

BAB 3

Air Sebagai Bahan

Seperti yang dibincangkan dalam Bab 1, terdapat beberapa perbezaan antara persekitaran daratan dengan persekitaran akuatik. Perbezaan paling ketara adalah dari segi jenis medium antara kedua-dua ekosistem. Air merupakan medium utama di persekitaran akuatik, manakala udara membentuk medium utama di persekitaran daratan. Berikutan dengan perbezaan medium ini, maka kita dapat melihat perbezaan yang nyata dari beberapa aspek. Sebagai contoh, keamatan cahaya lebih tinggi di daratan. Begitu juga terdapat turun naik suhu yang luas di persekitaran ini jika dibandingkan dengan persekitaran akuatik. Perbezaan ini sudah tentu mempengaruhi komposisi biota di kedua-dua ekosistem.

Air sebagai medium mewujudkan persekitaran yang unik. Sebagai suatu sistem, terdapat hubungan rapat antara faktor biotik dengan faktor abiotik kerana setiap komponen saling bertindak dan mempengaruhi komponen yang lain. Persekitaran fizikal dan kimia yang terbentuk bukan sahaja mempengaruhi jenis dan komposisi fauna dan flora, malahan menentukan kelimpahan sesuatu organisma. Melalui proses biologi pula, biota yang mendiami persekitaran akuatik ini akan banyak mengubah sifat fizikal dan kimia yang utama. Sebagai contoh, kehadiran plankton yang banyak pada sesuatu ketika akan mempengaruhi kejernihan dan komposisi kimia air. Ternyata terdapat perhubungan yang rapat antara komponen biologi dengan faktor persekitaran kerana satu komponen mempengaruhi komponen yang lain.

Pemahaman tentang saling tindak antara organisma dengan persekitaran memerlukan pengkajian terhadap ciri fizikal dan kimia air secara mendalam. Walaupun air tulen tidak wujud dalam keadaan semula jadi, tetapi terdapat banyak persamaan dari segi beberapa aspek antara air tulen dengan air yang terdapat di kolam, tasik, paya ataupun sungai. Kita akan cuba melihat beberapa ciri penting air tulen dan membincangkan kepentingan setiap ciri ini dari segi ekologi.

AIR TULEN

Air merupakan bahan yang sungguh menakjubkan kerana memperlihatkan beberapa ciri yang unik lagi mengagumkan (Jadual 3.1). Setiap ciri-ciri ini mempunyai kepentingan biologi dan ekologi yang tersendiri.

Di muka bumi ini, air merupakan bahan yang paling kerap ditemui terutama dalam bentuk cecair. Walau bagaimanapun, terdapat juga kuantiti air yang besar yang wujud dalam bentuk gas di atmosfera dan dalam bentuk pepejal (ais dan salji). Selain daripada kewujudannya dalam tiga bentuk yang berbeza ini, air mempunyai ciri lain yang tidak kurang mengagumkan. Ciri **suhu-ketumpatan** yang unik membenarkan pembentukan persekitaran berstratum yang akhirnya mengawal ciri-ciri kimia dan biologi persekitaran akuatik. Lapisan yang terbentuk hasil daripada **tegangan permukaan** yang tinggi membolehkan sesetengah organisma menggunakannya sebagai permukaan untuk hidup.

Jadual 3.1 Beberapa ciri air yang mempunyai kepentingan biologi

Ciri air	Perbandingan dengan bahan lain	Kepentingan dalam proses biologi
Takat didih	Tinggi (100°C) untuk saiz molekul	Menyebabkan kebanyakan air boleh wujud sebagai cecair pada suhu bumi
Takat beku	Tinggi (0°C) untuk saiz molekul	Menyebabkan kebanyakan air boleh wujud sebagai cecair pada suhu bumi
Tegangan permukaan	Paling tinggi untuk semua cecair	Beberapa organisma boleh menggunakan kualiti ini untuk bergerak di permukaan. Ada juga haiwan bergantung di bawah permukaan yang terbentuk
Ketumpatan pepejal	Unik pada bahan yang wujud secara semula jadi	Menyebabkan ais terapung dan menghalang pembekuan habitat akuatik secara menyeluruh

sambungan **Jadual 3.1**

Ciri air	Perbandingan dengan bahan lain	Kepentingan dalam proses biologi
Haba pendam pengewapan	Paling tinggi pada semua bahan yang wujud secara semula jadi	Mengurangkan suhu permukaan dengan mengalih kualiti haba yang besar ke atmosfera melalui sejatan
Haba pendam lakuran	Paling tinggi pada semua bahan yang wujud secara semula jadi	Menghalang pembekuan jasad air
Daya melarut	Melarut lebih banyak bahan dalam jumlah yang lebih besar jika dibandingkan dengan cecair lain	Mengekalkan berbagai-bagai jenis bahan dalam larutan

Keupayaan air untuk melarut bahan-bahan lain membolehkan tumbuh-tumbuhan akuatik mendapat nutrien yang diperlukan untuk proses fisiologi daripada air di sekelilingnya. Tumbuh-tumbuhan akuatik seperti alga hijau tidak memerlukan struktur khusus untuk menyerap nutrien atau sistem pengangkutan yang kompleks seperti yang ditunjukkan oleh tumbuhan daratan untuk mengangkut bahan-bahan ini ke tisu yang memerlukannya. Air dan mineral boleh memasukinya melalui sebarang bahagian jasad tumbuhan ini dengan cara **resapan** sahaja. Bahan-bahan ini akan meresap masuk melalui selaput sel yang terdedah kepada persekitaran luar. Bekalan oksigen yang diperlukan oleh haiwan dan organisma lain juga mampu dibekalkan disebabkan oleh keupayaan melarut ini.

