

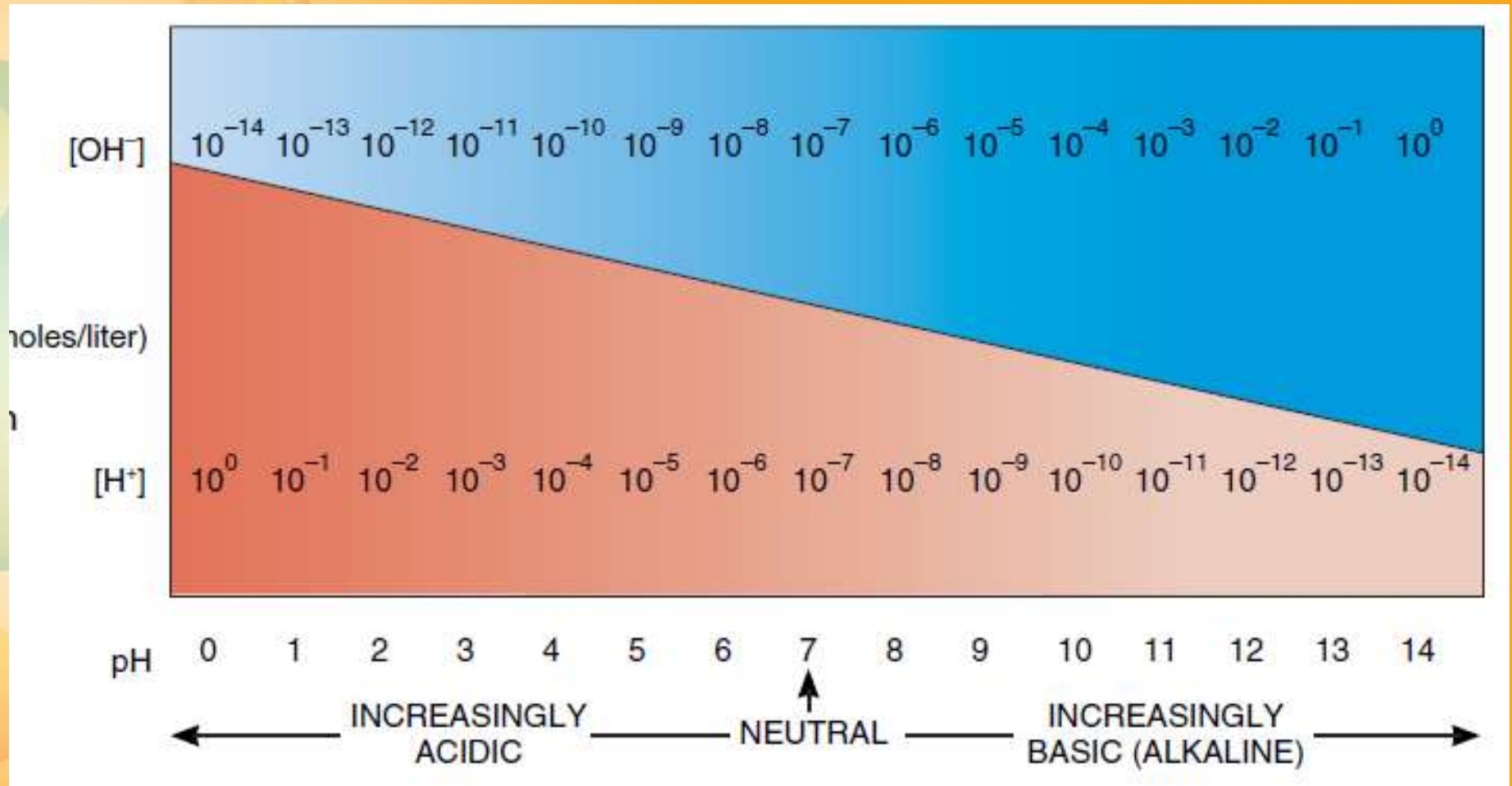
SISTEM BUFFER DALAM TUBUH

Learning Objective

- Menyebutkan kadar pH darah normal
- Menjelaskan sumber asam dalam tubuh
- Menjelaskan sistem buffer dalam tubuh
- Menjelaskan mekanisme pengaturan pH darah oleh sistem buffer tubuh dan ginjal
- Menjelaskan kondisi tubuh penyebab kelainan pH darah

Pendahuluan

- Kadar pH darah ditentukan oleh konsentrasi ion Hidrogen
- pH darah normal $7,4 \pm 0,05$
- Reaksi metabolisme di dalam tubuh sering menghasilkan produk metabolit yang bersifat asam
- pH terlalu asam atau terlalu basa dapat mengganggu metabolisme tubuh

