

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Air

Air adalah substansi kimia dengan rumus kimia H_2O . Satu molekul air tersusun atas dua atom hidrogen yang terkait 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) dan temperatur 273,15 K ($0^\circ C$). 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.

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^-).

Perbedaan yang utama antara air sungai dengan air laut adalah kenyataan bahwa air laut mengandung garam, sedangkan air sungai tidak mengandung garam. Banyaknya garam yang terkandung didalam air laut tidak merata, melainkan berbeda-beda dari satu tempat ke tempat lain.

Kadar garam air laut rata-rata sebesar 35/1000, berarti bahwa satu meter kubik air laut dikeringkan, akan diperoleh garam sebanyak 35 kg. Dari sekian banyaknya garam yang terkandung dalam air laut tidak seluruhnya terdiri dari garam dapur ($NaCl$).

Garam yang terkandung dalam air laut terdiri dari campuran beberapa jenis garam, dimana garam dapur merupakan bagian prosentase yang banyak yaitu $\pm 70\%$.

Menurut Lyman dan Fleming dalam penelitiannya bahwa garam yang terkandung di dalam air laut itu terdiri dari $NaCl$ (68,1 %), $HgCl_2$ (14,4 %), $NaSO_4$ (11,4 %), $CaCl_2$ (3,2 %), KCl (3,9 %), $NaHCO_3$ (0,6 %), KBr (0,3 %), lain-lain (0,1 %). (Musthafa, 2012)

2.2 Salinitas Air Laut

Salinitas adalah tingkat keasinan atau kadar garam terlarut dalam air, dinyatakan dalam gram garam per kilogram air, atau dalam bagian per seribu (ppt atau ‰). Sebagai contoh, jika Anda memiliki 1 gram garam, dan 1.000 gram air, salinitas Anda adalah 1 g / kg, atau 1 ppt. Air tawar memiliki sedikit garam, biasanya kurang dari 0,5 ppt. Air dengan salinitas 0,5-17 ppt disebut air payau, yang ditemukan di muara sungai dan rawa-rawa garam pantai. Tergantung pada lokasi dan sumber air tawar, beberapa muara dapat memiliki salinitas setinggi 30 ppt.

Air laut rata-rata 35 ppt, tetapi dapat berkisar antara 30 – 40 ppt. Hal ini terjadi karena perbedaan penguapan, curah hujan, pembekuan, dan limpasan air tawar dari tanah di lintang dan lokasi yang berbeda. Salinitas air laut juga bervariasi dengan kedalaman air karena massa jenis air dan tekanan meningkat dengan kedalaman. Air dengan salinitas di atas 50 ppt adalah air asin, meskipun tidak banyak organisme bisa bertahan dalam konsentrasi garam yang tinggi.

2.3 Densitas Air Laut

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 gr/cm³) akan bertambah sesuai dengan bertambahnya salinitas dan tekanan serta berkurangnya temperatur. (Pratiwi, 2014)

Densitas merupakan salah satu parameter terpenting dalam mempelajari dinamika laut. Perbedaan densitas yang kecil secara horisontal (misalnya akibat perbedaan pemanasan di permukaan) dapat menghasilkan arus laut yang sangat kuat. Oleh karena itu penentuan densitas merupakan hal yang sangat penting dalam oseanografi. Lambang yang digunakan untuk menyatakan densitas adalah ρ (rho). (Pratiwi, 2014)

Densitas air laut bergantung pada temperatur (T), salinitas (S) dan tekanan (p). Kebergantungan ini dikenal sebagai persamaan keadaan air laut (*Equation of State of Sea Water*), maka rumusnya :

Densitas dapat berubah, hal-hal yang dapat menyebabkan perubahan densitas antara lain:

1. Evaporasi di permukaan laut
2. Massa air pada kedalaman < 100 m sangat dipengaruhi oleh angin dan gelombang, sehingga besarnya densitas relatif homogen
3. Di bawah lapisan ini terjadi perubahan temperatur yang cukup besar (*Thermocline*) dan juga salinitas (*Halocline*), sehingga menghasilkan pola perubahan densitas yang cukup besar (*Pynocline*)
4. Di bawah *Pynocline* hingga ke dasar laut mempunyai densitas yang lebih padat.

