

Pengaturan Asam Basa Oleh Sistem Respirasi



dr. Dian Apriliana R., M.Med.Ed

Pendahuluan



- pH darah normal $7,4 \pm 0,05$
- Harus selalu dipertahankan dalam kondisi sedikit basa → untuk menjaga keberlangsungan metabolisme tubuh.
- Sebagian besar enzim di dalam darah dan sel tubuh manusia dapat bekerja optimal pada pH sedikit basa

Produk Asam Tubuh



- Katabolisme **asam amino** yang mengandung **sulfur** menghasilkan **asam sulfurik** dan katabolisme **fosfolipid** menghasilkan **asam fosforik**
- Asam sulfurik dan asam fosforik → *non folatil 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

1. Buffer Kimia



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

Sistem Buffer Asam Karbonat dan Bikarbonat



- Terdiri atas asam lemah (H_2CO_3) dan garam bikarbonat (NaHCO_3)
- $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$
 $\text{NaHCO}_3 \leftrightarrow \text{Na}^+ + \text{HCO}_3^- \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- Merupakan sistem buffer terbanyak di cairan ekstra sel
- Kadar HCO_3^- dan CO_2 diatur oleh ginjal dan paru-paru

Sistem Buffer Phosphat



- Bukan merupakan sistem buffer terbesar di cairan ekstra sel
- Hanya 8% dari konsentrasi sistem buffer HCO_3
- Terdiri atas HPO_4 dan H_2PO_4
- Memegang peranan penting di intrasel dan tubulus ginjal

Protein: Protein Intrasel, Hb dan Protein Plasma



- Merupakan Buffer yang baik → protein mengandung gugus asam dan basa
- Sangat penting di dalam intrasel $\text{H}_2\text{CO}_3 \leftarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
 $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ + \text{HbO}_2 \leftrightarrow \text{H.Hb} + \text{O}_2$
- Pada eritrosit, Hb sangat penting
- 60 – 70% total buffering kimiawi pada cairan intrasel dan Interseluler dilaksanakan oleh protein
- Hb menjadi buffer ion H^+ yang dihasilkan oleh H_2CO_3

