

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Air

Air adalah zat atau unsur yang paling penting bagi semua bentuk kehidupan yang diketahui sampai saat ini di bumi, air merupakan zat cair yang tidak mempunyai rasa, warna dan bau (Etnize, 2010).

Air dapat berupa air tawar (*fresh water*) dan air asin (air laut) yang merupakan bagian terbesar di bumi ini. Di dalam lingkungan alam proses, perubahan wujud, gerakan aliran air (di permukaan tanah, di dalam tanah, dan di udara) dan jenis air mengikuti suatu siklus keseimbangan dan dikenal dengan istilah siklus hidrologi. Air laut merupakan air yang berasal dari laut, memiliki rasa asin, dan memiliki kadar garam (salinitas) yang tinggi, dimana rata-rata air laut di lautan dunia memiliki salinitas sebesar 35. Hal ini berarti untuk setiap satu liter air laut terdapat 35 gram garam yang terlarut di dalamnya. Kandungan garam-garaman utama yang terdapat dalam air laut antara lain klorida (55%), natrium (31%), sulfat (8%), magnesium (4%), kalsium (1%), potasium (1%), dan sisanya (kurang dari 1%) terdiri dari bikarbonat, bromida, asam borat, strontium, dan florida, sedangkan air tawar merupakan air dengan kadar garam dibawah 0,5 ppt.

2.2 Karakteristik Air

2.2.1 Karakteristik Air Berdasarkan Parameter Fisik

Karakteristik air berdasarkan parameter fisik terdiri dari:

A. Suhu

Suhu suatu badan air dipengaruhi oleh musim, lintang (*latitude*), ketinggian dari permukaan laut (*altitude*), waktu, sirkulasi udara, penutupan awan, aliran, serta kedalaman. Perubahan suhu mempengaruhi proses fisika, kimia, dan biologi badan air. Suhu berperan dalam mengendalikan kondisi ekosistem perairan.

Peningkatan suhu mengakibatkan peningkatan viskositas, reaksi kimia, evaporasi, volatilisasi, serta menyebabkan penurunan kelarutan gas dalam air (gas O₂, CO₂, N₂, CH₄, dan sebagainya). Peningkatan suhu juga menyebabkan terjadinya peningkatan dekomposisi bahan organik oleh mikroba. (Haslam, 1995 dalam Effendi, 2003).

B. Warna

Warna air sebenarnya terdiri dari warna asli dan warna tampak. Warna asli atau *true color* adalah warna yang disebabkan oleh substansi terlarut. Warna pada air di laboratorium diukur berdasarkan warna standar yang telah diketahui konsentrasinya. Intensitas warna ini dapat diukur dengan satuan unit standar yang dihasilkan oleh dua mg/l platina. Standar yang ditetapkan di Indonesia besarnya maksimal lima unit (Sutrisno, 2004).

C. Bau dan Rasa

Bau dan rasa pada air minum akan mengurangi penerimaan penduduk terhadap air tersebut. Bau dan rasa biasanya terjadi bersama-sama. Timbulnya rasa pada air minum berkaitan erat dengan bau pada air minum. Pengukuran rasa dan bau tergantung pada reaksi individual sehingga hasil yang dilaporkan tidak mutlak. Standar persyaratan air minum yang menyangkut bau dan rasa yang menyatakan bahwa dalam air minum tidak boleh terdapat bau dan rasa yang tidak diinginkan (Sutrisno, 2004).

E. Kekeruhan

Kekeruhan merupakan sifat optik dari suatu larutan yang menyebabkan cahaya yang melaluinya terabsorpsi dan terbias dihitung dalam satuan mg/l SiO₂, unit kekeruhan nephelometri (UKN). Air akan dikatakan keruh apabila air tersebut mengandung begitu banyak partikel bahan yang tersuspensi, sehingga memberikan wana atau rupa yang berlumpur atau kotor (Sutrisno, 2004).

2.2.2 Karakteristik Air Berdasarkan Parameter Kimia

A. Derajat keasamaan (pH)

pH merupakan istilah yang digunakan untuk menyatakan intensitas keadaan asam atau basa suatu larutan. Standar kualitas air minum dalam pH ini yaitu bahwa pH yang lebih kecil dari 6,5 dan lebih besar dari 9,2 (Sutrisno, 2004).

B. *Calcium*

Calcium merupakan sebagian dari komponen yang menyebabkan kesadahan. Efek yang ditimbulkan oleh kesadahan antara lain: timbulnya lapisan kerak pada ketel-ketel pemanas air, pada perpipaan serta menimbulkan efektifitas dari kerja sabun, dimana telah ditetapkan oleh Departemen Kesehatan Indonesia sebesar 75 – 200 mg/l. Konsentrasi Ca dalam air minum yang lebih rendah dari 75 mg/l dapat menyebabkan tulang rapuh sedangkan konsentrasi yang lebih tinggi dari 200 mg/l dapat menyebabkan korosi pada pipa air (Sutrisno, 2004).