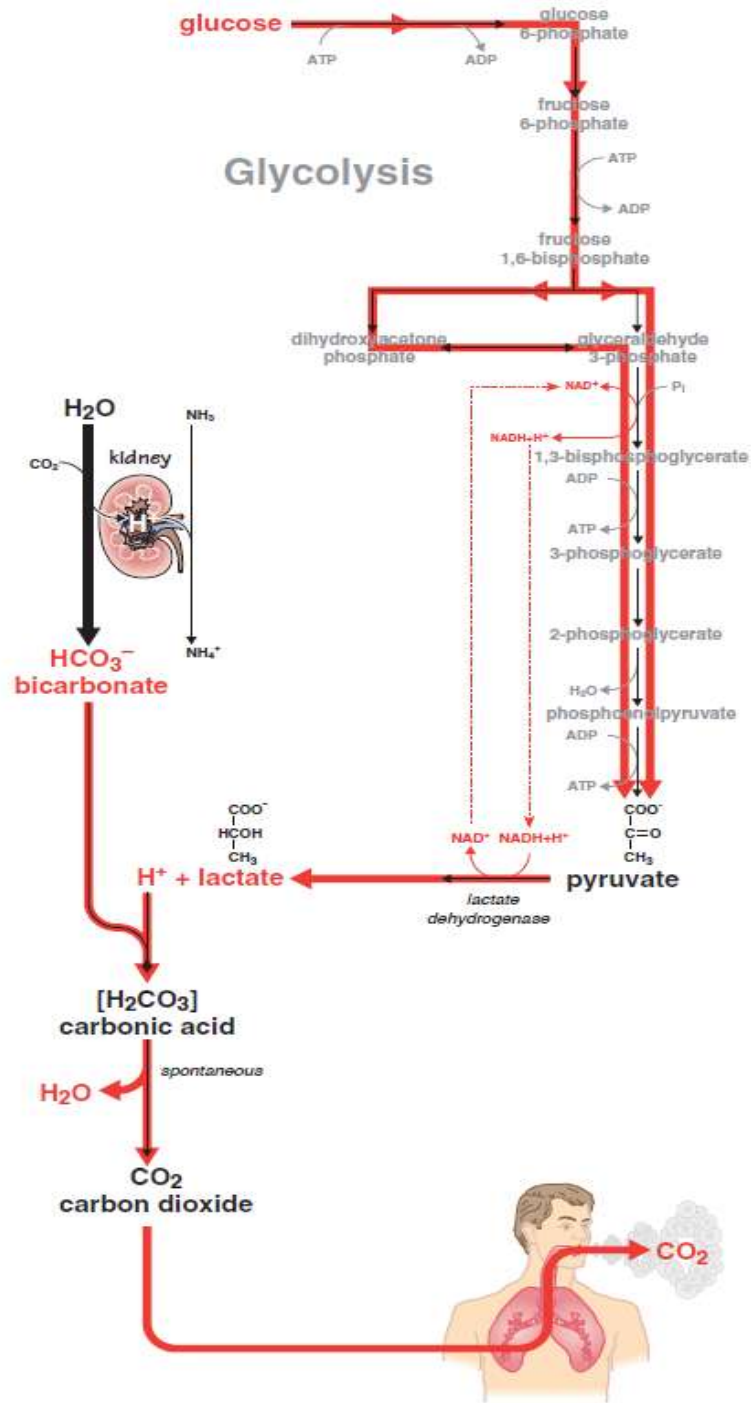


Produk Asam dari Metabolisme

- Katabolisme **asam amino** yang mengandung **sulfur** menghasilkan **asam sulfurik** dan katabolisme **fosfolipid** menghasilkan **asam fosforik**
 - Asam sulfurik dan asam fosforik → *non volatil acid* dan dihasilkan 40-80 mEq/hari
- Katabolisme KH dan Lipid menghasilkan 15.000 – 20.000 mMol CO₂/ hari → *volatil acid*

- Oksidasi glukosa yang tidak sempurna → asam laktat
- Oksidasi asam lemak bebas yg tidak sempurna → benda keton
- Deaminasi asam amino → NH_3 (ammonia)
- Proses transport CO_2 dari jaringan ke paru-paru → terdapat ion Hidrogen di dalam darah