Secara amnya, persekitaran air lebih stabil daripada persekitaran daratan. Kita tidak melihat turun naik suhu yang mendadak ini berkaitan dengan **muatan haba** air yang tinggi. Persekitaran yang stabil dan dalam julat optimum membolehkan organisma berkembang dan menambahkan bilangannya dengan baik.

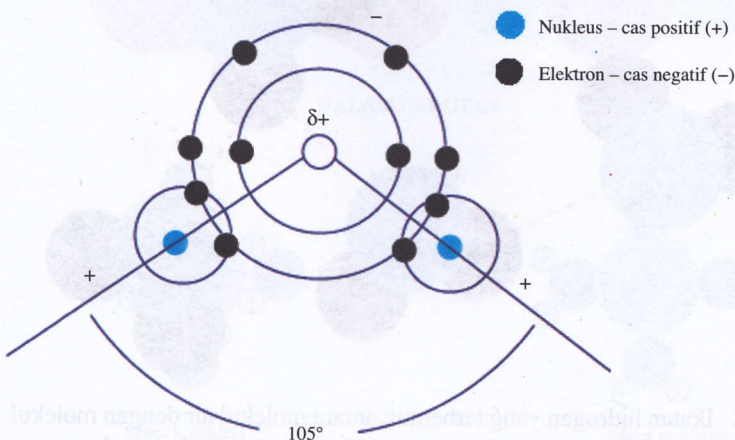
MOLEKUL AIR

Semua ciri air yang unik seperti yang telah dibincangkan terhasil

daripada bentuk unik molekul air. Molekul air mempunyai struktur yang mudah. Namun begitu, struktur ini dapat menghasilkan tindak balas yang kompleks. Air terdiri daripada satu atom **oksigen** dan dua atom **hidrogen**. Setiap atom hidrogen mempunyai satu proton di dalam nukleus dan satu elektron mengorbit nukleus. Nukleus atom oksigen pula terdiri daripada lapan proton. Mengorbit nukleus atom oksigen ialah lapan elektron yang bercas negatif. Dua elektron mengorbit petala yang berhampiran dengan nukleus, manakala enam elektron lagi di petala luar. Petala luar ini masih tidak lengkap dan memerlukan dua elektron lagi untuk menstabilkan aras tenaga. Elektron-elektron tambahan ini disumbangkan oleh hidrogen memandangkan atom hidrogen mempunyai ruang untuk satu lagi elektron (Rajah 3.1).

Disebabkan ini, dua atom hidrogen dan satu atom oksigen boleh bergabung dan membentuk H_2O , formula kimia yang kita semua kenali. Disebabkan daya penolakan dua atom hidrogen antara satu dengan lain, maka kedua-dua atom hidrogen terpisah pada sudut 105° . Konfigurasi ini menghasilkan molekul air yang **asimetri**.

Ikatan atom yang membentuk molekul air merupakan **ikatan kovalen** yang berasaskan perkongsian elektron. Walau bagaimanapun, disebabkan bilangan proton di dalam atom oksigen lebih besar daripada atom hidrogen, pasangan elektron yang dikongsi lebih hampir dengan atom oksigen. Ini bermakna perkongsian elektron adalah tidak sama. Atom oksigen mempunyai tarikan yang lebih terhadap elektron yang dikongsi. Oleh itu, oksigen lebih **elektronegatif** kerana seolah-olah mempunyai sedikit cas negatif.



Rajah 3.1 Molekul air.

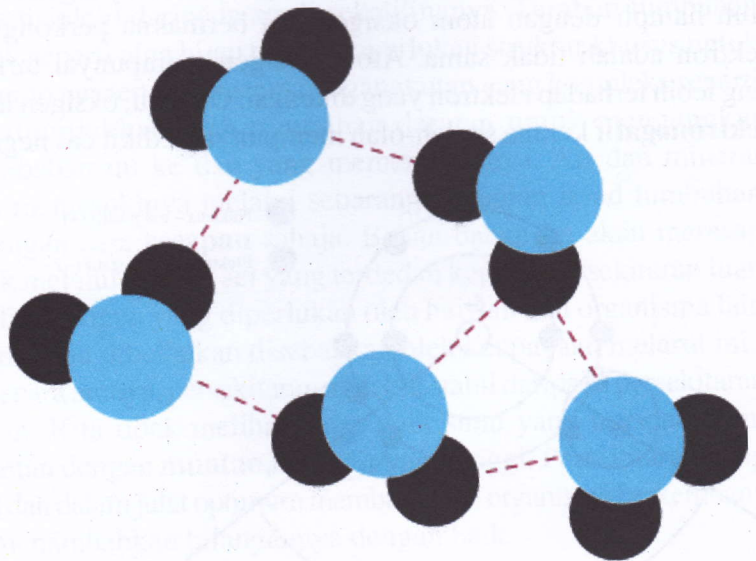
Disebabkan oleh kehilangan sebahagian daripada komplemennya, atom hidrogen pula bertindak seolah-olah membawa sedikit cas positif (Rajah 3.1). Disebabkan taburan cas yang tidak sama, molekul air dikenali sebagai **molekul dwikutub**. Molekul air bertindak sama seperti magnet, satu hujungnya bercas positif dan satu hujung lagi pula bercas negatif.

