

# SISTEM VENTILASI DALAM KAPAL

Budi Utomo \*)

## Abstract

*Ventilation in ships is a process substitute dirty air in a hold of ship with fresh air from outside. It means for keep air in compartment always clean or fresh to make people comfort and to limit influence destruction part of ship also rattenness of cargo that caused by too high dampness of the air.*

*Ventilation system in ships differences two kind, that are natural ventilation system and mechanical ventilation system.*

*Natural ventilation principles uses movement or flow of natural air, for example there are wind or air flow that caused by symptom of air rising because temperature different. Where as on mechanical ventilation system the principles same with natural ventilation system, but air movement helped by ventilator or another similar tools that rotation in the tube.*

*Key word : Ventilation system in ships, Natural ventilation and mechanical ventilation.*

## Pendahuluan

Ventilasi dalam kapal adalah proses penggantian udara kotor dengan udara segar dari luar ke berbagai ruangan (*compartment*) kapal dengan tujuan untuk mempertahankan kebutuhan susunan kimia dan kelembaban udara di dalam ruangan kapal. Oleh karena itu pada perencanaan kapal semua tipe, penentuan perlengkapan ventilasi mutlak diperlukan karena berhubungan dengan kenyamanan bagi awak kapal atau penumpang, untuk melindungi kualitas muatan, untuk ventilasi dan pembebasan gas pada ruang pompa kapal tangker dan sebagainya.

Jadi Ventilasi Dalam Kapal secara garis besar diperlukan untuk ventilasi tempat tinggal dan ruang kerja, ventilasi ruang mesin dan ruang ketel, ventilasi ruang muat, ventilasi bahan bakar dan sebagainya.

Jumlah udara yang dibutuhkan untuk ventilasi di dalam kompartemen dihitung berdasarkan temperatur udara maksimum yang di ijinakan, kelembaban udara maksimum yang di ijinakan dan prosentase CO<sub>2</sub> maksimum yang di ijinakan di dalam kompartemen. Hal ini di lakukan dengan cara mengatur aliran udara atau emisi ke dalam masing-masing ruangan, dengan mengganti udara yang telah kotor dengan udara segar (*fresh air*), yang berarti mengatur tingkatan temperatur, tekanan (*pressure*) dan komposisi kimia (*chemis*) udara di dalam ruangan. Jadi prinsip dari sistem ventilasi adalah untuk mengatur temperatur dan untuk mengalirkan udara keluar-masuk pada masing-masing ruangan kapal.

Sifat udara yang terlalu lama berada atau tersimpan di dalam ruangan adalah sangat merugikan bahkan dapat mengganggu kesehatan manusia. Hal tersebut disebabkan antara lain :

- Kadar zat arang meningkat ( dalam keadaan normal  $\pm 0,04\%$  )
- Kadar uap air meningkat
- Temperatur udara meningkat
- Kadar zat asamnya menurun.

Untuk mencegah hal tersebut diatas maka dilakukan sirkulasi udara di setiap ruangan-ruangan kapal, misalnya ruang mesin, ruang muatan, ruang akomodasi dan sebagainya.

Fungsi sistem ventilasi ialah untuk mempertahankan komposisi kimia dan kelembaban udara (*humidity*) ataupun mengubahnya sesuai dengan yang diperlukan didalam ruangan kapal, dengan cara mengatur aliran udara ke luar atau masuk ruangan kapal guna melakukan proses penggantian udara yang telah kotor dengan udara segar dan mengatur tingkatan temperatur, tekanan dan komposisi kimia udara di dalam ruangan kapal. Dengan terjadinya proses tersebut akan dapat memenuhi tujuan ventilasi dalam kapal yaitu :

- Untuk menjaga udara di dalam ruangan di kapal selalu bersih atau segar sehingga dapat dirasakan nyaman oleh manusia.
- Pengaruh kerusakan bagian-bagian kapal dan pembusukan muatan yang ditimbulkan oleh karena terlalu besarnya kelembaban dapat dibatasi.

## Sistem Ventilasi Dalam Kapal

Seperti telah dijelaskan diatas sistem ini diperlukan untuk ruangan muatan ( barang ), ruangan atau kamar mesin, palka-palka, ruangan atau kamar penumpang dan para perwira serta awak kapal.

