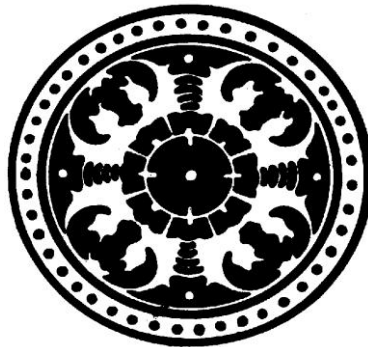


BAHAN AJAR

MATA KULIAH BIOKIMIA
METABOLISME MINERAL DAN AIR



Oleh :

A. A. PUTU PUTRA WIBAWA

PROGRAM STUDI PETERNAKAN
FAKULTAS PETERNAKAN
UNIVERSITAS UDAYANA
2016

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur di sampaikan dihadapan Ida Sang Hyang Widhi Wasa / Tuhan Yang Maha Esa karena berkat asung waranugraha-Nya, bahan ajar metabolisme mineral dan air ini bisa diselesaikan. Diktat ini tentunya masih jauh dari sempurna, namun besar harapan kami diktat ini bisa dipakai sebagai dasar untuk mempelajari ilmu Biokimia lebih lanjut. Kalau ingin mempelajari lebih dalam lagi, tentunya bisa dibaca, dipelajari dari buku-buku text book Biokimia yang ada .

Diktat ini dibuat hanya dipakai untuk kalangan sendiri. Kami mengharapkan adanya kritik dan saran untuk lebih menyempurnakan isi diktat ini.

Atas tersusunnya diktat ini, kami tak lupa mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang ikut membantu .

Denpasar Januari 2016

Penyusun

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI

PENDAHULUAN

MINERAL

AIR

PENDAHULUAN

Biokimia dapat diberi batasan sebagai ilmu yang mempelajari tentang :

1. Kimia dan sifat-sifat dari senyawa-senyawa yang terdapat di dalam tubuh mahluk hidup dan/atau dihasilkan oleh mahluk hidup (biomolekul).
2. Perubahan-perubahan kimia yang dialami oleh senyawa-senyawa tersebut di dalam mahluk hidup.
3. Perubahan energi yang timbul sebagai akibat dari perubahan-perubahan kimia tersebut (bioenergetik).
4. Senyawa-senyawa yang berfungsi sebagai pengatur dalam proses perubahan-perubahan kimia tersebut (enzim dan hormon).

Dalam batasan tersebut diatas dapat dilihat adanya faktor mahluk hidup, yang menduduki tempat utama dalam Biokimia, sehingga secara singkat dapat dikatakan bahwa Biokimia adalah ilmu yang mempelajari sifat-sifat kimia yang terdapat dalam jasad hidup, senyawa yang diproduksinya, mempelajari fungsi transformasi zat kimia itu serta menelaah tranformasi tersebut sebelumnya dengan aktivitas kehidupan.

Biokimia sering juga disebut sebagai "*The Chemistry Of Living Thing*" hal ini menyangkut pengertian dimana benda hidup, baik bersel satu maupun lebih, terdiri dari sekumpulan zat-zat yang tidak hidup. Jadi jasad hidup merupakan sekumpulan zat tidak hidup yang dapat berbaur dan bereaksi serta berinteraksi satu sama lain dengan cara dan susunan yang sangat rumit namun diatur dengan baik.

Ilmu Biokimia yang diberi pengertian mendasar mengenai aktivitas kimia dalam segala jasad, penting dalam menunjang pengetahuan di bidang kedokteran dan pertanian. Dalam bidang kedokteran ilmu biokimia menunjang penentuan diagnosis suatu penyakit sampai pengobatannya. Dalam bidang pertanian ilmu biokimia berkembang demikian pesat , bukan saja sebagai dasar pengetahuan tentang teknologi produksi dan pasca panen, pemikiran-pemikiran baru dalam pengembangan peternakan dan perikanan, termasuk juga pemikiran tanaman dan hewan.

Bioteknologi yang sekarang sedang berkembang di Indonesia perlu dilandasi oleh pengetahuan ilmu Biokimia, seperti dalam hal mensintesis, mengisolasi serta memurnikan zat-zat yang digunakan sebagai obat atau zat pencegah penyakit tertentu yang sulit ditentukan

Mengingat pentingnya ilmu dasar Biokimia dalam bidang pertanian dimana didalamnya termasuk ilmu peternakan, maka mahasiswa Peternakan perlu diajarkan Biokimia sebagai mata kuliah wajib yang akan melandasi ilmu-ilmu terapannya

MINERAL

Yang dimaksud dengan mineral dalam bidang ilmu biokimia atau ilmu-ilmu lanjutannya ialah semua unsur kimia yang terdapat di dalam jaringan hidup kecuali karbon, hydrogen, oksigen dan nitrogen.

Jika misalnya bahan biologi dibakar, semua persenyawaan-persenyawaan organik menjadi rusak, karbon berubah menjadi gas karbon dioksida (CO_2), hydrogen menjadi uap air dan nitrogen menjadi uap nitrogen (N_2). Kebanyakan dari mineral akan tinggal dalam abu sebagai persenyawaan organik yang sederhana dimana terjadi penggabungan sesamanya yaitu metal dengan non metal ataupun penggabungan dengan oksigen sehingga terbentuklah garam organik. Karena itu untuk mineral diberikan juga nama bahan abu atau bahan anorganik.

Bahwa makhluk memerlukan mineral untuk hidupnya, dibuktikan pertama kali oleh Pasteur pada tahun 1916 dimana di dalam percobaannya ternyata jamur hanya bisa tumbuh jika kedalam pupukannya ditambahkan garam-garam anorganik. Pada tahun itu juga Sachs dan Snop membuktikan pula pentingnya bermacam-macam garam anorganik untuk tanaman, sedangkan pada hewan percobaan-percobaan untuk membuktikan kepentingan yang sama diawali oleh Mendel pada tahun 1919 dengan percobaan-percobaan pada mancis.

Sampai sekarang telah diketahui adanya bermacam-macam unsur anorganik didalam bagian biologi, akan tetapi tidak semua atau belum semua dari mineral itu dibuktikan absalut diperlukan (esensial) bagi fungsi normal serta pertumbuhan tanaman dan hewan.

Disamping itu ada pula unsur yang sangat vital bagi hewan akan tetapi tidak termasuk esensial bagi makhluk hidup yang lain. Misalnya unsur Na, meskipun esensial bagi semua hewan akan tetapi tidak bagi beberapa bakteri dan tanaman.

Beberapa unsur bisa digolongkan sebagai unsur racun, meskipun didalam konsentrasi yang sangat kecil bisa didapatkan didalam sel makhluk hidup. Termasuk disini ialah Mg, Hg, Pb, dan sebagainya.

Karena itu untuk makhluk hidup, berdasarkan kegunaannya dalam aktifitas hidup, mineral dapat dibagi dalam dua golongan yaitu golongan yang esensial dan golongan yang tidak esensial. Berdasarkan banyaknya, mineral dapat pula dibagi atas mayor atau makro mineral dan trace atau mikro mineral (sering disebut pula unsur jarang atau unsur angin atau unsur renik).

- a. “Mayor atau makro nutrient mineral” yaitu mineral yang diperlukan atau didapatkan dalam jumlah yang relative besar didalam tubuh hewan. Termasuk disini ialah Calcium, fosfat, sulfur, kalium, natrium, chloride dan magnesium.
- b. “Trace elemen” atau micronutrient mineral (unsur renik, unsur jarang, unsur angina), yaitu mineral yang diperlukan dalam jumlah yang sangat sedikit dan secara umum didapatkan didalam jaringan dalam konsentrasi yang sangat kecil. Termasuk disini ialah unsur besi, tembaga, seng, mangan, cobalt, iodium, malibdenum dan selenium.

Sejalan dengan laju ilmu dan penelitian biokimia yang sangat pesat, maka perpanjangan daftar mineral yang esensial ini dapat diramalkan. Misalnya telah banyak petunjuk didapatkan yang memungkinkan Fluor, Barium, Strontium, Cadmium dan Chromium dimasukkan dalam daftar mineral yang esensial bagi hewan.

Ada kira-kira 20-30 macam mineral lagi terdapat didalam jaringan hewan dengan beragam konsentrasi yang sangat kecil. Akan tetapi belum terlihat tanda bahwa mineral ini diperlukan untuk proses vital, mungkin adanya didalam jaringan sebagai akibat saja dari keadaan keliling hewan, seperti air, tanah, makanan dan lain-lain.

Mineral yang terdapat dalam makanan, bukan dalam bentuk radikal molekul seperti terdapat pada metabolisme protein, karbohidrat dan lipid. Ion positif seperti Ca^{++} , Mg^{++} , H^+ dan Na^+ yang terdapat dalam makanan berupa garam-garam organik atau asam anorganik atau berasosiasi dengan protein atau lipid dan setelah diabsorpsi, berasosiasi dengan ion-ion negatif dalam tubuh. Meskipun mineral merupakan bagian kecil dari total jaringan badan, tapi sangat esensial atau banyak proses vital. Banyaknya berkisar antara 2% -0,00004% (mungkin lebih kecil) dari berat badan.

Seperti telah disebutkan diatas, bahwa makhluk hidup membutuhkan mineral. Selain itu, air juga merupakan kebutuhan vital bagi kehidupan. Tubuh kiat sebagian besar terdiri atas air. Tanah yang benar-benar kering, tanaman tidak dapat hidup karena akarnya tidak dapat menyerap mineral tanah yang dibutuhkannya.

Air adalah suatu zat yang merupakan bahan pelarut. Karena banyak zat-zat yang dapat larut dalam air, maka air disebut universal.

Kalsium (Ca)

Kalsium termasuk unsur makro, bersama-sama dengan fosfor merupakan 70% dari abu tubuh. Merupakan unsur kerangka yang terpenting, kira-kira 99% kalsium tubuh ada pada tulang dan gigi. Pada tumbuhan unsur ini berperan juga sebagai

penguat. Kekurangan unsur Ca pada tanaman (terutama tanaman herba) terlihat tanaman itu cenderung menjadi lemah dan pertumbuhan akarnya menjadi buruk.

Disamping penunjang, kalsium dalam jumlah yang sangat kecil berperan dalam banyak aktifitas kehidupan sel-sel yang secara biokimia dan faal sudah banyak diselidiki.

Pada umumnya biji-biji dan hijauan kayu mengandung unsur itu. Begitu juga susu dan makanan yang berasal dari hewan. Dari segi nutrisi yang harus diperhatikan adalah gangguan penyerapannya.

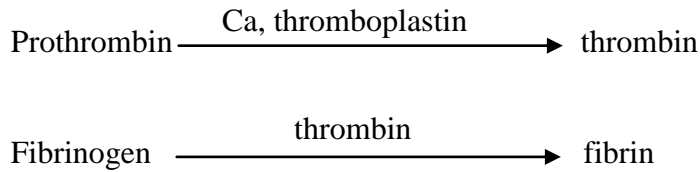
Kalsium normal dalam darah manusia atau hewan berkisar antara 9-11mg/100 ml serum, berada dalam 2 bentuk “ionik” dan “nonionik”. Konsentrasi kalsium ionik berpengaruh secara faal ialah antara 5 samapai 6 mg per 100 ml. Bentuk non ionik ialah bentuk yang tidak dapat melalui membran semi permeable, terdiri sebagian besar dari kalsium yang terikat dengan protein terutama dengan protein plasma yaitu plasma albumin dan sebagian kecil terikat dalam bentuk kalsium-sitrat kompleks. Kalsium diperlukan oleh semua sel.

Dalam tulang, unsur Ca merupakan unsur pokok, tetapi fungsinya yang terpenting tidak berhubungan dengan struktur tulang.

Sumber-sumber kalsium terdapat didalam susu, keju, telur, buncis, sayur-sayuran, dan buah-buahan.

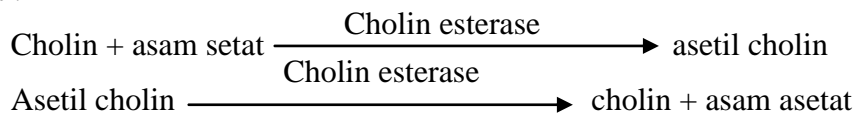
Fungsi kalsium:

1. Kalsium dan fosfor bahan utama dalam pembentukan tulang dan gigi. Tanpa adanya tulang yang berkembang maka pertumbuhan akan tidak sempurna. Karena itu kalsium mempunyai hubungan dengan pertumbuhan. Tulang bukan saja berfungsi sebagai kerangka tapi juga merupakan gudang kalsium dan fosfor dimana proses penyimpanan dan mobilisasi unsur-unsur tersebut dapat terjadi sepanjang hidup. Fraksi mineral dari tulang terdiri paling besar dari kalsium fosfat. Bagian lain adalah karbonat, plourida, hidroksida dan sitrat. Selain dari ada pula megnesium. Natrium dan sedikit kalium. Kristal tulang terdiri dari “hidroksi apatit” dengan komposisi kira-kira sebagai $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$.
2. Dalam proses pembekuan darah adanya Ca^{++} ion sangat dibutuhkan. Demikian pula dalam peristiwa pembekuan susu. Gambaran yang paling sederhana mengenai tugas kalsium dalam pembekuan darah dapat dilihat pada reaksi dibawah ini :



Fibrin adalah protein tidak berwarna yang bertanggung jawab terhadap koagulasi dan ia terbentuk dari fibrinogen yang larut. Transformasinya dikatalisa oleh enzim yang bernama thrombin. Trombin ini sesungguhnya tidak terdapat dalam darah normal tetapi terbentuk dari prothrombin yang tidak aktif, hal ini hanya bisa berlangsung jika ada ion Ca^{++} .