C. Zat Organik

Bahan – bahan zat organik yang berada di dalam air erat hubungannya dengan terjadinya perubahan fisika air, terutama dengan warna, bau, rasa dan kekeruhan yang tidak diinginkan. Standar kandungan bahan organik dalam air minum sesuai Departemen Kesehatan Indonesia maksimal yang diperbolehkan adalah 10 mg. Pengaruh terhadap kesehatan yang dapat ditimbulkan penyimpangan terhadap standar ini yaitu timbulnya bau yang tidak sedap pada air minum (Sutrisno, 2004).

D. Besi (Fe)

Unsur besi yang berada di dalam air diperlukan untuk memenuhi kebutuhan tubuh akan unsur tersebut. Zat besi merupakan suatu unsur yang penting dan berguna untuk metabolisme tubuh, dimana tubuh memerlukan (7-35) mg/hari yang tidak hanya diperoleh dalam air. Konsentrasi unsur ini dalam air yang melebihi 2 mg/l akan menimbulkan noda-noda pada peralatan dan bahan-bahan yang berwarna putih (Sutrisno, 2004).

E. Tembaga (Cu)

Tembaga merupakan salah satu unsur yang paling berguna untuk metabolisme. Konsentrasi 1 mg/l merupakan batas konsentrasi tertinggi tembaga untuk mencegah rasa yang tidak baik. Konsentrasi standar maksimum yang ditetapkan oleh Departemen Kesehatan Indonesia untuk Cu ini sebesar 0,05 mg/l untuk batas minimum yang dianjurkan dan sebesar 1,5 mg/l sebagai batas maksimal yang diperbolehkan. (Sutrisno, 2004).

2.3 Karakteristik Air Minum

Air minum adalah air yang digunakan untuk konsumsi manusia. Menurut departemen kesehatan, syarat-syarat air minum adalah tidak berasa, tidak berbau, tidak berwarna, tidak mengandung mikroorganisme yang berbahaya dan tidak mengandung logam berat. Air minum adalah air yang melalui proses pengolahan ataupun tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum.

Air dari sumber alam dapat diminum oleh manusia tetapi masih terdapat risiko bahwa air ini telah tercemar oleh bakteri (misalnya *Escherichia coli*) atau zat berbahaya.

Bakteri dapat dibunuh dengan memasak air hingga 100°C. Saat ini terdapat krisis air minum di berbagai negara berkembang di dunia akibat jumlah penduduk yang terlalu banyak dan pencemaran air.

Dari Tabel 1 dapat dilihat persyaratan air minum menurut Standar Nasional Indonesia (SNI), dimana standar ini merupakan revisi yang ketiga dengan perubahan pada persyaratan mutu air minum dalam kemasan yang meliputi dua kategori yaitu, air mineral dan air demineral. Maksud dan tujuan penyusunan standar ini adalah sebagai acuan sehingga air minum dalam kemasan yang beredar dipasaran dapat terjamin mutu dan kemasannya.

Tabel 1 Persyaratan mutu air minum dalam kemasan sesuai syarat mutu SNI 01-3553-2006

Nomor	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan	
			Air Mineral	Air Demineral
1.	Keadaan		Tidak berbau	
1.1	Bau		Normal	
1.2	Rasa			
1.3	Warna	UnitPt-Co	Maks 5	
2.	Ph	-	6,0 – 8,5	5,0 – 7,5
3.	Kekeruhan	NTU	maks. 1,5	maks. 1,5
4.	Zat yang terlarut	mg/l	maks. 500	maks. 10
5.	Zat organik (angka KmnO ₄)	mg/l	maks. 1,0	-
6.	Total organik karbon	mg/l	-	maks. 0,5
7.	Nitrat (sebagai NO ₃)	mg/l	maks. 45	-
8.	Nitrit (sebagai NO ₂)	mg/l	maks. 0,005	-
9.	Amonium (NH ₄)	mg/l	maks. 0,15	-
10.	Sulfat (SO ₄)	mg/l	maks. 200	-
11.	Klorida (Cl)	mg/l	maks. 250	-
12.	Fluorida (F)	mg/l	maks. 1	-
13.	Sianida (CN)	mg/l	maks. 0,05	-
14.	Besi (Fe)	mg/l	maks. 0,1	-
15.	Mangan (Mn)	mg/l	maks. 0,05	-
16.	Klor bebas (Cl ₂)	mg/l	maks. 0,1	-
17.	Kromium (Cr)	mg/l	maks. 0,05	-
18.	Barium (Ba)	mg/l	maks. 0,7	-
19.	Boron (B)	mg/l	maks. 0,3	-
20.	Selenium (Se)	mg/l	maks. 0,01	-
21.	Cemaran Logam			maks.0,005
21.1	Timbal (Pb)	mg/l	maks.0,005	maks 0,5
21.2	Tembaga (Cu)	mg/l	maks 0,5	maks 0,003
21.3	Kadmium (Cd)	mg/l	maks 0,003	maks 0,001
21.4	Raksa (Hg)	mg/l	maks 0,001	maks 0,025
21.5	Perak (Ag)	mg/l	-	maks 0,01
21.6	Kobalt (Co)	mg/l	-	
	Cemaran arsen	mg/l	maks.0,01	maks.0,01
	Cemaran mikroba :	Koloni/ml		
	Angka lempeng total awal di pabrik	Koloni/ml	maks.1,0x 10 ²	maks.1,0x10 ²
	Angka lempeng total akhir di pasaran	APM/10ml	maks.1,0x 10 ⁵	maks.1,0x10 ⁵
	Bakteri bentuk koli	-	<2	<2
	Salmonella	Koloni/ml	Negatif/100ml	Negatif/100ml
	Pseudomonas aeruginosa		Nol	Nol