Glycolysis



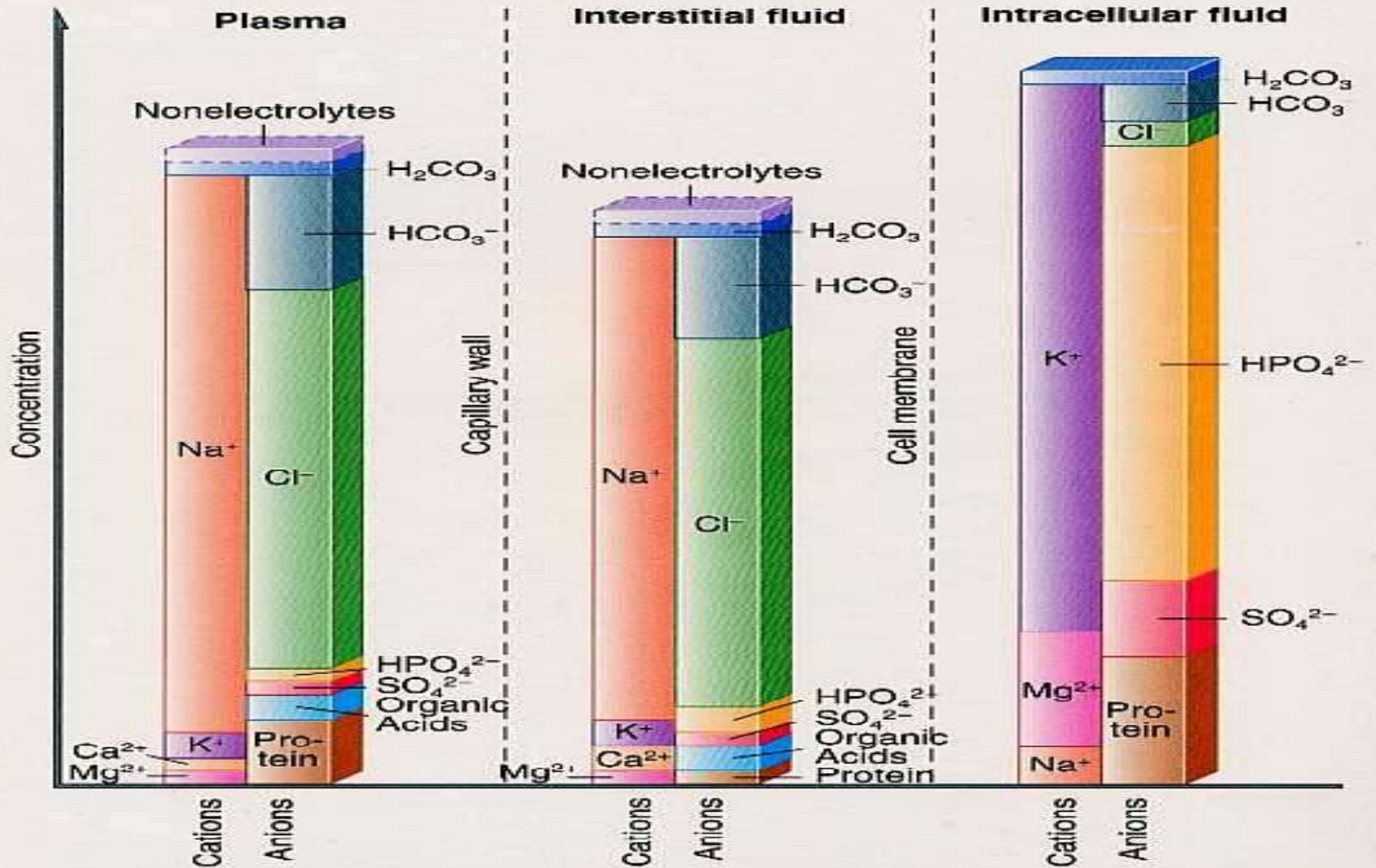
Homeostasis Keseimbangan Asam Basa

1. Buffer kimiawi dlm cairan ekstra dan intra seluler.
2. Sistem pernafasan yang mengatur $p\text{CO}_2$ melalui perubahan ventilasi
3. Sistem pengaturan ginjal terhadap penyimpanan bikarbonat tubuh

1. Buffer Kimia

- a. Sistem buffer asam karbonat-bikarbonat
- b. Sistem buffer phosphat
- c. Sistem buffer protein

RELATIVE CHEMICAL COMPOSITION OF THE MAJOR BODY FLUIDS



Acetate 213 (Figure 24.2)

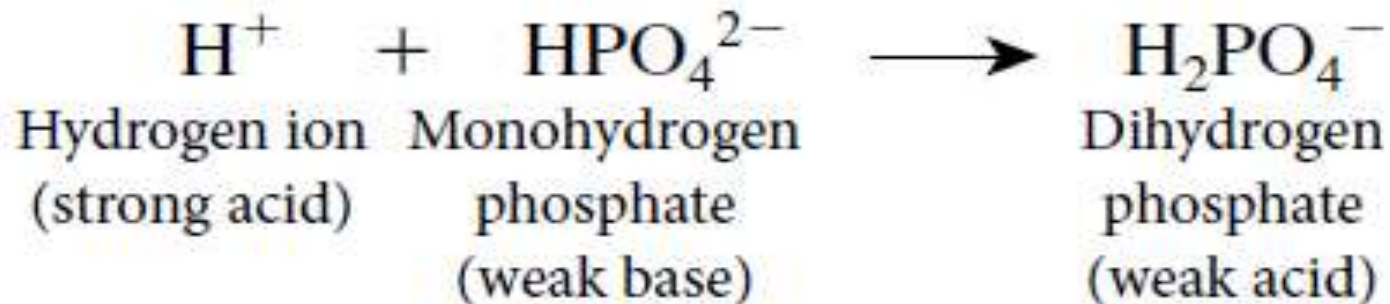
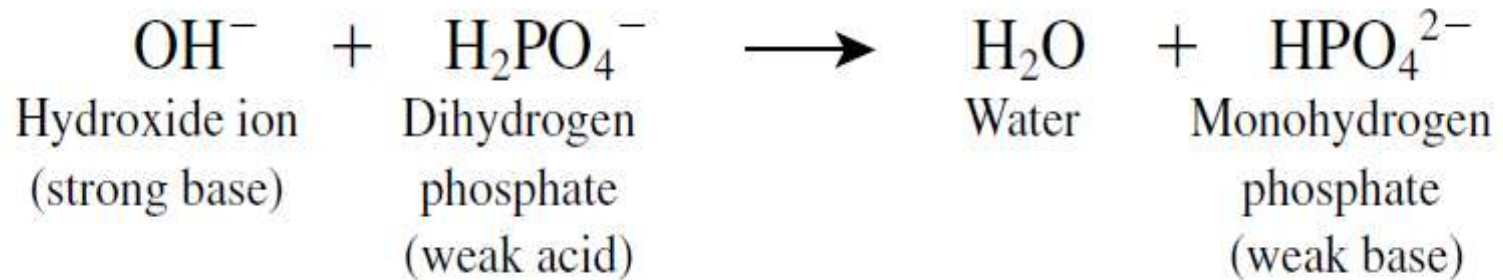
© 1994 West Publishing Company

Sistem Buffer Asam Karbonat dan Bikarbonat

- Terdiri atas asam karbonat (H_2CO_3) yang bersifat asam lemah dan bikarbonat (HCO_3^-) yang bersifat basa lemah
- $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$
 $\text{NaHCO}_3 \leftrightarrow \text{Na}^+ + \text{HCO}_3^- \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- Merupakan sistem buffer terbanyak di cairan ekstra sel
- Kadar HCO_3^- dan CO_2 diatur oleh ginjal dan paru-paru

