapar untuk menggeser kembali reaksi keseimbangan asam basa ke pH normal. Kemudian faktor-faktor yang mencetuskan hiperventilasi harus dikontrol dan dihilangkan. Hal ini dilakukan untuk mencegah kehilangan CO_2 lebih lanjut. Kemudian apabila gangguan ini berlangsung sampai beberapa hari, ginjal akan melakukan tugasnya dalam melakukan kompensasi dengan banyak mengeliminasi ion bikarbonat ke dalam urin dan menahan ion H^+ di dalam darah. Mekanisme ini dilakukan oleh tubuh dalam upaya melakukan kompensasi untuk mengatasi alkalosis respiratorik.

Alkalosis Metabolik. Alkalosis metabolik dikenal juga sebagai alkalosis non respiratorik. Gangguan keseimbangan asam basa dimana ditemukan tingginya kadar bikarbonat di dalam darah, sehingga menggeser pH darah diatas 7,4 ke arah basa. Keadaan pH darah yang basa ini dapat terjadi ketika tubuh banyak kehilangan asam seperti pada kondisi muntah yang berkepanjangan, dimana terjadi pengeluaran asam klorida dalam jumlah yang banyak. Kondisi lain yang dapat menyebabkan alkalosis ini: mengkonsumsi obat-obatan yang bersifat basa dan diuretik golongan tiazid, furosemid, asam etakrinat; hipokalemi; hiponatremia. Kompensasi tubuh untuk mengatasi gangguan ini adalah diawali dengan aktivitas sistem dapar kimiawi yang segera melepaskan H^+ ke dalam darah untuk menyeimbangkan pH. Kemudian diikuti oleh sistem pernapasan dengan pengaturan hipoventilasi agar tidak banyak CO_2 yang dikeluarkan oleh tubuh, sehingga H^+ banyak ditahan dalam cairan tubuh. Selanjutnya ginjal akan ikut mengkompensasi jika gangguan ini berlangsung selama hitungan hari. Ginjal akan menahan H^+ dan mengeliminasi ion bikarbonat melalui urin. Melalui mekanisme ini tubuh melakukan upaya dalam mengatasi alkalosis metabolik (Guyton, 1990; Sherwood, 2013; Viswanatha & Putra, 2017; Nugraha, 2021).

DAFTAR PUSTAKA

- Guyton, Arthur. 1990. *Fisiologi manusia dan mekanisme penyakit*. ed.3. Alih bahasa, Petrus Andianto. Jakarta: Buku Kedokteran EGC
- Lee Hamm, L., Nakhoul, N. and Hering-Smith, K.S. 2015. *Acid-base homeostasis. Clinical Journal of the American Society of Nephrology*, 10(12), pp. 2232–2242. Available at: <https://doi.org/10.2215/CJN.07400715>.
- Nugraha, Muhammad Syahbani. 2021. *Respirasi Keseimbangan Asam Basa. Pulmonologi dan Kedokteran Resporasi FK Unri*. Available at: <https://pulmounri.com/wp-content/uploads/2024/01/Keseimbangan-Asam-Basa-1.pdf>.
- Sherwood, Lauralee. 2013. *Fisiologi manusia dari sel ke system*. 8th ed. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Viswanatha, P., & Putra, K.A.H. 2017. *Keseimbangan Asam Basa*. https://www.academia.edu/38807536/KESEIMBANGAN_ASAM_BASA_Oleh_Putu_Aksa_Viswanatha_dr_Kadek_Agus_Heryana_Putra_SpAn_BAGIAN_SMF_ILMU_ANESTESIA_DAN_TERAPI_INTESIF_FK_UNUD_RSUP_SANGLAH_2017,