Sumber:BadanStandarisasiNasional

2.4 Proses Pengolahan Air

2.4.1 Koagulasi

Koagulasi merupakan proses penggumpalan partikel koloid dikarenakan penambahan bahan kimia sehingga partikel-partikel tersebut bersifat netral dan membentuk endapan dengan gaya gravitasi. Menurut Ebeling dan Ogden (2004), koagulasi merupakan proses menurunkan atau menetralkan muatan listrik pada partikel-partikel tersuspensi. Muatan-muatan listrik yang sama pada partikel-partikel kecil dalam air menyebabkan partikel-partikel tersebut saling menolak sehingga membuat partikel-partikel koloid kecil terpisah satu sama lain dan menjaganya tetap berada dalam suspensi. Proses koagulasi berfungsi untuk menetralkan atau mengurangi muatan negatif pada partikel sehingga memungkinkan gaya tarik Van Der Waals untuk mendorong terjadinya agregasi koloid dan zat-zat tersuspensi halus untuk membentuk *microfloc*. Untuk menjamin proses koagulasi yang efisien pada dosis bahan kimia yang minimal maka koagulant harus dicampur secara cepat dengan air, dengan pengaduk yang cepat zat pengendap akan terbagi rata didalam air sebelum pengendapan selesai.

Faktor – faktor yang mempengaruhi koagulasi :

1. Pemilihan bahan kimia

Untuk melaksanakan pemilihan bahan kimia, perlu pemeriksaan terhadap karakteristik air baku yang akan diolah, yaitu :

- a. Suhu, dimana suhu yang rendah memberikan efek yang merugikan terhadap efisiensi semua proses pengolahan. Semakin rendah temperatur, maka membutuhkan waktu kontak yang lebih lama karena mempengaruhi pembentukan flok-flok agar cepat mengendap di bak pengendap.
- b. pH , pada kondisi ekstrim baik tinggi maupun rendah, pH dapat berpengaruh terhadap koagulasi karena sifat kimia koagulan yang tergantung pada pH. pH optimum bervariasi tergantung jenis koagulan yang digunakan, namun umumnya pH maksimal adalah 7,5.
- c. Alkalinitas yang rendah membatasi reaksi ini dan menghasilkan koagulasi yang kurang baik, pada kasus demikian mungkin memerlukan

penambahan alkalinitas ke dalam air, melalui penambahan bahan kimia alkali/basa (kapur atau soda abu).

- d. Kekeruhan, dimana semakin rendah kekeruhan maka semakin sukar pembentukan flok. Semakin sedikit partikel, semakin jarang terjadi tumbukan antar partikel/flok, oleh karena itu makin sedikit kesempatan flok berakumulasi.
- e. Warna, dimana berindikasi kepada senyawa organik, dimana zat organik bereaksi dengan koagulan menyebabkan proses koagulasi terganggu selama zat organik tersebut berada di dalam air baku dan proses koagulasi semakin sukar tercapai.

2. Penentuan dosis optimum koagulan

Untuk memperoleh koagulasi yang baik, dosis optimum koagulan harus ditentukan. Dosis optimum mungkin bervariasi sesuai dengan karakteristik dan

seluruh komposisi kimiawi di dalam air baku, tetapi biasanya dalam hal ini fluktuasi tidak besar, hanya pada saat-saat tertentu dimana terjadi perubahan kekeruhan yang drastis (waktu musim hujan/banjir) perlu penentuan dosis optimum berulang-ulang.

2.4.1.1 Koagulan

Koagulan adalah bahan kimia yang ditambahkan untuk mendestabilisasi partikel koloid dalam air limbah agar flok dapat terbentuk. Senyawa koagulan adalah senyawa yang mempunyai kemampuan mendestabilisasi koloid dengan cara menetralkan muatan listrik pada permukaan koloid sehingga koloid dapat bergabung satu sama lain membentuk flok dengan ukuran yang lebih besar sehingga mudah mengendap.

Waktu penambahan bahan-bahan kimiawi pengkondisi dan koagulan terbukti sangat penting dan biasanya sangat menentukan keefektifan performa unit sedimentasi, filtrasi dan kualitas air akhir. Koagulan berbasis besi cenderung lebih mahal pada basis dosis ekuivalen per kilogramnya. Koagulan-koagulan ini juga mengambil lebih banyak alkalinitas sehingga cenderung menurunkan pH air yang diolah lebih besar. Sebagian berpendapat bahwa koagulan berbasis besi menghasilkan flok dengan bentuk yang membuatnya lebih sulit untuk mengendap. Koagulan ini sangat korosif dan ketika terjadi tumpahan atau kebocoran akan meninggalkan noda karat yang berwarna merah darah (Gebbie 2005).