---

\*) Staf Pengajar Jurusan D III T. Perkapalan Fakultas Teknik Undip

Sistem ventilasi dalam kapal dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu :

#### **Sistem ventilasi alamiah.**

Ventilasi alamiah (*natural ventilation*), dengan menggunakan aliran udara secara alamiah, misalnya adanya aliran udara yang disebabkan oleh gejala naiknya udara karena perbedaan temperatur.

Dalam ventilasi alamiah pembaharuan udara didalam ruangan kapal terjadi karena aliran udara / angin, yaitu dengan membentuk lubang aliran udara untuk keluar masuknya udara, dimana aliran udara ini terjadi dengan sendirinya sebagai akibat dari adanya perbedaan tekanan udara luar dengan tekanan udara di dalam ruangan kapal.

Syarat-syarat yang diperlukan dalam ventilasi alamiah ialah :

1. Dibuat lubang angin untuk masing-masing ruangan kapal sebagai jalan keluar masuknya udara
2. Adanya perbedaan temperatur antara udara di dalam ruangan kapal dengan udara luar atau perbedaan tekanan udara.

Jika sekiranya udara luar dapat masuk kedalam ruangan kapal melalui lubang angin pada bagian bawah dan keluar melalui lubang angin pada bagian atas, dan jika sekiranya temperatur udara di dalam ruangan kapal ( $T_1$ ) lebih tinggi dari pada temperatur luar ( $T_0$ ) sehingga udara di dalam ruangan kapal lebih ringan dari pada udara luar tiap satuan volume, maka udara akan mengalir dari bawah keatas di dalam ruangan kapal. Udara yang mengalir dari bawah keatas ini akan mengakibatkan hal-hal sebagai berikut :

1. Tekanan udara di bagian atas ruangan kapal bertambah besar hingga akhirnya lebih besar dari pada tekanan udara luar, sehingga udara di dalam ruangan kapal keluar melalui lubang angin yang tersedia di bagian atas.
2. Tekanan udara di bagian bawah ruangan kapal semakin menjadi lebih kecil hingga akhirnya lebih kecil dari pada tekanan udara luar, maka udara luar masuk ke dalam ruangan kapal melalui lubang angin yang tersedia di bagian bawah.

Dengan demikian udara keluar dari dalam ruangan kapal melalui lubang angin di bagian atas, sedangkan udara luar masuk ke dalam ruangan kapal melalui lubang angin di bagian bawah, sedangkan udara di dalam ruangan kapal mengalir dari bawah ke atas. Proses aliran udara ini akan berlangsung terus selama  $T_i$  lebih tinggi dari  $T_0$ . Inilah prinsip dari ventilasi alamiah, yang berdasarkan perbedaan temperatur udara di dalam ruangan kapal dengan temperatur udara di luar atau berdasarkan perbedaan tekanan udara ( udara akan

mengalir dari daerah yang tekanannya lebih besar ke daerah yang tekanannya lebih kecil, yang biasa disebut angin ).

Karena tekanan pada permukaan laut lebih besar dari pada tekanan di bagian atasnya, di mana tekanan udara ini semakin kecil jika semakin ke atas / semakin tinggi, maka lubang angin masuk ke dalam ruangan kapal dibuat di bagian bawah, sedangkan lubang angin untuk keluar dari dalam ruangan kapal dibuat di bagian atas, berarti lubang angin untuk masuk ke dalam ruangan kapal lebih rendah atau lebih dekat ke permukaan laut dari pada lubang angin untuk keluar dari ruangan kapal. Sudah tentu ventilasi alamiah tidak akan terjadi jika temperatur udara luar sama dengan temperatur udara di dalam ruangan kapal. Tetapi pada umumnya temperatur udara luar lebih rendah dari temperatur udara di dalam kapal.

