

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Keseimbangan Asam-Basa

Ion hidrogen merupakan proton tunggal bebas yang dilepaskan dari atom hidrogen. Molekul yang mengandung atom-atom hidrogen yang dapat melepaskan ion-ion dalam larutan dikenal sebagai asam, sedangkan yang dapat menerima ion hidrogen disebut dengan basa. Konsentrasi ion hidrogen dinyatakan dengan pH, apabila rendah disebut asidosis dan bila tinggi disebut alkalosis. Mekanisme untuk mencegah terjadinya asidosis ataupun alkalois dilakukan oleh suatu sistem pengatur yang khusus, yaitu :³

1. Sistem penyangga (*buffer*) asam-basa yang segera bergabung dengan setiap asam ataupun basa yang kemudian mencegah terjadinya perubahan konsentrasi ion hidrogen yang berlebihan,
2. Kemudian apabila konsentrasi ion hidrogen berubah, maka pusat pernafasan akan terangsang untuk mengubah kecepatan ventilasi paru-paru, yang berakibat pada perubahan kecepatan pengeluaran karbondioksida dari cairan tubuh yang akan menyebabkan konsentrasi ion hidrogen kembali normal.

3. menyebabkan ginjal mengeksresikan urin yang bersifat asam atau basa, sehingga membantu konsentrasi ion hidrogen cairan ekstraseluler tubuh kembali normal.

Sistem buffer dapat bekerja dapat bekerja dalam sepersekian detik untuk mencegah perubahan konsentrasi ion hidrogen yang berlebihan. Sebaliknya, sistem respirasi memerlukan waktu 1-3 menit untuk menyesuaikan kembali konsentrasi ion hidrogen setelah terjadinya perubahan mendadak. Kemudian, ginjal yang merupakan komponen pengatur asam-basa yang paling kuat, memerlukan waktu beberapa jam hingga lebih dari 24 jam untuk menyesuaikan kembali konsentrasi ion hidrogen tersebut.³

Asam kuat merupakan asam yang berdisosiasi dengan cepat dan terutama melepaskan sejumlah besar ion H^+ dalam larutan, sedangkan asam lemah memiliki sedikit kecenderungan untuk mendisosiasikan ion-ionnya sehingga kurang kuat melepaskan H^+ . Basa kuat merupakan basa yang bereaksi secara cepat dan kuat dengan H^+ dan dengan cepat menghilangkan H^+ dari larutan. Basa lemah yang khas adalah HCO_3^- , karena HCO_3^- berikatan dengan H^+ secara lebih lemah daripada OH^- . Kebanyakan asam-asam dalam cairan ekstraseluler yang berhubungan dengan pengaturan asam-basa normal adalah asam dan basa lemah.

Asam-basa akan saling berinteraksi dalam tubuh melalui membrane sel dan membrane kapiler, sebagaimana interaksi pada ketiga

kompartemen tubuh. Difusi CO₂ melalui membrane sangat mudah dan cepat sehingga setiap perubahan yang terjadi pada pCO₂ akan cepat diatasi oleh perubahan ventilasi. Konsekuansinya adalah ³⁵ :

1. Konsekuensi H⁺ di semua cairan kompartemen tubuh mudah berubah atau diatur.
2. Perubahan pada pCO₂ tidak akan menyebabkan terjadinya perbedaan konsentrasi H⁺ dari masing-masing kompartemen.

Protein paling banyak terdapat didalam intrasel dan plasma. Albumin karena bermolekul besar tidak dapat melewati membrane kecuali pada keadaan tertentu, seperti kebocoran atau kerusakan membran. Berdasarkan hal ini maka setiap perubahan konsentrasi H⁺ antar membran jelas bukan berasal dari pergerakan protein.