2.4.1.2 PAC (*Poly Aluminium Chloride*)

PAC adalah polimer aluminium yang merupakan jenis koagulan baru sebagai hasil riset dan pengembangan teknologi pengolahan air. Sebagai unsur dasarnya adalah aluminium dan aluminium ini berhubungan dengan unsur lain membentuk unit yang berulang dalam suatu ikatan rantai molekul yang cukup panjang. Dengan demikian PAC menggabungkan netralisasi dan kemampuan menjembatani partikel-partikel koloid sehingga koagulasi berlangsung lebih efisien. PAC memiliki rumus kimia umum $Al_nCl_{(3n-m)}(OH)_m$, dimana yang paling umum dalam pengolahan air adalah $Al_{12}Cl_{12}(OH)_{24}$.

PAC memiliki rantai polimer yang panjang, muatan listrik positif yang tinggi dan memiliki berat molekul yang besar, PAC memiliki koefisien yang tinggi sehingga dapat memperkecil flok dalam air yang dijernihkan meski dalam dosis yang berlebihan. PAC lebih cepat membentuk flok daripada koagulan biasa, hal ini dikarenakan PAC memiliki muatan listrik positif yang tinggi sehingga PAC dapat dengan mudah menetralkan muatan listrik pada permukaan koloid dan dapat mengatasi serta mengurangi gaya tolak menolak elektrostatis antar partikel sampai sekecil mungkin yang memungkinkan partikel – partikel koloid tersebut saling mendekat (gaya tarik menarik kovalen) dan membentuk gumpalan / massa yang lebih besar (Malhotra, 1994).

Pada penggunaannya, PAC tidak keruh bila digunakan berlebih, sedangkan koagulan utama (seperti aluminium sulfat, besi klorida dan ferro sulfat) berlebihan akan membuat air keruh, akibat dari flok yang berlebihan. Maka penggunaan PAC dibidang penjernihan air lebih praktis, dimana PAC lebih cepat membentuk flok daripada koagulan biasa.

Sifat – sifat PAC :

- a. Titik beku = -18°C
- b. Boiling point = 178°C
- c. Rumus empiris = $(\text{Al}_2(\text{OH})_{6-n})_m$ dengan $1 < n < 5$ dan $m < 10$
- d. Specific gravity = 1,19 (20°C) (Oktania, 2005).

Aplikasi PAC pada dasarnya dibagi menjadi 2 bagian, yaitu :

- a. Pada pemrosesan air permukaan untuk keperluan air bersih, air minum dan air untuk proses industri (PDAM, industri kertas, industri textile, industri baja, industri kayu, dll).
- b. Pada pemrosesan limbah cair industri, antara lain : industri pulp dan kertas, Industri textile, industri gula, industri makanan, dan lain – lain.

2.4.1.3 Batu Kapur (CaCO_3)

Batu kapur (gamping) dapat terjadi dengan beberapa cara, yaitu secara organik, secara mekanik, atau secara kimia. Sebagian besar batu kapur yang terdapat di alam terjadi secara organik, jenis ini berasal dari pengendapan cangkang/rumah kerang dan siput, foraminifera atau ganggang, atau berasal dari kerangka binatang koral/kerang. Batu kapur dapat berwarna putih susu, abu muda, abu tua, coklat bahkan hitam, tergantung keberadaan mineral pengotornya.

Mineral karbonat yang umum ditemukan berasosiasi dengan batu kapur adalah aragonit yang merupakan mineral *metastable* karena pada kurun waktu tertentu dapat berubah menjadi kalsit. Mineral lainnya yang umum ditemukan berasosiasi dengan batu kapur atau dolomit, tetapi dalam jumlah kecil adalah Siderit (FeCO_3), ankererit ($\text{Ca}_2\text{MgFe}(\text{CO}_3)_4$), dan magnesit (MgCO_3).

Batu kapur berfungsi untuk pengendapan (berperan sebagai koagulan) dan juga berfungsi untuk menaikkan pH air, tetapi tidak berfungsi untuk membunuh kuman, virus dan bakteri.

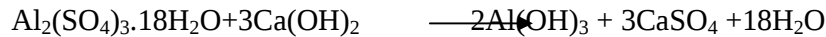
2.4.1.4 Aluminium Sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)

Alum merupakan salah satu koagulan yang paling lama dikenal dan paling luas digunakan. Alum padat akan langsung larut di dalam air, tetapi larutannya bersifat korosif terhadap aluminium, besi dan beton sehingga tangki-tangki dari bahan tersebut membutuhkan lapisan pelindung. Alum juga membentuk koloidal $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang dapat mengadsorpsi zat-zat warna atau zat-zat pencemar seperti detergen dan pestisida. Ketika ditambahkan ke dalam air, alum bereaksi dengan air menghasilkan ion-ion bermuatan positif. Ion-ion bermuatan +4 tetapi secara tipikal bermuatan +2 (bivalen). Ion-ion bivalen 30-60 kali lebih efektif dalam menetralkan muatan-muatan partikel dibanding ion-ion yang bermuatan +1 (monovalen) (Rosariawari, 2010).