3. Sebagai aktifator enzim-enzim seperti lipase, succinic dehydrogenasa, adenosine triphosphatase dan proteolitik enzim tertentu.
4. Kalsium ion ada hubungannya dengan kontraksi otot-otot. Tanpa adanya ion Ca^{++} maka kontraksi otot tidak ada, demikian pula kontraksi jantung terhenti. Sudah tentu perbandingan ion kalsium dengan kation lainnya yang juga penting dalam kontraksi otot. Konsentrasi yang sangat kecil dalam cairan ekstraselular adalah untuk respon urat daging pada rangsangan syaraf dan untuk mekanisme penggumpalan darah.
5. Kalsium mempengaruhi transisi impuls syaraf. Kostilcholin berperan untuk menyalurkan rangsangan syaraf. Reaksi pembentukannya dapat dilihat sebagai berikut :



6. Kalsium menurunkan permeabilitas membrane, dilain pihak menambah secara nyata permeabilitas kapiler dengan adanya kalsium yang rendah. Keterlibatan kalsium dan kemungkinan ikatan dengan selaput baik pada hewan maupun pada tanam-tanaman menunjukkan unsur ini membantu mengatur aliran ion melintasi dinding sel.
7. Kalsium mengatur keseimbangan air (osmotic effect) dan asam/basa sedikit. Yang banyak berpengaruh terhadap keseimbangan asam/basa adalah ion Na^+ , K^+ , Cl^- , dan HCO_3^- .

Penyerapan Kalsium (Absorpsi Ca)

Penyerapan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain :

1. pH usus

Garam Ca, terutama garam fosfat dan karbonat dapat larut dalam larutan asam dan tidak larut dalam alkali. Maka faktor yang menaikkan keasaman usus akan menambah absorpsi Ca dan sebaliknya. Dalam keadaan keasaman lambung yang normal, garam Ca dari asam organik lemah akan diubah menjadi klorida yang larut dan bila agak lama tinggal dalam lambung, bahkan fosfat dapat berbentuk larut. Keasaman duodenum adalah penting, yang menentukan apakah lebih banyak Ca yang berda dalam bentuk acid phosphate yang lebih larut ataukah dalam bentuk fosfat basa yang kurang larut. Ca klorida atau acid phosphat mungkin diabsorpsi dalam duodenum sebelum getah lambung keasamannya dinetralkan maka absorpsi Ca lebih baik dengan adanya asam organik (misalnya : laktat, Sitrat).

Lain-lain bahan dalam makanan:

Mg. yang banyak menurunkan absorpsi Ca, terutama.

Ratio optimum antara Ca : P untuk absorpsi Ca ialah 1 : 1 (berkisar antara 1 : 2 – 2 : 1). Ratio yang terlalu tinggi menyebabkan terjadinya $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ yang tidak larut sehingga mengurangi absorpsi Ca dan P. Lain-lain bahan seperti Fe, Ba, Pb, Mn, Al dan Sr juga mengurangi absorpsi P.

2. Phytic acid

Phytic acid yang terdapat dalam biji-bijian, membentuk garam (phitin) yang tidak larut, maka mengurangi absorpsi Ca, Mg, dimana garam-garamnya tidak larut pada pH. 3-4. Ca dengan fatty acid membentuk sabun Ca yang tidak larut. Hydroxy acid seperti: lactic, citric dan tartaric akan mengubah titik endap dari Ca phytat ke arah pH yang lebih tinggi yang akan mempermudah penyerapan dan juga dipermudah dengan adanya asam-asam amino lysine dan arginine serta dengan intake protein yang tinggi (pada pencernaan dan absorpsi yang normal).

3. Vitamin D

Vitamin D mempercepat absorpsi Ca dari ileum bagian distal, dimana absorpsinya sangat kurang dan bukan dari ileum bagian atas dimana absorpsi Ca normal memang baik. Absorpsi P juga sedikit bertambah, karena untuk mempertahankan ratio Ca : P local yang optimum :

- Vitamin D menentang pengaruh phytic acid untuk mengikat ion Ca^{++} .

- Vitamin D merendahkan pH dalam ileum distal, caecum dan colon. Hal ini akan mempermudah penyerapan Ca atau paling mempertinggi absorpsi karena menurunkan anion basa dalam ini usus.

4. Protein

Jika protein tinggi dalam makanan, maka penyerapan Ca bisa mencapai 15% sedangkan jika makanannya kurang protein maka kalsium hanya diserap 5% saja dari yang ada.

Exresi

Exresi Ca adalah melalui urine, empedu dan getah pencernaan. Exresi melalui usus akan terus berlangsung meskipun intakenya rendah, maka bisa terjadi keseimbangan yang negatif, terutama bila juga terdapat faktor lain misalnya kekurangan vitamin D, intake phytin yang tinggi, alkali, diarrhea, dsb. Exresi Ca disamping melalui urine, tinja juga melalui keringat.

Fosfor (P)

Fosfor termasuk unsur makro yang esensial dan merupakan salah satu anion utama yang terdapat dalam tubuh. Persenyawaan fosfor organik berperan di hampir setiap aspek metabolisme dan membentuk satuan struktural dalam setiap sel. Garam fosfor organik merupakan komponen pembentuk jaringan tulang dan gigi.

Fungsi fosfor

Fosfor memainkan banyak peranan yang sangat vital dalam proses faali tubuh. Bersama-sama dengan kalsium ia merupakan pembentuk jaringan kerangka tulang dan gigi. Akan tetapi dalam jumlah yang tidak banyak, peranannya dalam kehidupan tidak kalah pentingnya yaitu sebagai bagian dari fosfolipid, fosfoprotein, fosfat yang berenergi tinggi, nukleotida dll. Semuanya ini penting dalam metabolisme karbohidrat, protein, lemak dan juga penting untuk kontraksi urat daging, penyerapan dalam arti “aktif transport” dll. Juga ikut serta mengatur pH tubuh karena sebagai ion berbasa satu (H_2PO_4^-) maupun sebagai ion berbasa dua (HPO_4^{2-}), merupakan sistem penyangga utama.

Metabolisme fosfor

Fosfor dalam bentuk fosfat banyak terdapat dalam bahan biologi; defisiensi fosfat tidak akan mungkin terjadi jika makanan cukup dengan kalori dan protein. Kebanyakan bentuk fosfat dalam makanan adalah ortofosfat atau fosfat organik yang kemudian menjadi ortofosfat dalam saluran pencernaan.

Berbeda dengan Ca maka P diserap di bagian belakang usus halus. Beberapa faktor yang mempengaruhi penyerapan Ca berlaku pula untuk P, seperti bentuk senyawa P dalam makanan, pH dari cairan usus, perbandingan Ca : P dan vitamin D. Dalam biji-bijian dengan sampai pertiga dari P berada dalam bentuk phytin, hal ini tidak saja mengganggu penyerapan P tetapi juga penyerapan mineral lain seperti Ca dan Zn. Sampai derajat tertentu phytosa dapat membantu pencernaannya.

Seperti juga Ca, tulang bertindak pula sebagai gudang persediaan P. Exresi utama unsur ini adalah sebagai air seni.

Fosfatase anorganik diekresi melalui urine dan feses, tergantung factor yang mempengaruhi absorpsinya melalui usus. Fosfat anorganik urine berasal terutama dari plasma darah, meskipun bisa juga berasal dari hidrolisa fosforic acid oleh aktifitas fosforilase dalam ginjal. Bila intake Ca. menurun, Ekresinya melalui urine bertambah. Reabsorpsi dalam tubulus dihambat oleh parathormon. Pemberian hormone ini mempertinggi ekresinya. Meskipun vitamin D menyebabkan pengaruh yang serupa dalam percobaan (misal: binatang parathyroidectomy), rupanya dalam keadaan normal pengaruhnya berlawanan yaitu mempertinggi reabsorpsi tubulus terhadap fosfat.

Pengaruh Kalsium dan Fosfat Darah

Pengaruh parathormon ialah :

1. Menurunkan reabsorpsi tubulus renalis terhadap fosfat anorganik, jadi fosfat banyak keluar melalui urine sehingga kadarnya dalam darah turun.
2. Meningkatkan mobilitas bahan-bahan tulang, termasuk Ca, dengan akibat meningkatnya ekresi Ca urine, meningkatkan kadar Ca serum dan demineralisasi tulang.

Tidak ada pengaruh saraf dan hormon yang mengatur fungsi parathyroid. Aktifitas ekresinya dipengaruhi oleh kadar ion Ca. Plasma, tubuh akan memacu, naik akan meneka ekresi parathormon. Bila jaringan paratiroid dibuang terjadilah hal sebagai

berikut : exresi fosfat menurun dalam urine, kadar serum fosfat meninggi, exresi Ca urine rendah, serum Ca rendah, aktifitas serum naik.

Lain-lain konstituen tulang juga naik, seperti sitrat dan hexosamin. Tulang adalah sumber dari naiknya Ca dan fosfat urine.

Dalam plasma ada tiga fraksi yaitu : 1. ionized (diffusible), 2. unionized (non diffuable) dan 3. kompleks terdapat dalam keadaan seimbang satu sama lain.

Turunnya fraksi Ca ionized serum menyebabkan tetony dan spasmodic. Ini dapat disebabkan kurangnya absorpsi Ca dalam usus, intake kurang exresinya dalam urine naik. Ratio Ca : P adalah sangat penting untuk exresi dan absorpsi elemen-elemen ini.

Bila salah satu diberikan terlalu banyak, maka exresi yang satunya bertambah. Ratio Ca : P juga penting dalam ossifikasi. Rickets disebabkan karena gangguan kalsifikasi tulang, karena kekurangan vit. D, kekurangan Ca dan P dalam diet atau karena kedua-duanya.

Bertambahnya metabolisme karbohidrat disertai dengan menurunnya serum fosfor sementara, demikian pula Selma absorpsi beberapa macam fat.

Magnasium (Mg)

Badan mengandung 21 gram Mg dan 70% bersenyawa dengan Ca dan P dalam garam kompleks tulang. Sisanya terdapat dalam jaringan lunak dan cairan badan. Mg. adalah kation penting dalam jaringan lunak. Fungsinya dalam otot untuk metabolisme karbohidrat sebagai aktifater enzyim dalam sistem glycolitic.

Mg merupakan bagian dari chlorophyl, jadi banyak dalam tumbuh-tumbuhan. Derivat dari cacao, bermacam-macam nuts, kedelai dan beberapa makanan laut relatif banyak mengandung Mg (100-400 Mg/100 gram). Padi-padian dan kacang-kacangan mentah dan kering mengandung 100-200 mg/100 gram. Kebutuhan 350 mg/hari pada laki-laki dan 300 mg pada wanita.

Ca, protein dan vit D menambah kebutuhan akan Mg.

Metabolisme

Metabolisme Mg serupa dengan Ca dan P. Absorpsi ini juga tergantung dari faktor lain. Diet yang banyak mengandung fat, fosfat, Ca dan alkali menghalangi absorpsi Mg. diet yang banyak mengandung Mg menyebabkan bertambah banyaknya exresi Co urine.

Absorpsi Mg terjadi dalam usus halus dan sedikit, tidak dalam usus besar. Absorpsi ini tidak tergantung dari adanya Mg dalam badan. Antagonisme dari Mg dan Ca ditunjukkan dengan percobaan suntikan Mg i.v yang cukup untuk menaikkan kadar ion Mg serum menyebabkan anaesthesia yang nyata disertai paralisa otot-otot volunter. Suntikan i.v Ca terjadi bila makanan kurang Mg disebabkan oleh kadar serum Mg yang rendah, sedang kadar Ca serum tetap normal.

Natrium, Kalium dan Chlor

Natrium, kalium dan chlor merupakan 3 serangkai unsur yang berhubungan erat satu sama lain fungsi faali maupun penyebarannya dalam cairan intra atau ekstra seluler, termasuk juga cairan otak. Meskipun demikian antara Natrium dan Kalium terdapat perbedaan yang bertolak belakang sehingga disebut antagonis satu sama lain. Peristiwa ini disebabkan oleh pemisahan letak kedua unsur dalam tubuh, yaitu kalium terdapat hampir seluruhnya didalam sel sedangkan Natrium diluar sel.

Kebutuhan akan Natrium dan Chlor dipenuhi oleh garam dapur (NaCl). Disamping itu makanan yang berasal dari hewan kaya akan Natrium, sedangkan Kalium didapati banyak pada tumbuh-tumbuhan. Itulah sebabnya berbicara mengenai mineral pada tumbuh-tumbuhan, Natrium tidak dimasukkan 7 unsur penting baginya.

Bagaimana pentingnya garam dalam kehidupan dapat dibaca dari sejarah Romawi kuno dimana garam digunakan oleh mereka sebagai ganti uang. Para pemburu sering meletakkan garam disekitar tempat berburu supaya buruannya tinggal tetap disekitar itu.

Natrium (Na)

Na adalah komponen kation yang terbanyak dalam cairan :

- Ekstraseluler. Kebanyakan Na dalam badan bersenyawa dengan chlorida dan bikarbonat dalam mengantur keseimbangan asam bass.
- Mengantur tekanan osmotis cairan badan, jadi melindungi badan terhadap hilangnya cairan yang terlalu banyak.
- Menjaga iritabilitas normal dari otot dan permeabilitas dari sel.
- NaCl dan lain garam mengatur sedemikian rupa sehingga serum globulin tetap dalam larutan.