Tabel 2.1 Konsentrasi H⁺ cairan tubuh dan pH

| Cairan | | pH |
|---------------------|--|----------------|
| Ekstraseluler : | | |
| Darah Arteri | 4,0 x 10 ⁻⁵ | 7,40 |
| Darah vena | 4,5 x 10 ⁻⁵ | 7,35 |
| Cairan Interstitial | 4,5 x 10 ⁻⁵ | 7,35 |
| Cairan Intraseluler | 1 x 10 ⁻³ sampai 4 x 10 ⁻⁵ | 6,0 sampai 7,4 |
| Urin | 3 x 10 ⁻² sampai 1 x 10 ⁻⁵ | 4,5 sampai 8,0 |
| HCl Lambung | 160 | 0,8 |

Dikutip dari Guyton, AC & Hall, JE. ⁸

2.2 Asam-Basa Steward ^{4,5,9}

Metode steward sangat berbeda dengan metode yang selama ini digunakan, yaitu Handersson-Hasselbach. Intinya, menurut steward bahwa konsentrasi dari H^+ hanya ditentukan oleh nilai perbedaan konsentrasi elektrolit kuat *Strong ion difference* (SID), jumlah total asam lemah yang terdisosiasi (Atot) dan pCO_2 . Penghitungan asam-basa metode steward sebagai berikut :

1. *Free Water* : $0,3 \times (Na^+ - 140)$

2. *Chloride Effect* : $102 - \frac{(Cl^- \times 140)}{Na^+}$

3. *Albumin effect* : $(0,148 \times pH - 0,818) (42 - \text{albumin})$

4. *Unmeasured anion* : $BE - (1+2+3) \text{ mEq/L}$.

Interpretasi : hasil (+) \rightarrow alkalinisasi ; hasil (-) \rightarrow asidifikasi

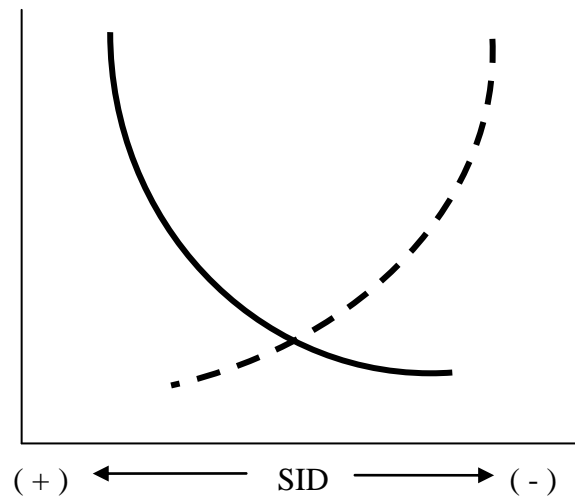
Gangguan asam-basa akut disebabkan karena perubahan pada SID .

Mekanismenya adalah :

1. perubahan volume air dalam plasma (contraction alkalosis dan dilutional acidosis)
2. perubahan konsentrasi ion klorida dalam plasma (hyperchloremic acidosis and hypochloremic alkalosis)

3. peningkatan konsentrasi anion-anion yang tidak teridentifikasi

Analisis secara matematis menunjukkan bahwa penentuan H^+ adalah perbedaan aktivitas ion-ion kuat atau yang disebut dengan *strong ion difference*. Menurut Waters, setiap perubahan komposisi elektrolit dalam suatu larutan akan menghasilkan perubahan pada H^+ atau OH^- dalam rangkaian mempertahankan kenetralan muatan listrik (*electroneutrality*)⁶. Peningkatan ion klorida yang bermuatan negatif, akan menyebabkan peningkatan H^+ untuk mempertahankan kenetralan muatan listrik. Peningkatan ini sebagai asidosis.



Gambar 2.1 Sketsa hubungan SID, $[H^+]$, dan $[OH^-]$. (Dikutip dari Mustafa I, George YWH)⁶

Hubungan terbalik antara H^+ dengan OH^- , maka akan lebih mudah menilai perubahan pH melalui perubahan pada OH^- . Peningkatan OH^- menyebabkan alkalosis sedangkan penurunan akan menyebabkan asidosis.⁶

Perubahan pada SID merupakan mekanisme utama dalam menentukan perbedaan status asam-basa antar membran dibandingkan $p\text{CO}_2$ dan A_{tot} . Prosesnya dapat menilai pertukaran ($\text{Na}^+ - \text{H}^+$) atau ($\text{K}^+ - \text{H}^+$) melewati membran.