Aluminium sulfat memerlukan alkalinitas (seperti kalsium bikarbonat) dalam air agar terbentuk flok:



Bila alkalinitas alamnya kurang, perlu dilakukan penambahan $\text{Ca}(\text{OH})_2$



2.4.2 Filtrasi

Filtrasi merupakan proses pemisahan antara padatan/koloid dengan suatu cairan. Penyaringan air ialah yang mengandung padatan dengan ukuran seragam dapat digunakan saringan medium tunggal, sedangkan untuk penyaringan air yang mengandung padatan dengan ukuran yang berbeda dapat digunakan tipe saringan multi medium.

Media filter atau saringan digunakan karena merupakan alat filtrasi atau

penyaring memisahkan campuran solid aliquid dengan media porous atau material porous lainnya yang digunakan untuk memisahkan sebanyak mungkin padatan tersuspensi yang paling halus. Penyaringan ini merupakan proses pemisahan antara padatan atau koloid dengan cairan, dimana prosesnya bisa dijadikan sebagai proses awal (*primary treatment*) dikarenakan juga karena airolahannya akan disaring berupa cairan yang mengandung butiran halus atau bahan-bahan yang larut dan menghasilkan endapan, maka bahan-bahan tersebut dapat dipisahkan dari cairan melalui filtrasi (Kusnaedi, 1995).

Pemilihan bahan penjernih air yang menggunakan cara penyaringan akan menentukan baik tidaknya hasil penjernihan air yang akan kita gunakan. Bahan penyaring adalah suatu material yang digunakan untuk menyerap berbagai kotoran, zat kimia, dan polutan lain yang ada di dalam air. Bahan penyaring dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu bahan alami dan bahan buatan. Bahan-bahan alami yang biasanya digunakan adalah ijuk, pasir/pasir silika, arang/*carbon active*, kerikil, pasir, zeolit (Gambar 1), dimana masing-masing bahan tersebut memiliki fungsi masing-masing (Wijaya, 2012), yaitu :

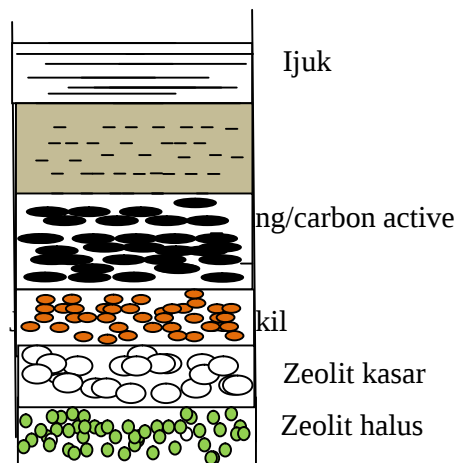
- a. Ijuk: berfungsi sebagai penyaring kotoran halus pada air
- b. Pasir: berfungsi untuk mengendapkan kotoran halus yang belum tersaring
- c. Arang: berfungsi untuk menghilangkan bau dan rasa yang ada pada air
- d. Kerikil: berfungsi sebagai penyaring kotoran-kotoran pada air dan membantu proses aerasi

Selain bahan alami, bahan penyaring ada yang buatan atau hasil rekayasa, dimana beberapa bahan buatan yang dapat digunakan untuk menyaring air adalah sebagai berikut:

- a. Pasir aktif biasanya berwarna hitam dan digunakan untuk menyaring air

sumur bor dan sejenisnya.

- b. Resin *softener* berguna untuk menurunkan kandungan kapur dalam air.
- c. Resin kation biasa digunakan untuk industri air minum, baik usaha air minum isi ulang maupun pabrik air minum dalam kemasan.
- d. Pasir *zeolit* berfungsi untuk penyaringan air dan mampu menambah oksigen dalam air.
- e. Pasir *mangan* berwarna merah dan digunakan untuk menurunkan kadar zat besi atau logam berat dalam air.
- f. Pasir *silika* digunakan untuk menyaring lumpur, tanah, dan partikel besar atau kecil dalam air dan biasa digunakan untuk penyaringan tahap awal.
- g. Karbon aktif atau arang aktif adalah jenis *karbon* yang memiliki luas permukaan yang besar sehingga dapat menyerap kotoran dalam air dan dapat menghilangkan klorin bebas dan senyawa organik yang menyebabkan bau, rasa dan warna dalam air.



Gambar 1. Susunan *filter*

2.4.3 Evaporasi

Evaporasi adalah peristiwa menguapnya pelarut dari campuran yang terdiri atas zat terlarut yang tidak mudah menguap dan pelarut yang mudah menguap. Dalam kebanyakan proses evaporasi, pelarutnya adalah air. Tujuan dari evaporasi adalah memekatkan konsentrasi larutan sehingga didapatkan larutan dengan konsentrasi yang lebih tinggi (Ujang 2010).