Tekanan udara dalam ruangan kapal lebih besar dibagian atas dan lebih kecil di bagian bawah dari pada tekanan udara luar. Dengan demikian pada suatu ketinggian tertentu di dalam ruangan kapal tekanan udara luar sama dengan tekanan udara dalam. Bidang penampang, dimana tekanan udara luar sama dengan tekanan udara dalam disebut bidang netral (*neutral plane*) dari ruangan kapal tersebut. Jika lubang angin yang di bagian atas sama dengan lubang angin yang di bagian bawah dan di tempatkan simetris antara satu sama lain maka bidang netral berada pada pertengahan ruangan kapal tersebut. Tapi lubang angin masing-masing ruangan letaknya tidak simetris antara satu sama lain sehingga udara dalam ruangan kapal ( panas, bau dan sebagainya ) keluar dari ruangan kapal melalui lubang udara yang berada di bagian atas bidang netral, sedangkan udara segar dari luar memasuki ruangan kapal melalui lubang angin yang berada di bagian bawah bidang netral.

Untuk memperkuat ventilasi alamiah di buat lubang saluran udara yang ditempatkan vertikal di atas ruangan. Di dalam saluran udara ini terdapat temperatur udara dalam ( $T_i$ ) yang pada umumnya tidak sama dengan temperatur udara luar ( $T_0$ ). Karena adanya perbedaan temperatur ini, maka terjadilah perbedaan tekanan udara antara tekanan udara dalam ( $P_i$ ) dengan tekanan udara luar ( $P_0$ ) sebesar  $\Delta P$ . Jika luas penampang saluran udara tersebut berbentuk persegi empat ( $= 1 \text{ m}^2$ ) tinggi kolom udara =  $H$ , serta kepadatan udara dalam =  $Y_i$  dan kepadatan udara luar =  $Y_0$ , maka :

$$\Delta P = P_0 - P_i = Y_0 \times H - Y_i \times H = (Y_0 - Y_i) \times H$$

Keterangan :

Po = tekanan udara luar ( kg/cm<sup>2</sup> )

Pi = tekanan udara dalam ( kg/cm<sup>2</sup> )

Yo = kepadatan udara luar ( kg/m<sup>3</sup> )

Yi = kepadatan udara dalam ( kg/m<sup>3</sup> )

H = tinggi kolom udara ( m )

Jika luas penampang saluran udara yang berbentuk persegi empat = 4 m<sup>2</sup>, maka :

$$\Delta P = 4 \times ( P_o - P_i ) = 4 \times ( Y_o - Y_i ) \times H$$

Jika saluran udara tersebut berbentuk pipa bundar sehingga bidang penampangnya merupakan lingkaran dan jika diameternya = D sehingga jari-jari lingkaran R = ½ D, maka luas penampangnya =  $\pi R^2$  atau  $\pi \times ( \frac{1}{2} D )^2$ , sedangkan  $\pi = 3,14$  sehingga luas lingkaran penampangnya =  $3,14 \times ( \frac{1}{2} D )^2 = 0,785 D^2$ .

Jika garis tengah saluran udara yang berbentuk pipa = 1 m, sehingga D = 1 dan D<sup>2</sup> = 1, maka :

$$\Delta P = 0,785 \times ( P_o - P_i ) = 0,785 \times ( Y_o - Y_i ) \times H.$$

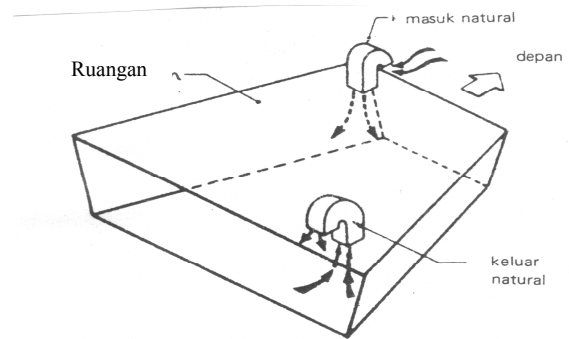
Adapun mengenai kepadatan ( density ) udara, datanya dapat diperoleh dari daftar kepadatan udara untuk berbagai tingkatan temperatur, misalnya :

Temperatur 28 derajat celcius, kepadatan udara = 1,173 kg/m<sup>3</sup>, temperatur 20 derajat celcius, kepadatan udara 1,205 kg/m<sup>3</sup>. Jika temperatur semakin rendah, maka kepadatannya semakin besar ( udara semakin padat ) sehingga tekanan semakin besar. Sebaliknya jika temperatur semakin tinggi, maka kepadatan udara semakin kecil. Kepadatan dan tekanan udara semakin kecil jika temperatur semakin tinggi dan udara akan mengembang.