BIODATA PENULIS



Dr. H. Rustam Aji Rochmat.SKp., M.Kes.
Dosen Poltekkes Kemenkes Bengkulu

Penulis lahir di Curup pada tanggal 17 Februari 1962. Pendidikan : SD Negeri di SDN No. XIV Curup (1975). SMP N I Curup (1980). SMA PGRI 1 Curup (1983), SPPM Bengkulu (1984) Akper Otten Bandung (1990). S1 Keperawatan Universitas Indonesia (1998), S2 Ilmu perilaku dan Promosi Kesehatan Universitas Gadjah Mada Yogyakarta (2022), S3 Kesehatan Lingkungan Universitas Sriwijaya Palembang (2016). Mulai bekerja di Puskesmas Pembantu Durian Mas Kota padang Ulak Tanding dan di Puskesmas Sengkuang tebat Karai kepahyang (1987). Bekerja Akper Depkes Curup (1989) dan saat ini bekerja sebagai dosen di Poltekkes Kemenkes Bengkulu Prodi D3 Keperawatan Curup. Penulis memiliki jabatan sebagai Lektor kepala. Penulis beralamatkan di Jln. Musi Raya No. 36 RT. 03 / RW 01 Kelurahan Batu Galing Kecamatan Curup Tengah Kabupaten Rejang Lebong Provinsi Bengkulu. Penulis memiliki istri bernama Rita Yanti dan memiliki dua anak perempuan bernama Sherly Ratih Frichesarius Shanty Aji,Am.d.Kep.,SKM menantu Aiptu Ibrahim Efendi.SH Cucu 1.Shultan Ali Aji Alkahfi 2. Ghaniyah Felicia dan Anak Roro Ajhie Ayuningtyas,Amd.Keb.,STR.Keb. Cucu 3. Kirana Cordelya Aji Maheswari.

Kata Bijak Untuk Diri :

“Jangan takut akan perubahan. Kita mungkin kehilangan sesuatu yang baik, namun kita akan peroleh sesuatu yang lebih baik lagi”.*(doctor @djie-Pebruari-2024)*

“Bahagia itu datang bersama sabar dan perginya bahagia bersama ikhlas.” *(doctor @djie-Pebruari-2024)*

BIODATA PENULIS



Yasin Wahyurianto

Dosen di Jurusan Keperawatan, Poltekkes Kemenkes Surabaya

Yasin Wahyurianto, Anak ke 1 dari 3 bersaudara ini mempunyai hobi menulis yang lahir di Bogor, 24 Juli 1976. Pendidikan yang ditempuh dimulai dari SDN Tugu 1 Depok tahun 1983, dilanjutkan ke SMPN 103 Cijantung Jakarta Timur pada tahun 1989 dan SMAN 39 Cijantung Jakarta Timur pada tahun 1992. Menamatkan Akademi Keperawatan Soetomo Surabaya pada tahun 1998, S-1 Keperawatan di Universitas Airlangga Tahun 2005, S-2 Magister Ilmu Kedokteran Dasar di Universitas Airlangga Tahun 2011.

Penulis merupakan tenaga pengajar yang diawali pengabdianya di Akper Soetomo Surabaya yang notabene almamaternya sendiri dari tahun 1998-2002, direntang tahun ini pula penulis memperdalam kemampuan kliniknya di RSUD Dr. Soetomo Surabaya bagian Gawat Darurat (IRD), kemudian pindah tugas ke Akbid Gambiran Kediri selama empat tahun, dari tahun 2002-2006. Saat ini bertugas di Jurusan Keperawatan, Poltekkes Kemenkes Surabaya sejak Tahun 2006–sampai sekarang. Berbagai karya ilmiah juga sudah dihasilkan oleh penulis seperti Buku Referensi, Artikel Nasional, maupun

BIODATA PENULIS



Dr. Ns. Awatiful Azza, M.Kep., Sp.Kep.Mat

Dosen di Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah
Jember

Penulis adalah dosen di Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Jember dengan latar belakang pendidikan spesialis keperawatan maternitas. Riwayat pendidikan penulis diawali dari Diploma III keperawatan di AKPER Roemani Semarang lulus tahun 1993. Selanjutnya untuk meningkatkan kemampuan kompetensi dibidang keperawatan penulis melanjutkan Pendidikan sarjana dan profesi keperawatan di Universitas Airlangga lulus 2001. Sebagai dosen, penulis mempunyai kewajiban untuk meningkatkan jenjang pendidikannya dan tahun 2010 penulis mampu menyelesaikan pendidikan magister keperawatan maternitas dan spesialis keperawatan maternitas di Universitas Indonesia. Tahun 2023 penulis menyelesaikan Pendidikan doctoral keperawatan S3 di Universitas Airlangga Surabaya.

Jabatan yang saat ini dipegang penulis adalah sebagai ketua Pusat Studi Wanita Universitas Muhammadiyah Jember dan sekretaris Ikatan perawat Maternitas Jawa Timur. Selain itu penulis juga menjadi kepala bidang umum di RSU Universitas Muhammadiyah Jember serta Surveior RS LARSI.