Sifat dwikutub ini penting kerana membenarkan molekul air membentuk ikatan dengan molekul yang berdekatan. Ikatan ini dikenali sebagai **ikatan hidrogen**. Atom hidrogen yang mempunyai cas positif yang sedikit boleh ditarik secara lemah oleh satu lagi atom oksigen daripada molekul air lain yang mungkin wujud berdekatan memandangkan oksigen ini bercas sedikit negatif (Rajah 3.2). Dengan kata lain, hujung positif (hidrogen) satu molekul air akan tertarik kepada hujung negatif (oksigen) satu molekul air yang lain.

CIRI-CIRI FIZIKAL DAN KIMIA AIR

TINDAKAN MELARUT

Berbanding dengan sebarang cecair lain yang terbentuk secara semula jadi, air boleh melarut lebih banyak bahan. Bahan ini pula

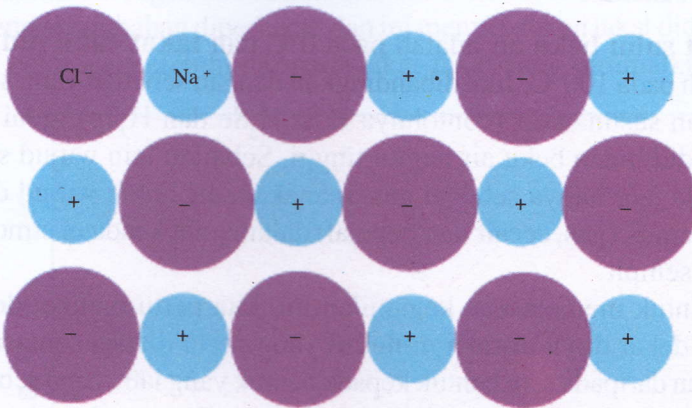


Rajah 3.2 Ikatan hidrogen yang terbentuk antara molekul air dengan molekul air yang berdekatan. (---) mewakili ikatan hidrogen. Atom oksigen berwarna biru, manakala atom hidrogen berwarna hitam.

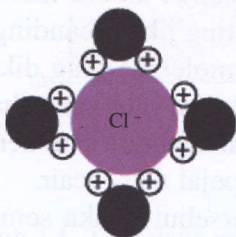
mampu dilarutkan dalam kuantiti yang besar. Disebabkan oleh keupayaan ini, air dikenali sebagai **pelarut semesta**. Keupayaan ini membolehkan tindakan kimia berlaku sama ada di persekitaran akuatik itu sendiri atau lebih penting lagi di persekitaran dalaman, iaitu persekitaran dalam sel tempat sel-sel tumbuhan dan haiwan menjalankan fungsi fisiologi dan pembiakan.

Untuk menjelaskan bagaimana sesuatu bahan itu boleh larut dalam air, kita gunakan NaCl sebagai contoh. Garam biasa (NaCl) apabila dilarutkan dalam air akan terpisah kepada ion Na^+ dan ion Cl^- . Molekul air cenderung berkumpul di sekeliling setiap ion bercas positif, dengan hujung negatif mengarah kepada ion tersebut (Rajah 3.3). Dengan cara yang sama, molekul air juga berkumpul mengelilingi setiap ion bercas negatif dengan hujung positif air mengarah kepada ion tersebut. Keadaan ini dikenali sebagai **sfera terhidrat** dan bertanggungjawab melindungi dan seterusnya

KEADAAN PEPEJAL

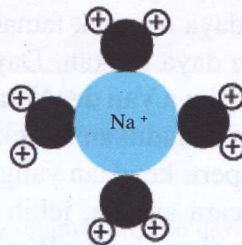


DALAM LARUTAN



Sfera terhidrat

Molekul air



Sfera terhidrat

Rajah 3.3 Pembentukan sfera terhidrat di sekeliling natrium klorida.

menghalang ion-ion daripada bersaling tindak antara satu dengan lain. Keadaan ini juga memaksa ion-ion kekal berselerak di dalam air dan tidak bergabung antara satu dengan lain. Apabila sfera terhidrat ini terbentuk di sekeliling bahan bercas, bahan itu dianggap telah larut di dalam air. Jadi, air bertindak sebagai **pelarut** (cecair yang boleh melarutkan satu atau lebih bahan), manakala bahan yang larut dikenali sebagai **bahan larut**. Kebanyakan molekul yang mempunyai **ikatan ion** berkemampuan untuk larut di dalam air.

Kebanyakan bahan yang larut di dalam air tidak mengalami perubahan kerana air bersifat agak **lengai** dan tidak mengubah bahan larut secara kimia. Sifat ini mempunyai implikasi yang besar terhadap proses fisiologi organisma hidup. Ini bermakna molekul yang diperlukan untuk kehidupan boleh diangkut di dalam darah atau sap dan molekul ini seterusnya boleh disimpan di dalam bentuk larutan, tanpa berubah kepada bahan yang tidak perlu atau toksik.

