

## **Homeostasis Cairan Tubuh pada Anjing dan Kucing**

*(FLUID HOMEOSTASIS IN DOG AND CAT)*

**I Made Suma Anthara<sup>1</sup> dan I Nyoman Suartha<sup>2</sup>**

<sup>1)</sup> *Laboratorium Farmakologi Veteriner*

<sup>2)</sup> *Laboratorium Penyakit Dalam Veteriner*

*Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Udayana*

*Jl Raya Sesetan Gang Markisa No 6 Denpasar*

[suarthafkhunud@yahoo.co.id](mailto:suarthafkhunud@yahoo.co.id)

### **ABSTRAK**

Seluruh cairan tubuh didistribusikan ke dalam kompartemen intraseluler dan kompartemen ekstraseluler. Cairan ekstraseluler ini yang bergerak secara konstan dalam tubuh. Cairan ekstraseluler merupakan lingkungan internal dalam tubuh. Cairan ekstraseluler mengandung ion elektrolit natrium, klorida, dan bikarbonat. Perpindahan air dan zat terlarut di dalam tubuh yang melewati membran sel melalui proses difusi, osmosis dan pompa Na-K. Proses difusi dan osmosis merupakan proses pasif sedangkan pompa Na-K merupakan proses aktif. Homeostasis cairan tubuh dapat dipertahankan oleh ginjal dengan cara mengatur proses pengeluaran cairan tubuh melalui produksi urine. Asam dan basa dalam cairan tubuh banyak diperankan atom hidrogen, CO<sub>2</sub>, dan HCO<sub>3</sub>. Sistem buffer kimiawi dalam darah akan mengikat ion H<sup>+</sup> sampai terjadi keseimbangan. Sistem respirasi mengeluarkan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dari tubuh, sedangkan ginjal mengeluarkan asam atau basa dari dalam tubuh

Kata Kunci : Homeostasis, Cairan Tubuh, Elektrolit, Ginjal

### **ABSTRACT**

The body's fluid is compartmentalized into two major divisions: the intracellular fluid (ICF) and the extracellular fluid (ECF). The ECF which is also called the internal environment of the body is in constant motion throughout the body. The ECF contains large amounts of sodium chloride, and bicarbonate. The ICF contains large amounts potassium and phosphate. Transported of water and nutrient through cell membrane occurs by diffusion, osmosis and sodium-potassium pumps. The homeostasis of body fluid is maintains by kidney.

Key words: homeostasis, fluid, electrolyte, kidney

### **PENDAHULUAN**

Air berfungsi sebagai zat pelarut nutrisi dalam tubuh, untuk dapat

digunakan oleh sel. Air tidak dapat dipisahkan dari komponen diet, karena keseimbangan air sangat diperlukan dalam metabolisme dan semua material

metabolisme akan dapat dimanfaatkan sel tubuh jika sudah terlarut dalam air. Oleh sebab itulah sebagian besar tubuh terdiri atas air. Seluruh cairan tubuh didistribusikan ke dalam kompartemen intraseluler dan kompartemen ekstraseluler. Cairan ekstraseluler ini yang bergerak secara konstan dalam tubuh (Yoxall dan Hird, 1980).

Cairan ekstraseluler dengan kandungan ion dan nutriennya diperlukan oleh sel untuk mempertahankan kehidupan sel. Semua sel hidup memerlukan lingkungan (cairan) di sekitar sel, sehingga cairan ekstra seluler disebut lingkungan internal dalam tubuh. Sel akan mampu untuk hidup, bertumbuh dan berfungsi secara optimal sepanjang tersedia oksigen, glukosa, asam amino, ion, dan substansi lemak dengan konsentrasi yang cukup dalam lingkungan internal, stabilitas lingkungan internal itu dipertahankan oleh fungsi regulasi dari ginjal (Guyton dan Hall, 2006).

Regulasi normal cairan dalam tubuh untuk mempertahankan keseimbangan (homeostasis) lingkungan internal banyak faktor yang terlibat seperti kandungan elektrolit cairan, asam basa cairan tubuh, osmolalitas plasma, peranan hormon (antidiuretik, angiotensin II) dan pengeluaran Na dari ginjal (Wingfield, 2009; Hartanto, 2007; Einstein *et al.* 1995).

Banyak organ dalam tubuh yang berfungsi untuk mempertahankan homeostasis dalam sel seperti paru-paru menyediakan oksigen untuk kebutuhan sel, ginjal mempertahankan stabilitas konsentrasi ion, dan saluran cerna menyediakan nutrisi untuk sel (Guyton dan Hall, 2006). Perubahan keseimbangan air dalam tubuh akan merangsang reseptor di hipotalamus, inisiasi dari rangsangan pada reseptor ini akan mengawali mekanisme pemasukan air ke dalam tubuh dengan timbulnya rasa haus (Wingfield, 2009).