Bidang kepakaran yang dimiliki penulis adalah keperawatan Dasar, ibu dan anak. Penulis aktif melakukan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat sesuai kepakarannya dengan dana hibah internal maupun eksternal. Hasil penelitian dan pengabdian sudah banyak yang dipublikasikan di jurnal nasional terindex sinta maupun jurnal internasional terindeks scopus. Penulis juga aktif sebagai penulis baik di majalah/koran lepas, koran online dan juga aktif sebagai penulis buku.

Email: awatiful.azza@unmuhjember.ac.id

BIODATA PENULIS



Ns. Dewi Rahmawati, S.Kep., M.Kep

Dosen Program Studi Ilmu Keperawatan
Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Faletehan

Penulis lahir di Majalengka tanggal 13 Agustus 1990. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Ilmu Keperawatan di Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Faletehan. Menyelesaikan Pendidikan S1 pada Jurusan Ilmu Keperawatan Universitas Faletehan. Melanjutkan S2 pada Jurusan Magister Keperawatan Medikal Bedah Universitas Indonesia. Penulis aktif dalam Tridarma Perguruan Tinggi (Penelitian dan Publikasi Ilmiah dalam bidang Urologi dan Imunitas khususnya HIV/AIDS). Penulis juga menekuni bidang menulis dalam pembuatan modul, monograf dan buku bahan ajar untuk Mata Kuliah Keperawatan Medikal Bedah dan Keperawatan HIV/AIDS serta Keperawatan Palitif.

BIODATA PENULIS



Ns. Lela Aini, S.Kep., M.Bmd.

Dosen Program Studi Ilmu Keperawatan
STIK Siti Khadijah Palembang

Penulis lahir di Gumaawang tanggal 20 Oktober 1989. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Profesi Ners STIK Siti Khadijah Palembang. Menyelesaikan Pendidikan S1 dan Profesi Ners di Ilmu Keperawatan STIK Siti Khadijah Palembang (Sumsel) dan melanjutkan Magister S2 pada Jurusan Biomedik UNSRI Palembang.

BIODATA PENULIS



Dr. Apriyani Puji Hastuti, S. Kep., Ns., M. Kep

Dosen Program Studi Keperawatan
Institut Teknologi Sains dan Kesehatan RS dr Soepraoen Kesdam
V/ BRW Malang

Penulis lahir di Bandung pada tanggal 11 April 1986. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Keperawatan Fakultas Ilmu Kesehatan Institut Teknologi Sains dan Kesehatan RS dr Soepraoen Kesdam V/ BRW Malang. Penulis menyelesaikan studi S1 di Program Studi Ilmu Keperawatan Universitas Airlangga, S2 Keperawatan di Fakultas Keperawatan Universitas Airlangga, dan S3 Keperawatan Universitas Airlangga Surabaya.

BIODATA PENULIS



Wahyuni Langelo, BSN., M.Kes

Dosen Program Studi S1 Ilmu Keperawatan
Fakultas Keperawatan
Universitas Katolik De La Salle Manado

Penulis lahir di Ujung Pandang tanggal 23 Juni 1984. Sejak 2008 – sekarang penulis adalah dosen tetap pada Fakultas Keperawatan Program Studi Ilmu Keperawatan, Universitas Katolik De La Salle Manado. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Keperawatan di *De La Salle Health Sciences Institutes Dasmariñas Cavite Philippines* dan melanjutkan S2 pada Jurusan Kesehatan Masyarakat di Universitas Hasanuddin Makassar. Saat ini penulis sudah menulis beberapa buku yang berhubungan dengan keperawatan dan Kesehatan yaitu buku Metodologi Penelitian, Keperawatan Keluarga dan Keperawatan Dasar.

BIODATA PENULIS



Reny Deswita, S.Kep.,Ns.,M.Kep

Dosen Program Studi Sarjana Keperawatan
Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Tangerang

Reny Deswita, lahir di Kalianda, 1 Desember 1986, merupakan dosen tetap pada Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Tangerang. Menyelesaikan Pendidikan Program S1 dan Ners pada Fakultas Ilmu keperawatan Universitas Indonesia serta Program Magister Keperawatan Medikal Bedah pada Universitas yang sama. Bertugas sebagai dosen pengampu dalam bidang keperawatan medikal bedah, dan mata kuliah dasar keperawatan lainnya. Terlibat dalam pembuatan beberapa buku keperawatan. Fokus topik penelitian terkait: insomnia, kualitas tidur dan hemodialisis. e-mail: rede8605@gmail.com.