Kebutuhan dan Sumber

Kebutuhan sehari-hari dianjurkan 5 sampai 15 gram NaCl. Kebutuhan ini berdasarkan penyelidikan exresinya melalui urine. Bila intake NaCl tidak dibatasi, maka kebanyakan dari garam ini dalam urine berasal dari intake yang banyak. Dalam keadaan normal exresi Na tiap hari seharusnya dalam urine 5 – 35 mg; faeces : 10 – 125 mg; dalam kulit (tidak berkeringat) 25 mg, jumlah 40 – 185 mg.

Exresi melalui keringat sangat variabel, tetapi exresi inipun dikecilkan sekecil mungkin selama kita berada pada temperatur yang tinggi dalam waktu lama, bila saja diadakan waktu beberapa hari untuk adaptasi.

Untuk penderita hipertensi dianjurkan intake tidak lebih dari 1 gram Na tiap hari. Sumber utama dari Na ialah NaCl, dari makanan yang mengandung Na relatif tinggi : wortel, kubis, seledri, telur, kacang, susu, bayem, lobak, havermout. Exresi Na 95% melalui urine.

Na sangat mudah diabsorpsi, maka dalam faeces sangat sedikit, kecuali pada diarre, bila Na banyak terdapat dalam faeces, merupakan bentuk yang tidak diserap. Kira-kira 1/3 total Na dalam badan terdapat sebagai bagian dari bahan anorganik skeleton. Tetapi kebanyakan Na terdapat dalam cairan extraseluler badan.

Metabolisme

Pada herbivora yang makanannya tumbuh-tumbuhan yang banyak sekali mengandung K, hewan itu akan selalu mencari NaCl. Hal ini disebut “salt lick” (haus garam). Bila makanan secara tiba-tiba banyak mengandung garam K, maka segera akan terjadi exresi NaCl yang banyak melalui urine. Bila makanan banyak mengandung K, maka badan akan kekurangan Na. Tetapi bila intake K yang tinggi dilanjutkan untuk beberapa hari, exresi NaCl akan berkurang bahkan sampai dibawah jumlah yang dimakan. Manusia membutuhkan lebih banyak Na dibandingkan dengan K. Metabolisme Na dipengaruhi oleh steroid adrenocortical. Pada insufficiency adrenocortical serum Na rendah dan exresinya bertambah. Pada penyakit ginjal yang kronis akan terjadi gangguan reabsorpsi Na dan hilangnya Na untuk membuffarkan asam.

Kalau banyak berkeringat maka Na banyak hilang melalui keringat akibatnya : kram otot-otot extremita dan abdomen, sakit kepala dan diarre. Hewan yang makan 7% NaCl atau lebih akan mengalami syndroma dengan gejala-gejala pedema dan hipertensi, anemis, lipomis, hypoproteinemia dan akhirnya hewan mati.

Kalium (K)

Fungsi :

K adalah kation utama dari cairan intraseluler tetapi juga adalah konstituen yang sangat penting dari cairan ekstraseluler, sebab mempengaruhi aktifitas otot terutama otot jantung. Di dalam sel fungsi serupa dengan Na, di dalam cairan ekstraseluler dengan mempengaruhi keseimbangan asam-basa dan tekanan osmotis termasuk retensi air.

Kebutuhan dan Sumber

Intake normal dari K kira-kira 4 gram/hari, K tersebar luas sehingga tidak terjadi defisiensi kecuali dalam keadaan patologis. Makanan yang banyak mengandung K : daging sapi, ayam, babi; pada buah-buahan : pisang, jeruk, apel, ubi, tomat, dll. Adapula bahan makanan yang banyak mengandung N tetapi juga banyak Na. Karena dalam banyak hal kebutuhan akan intake banyak K sejajar dengan intake sedikit Na, maka makanan ini tidak berguna untuk sumber K.

Metabolisme

Perubahan kadar K ekstraseluler mempengaruhi aktifitas otot saraf lintang, sehingga bisa terjadi paralisa otot skelet dan abdominalis, konduksi dan aktifitas otot jantung. Meskipun Na terdapat di dalam sel terutama dalam kartiligo dan otot. K terdapat dalam kadar jauh lebih besar. Tidak ada satu pun kation lain yang dapat menggantikan K untuk dapat menjalankan fungsi seluler. Jadi dapat dikatakan bahwa K adalah elemen yang harus ada. K dapat bergerak kedalam dan keluar sel lebih mudah dibandingkan Na. Menurut kebutuhan pergeseran keseimbangan membran mungkin keseimbangan asam basa mempengaruhi pergeseran ini. Dalam pembuatan sel diperlukan K, jadi K esensial untuk pertumbuhan. Misalnya, retensi K yang tinggi terjadi pada masa kanak-kanak, selama mengandung dan laktasi.

Waktu kontraksi otot maka K keluar dari sel otot ke cairan ekstraseluler kemudian fraksi yang keluar ini akan kembali lagi ke jaringan otot. Dalam keadaan normal K yang hilang dalam kontraksi sama dengan yang kembali. Gerakan K ini dipengaruhi oleh proses kontraktil dan bukan pacuan neuromuskuler. K esensial untuk rythme jantung, K juga diperlukan untuk aktifitas syaraf dan terjadi gerakan ion yang serupa. Serabut syaraf banyak mengandung ion ini, bila syaraf dipacu, K akan berdifusi ke cairan sekeliling, K akan berdifusi kembali.

K juga erat hubungannya dengan metabolisme karbohidrat. Kadar K plasma naik dan turun sesuai dengan kadar lactic acid, kadar gula darah. Kadar K turun setelah pemberian insulin dan naik setelah diberi apinaphrine. Pembentukan glycogen baik dari glucose maupun dari pyruvate, memerlukan K. Pengaruhnya terhadap glycogenesis dalam hepar belum diketahui. Ion-ion yang mungkin diperlukan ialah : Mg, Ca, bikarbonat dan Cl. Karena penyimpanan glycogen dalam hepar disertai dengan penyimpanan K, simpanan nitrogen sebagai protein otot memerlukan tambahan K. Kehilangan 5 kg protein otot memerlukan 600 mEq K bersama-sama dengan nitrogen protein yang diperlukan untuk penggantinya. Dengan alasan ini pemberian K bersama-sama dengan asam amino sangat dianjurkan.

Biasanya diberikan 5 Meq K untuk tiap gram nitrogen asam amino memperoleh reteansi nitrogen yang optimal.

Chlor (Cl)

Fungsi

Sebagai komponen NaCl, Cl sebagai ion adalah esensial dalam keseimbangan air dan pengaturan tekanan osmotis, demikian pula dalam keseimbangan asam basa. Dalam fungsi yang terakhir ini, Cl memegang peranan khusus dalam darah pada proses shift. Dalam getah lambung Cl penting dalam pembentukan MOL.

Kebutuhan dan Metabolisme

Dalam diet, Cl hampir seluruhnya terdapat sebagai NaCl, maka intake Cl adalah cukup selama diet Na memadai (adequat). Umumnya intake dan exresi keduanya tidak dapat dipisahkan. Pada diet garam yang rendah, Na dan Cl keduanya rendah dalam urine.

Gangguan metabolisme Na disertai juga oleh gangguan metabolisme Cl. Bila exresi Na banyak seperti pada diarre, banyak keringat dan pada gangguan endoerine, juga terjadi kekurangan Cl.

Pada kehilangan getah lambung seperti pada muntah-mutah, obstruksi pylorus atau duodenum, lebih banyak terjadi kekurangan Cl dibanding dengan Na. Ini menyebabkan Cl plasma darah rendah, dengan kompensasi naiknya bikarbonat dan menyebabkan hypochloremis alkalis. Pada pemakaian corticotrophin (ACTH) atau cortisone akan terjadi pula hypoceloemia disertai hypochloremic alkalosis.

Sulfur (S)

Fungsi :

S terdapat dalam semua sel terutama protein sel. Metabolisme S bersama-sama dengan metabolisme N. S berguna dalam senyawa yang mengandung S dalam detoksikasi dan gugusan SH dalam jaringan. Ikatan energi tinggi dalam S serupa dengan pada fosfat yang penting dalam metabolisme.

Sumber dan metabolisme

Sumber utama dari badan ialah dari asam-asam amino yang mengandung S yaitu cysteine dan methionine.

Sulfat anorganik diserap begitu saja dalam usus, demikian pula dengan cysteine dan methionine yang dihasilkan oleh pemecahan protein. Sedikit sulfide juga terbentuk oleh bakteri usus tetapi bila diabsorpsi, terlebih dahulu dioksidasikan menjadi sulfat. S diserap melalui darah portal kehepar. Dalam hepar terjadi perubahan sebagai berikut :

1. Sebagian S organik tidak dioksidasi, kemudian dipergunakan untuk membuat bahan-bahan yang mengandung S, seperti insulin, melamin, dan glutathione. Selebihnya diekskresi melalui urine dalam bentuk netral sulfur.
2. Sebagian dari organik S dioksidasi di dalam hepar menjadi anorganik sulfat dan ini bersama-sama dengan anorganik sulfat yang diserap dari usus, masuk ke dalam sistem sirkulasi dan ekskresi melalui urine. Sebagai tambahan dimana anorganik sulfat berguna untuk proses detoksikasi cysteine (dibentuk dari cysteine), pun dapat berkonjugasi dengan senyawa toxin seperti brombenzena yang menghasilkan mercapturic acid. Metabolisme sulfat pada senyawa organik memerlukan "aktivasi".

Distribusi:

Sebagai tambahan dari cysteine dan methionine lain senyawa S organik : heparin, glutathione, insulin, thiamine, biotin, coenzyme A, lipoic acid, ergothione, taurocholic acid, sulfocyanida.

Conjugat S : phenol ester dan indoxyl sulfat, chondroitin sulfuric acid dalam kartilago, tendo dan matrix tulang. Jumlah yang sedikit dari sulfat anorganik dengan Na dan K, terdapat dalam darah dan lain jaringan. Karatin, protein dalam rambut, kuku dan lain-lain banyak berisi asam amino yang mengandung S. Sulfur (cysteine dan methionine) yang dibutuhkan oleh binatang yang berbulu seperti, tikus, anjing, lebih banyak

dibanding dengan manusia, mungkin karena binatang-binatang tersebut lebih banyak bulunya.

Trace Elemen

Sejumlah ion-ion anorganik sangat dibutuhkan oleh tanaman maupun hewan, walaupun dalam jumlah yang sangat sedikit. Elemen-elemen semacam ini disebut “trace elemen” yang meliputi Fe, Cu, Co, Ni, Mn, Mo, Al, As, Zn, B, Si, O, Br, dan Se.

Unsur Besi (Fe)

Unsur besi telah dikenal sejak lama sebagai obat kekurangan darah pada manusia. Kemudian menjadi jelas setelah ditemukan bahwa haemoglobin darah mengandung unsur besi didalam molekulnya. Kemudian Keilin dan Keilin mendapatkan pula bahwa unsur besi bukan hanya diperlukan untuk pembentukan darah, akan tetapi juga sebagai bagian dari beberapa enzyme-hemoprotein seperti sitochrom dan flavoprotein. Enzym ini memegang peranan vital dalam proses oksidasi reduksi di dalam sel hidup. Dengan penemuan ini menjadi jelaslah bahwa besi memegang peranan sebagai pembawa oksigen, bukan saja oksigen pernapasan menuju jaringan, tetapi juga didalam jaringannya sendiri atau lebih tepat di dalam sel.

Pada tumbuhan, besi memegang peranan yang tak kalah pentingnya yaitu sebagai pembentuk senyawa porfirin-besi yang nantinya akan bertindak sebagai precursor klorofil. Disamping itu tentu saja sebagai bagian dari sitochrom dan flavoprotein dengan segala tugasnya.

Mengingat fungsinya didalam enzyme, unsur ini dimasukkan didalam unsur penting, walaupun dalam jumlah sedikit.

Persenyawaan-persenyawaan besi dan sumbernya

Kebutuhan unsur besi pada hewan berbeda-beda. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain : jenis hewan, umur, sex, bunting, laktasi, makan dan kesejahteraan hewan.

Bentuk-bentuk persenyawaan yang didapat ialah persenyawaan-persenyawaan hama (Hemoglobin, myoglobin, enzim heme) dan persenyawaan-persenyawaan porfirin (transferin, ferritin, homosiderin).

Hemoglobin

Hemoglobin merupakan persenyawaan yang terdiri dari globin dan feroprotoporfirin. Disini nitrogen dari asam amino histidin pada molekul globulin bersenyawa dengan unsur besi pada molekul feroprotoporfirin. Sifat khas hemoglobin ini adalah kesanggupan untuk berikatan dengan molekul oksigen dalam bentuk ikatan yang longgar sehingga dengan mudah terjadi reaksi timbal balik. Sifat di atas membawa senyawa ini kepada tugas yang sangat penting dalam kehidupan makhluk hidup yaitu pembawa oksigen pernapasan keseluruhan jaringan yang membutuhkannya dan kemudian melepaskannya. Hemoglobin juga bertindak sebagai buffer dari eritrosit. Molekul hemoglobin pada manusia, burung dan ikan sama besar dan mengandung 0,345 unsur besi.