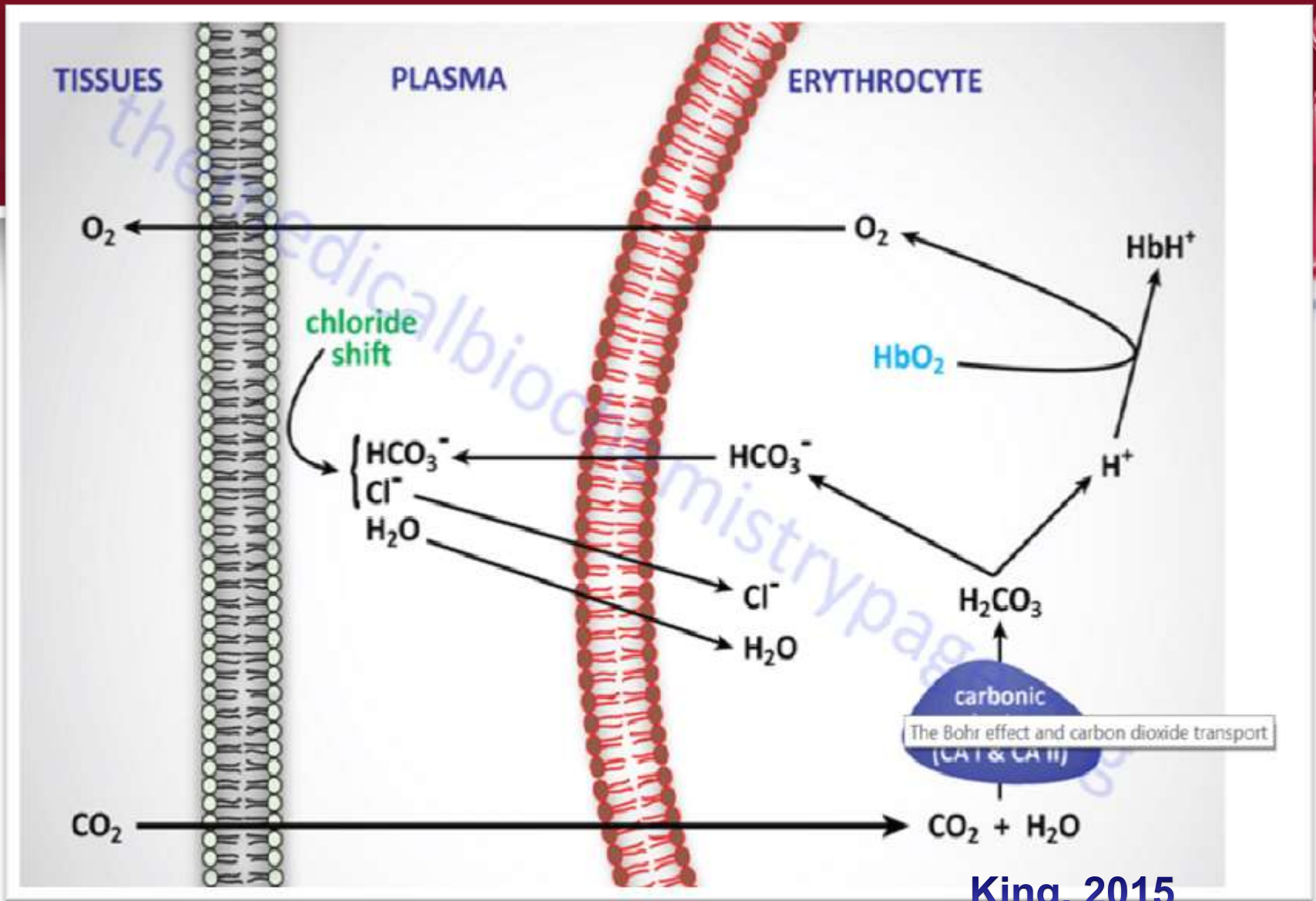


- Protein merupakan buffer yang terbanyak di sel dan darah
- Histidine dan Cystein merupakan dua asam amino yang paling berperan sebagai protein buffer

Transport O_2 dalam darah



- O_2 tidak larut dalam darah sehingga membutuhkan protein Haemoglobin (Hb)
- Diikat oleh Hb \rightarrow HbO_2 \rightarrow reversible
- Derajat pengikatan ditentukan oleh pO_2 disekitar Hb
- Afinitas Hb thd O_2 berkurang oleh karena:
 1. Peningkatan $[H^+]$
 2. Peningkatan pCO_2 (efek Bohr)
 3. Peningkatan suhu
 4. Peningkatan [2,3 bifosfoglisarat eritrosit]