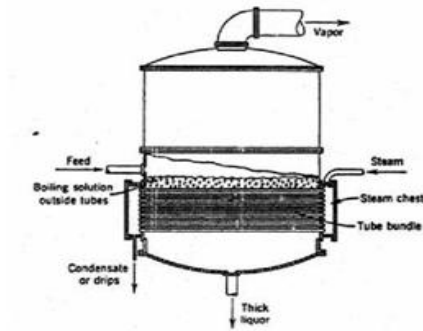
Evaporasi dapat didefinisikan dalam dua kondisi, yaitu evaporasi yang berarti proses penguapan yang terjadi secara alami dan evaporasi yang dimaknai proses penguapan yang timbul akibat diberikan uap panas (*steam*) dalam suatu peralatan. Evaporasi dapat diartikan sebagai proses penguapan daripada *liquid* (cairan) dengan penambahan panas (Robert B. Long, 1995). Panas dapat disuplai dengan berbagai cara, diantaranya secara alami dan penambahan *steam*. Evaporasi didasarkan pada proses pendidihan secara intensif yaitu pemberian panas ke dalam cairan, pembentukan gelembung-gelembung (*bubbles*) akibat uap, pemisahan uap dari cairan, dan mengkondensasikan uapnya. Evaporasi atau penguapan juga dapat didefinisikan sebagai perpindahan kalor ke dalam zat cair mendidih (Warren L. McCabe, 1999).

Pada proses evaporasi, biasanya zat cair pekat yang dihasilkan adalah produk dari proses evaporasi dan uapnya dikondensasi untuk kemudian dibuang. Tetapi bisa pula sebaliknya, air yang mengandung mineral seringkali di-evaporasi untuk mendapatkan air yang bebas zat padat terlarut, seperti pada penguapan air laut.

Evaporasi tidak sama dengan pengeringan, dalam evaporasi sisa penguapan adalah zat cair, kadang-kadang zat cair yang sangat viskos dan bukan zat padat. Begitu pula evaporasi berbeda dengan distilasi, karena disini uapnya biasanya komponen tunggal, dan walaupun uap itu merupakan campuran, dalam proses evaporasi ini tidak ada usaha untuk memisahkannya menjadi fraksi-fraksi karena dalam distilasi, uap yang dihasilkan masih memiliki komponen yang lebih dari satu dan dalam evaporasi, zat cair pekat itulah yang merupakan produk yang berharga dan uapnya biasanya dikondensasikan dan dibuang.

Evaporasi merupakan satu unit operasi yang penting dan banyak dipakai dalam industri kimia dan mineral. Evaporasi merupakan proses pemekatan cairan

dengan memberikan panas pada cairan tersebut dengan menggunakan energi yang intensif yaitu sejumlah uap sebagai sumber panas. Evaporator adalah alat yang banyak digunakan dalam industri kimia untuk memekatkan suatu larutan. Terdapat banyak tipe evaporator yang dapat digunakan dalam industri kimia, salah satunya yaitu evaporator tabung horizontal (Gambar 2).



Gambar 2 Evaporator tabung horizontal

Sumber: <http://www.scribd.com/doc/15812827/Evaporators>

Dapat dilihat contoh evaporator tabung horizontal diatas. Evaporator ini memiliki tabung yang tidak terlalu tinggi, tetapi berbentuk horizontal sehingga mempunyai ukuran yang lebih lebar dibandingkan dengan evaporator jenis lainnya. Evaporator tabung horizontal biasanya digunakan untuk kapasitas yang kecil dan untuk mengevaporasikan larutan yang encer dan larutan ini tidak berbusa dan tidak meninggalkan deposit padatan pada tabung evaporator.

2.5 Air Laut

Air laut adalah larutan yang memiliki kandungan berbagai garam-garaman. Unsur kimia yang tergabung dalam larutan air laut itu ialah Klor (Cl) 55%, Natrium (Na) 31%, kemudian Magnesium (Mg), Kalsium (Ca), Belerang (S), dan Kalium (K). Selain itu, dalam jumlah kecil terdapat juga Bromium (Br), Karbon (C), Strontium (Sr), Barium (Ba), Silikon (Si), dan Fluorium (F). Kandungan air laut juga terdiri dari berbagai gas seperti Oksigen (O_2) dan gas asam arang (CO_2) yang merupakan kebutuhan vital bagi kehidupan vegetasi dan hewan laut.

Bentuk kandungan garam-garaman air laut dikenal dengan sebutan kadar garam atau salinitas. Kadar garam air laut yang normal ialah 3,5%. Air laut di daerah tropis pada umumnya memiliki kandungan garam rendah karena curah hujan yang tinggi.

Beberapa bagian laut mempunyai kandungan kadar garam tinggi, karena curah hujan yang sangat rendah dan suhu yang tinggi, misalnya laut yang berdampingan dengan gurun, seperti Laut Merah 4%, Laut Tengah 3,8%, Teluk Persia 4% dan Laut Mati sebuah danau yang berkadar garam 26%. Sebaliknya kadar garam air laut rendah, jika laut itu banyak mendapat tambahan air tawar dari muara sungai dan cairan es, seperti Laut Baltik 1,9%.