CIRI TERMA

Takat suhu beku air adalah pada 0°C dan **takat suhu didih** air adalah pada 100°C . Jika dibandingkan dengan sebatian yang serupa dengan susunan air (contohnya H_2S , H_2Se dan H_2Te), nilai takat suhu didih dan beku air begitu tinggi. Sebatian lain wujud secara semula jadi hanya sebagai gas, manakala air boleh wujud dalam tiga bentuk (gas, cecair dan pepejal) dalam julat keadaan atmosfera yang sempit.

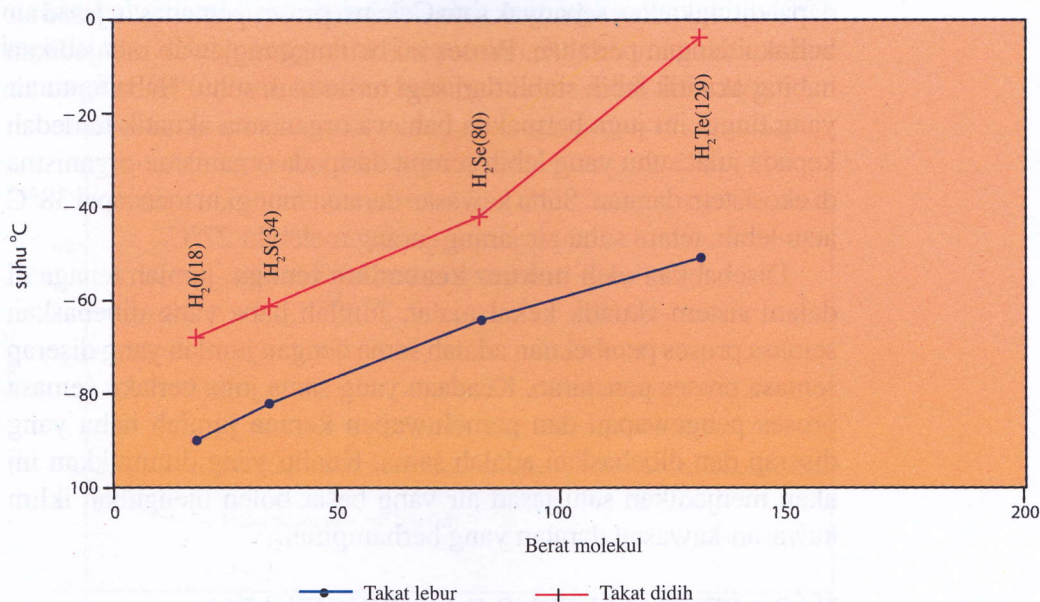
Untuk menjelaskan keganjilan ini, kita perlu melihat dengan lebih dekat **daya antara molekul** yang perlu diatasi semasa perubahan daripada satu bentuk kepada bentuk yang lain. Bagi sebarang sebatian, wujud satu **tarikan elektrostatik** yang lemah antara molekul. Bahagian nukleus satu molekul akan menarik elektron molekul yang lain. Terdapat juga daya tolakan antara molekul, tetapi daya ini agak lemah dan kurang penting jika dibandingkan dengan daya tarikan. Daya tarikan antara molekul, yang dikenal sebagai **daya Van der Waals**, menunjukkan kesan yang ketara hanya apabila kedudukan molekul sangat berdekatan antara satu dengan lain seperti keadaan yang wujud dalam pepejal dan cecair.

Secara amnya, lebih berat molekul tersebut, maka semakin besar tarikan Van der Waals antara setiap molekul sebatian tersebut. Maka, dengan bertambahnya berat molekul, lebih banyak tenaga diperlukan untuk mengatasi tarikan ini sebelum pertukaran bentuk

boleh berlaku. Takat suhu didih dan takat suhu beku sebatian secara amnya meningkat dengan meningkatnya berat molekul.

Sebatian H_2S , H_2Se dan H_2Te mempunyai komposisi molekul yang sama dengan air kerana sebatian-sebatian ini mengandungi dua atom hidrogen dan satu atom unsur yang lain. Berat molekul untuk H_2S ialah 34, manakala berat molekul H_2Se dan H_2Te masing-masing ialah 80 dan 129. Seperti yang diramalkan oleh daya Van der Waals takat beku dan takat didih meningkat dengan meningkatnya berat molekul (Rajah 3.4). Walau bagaimanapun, satu keganjilan dapat dilihat bagi molekul air. Air yang mempunyai berat molekul 18 diramalkan mempunyai takat beku pada -90°C dan takat didih pada -68°C . Namun begitu, kita dapati bahawa air membeku pada suhu 0°C dan mendidih pada suhu 100°C .

Penyimpangan takat beku dan takat didih air ini daripada suhu yang dijangka boleh dijelaskan oleh ciri kutub molekul air dan ikatan hidrogen yang terbentuk. Seperti yang telah dibincangkan, selain daripada ikatan Van der Waals terdapat satu lagi ikatan tambahan, iaitu ikatan hidrogen antara molekul air. Untuk memecahkan ikatan ini, tenaga tambahan diperlukan dan ini menyebabkan takat didih dan takat beku air melebihi daripada takat-takat yang diramalkan.



Rajah 3.4 Takat didih dan takat beku air yang diramalkan oleh daya Van der Waals. Air yang mempunyai berat molekul 18, diramalkan mempunyai takat didih pada -68°C dan takat beku pada -90°C . Tetapi, air mendidih pada 100°C dan membeku pada 0°C dalam keadaan sebenar.