Pada Handersson-Hasselbalch, penilaian keseimbangan asam-basa hanya didasarkan pada pemeriksaan analisa gas darah, dengan komponen adalah pH, eksem basa, $p\text{CO}_2$, HCO_2 , HCO_3 dan $p\text{O}_2$. Penilaian keseimbangan asam-basa Handersson-Hasselbalch dibagi menjadi 2 komponen yaitu respiratorik ($p\text{CO}_2$ dan $p\text{O}_2$) dan metabolik (HCO_3). Hasil penilaiannya didasarkan pada pH akhir dan komponen yang mempengaruhi perubahan.

2.3. Perpindahan Dan Komposisi Cairan Tubuh^{1,2}

Cairan tubuh dan zat-zat terlarut didalamnya berada dalam mobilitas yang konstan. Ada proses menerima dan mengeluarkan cairan yang berlangsung terus-menerus, baik didalam tubuh secara keseluruhan maupun diantara berbagai bagian untuk membawa zat-zat gizi, oksigen kepada sel, membuang sisa dan membentuk zat tertentu dari sel.¹

Pertama; oksigen, zat gizi, cairan dan elektrolit diangkat ke paru-paru dan saluran cerna, dimana mereka menjadi bagian cairan intravaskuler dan kemudian dibawa ke seluruh tubuh melalui sistem sirkulasi. Kedua; cairan intravaskuler dan zat-zat yang terlarut didalamnya secara cepat akan saling bertukar dengan cairan interstisial dan zat-zat yang terlarut

didalamnya saling bertukar dengan cairan intraseluler melalui membran yang permeabel selektif.¹

Meskipun keadaan di atas merupakan proses pertukaran dan pergantian yang terus menerus, namun komposisi dan volume cairan relatif stabil, dan keadaan ini disebut dengan keseimbangan dinamis atau homeostasis. Sedangkan perpindahan cairan tubuh melibatkan mekanisme transport aktif dan pasif, dimana transport aktif memerlukan energi, sedangkan transport aktif tidak (difusi dan osmosis).¹²

Pembatas utama dari perpindahan zat-zat terlarut adalah membran sel dan yang dapat dengan mudah menembusnya adalah zat-zat yang larut dalam lemak. Hampir semua zat terlarut berpindah dengan transportasi pasif. Difusi sederhana merupakan perpindahan partikel-partikel dalam segala arah melalui larutan atau gas. Beberapa faktor yang menentukan mudah tidaknya menembus membran kapiler dan sel antara lain permeabilitas membran, konsentrasi, potensial listrik, dan perbedaan tekanan.¹²

Permeabilitas merupakan perbandingan ukuran dari partikel zat yang akan lewat terhadap ukuran pori-pori membran. Dalam proses difusi, zat terlarut berpindah dari daerah dengan konsentrasi lebih tinggi ke daerah dengan konsentrasi yang lebih rendah hingga terjadi keseimbangan konsentrasi pada kedua sisi membran. Selain itu, difusi dari partikel yang

bermuatan negatif, begitupun sebaliknya. Kedua proses difusi tersebut disebut sebagai potensial elektrokimiawi.¹²

Transport aktif membentuk energi dalam bentuk adenosin trifosfat (ATP) dan yang umum terjadi adalah sistem ATPase diaktifkan oleh NaK (pompa natrium-kalium) yang berlangsung pada membran sel. Molekul enzim tunggal ini memompa 3 molekul ion Na^+ dan K^+ , dan membentuk satu molekul ATP. Sistem NaK-ATPase berperan penting dalam mempertahankan konsentrasi yang benar dari Na^+ dan K^+ di dalam dan luar sel sehingga mempertahankan elektropotensial membran. Konsentrasi Na^+ pada cairan ekstraseluler tinggi (142 mEq/L) dan rendah pada cairan intraseluler (10 mEq/L). Keadaan ini merupakan kebalikan dari K^+ , dimana jumlahnya rendah pada cairan ekstraseluler (4 mEq/L) dan tinggi pada cairan intraseluler (155 mEq/L). Selain itu, membran sel yang beristirahat bersifat selektif permeabel bagi K^+ menembus keluar membran sel, sedangkan muatan negatif (terutama protein dan fosfor) terlalu besar untuk dapat ikut menembus keluar. Na^+ juga berdifusi ke dalam sel mengikuti perbedaan konsentrasi, tetapi jauh lebih lambat dari pada keluarnya K^+ . Hasil difusi Na^+ dan K^+ diseimbangkan oleh transportasi aktif kedua ion ini dengan arah yang berlawanan dalam menembus membran sel. Secara klinis, keseimbangan kalium sangat penting, karena kelebihan atau kekurangan ion ini bisa mengakibatkan distorsi yang fatal.¹²