Sistem Buffer Phosphat

- Terdiri atas monohydrogen phosphat (HPO_4^{2-}) yang bersifat basa lemah dan dihydrogen phosphat (H_2PO_4^-) yang bersifat asam lemah
- Merupakan sistem buffer terpenting di dalam sitosol
- Hanya 8% dari konsentrasi sistem buffer HCO_3
- Memegang peranan penting di intrasel dan tubulus ginjal



Protein: Protein Intrasel, Hb dan Protein Plasma

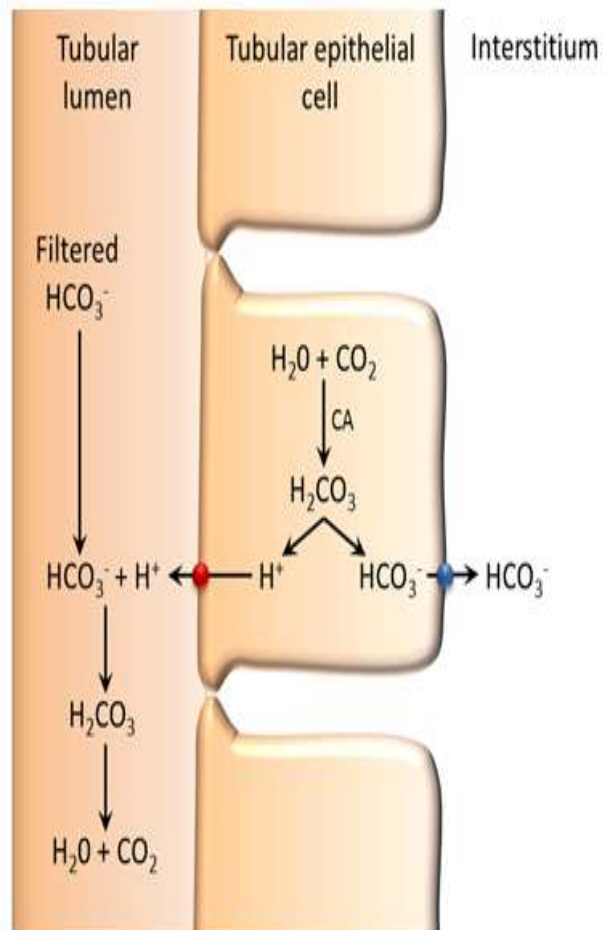
- Merupakan Buffer yang baik → protein mengandung gugus asam: karboksil (- COOH) dan basa: Amino (- NH₂)
- Sangat penting di dalam intrasel $H_2CO_3 \leftarrow H_2O + CO_2$
 $HCO_3^- + H^+ + HbO_2 \leftrightarrow H.Hb + O_2$
- Pada eritrosit, Hb sangat penting karena dapat berikatan dengan ion hidrogen menjadi deoxyhemoglobin (H-Hb)
- 60 – 70% total buffering kimiawi pada cairan intrasel dan Interseluler dilaksanakan oleh protein
- Hb menjadi buffer ion H⁺ yang dihasilkan oleh H₂CO₃

- Protein merupakan buffer yang terbanyak di sel dan darah
- Histidine dan Cystein merupakan dua asam amino yang paling berperan sebagai protein buffer

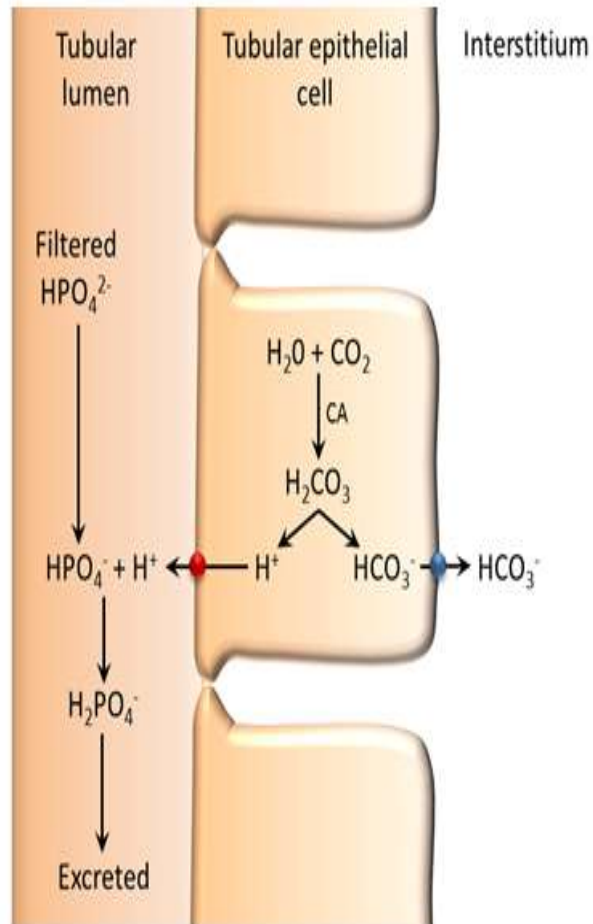
2. Regulasi oleh Ginjal

- Derajat pH dipengaruhi oleh naik turunnya konsentrasi ion H^+ dalam cairan
- Hidrogen diekskresi ke dalam tubula ginjal & dikeluarkan dalam urin.
- Pada saat yang sama, terjadi reabsorpsi Natrium /Sodium di tubulus ginjal untuk menggantikan H^+ .
- Kemudian Sodium berikatan dg ion HCO_3 utk m' bentuk $NaHCO_3$.
- Kelebihan asam akan dibuang oleh ginjal, sebagian besar dalam bentuk amonia