Densitas bertambah dengan bertambahnya salinitas dan berkurangnya temperatur, kecuali pada temperatur di bawah densitas maksimum. Densitas air laut terletak pada kisaran 1025 kg/m^3 . Densitas maksimum terjadi di atas titik beku sedangkan untuk salinitas di bawah 24,7 dan di bawah titik beku untuk salinitas di atas 24,7. Hal ini mengakibatkan adanya peristiwa konveksi panas.

- a. $S < 24.7$: air menjadi dingin hingga dicapai densitas maksimum, kemudian jika air permukaan menjadi lebih ringan (ketika densitas maksimum telah terlewati) pendinginan terjadi hanya pada lapisan campuran akibat angin (*wind mixed layer*) saja, dimana akhirnya terjadi pembekuan. Di bagian kolam (basin) yang lebih dalam akan dipenuhi oleh air dengan densitas maksimum.
- b. $S > 24.7$: konveksi selalu terjadi di keseluruhan badan air. Pendinginan diperlambat akibat adanya sejumlah besar energi panas yang tersimpan di dalam badan air. Hal ini terjadi karena air mencapai titik bekunya sebelum densitas maksimum tercapai.

Seperti halnya pada temperatur, pada densitas juga dikenal parameter densitas potensial yang didefinisikan sebagai densitas parsel air laut yang dibawa secara adiabatik ke level tekanan referensi. Densitas air tawar adalah 1000 kg/m^3 . Air laut lebih padat karena terdapat salinitas. Densitas air laut adalah 1027 kg/m^3 . (Pratiwi, 2014)

2.4 Proses Pengolahan Air

2.4.1 Filtrasi

Filtrasi merupakan proses pemisahan antara padatan / koloid dengan suatu cairan. Untuk penyaringan air olahan 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.

Digunakannya media filter atau saringan karena merupakan alat filtrasi atau penyaring memisahkan campuran solida liquida dengan media porous atau material porous lainnya guna memisahkan sebanyak mungkin padatan tersuspensi yang paling halus. Dan penyaringan ini merupakan proses pemisahan antara padatan atau koloid dengan cairan, dimana prosesnya bisa dijadikan sebagai proses awal (*primary treatment*). Dikarenakan juga karena air olahan yang 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. Apabila air olahan mempunyai padatan yang ukuran seragam maka saringan yang digunakan adalah *single medium*. Jika ukuran beragam maka digunakan saringan *dual medium* atau *three medium*.

Pada pengolahan air baku dimana proses koagulasi tidak perlu dilakukan, maka air baku langsung dapat disaring dengan saringan jenis apa saja termasuk pasir kasar. Karena saringan kasar mampu menahan material tersuspensi dengan penetrasi partikel yang cukup dalam, maka saringan kasar mampu menyimpan lumpur dengan kapasitas tinggi. Karakteristik filtrasi dinyatakan dalam kecepatan hasil filtrat. Masing-masing dipilih berdasarkan pertimbangan teknik dan ekonomi dengan sasaran utamanya, yakni menghasilkan filtrat yang murah dan berkualitas.

Filter penyaring terdiri dari pipa berbentuk lonjong dengan tinggi 60 cm dan diameter 7,5 cm, serta dilengkapi dengan sebuah *valve* di bawah. Untuk media penyaring digunakan pasir silika, kerikil, arang dan ijuk.