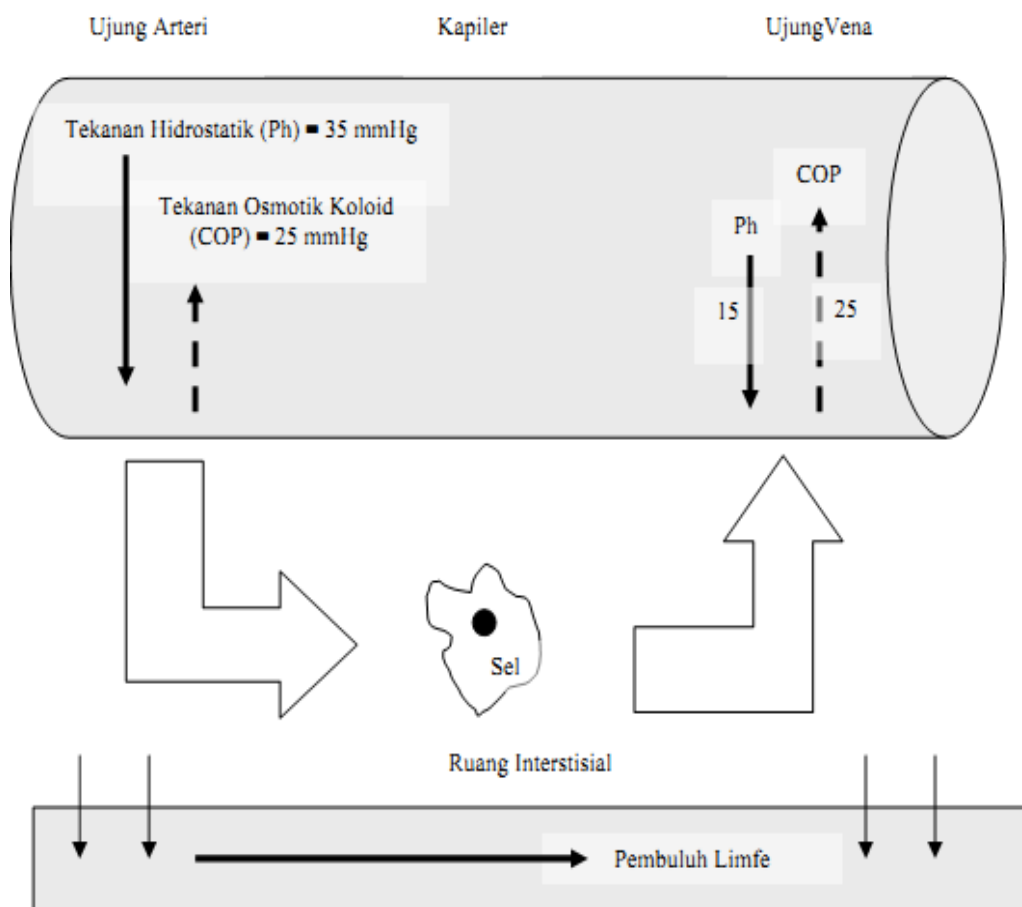
Perpindahan air berbeda dari zat terlarut dan elektrolit, karena perpindahannya dipengaruhi oleh tekanan osmotik dan tekanan

hidrostatik. Tekanan osmotik adalah daya dorong air yang dihasilkan oleh partikel – partikel zat terlarut didalamnya. ¹