Sitokrom(Cytochrom)

Sitokrom merupakan suatu persenyawaan hama protein yang bertindak sebagai agen dalam perpindahan elektron, pada reaksi oksidasi reduksi di dalam tiap sel makhluk hidup. Contoh yang penting ialah sitokrom C yang mengandung 1 atom Fe tiap molekulnya. Persenyawaan ini terdiri dari cincin porfirin yang protein sitokrom yang didapatkan pada semua makhluk hidup yang aerobik. Dalam jaringan yang aktif, banyaknya sitokrom lebih tinggi, misalnya pada urat daging sayap burung dan insekta. Terdapat sedikit pada hati, ginjal, otak dan sedikit pada kulit dan paru-paru.

Sebagai contoh gambaran mengenai oksidasi reduksi didalam sel, didalam sitokrom ikut serta didalam transport oksigen dapat dilihat pada reaksi suksinat fumarat, dibawah ini:

Terlihat dengan jelas unsur besi secara bergantian teroksidasi dan tereduksi dalam tugasnya memindahkan elektron. Sitokrom b. Mempunyai potensi oksidasi reduksi rendah, potensi akan menaik dari c1 c dan a, ke sitokrom oksidase (a#) dimana dalam bentuk reduksinya ia sanggup mereduksi molekul oksigen dan mengakhiri jalan oksidasi dalam rantai pernapasan sel hingga terbentuknya air.

Myoglobin

Protein konjugasi ini disebut juga hemoglobin urat daging yang berfungsi sebagai pembawa oksigen dalam urat daging. Berat molekulnya $\frac{1}{4}$ dari molekul hemoglobin dan mengandung 1 atom Fe per molekulnya. Pigmen pernapasan ini didapatkan pada urat daging vertebrata dan invertebrata.

Sumber Fe dalam makanan yang paling baik ialah daging, organ seperti hepar, jantung dan limpa. Sumber lainnya didapat dalam kuning telur, gandum, ikan, karang, kurma, kacang, bajyam, tebu, havemont.

Absorpsi dari jantung dan usus halus

Gambaran yang khas dan unik dari metabolisme Fe ialah terjadinya pada sistem yang betul-betul tertutup. Pada keadaan normal Fe yang diabsorpsi sangat sedikit dan jumlah yang diekresi urine minimal. Karena tidak adanya jalan untuk mengekresi banyak Fe, maka ekresinya melalui usus halus diatur, bila tidak akan terjadi penimbunan dalam jaringan, dan ini bersifat toksis. Pada diet yang normal kita makan 10 – 20 mg Fe tiap hari, tetapi kurang dari 10% diabsorpsi. Fe yang tidak diserap (selebihnya) dikeluarkan melalui feses. Kebanyakan Fe dalam makanan, akan ada dalam bentuk ferri (Fe^{+++}) sebagai ferri hidroksida maupun senyawa ferri organik. Dalam medium asam senyawa ini dipecah menjadi ion ferri bebas atau ikatan Fe organik yang longgar. Dalam hal ini yang penting ialah asam lambung dan lain-lain asam organik. Bentuk ferri ini kemudian direduksi menjadi bentuk ferro oleh bahan-bahan pereduksi dalam makanan seperti ascorbic acid, gugusan SH (misalnya: cystein) dan lain-lain. Dalam bentuk ini Fe lebih mudah larut dan lebih mudah diserap.

Absorpsi Fe terutama terjadi dalam lambung dan duodenum.

Pada anemia Fe deficiency, absorpsi akan meningkat 2 – 10 kali normal.

Diet yang banyak mengandung fosfat menyebabkan berkurangnya absorpsi Fe karena senyawa fosfat dan Fe adalah tidak larut. Sebaliknya diet yang mengandung sedikit fosfat dengan jelas meningkatkan absorpsi Fe.

Phytic acid yang terdapat dalam biji-bijian dan oksalat juga mengandung absorpsi Fe. Tidak semua Fe dalam makanan dapat digunakan oleh badan.

Sel mukosa intestinum suatu glycoprotein yang akan dikeluarkan dari dalam sel. Untuk menjadi lapisan permukaan lumen usus, kemudian juga akan menjadi membran basal dari sel-sel mukosa. Glycoprotein ini adalah bahan yang esensial untuk absorpsi Fe sebelum diabsorpsi. Pada permukaan lumen, glycoprotein ini berupa tonjolan-tonjolan berupa rambut yang disebut "glycocolyx". Fe terutama terikat pada glycocolyx ini dan maximum ikatannya pada pH 7,4 temp. 37°C.

Apoprotein, yaitu protein yang dapat mengikat Fe. Apoprotein yang mengikat Fe disebut "ferritin". Pada pH 4,0 ferritin bermuatan positif dan ini menyebabkan muatan negative pada permukaan sel. Muatan permukaan ini berbeda

besarnya diantara sel-sel, meskipun dengan sel yang berdekatan, dan muatan permukaan ini diatur oleh sel-sel itu sendiri serta dapat berubah-ubah bila perlu. Makin besar muatan negative pada permukaan sel, makin besar ikatan ferritin. Ferritin secara kimia Fe-protein kompleks. Ikatannya ini tidak tergantung dari adanya energi, tetapi hanya tergantung dari pH dan temperatur. Jadi yang memainkan peranan dalam proses adsorpsi Fe pada glycocolyx adalah kekuatan elektrostatik.

Adanya CO₂ mendorong unsure besi dalam plasma berikatan B1 globulin ikatan mana dinamakan transferin. Dari sini unsure besi masuk menuju jaringan saringan lain. Sebagian besar dari besi plasma (70%) menuju sumsum tulang untuk sintesa sel darah merah. Pada manusia normal 800 – 9000 gram hemoglobin dalam peredaran darah dirusak dan disintesa dalam 120 – 125 hari. Dengan isotop Fe didapatkan bahwa unsure besi yang diperlukan dalam 1 hari 27 mg, 75% dari jumlah ini dipergunakan untuk sintesa hemoglobin. Dari 27 mg ini, 20 mg berasal dari perombakan sel-sel darah merah, sedikit sekali yang berasal dari penyerapan unsure besi baru dan selebihnya dari persediaan (ferritin). Dalam keadaan normal [pertukaran unsure besi cadangan dengan plasma sangat lambat.

Bentuk cadangan ferritin selain terdapat di usus juga di dalam hati (kira-kira 70 mg), limpa dan sumsum tulang. Apabila terdapat penyimpanan dimana pembuatan ferritin terganggu, maka besi akan berakumulasi menjadi hemosiderin dalam hati, suatu bentuk koloid oksida besi yang berikatan dengan protein.

Perpindahan unsure besi transferin plasma ke ferritin hati diikuti pula oleh reaksi lain dimana terbentuk persenyawaan fosfat yang berenergi tinggi (ATP). Disini Fe dari transferin dirubah dulu jadi Fe²⁺, kemudian jadi bagian dari ferritin. Perpindahan ini terjadi cepat sekali di dalam hati. Reaksi sebaliknya dimana besi ferritin berpindah ke transferin memerlukan perombakan ATP.

Exresi besi sangat terbatas dan dapat melalui tinja, urine dan keringat. Fe yang keluar melalui urine sangat sedikit, mungkin Fe terikat dengan protein hingga sulit disaring oleh glomerulus ginjal.

Tembaga (Cu)

Unsur tembaga diperlukan untuk pertumbuhan dan pembentukan sel-sel darah. Rupa-rupanya untuk penggunaan unsur besi dalam pembentukan hemoglobin pemberian tembaga juga diperlukan, begitu pula unsur cobalt. Di beberapa tempat di dunia banyak terdapat penyakit hewan ternak yang diakibatkan oleh kekurangan unsur

tembaga ini. Selain anemi, dapat diliaht akibat yang merugikan seperti buruknya kualitas wol, pertumbuhan tulang tidak baik, tergangunya koordinasi dan mortalitas tinggi, kematian yang tiba-tiba karena mycarium fibritis dan lain-lain. Sebaliknya keracunan tembaga juga sering, ditunjukkan oleh gejala kekurangan hemoglobin dari icterus akibat hemolisis.

Pada hewan tingkat tinggi metabolisme tergantung relatif dengan imbangan tembaga, molibdenium dan sulfat dalam makanan.

Persenyawaan dan Fungsi Tembaga

Secara jelas telah dibuktikan bahwa unsur tembaga merupakan bagian dari enzim didalam, seperti sitokrom, sitokrom oksidase, katalosa, tirosinase, monoamino oksidase dan urikase. Fungsi tembaga dalam sintese hemoglobin belum jelas. Para ahli berpendata bahwa tembaga diperlukan dalam jumlah tertentu untuk produksi dan pematangan sel-sel darah merah serta sintesa heme. Didalam darah didapatkan senyawa-senyawa tembaga seperti ; hemocuprein, seruruoplasma dan ikatan longgar unsure besi-albumin. Pada invertebrate terdapat hemosianin yang dapat disamakan dengan hemoglobin. Cerebrocuprain terdapat pada otak manusia. Fungsi hemocuprein dan seruroplasmin t belum diketahui pasti. Senyawa longgar tembaga-albumin terdapat dalam serum dengan jumlah sedikit, bertugas utuk transport tembaga dalam dalam darah. Tembaga didapatkan juga pada hati, ginjal, limpa, jantung, pancreatin, urat-urat daging, rambut dan kulit.

Metabolisme

Mekanisme penyerapan dan perpindahan metabolik unsur tembaga ini belum diketahui. Seperti halnya dengan mineral-mineral lain penyerapannya dipengaruhi oleh banyak hal misalnya molibdat dan sulfat anorganik merendahkan penyerapan dan meninggikan exrasi unsur ini. Adanya kalsium karbonat dan sulfida-sulfida mengganggu juga penyerapannya. Penyelidikan dengan radio aktif, ternyata hanya 5 – 10% unsur tembaga yang ada dalam makanan diserap dan kemudian dipergunakan oleh tubuh. Cu terdapat banyak bersama-sama fraksi albumin plasma. Setelah diserap dari usus : 24 jam kemudian, kebanyakan terdapat dalam fraksi globulin, bersama-sama dengan ceruloplasmin. Karena Cu kebanyakan terikat dengan protein dalam plasma, maka Cu sangat sedikit dapat diexresikan melalui urine.

Unsur tembaga setelah masuk peredaran akan berikatan longgar dengan plasma protein (albumin), kemudian diantarkan dan dilepaskan kepada jaringan-jaringan parenchima hati dan ginjal atau berikatan dengan protein membentuk enzim-enzim atau dapat juga membentuk persenyawaan-persenyawaan hemocuprein, ceruloplasmin dll.

Exresi utama unsur ini ialah melalui empedu sedikit bersama air seni dan dalam jumlah yang lebih kecil lagi bersama keringat, air susu, dll.

Cobalt (CO)

Cobalt adalah esensial untuk beberapa species binatang, tetapi tidak untuk species lain. Sapi dan domba yang hidup di suatu daerah kekurangan Co akan menjadi kurus dan anemia. Ini dapat diobati dengan pemberian Co. Tetapi kuda yang sama-sama hidup di daerah tersebut tetap sehat.

Baru tahun 1955 menjadi jelas bahwa anti anemia itu adalah vitamin B12 yang kita kenal sekarang terdiri dari 4 cincin pyrol yang tereduksi dengan substitusi lengkap mengalilingi satu atom cobalt. Pada tahun 1958 Barker dkk berhasil mengisolasi 3 macam coenzym yang mengandung vit. B12 dari jasad renik. Kumpulan coezym ini dinamakan cobamida yang terdiri dari 5,6 dimetilbenzi-midazol combamida (D.B.C); benzimidazol cobamida (B.C.) dan adenyl cobamida (A.C.)

D.B.C. adalah vitamin B12 yang diisolasi dari hati dan diketahui strukturnya sejak tahun 1995. Vitamin B12 hanya dapat disintesa oleh jasad renik, yang utama adalah jasad renik tanah. Jasad renik dalam rumen sapi dan domba mempergunakan Co untuk mensintesa vit. B12. Tanaman tidak mengambil ini dari tanah, karenanya merupakan sumber vitamin B12 yang miskin.

Fungsi metabolik coenzym cobamida kelihatannya berbeda satu sama lain. Coenzym ini ikut dalam pembentukan asam B. Metil aspartat dari glumatat, ikut dalam interconversi suksinil CoA dan perpindahan vicinal menjadi aldehidnya. Reaksi lain dimana vitamin B12 ikut serta ialah reaksi pembentukan thymidin monofosfat (T.M.P.) dari uridin monofosfat (U.M.P). Agaknya reaksi inilah yang menyebabkan terjadinya anemia jika menderita defisiensi vitamin B12. Selain itu diperkirakan vitamin ini ikut serta pula dalam pembentukan protein dalam sistem mikrosom, hal ini menambah terjadinya anemia.

Sebagai kesimpulan dapat dikatakan selain ruminantia, bukanlah kekurangan cobalt tetapi yang harus diperhatikan kekurangan vit. B12. Pada ruminantia, jasad

renik dalam rumen membuat vitamin ini untuk keperluan induk semangnya, kekurangan cobalt dalam ransum menyebabkan timbulnya gejala kekurangan vitamin B12. Eksresi cobalt hampir seluruhnya melalui urine.

Mangan (Mn)

Unsur ini tergolong “trace elemen” yang esensial sejak ditemukannya gejala-gejala kekurangan unsur ini pada mammalia dan unggas. Penyakit yang terkenal pada unggas akibat kekurangan unsur Mn disebut “slip tendon” atau “perosis”. Begitu pula pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan fertilitas telah menarik banyak ahli untuk menyelidiki kebutuhan dan metabolisme pada tubuh hewan. Aksi mekanismenya belum banyak, akan tetapi kebutuhan akan unsur ini hubungannya dengan pertumbuhan dan pertulangan, hubungannya dengan proses-proses reproduksi serta fungsinya dalam sistim syaraf pusat sudah diketahui secara nyata pada hewan mammalia dan unggas.