## TINJAUAN PUSTAKA

### **Peran Air dalam tubuh.**

Air merupakan pelarut yang sangat baik dan mempertahankan komposisi kimia yang seimbang dalam metabolisme sel. Air merupakan komponen utama dalam darah, yang berfungsi sebagai media transpor, membawa oksigen dan nutrisi ke jaringan, mengeluarkan karbondioksida dan metabolit dari jaringan. Darah juga membawa antibodi dan sel darah putih untuk melindungi sel dari penyakit. Air juga berperan penting dalam regulasi suhu tubuh, melalui berbagai jalan. Pertama, darah akan membawa panas dari jaringan atau organ yang bekerja menuju ke vena superfisial untuk mentransfer panas tubuh ke kulit yang selanjutnya dilepas ke

lingkungan melalui proses radiasi, konveksi dan konduksi. Kedua, Pengeluaran panas juga dapat ditingkatkan melalui evaporasi air dari respirasi (Hall, 1983).

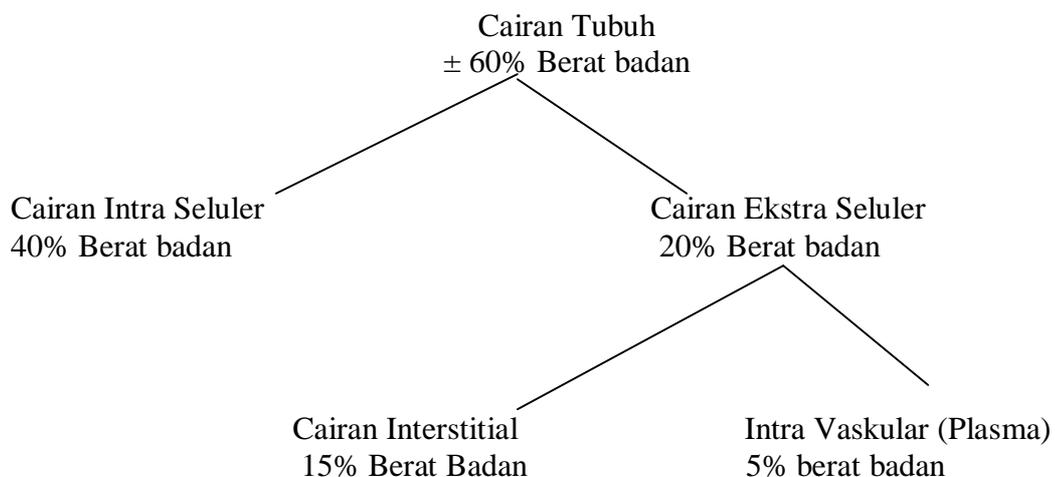
### Bagian-Bagian Cairan Tubuh

Besarnya fungsi air dalam tubuh, diperkirakan dua per tiga dari berat badan hewan terdiri atas air, walaupun sedikit ada variasi dilihat dari kandungan lemak dan umur hewan. Total air dalam tubuh sebanyak 60-70% dari berat badan hewan, yang terdiri atas cairan intraselular dan cairan ekstraselular. Lebih lanjut bagian cairan ekstraselular terdiri atas cairan intravaskular (plasma) dan cairan interstitial. Presentase cairan tubuh dapat berubah tergantung atas umur, jenis kelamin, kandungan lemak tubuh. Cairan tubuh mengandung dua jenis zat yaitu

elektrolit dan nonelektrolit. Elektrolit merupakan zat yang terdisosiasi dalam cairan tubuh dan menghantarkan arus listrik. Elektrolit dibedakan menjadi ion positif (kation) dan ion negatif (anion). Jumlah kation dan anion dalam suatu larutan selalu sama (diukur dalam miliekuivalen). Zat nonelektrolit dalam cairan tubuh merupakan nutrien yang dibutuhkan oleh sel seperti glukosa, asam amino, asam lemak dan nutrien lainnya (Yoxall dan Hird, 1986; Guyton dan Hall, 2006).

#### 1. Cairan Intraseluler

Cairan intraseluler adalah cairan yang terkandung di dalam sel. Volume cairan intraseluler sebanyak 2/3 dari volume total air tubuh. Cairan intraseluler banyak mengandung kation potassium ( $K^+$ ), dan anion fosphat ( $PO_4^{3-}$ ). (Hartanto, 2007).



Gambar 1. Distribusi cairan tubuh

## 2. Cairan Ekstraseluler

Ada perbedaan yang sangat nyata antara komposisi kimia cairan ekstraseluler dan cairan intraseluler. Pada plasma/intravaskular dan cairan interstitial

(cairan ekstraseluler) kation utamanya adalah  $\text{Na}^+$  sedangkan anion utama adalah  $\text{HCO}_3^-$  dan  $\text{Cl}^-$ . (Hartanto, 2007). Volume cairan ekstraseluler sebanyak  $\frac{1}{3}$  dari volume total air tubuh.