Efisiensi ventilasi alamiah akan bertambah dengan mengusahakan adanya tekanan angin ( *wind pressure* ), yaitu dengan mempergunakan alat yang berfungsi membelokkan angin atau deflektor. Cara ini adalah yang paling murah, karena didasarkan atas gerakan udara yang disebabkan karena adanya deflektor udara.

Keburukannya pada waktu cuaca buruk tidak dapat bekerja sama sekali. Sebuah deflektor udara terdiri dari tabung yang permanen dan penutup yang dapat diputar dan dapat pula dilepas, sedang tabungnya tetap berada di geladak.

Deflektor udara umumnya dipergunakan untuk ventilasi di dek utama, dek antara bawah dan dek antara atas. Jenis deflektor udara semacam ini terutama dipergunakan untuk alat pemasukan angin, dapat dipergunakan juga untuk mengeluarkan angin apabila diletakkan membelakangi arah datangnya angin.



Gambar 1. Sistem ventilasi natural

### Sistem ventilasi mekanis

Ventilasi mekanis ( *mechanical ventilation* ), gerakan udara dibantu oleh adanya kipas ( *ventilator* ) atau alat lainnya yang sejenis yang berputar di dalam tabung.

Prinsip ventilasi mekanis sama dengan ventilasi alamiah, hanya saja pada deflektor-deflektornya dilengkapi dengan alat-alat mekanis ( kipas ) yang digerakkan dengan listrik dan disebut ventilator.

Di atas kapal-kapal penumpang dan kapal-kapal barang yang modern, ventilasi di dalam kamar-kamar dipergunakan Aircondition. Udara di dalam kamar-kamar dihisap keluar, dikeringkan lalu di atur pada suhu yang diinginkan dan ditiupkan kembali ke kamar-kamar dengan alat yang disebut louvers. Louvers berbentuk lubang yang bulat hingga dapat diputar-putar kearah yang dikehendaki.

Udara juga dapat di alirkan melalui pipa-pipa udara yang berbentuk persegi empat ( duct ) yang mempunyai cabang-cabang yang sempit.

Pada sistem air conditioned, maka suhu dalam kamar dapat di atur menurut kehendak yang sesuai dengan badan kita hingga terasa nyaman. Saluran udara biasanya dipasang pada plafon kamar dan lain-lain dan akhirnya di satukan untuk di isap atau dimasukkan udaranya dengan ventilator.

Dalam sistem ventilasi mekanis pembaruan udara didalam ruangan kapal dilakukan dengan menggunakan kipas atau ventilator. Untuk memasukkan udara luar ke dalam ruangan kapal ( *supply* ) dan mengeluarkan udara dari dalam ruangan kapal ( *exhaust* ).

Ventilasi mekanis dapat dilakukan dengan dasar *supply ventilation system*, *exhaust ventilation system*, dan *supply-exhaust ventilation system*.

### Supply ventilation system

Pada *supply ventilation sistem*, udara segar dimasukkan ke dalam ruangan kapal dengan menggunakan kipas. Oleh karenanya tekanan udara di dalam kompartemen bertambah besar sehingga udara dalam ruangan yang panas dan kotor terdesak ke luar melalui lubang angin yang tersedia. Kecepatan dan banyaknya udara dari luar yang masuk serta udara dalam yang keluar tergantung dari kapasitas kipas.

Pada umumnya *supply ventilation* dipergunakan untuk ruangan yang membutuhkan udara segar atau ruangan yang memerlukan kenaikan tekanan udara untuk mencegah infiltrasi udara panas atau kotor dari ruangan yang lain dengan cara mengatur tekanan udara ruangan tersebut sedemikian rupa sehingga lebih besar dari tekanan udara ruangan lain yang mengandung udara panas atau kotor. Misalnya suatu ruangan yang berdekatan dengan ruangan atau kamar mesin yang mengandung udara panas, demikian juga suatu ruangan yang berdekatan dengan ruangan lain yang berisi muatan atau barang kotor atau berdebu.

### Exhaust ventilation system

Pada *exhaust ventilation sistem*, udara panas atau kotor dikeluarkan dari ruangan kapal dengan menggunakan kipas. Akibat pengeluaran udara ini, maka tekanan udara di dalam ruangan kapal turun menjadi lebih kecil sehingga udara segar dari luar masuk kedalam ruangan kapal melalui lubang angin yang tersedia, karena tekanannya lebih besar. Kecepatan dan banyaknya udara keluar dan masuk tergantung dari kapasitas kipas tersebut.