King, 2015

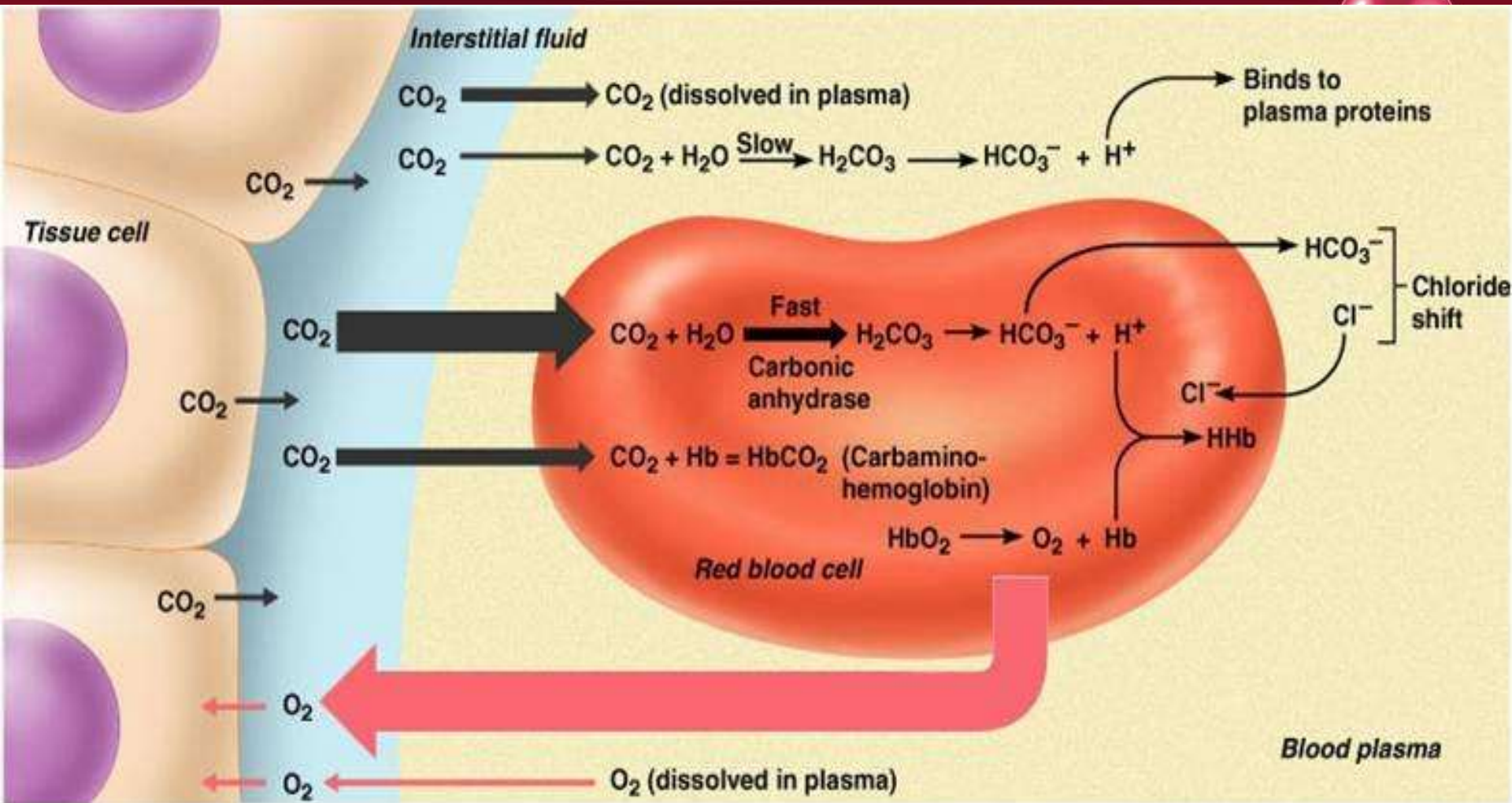
themedicalbiochemistrypage.com

Transport CO₂ dalam darah



- 10% larut dalam plasma
- 20% berikatan dengan gugus α amino terminal residu valin pd molekul globin dari Hb (ikatan carbamino)
- 70% dalam garam HCO₃⁻
- **Efek Haldane:** oksigenasi Hb di paru-paru meningkatkan pelepasan CO₂, deoksigenasi Hb di jaringan perifer meningkatkan pengambilan CO₂
- **Chloride Shift:** gerakan Cl⁻ untuk mengimbangi HCO₃⁻ antara eritrosit dan plasma

Transport O₂ dan CO₂



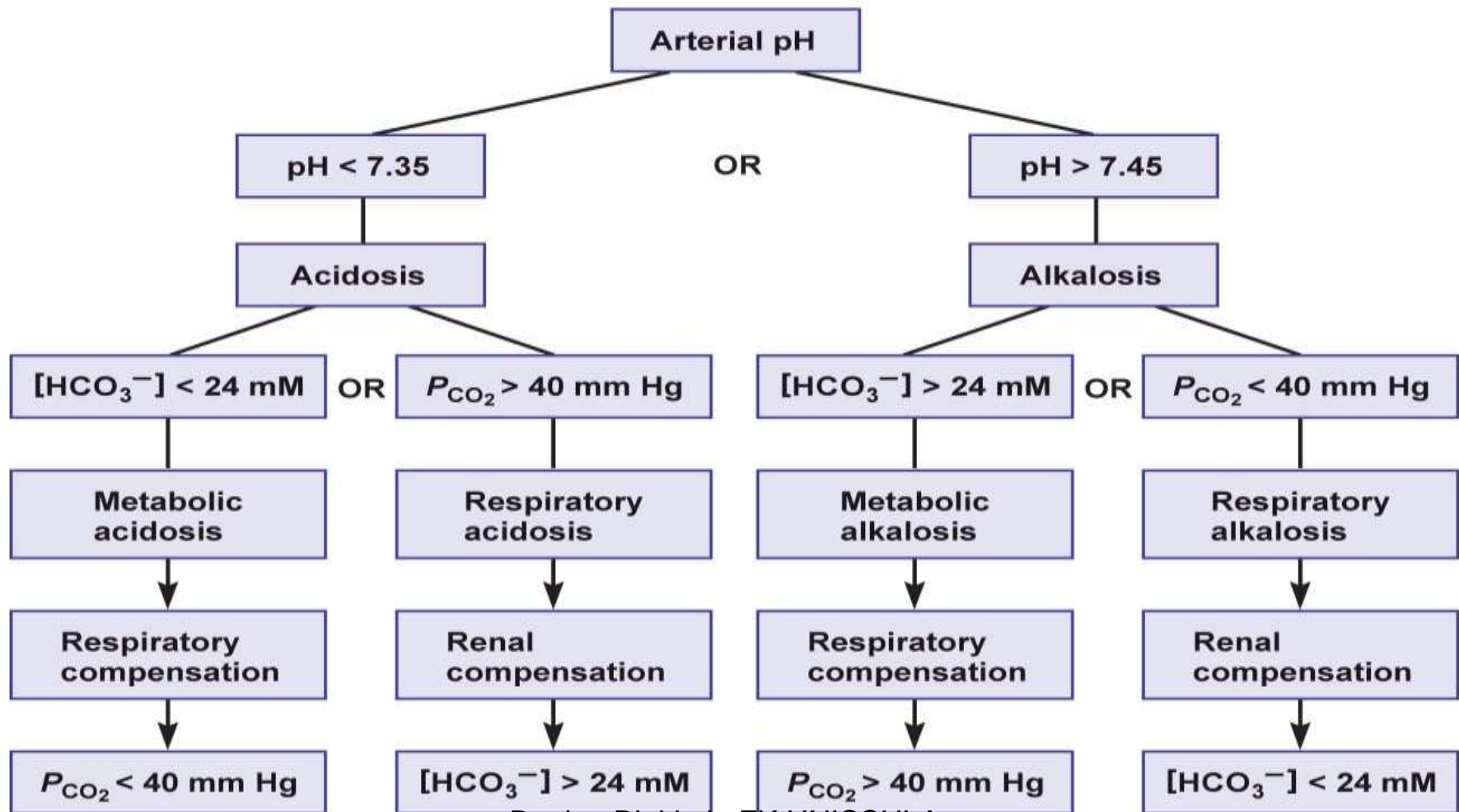
(a) Oxygen release and carbon dioxide pickup at the tissues