### 2.1 Cairan Interstitial

Cairan interstitialis adalah cairan ekstraseluler yang menempati celah diantara sel. Pada cairan interstitial kation utamanya adalah  $\text{Na}^+$  sedangkan anion utama adalah  $\text{HCO}_3^-$  dan  $\text{Cl}^-$ . (Hartanto, 2007). Cairan interstitial dengan jumlah  $\frac{3}{4}$  dari volume total cairan ekstraseluler

volume total cairan ekstraseluler. Pada cairan intravaskular kandungan kation dan anionnya sama dengan cairan interstitialis yaitu kation  $\text{Na}^+$  dan anion  $\text{HCO}_3^-$  dan  $\text{Cl}^-$ . (Hartanto, 2007). Karena kandungan elektrolit dalam plasma sama dengan cairan interstitial maka nilai elektrolit plasma mencerminkan komposisi elektrolit cairan ekstraseluler. Pada cairan intravaskular kandungan protein lebih tinggi dari cairan interstitial. Kandungan ion bermuatan positif lebih tinggi sekitar 2% dari kandungan ion positif pada cairan interstitial.

### 2.2 Cairan Intravaskular

Cairan intravascular adalah cairan ekstraseluler yang terdapat dalam buluh darah, dan cairan intravascular yang bersirkulasi secara efektif dalam tubuh. Volume cairan intravascular adalah  $\frac{1}{4}$  dari

Tabel 1. Komposisi elektrolit pada cairan tubuh

	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$	$\text{HCO}_3^-$	$\text{Cl}^-$	$\text{PO}_4^{3-}$
	(mmol/l)				
Plasma	135-145	3.5-5	24-28	98-106	1-2.5
Intraseluler	10	150	10		75

Dikutip dari Edney ATB. 1983. Dog and Cat Nutrition.

### 2.3 Cairan Transeluler

Cairan transeluler adalah cairan ekstraseluler yang terletak di celah rongga tubuh tertentu seperti cairan sendi sinovial, serebrospinal, perikardial, pleura,

dan intraokular. Jumlah cairan transeluler diperkirakan 1% dari jumlah cairan tubuh.

### **Pergerakan Cairan Tubuh**

Pergerakan cairan ekstraseluler keseluruhan bagian tubuh hewan melalui dua tahap yaitu tahap pertama pergerakan darah dalam tubuh didalam buluh darah, tahap kedua pergerakan cairan dari kapiler ke celah antar sel (Guyton dan Hall, 2006).

Untuk mempertahankan efektivitas cairan tubuh, volume cairan yang bersirkulasi sangat dipengaruhi pengaturan keseimbangan ion Na plasma, yang berhubungan sangat erat dengan perubahan ion Na pada ginjal. Hal-hal yang berpengaruh pada proses ini yaitu nervus simpatik, angiotensin II, aldosteron, sekresi ADH, dan eksresi ion Na melalui ginjal (Einstein et al., 1995; Hartanto, 2007). Volume cairan yang menurun merangsang baroresptor arterial sehingga terjadi hipotensi, hal ini berakibat peningkatan tonus nervus simpatik perifer, peningkatan tonus ini akan mengawali proses kompensasi untuk mengembalikan volume cairan yang bersirkulasi. Proses kompensasi: konstriksi vena untuk meningkatkan aliran vena; peningkatan kontraksi otot jantung untuk peningkatan output jantung; vasokonstriksi arteri untuk meningkatkan tekanan darah; peningkatan sekresi renin untuk meningkatkan kadar angiotensin II (vasokonstriksi); dan

peningkatan resorpsi ion Na di tubular ginjal (Edney, 1983).

Perpindahan air dan zat terlarut di dalam tubuh yang melewati membran sel melalui proses Difusi, osmosis dan Pompa Na-K. Proses difusi dan osmosis merupakan proses pasif sedangkan pompa Na-K merupakan proses aktif. Proses aktif memerlukan energi (ATP) untuk terjadinya proses itu, sedangkan proses pasif tidak memerlukan energi (Hartanto 2007).

#### **a. Difusi**

Difusi adalah proses Bergeraknya molekul lewat pori-pori. Larutan akan bergerak dari konsentrasi tinggi ke arah larutan berkonsentrasi rendah. Tekanan hidrostatik pembuluh darah juga mendorong air masuk berdifusi melewati pori-pori tersebut (Hartanto, 2007). Jadi difusi tergantung perbedaan konsentrasi dan tekanan hidrostatik. Energi untuk proses difusi adalah energi kinetik yang normal ditimbulkan akibat pergerakan suatu bahan.

Difusi yang melewati membran sel dibagi menjadi dua sub tipe yaitu difusi sederhana dan difusi fasilitasi. Difusi sederhana artinya pergerakan kinetik molekul atau ion melewati membran sel tidak bereaksi dengan protein carier yang ada di membran sel. Kecepatan difusi sederhana ditentukan dari jumlah

substansia yang ada, kecepatan gerakan kinetik bahan, jumlah dan ukuran dari pori pada membran sel yang akan dilewati oleh bahan itu. Difusi fasilitas memerlukan interaksi bahan dengan carier protein yang ada di membran sel. Carier protein akan membawa bahan untuk melewati membran sel dengan mengikat bahan itu secara kimia. Pada difusi sederhana proses difusi terjadi melalui dua jalan yaitu melalui lapisan lipid jika zat itu terlarut dalam lemak, dan melalui saluran (chanel) air/protein.