HABA TENTU

Air mempunyai **haba tentu** yang tinggi. Berdasarkan sifat ini, hanya ammonia, hidrogen cecair dan litium mempunyai keupayaan yang mengatasi keupayaan molekul air. Haba tentu yang tinggi yang dimiliki oleh molekul air boleh dikaitkan dengan ikatan hidrogen yang terbentuk antara molekul. Haba tentu boleh ditakrifkan sebagai jumlah haba yang diperlukan untuk meningkatkan satu gram air kepada satu darjah Celcius. Bagi molekul air, haba tentu mengambil nilai 1. Haba tentu bagi sebatian lain diukur sebagai nisbah muatan haba sebatian itu dan muatan haba air.

Suhu merupakan ukuran untuk kadar pergerakan molekul. Setiap bahan menunjukkan perbezaan dari segi pengambilan tenaga untuk mencapai tahap pergerakan molekul yang setara. Bagi air bentuk cecair, ikatan hidrogen antara individu molekul mesti dipecahkan terlebih dahulu dan dihalang daripada dibentuk semula. Selepas proses pemecahan ini barulah molekul boleh bergerak dengan lebih bebas dan seterusnya memperlihatkan peningkatan suhu. Ini dapat menjelaskan mengapa air boleh menyerap haba yang agak banyak tanpa pertambahan suhu yang ketara.

Disebabkan begitu banyak haba perlu diserap sebelum suhu air dapat ditingkatkan sebanyak satu Celcius, proses pemanasan jasad air berlaku dengan perlahan. Proses ini bertanggungjawab menjadikan habitat akuatik lebih stabil dari segi turun naik suhu. Haba tentu air yang tinggi ini juga bermakna bahawa organisma akuatik terdedah kepada julat suhu yang lebih sempit daripada organisma-organisma di ekosistem daratan. Suhu kawasan daratan mungkin mencapai 38°C atau lebih, tetapi suhu air jarang-jarang melebihi 27°C.

Disebabkan oleh **hukum keabadian tenaga**, jumlah tenaga di dalam sistem akuatik kekal malar. Jumlah haba yang dibebaskan semasa proses pembekuan adalah sama dengan jumlah yang diserap semasa proses pencairan. Keadaan yang sama juga berlaku semasa proses pengewapan dan pemeluwapan kerana jumlah haba yang diserap dan dibebaskan adalah sama. Kualiti yang ditunjukkan ini akan menjadikan satu jasad air yang besar boleh mengubah iklim kawasan-kawasan daratan yang berhampiran.

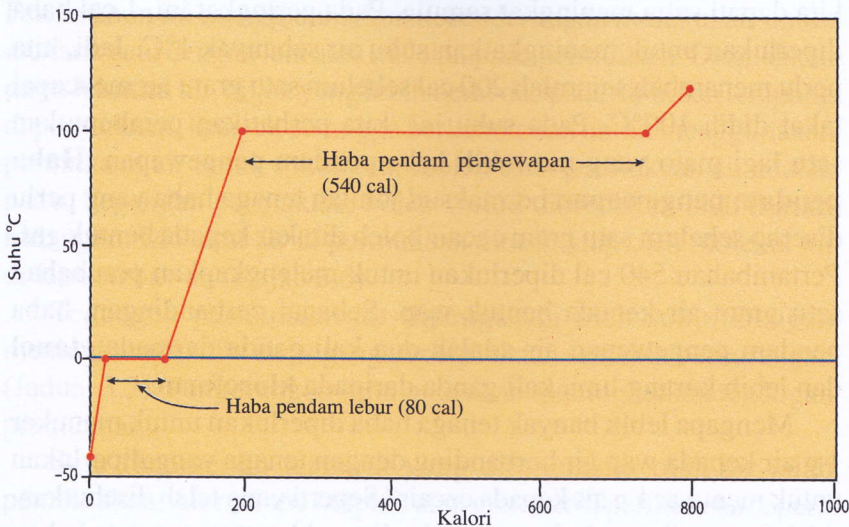
HABA PENDAM LEBUR DAN PENGEWAPAN

Satu ciri yang berkait rapat dengan muatan haba ialah **haba pendam lebur** dan **haba pendam pengewapan**. Penambahan haba secara berterusan kepada sesuatu bahan sama ada dalam bentuk pepejal

atau cecair akan menyebabkan berlakunya perubahan bentuk tersebut. **Takat lebur** (atau takat beku) ialah takat suhu yang berlaku perubahan bentuk pepejal kepada bentuk cecair. Takat suhu apabila cecair berubah kepada bentuk gas disebut **takat didih** (atau takat pengewapcaraan).

Walaupun haba diberi berterusan dan bahan mengalami perubahan bentuk, namun pertambahan suhu pada takat perubahan mungkin tidak dapat dikesan. Tenaga haba yang diterima digunakan untuk memecahkan semua ikatan yang diperlukan untuk melengkapi perubahan bentuk. Apabila perubahan bentuk telah selesai sepenuhnya, barulah suhu meningkat semula. Haba yang diberi kepada 1 g bahan pada takat lebur untuk memecahkan ikatan yang diperlukan untuk melengkapi perubahan bentuk disebut **haba pendam lebur**. Haba yang diberi untuk tujuan yang sama pada takat didih disebut **haba pendam pengewapan**. **Pendam** di sini bermaksud tidak ada perubahan suhu dapat dikesan pada peringkat ini.