Pengaturan oleh sistem pernafasan



- Pengaturan retensi dan ekspirasi CO_2 darah
- Diatur oleh kadar pCO_2 ekstra sel (darah)
- $\text{pCO}_2 > 40$ mmHg \rightarrow stimulasi Medulla Oblongata \rightarrow ventilasi meningkat
- $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$
- Jika konsentrasi $\text{CO}_2 \uparrow \rightarrow \text{pH darah} \downarrow \rightarrow$ asidosis
- Jika konsentrasi $\text{CO}_2 \downarrow \rightarrow \text{pH darah} \uparrow \rightarrow$ alkalosis
- Pada kondisi ketoasidosis \rightarrow aseton dibuang melalui paru-paru

Mekanisme Kommpensasi



Asidosis Respiratorik

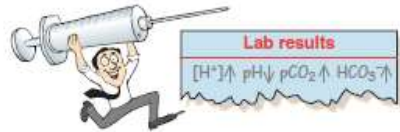
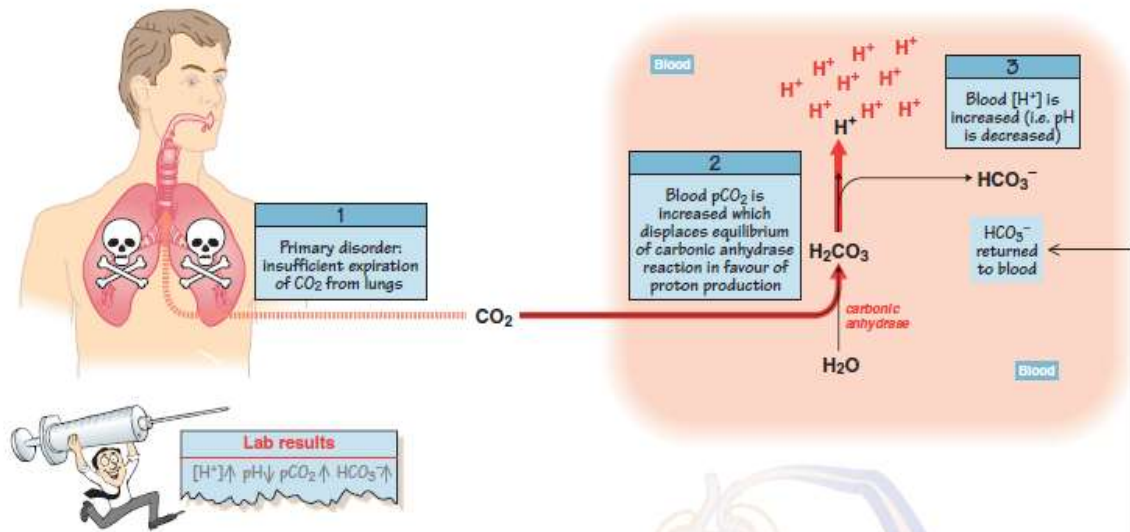