#### **b. Osmosis**

Osmosis adalah Bergeraknya molekul air melalui membran semipermeabel (selektif permeabel) dari larutan berkadar rendah menuju larutan berkadar tinggi hingga kadarnya sama. Seluruh membran sel dan kapiler permeabel terhadap air, sehingga tekanan osmotik cairan tubuh diseluruh bagian tubuh sama. Membran semipermeabel adalah membran yang dapat dilalui air, namun tidak dapat dilalui oleh zat terlarut seperti protein (Hartanto, 2007). Tekanan yang diperlukan untuk menghentikan proses osmosis disebut tekanan osmosis (Guyton dan Hall, 2006)

#### **c. Pompa Natrium Kalium**

Pompa natrium-kalium ( $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ ) merupakan proses transpor yang memompa ion natrium keluar melalui membran sel dan pada saat bersamaan

memompa ion kalium dari luar ke dalam sel. Proses ini berlangsung secara aktif, karena memerlukan energi (ATP) untuk terjadinya proses itu. Ion-ion lain yang ditranspor secara aktif seperti kalsium, hidrogen, chloride, iodine, urate, sugar dan asam amino (Guyton dan Hall, 2006).

Komponen pompa  $\text{Na}^+ - \text{K}^+$  terdiri atas dua komponen carier protein, masing-masing disebut subunit alpha dengan BM 100 KDa dan subunit betha dengan BM 50 KDa. Subunit alpha mempunyai tiga tempat spesifik untuk berfungsinya pompa itu, yaitu:

1. Tiga reseptor site untuk tempat berikatan ion sodium yang terletak disisi sebelah dalam membran sel,
2. Dua reseptor site untuk tempat berikatan ion potasium (K) yang terletak disisi luar membran sel,
3. Pada sisi dekat reseptor site ion sodium terdapat tempat aktivitas enzim ATPase.

Proses pompa akan berlangsung jika tiga ion sodium dan dua ion potasium berikatan direseptor site, maka enzim ATPase akan aktif untuk menghasilkan energi dari ATP, sehingga ion sodium akan dipompa keluar sel dan ion potasium akan masuk kedalam sel.

Tujuan dari pompa natrium-kalium adalah untuk mempertahankan konsentrasi ion sodium dan potasium didalam dan

diluar membran sel, dan untuk mencegah keadaan hiperosmolar di dalam sel (Hartanto, 2007). Tanpa fungsi dari pompa ini sel dalam tubuh akan bengkak dan meledak. Mekanisme kontrol dari volume sel adalah sebagai berikut: di dalam sel terdapat sejumlah protein dan molekul organik yang lain yang tidak dapat keluar dari sel. Substansia tersebut menyebabkan muatan negatif didalam sel, yang akan menarik ion yang bermuatan positif seperti ion sodium, potassium dan ion positif lainnya. Hal itu menyebabkan terjadinya proses osmosis dalam sel, sehingga jika tidak dikontrol dapat mengakibatkan sel bengkak dan meledak. Pompa Na-K akan memompa tiga ion Na keluar sel dan memompa dua ion K kedalam sel, dan membran sel kurang permeabel terhadap ion Na dibandingkan dengan ion K. Adanya kelebihan satu ion Na diluar sel menyebabkan konsentrasi diluar sel lebih tinggi sehingga terjadi proses osmosis keluar sel. Perpindahan ion

ini juga berefek mengikat molekul air. Pada beberapa tempat di dalam tubuh terutama bagian tubuh yang tersusun atas lembaran sel terjadi proses transpor aktif, seperti : 1) epitel intestinal, 2) epitel tubulus renalis, 3) epitel glandula eksokrin, 4) epitel kantung empedu, 5) pleksus choroid otak. Mekanisme proses transpor pada lembaran seluler itu adalah : transpor aktif melalui sel membran, kemudian proses difusi sederhana atau difusi fasilitasi ke sel yang berdekatan.

#### **Asupan dan Kehilangan Cairan Tubuh**

Pemasukan air ke dalam tubuh bersumber dari air minum, air yang terkandung dalam makanan, dan air hasil dari proses oksidasi karbohidrat, protein, dan lemak (Edney 1983). Pemasukan air kedalam tubuh bervariasi diantara individu dan pada setiap individu pada hari yang berbeda, karena sangat bergantung atas iklim, kebiasaan, dan tingkat aktivitas.

Tabel 2. Air Metabolik

Klas dari pakan	Air yang dihasilkan dari oksidasi 100 g
Protein*	40 g
Lemak	107 g
Karbohidrat	55 g

\* tidak dioksidasi komplit

Dikutip dari Edney ATB. 1983. Dog and Cat Nutrition.