Konsentrasi osmotik dari sebuah larutan hanya tergantung pada jumlah partikel-partikel tanpa melihat ukuran, muatan, atau massanya. Partikel zat terlarut dapat berupa kristaloid (zat yang membentuk larutan sejati, seperti garam natrium) atau koloid (zat yang tidak mudah terurai menjadi larutan sejati, seperti molekul protein yang besar). Partikel yang bekerja sebagai osmol efektif harus terdapat dalam jumlah besar dalam bagian tertentu. Na^+ (dan anion-anionnya) sangat menentukan osmolalitas dari cairan ekstraseluler dan membran selnya relatif impermeabel baginya, sedangkan K^+ mempunyai peran yang sama dalam cairan intraseluler. ¹²

Proses perpindahan cairan dari kapiler ke ruang interstisial disebut dengan ultrafiltrasi, karena air, elektrolit, dan zat terlarut lainnya (kecuali protein plasma dan sel darah) dengan mudah menembus membran kapiler. Berdasarkan hukum c Starling bahwa kecepatan dan arah pertukaran cairan diantara kapiler dan cairan interstisial ditentukan oleh tekanan hidrostatik dan tekanan osmotik koloid dari kedua cairan. Pada ujung arteri dari kapiler, tekanan hidrostatik dari darah (mendorong cairan keluar) melebihi tekanan osmotik koloid (menahan cairan tetap didalam) sehingga mengakibatkan perpindahan dari bagian intravaskuler ke interstisial. Pada ujung vena dari kapiler, cairan berpindah dari ruang interstisial ke ruang intravaskuler karena tekanan osmotik koloid melebihi tekanan hdrostatik. Proses ini melepaskan oksigen dan zat gizi kepada sel, mengangkut

karbondioksida dan produk-produk sisa. Bagian interstisial juga mempunyai tekanan hidrostatis dan tekanan osmotik, tapi biasanya sangat kecil. Pada kasus inflamasi atau trauma yang mengakibatkan bocornya protein plasma ke dalam ruang interstisial, maka tekanan osmotik koloid akan meningkat cukup tinggi.¹²



Gambar 2.2 Hukum Starling pada kapiler. Pengeluaran cairan lebih banyak terjadi pada ujung arteri dan penyerapan cairan pada ujung vena dari kapiler. (Dikutip dari Guyton, AC & Hall, JE)³

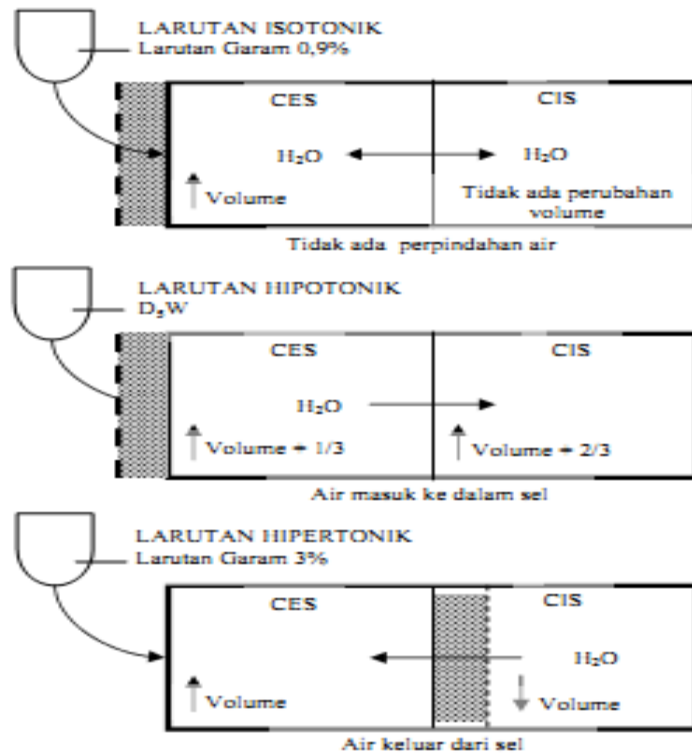
Sistim limfatik secara normal akan mengembalikan kelebihan cairan interstisial dan protein ke sirkulasi umum. Penimbunan cairan di ruang interstisial disebut dengan edema, yang disebabkan oleh 4 faktor yaitu¹ :

1. peningkatan tekanan hidrostatik kapiler (seperti pada gagal jantung kongestif dengan retensi natrium dan air atau obstruksi vena).
2. penurunan tekanan onkotik plasma (seperti pada SN atau SH yang mengakibatkan penurunan albumin).
3. peningkatan permeabilitas kapiler yang mengakibatkan peningkatan tekanan osmotik koloid cairan interstisial (seperti pada kasus inflamasi atau cedera).
4. obstruksi limfe atau peningkatan tekanan onkotik interstisial.