Dimana masing-masing bahan tersebut memiliki fungsi masing-masing, yaitu :

- a. Kerikil : berfungsi sebagai penyaring kotoran-kotoran besar pada air dan membantu proses aerasi
- b. Ijuk : berfungsi sebagai penyaring kotoran halus pada air
- c. Arang : berfungsi untuk menghilangkan bau dan rasa yang ada pada air
- d. Pasir : untuk mengendapkan kotoran halus yang belum tersaring
- e. Pasir Silika : adalah jenis pasir yang mengandung mineral (SiO_2)

Beberapa bahan buatan yang dapat digunakan untuk menyaring air adalah sebagai berikut :

- a. Klorin tablet digunakan untuk membunuh kuman, virus, dan bakteri yang hidup di dalam air.
- b. Pasir aktif biasanya berwarna hitam dan digunakan untuk menyaring air sumur bor dan sejenisnya.
- c. Resin Softener berguna untuk menurunkan kandungan kapur dalam air.
- d. Resin Kation biasa digunakan untuk industri air minum, baik usaha air minum isi ulang maupun Pabrik Air Minum Dalam Kemasan (PAMDK).
- e. Pasir *zeolit* berfungsi untuk penyaringan air dan mampu menambah oksigen dalam air.
- f. Pasir *mangan* berwarna merah dan digunakan untuk menurunkan kadar zat besi atau logam berat dalam air.
- g. Pasir *silika* digunakan untuk menyaring lumpur, tanah, dan partikel besar atau kecil dalam air dan biasa digunakan untuk penyaringan tahap awal.
- h. Karbon aktif atau arang aktif adalah jenis *karbon* yang memiliki luas permukaan yang besar sehingga dapat menyerap kotoran dalam air.

2.4.2 Evaporasi

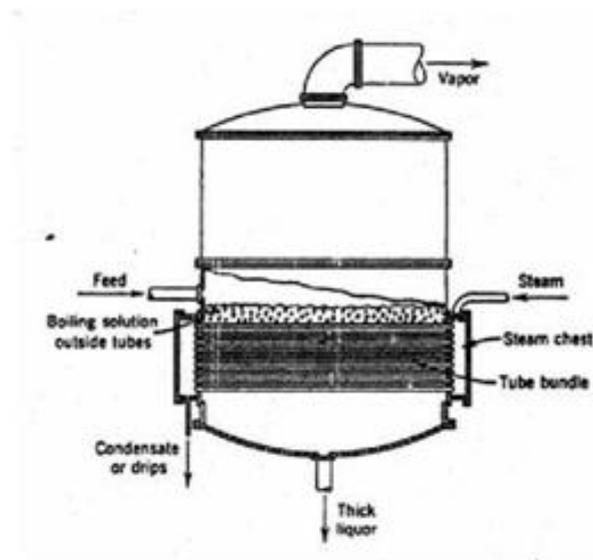
Evaporasi merupakan proses penambahan konsentrasi suatu zat tertentu melalui proses perubahan molekul dari zat campurannya (zat cair menjadi molekul uap/gas), intinya adalah evaporasi merupakan proses penguapan.

Perbedaannya dengan distilasi adalah bila distilasi uapnya (liquid) yang diinginkan/ dibutuhkan apabila proses evaporasi adalah vapor (cairan) yang dibutuhkan, pada proses ini zat yang tertinggal itulah yang diinginkan, sedangkan uapnya biasanya dibuang, biasanya molekul yang menguap ini memiliki energi yang lemah untuk terikat dengan cairan, sehingga dengan spontan menjadi uap karna suhu yang sudah mencapai pada titik didih zat tersebut.

Proses evaporasi dengan skala komersial di dalam industri kimia dilakukan dengan peralatan yang namanya evaporator.

Evaporator adalah alat untuk mengevaporasi larutan sehingga prinsip kerjanya merupakan prinsip kerja atau cara kerja dari evaporasi itu sendiri. Prinsip kerjanya dengan penambahan kalor atau panas untuk memekatkan suatu larutan yang terdiri dari zat terlarut yang memiliki titik didih tinggi dan zat pelarut yang memiliki titik didih lebih rendah sehingga dihasilkan larutan yang lebih pekat serta memiliki konsentrasi yang tinggi.

Jenis Evaporator yang digunakan dalam percobaan ini adalah jenis evaporator tabung horizontal (Gambar 1) yang merupakan jenis evaporator system batch.