Pengeluaran air dari tubuh melalui empat jalan yaitu : (1) Pengeluaran air melalui respirasi pada hewan terengah-engah seperti anjing. Pada hewan lain

sangat bervariasi tergantung atas jenis hewan, (2) Air keluar melalui kulit, karena difusi dari permukaan dan keringat. Jumlah yang keluar melalui keringat

masing-masing hewan bervariasi tergantung atas jumlah kelenjar keringat pada kulit, (3) Keluar melalui feses, jumlahnya sangat sedikit dan pada masing-masing hewan volume bervariasi tergantung atas diet yang diberikan, (4) Keluar melalui urin. Pada anjing dan kucing dan hewan domestik yang lain jumlahnya 20 ml/kgBB/hari (Hall, 1983; Lorenz et al 1987; Wingfield, 2009).

Air yang keluar melalui sistem respirasi, kulit, dan feses di ketahui sebagai kehilangan cairan yang tidak terelakan, dengan jumlah 20 ml/kgBB/hari. Hewan yang sehat mampu mempertahankan cairan dan keseimbangan elektrolit dengan sedikit fluktuasi dari normal (Wingfield 2009; Lorenz et al 1987). Penyebab paling umum kehilangan cairan melalui gastrintestinal akibat muntah, diare, drainase fistula, infeksi, obstruksi usus, dan luka bakar (Pandey dan Singh, 2003). Pada pasien demam, dilaporkan terjadi kehilangan cairan sebanyak 100 sampai 150 ml per hari setiap peningkatan 1°C suhu tubuh dari normal (Heitz dan Horne, 2005).

### **Homeostasis Cairan Tubuh**

Ginjal berperan besar dalam mengontrol volume dan komposisi cairan tubuh, air dan elektrolit dalam tubuh, dan keseimbangan asam-basa. Ginjal

menyaring plasma dan mengeluarkan substansi yang tidak diperlukan tubuh seperti urea, asam urat, kreatinin, produk pemecahan hemoglobin dan toksin (Guyton dan Hall, 2006).

Homeostasis cairan tubuh dapat dipertahankan jika eksresi air dan elektrolit harus seimbang dengan asupan ke dalam tubuh. Jika intake lebih besar dari eksresi maka jumlah substansi dalam tubuh meningkat, begitujuga sebaliknya jika intake lebih kecil dari eksresi maka substansia dalam tubuh akan menurun. Intake air dan elektrolit juga sangat berhubungan dengan pola makan dan minum hewan, untuk keseimbangan ini maka ginjal akan mengatur proses pengeluaran cairan tubuh melalui produksi urine. Tahapan produksi urine dimulai dari kerja glomerulus dalam menyaring plasma darah. Filtrate glomerulus akan menuju tubulus renalis yang meliputi tubulus proksimal, loop of henle, tubulus distal, tubulus kolektipus, dan terakhir duktus kolektivus kemudian menjadi urin. Dalam proses itu beberapa substansia akan di reabsorpsi kembali di tubulus menuju darah dan beberapa substansi juga ada disekresikan oleh darah ke tubulus (Guyton dan Hall, 2006).

Glomerulus menyaring (filtrasi) semua substansia dalam plasma dan tidak selektif kecuali protein plasma dan

substansia yang terikat didalamnya, sedangkan tubulus akan mereabsorpsi secara sangat selektif substansia yang ada di dalam filtrate, seperti glukosa dan asam amino akan direabsorpsi secara sempurna. Begitu juga dengan beberapa ion seperti sodium, chloride, dan bicarbonate juga direabsorpsi sesuai kebutuhan tubuh, sedangkan urea dan kreatinin tidak direabsorpsi (reabsorpsi buruk). Proses reabsorpsi ion dari lumen tubulus ke epitel berlangsung secara transport pasif dan aktif, sedangkan dari kapiler peritubular menuju darah secara ultrafiltrasi (bulk flow) yang dimediasi oleh tekanan hidrostatik dan tekanan osmotik koloid. Air selalu direabsorpsi secara pasif (osmosis). Di samping itu substansia yang terlarut dalam air (potassium, magnesium, dan chloride) dapat direabsorpsi atau disekresikan melalui pertautan antar sel (*Tight junction*) (Guyton dan Hall, 2006).

Proses transport aktif sodium (Na) pada tubulus proksimal adalah sebagai berikut: pada bagian basolateral dari sel epitel tubular, pada membrane selnya ada sistem sodium-potassium ATPase yang akan menghidrolisis ATP dan energi yang dihasilkan untuk proses transport ion sodium keluar sel menuju interstitium. Pada saat bersamaan potassium ditranspor dari interstitium ke dalam sel. Kerja pompa ini mempertahankan konsentrasi

rendah sodium dalam sel dan konsentrasi tinggi potassium dalam sel, dan menyebabkan muatan negatif dalam sel. Adanya pemompaan sodium keluar sel menuju cairan interstitial melewati basolateral membran, memudahkan terjadinya difusi pasif ion sodium dari tubulus ke dalam sel melalui membran luminal sel. Proses difusi terjadi karena konsentrasi ion sodium di dalam lumen tinggi sedangkan dalam sel rendah, terjadinya muatan negatif dalam sel juga menarik ion sodium (bermuatan positif) yang ada di lumen tubulus ke dalam sel. Proses transpor aktif ini terjadi disebagian besar bagian tubulus sehingga pasokan ion sodium tubuh dapat dipenuhi. Ditubulus proksimal juga banyak terdapat brush border pada sisi luminal (sisi yang berhadapan dengan lumen tubulus) yang juga terdapat carier protein yang membantu dalam proses difusi fasilitasi. Sodium carier protein juga sangat penting dalam proses transpor aktif sekunder untuk substansia lain seperti glukosa, dan asam amino (Guyton dan Hall, 2006).