- Adalah pH darah yang rendah karena penumpukan *karbondioksida* dalam darah sebagai akibat dari fungsi paru-paru yang buruk atau pernafasan yang lambat
- Penyebab → paru-paru tidak bisa mengeluarkan CO₂ dengan baik, misal:
 - *Emfisema*
 - Bronkitis kronis
 - *Pneumonia* berat
 - *Edema pulmoner*
 -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

Asidosis Respiratorik

Mekanisme kompensasi yang terjadi:

Reabsorpsi HCO_3^- oleh ginjal meningkat

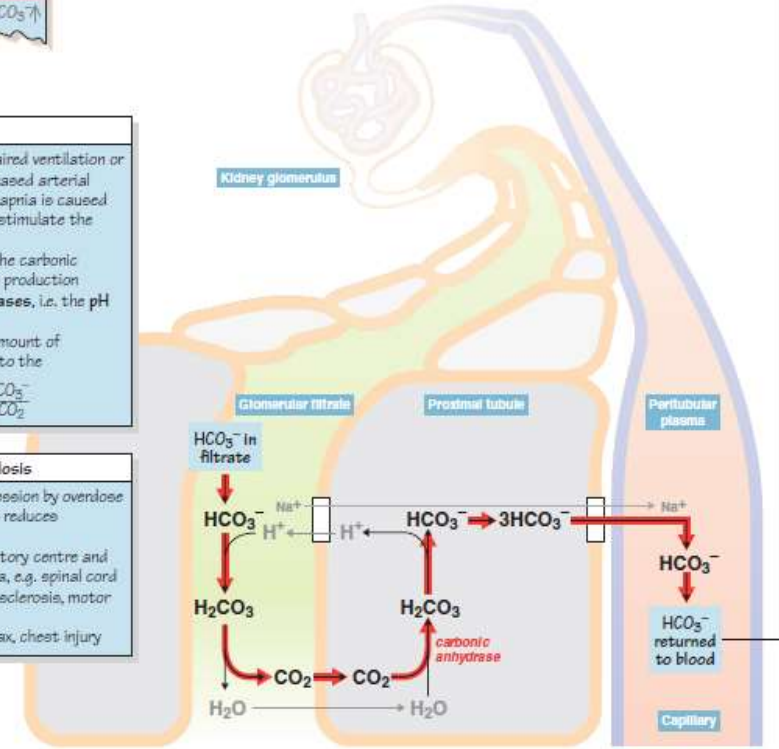


Respiratory acidosis

- Primary disorder:** lung disease causes impaired ventilation or gas diffusion resulting in hypercapnia (increased arterial pCO_2). Alternatively, non-pulmonary hypercapnia is caused by failure of the CNS respiratory centre to stimulate the respiratory muscles, see below
- The high pCO_2 displaces the equilibrium of the carbonic anhydrase reaction in favour of proton (H^+) production
- As a result of 2 above the **blood $[\text{H}^+]$ increases**, i.e. the **pH decreases**
- Compensation:** the kidney increases the amount of HCO_3^- reabsorbed from the tubular urine into the blood in an attempt to increase the pH to normal by increasing the ratio $\frac{\text{HCO}_3^-}{\text{pCO}_2}$

Other causes of respiratory acidosis

- CNS trauma damage, stroke or CNS suppression by overdose of drugs such as opiates and anaesthetics reduces stimulation of the respiratory muscles
- Damage to nerves between the CNS respiratory centre and the respiratory muscles causes hypercapnia, e.g. spinal cord damage, Guillain-Barré syndrome, multiple sclerosis, motor neurone disease, poliomyelitis
- Lung ventilation disorders, e.g. pneumothorax, chest injury



4
Compensatory response: renal reabsorption of HCO_3^- is increased, therefore blood $[\text{HCO}_3^-]$ is increased to compensate for high pCO_2