Pada umumnya *exhaust ventilation* dipergunakan untuk ruangan yang mempunyai sumber yang menimbulkan dan mengakibatkan udara kotor (*contamination*), misalnya ruang muat yang berisi muatan kotor dan berdebu. Sistem ini juga dipergunakan untuk ruangan yang sulit dimasuki udara segar atau udara luar.

### Supply-exhaust ventilation system

Sistem ini merupakan perpaduan antara *supply ventilation sistem* dengan *exhaust ventilation sistem* yaitu untuk memasukkan maupun mengeluarkan udara semuanya menggunakan kipas.

Penempatan kipas dilakukan sedemikian rupa sehingga udara segar dari luar masuk ke dalam ruangan kapal akan dikeluarkan lagi setelah menjadi panas atau kotor

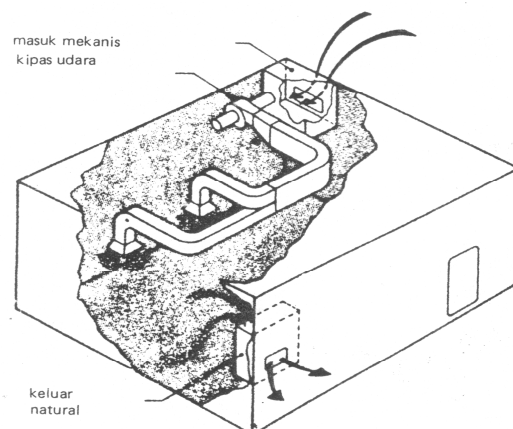
mengalir melalui seluruh ruangan yang diganti udaranya, berarti udara segar dari luar yang masuk disebarkan ke segala penjuru ruangan yang bersangkutan.

Pada *supply ventilation sistem* udara di masukkan kedalam ruangan kapal dengan mempergunakan kipas, dimana udara yang dimasukkan ini akan mendesak udara panas dan kotor yang terdapat di dalam ruangan kapal tersebut keluar melalui pipa yang tersedia.

Karena aliran udara terjadi akibat adanya desakan udara yang di masukkan (di *supply*) ke dalam ruangan kapal, maka aliran udara yang melalui pipa saluran udara tersebut tidak merupakan aliran udara bebas.

Sedangkan pada *exhaust ventilation sistem* udara dikeluarkan dari dalam ruangan kapal dengan mempergunakan kipas, sehingga udara di dalam ruangan kapal semakin renggang dan tekanan serta kepadatannya semakin kecil. Akibatnya udara luar yang mempunyai tekanan yang lebih besar mengalir masuk ke dalam ruangan kapal melalui pipa yang tersedia, aliran udara ini merupakan aliran udara bebas, karena aliran udara tersebut semata-mata terjadi karena perbedaan tekanan udara dalam dengan tekanan udara luar.

Memang pada *supply ventilation sistem* terjadi perbedaan tekanan udara dalam dengan tekanan udara luar sehingga udara mengalir keluar melalui pipa saluran udara, tapi hal ini tidak semata-mata di sebabkan oleh perbedaan tekanan udara, tetapi di sebabkan juga oleh desakan udara yang di masukkan ke dalam ruangan kapal dengan mempergunakan kipas.



Gambar 2. Sistem ventilasi mekanis

Pemakaian macam-macam tipe ventilasi pada ruangan kapal dapat dilihat pada tabel. 1.

Tabel 1. Sumber Pesawat Bantu 2 Depdikbud Jakarta.