Kekurangan unsur Mn pada tumbuh-tumbuhan banyak didapat di beberapa bagian muka bumi kita. Akan tetapi manusia tidak terpengaruh oleh kekurangan itu, justru keracunan unsur inilah yang secara kronis dapat diderita oleh pekerja-pekerja tambang.

Fungsi Mn

Mangan didapatkan diseluruh bagian tubuh dengan konsentrasi tinggi pada tulang dan jaringan lain yang kaya akan mitochondria. Bagaimana bentuk yang sebenarnya dari persenyawaannya dalam tubuh, belum banyak diketahui, tetapi percobaan-percobaan menunjukkan bahwa unsur ini berada dalam bentuk labil didalam sel.

Fungsi Mn. Terutama menyangkut pertumbuhan pertulangan (osteogenesis, chondrogenesis, kalsifikasi dan reproduksi. Hubungan ketiga fungsi diatas dengan gejala kekurangan makanan sudah jelas, akan tetapi secara biokimia kaitannya masih dalam pertanyaan.

Invitro unsur Mn. Adalah aktifator dari beberapa enzim. Meskipun invivo belum bisa dibuktikan, tetapi diduga berfungsi dalam fosforilasi oksidasi (berakumulasi dalam mitochondia, dalam metabolisme kalsium konsentrasi enzim ini menurun pada kekurangan unsur Mn dan aktifitas enzim arginase. Kemungkinan juga Mangan memainkan peranan dalam gluconeogenesis karena dia didapati dalam

metaloenzym piruvatcarboxilase. Banyak percobaan invitro yang terlibat dalam metabolisme lemak, akan tetapi dalam hewan disup masih merupakan tanda tanya.

Metabolisme Mn

Unsur ini diserap hanya kira-kira 25% dari yang ada dalam ransum/makanan. Karbonat dan fosfat mengurangi penyerapannya, sedangkan dalam keadaan kekurangan, penyerapannya menjadi meninggi. Bahan-bahan seperti Mangan oksida, Magnan sulfat, Mangan chlorida diserap dengan aktifitas yang sama.

Mangan yang diserap masuk kedalam darah dan berikatan dengan globulin kemudian dipindahkan kedalam jaringan-jaringan, yang paling banyak mengambil Mangan adalah jaringan hati, kaya dengan motochondria. Antara motochondria hari dan darah, unsur ini berada dalam keseimbangan dinamik dengan mobilisasi yang tinggi.

Mangan diexresi paling banyak dalam tinja bersama empedu. Dalam air seni hanya 0,04 mg – 0,07 per hari.

Metabolisme Air

Air badan dan distribusinya :

Total air badan kurang lebih 45 – 60% dari berat badan. Rata-rata 55% untuk laki-laki dewasa normal dan 50% untuk wanita dewasa normal. Air badan ini dapat dibedakan menjadi dua bagian yaitu :

1. Bagian yang terdapat intraseluler
2. Bagian yang terdapat extraseluler, yang dibagi lagi menjadi :
 - a. Plasma, cairan yang terdapat dalam pembuluh darah dan jantung
 - b. Cairan iterstisial dan lymphe, yaitu cairan yang sebenarnya terdapat diluar sel
 - c. Cairan jarigan pengikat padat, tulang dan kartilago karena sangat berbeda strukturnya. Cairan dan elektrolitnya tidak banyak mengadakan pertukaran dengan cairan yang lainnya pada badan, maka itu sering cairan ini tidak dimasukkan kedalam cairan extraseluler
 - d. Cairan trans-seluler, yaitu cairan extraseluler yang terkumpul yang dibentuk oleh aktifitas transport dan secretory dari sel-sel, contohnya : cairan yang terdapat dalam kelenjar saliva, pancreas, saluran hepar dan empedu, thyroid, gonade, kulit, membran mucosa respiratorius dan gastrointensial, ren, mata, cerebrosipinal dan dalam lumen gastrointestinal.

Sumber Air

Sumber air dapat digolongkan 2 macam yaitu :

1. Sumber air dari makanan dan minuman
2. Sumber air dari oksidasi disebut pula “air metabolik” yang berasal dari bahan makanan yang dibakar dalam badan. Oksidasi 100 gram fat menghasilkan 107 gram air; 100 gram karbohidrat, 55 gram air; 100 gram protein; 41 gram air.

Intake air tergantung dari banyak faktor. Pada orang sehat pengaruh yang terpenting ialah temperatur luar, sebab air berhubungan dengan pengaturan temperatur badan. Rasa haus terjadi pada orang normal bila air dalam badan kekurangan. Sedang penyebab yang sebenarnya mengenai haus itu, tidak diketahui; mungkin tergantung dari kekurangan air dan meningkatnya tekanan osmotis dari sel. Umumnya semua itu akan dapat diperbaiki dengan minum air. Manusia tidak dapat membedakan antara haus garam (pada dehidrasi) dengan haus air, tetapi binatang bisa. Oleh karena itulah penting dalam keadaan tertentu untuk menambah garam pada minuman untuk memenuhi kebutuhan elektrolit cairan ekstraseluler.

Hilangnya air dan garam adalah melalui kulit, paru-paru, ginjal dan saluran usus, diatur oleh kebutuhan fisiologis. Eksresi melalui kulit dan paru-paru berguna untuk mengatur panas badan dan sangat sedikit hubungannya dengan intake air. Eksresi melalui kulit dan paru-paru “insensible perspiration”. Eksresi air melalui usus adalah larutan untuk hasil-hasil yang dibuang dan perlu untuk menghasilkan konsistensi tertentu dari feces. Sekresi melalui ginjal dalam keadaan normal sangat fleksible. Bila air dalam jumlah yang banyak diminum atau dihasilkan, maka ginjal akan mengeluarkan urine kental sehingga sedikit air yang keluar dari badan.

Menguapnya air dari paru-paru adalah salah satu dari cara badan untuk membuang panas yang berlebihan.

Berkeringat adalah penting artinya untuk membuang panas badan, karena untuk penguapan diperlukan panas. Dalam temperatur udara yang sedang terjadi juga keringat tetapi tidak terlihat adanya tetesan air. Bila temperatur luar meninggi maka kelenjar keringat lebih aktif dan penguapan lebih cepat (kecuali bila kelembaban udara tinggi).

Keringat juga akan meningkat untuk membuang panas, bila terjadi aktifitas otot. Dengan demikian sekresi perspirasi normal tergantung temperatur, kelembaban relatif dari udara dan aktifitas otot. Insensible perspirasi berkisar antara 300 – 700 ml/hari; perspirasi sensible jumlahnya lebih besar. Keringat mengandung beberapa macam

garam, seperti NaCl dan garam K, Ca, Mg, P, Fe, Cu, Mn. Disamping garam-garam, keringat juga mengandung glukosa, urea dan beberapa asam amino bebas antara lain arginine dan histidine.

Air yang keluar melalui usus jumlahnya sedikit pada keadaan biasa karena air dari cairan pencernaan banyak yang diabsorpsi bersama-sama air dalam makanan dan minuman. Beberapa bahan disecresi secara aktif dan harus membentuk larutan dan feces tidak boleh terlalu keras ataupun kering. Bila terjadi diarrhae atau muntah-muntah banyak air dan elektrolit yang keluar, terutama Na, K, H, Cl dan HCO₃. Secresi gastrointensial mengandung K dalam kadar lebih tinggi dari cairan ekstraseluler. Akibatnya kehilangan K dengan jalan ini adalah sangat cepat dan bisa menyebabkan kekurangan K.

Distribusi air badan selalu berubah-ubah, tetapi air dalam badan tertahan dalam jumlah yang tetap. Kekuatan osmotis adalah faktor utama yang mengatur lokalisasi dan jumlah cairan dalam berbagai bagian badan. Kekuatan osmotis ini dipertahankan oleh larutan, bahan yang larut dalam air badan.

Larutan dalam badan

Larutan dalam cairan badan penting tidak hanya dalam mengarahkan distribusi tapi juga dalam mempertahankan keseimbangan asam-basa. Berdasarkan macam bahan dalam larutan serta pengaruh terhadap distribusi air, maka larutan dapat dikategorikan atas 3 golongan yaitu :

1. Senyawa organik molekul kecil, misalnya glukosa, urea, asam amino, dll. Karena bahan ini berdifusi relatif bebas melalui membran sel maka tidak penting dalam distribusi air. Bila terdapat dalam jumlah besar dapat menolong menahan air, jadi juga mempengaruhi total air badan.
2. Bahan organik molekul besar, misalnya : protein. Protein plasma sangat penting untuk pertukaran air antara peredaran darah dengan cairan interstisial. Pengaruh protein dari plasma dan jaringan, terutama dalam pengangkutan air dari satu bagian ke bagian yang lainnya.
3. Elektrolit anorganik. Karena kadarnya relatif sangat besar dalam badan, elektrolit anorganik adalah yang terpenting dalam mengatur distribusi maupun retensi dari air badan.

Peranan Na dan K dalam metabolisme air

Ditinjau dari kekuatan osmotik (mengarahkan pergerakan air dari satu bagian kedalam bagian lainnya dalam badan) maupun dalam pengaturan hydrasi total dari badan, Na dan K merupakan elemen yang sangat penting dalam cairan badan. Pada individu normal Na terdapat lebih banyak dalam ruangan ekstraseluler dan K dalam ruangan intraseluler.

Na adalah elemen pokok dari cairan ekstraseluler artinya merupakan elemen yang paling banyak dibanding dengan elemen lain, yang menentukan banyaknya retensi cairan ekstraseluler. Dengan alasan inilah intake Na harus sangat dibatasi untuk mencegah overhydrasi pada bermacam-macam keadaan patologis.

K akan keluar dari sel dalam keadaan tertentu. Contoh yang penting terjadi pada pengeluaran melalui gastrointestinal dalam waktu lama, seperti pada muntah-muntah, diare ataupun penyedotan gaster berulang. Penggantian elektrolit yang hilang ini dengan hanya garam-garam Na akan menyebabkan migrasi Na kedalam sel untuk mengganti kedudukan K. Ini akan menyebabkan perubahan dalam metabolisme seluler misalnya alkalis, meskipun telah diberikan cukup garam dan air. Maka itu harus juga diberikan K yang cukup.

AIR

Air adalah substansi kimia dengan rumus kimia H_2O : satu molekul air memiliki dua atom hidrogen kovalen terikat pada atom oksigen tunggal. Air muncul di alam dalam semua tiga negara umum dari materi dan dapat mengambil berbagai bentuk di Bumi: uap air dan awan di langit; air laut dan gunung es di lautan kutub, gletser dan sungai-sungai di pegunungan, dan cairan pada akuifer dalam tanah. Pada suhu dan tekanan yang tinggi, seperti di pedalaman planet raksasa, ia berpendapat bahwa air ada air ionik di mana molekul terurai menjadi sup ion hidrogen dan oksigen, dan pada tekanan bahkan lebih tinggi sebagai air superionik di mana oksigen mengkristal tetapi ion hidrogen mengapung dengan bebas dalam kisi oksigen. Bahan kimia utama dan sifat fisik air adalah:

Air adalah cairan pada suhu dan tekanan standar. Hal ini hambar dan tidak berbau. Warna intrinsik dari air dan es adalah warna biru yang sangat sedikit, walaupun kedua muncul berwarna dalam jumlah kecil. Uap air pada dasarnya tak terlihat sebagai gas.

Air transparan dalam spektrum elektromagnetik terlihat. Dengan demikian tanaman air dapat hidup di air karena sinar matahari dapat menjangkau mereka. Ultra-violet dan sinar inframerah sangat diserap.

Karena molekul air tidak linier dan atom oksigen memiliki elektronegativitas lebih tinggi dari atom hidrogen, ia membawa muatan negatif sedikit, sedangkan atom hidrogen sedikit positif. Akibatnya, air adalah molekul polar dengan momen dipol listrik. Air juga dapat membentuk dalam jumlah yang besar ikatan hidrogen antarmolekul (empat) untuk molekul ukurannya. Faktor-faktor ini menyebabkan gaya tarik menarik yang kuat antara molekul air, sehingga menimbulkan tegangan permukaan air yang tinggi dan kapiler pasukan. Aksi kapiler mengacu pada

kecenderungan air untuk bergerak ke atas tabung sempit melawan gaya gravitasi. Properti ini diandalkan oleh semua tumbuhan vaskular, seperti pohon. Air adalah pelarut yang baik dan sering [menghitung] disebut [oleh siapa?] Sebagai pelarut universal. Zat yang larut dalam air, misalnya, garam, gula, asam, alkali, dan beberapa gas - terutama oksigen, karbon dioksida (karbonasi) dikenal sebagai hidrofilik (air-mencintai) zat, sementara mereka yang tidak bercampur dengan baik dengan air (misalnya, lemak dan minyak), dikenal sebagai hidrofobik (takut air) zat. Semua komponen utama dalam sel (protein, DNA dan polisakarida) juga dilarutkan dalam air.

Air murni memiliki konduktivitas listrik yang rendah, tetapi ini meningkat secara signifikan dengan pembubaran sejumlah kecil bahan ion seperti klorida natrium.