2.6 Mekanisme Penguapan Air Laut

Perubahan yang dialami air di bumi hanya terjadi pada sifat, bentuk, dan persebarannya. Air akan selalu mengalami perputaran dan perubahan bentuk selama siklus hidrologi berlangsung. Air mengalami gerakan dan perubahan wujud secara berkelanjutan. Perubahan ini meliputi wujud cair, gas, dan padat. Air di alam dapat berupa air tanah, air permukaan, dan awan.

Air-air tersebut mengalami perubahan wujud melalui siklus hidrologi. Adanya terik matahari pada siang hari menyebabkan air di permukaan Bumi mengalami evaporasi (penguapan) maupun transpirasi menjadi uap air. Uap air akan naik hingga mengalami pengembunan (kondensasi) membentuk awan. Akibat pendinginan terus-menerus, butir-butir air di awan bertambah besar hingga akhirnya jatuh menjadi hujan (presipitasi).

Selanjutnya, air hujan ini akan meresap ke dalam tanah (infiltrasi dan perkolasi) atau mengalir menjadi air permukaan (*run off*). Baik aliran air bawah tanah maupun air permukaan keduanya menuju ke tubuh air di permukaan Bumi (laut, danau, dan waduk). Inilah gambaran mengenai siklus hidrologi. Jadi siklus hidrologi adalah lingkaran peredaran air di bumi yang mempunyai jumlah tetap dan senantiasa bergerak. Siklus Hidrologi adalah istilah yang digunakan untuk menjelaskan sirkulasi atau peredaran air secara umum. Siklus hidrologi terjadi karena proses-proses yang mengikuti gejala-gejala meteorologi dan klimatologi sebagai berikut:

- a. Evaporasi, yaitu proses penguapan dari benda-benda mati yang merupakan proses perubahan dari wujud air menjadi gas.
- b. Transpirasi, yaitu proses penguapan yang dilakukan oleh tumbuh-tumbuhan melalui permukaan daun.
- c. Evapotranspirasi, yaitu proses penggabungan antara evaporasi dan transpirasi.
- d. Kondensasi, yaitu perubahan dari uap air menjadi titik-titik air (pengembunan) akibat terjadinya penurunan salju.
- e. Infiltrasi, yaitu proses pembesaran atau pergerakan air ke dalam tanah melalui pori-pori tanah.

2.7 Karakteristik Air Laut

Karakteristik massa air perairan Indonesia umumnya dipengaruhi oleh sistem angin muson yang bertiup di wilayah Indonesia dan adanya arus lintas Indonesia (arindo) yang membawa massa air Lautan Pasifik Utara dan Selatan menuju Lautan Hindia. Pengaruh tersebut mengakibatkan suhu permukaan perairan Indonesia lebih dingin dengan salinitas yang lebih tinggi sebagai pengaruh terjadinya upwelling di beberapa daerah selama musim timur dan juga akibat dari masuknya massa air Lautan Pasifik, sedangkan pada musim barat, suhu permukaan perairan lebih hangat dengan salinitas yang lebih rendah. Rendahnya salinitas akibat pengaruh massa air dari Indonesia bagian barat yang banyak

bermuara sungai-sungai besar. Dibawah ini merupakan karakteristik air laut secara umum.

a. Temperatur

Perubahan temperatur air laut disebabkan oleh perpindahan panas dari massa yang satu ke massa yang lainnya. Kenaikan temperatur permukaan laut disebabkan oleh: radiasi dari angkasa dan matahari, konduksi panas dari atmosfer, kondensasi uap air, penurunan temperatur permukaan laut disebabkan oleh: radiasi balik permukaan laut ke atmosfer, konduksi balik panas ke atmosfer, evaporasi (penguapan) dan matahari mempunyai efek yang paling besar terhadap perubahan suhu permukaan laut. Variasi perubahan temperatur dipengaruhi juga oleh posisi geografis wilayah perairan. Para Ahli Oseanografi membagi pola temperatur dalam arah vertikal menjadi tiga lapisan, yaitu Well-mixed surface layer (10 - 500 m), Thermocline lapisan transisi (500 - 1000 m), lapisan yang relatif homogen dan dingin (> 1000 m) dan lapisan Thermocline merupakan lapisan dimana kecepatan perubahan temperatur cepat sekali.

b. Salinitas

Salinitas yang tersebar di dalam laut dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti pola sirkulasi air, penguapan, curah hujan dan aliran sungai. Perairan dengan tingkat curah hujan tinggi dan dipengaruhi oleh aliran sungai memiliki salinitas yang rendah, sedangkan perairan yang memiliki penguapan yang tinggi maka salinitas perairannya tinggi pula. Selain itu pola sirkulasi juga berperan dalam penyebaran salinitas di suatu perairan. Secara vertikal nilai salinitas air laut akan semakin besar dengan bertambahnya kedalaman. Di perairan laut lepas, angin sangat menentukan penyebaran salinitas secara vertikal. Pengadukan di dalam lapisan permukaan memungkinkan salinitas menjadi homogen.