Gambar 1. Evaporator Tabung Horizontal

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

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.

2.5 Mekanisme Penguapan Air Laut Secara Alami

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).

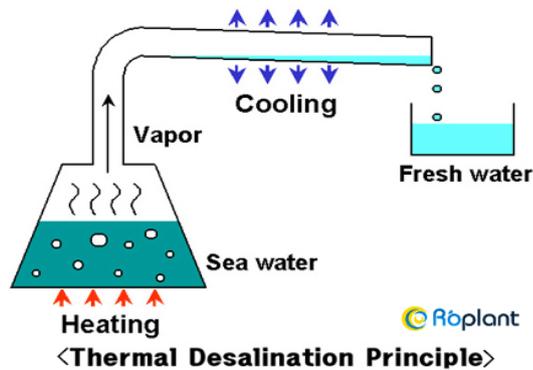
Selanjutnya, air hujan ini akan meresap ke dalam tanah (infiltrasi dan perkolasi) atau mengalir menjadi air permukaan (*run off*). Baik aliran air bawah tanah maupun air permukaan keduanya menuju ke tubuh air di permukaan Bumi (laut, danau, dan waduk). Inilah gambaran mengenai siklus hidrologi.

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.

2.6 Mekanisme Penguapan Air Laut Menggunakan Evaporator

Sistem ini merupakan pengembangan dari sistem evaporasi air laut biasa, yaitu air laut dipanaskan untuk menguapkan air laut dan kemudian uap air yang dihasilkan dikondensasi untuk memperoleh air tawar yang ditampung di tempat terpisah sebagai hasil dari proses evaporasi dan dikenal sebagai air aquadest. Pada sistem evaporasi air laut dimana air laut akan di uapkan, sehingga uap yang didapat akan dikondensasi pada (Gambar 2) yang merupakan proses evaporator yang sering digunakan pada *industry*.



Gambar 2. Proses Evaporasi

Sumber : <http://persaudaraansejati.blogspot.com/pengolahan-air-laut.html>

Pada tahapan ini, bahan baku yang telah mengalami pengolahan awal akan mengalami proses penyisihan garam sehingga menghasilkan air bersih. Berdasarkan teknik pemisahan garamnya, proses desalinasi dikategorikan menjadi dua: berbasis panas dan berbasis membran.

Pada proses berbasis panas, bahan baku dikondisikan mendidih pada tekanan rendah sehingga menghasilkan uap air pada temperatur rendah. Pada proses ini, hanya air saja yang mengalami penguapan, sehingga setelah pengumpulan dan pengkondensasian uap, akan dihasilkan air bersih tanpa garam dan pengotor. *Multistage flash distillation* dan *multi effect distillation* adalah contoh teknologi desalinasi dengan berbasis panas.

Berbeda halnya pada proses diatas yang menggunakan energi panas untuk pemisahan garam dari air laut, teknologi membran menggunakan energi tekanan. Membran adalah istilah umum untuk saringan tipis yang memfasilitasi pemisahan secara selektif – hanya bahan-bahan tertentu yang dapat dilewatkan dan ditahan oleh membran ini. Tipe membran yang digunakan sangat bergantung pada aplikasi. Khusus untuk desalinasi, digunakan *reverse osmosis* (RO) membrane dengan karakter tak berpori yang mampu melakukan pemisahaan pada level ion, termasuk garam dengan komposisi utama ion natrium dan klorida.

2.7 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.