Ion hidrogen ( $H^+$ ) disekresikan ke dalam tubulus melalui proses aktif transpor sekunder, yang sering disebut counter transpor substansia  $H^+$  dengan ion sodium. Carier protein yang ada di brush border mengikat ion sodium yang ada di lumen tubulus untuk dimasukkan ke

dalam sel, pada saat bersamaan carier protein itu juga mengikat ion  $H^+$  yang ada di dalam sel untuk dikeluarkan dari sel menuju lumen tubulus. Sekresi ion  $H^+$  sangat penting untuk mengeluarkan ion karbonat dari tubulus ( $HCO_3^-$ ). Selain itu ditubulus proksimal juga disekresikan asam organik dan basa seperti garam empedu, oksalat, urate, dan katekolamine (Guyton dan Hall, 2006).

Peningkatan reabsorpsi ion dari lumen tubulus, menyebabkan konsentrasi di dalam lumen menurun sedangkan konsentrasi ion di dalam interstitialis renal meningkat, peningkatan konsentrasi ini menyebabkan terjadi proses osmosis air dari lumen tubulus ke interstitialis. Proses osmosis ini terjadi di *tight junction* sel. *Tight junction* di daerah tubulus proksimal sangat permeabel terhadap air dibandingkan *tight junction* dibagian *loop Henle* sampai ductus kolektivus. Karena reabsorpsi air dan bahan organik sangat berhubungan dengan reabsorpsi sodium, sehingga perubahan dalam reabsorpsi ion sodium akan mempengaruhi juga reabsorpsi air dan bahan organik itu. Pada saat reabsorpsi ion sodium juga terjadi reabsorpsi ion  $Cl^-$  (Guyton dan Hall, 2006).

Pada bagian *loop Henle* (*thin descending*) sangat permeabel terhadap air (hampir 20% reabsorpsi air terjadi

dibagian ini) dan permiaabelnya moderat terhadap sodium, sedangkan pada bagian *ascending* kurang permeabel terhadap air. Pada bagian lain (*thick ascending*) terjadi reabsorpsi (25%) terhadap sodium, chloride, potasium, calcium, bicarbonat dan magnesium. Pada *thick ascending* ini tempat kerja utama dari diuretik furosemda, asam ethacrynic, dan bumetamide dengan menghambat reabsorpsi sodium-2 chloride-potasium. Pada tubulus distal juga terjadi reabsorpsi (5%) terhadap sodium, potasium dan chloride dan tidak permeabel terhadap air dan urea (Guyton dan Hall, 2006).

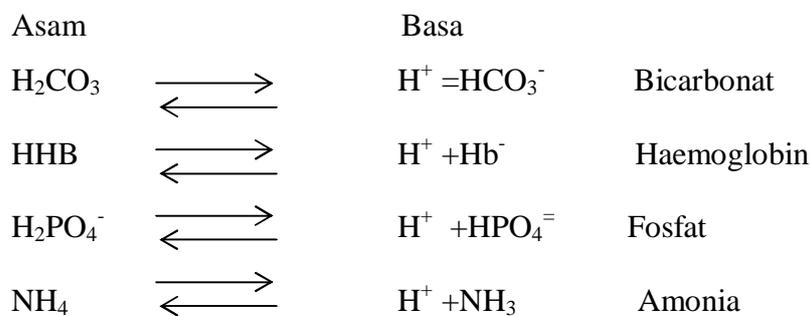
### **Regulasi Keseimbangan Asam Basa**

Pengertian Asam dan basa dalam cairan tubuh didefinisikan sebagai berikut, asam adalah molekul yang dapat melepaskan atom hidrogen dalam larutan. Sebagai contoh molekul HCl dalam air akan mengalami ionisasi menjadi ion  $H^+$  dan  $Cl^-$ , molekul  $H_2CO_3$  mengalami ionisasi dalam air menjadi ion  $H^+$  dan bicarbonat  $HCO_3^-$ . Sedangkan basa adalah ion atau molekul yang dapat mengikat asam (ion  $H^+$ ), sebagai contoh  $HCO_3^-$  adalah basa yang mampu mengikat ion  $H^+$  menjadi  $H_2CO_3$ ,  $HPO_4^{=}$  adalah basa karena mampu mengikat  $H^+$  menjadi  $H_2PO_4^-$ . Protein dalam tubuh juga berfungsi sebagai basa. Asam kuat adalah

molekul yang dengan mudah dapat melepaskan ion  $H^+$  ke dalam larutan, misalnya HCl, sedangkan basa kuat adalah molekul yang dengan cepat dapat bereaksi dengan asam, misal  $OH^-$ . Adanya ion  $H^+$  dalam cairan tubuh akan berpengaruh terhadap pH dari cairan itu. pH cairan tubuh adalah 7,4. apabila pH berada diatas 7,4 disebut alkalosis sedangkan di bawah 7,4 disebut acidosis (Yoxall dan Hird, 1980; Guyton dan Hall 2006).