Prinsip osmosis dapat diterapkan pada pemberian cairan intravena, yang dapat berupa isotonik, hipotonik, atau hipertonik, tergantung pada keadaan konsentrasi partikel, apakah sama, kurang atau melebihi cairan sel tubuh. Pada dasarnya larutan isotonik secara fisiologis isoosmotik terhadap plasma dan cairan sel. Osmolalitas plasma yang normal berkisar 287 mOsmol/kg.

Jika sel-sel darah merah ditempatkan pada larutan garam isotonik (0,9%), maka tidak akan mengalami perubahan volume. Konsentrasi osmolalitas dari larutan garam isotonik tepat sama dengan isi sel (isoosmotik), sehingga hasil akhir difusi air kedalam dan keluar sama dengan nol. Jika sel darah merah ditempatkan dalam larutan hipotonik,

misalnya larutan garam 0,45%, maka sel-sel itu akan membengkak. Sebaliknya, jika sel-sel darah merah ditempatkan dalam larutan garam 3%, akan menyebabkan sel-sel mengkerut karena larutan tersebut hiperosmotik terhadap sel.¹²



Gambar 2.3 Efek pemberian secara intravena dari larutan isotonik, hipotonik, hipertonik pada distribusi air diantara bagian-bagian cairan tubuh. (Dikutip dari Guyton, AC & Hall, JE)³

Mekanisme pengaturan keseimbangan volume terutama tergantung pada perubahan volume sirkulasi efektif, yang mana merupakan bagiandari CES pada ruang vaskuler yang melakukan perfusi aktif pada jaringan. Sistem renin angiotensin aldosteron merupakan mekanisme yang paling

penting dalam mengatur CES dan ekskresi natrium oleh ginjal. Aldosteron merupakan hormon yang disekresi do daerah glomerulosa korteks adrenal, yang produksinya terutama dirangsang oleh reflek yang terdapat pada arteriol aferen ginjal. Penurunan volume sirkulasi efektif akan dideteksi oleh baroreseptor yang mengakibatkan sel-sel jukstaglomerular ginjal memproduksi renin, yang bekerja sebagai enzim yang melepaskan angiotensin I dari protein plasma angiotensinogen. Angiotensin I kemudian dirubah menjadi angiotensin II pada paru-paru. Angiotensin II merangsang korteks adrenal untuk mensekresi aldosteron, yang bekerja pada duktus kolektif ginjal dan mengakibatkan retensi natrium (dan air). Selain itu, angiotensin II menyebabkan vasokonstriksi pada otot polos arteriol. Kedua mekanisme ini membantu memulihkan volume sirkulasi efektif. Penurunan konsentrasi natrium dalam plasma yang hanya sebanyak 4 -5 mEq/L bisa merangsang pengeluaran aldosteron, akan tetapi hal ini berperan penting pada orang normal karena konsentrasi natrium dalam plasma relatif konstan akibat efek ADH. Namun pada kenyataannya, meskipun terjadi keadaan hiponatremia, efek pada aldosteron sering dikalahkan oleh perubahan volume CES. Oleh karena itu, sekresi aldosteron meningkat pada pasien hiponatremia yang volumenya menurun, tetapi menurun pada pasien dengan volume CES yang meningkat akibat adanya retensi air. Pada dasarnya aldosteron merupakan komponen pengendali utama bagi sekresi kalium pada nefron distal ginjal, dimana peningkatannya menyebabkan reabsorpsi natrium (dan air) dan ekskresi

kalium, sedangkan penurunannya menyebabkan ekskresi natrium (dan air) dan penyimpanan kalium. Sekresi aldosteron dirangsang oleh penurunan volume sirkulasi efektif atau penurunan kalium serum. Hipervolemia, penurunan kalium serum, atau peningkatan natrium serum akan menyebabkan penurunan aldosteron.¹²