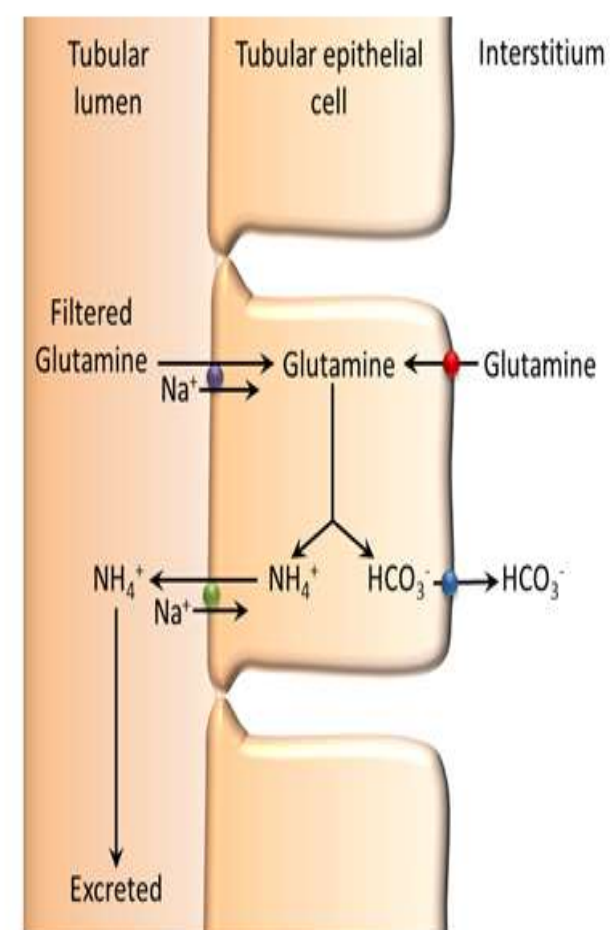
A. HCO_3^- reabsorption



B. H^+ secretion



C. NH_4^+ excretion



Reabsorpsi bicarbonat

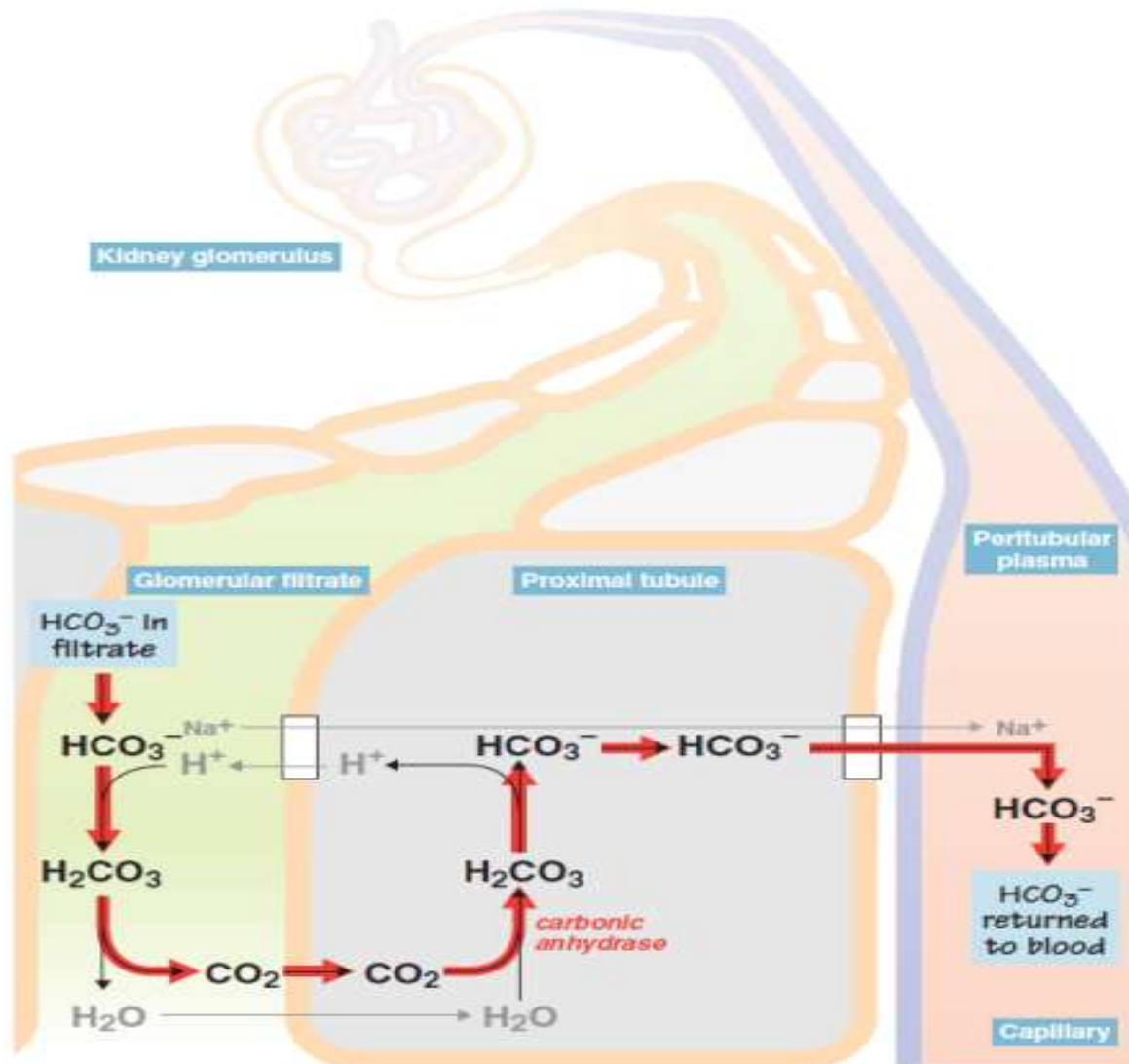


Figure 3.2 Reabsorption of bicarbonate from the renal glomerular filtrate into the blood.