Ada lima sistem utama yang mengatur keseimbangan ion  $H^+$  dalam cairan tubuh, yaitu 1) sistem buffer kimiawi asam-basa di dalam cairan ekstraseluler, adalah molekul yang segera berikatan dengan asam atau basa; 2) pusat nafas yang meregulasi pelepasan  $CO_2$

dalam darah dan mengatur tekanan  $CO_2$  ( $PCO_2$ ) darah; 3) Buffer kimia dalam sel; 4) Regulasi pada ginjal yang dapat mengekresikan asam ( $H^+$ ) atau reabsorpsi basa (Bikarbonat); 5) mobilisasi buffer dari tulang (Yoxall dan Hird, 1980). Sistem buffer kimiawi dalam darah tidak mengeluarkan atau menambah ion  $H^+$  ke dalam darah hanya mengikatnya sampai terjadi keseimbangan. Sistem respirasi mengeluarkan  $CO_2$  dan  $H_2CO_3$  dari tubuh, sedangkan ginjal memberikan respon yang lambat terhadap peningkatan konsentrasi ion  $H^+$  dalam darah, tetapi hanya ginjal yang mampu mengeluarkan asam atau basa dari dalam tubuh dan berperan sangat besar dalam regulasi asam-basa (Guyton dan Hall, 2006).



Ion hidrogen disekresikan dan bikarbonat direabsorpsi di semua bagian tubulus kecuali di loop henle. Bikarbonat direabsorpsi kira-kira 80-90% di tubulus proksimal, kemudian sisanya direabsorpsi di dibagian lain dari tubulus. Ion hidrogen disekresikan ke lumen tubulus di tubulus proksimal, segmen tebal loop henle, dan tubulus dista melalui mekanisme counter-transporter sodium-hidrogen. Sekresi aktif primer ion  $H^+$  terjadi pada tipe yang

khusus di bagian akhir tubulus distal dan tubulus kolektifus, yang disebut sel intercalated. Dengan mekanisme ini cairan tubular akan bersifat asam hanya ditubulus kolektifus dan ductus kolektifus.

Mekanisme counter-transporter sodium-hidrogen prosesnya dimulai dari : ketika  $CO_2$  bebas atau  $CO_2$  dari hasil metabolisme dalam sel epitel tubular, dengan aktivasi enzim karbonik anhidrase,

CO<sub>2</sub> akan bereaksi dengan H<sub>2</sub>O membentuk H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, yang dapat berdisosiasi (pisah) menjadi HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> dan H<sup>+</sup>. Ion H<sup>+</sup> disekresikan ke lumen tubular melalui counter-transporter sodium-hidrogen (ion Na masuk sel dan ion H<sup>+</sup> dilepaskan ke lumen melalui ikatan dengan carrier protein di membran sel). HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> yang terbentuk dalam sel (ketika H<sup>+</sup> terpisah dari H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) bergerak menembus lapisan basolateral sel menuju cairan interstitial renal dan kapiler darah peritubular. Transporter HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> melewati membran sel di basolateral difasilitasi oleh dua mekanisme yaitu : 1) Na<sup>+</sup>-HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> co-transporter; 2) pertukaran Cl<sup>-</sup>-HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

Kelebihan sekresi ion H<sup>+</sup> dapat berikatan dengan molekul HPO<sub>4</sub><sup>+</sup> untuk membentuk H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> dan mengikat ion Na<sup>+</sup> membentuk garam NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> yang diekskresikan ke urin. Eksesi sekresi ion H<sup>+</sup> ke lumen tubulus kolektivus juga bereaksi dengan molekul NH<sub>3</sub> membentuk NH<sub>4</sub><sup>+</sup> yang selanjutnya bereaksi dengan ion Cl<sup>-</sup> dan dikeluarkan bersama urin.

### Penyebab Klinis Gangguan Asam Basa

Penurunan kecepatan ventilasi paru-paru akan meningkatkan tekanan CO<sub>2</sub> (PCO<sub>2</sub>) cairan ekstraselular. Hal itu menyebabkan peningkatan konsentrasi H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub><sup>-</sup> dan H<sup>+</sup> sehingga terjadi asidosis. Karena asidosis terjadi akibat gangguan pada respirasi maka disebut respirasi asidosis. Respirasi asidosis dapat terjadi kondisi patologis akibat kerusakan pusat nafas atau penurunan fungsi paru-paru dalam mengeluarkan CO<sub>2</sub>, misal kerusakan medula oblongata, sumbatan saluran nafas, pneumonia, emfisema. Respon kompensasi dari respirasi asidosis

adalah buffer cairan tubuh dan pengeluaran ion H<sup>+</sup> melalui ginjal.