Lautan terdiri dari air sebanyak 96,5%, material terlarut dalam bentuk molekul dan ion sebanyak 3,5%, material yang terlarut tersebut 89 % terdiri dari garam Chlor, sedangkan sisanya 11% terdiri dari unsur-unsur lainnya. Salinitas adalah jumlah total material terlarut (yang dinyatakan dalam gram) yang terkandung dalam 1 kg air laut. Salinitas air laut di seluruh wilayah perairan di dunia berkisar antara 33 - 37 per mil, dengan nilai median 34,7 per mil, namun di

Laut Merah dapat mencapai 40 per mil. Salinitas air laut tertinggi terjadi di sekitar wilayah ekuator, sedangkan terendah dapat terjadi di daerah kutub walaupun pada kenyataannya sekitar 75% air laut mempunyai salinitas antara 34,5 per mil - 35,0 per mil.

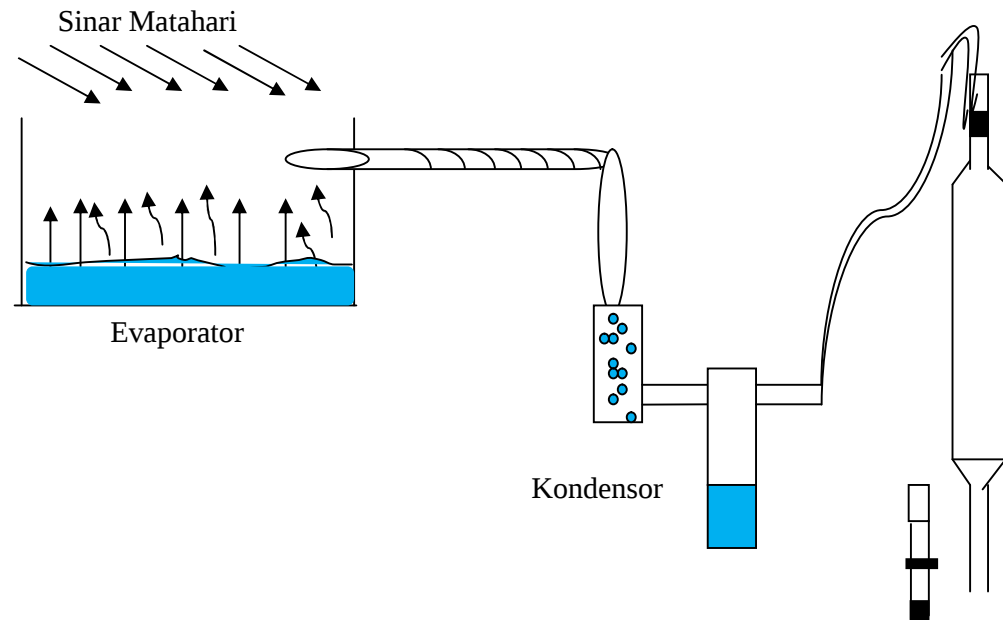
c. Densitas

Densitas air laut merupakan jumlah massa air laut per satu satuan volume. Densitas merupakan fungsi langsung dari kedalaman laut, serta dipengaruhi juga oleh salinitas, temperatur, dan tekanan. Pada umumnya nilai densitas (berkisar antara $1,02 - 1,07 \text{ gr/cm}^3$) akan bertambah sesuai dengan bertambahnya salinitas dan tekanan serta berkurangnya temperatur. Perubahan densitas dapat disebabkan oleh proses vaporasi di permukaan laut dan massa air, dimana pada kedalaman $< 100 \text{ m}$ sangat dipengaruhi oleh angin dan gelombang sehingga besarnya densitas relatif homogen.

Sebaran densitas secara vertikal ditentukan oleh proses pencampuran dan pengangkatan massa air. Penyebab utama dari proses tersebut adalah tiupan angin yang kuat. Lukas and Lindstrom (1991), mengatakan bahwa pada tingkat kepercayaan 95 % terlihat adanya hubungan yang positif antara densitas dan suhu dengan kecepatan angin, dimana ada kecenderungan meningkatnya kedalaman lapisan tercampur akibat tiupan angin yang sangat kuat. Secara umum densitas meningkat dengan meningkatnya salinitas, tekanan atau kedalaman, dan menurunnya temperatur.

2.8 Mekanisme Penguapan Air Laut Menggunakan Peralatan

Sistem operasi dalam proses desalinasi/pengurangan kadar garam air laut (Gambar 3) meliputi peristiwa penyerapan energi panas dari sinar matahari yang menembus kaca evaporator oleh air laut yang ada di dalam evaporator.



Pompa Vakum

Gambar 3 Sistem operasi desalinasi

Sumber: Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem, Vol.2, hal 1-8

Proses selanjutnya dalam ruang evaporator, energi panas akan terakumulasi sehingga suhu dalam ruangan evaporator akan bertambah tinggi. Kemudian energi panas tersebut akan diserap oleh air laut yang berada di dalam evaporator sehingga air laut menguap dan selanjutnya uap air ini akan menuju kondensor, aliran uap air menuju kondensor disebabkan oleh hisapan vakum. Ketika terjadi penguapan air, unsur-unsur penyusun air laut dan berbagai unsur logam, garam, bahan padat dan kandungan-kandungan yang memiliki berat jenis lebih besar dari berat jenis uap air akan tertinggal sebagai residu.