Walaupun air dari sumber alam dapat diminum oleh manusia, terdapat risiko bahwa air ini telah tercemar oleh bakteri (misalnya *Escherichia coli*) atau zat-zat berbahaya. Bakteri dapat dibunuh dengan memasak air hingga 100°C, namun banyak zat berbahaya, terutama logam, yang tidak dapat dihilangkan dengan cara ini. 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

| No. | Kriteria uji | Satuan | Persyaratan | |
|------|---|------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | | | Air mineral | Air demineral |
| 1. | Keadaan | | | |
| 1.1 | Bau | - | Tidak berbau | Tidak berbau |
| 1.2 | Rasa | | Normal | Normal |
| 1.3 | Warna | Unit Pt-Co | maks. 5 | maks. 5 |
| 2. | Ph | - | 6,0 – 8,5 | 5,0 – 7,5 |
| 3. | Kekeruhan | NTU | maks. 1,5 | maks. 1,5 |
| 4. | | | | |
| 5. | Zat yang terlarut | mg/l | maks. 500 | maks. 10 |
| 6. | Zat organik (angka KmnO ₄) | mg/l | maks. 1,0 | - |
| 7. | Total organik karbon | mg/l | - | maks. 0,5 |
| 8. | Nitrat (sebagai NO ₃) | mg/l | maks. 45 | - |
| 8. | Nitrit (sebagai NO ₂) | mg/l | maks. 0,005 | - |
| 10. | Amonium (NH ₄) | mg/l | maks. 0,15 | - |
| 11. | Sulfat (SO ₄) | mg/l | maks. 200 | - |
| 12. | Klorida (Cl) | mg/l | maks. 250 | - |
| 13. | Fluorida (F) | mg/l | maks. 1 | - |
| 14. | Sianida (CN) | mg/l | maks. 0,05 | - |
| 15. | Besi (Fe) | mg/l | maks. 0,1 | - |
| 16. | Mangan (Mn) | mg/l | maks. 0,05 | - |
| 17. | Klor bebas (Cl ₂) | mg/l | maks. 0,1 | - |
| 18. | Kromium (Cr) | mg/l | maks. 0,05 | - |
| 19. | Barium (Ba) | mg/l | maks. 0,7 | - |
| 20. | Boron (B) | mg/l | maks. 0,3 | - |
| 21. | Selenium (Se) | mg/l | maks. 0,01 | - |
| 22. | Cemaran logam | | | |
| 22.1 | Timbal (Pb) | mg/l | maks. 0,005 | maks. 0,005 |
| 22.2 | Tembaga (Cu) | mg/l | maks. 0,5 | maks. 0,5 |
| 22.3 | Kadmium (Cd) | mg/l | maks. 0,003 | maks. 0,003 |
| 22.4 | Raksa (Hg) | mg/l | maks. 0,001 | maks. 0,001 |
| 22.5 | Perak (Ag) | mg/l | - | maks. 0,025 |
| 22.6 | Kobalt (Co) | mg/l | - | maks. 0,01 |
| | Cemaran arsen | mg/l | maks. 0,01 | maks. 0,01 |
| | Cemaran mikroba : | | | |
| | Angka lempeng total awal *) | | maks. 1,0 x 10 ² | maks. 1,0 x 10 ² |
| | Angka lempeng total akhir **) | Koloni/mi | maks. 1,0 x 10 ⁵ | maks. 1,0 x 10 ⁵ |
| | Bakteri bentuk koli | APM/100ml | < 2 | < 2 |
| | <i>Salmonella</i> | - | Negatif/100ml | Negatif/100ml |
| | <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | Koloni/ml | Nol | Nol |

Keterangan *) Di Pabrik

**) Di Pasaran

Sumber : Badan Standarisasi Nasional

2.8 Sistem Perpipaan

Pada dasarnya sistem dan detail untuk tiap industri atau pengilangan tidaklah jauh berbeda, perbedaan-perbedaan mungkin terjadi hanya pada kondisi khusus atau batasan tertentu yang diminta pada setiap proyek. Pabrikasi pipa dapat dilakukan pada bengkel-bengkel di lapangan atau pada suatu pembuatan pipa khusus di suatu tempat lalu dikirim ke lapangan, baik melalui transportasi laut atau darat, sehingga di lapangan hanya merupakan penyambungan saja. Hal ini menguntungkan dari segi waktu, ongkos kerja dan pekerjaan di lapangan. Pemilihan keputusan untuk pabrikasi pipa di suatu bengkel di lapangan atau di suatu tempat di luar lapangan bahkan di negara lain, memerlukan perhitungan teknis dan ekonomis secara cermat.