Produksi Bicarbonat

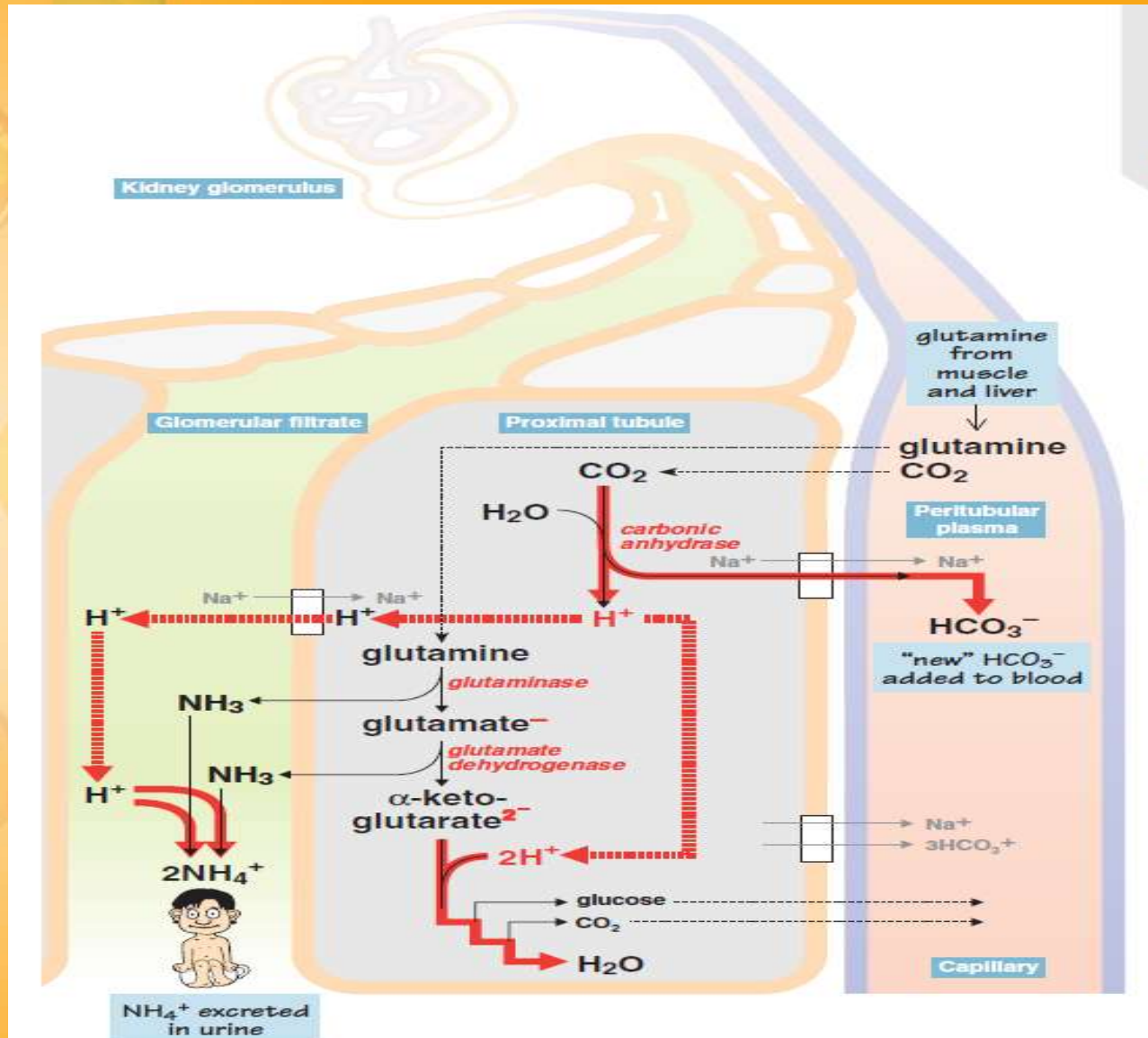


Figure 3.3 Production of "new" bicarbonate linked to excretion of ammonium ions.