Titik didih air (dan semua cairan lainnya) tergantung pada tekanan udara. Sebagai contoh, di puncak Mt. Everest air mendidih pada 68°C (154°F), dibandingkan dengan 100°C (212°F) di permukaan laut. Sebaliknya, air yang dalam di laut dekat ventilasi panas bumi bisa mencapai suhu ratusan derajat dan tetap cair. Air memiliki kapasitas panas kedua tertinggi molar spesifik dari setiap substansi yang dikenal, setelah amonia, serta penguapan panas tinggi ($40,65\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$), keduanya merupakan hasil dari ikatan hidrogen antara molekul yang luas. Kedua sifat yang tidak biasa memungkinkan air sampai sedang iklim bumi oleh buffering fluktuasi besar suhu.

Kepadatan maksimum air terjadi pada $3,98^{\circ}\text{C}$ ($39,16^{\circ}\text{F}$) [13] Ia memiliki sifat anomali menjadi. Kurang padat, tidak lebih, ketika didinginkan ke bentuk padatnya, es. Mengembang untuk menempati volume 9% lebih besar dalam keadaan padat, yang menjelaskan kenyataan es mengapung di atas air cair.

ADR label untuk mengangkut barang berbahaya reaktif dengan air

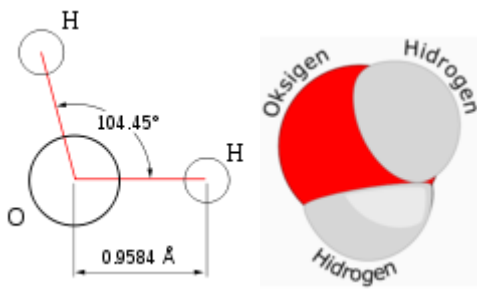
Air bercampur dengan cairan banyak, seperti etanol, dalam semua proporsi, membentuk cairan homogen tunggal. Di sisi lain, air dan minyak sebagian besar biasanya membentuk lapisan bercampur menurut kepadatan meningkat dari atas. Sebagai gas, uap air benar-benar larut dengan udara. Air membentuk azeotrop dengan pelarut lainnya.

Air dapat dibagi dengan elektrolisis menjadi hidrogen dan oksigen.

Sebagai oksida hidrogen, air terbentuk ketika hidrogen atau hidrogen yang mengandung senyawa membakar atau bereaksi dengan oksigen atau oksigen yang mengandung senyawa. Air tidak bahan bakar, ini merupakan produk akhir dari pembakaran hidrogen. Energi yang dibutuhkan untuk memecah air menjadi hidrogen dan oksigen melalui elektrolisis atau sarana lain yang lebih besar daripada energi yang bisa dikumpulkan saat bergabung kembali hidrogen dan oksigen.

Elemen yang lebih elektropositif dari hidrogen seperti lithium, natrium, kalium kalsium, dan cesium menggantikan hidrogen dari air, membentuk hidroksida. Menjadi gas yang mudah terbakar, hidrogen yang dilepaskan adalah berbahaya dan reaksi air dengan lebih elektropositif elemen-elemen ini dapat meledak keras.

Sifat-sifat kimia dan fisika

<u>Air</u>	
	
Informasi dan sifat-sifat	
<u>Nama sistematis</u>	Air
Nama alternatif	aqua, dihidrogen monoksida, Hidrogen hidroksida
<u>Rumus molekul</u>	H ₂ O
<u>Massa molar</u>	18.0153 g/mol
<u>Densitas dan fase</u>	0.998 g/cm ³ (cairan pada 20 °C) 0.92 g/cm ³ (padatan)
<u>Titik lebur</u>	0 °C (273.15 K) (32 °F)
<u>Titik didih</u>	100 °C (373.15 K) (212 °F)
<u>Kalor jenis</u>	4184 J/(kg·K) (cairan pada 20 °C)
<u>Halaman data tambahan</u>	
<u>Disclaimer and references</u>	

Artikel utama: [Air \(molekul\)](#)

Air adalah substansi kimia dengan rumus kimia H₂O: satu molekul air tersusun atas dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen. Air bersifat

tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau pada kondisi standar, yaitu pada tekanan 100 kPa (1 bar) and temperatur 273,15 K (0 °C). Zat kimia ini merupakan suatu pelarut yang penting, yang memiliki kemampuan untuk melarutkan banyak zat kimia lainnya, seperti garam-garam, gula, asam, beberapa jenis gas dan banyak macam molekul organik.

Keadaan air yang berbentuk cair merupakan suatu keadaan yang tidak umum dalam kondisi normal, terlebih lagi dengan memperhatikan hubungan antara hidrida-hidrida lain yang mirip dalam kolom oksigen pada tabel periodik, yang mengisyaratkan bahwa air seharusnya berbentuk gas, sebagaimana hidrogen sulfida. Dengan memperhatikan tabel periodik, terlihat bahwa unsur-unsur yang mengelilingi oksigen adalah nitrogen, flor, dan fosfor, sulfur dan klor. Semua elemen-elemen ini apabila berikatan dengan hidrogen akan menghasilkan gas pada temperatur dan tekanan normal. Alasan mengapa hidrogen berikatan dengan oksigen membentuk fasa berkeadaan cair, adalah karena oksigen lebih bersifat elektronegatif ketimbang elemen-elemen lain tersebut (kecuali fluor). Tarikan atom oksigen pada elektron-elektron ikatan jauh lebih kuat dari pada yang dilakukan oleh atom hidrogen, meninggalkan jumlah muatan positif pada kedua atom hidrogen, dan jumlah muatan negatif pada atom oksigen. Adanya muatan pada tiap-tiap atom tersebut membuat molekul air memiliki sejumlah momen dipol. Gaya tarik-menarik listrik antar molekul-molekul air akibat adanya dipol ini membuat masing-masing molekul saling berdekatan, membuatnya sulit untuk dipisahkan dan yang pada akhirnya menaikkan titik didih air. Gaya tarik-menarik ini disebut sebagai ikatan hidrogen.

Air sering disebut sebagai pelarut universal karena air melarutkan banyak zat kimia. Air berada dalam kesetimbangan dinamis antara fase cair dan padat di bawah tekanan

dan temperatur standar. Dalam bentuk ion, air dapat dideskripsikan sebagai sebuah ion hidrogen (H^+) yang berasosiasi (berikatan) dengan sebuah ion hidroksida (OH^-).

Pengertian Air

Air, Kimia Kehidupan

Kapanpun kita ingin mencari tahu apakah kehidupan yang kita ketahui ada di Mars atau di planet lainnya, pasti yang pertama kali dicari para ilmuwan adalah keberadaan air. Mengapa, karena kehidupan di bumi sangat tergantung pada air. Banyak sekali bentuk kehidupan (baik tanaman dan hewan) berada di air. Semua kehidupan di Bumi diyakini muncul dari air. Sebagian besar tubuh semua organisme yang hidup terdiri dari air. Sekitar 70 atau 90 persen bahan organik terdiri dari air. Reaksi kimia yang mendukung kehidupan di semua tumbuhan dan hewan berlangsung di dalam sebuah medium air. Air tidak hanya menyediakan media yang menjadi tempat dimungkinkannya reaksi yang menyokong kehidupan, tapi air sendiri sering menjadi produk atau reaktan yang penting dari reaksi-reaksi itu. Singkat kata, alkimia kehidupan ditemukan di dalam kimia air.

Di darat, ancaman kehidupan yang terbesar adalah dessication (kekeringan yang ekstrim). Air hilang dalam berbagai cara—evaporasi dari permukaan pernafasan, evaporasi dari kulit, eliminasi tinja, dan pengeluaran urin.

Pelarut Universal

Dikarenakan polaritas molekul air dan kecenderungannya membentuk ikatan hidrogen dengan molekul-molekul yang lain, air dijuluki pelarut universal. Sebuah molekul air (yang diekspresikan dalam simbol kimiawi H_2O), terdiri dari dua atom hidrogen dan satu atom oksigen.

Berdiri sendiri, atom hidrogen mengandung satu proton positif di intinya; sedang satu elektron negatif berputar mengelilinginya dalam sebuah kerangka tiga

dimensi. Sedang oksigen memiliki delapan proton di dalam intinya dengan delapan elektron berputar mengitarinya. Dalam notasi kimia, oksigen seringkali diperlihatkan sebagai huruf O yang dikelilingi delapan titik yang mewakili empat pasang elektron. Satu elektron hidrogen dan delapan elektron oksigen merupakan kunci kimia kehidupan, sebab atom hidrogen dan oksigen bergabung untuk membentuk sebuah molekul air atau berpisah untuk membentuk ion-ion.

Hidrogen cenderung mengalami ionisasi dengan kehilangan elektron tunggalnya dan membentuk ion H^+ yang simpel yang hanya merupakan proton yang terisolasi karena atom hidrogen tidak memiliki neutron. Sebuah ikatan hidrogen terjadi saat elektron sebuah atom hidrogen bersama-sama dipakai dengan atom elektronegatif yang lain (misalnya oksigen yang kehilangan sebuah elektron).

Polaritas Molekul Air

Dalam sebuah molekul air, dua atom hidrogen terikat secara kovalen pada satu atom oksigen. Tapi karena atom oksigen lebih besar daripada atom hidrogen, maka tarikannya pada elektron-elektron hidrogen jauh lebih besar. Dengan begitu elektron-elektron tertarik mendekati kerangka atom oksigen yang lebih besar dan menjauhi kerangka hidrogen. Ini berarti meski molekul air secara keseluruhan bersifat stabil, tapi massa inti oksigen yang lebih besar cenderung menarik semua elektron dalam molekul (termasuk juga elektron-elektron hidrogen yang dipakai bersama) sekaligus memberikan sedikit muatan elektronegatif kepada bagian beroksigen disebuah molekul.

Karena elektron di atom hidrogen lebih dekat dengan atom oksigen maka atom hidrogen membawa muatan elektropositif dalam jumlah yang kecil. Ini berarti molekul air punya kecenderungan membentuk ikatan yang lemah dengan molekul air yang lain sebab ujung oksigennya molekul bersifat negatif dan ujung hidrogen bersifat

positif.

Sebuah atom hidrogen yang masih terikat secara kovalen dengan oksigen di molekulnya sendiri mampu membentuk ikatan yang lemah dengan oksigen di molekul lainnya. Hal yang sama juga berlaku bagi ujung oksigen sebuah molekul yang mampu membentuk ikatan yang lemah dengan ujung-ujung hidrogennya molekul yang lain. Karena molekul air memiliki polaritas ini, air merupakan sebuah entitas kimiawi yang berkesinambungan.

Pengertian Dasar Mengenai Air

Pengertian Air atau **Definisi Air** adalah zat atau materi atau unsur yang penting bagi semua bentuk kehidupan yang diketahui sampai saat ini di bumi, tetapi tidak di planet lain. Air menutupi hampir 71% permukaan bumi. Terdapat 1,4 triliun kubik (330 juta mil tersedia di bumi. **Jenis – Jenis Air** sendiri di bagi menjadi 2 macam.

Penempatan Air sebagian besar terdapat di laut / air asin dan pada lapisan-lapisan es (di kutub dan puncak-puncak gunung), akan tetapi juga dapat hadir sebagai awan, hujan, sungai, muka air tawar, danau, uap air dan lautan es, Air dalam obyek-obyek tersebut bergerak mengikuti suatu **siklus air**, yaitu: melalui penguapan, hujan dan **aliran air** di atas permukaan tanah (*runoff*, meliputi mata air, muara, sungai) menuju laut.

Air yang bersih sangat penting bagi kehidupan manusia dan alam sekitar, Di banyak tempat di dunia terjadi kekurangan persediaan air. Selain di bumi, sejumlah besar air juga diperkirakan terdapat pada kutub utara dan selatan planet Mars, serta pada bulan-bulan Eropa dan Enceladus. Air dapat berwujud padatan (**es**), cairan (**air**) dan gas (**uap air**). Air merupakan satu-satunya zat yang secara alami terdapat di permukaan bumi dalam ketiga wujudnya tersebut.

Pengelolaan sumber daya air yang kurang baik dapat menyebabkan kekurangan air, monopolisasi serta privatisasi dan bahkan menyulut konflik. Indonesia telah memiliki undang-undang yang mengatur sumber daya air sejak tahun 2004, yakni Undang Undang nomor 7 tahun 2004 tentang **Sumber Daya Air**

Air dan kimia kehidupan

Kapanpun kita ingin mencari tahu apakah kehidupan yang kita ketahui ada di Mars atau di planet lainnya, pasti yang pertama kali dicari para ilmuwan adalah keberadaan air. Mengapa, karena kehidupan di bumi sangat tergantung pada air. Banyak sekali bentuk kehidupan (baik tanaman dan hewan) berada di air. Semua kehidupan di Bumi diyakini muncul dari air.

Sebagian besar tubuh semua organisme yang hidup terdiri dari air. Sekitar 70 atau 90 persen bahan organik terdiri dari air. Reaksi kimia yang mendukung kehidupan di semua tumbuhan dan hewan berlangsung di dalam sebuah medium air. Air tidak hanya menyediakan media yang menjadi tempat dimungkinkannya reaksi yang menyokong kehidupan, tapi air sendiri sering menjadi produk atau reaktan yang penting dari reaksi-reaksi itu. Singkat kata, alkimia kehidupan ditemukan di dalam kimia air.

Di darat, ancaman kehidupan yang terbesar adalah dessication (kekeringan yang ekstrim). Air hilang dalam berbagai cara—evaporasi dari permukaan pernafasan, evaporasi dari kulit, eliminasi tinja, dan pengeluaran urin. src wiki – hidemitsu.