TIPE RUANGAN	Mekanis		Natural		Kenaikan temperatur (°C)	Ganti udara dalam menit
	Masuk	Keluar	Masuk	Keluar		
Ruang Bagasi		ya			8	15
Ruang Batteray		ya	ya			2
Ruang gudang		ya			15	10
Ruang bosun	ya			ya		20
Ruang daging		ya			6	4
Kamar layar	ya			ya		6
Ruang CO <sub>2</sub>		ya	ya		8	6
R. muatan kering	ya			ya		30
Tangki dalam	ya			ya		20
Bengkel listrik	ya				6	6
R. mesin elevator		ya	ya		8	6
Gudang alat mesin	ya				11	20
R. Genrt. darurat	ya			ya	8	10
Dapur dan pantri		ya	ya		6	1
Ruang sampah		ya			6	
Ruang gyro		ya			6	4
Gudang tali	ya			ya		20
Ruang cuci		ya			6	4
Bengkel mesin	ya				6	6
R. mesin utama	ya	ya				
Gudang cat		ya	ya		6	6
Muatan dingin		ya		ya		60
Jalan poros		ya		ya		10
R. Mesin kemudi	ya			ya	8	6
Gd. Makanan kering	ya				4	4
R. Tangki kotoran	ya	ya			8	6
Km. Mandi & WC		ya			6	4
Rumah kemudi						10
						(penyusupan)

Kata “ya” di bawah “Natural” berarti bahwa ventilasi tersendiri dipakai untuk hubungan keluar. Kenaikan temperatur adalah perbedaan maksimum antara temperatur udara yang keluar dan temperatur udara yang masuk. Pergantian udara maksimum berarti banyaknya udara yang masuk sama dengan volume ruangan yang dilayani dalam menit.

#### Kapasitas pipa saluran udara

Untuk menentukan kapasitas pipa saluran udara persoalan yang penting adalah pengertian mengenai aliran udara bebas. Dalam aliran udara bebas, kapasitas pipa saluran udara tergantung dari luas bidang penampang

pipa saluran, di samping kecepatan udara mengalir. Sedangkan dalam aliran udara tidak bebas juga tergantung dari perbedaan kepadatan udara di dalam pipa dengan udara luar.

Kapasitas ( Q ) suatu pipa saluran udara menunjukkan banyaknya udara yang mengalir melalui pipa tersebut selama tiap satuan waktu. Kapasitas tersebut tergantung dari luas bidang penampang pipa tersebut dengan kecepatan udara mengalir melaluinya, dan ditentukan dengan rumus :

$$Q = A \times V$$

Keterangan :

Q = kapasitas pipa saluran udara dinyatakan dalam satuan volume ( $m^3$ ) untuk tiap detik atau jam.

A = luas bidang penampang saluran udara dalam satuan  $m^2$ .

V = kecepatan aliran udara melalui pipa saluran udara dalam satuan m per detik.

Jika garis tengah lingkaran bidang penampang pipa saluran = D meter, maka jari-jari lingkaran  $R = \frac{1}{2} D$  sehingga,

$A = \pi R^2$  ( luas lingkaran bidang penampang pipa saluran )

$A = \pi (\frac{1}{2} D)^2$  sedangkan  $\pi = 3,14$  sehingga

$A = 0,785 D^2$

Pada ventilasi alamiah terjadi aliran udara bebas melalui pipa saluran udara sehingga :

$Q = A \times V \text{ m}^3/\text{detik}$

$Q = 3600 \times A \times V \text{ m}^3/\text{jam}$

$Q = 3600 \times 0,785 D^2 \times V \text{ m}^3/\text{jam}$

$Q = 2826 \times D^2 \times V \text{ m}^3/\text{jam}$ .

Pada *supply ventilation* udara yang di masukkan ke dalam ruangan kapal mempergunakan kipas akan mendesak udara yang tadinya berada di dalam ruangan kapal keluar melalui pipa saluran udara. Karena udara di masukkan ke dalam ruangan kapal , maka kepadatan udara di dalam berbeda dengan kepadatan udara di luar, demikian juga kapasitas udara di dala pipa saluran ( $Y_i$ ) berbeda dengan kepadatan udara di luar (  $Y_o$  ). Udara keluar melalui pipa saluran karena desakan dari udara dalam, yaitu dari udara yang dimasukkan oleh kipas sehingga kapasitas pipa saluran dipengaruhi oleh desakan udara dari dalam, yaitu oleh perbandingan antara  $Y_o$  dengan  $Y_i$ , sehingga :