Pemasangan pekerjaan perpipaan dapat dikelompokkan menjadi tiga bagian sebagai berikut :

1. Pipa di atas tanah
2. Pipa di bawah tanah
3. Pipa di bawah air (dalam air)

Pemasangan sistem perpipaan di ketiga tempat ini, baik pipa proses, pipa utiliti mempunyai permasalahan masing-masing.

2.8.1 Sambungan Pada Pipa

Ada berbagai macam faktor yang mempengaruhi hilangnya energi di dalam pipa Jenis-jenis sambungan ikut mempengaruhi hilangnya energi pada pipa. Dengan adanya sambungan dapat menghambat aliran normal dan menyebabkan gesekan tambahan. Pada pipa yang pendek dan mempunyai banyak sambungan, fluida yang mengalir di dalamnya akan mengalami banyak kehilangan energi.

Dalam sistem pipa salah satu konstruksinya adalah menggunakan sambungan yang berfungsi untuk membelokkan arah aliran fluida ke suatu tempat tertentu. Salah satu efek yang muncul pada aliran ketika melewati suatu sambungan yang berkaitan dengan pola aliran adalah adanya ketidakstabilan aliran atau fluktuasi aliran. Fluktuasi aliran yang terjadi terus menerus pada belokan pipa akan memberikan beban impak secara acak pada sambungan tersebut. Akibat

pembeban impak secara acak yang berlangsung terus menerus bisa menyebabkan getaran pada pipa. Pada sambungan pipa bekerja gaya yang disebabkan oleh aliran zat cair yang berbelok, disamping berat pipa dan isinya.

2.9. Jenis-jenis Aliran Fluida

2.9.1 Aliran Laminar

Aliran laminar adalah aliran fluida yang bergerak dengan kondisi lapisan-lapisan (lanima-lamina) membentuk garis-garis alir yang tidak berpotongan satu sama lain. Hal tersebut d tunjukkan oleh percobaan Osborne Reynold. Pada laju aliran rendah, aliran laminer tergambar sebagai filamen panjang yang mengalir sepanjang aliran. Aliran ini mempunyai Bilangan Reynold lebih kecil dari 10000. Untuk mencari bilangan Reynold digunakan rumus berikut ini:

$$Re = \frac{Dv\rho}{\mu} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

D = diameter pipa (m)

V = kecepatan aliran (m/s)

ρ = densitas fluida (kg/m³)

μ = Viskositas (kg/ms)

2.9.2 Aliran Turbulen

Aliran turbulen adalah aliran fluida yang partikel-partikelnya bergerak secara acak dan tidak stabil dengan kecepatan berfluktuasi yang saling interaksi. Akibat dari hal tersebut garis alir antar partikel fluidanya saling berpotongan. Oleh Osborne Reynold digambarkan sebagai bentuk yang tidak stabil yang bercampur dalam waktu yang cepat yang selanjutnya memecah dan menjadi takterlihat. Aliran turbulen mempunyai bilangan reynold yang lebih besar dari 10000.

2.10 Perhitungan Head Losses

Istilah Head Losses muncul sejak diawalinya percobaan-percobaan hidrolika abad ke sembilan belas, yang sama dengan energi persatuan berat fluida. Namun perlu diingat bahwa arti fisik dari head loss adalah kehilangan energi mekanik persatuan massa fluida. Sehingga satuan head loss adalah satuan panjang yang setara dengan satu satuan energi yang dibutuhkan untuk memindahkan satu satuan massa fluida setinggi satu satuan panjang yang bersesuaian.