Respirasi alkalosis. Disebabkan overventilasi paru-paru. Jarang terjadi karena patologis. Hal ini biasanya terjadi apabila berada pada daerah yang tinggi dengan kadar O<sub>2</sub> yang rendah, sehingga banyak CO<sub>2</sub> yang keluar. Respon kompensasi adalah melalui buffer kimia dan pengeluaran HCO<sub>3</sub> melalui ginjal.

Metabolic asidosis. Istilah metabolik asidosis yaitu untuk semua tipe asidosis akibat eksesi CO<sub>2</sub> dalam cairan tubuh. Metabolik asidosis dapat terjadi karena : kegagalan ginjal mengeluarkan asam yang berasal dari proses metabolisme; terbentuknya molekul asam metabolik akibat kelebihan asam metabolik; pemasukan asam metabolik kedalam tubuh melalui ingesti atau infus; kehilangan basa dari tubuh.

Renal tubular asidosis. Akibat gangguan sekresi H<sup>+</sup> atau reabsorpsi HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Gangguan ini ada dua tipe yaitu : kegagalan tubulus renalis mereabsorpsi HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> sehingga banyak keluar melalui urin; ketidakmampuan tubulus renalis mensekresikan H<sup>+</sup> untuk menjaga keasaman urin. Beberapa penyebab renal tubular asidosis adalah gagal ginjal kronis, sekresi aldosteron tidak cukup.

Diarrhea. Diare berat akan menyebabkan metabolik asidosis. Asidosis terjadi karena tubuh banyak kehilangan sodium bikarbonat melalui feses. Sekresi gastrointestinal secara normal banyak mengandung bikarbonat dan diarrhea menyebabkan kehilangan banyak HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> dari tubuh dan efeknya sama juga dengan kehilangan banyak HCO<sub>3</sub> dari urin. Hal yang sama juga terjadi pada kasus muntah sampai isi kandungan usus.

Diabetes militus yang disebabkan penurunan sekresi insulin oleh pankreas (tipe I DM) hal ini menyebabkan penggunaan glukosa untuk metabolisme akan digantikan dengan pemecahan lemak, hal itu akan berefek terkumpulnya asam asetoacetic dalam tubuh.

Metabolik Alkalosis. Metabolik alkalosis disebabkan oleh berlebihnya kandungan  $\text{HCO}_3$  dalam cairan tubuh. Beberapa hal yang menyebabkan kondisi itu, yaitu: pemberian diuretik (kecuali carbonik anhidrase inhibitor). Semua diuretik menyebabkan peningkatan aliran urin dalam tubulus, hal ini menyebabkan peningkatan reabsorpsi ion  $\text{Na}^+$ , reabsorpsi ion  $\text{Na}^+$  diikuti dengan sekresi ion  $\text{H}^+$ .

Kelebihan sekresi aldosteron dari glandula renalis menyebabkan peningkatan reabsorpsi ion  $\text{Na}^+$  dan meningkatkan sekresi ion  $\text{H}^+$  dari sel intercalated. Muntah dengan kandungan muntahan isi lambung juga menyebabkan kelebihan basa dalam tubuh.

## SIMPULAN

### Simpulan

1. Cairan tubuh merupakan milieu atau lingkungan internal dalam tubuh untuk aktivitas sel
2. Komposisi cairan tubuh adalah air, elektrolit, asam basa dan nutrient
3. Ginjal adalah organ yang berperan sangat vital untuk menjaga homeostasis cairan tubuh.

## DAFTAR PUSTAKA

- Edney ATB. 1983. Dog and Cat nutrition. Pergamon Press. New York.
- Einstein R, Jones RS, Knifton A, Starmer GA. 1995. Principles of veterinary therapeutics. Longman Scientific & Technical. New York.
- Guyton AC, Hall JE. 2006. Textbook of Medical Physiology. Ed 8<sup>TH</sup>. Elsevier Saunders. Philadelphia.
- Hall LW. 1983. Fluid therapy and intravenous nutrition. In Dog and Cat nutrition. Editor ATB Edney. Pergamon Press. New York.
- Hartanto, WW. 2007. Terapi Cairan dan Elektrolit Perioperatif. Bagian Farmakologi Klinik dan Terapeutik Fakultas Kedokteran Universitas Padjajaran. Bandung.
- Heitz U, Horne MM. 2005. Fluid, Electrolyte and Acid Base Balance. 5th Ed. Missouri, Elsevier-Mosby.
- Lorenz MD, Cornelius LM, Ferguson DC. 1994. Small animal medical therapeutics. JB lippincott Co. Philadelphia New York. N
- Pandey CK, Singh RB. 2003. Fluid and Electrolyte Disorders. Indian J Anaesh. 47(5) : 380-387.
- Wingfield WE. 2009. Fluid and Elektrolite therapy. <http://www.cvmb.colostate.edu/clinsci/wing/fluids/fluids.htm>. 22 mei 2009
- Yoxall AT, Hird JFR. 1980. Physiological Basis of Small Animal Medicine. BlackwellSci Pub. Melbourne.