Untuk menjelaskan fenomena ini, kita lihat pada pemindahan haba dan perubahan air bentuk pepejal pada suhu -40°C (Rajah 3.5). Katakan kita bermula dengan ais yang mempunyai berat 1 g. Kita mula memberi haba sedikit demi sedikit. Selepas menambah 20 cal haba, suhu ais telah meningkat kepada -40°C kepada 0°C . Haba yang diberi sejumlah 20 cal, manakala suhu meningkat 40°C . Jadi, muatan haba untuk ais ialah 0.5 cal/g .



Rajah 3.5 Haba pendam pengewapan dan haba pendam lebur untuk molekul air.

Sekiranya haba terus ditambah, kita perhatikan bahawa tidak ada pertambahan suhu sehinggalah kita telah menambah sejumlah 100 cal. Kenapa tidak ada pertambahan suhu dengan penambahan 80 cal haba ini? Pada peringkat ini, semua tenaga haba yang ditambah digunakan untuk memecah ikatan yang mengikat molekul air dalam bentuk pepejal. Suhu tidak menunjukkan sebarang perubahan sehingga semua ikatan yang perlu telah dipecahkan dan campuran ais dan air telah bertukar kepada 1 g air. Jumlah haba yang diperlukan untuk menukar 1 g ais kepada 1 g air, iaitu 80 cal merupakan haba pendam lebur dan nilai ini merupakan satu nilai yang tinggi untuk air jika dibandingkan dengan bahan lain.

Ikatan yang dipecahkan untuk menukar kebanyakan bahan daripada pepejal kepada cecair ialah **ikatan Van der Waals**. Bagi air, selain daripada ikatan Van der Waals, **ikatan hidrogen** juga perlu dipecahkan. Walau bagaimanapun, tidak semua ikatan hidrogen harus dipecahkan. Yang diperlukan hanyalah memecahkan struktur ais kepada beberapa kelompok kecil yang dikelilingi oleh setiap molekul air. Hal yang sedemikian akan membolehkan kelompok ais yang tertinggal bergerak secara relatif antara satu dengan lain. Air dalam bentuk cecair, terutamanya pada suhu hampir dengan takat beku, boleh digambarkan sebagai **pseudohablar** memandangkan masih wujud banyak kelompok hablar ais yang kecil terperangkap di dalamnya.

Sekiranya penambahan suhu diteruskan melebihi 100 cal, kita dapati suhu meningkat semula. Pada peringkat ini, 1 cal haba diperlukan untuk meningkatkan suhu air sebanyak 1°C. Jadi, kita perlu menambah sejumlah 200 cal sebelum satu gram air mencapai takat didih 100°C. Pada suhu ini, kita perhatikan pembentukan satu lagi plato yang mewakili haba pendam pengewapan. **Haba pendam pengewapan** bermaksud jumlah tenaga haba yang perlu diserap sebelum satu gram cecair boleh ditukar kepada bentuk gas. Pertambahan 540 cal diperlukan untuk melengkapkan perubahan satu gram air kepada bentuk wap. Sebagai perbandingan, haba pendam pengewapan air adalah dua kali ganda daripada **etanol** dan lebih kurang lima kali ganda daripada **kloroform**.

Mengapa lebih banyak tenaga haba diperlukan untuk menukar 1 g air kepada wap air berbanding dengan tenaga yang diperlukan untuk menukar 1 g ais kepada cecair? Seperti yang telah disebutkan, tidak semua ikatan hidrogen perlu dipecahkan semasa perubahan ais kepada cecair. Untuk menukarkan cecair air kepada air gas, setiap molekul mesti dibebaskan daripada tarikan antara molekul.

Jadi, setiap ikatan hidrogen mesti dipecahkan. Untuk melakukan ini, jumlah tenaga haba yang lebih besar diperlukan.

Perubahan cecair kepada gas di bawah takat didih dikenal sebagai **sejatan**. Pada suhu permukaan, setiap molekul yang telah berubah daripada cecair kepada bentuk gas mempunyai tenaga yang kurang daripada molekul air pada 100°C . Untuk mendapatkan tenaga tambahan yang diperlukan untuk bebas daripada molekul air yang berdekatan, setiap molekul tersebut perlu mendapat tenaga daripada molekul jirannya. Fenomenon ini boleh menerangkan kesan penyejukan semasa proses sejatan berlaku. Molekul yang ditinggalkan telah kehilangan tenaga haba kepada molekul yang bebas sebagai wap. Untuk menghasilkan 1 g air berbentuk wap pada 20°C , 585 cal/g haba diperlukan. Tenaga haba yang tinggi ini diperlukan kerana lebih banyak ikatan hidrogen perlu dipecahkan pada suhu yang lebih rendah.