Head losses pada aliran pipa terdiri atas 2, yaitu :

1. Head Losses Mayor

Kerugian mayor adalah kehilangan tekanan akibat gesekan aliran fluida pada sistem aliran penampang tetap atau konstan. Kerugian mayor ini terjadi pada sebagian besar penampang sistem aliran sehingga dipergunakan istilah 'mayor'. Head loss mayor dihitung dari persamaan Darcy-Weisbach :

$$h_l = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(2)$$

dimana :

- f = koefisien gesek
- L = Panjang total pipa, (m)
- D = Diameter Pipa, (m)
- V = Kecepatan, (m/s)
- g = gaya gravitasi, (m/s²)

Untuk mengetahui nilai f kita dapat mempergunakan Diagram Moody, sebelumnya harus diketahui dahulu nilai kekasaran rata-rata pipa (ϵ).

Nilai kekasaran relative (ϵ/D) pada tiap-tiap bahan pipa dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Nilai Kekasaran Relatif Bahan (ϵ/D)

| Nilai Kekasaran Relatif (k) dalam satuan mm | | |
|---|--------------------------------|-------------------|
| No. | Nature of interioe surface | Index Roughness K |
| 1 | Copper, lead, brass, stainless | 0,001 to 0,002 |
| 2 | PVC pipe | 0,0015 |
| 3 | Stainless steel | 0,015 |
| 4 | Steel comercial pipe | 0,045 to 0,09 |
| 5 | Stretched steel | 0,015 |
| 6 | Weld steel | 0,045 |
| 7 | Galvanized steel | 0,15 |
| 8 | Rusted steel | 0,1 to 1 |
| 9 | New cast iron | 0,25 to 0,8 |
| 10 | Worn cast iron | 0,8 to 1,5 |
| 11 | Rusty cast iron | 1,5 to 2,5 |
| 12 | Sheet or asphalted cast iron | 0,01 to 0,015 |
| 13 | Smoothed cement | 0,3 |
| 14 | Ordinary concrete | 1 |
| 15 | Coarse concrete | 5 |
| 16 | Well planed wood | 5 |
| 17 | Ordinary wood | 1 |

Sumber: www.spiraxsarco.com

2. Head losses minor

Kerugian minor adalah kehilangan tekanan akibat gesekan yang terjadi pada katup-katup, sambungan T, sambungan L dan pada penampang yang tidak konstan. Kerugian minor meliputi sebagian kecil penampang sistem aliran, sehingga dipergunakan istilah 'minor'. Kerugian ini untuk selanjutnya akan disebutkan sebagai *head loss*.

Istilah minor, tidak berkonotasi dengan kecilnya nilai *losses*, namun pada lokasi timbulnya *losses* tersebut. *Head losses* minor terjadi pada belokan-belokan pada pipa serta *valve* yang terpasang pada pipa. Pada kasus tertentu head loss minor

nilainya lebih besar dari pada head loss mayor.

Head loss minor dapat dihitung secara empiris dari persamaan

$$h_{ff} = K_f \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana: K_f = faktor rugi pipa sambung

V = kecepatan dalam pipa (m)

g = gaya gravitasi ($9,8 \text{ m/s}^2$)

Nilai K tergantung pada jenis komponen sistem aliran. Untuk sambungan penampang berubah nilai K merupakan fungsi aspek rasio. Aspek rasio adalah perbandingan penampang yang lebih kecil dengan penampang yang lebih besar. Untuk nilai K dapat dilihat pada tabel 2.5 berikut :

Tabel 3. Nilai K untuk *fitting* atau *valve*

| Sambungan Pipa | K_f |
|---------------------------------|-------|
| Katup bola, terbuka penuh | 10,0 |
| Katup sudut, terbuka penuh | 5,0 |
| Katup gerbang, terbuka penuh | 0,2 |
| Katup gerbang, setengah terbuka | 5,6 |
| Bengkolan balik | 2,2 |
| Tee | 1,8 |
| Siku, 90° | 0,9 |
| Siku, 45° | 0,4 |

Sumber: J.K. Venard, dalam V.L Streeter (ed.), "Handbook Of Fluid Dynamics." Hal.3-23, McGraw-Hill Book Company, New York, 1961. Buku OTK Jilid 1.