Ekskresi kalium juga dipengaruhi oleh keadaan asam-basa dan kecepatan aliran di tubulus distal. Pada keadaan alkalosis, ekskresi kalium akan meningkat dan pada keadaan asidosis akan menurun. Pada tubulus distal, ion H⁺ dan ion K⁺ bersaing untuk diekskresi sebagai pertukaran dengan reabsorpsi Na⁺ untuk mempertahankan muatan listrik tubuh yang netral. Jika terjadi keadaan alkalosis metabolik yang disertai dengan kekurangan ion H⁺, tubulus akan menukar Na⁺ dengan K⁺ demi mempertahankan ion H⁺ dan menurunkan ekskresi K⁺. Mekanisme ini menjelaskan mengapa hipokalemia sering disertai dengan alkalosis, dan hiperkalemia disertai asidosis. Kecepatan aliran kemih yang tinggi pada tubulus distal akan mengakibatkan peningkatan ekskresi K⁺ total dan kecepatan aliran yang rendah akan menurunkan ekskresinya.¹²

Paru-paru juga berperan penting dalam menjaga homeostasis, karena mengatur H⁺ dengan mengendalikan kadar CO₂ dalam CES. Asidosis metabolik menyebabkan kompensasi berupa hiperventilasi, sehingga terjadi pengeluaran CO₂ oleh paru-paru dan mengurangi keasaman CES. Sedangkan alkalosis akan menyebabkan kompensasi berupa hipoventilasi, sehingga CO₂ tertahan dan menambah keasaman

CES. Akhirnya, ginjal juga turut berperan dalam homeostasi asam-basa dengan mengekskresikan kelebihan H^+ dan mampu mengkompensasi asidosis dan alkalosis respiratorik dengan meningkatkan atau menurunkan reabsorpsi bikarbonat. Pada pemberian cairan yang berlebihan dan tidak terkontrol, dapat menimbulkan edema, yang merupakan suatu keadaan ketidakseimbangan dimana air dan larutan dapat berkumpul di kompartemen interstisial, yang menimbulkan “visible swelling” (edema) dan sering disebut dengan “pitting” edema. Bila seseorang mengalami edema yang menyeluruh, maka orang tersebut akan mengalami pengembangan volume interstisial. Selama volume tersebut terisi air dan larutan yang terdapat dalam ruang interstisial, maka orang tersebut juga akan mengalami kenaikan total natrium tubuh, karena Na^+ (dan disertai anion-anion) merupakan larutan terbesar CES.1, Berdasarkan hukum Starling, maka sudah jelas bahwa edema dapat disebabkan oleh karena peningkatan tekanan hidrostatik intrakapiler (misalnya pada jantung), atau karena berkurangnya tekanan osmotik akibat rendahnya protein plasma (misalnya pada SN). Pada peningkatan tekanan hidrostatik intrakapiler, volume plasma juga mengembang, sedangkan pada berkurangnya tekanan osmotik akan cenderung mengakibatkan pengkerutan volume plasma. Pada kasus yang berbeda, edema mengindikasikan adanya pengembangan volume interstisial dan berapapun luas volume plasma, maka implikasinya juga pada peningkatan total natrium tubuh. Peningkatan permeabilitas dinding kapiler akan mendukung pembentukan edema, tetapi jarang terjadi

yang menyeluruh. Keadaan ini disebut dengan edema lokal atau inflamasi.¹¹

Selain pembuluh darah kapiler, terdapat pembuluh limfe yang mampu mentranspor cairan interstisial kembali ke dalam kompartemen plasma. Akibatnya, bila terjadi sumbatan limfatik, akan dapat menyebabkan kenaikan edema lokal yang biasanya “non-pitting”. Pada keadaan edema, aliran limfatik akan meningkat. Selain itu, sirkulasi limfatik juga mampu membawa molekul- molekul protein yang bocor ke dalam interstisial dan mengembalikannya ke dalam kompartemen plasma melalui limfatik sentral dan duktus thoraksikus. Dalam tubuh terbagi beberapa kompartemen dimana cairan tubuh terdistribusi dengan pembagian sebagai berikut :^{8,13}