TEGANGAN PERMUKAAN

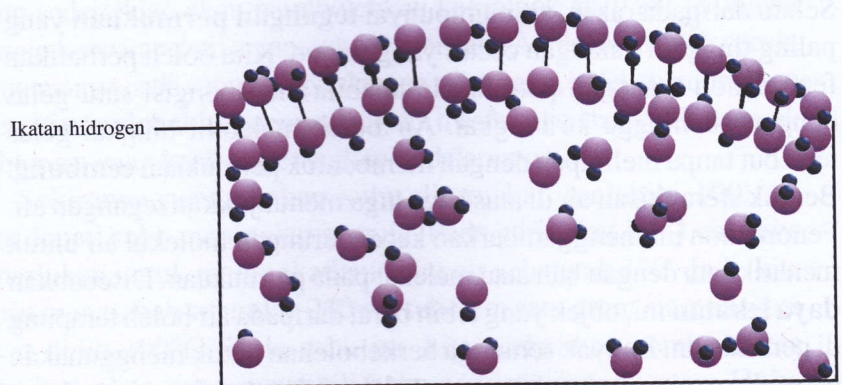
Selain daripada raksa, air mempunyai **tegangan permukaan** yang paling tinggi di kalangan cecair yang wujud. Kita boleh perhatikan fenomena tegangan permukaan apabila kita mengisi satu gelas dengan air hingga ke bingkai. Air boleh melebihi bingkai gelas tersebut tanpa melimpah dengan membentuk permukaan **cembung**. Bentuk sfera titisan air di atas kaca juga menunjukkan tegangan air. Fenomenon ini menggambarkan kecenderungan molekul air untuk menarik satu dengan lain atau melekat pada permukaan. Disebabkan **daya lekatan** ini, objek yang lebih berat daripada air boleh terapung di permukaan. Banyak serangga berkebolehan untuk menggunakan permukaan air untuk sokongan, seolah-olah permukaan air adalah padu. Tegangan permukaan boleh wujud disebabkan oleh **ikatan hidrogen**. Molekul air di permukaan ditarik kuat oleh molekul air di lapisan bawah (Rajah 3.6).

Tegangan permukaan air dipengaruhi oleh suhu. Dengan meningkatnya suhu air, tegangan permukaan semakin berkurangan (Jadual 3.2). Pengurangan suhu pula akan meningkatkan tegangan permukaan.

Satu fenomena menarik yang ditunjukkan oleh air ialah pembasahan. Air mampu berpaut atau melekat di permukaan seperti kaca, bahan organik atau tak organik. Apabila air dicurahkan ke dalam bekas yang dibuat daripada bahan-bahan ini, daya tarikan antara molekul air dengan molekul bahan yang lain (**daya lekitan**)

Jadual 3.2 Perubahan tegangan permukaan mengikut perubahan suhu (menurut Adam, 1937)

Suhu, °C	Tegangan permukaan, Dynes cm ⁻¹
0	75.6
5	74.9
10	74.4
15	73.5
20	72.7
25	72.0
30	71.2
35	70.4
40	69.6



Rajah 3.6 Fenomenon tegangan permukaan yang terbentuk apabila lapisan atas molekul air ditarik dengan kuat oleh lapisan bawah melalui ikatan hidrogen.

akan menyebabkan lapisan tegangan permukaan mengambil bentuk **cengkung**. Sekiranya bekas itu terdiri daripada kaca, bahagian molekul air yang bercas positif akan ditarik oleh atom oksigen kaca tersebut. Disebabkan tarikan atom-atom oksigen ini yang kuat, molekul air mampu memanjat naik bahagian tepi bekas. Namun begitu, molekul air ini ditahan daripada terus memanjat oleh tarikan ikatan hidrogen antara individu molekul air di lapisan bawah. Sebenarnya, sekiranya diameter bekas dikurangkan menjadi sangat kecil, **daya lekitan** antara molekul air dengan bekas kaca

akan menarik terus air ke satu ketinggian tertentu. Fenomenon ini dikenal sebagai **tindakan kapilari**.

KELIKATAN

Kelikatan bermaksud sebarang rintangan dalaman terhadap pengaliran dan merupakan ciri yang dipunyai oleh semua cecair. Jika dibandingkan dengan kebanyakan cecair, air menunjukkan rintangan yang tinggi terhadap pengaliran. Rintangan ini disebabkan oleh jumlah tenaga yang besar yang terkandung dalam ikatan hidrogen molekul air. Kelikatan yang tinggi ini mempunyai kesan positif dan juga kesan negatif kepada biota dengan mempengaruhi kelakuan, morfologi dan penggunaan tenaga oleh organisma akuatik. Bagi organisma yang besar dan berenang bebas, kelikatan ini memberi satu bentuk halangan kepada pergerakan. Kebanyakan ikan perlu bergerak pantas untuk mencari makanan dan juga untuk mengelakkan pemangsa. Disebabkan kelikatan air, keupayaan ikan untuk bergerak ke hadapan dan pantas dibatasi. Setiap pergerakan ke hadapan bermakna ikan terpaksa berhadapan dengan kepayahan yang terbentuk hasil daripada pergeseran nekton ini dengan air. Salah satu cara untuk mengatasinya adalah dengan menghasilkan pergerakan lalu arus. Bentuk **fusiform** ikan menggambarkan penyesuaian untuk mencapai maksud **lalu arus** yang membolehkan organisma bergerak dengan pantas.

Bagi organisma yang terampai, kelikatan yang tinggi memberi kebaikan kerana ciri-ciri ini menyebabkan plankton mudah mengekalkan kedudukan di permukaan air yang bercahaya. Kelikatan air mengurangkan kecenderungan organisma tersebut daripada tenggelam dengan meningkatkan rintangan geseran antara organisma-organisma ini dengan molekul air. Namun begitu, ciri-ciri air ini menunjukkan hubungan songsang dengan suhu air kerana pada suhu air yang rendah, kelikatan air adalah tinggi; pada suhu tinggi pula, kelikatan air adalah rendah (Jadual 3.3).