JENIS – JENIS AIR

Air merupakan sumber kehidupan yang tidak dapat tergantikan oleh apa pun juga. Tanpa air manusia, hewan dan tanaman tidak akan dapat hidup. Air di bumi dapat digolongkan menjadi dua, yaitu :

1. Air Tanah

Air tanah adalah air yang berada di bawah permukaan tanah. Air tanah dapat kita bagi lagi menjadi dua, yakni air tanah preatis dan air tanah artesis.

a. Air Tanah Preatis

Air tanah preatis adalah air tanah yang letaknya tidak jauh dari permukaan tanah serta berada di atas lapisan kedap air / impermeable.

b. Air Tanah Artesis

Air tanah artesis letaknya sangat jauh di dalam tanah serta berada di antara dua lapisan kedap air.

2. Air Permukaan

Air permukaan adalah air yang berada di permukaan tanah dan dapat dengan mudah dilihat oleh mata kita. Contoh air permukaan seperti laut, sungai, danau, kali, rawa, empang, dan lain sebagainya. Air permukaan dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu

a. Perairan Darat

Perairan darat adalah air permukaan yang berada di atas daratan misalnya seperti rawa-rawa, danau, sungai, dan lain sebagainya.

b. Perairan Laut

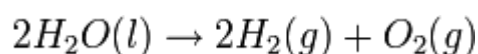
Perairan laut adalah air permukaan yang berada di lautan luas. Contohnya seperti air laut yang berada di laut.

Air adalah zat atau materi atau unsur yang penting bagi semua bentuk kehidupan yang diketahui sampai saat ini di bumi, tetapi tidak di planet lain. Air

menutupi hampir 71% permukaan bumi. Terdapat 1,4 triliun kilometer kubik (330 juta mil³) tersedia di bumi. Air sebagian besar terdapat di laut (air asin) dan pada lapisan-lapisan es (di kutub dan puncak-puncak gunung), akan tetapi juga dapat hadir sebagai awan, hujan, sungai, muka air tawar, danau, uap air, dan lautan es. Air dalam obyek-obyek tersebut bergerak mengikuti suatu siklus air, yaitu: melalui penguapan, hujan, dan aliran air di atas permukaan tanah (*runoff*, meliputi mata air, sungai, muara) menuju laut. Air bersih penting bagi kehidupan manusia. Di banyak tempat di dunia terjadi kekurangan persediaan air. Selain di bumi, sejumlah besar air juga diperkirakan terdapat pada kutub utara dan selatan planet Mars, serta pada bulan-bulan Europa dan Enceladus. Air dapat berwujud padatan (es), cairan (air) dan gas (uap air). Air merupakan satu-satunya zat yang secara alami terdapat di permukaan bumi dalam ketiga wujudnya tersebut. Pengelolaan sumber daya air yang kurang baik dapat menyebabkan kekurangan air, monopolisasi serta privatisasi dan bahkan menyulut konflik. Indonesia telah memiliki undang-undang yang mengatur sumber daya air sejak tahun 2004, yakni Undang Undang nomor 7 tahun 2004 tentang Sumber Daya Air

Elektrolisis air

Molekul air dapat diuraikan menjadi unsur-unsur asalnya dengan mengalirkannya arus listrik. Proses ini disebut elektrolisis air. Pada katoda, dua molekul air bereaksi dengan menangkap dua elektron, tereduksi menjadi gas H₂ dan ion hidroksida (OH⁻). Sementara itu pada anoda, dua molekul air lain terurai menjadi gas oksigen (O₂), melepaskan 4 ion H⁺ serta mengalirkan elektron ke katoda. Ion H⁺ dan OH⁻ mengalami netralisasi sehingga terbentuk kembali beberapa molekul air. Reaksi keseluruhan yang setara dari elektrolisis air dapat dituliskan sebagai berikut.



Gas hidrogen dan oksigen yang dihasilkan dari reaksi ini membentuk gelembung pada elektroda dan dapat dikumpulkan. Prinsip ini kemudian dimanfaatkan untuk menghasilkan hidrogen dan hidrogen peroksida (H_2O_2) yang dapat digunakan sebagai bahan bakar kendaraan hidrogen.

Kelarutan (solvasi)

Air adalah pelarut yang kuat, melarutkan banyak jenis zat kimia. Zat-zat yang bercampur dan larut dengan baik dalam air (misalnya garam-garam) disebut sebagai zat-zat "hidrofilik" (pencinta air), dan zat-zat yang tidak mudah tercampur dengan air (misalnya lemak dan minyak), disebut sebagai zat-zat "hidrofobik" (takut-air). Kelarutan suatu zat dalam air ditentukan oleh dapat tidaknya zat tersebut menandingi kekuatan gaya tarik-menarik listrik (gaya intermolekul dipol-dipol) antara molekul-molekul air. Jika suatu zat tidak mampu menandingi gaya tarik-menarik antar molekul air, molekul-molekul zat tersebut tidak larut dan akan mengendap dalam air.



Butir-butir embun menempel pada jaring laba-laba.

Kohesi dan adhesi

Air menempel pada sesamanya (kohesi) karena air bersifat polar. Air memiliki sejumlah muatan parsial negatif (σ^-) dekat atom oksigen akibat pasangan elektron yang (hampir) tidak digunakan bersama, dan sejumlah muatan parsial positif (σ^+) dekat atom oksigen. Dalam air hal ini terjadi karena atom oksigen bersifat lebih elektronegatif dibandingkan atom hidrogen—yang berarti, ia (atom oksigen) memiliki

lebih "kekuatan tarik" pada elektron-elektron yang dimiliki bersama dalam molekul, menarik elektron-elektron lebih dekat ke arahnya (juga berarti menarik muatan negatif elektron-elektron tersebut) dan membuat daerah di sekitar atom oksigen bermuatan lebih negatif ketimbang daerah-daerah di sekitar kedua atom hidrogen.

Air memiliki pula sifat adhesi yang tinggi disebabkan oleh sifat alami ke-polar-annya.

Tegangan permukaan



Bunga daisy ini berada di bawah permukaan air, akan tetapi dapat mekar dengan tanpa terganggu. Tegangan permukaan mencegah air untuk menenggelamkan bunga tersebut.

Air memiliki tegangan permukaan yang besar yang disebabkan oleh kuatnya sifat kohesi antar molekul-molekul air. Hal ini dapat diamati saat sejumlah kecil air ditempatkan dalam sebuah permukaan yang tak dapat terbasahi atau terlarutkan (*non-soluble*); air tersebut akan berkumpul sebagai sebuah tetesan. Di atas sebuah permukaan gelas yang amat bersih atau permukaan amat halus air dapat membentuk suatu lapisan tipis (*thin film*) karena gaya tarik molekular antara gelas dan molekul air (gaya adhesi) lebih kuat ketimbang gaya kohesi antar molekul air.

Dalam sel-sel biologi dan organel-organel, air bersentuhan dengan membran dan permukaan protein yang bersifat hidrofilik; yaitu, permukaan-permukaan yang memiliki ketertarikan kuat terhadap air. Irvin Langmuir mengamati suatu gaya tolak yang kuat antar permukaan-permukaan hidrofilik. Untuk melakukan dehidrasi suatu permukaan hidrofilik — dalam arti melepaskan lapisan yang terikat dengan kuat dari

hidrasi air — perlu dilakukan kerja sungguh-sungguh melawan gaya-gaya ini, yang disebut gaya-gaya hidrasi. Gaya-gaya tersebut amat besar nilainya akan tetapi meluruh dengan cepat dalam rentang nanometer atau lebih kecil. Pentingnya gaya-gaya ini dalam biologi telah dipelajari secara ekstensif oleh V. Adrian Parsegian dari National Institute of Health.^[11] Gaya-gaya ini penting terutama saat sel-sel terdehidrasi saat bersentuhan langsung dengan ruang luar yang kering atau pendinginan di luar sel (*extracellular freezing*).

Air dalam kehidupan



Kehidupan di dalam laut.

Dari sudut pandang biologi, air memiliki sifat-sifat yang penting untuk adanya kehidupan. Air dapat memunculkan reaksi yang dapat membuat senyawa organik untuk melakukan replikasi. Semua makhluk hidup yang diketahui memiliki ketergantungan terhadap air. Air merupakan zat pelarut yang penting untuk makhluk hidup dan adalah bagian penting dalam proses metabolisme. Air juga dibutuhkan dalam fotosintesis dan respirasi. Fotosintesis menggunakan cahaya matahari untuk

memisahkan atom hidrogen dengan oksigen. Hidrogen akan digunakan untuk membentuk glukosa dan oksigen akan dilepas ke udara.

Makhluk air

Perairan bumi dipenuhi dengan berbagai macam kehidupan. Semua makhluk hidup pertama di Bumi ini berasal dari perairan. Hampir semua ikan hidup di dalam air, selain itu, mamalia seperti lumba-lumba dan ikan paus juga hidup di dalam air. Hewan-hewan seperti amfibi menghabiskan sebagian hidupnya di dalam air. Bahkan, beberapa reptil seperti ular dan buaya hidup di perairan dangkal dan lautan. Tumbuhan laut seperti alga dan rumput laut menjadi sumber makanan ekosistem perairan. Di samudera, plankton menjadi sumber makanan utama para ikan.

Air dan manusia

Peradaban manusia berjaya mengikuti sumber air. Mesopotamia yang disebut sebagai awal peradaban berada di antara sungai Tigris dan Euphrates. Peradaban Mesir Kuno bergantung pada sungai Nil. Pusat-pusat manusia yang besar seperti Rotterdam, London, Montreal, Paris, New York City, Shanghai, Tokyo, Chicago, dan Hong Kong mendapatkan kejayaannya sebagian dikarenakan adanya kemudahan akses melalui perairan.

Air minum



Air yang diminum dari botol.

Tubuh manusia terdiri dari 55% sampai 78% air, tergantung dari ukuran badan.^[12] Agar dapat berfungsi dengan baik, tubuh manusia membutuhkan antara satu sampai tujuh liter air setiap hari untuk menghindari dehidrasi; jumlah pastinya bergantung pada tingkat aktivitas, suhu, kelembaban, dan beberapa faktor lainnya. Selain dari air minum, manusia mendapatkan cairan dari makanan dan minuman lain selain air. Sebagian besar orang percaya bahwa manusia membutuhkan 8–10 gelas (sekitar dua liter) per hari, namun hasil penelitian yang diterbitkan Universitas Pennsylvania pada tahun 2008 menunjukkan bahwa konsumsi sejumlah 8 gelas tersebut tidak terbukti banyak membantu dalam menyehatkan tubuh. Malah kadang-kadang untuk beberapa orang, jika meminum air lebih banyak atau berlebihan dari yang dianjurkan dapat menyebabkan ketergantungan. Literatur medis lainnya menyarankan konsumsi satu liter air per hari, dengan tambahan bila berolahraga atau pada cuaca yang panas.

Pelarut

Pelarut digunakan sehari-hari untuk mencuci, contohnya mencuci tubuh manusia, pakaian, lantai, mobil, makanan, dan hewan. Selain itu, limbah rumah tangga juga dibawa oleh air melalui saluran pembuangan. Pada negara-negara industri, sebagian besar air terpakai sebagai pelarut.

Air dapat memfasilitasi proses biologi yang melarutkan limbah. Mikroorganisme yang ada di dalam air dapat membantu memecah limbah menjadi zat-zat dengan tingkat polusi yang lebih rendah.

Zona biologis

Air merupakan cairan singular, oleh karena kapasitasnya untuk membentuk jaringan molekul 3 dimensi dengan ikatan hidrogen yang mutual. Hal ini disebabkan karena setiap molekul air mempunyai 4 muatan fraksional dengan arah tetrahedron, 2

muatan positif dari kedua atom hidrogen dan dua muatan negatif dari atom oksigen.^[16] Akibatnya, setiap molekul air dapat membentuk 4 ikatan hidrogen dengan molekul disekitarnya. Sebagai contoh, sebuah atom hidrogen yang terletak diantara dua atom oksigen, akan membentuk satu ikatan kovalen dengan satu atom oksigen dan satu ikatan hidrogen dengan atom oksigen lainnya, seperti yang terjadi pada es. Perubahan densitas molekul air akan berpengaruh pada kemampuannya untuk melarutkan partikel. Oleh karena sifat muatan fraksional molekul, pada umumnya, air merupakan zat pelarut yang baik untuk partikel bermuatan atau ion, namun tidak bagi senyawa hidrokarbon.

Konsep tentang sel sebagai larutan yang terbalut membran, pertama kali dipelajari oleh ilmuwan Rusia bernama Troschin pada tahun 1956. Pada monografinya, *Problems of Cell Permeability*, tesis Troschin mengatakan bahwa partisi larutan yang terjadi antara lingkungan intraselular dan ekstraselular tidak hanya ditentukan oleh permeabilitas membran, namun terjadi akumulasi larutan tertentu di dalam protoplasma, sehingga membentuk larutan gel yang berbeda dengan air murni. Pada tahun 1962, Ling melalui monografinya, *A physical theory of the living state*, mengutarakan bahwa air yang terkandung di dalam sel mengalami polarisasi menjadi lapisan-lapisan yang menyelimuti permukaan protein dan merupakan pelarut yang buruk bagi ion. Ion K^+ diserap oleh sel normal, sebab gugus karboksil dari protein cenderung untuk menarik K^+ daripada ion Na^+ . Teori ini, dikenal sebagai hipotesis induksi-asosiasi juga mengutarakan tidak adanya pompa kation, ATPase, yang terikat pada membran sel, dan distribusi semua larutan ditentukan oleh kombinasi dari gaya tarik menarik antara masing-masing protein dengan modifikasi sifat larutan air dalam sel. Hasil dari pengukuran NMR memang menunjukkan penurunan mobilitas air di

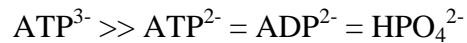
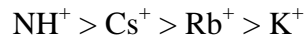
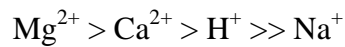
dalam sel namun dengan cepat terdifusi dengan [[molekul **air** normal. Hal ini kemudian dikenal sebagai model *two-fraction, fast-exchange*.