$Q = A \times V \times Y_o/Y_i \text{ m}^3/\text{detik}$

$Q = 3600 \times A \times V \times Y_o/Y_i \text{ m}^3/\text{jam}$

$Q = 3600 \times 0,785 D^2 \times V \times Y_o/Y_i \text{ m}^3/\text{jam}$

$Q = 2826 \times D^2 \times V \times Y_o/Y_i \text{ m}^3/\text{jam}$

Pada *exhaust ventilation system*, udara dikeluarkan dari dalam ruangan kapal dengan mempergunakan kipas sehingga tekanan udara di dalam semakin kecil. Jika tekanan udara di dalam telah lebih kecil dari pada tekanan udara di luar, maka udara luar masuk ke dalam ruangan kapal melalui pipa saluran udara secara bebas, sehingga :

$Q = A \times V \text{ m}^3/\text{detik}$

$Q = 3600 \times A \times V \text{ m}^3/\text{jam}$

$Q = 3600 \times 0,785 D^2 \times V \text{ m}^3/\text{jam}$

$Q = 2826 \times D^2 \times V \text{ m}^3/\text{jam}$ .

Perhitungan untuk menentukan kapasitas Q dari pipa saluran udara dengan menggunakan rumus-rumus seperti di atas, hasilnya akan menyimpang jika dibandingkan dengan kenyataan dalam praktek, terutama Q dalam ventilasi alamiah dan pada *exhaust ventilation*, karena dalam ke dua sistem ini masuknya udara ke dalam ruangan kapal adalah sebagai akibat dari adanya perbedaan tekanan udara antara udara luar dengan udara di dalam ruangan kapal ( aliran udara bebas ). Lain halnya dengan sistem *supply ventilation* di mana masuknya udara ke dalam ruangan kapal karena dipaksa oleh kipas yang dipergunakan. Walaupun demikian masih terdapat penyimpangan bila dibandingkan dengan kenyataan di dalam praktek. Sebab-sebab yang menimbulkan penyimpangan tersebut antara lain :

1. perubahan arah aliran udara luar
2. perubahan arah pelayaran kapal
3. percikan-percikan gelombang laut
4. kecepatan aliran udara/angin yang tinggi atau sama sekali tidak ada aliran udara /udara tenang.

Namun bila ditinjau dari segi kecepatan aliran udara yang berkisar antara 2 sampai 4 m per detik, hasil yang diperoleh dengan memakai rumus di atas akan mendekati kenyataan di dalam praktek (kecepatan aliran udara berada dalam lingkungan *flauwe koelte* dan *lichte koelte* menurut *Beaufort scale* )

#### **Kesimpulan :**

Ventilasi dalam kapal adalah proses penggantian udara kotor dengan udara segar dari luar ke berbagai ruangan kapal, pada ventilasi alamiah pembaharuan udara di dalam ruangan terjadi dengan sendirinya sebagai akibat dari perbedaan tekanan udara luar dengan tekanan udara di dalam ruangan kapal. Sedangkan pada sistem ventilasi mekanis dibedakan menjadi *supply ventilation*, *exhaust ventilation* dan *gabungan antara supply dan exhaust ventilation system*.

Dalam ketiga sistem ventilasi mekanis yang telah diuraikan diatas, banyaknya udara yang dapat dimasukkan ke dalam ruangan kapal setiap jam tergantung dari kapasitas kipas yang dipergunakan.

Data masing-masing tipe kipas umumnya disediakan oleh pabrik pembuatnya, yang penting ialah bahwa kapasitas kipas yang dipergunakan untuk tujuan ventilasi harus cukup kuat untuk mempertahankan atau mengatur komposisi kimia kelembaban udara dan temperatur udara di dalam masing-masing ruangan kapal sesuai dengan yang diperlukan.

**Daftar Pustaka :**

1. Alan Osbourne Cornell, tanpa tahun, Modern Marine Engineer's, Maritim Press, Inc.
2. Anonim, 1985, Perlengkapan Kapal, Fakultas Teknik Perkapalan ITS Surabaya
3. Biro Klasifikasi Indonesia, 2001, Chapter III, Machinery And Electrical, Jakarta
4. Fatchurrochman Murtadho, Murdiyanto, 1983, Pesawat Bantu 2, Edisi, Depdikbud Jakarta.
5. Harrington, 1992, Marine Engine, Sname
6. Lloyd Register, 1985, Journal Of Ship Production, London.
7. Radiks Purba, 1981, Angkutan Muatan Laut, Bhratara Karya Aksara, Jakarta.