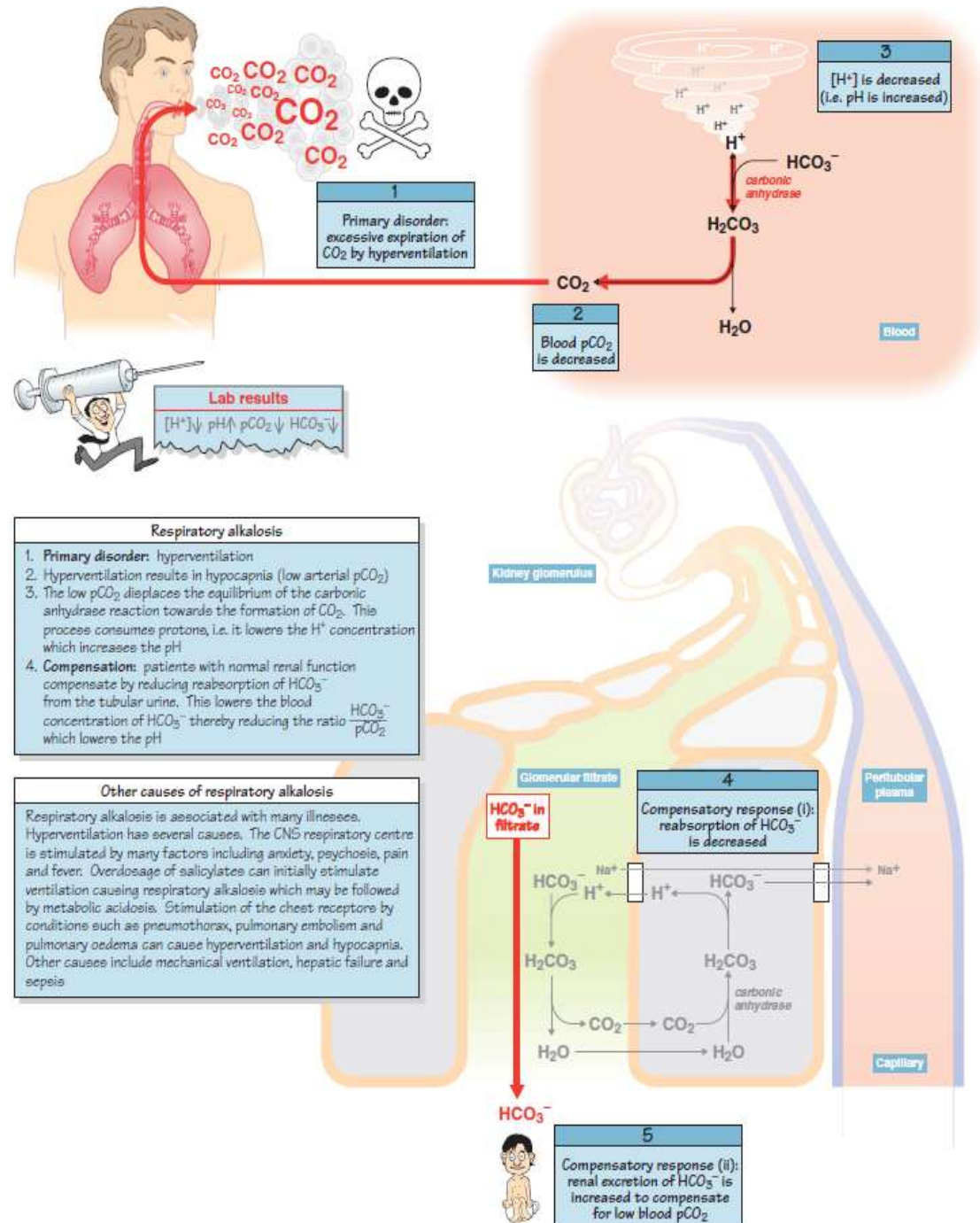
Alkalosis Respiratorik



- 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

Alkalosis Respiratorik

Kompensasi:
Sekresi HCO_3^- oleh ginjal meningkat



Kuis



- Jelaskan mekanisme terjadinya asidosis metabolik akibat gangguan pada sistem pernafasan!



Fully Compensated States

	pH	PaCO ₂	HCO ₃ ⁻
Respiratory Acidosis	normal, but <7.40	↑	↑
Respiratory Alkalosis	normal, but >7.40	↓	↓
Metabolic Acidosis	normal, but <7.40	↓	↓
Metabolic Alkalosis	normal, but >7.40	↑	↑

Partially Compensated States

	pH	PaCO ₂	HCO ₃ ⁻
Respiratory Acidosis	↓	↑	↑
Respiratory Alkalosis	↑	↓	↓
Metabolic Acidosis	↓	↓	↓
Metabolic Alkalosis	↑	↑	↑



TERIMAKASIH