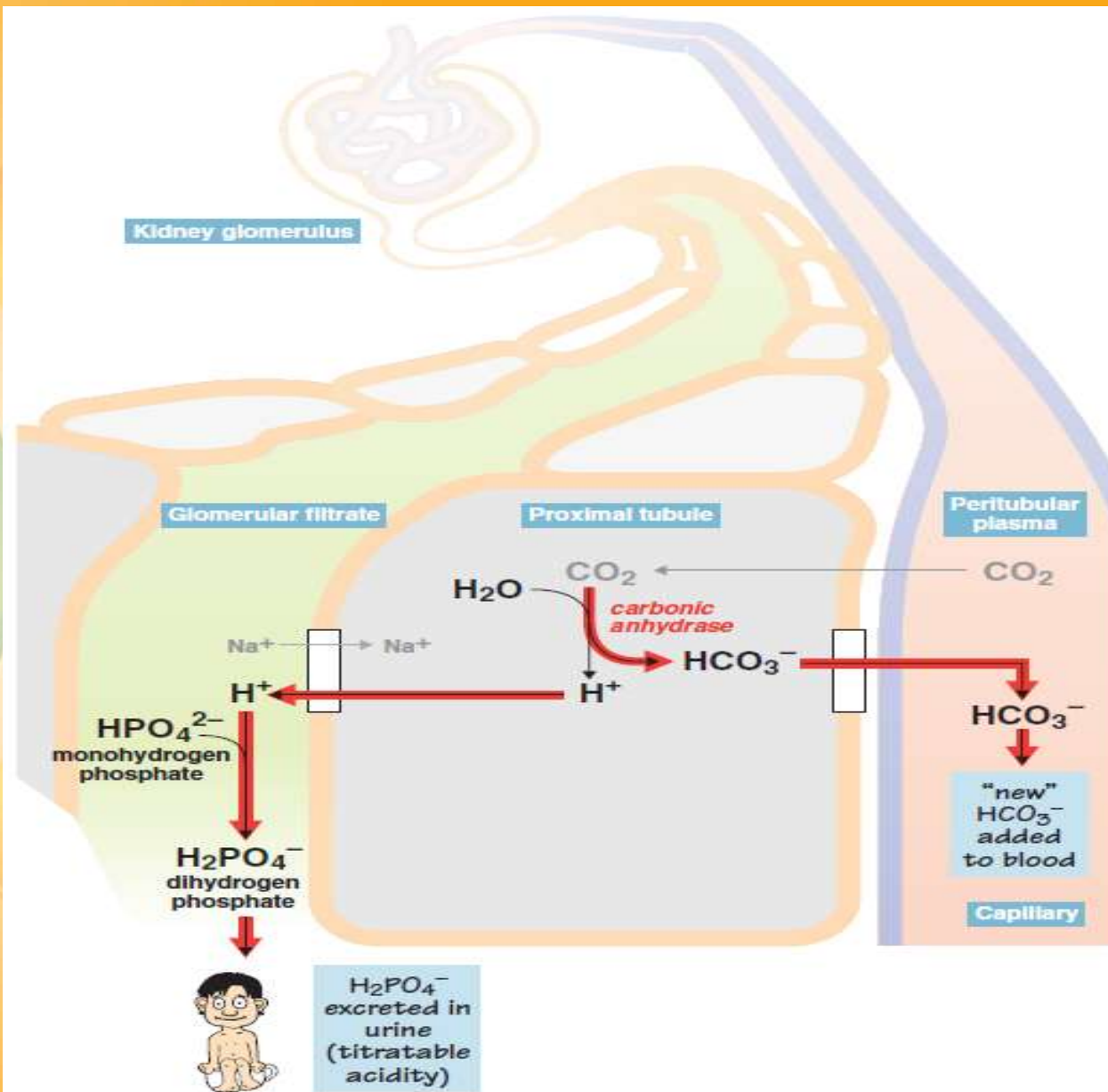
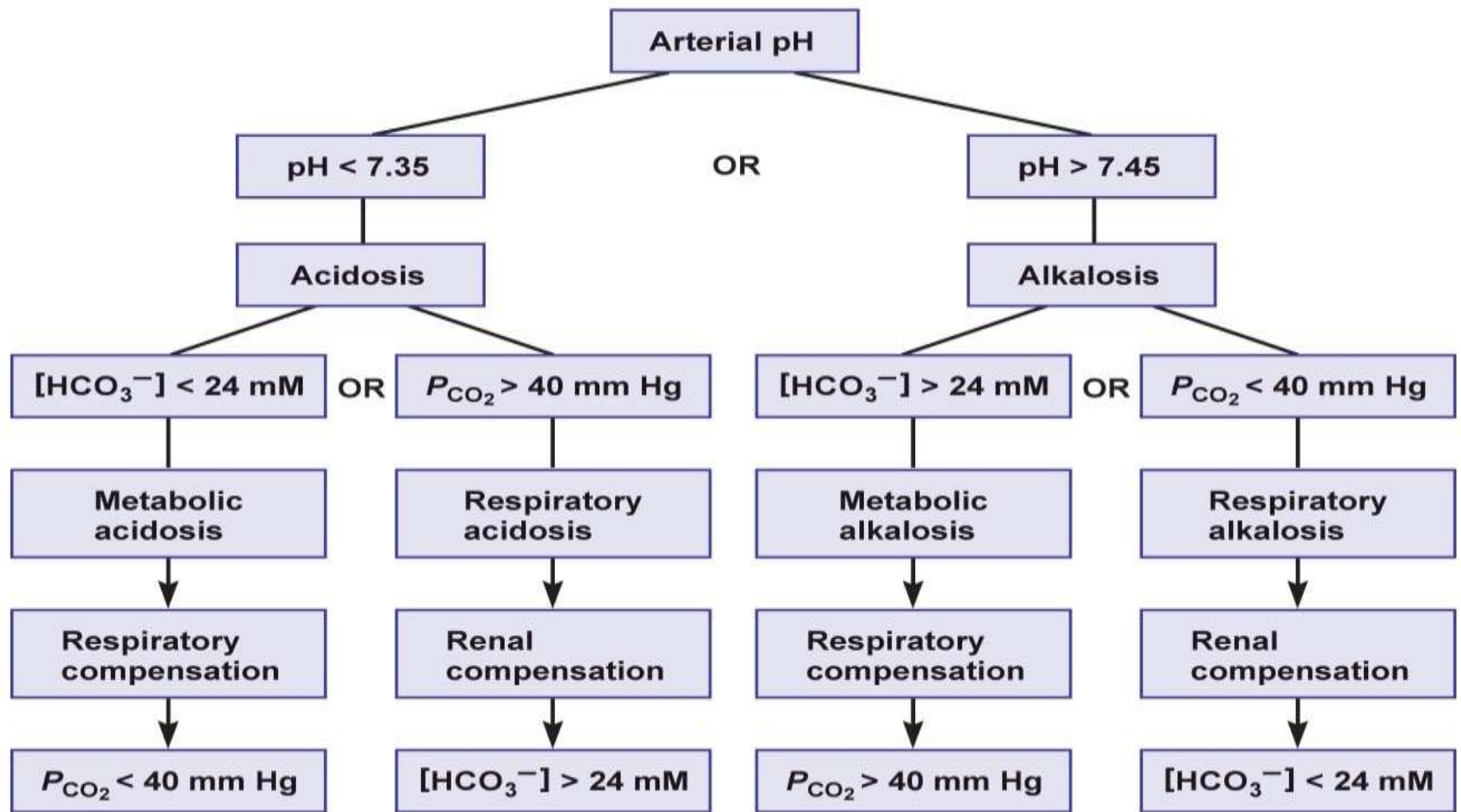