Disebabkan kelikatan menurun dengan peningkatan suhu, kita dapati bahawa organisma yang hidup terampai di kawasan panas menunjukkan penyesuaian yang bersesuaian dengan ciri-ciri air ini. Zooplankton dan fitoplankton di kawasan tropika mempunyai appendaj dan unjuran (seta) yang pelbagai bentuk jika dibandingkan dengan organisma ini di kawasan temperat. Struktur ini dapat membantu organisma tersebut terampai di air tropika yang kurang daya kelikatan

Jadual 3.3 Hubungan antara kelikatan dengan suhu

Suhu, °C	Kelikatan, cP
0	1.79
5	1.52
10	1.31
15	1.14
20	1.00
25	0.89
30	0.80
35	0.72
40	0.65

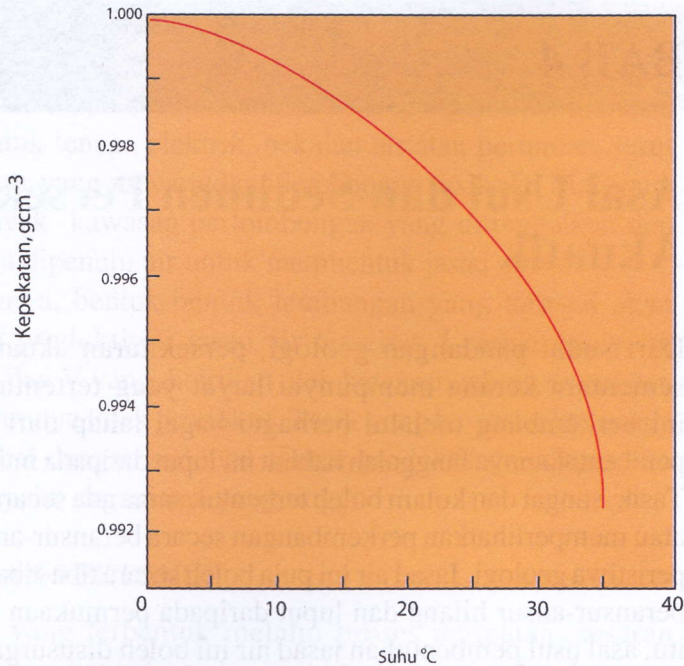
dengan meningkatkan luas permukaan. Sebagai perbandingan, plankton di kawasan temperat pula tidak memerlukan penyesuaian. Pada amnya, plankton di temperat mempunyai morfologi yang mudah dan ringkas tanpa unjuran yang berlebihan.

KUALITI KETUMPATAN

Ketumpatan ditakrifkan sebagai berat per unit isi padu dan selalunya diungkapkan sebagai gram sentimeter padu (g/cm^3).

Kebanyakan cecair mengecut dan menjadi lebih berat semasa disejukkan kerana jumlah molekul yang sama menduduki ruang yang lebih kecil. Bentuk pepejal bahan ini menjadi lebih berat daripada bentuk cecair. Air bertindak agak berbeza. Semasa suhu air berkurangan, ketumpatan air meningkat. Ini berlaku hanya apabila suhu turun sehingga mencapai 3.98°C , iaitu suhu apabila ketumpatan adalah pada peringkat maksimum. Semasa suhu air dikurangkan daripada 3.98°C kepada 0°C , ketumpatan mulai menurun (Rajah 3.7).

Kualiti ketumpatan air ini boleh diterangkan oleh struktur molekul air dan ikatan hidrogen. Semasa suhu diturunkan daripada 20°C , molekul air yang tidak terikat menduduki isi padu yang lebih kecil, iaitu ciri-ciri yang sama yang ditunjukkan oleh cecair lain. Walau bagaimanapun, semasa suhu menghampiri takat beku di bawah 3.98°C , pengurangan isi padu diganggu oleh satu lagi fenomena lain. **Hablur ais** yang mempunyai struktur segi enam



Rajah 3.7 Perubahan ketumpatan mengikut suhu. Ketumpatan maksimum 1.000 gcm⁻³ berlaku pada suhu 3.98°C.

yang terbuka wujud dengan banyak. Kadar pertambahan hablur ais yang tinggi semasa suhu menghampiri takat beku menerangkan pengurangan ketumpatan air di bawah 3.98°C.

Ais yang terbentuk adalah 8% lebih ringan daripada air dalam bentuk cecair. Walaupun perkara ini aneh, tetapi merupakan rahmat bagi organisma hidup. Tanpa hubungan suhu ketumpatan yang unik ini, ais akan tenggelam apabila terbentuk dan keseluruhan jasad air akan membeku dari permukaan hingga ke dasar. Jika keadaan ini berlaku, habitat akuatik tidak dapat menampung sebarang kehidupan pada musim sejuk. Tetapi disebabkan ais lebih ringan daripada air cecair, maka ais hanya wujud dan terapung di permukaan tasik dan organisma lain dapat meneruskan kehidupan di bawah lapisan ais ini.

Selain daripada suhu, ketumpatan air juga dipengaruhi oleh garam terlarut. Kewujudan garam terlarut meningkatkan ketumpatan air. Ketumpatan air tulen ialah 1.000 dan air laut biasa (35 ppm) ialah 1.02822.