Keberadaan pompa kation yang digerakkan oleh ATP pada membran sel, terus menjadi bahan perdebatan, sejalan dengan perdebatan tentang karakteristik cairan di dalam sitoplasma dan air normal pada umumnya. Argumentasi terkuat yang menentang teori mengenai jenis air yang khusus di dalam sel, berasal dari kalangan ahli kimiawan fisis. Mereka berpendapat bahwa air di dalam sel tidak mungkin berbeda dengan air normal, sehingga perubahan struktur dan karakter air intraselular juga akan dialami dengan air ekstraselular. Pendapat ini didasarkan pada pemikiran bahwa, meskipun jika pompa kation benar ada terikat pada membran sel, pompa tersebut hanya menciptakan kesetimbangan osmotik selular yang memisahkan satu larutan dari larutan lain, namun tidak bagi air. Air dikatakan memiliki kesetimbangan sendiri yang tidak dapat dibatasi oleh membran sel.

Para ahli lain yang berpendapat bahwa air di dalam sel sangat berbeda dengan air pada umumnya. Air yang menjadi tidak bebas bergerak oleh karena pengaruh permukaan ionik, disebut sebagai air berikat (bahasa Inggris: *bound water*), sedangkan air diluar jangkauan pengaruh ion tersebut disebut air bebas (bahasa Inggris: *bulk water*).

Air berikat dapat segera melarutkan ion, oleh karena tiap jenis ion akan segera tertarik oleh masing-masing muatan fraksional molekul air, sehingga kation dan anion dapat berada berdekatan tanpa harus membentuk garam. Ion lebih mudah terhidrasi oleh air yang reaktif, padat dengan ikatan lemah, daripada air inert tidak padat dengan daya ikat kuat. Hal ini menciptakan zona air, sebagai contoh, kation kecil yang sangat terhidrasi akan cenderung terakumulasi pada fasa air yang lebih padat, sedangkan

kation yang lebih besar akan cenderung terakumulasi pada fasa air yang lebih renggang, dan menciptakan partisi ion seperti serial Hofmeister sebagai berikut:



catatan

- densitas air berikat semakin tinggi ke arah kanan.

Interaksi antara molekul air berikat dan gugus ionik diasumsikan terjadi pada rentang jarak yang pendek, sehingga atom hidrogen terorientasi ke arah anion dan menghambat interaksi antara populasi air berikat dengan air bebas. Orientasi molekul air berikat semakin terbatas permukaan molekul polielektrolit bermuatan negatif antara lain DNA, RNA, asam hialuronat, kondroitin sulfat, dan jenis biopolimer bermuatan lain. Energi elektrostatik antara molekul biopolimer bermuatan sama yang berdesakan akan menciptakan gaya hidrasi yang mendorong molekul air bebas keluar dari dalam sitoplasma.

Pada umumnya, konsentrasi larutan polielektrolit yang cukup tinggi akan membentuk gel. Misalnya gel *agarose* atau gel dari asam hialuronat yang mengandung 99,9% air dari total berat gel. Tertahannya molekul air di dalam struktur kristal gel merupakan salah satu contoh kecenderungan alami setiap komponen dari suatu sistem untuk bercampur dengan merata. Molekul air dapat terlepas dari gel sebagai respon dari tekanan udara, peningkatan suhu atau melalui mekanisme penguapan, namun dengan turunnya rasio kandungan air, daya ikat ionik yang terjadi antara molekul zat terlarut yang menahan molekul air akan semakin kuat.

Meskipun demikian, pendekatan ionik seperti ini masih belum dapat menjelaskan beberapa fenomena anomali larutan seperti,

- perbedaan sifat air di dalam sitoplasma oosit hewan katak dengan air di dalam inti sel dan air normal
- turunnya koefisien difusi air di dalam Artemia cyst dibandingkan dengan koefisien air yang sama pada gel agarose dan air normal
- lebih rendahnya densitas air pada Artemia cyst dibandingkan air normal pada suhu yang sama
- anomali trimetilamina oksida pada jaringan otot
- kedua kandungan air normal, dan air dengan koefisien partisi 1,5 yang dimiliki mitokondria pada suhu 0-4 °C

Fenomena anomali larutan ini dianggap terjadi pada rentang jarak jauh yang berada di luar domain pendekatan ionik.

Energi pada molekul air menjadi tinggi ketika ikatan hidrogen yang dimiliki menjadi tidak maksimal, seperti saat molekul air berada dekat dengan permukaan atau gugus hidrokarbon. Senyawa hidrokarbon kemudian disebut bersifat hidrofobik sebab tidak membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air. Daya ikat hidrogen pada kondisi ini akan menembus beberapa zona air dan partisi ion, sehingga dikatakan bahwa sebagai karakter air pada rentang jarak jauh. Pada rentang ini, molekul garam seperti Na₂SO₄, sodium asetat dan sodium fosfat akan memiliki kecenderungan untuk terurai menjadi kation Na⁺ dan anionnya.

Artikel rujukan

1. ^ (Inggris) Philip Ball, *Water and life: Seeking the solution*, Nature **436**, 1084-1085 (25 August 2005) | doi:10.1038/4361084a
2. ^ (Inggris) *Water - The Essential Substance*, Experimental Lakes Area, University of Manitoba

3. [^] What are the Essential Ingredients of Life?, Natural History Museum, California Academy of Sciences
4. [^] (Inggris) Steven A Benner, *Water is not an essential ingredient for Life, scientists now claim*, SpaceRef.com, uplink.space.com
5. [^] (Inggris) <http://www.unep.org/vitalwater/01.htm>
6. [^] (Inggris) Peter Tyson, *Life's Little Essential*, NOVA, Origins, July 2004
7. [^] (Inggris) H.E. Msgr. Renato R. Martino, *Water, an Essential Element of Life, A Contribution of the Delegation of the Holy See on the Occasion of the third World Water Forum, Kyoto, Japan, 16th-23rd March 2003*
8. [^] (Inggris) Michael Kwan, *Prototype car runs 100 miles on four ounces of water as fuel*, Mobile Magazine Thursday June 1, 2006 6:41 AM PDT
9. [^] (Inggris) *Fuel from "Burning Water"*, KeelyNet 01/09/02
10. [^] (Inggris) Hydrogen Technologies
11. [^] Physical Forces Organizing Biomolecules (PDF)
12. [^] Re: What percentage of the human body is composed of water?
Jeffrey Utz, M.D., The MadSci Network
13. [^] "Healthy Water Living".
http://www.bbc.co.uk/health/healthy_living/nutrition/drinks_water.shtml.
Diakses pada **Kesalahan: waktu tidak valid.**
14. [^] "Lots of water 'is little benefit".
<http://news.bbc.co.uk/2/hi/health/7326437.stm>. Diakses pada 6 April 2008.
15. [^] Rhoades RA, Tanner GA (2003). *Medical Physiology* (edisi ke-2nd ed.). Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins. ISBN 0781719364.
16. [^] (Inggris) "Role of Water in Some Biological Processes" (pdf).
Department of Medicine, University of Auckland School of Medicine; PHILIPPA M. WIGGINS.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC372788/pdf/microrev00039-0112.pdf>. Diakses pada 9 November 2010.
17. [^] (Italia) Lucio V. Mandarini, "Liquide sculture", FotoCult, Novembre 2006, pagina 60-65
18. [^] (Inggris) Chris Witcombe, *Water in Art, H2O - The Mystery, Art, and Science of Water*, [art.html](#), 21.03.2007 13:32:20
19. [^] (Inggris) *Birth of Venus (1486)*, Water in art, Water Institute - Nestlé Waters M.T. 2005
20. [^] (Inggris) *The Water Lilies cycle by Monet*, Water in art, Water Institute - Nestlé Waters M.T. 2005
21. [^] (Indonesia) Email Arief Setiawan kepada Nein Arimasen, Wed, 21 Mar 2007 09:04:07 +0700 (WIT). Arief Setiawan adalah seorang fotografer.
22. [^] Martin Waugh, *Liquid Sculpture*, 2007; video DivX
23. [^] (Inggris) **Water Droplet Art**, Twiddly Bits, August 23rd, 2005 at 9:07 pm, (Jerman) Bitfall Simulation kriegte 50% Realität, Auszeichnung für Innovation und Technik - Kunstförderpreis der Stadtwerke Halle und Leipzig, Halle, 2004
24. [^] (Inggris) Jeep waterfall - DIY version?
25. [^] (Inggris) Pictures and Video, Pevnick Design Inc.
26. [^] (Inggris) Masaru Emoto, answer.com

27. [^] (Inggris) Masaru Emoto, *Message From Water*, Vol.2, Hado Kyoiku Sha Co., Ltd (November 15, 2001)
28. [^] (Inggris) Masaru Emoto, answer.com
29. [^] Stephen Lower, *A gentle introduction to the structure of water*, 01.01.2007
30. [^] *Pseudoscience: myths, hoaxes and misunderstandings concerning water*, Lenntech Water treatment & air purification Holding B.V., 27.02.2007 16:15:50
31. [^] *Water Cluster Quackery -- The junk science of structure-altered waters*, 13.01.2007 22:17:49
32. [^] (Jerman) Martin Frischknecht, *Kristalline Emotionen, Masaru Emotos "Fröhliche Wissenschaft" mit dem Wasser*, Ausgabe Nr. 63 Frühling 2002

Rujukan umum

- (Inggris) OA Jones, JN Lester and N Voulvoulis, Pharmaceuticals: a threat to drinking water? *TRENDS in Biotechnology* 23(4): 163, 2005
- (Inggris) Franks, F (Ed), *Water, A comprehensive treatise*, Plenum Press, New York, 1972-1982
- (Inggris) *Property of Water and Water Steam w Thermodynamic Surface*
- (Inggris) PH Gleick and associates, *The World's Water: The Biennial Report on Freshwater Resources*. Island Press, Washington, D.C. (published every two years, beginning in 1998.)
- (Inggris) Marks, William E., *The Holy Order of Water: Healing Earth's Waters and Ourselves*. Bell Pond Books (a div. of Steiner Books), Great Barrington, MA, November 2001 [ISBN 0-88010-483-X]

Air sebagai sumber daya alam alami

- (Inggris) Gleick, Peter H.. *The World's Water: The Biennial Report on Freshwater Resources*. Washington: Island Press. (November 10, 2006)| ISBN-13: 9781597261050]
- Postel, Sandra (1997, second edition). *Last Oasis: Facing Water Scarcity*. New York: Norton Press.
- (Inggris) Anderson (1991). *Water Rights: Scarce Resource Allocation, Bureaucracy, and the Environment*.
- (Inggris) Marq de Villiers (2003, revised edition). *Water: The Fate of Our Most Precious Resource*.
- (Inggris) Diane Raines Ward (2002). *Water Wars: Drought, Flood, Folly and the Politics of Thirst*.
- (Inggris) Miriam R. Lowi (1995). *Water and Power: The Politics of a Scarce Resource in the Jordan River Basin*. (Cambridge Middle East Library)
- (Inggris) Worster, Donald (1992). *Rivers of Empire: Water, Aridity, and the Growth of the American West*.
- (Inggris) Reisner, Marc (1993). *Cadillac Desert: The American West and Its Disappearing Water*.
- (Inggris) Maude Barlow, Tony Clarke (2003). *Blue Gold: The Fight to Stop the Corporate Theft of the World's Water*.

- **(Inggris)** Vandana Shiva (2002). *Water Wars: Privatization, Pollution, and Profit*. ISBN 0-7453-1837-1.
- **(Inggris)** Anita Roddick, et al (2004). *Troubled Water: Saints, Sinners, Truth And Lies About The Global Water Crisis*.
- **(Inggris)** William E. Marks (2001). *The Holy Order of Water: Healing Earths Waters and Ourselves*.

Bacaan lebih lanjut

- **(Inggris)** J. Lobaugh and Gregory A. Voth, *A quantum model for water: Equilibrium and dynamical properties*, The Journal of Chemical Physics -- February 8, 1997 -- Volume 106, Issue 6, pp. 2400-2410 doi:10.1063/1.473151
- **(Inggris)** Kyoko Watanabe and Michael L. Klein, *Effective pair potentials and the properties of water*, Chemical Physics Volume 131, Issues 2-3 , 15 March 1989, Pages 157-167 doi:10.1016/0301-0104(89)80166-1
- **(Inggris)** Frank H. Stillinger and Aneesur Rahman, *Improved simulation of liquid water by molecular dynamics*, The Journal of Chemical Physics -- February 15, 1974 -- Volume 60, Issue 4, pp. 1545-1557 doi:10.1063/1.1681229
- **(Inggris)** R. J. Speedy and C. A. Angell, *Isothermal compressibility of supercooled water and evidence for a thermodynamic singularity at -45°C* , The Journal of Chemical Physics -- August 1, 1976 -- Volume 65, Issue 3, pp. 851-858 doi:10.1063/1.433153