1. Cairan Intrasel : 40% BB
2. Cairan Ekstrasel (20% BB), yang terdiri dari :
 - a. Cairan intravaskuler : 5% BB
 - b. Cairan Interstitial : 15% BB
3. Cairan Transeluler (1 – 3% BB) : LCS, sinovial, gastrointestinal dan intraorbital

Volume kompartemen sangat tergantung pada kadar Na⁺ dan protein plasma. Na⁺ merupakan penentu utama osmolalitas dan tonisitas, yang lebih banyak terdapat pada ruang ekstraseluler, dengan kadar yang hampir sama (+ 140 mEq/L) terdapat dalam ruang interstisial, dan plasma volume. Sedangkan cairan intraseluler hampir tidak mengandung Na⁺

(hanya 5 mEq/L). Konsentrasi fosfat dalam plasma sedikit sekali dan diatur sepenuhnya oleh regulasi kalsium, sehingga transfer fosfat melewati membran juga tidak berkontribusi secara bermakna dalam interaksi asam-basa.⁶

SID merupakan variabel independen yang terpenting dalam pengaturan asam-basa antar membran. Ion-ion kuat dapat melewati membran melalui mekanisme saluran ion (pasif) atau pompa transpor (aktif). Ion-ion kuat juga dapat bergerak mengikuti atau melawan perbedaan konsentrasi. CO₂ (pCO₂) sangat mudah melewati membran, sehingga tidak berkontribusi dalam menyebabkan perbedaan status asam-basa antar membran. Protein (Atot) tidak dapat melewati membran, sehingga tidak berperan menyebabkan perbedaan status asam-basa antar membran. Sedangkan ion-ion kuat dapat melewati membran, sehingga merupakan kontributor yang utama dalam keseimbangan asam-basa antar membran. Menurut teori Stewart, penurunan konsentrasi H⁺ dalam plasma terjadi akibat regulasi tubuh terhadap SID (terutama Cl⁻) melalui tubulus ginjal. Ion klorida akan difiltrasi, namun tidak direabsorpsi, sehingga nilai SID dalam plasma dijaga tetap seimbang. Pembentukan amoniogenesis di ginjal berfungsi menghasilkan NH₄⁺ agar Cl⁻ dapat diekskresi dalam bentuk NH₄Cl. Jadi NH₄⁺ berperan penting karena sifat ko-ekskresinya bersama klorida.⁶

Perdarahan yang tidak teratasi selama operasi berlangsung selain dapat menyebabkan terjadinya gangguan keseimbangan asam-basa juga

menimbulkan hipovolemia. Perdarahan yang terjadi akan menurunkan tekanan pengisian sistemik dan akibatnya curah jantung akan turun di bawah normal, dan terjadilah syok¹⁶.

2.4 Ringer Laktat (RL)⁸

RL merupakan cairan yang paling fisiologis yang dapat diberikan pada kebutuhan volume dalam jumlah besar. RL banyak digunakan sebagai replacement therapy, antara lain untuk syok hipovolemik, diare, trauma, dan luka bakar. Laktat yang terdapat di dalam larutan RL akan dimetabolisme oleh hati menjadi bikarbonat yang berguna untuk memperbaiki keadaan seperti asidosis metabolik. Kalium yang terdapat di dalam RL tidak cukup untuk pemeliharaan sehari-hari, apalagi untuk kasus defisit kalium. Larutan RL tidak mengandung glukosa, sehingga bila akan dipakai sebagai cairan rumatan, dapat ditambahkan glukosa yang berguna untuk mencegah terjadinya ketosis. Kemasan larutan kristaloid RL yang beredar di pasaran memiliki komposisi elektrolit Na⁺ (130 mEq/L), Cl⁻ (109 mEq/L), Ca⁺ (3 mEq/L), dan laktat (28 mEq/L). Osmolaritasnya sebesar 273 mOsm/L. Sediaannya adalah 500 ml dan 1.000 ml.