Figure 3.4 Production of “new” bicarbonate linked to excretion of dihydrogen phosphate ions.

- PCO_2 darah $\uparrow \rightarrow \text{PCO}_2$ tubulus $\uparrow \rightarrow [\text{H}^+] \uparrow \rightarrow$ sekresi H^+ ke lumen $\uparrow \rightarrow$ reabsorpsi HCO_3^- atau diekskresi melalui urin
- H^+ di lumen berfungsi untuk:
 1. Reabsorpsi HCO_3^-
 2. Penghematan $\text{Na}^+ \rightarrow$ Bereaksi dengan buffer $\text{HPO}_4^{2-} / \text{H}_2\text{PO}_4^-$ dan menjadi penukar Na^+ pada $\text{Na}_2\text{HPO}_4^-$ menjadi NaH_2PO_4
 3. Bereaksi dengan NH_3 menjadi NH_4^+ \rightarrow menetralkan asam kuat \rightarrow melindungi mukosa tubulus

Gangguan keseimbangan Asam Basa

- Gangguan Metabolik:
 - Asidosis metabolik
 - Alkalosis Metabolik
- Gangguan Respirasi:
 - Asidosis Respiratorik
 - Alkalosis Respiratorik



© 2011 Pearson Education, Inc.

Asidosis Metabolik

- Asidosis Metabolik adalah rendahnya pH darah, yang ditandai dengan rendahnya kadar *bikarbonat* dalam darah
- Penyebab:
 - Gagal ginjal
 - Asidosis tubulus renalis (kelainan bentuk ginjal)
 - Ketoasidosis diabetikum
 - Asidosis laktat (bertambahnya asam laktat)
 - Bahan beracun seperti etilen glikol, overdosis salisilat, metanol, paraldehid, asetazolamid atau amonium klorida
 - Kehilangan basa (misalnya bikarbonat) melalui saluran pencernaan karena diare, *ileostomi* atau *kolostomi*

- Kompensasi:
 - RR meningkat → mengeluarkan CO_2
 - Ekskresi H^+ di urin meningkat, reabsorpsi HCO_3^- meningkat

Alkalosis Metabolik

- Alkalosis Metabolik adalah suatu keadaan dimana darah dalam keadaan basa karena tingginya kadar *bikarbonat*.
- Penyebab:
 - Kehilangan asam karena muntah atau pengosongan lambung yang terus menerus
 - Penggunaan diuretik (tiazid, furosemid, asam etakrinat)
 - Kelenjar adrenal yang terlalu aktif (*sindroma Cushing* atau akibat penggunaan kortikosteroid).

Asidosis Respiratorik

- Adalah pH darah yang rendah karena penumpukan *karbondioksida* dalam darah sebagai akibat dari fungsi paru-paru yang buruk atau pernafasan yang lambat
- Penyebab → paru-paru tidak bisa mengeluarkan CO₂ dengan baik, misal:
 - *Emfisema*
 - Bronkitis kronis
 - *Pneumonia* berat
 - *Edema pulmoner*
 - Asma.

Alkalosis Respiratorik

- adalah suatu keadaan dimana darah menjadi basa karena pernafasan yang cepat dan dalam, sehingga menyebabkan kadar *karbondioksida* dalam darah menjadi rendah
- Penyebab → hiperventilasi, misal pada keracunan salisilat, histeria/ cemas yang berlebihan, demam tinggi, kerusakan pusat pernafasan di otak
- Kompensasi ginjal → penurunan ekskresi H^+ ke urin

Referensi

- Bhagavan, N.V., Ha, C-E., 2011, Essentials of Medical Biochemistry with Clinical Cases, Elsevier
- Devlin, T.M., 2012, Text book of Biochemistry with clinical correlations 6th ed., Wiley
- Salway, J.G, 2012, Medical Biochemistry at Glance 3rd Ed., Wiley
- Tortora, G.J. and Derrickson, B., 2014, Anatomy and Physiologi 14th Ed., Wiley

The background is a solid yellow color. On the left side, there is a large, semi-transparent green sphere. Scattered around it and across the background are several smaller, semi-transparent spheres in shades of yellow and orange. The word "TERIMAKASIH" is written in a bold, blue, sans-serif font in the center of the image.

TERIMAKASIH