

INERT GAS SYSTEM KAPAL MOTOR TANKER GANDINI

Sri Endah Susilowati

FT - Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta
E-mail: sriendah.susilowati@yahoo.com

Abstrak: Semua kapal tanker diharuskan dilengkapi *inert gas system* yang berfungsi untuk menjaga rongga udara yang ada di dalam tangki agar memiliki jumlah oksigen maksimal 8%. K.M.Gandini mempunyai kapasitas angkut 42.875 m³ dengan kapasitas bongkar muatan sebesar 1200 m³/h. *Inert gas system* yang digunakan adalah Daewoo Heavy Ind. Ltd dengan *Nozel size* m14, konsumsi bahan bakar 20 US gal/h. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kemampuan kerja *inert gas system* dalam menghasilkan gas lembam untuk mengisi rongga tangki K.M.Gandini. Metode yang digunakan adalah kajian kepustakaan dengan pendekatan secara eksploratif deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kapasitas gas lembam yang dihasilkan adalah 1.505,3 m³/h. dengan kadar oksigen 7,8%, sehingga *inert gas system* cukup dioperasikan 80% dari kapasitas normalnya.

Kata kunci: tanker, kebakaran, *inert gas system*.

Abstract: All tanker required equipped *inert gas system* that serves to safeguard the existing air cavity in the tank in order to have the maximum amount of oxygen is 8%. K.M.Gandini has a capacity of loading unloading capacity m³ 42.875 payload of 1,200 m³/h. *Inert gas system* used is a Daewoo Heavy IND. Ltd. with Nozzle size m14, fuel consumption 20 US gal/h. The purpose of this research is to know the working ability of the *inert gas system* in generating inert gas to fill the cavity of the tank of K.M.Gandini. The methods used library research with a descriptive exploratory approach. The results showed that the capacity of the *inert gas* produced is 1.505, 3 m³/h. with 7.8% oxygen levels, so that the *inert gas system* is quite operated 80% of its normal capacity.

Key words: tanker, fire, *inert gas system*.

PENDAHULUAN

Latar belakang penelitian ini adalah tentang kapal tanker dipergunakan untuk mengangkut berbagai bahan kimia cair, misalnya; bahan bakar minyak, baik berupa minyak mentah maupun yang sudah olahan, cairan kimia, merupakan material yang memiliki sifat mudah terbakar dan mudah meledak (eksplosif). Pengiriman bahan bakar dengan menggunakan kapal tanker, dimana bahan bakar tersebut diangkut di dalam tangki-tangki yang terdapat di dalam lambung kapal.

Pada setiap kapal tanker selalu ada ruang antara permukaan bahan bakar dengan dinding bagian atas tangki, yang disebut dengan rongga tangki. Rongga tangki ini memiliki faktor risiko yang tinggi dan memerlukan perlakuan khusus karena bersifat mudah terbakar atau *flammable*. Artinya kalau ada penyulut/ sumber api di dalam ruang tersebut, maka akan mudah terbakar, karena pada tempat tersebut ada unsur-unsur terjadinya kebakaran, yaitu berupa bahan yang mudah terbakar dan oksigen

yang terkandung dalam udara (21%).

Sesuai peraturan yang tertuang dalam *Amandement SOLAS* reg 1-2/4.5.5 *International Maritime Organization* (IMO) bahwa kadar oksigen di dalam rongga tangki tidak boleh lebih dari 8 persen dalam volume dan harus pada tekanan positif. Sehingga semua kapal tanker diharuskan dilengkapi *inert gas system* yang berfungsi untuk menjaga rongga udara yang ada di dalam tangki agar memiliki jumlah oksigen sesuai dengan ketentuan *International Maritime Organization* (IMO) tersebut. Tujuan dari batas oksigen adalah agar isi tangki tidak mudah terbakar pada saat pengiriman maupun bongkar muatan, kecuali bila tangki akan diperlukan untuk bebas gas (*gas freeing*), sedangkan tekanan harus positif untuk mencegah udara masuk, serta membantu pemompaan untuk bongkar muatan. Jika tidak dapat tercapai kondisi tersebut, maka kapal tidak diperbolehkan melakukan pembongkaran kargo maupun pembersihan tangki kargo. Bertambahnya volume rongga tangki akibat pembongkaran muatan harus

diimbangi dengan jumlah gas lembam yang harus dimasukkan ke dalam tangki agar tekanan dan kadar gas lembam tetap terjaga.

Kapal Motor tanker Gandini mempunyai kapasitas angkut 42.875 m^3 dengan kapasitas bongkar muatan sebesar $1200 \text{ m}^3/\text{h}$. *Inert gas system* yang digunakan adalah Daewoo Heavy Ind. Ltd dengan *Nozel size* m14, konsumsi bahan bakar 20 US gal/h.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui jumlah bahan bakar yang harus dibakar pada *inert gas system* MT. Gandini pada saat bongkar muatan. Metode yang digunakan adalah kajian kepustakaan dengan pendekatan secara eksploratif deskriptif.

PEMBAHASAN

Kebakaran dan Proses Pembakaran

Pada saat melakukan aktivitas bongkar kargo tidak tertutup kemungkinan terjadi gesekan/benturan antara logam-logam yang dapat menimbulkan percikan bunga api. Jika percikan tersebut terjadi dan rongga udara di atas minyak memiliki kandungan oksigen yang cukup tinggi (21%), maka percikan bunga api tersebut dapat menyulut bahan bakar sehingga menimbulkan kebakaran maupun ledakan. Untuk itu diperlukan suatu sistem yang mengatur kandungan oksigen hingga kandungannya berada di bawah 8%, sesuai *Standar for inert gas systems* yaitu dengan menggunakan sistem pembangkit gas lembam (*Inert Gas System, IGS, 1984:2*) berupa CO_2 dan gas lain-lain hasil pembakaran, yang tidak mendukung proses terjadinya kebakaran. Fungsi gas lembam yang lain adalah untuk menjaga agar tekanan di atas rongga muatan kapal tetap positif agar isi kargo mudah dipompakan dan menghindari udara luar masuk ke dalam tangki.

Tiga unsur penyebab kebakaran yang berada pada suatu tempat secara bersamaan adalah: (1) Material yang mudah terbakar, sebagai bahan bakar, (2) Sumber api (*ignition source*), (3) Oksigen (yang cukup).

Menurut Efisiensi Energi Untuk Industri Asia www.energyefficiencyasia (2006:13) komposisi bahan bakar dari analisis laboratorium sebagai berikut:

Tabel 1. Komposisi Bahan Bakar dari Analisis Laboratorium

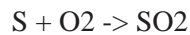
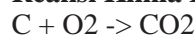
Unsur	Berat (%)
Karbon	85,9
Hidrogen	12
Oksigen	0,7
Nitrogen	0,5
Sulfur	0,5
H ₂ O	0,35
Abu	0,05
GCV	
bahan bakar	10880 kcal/kg

Sedangkan data analisis dengan jumlah sampel minyak bakar 100 kg, maka reaksi kimianya adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Komposisi Zat Hasil Reaksi Kimia

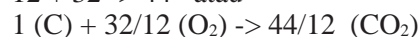
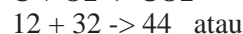
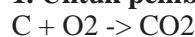
Unsur	Berat Molekul (kg/kg mol)
C	12
O ₂	32
H ₂	2
S	32
N ₂	28
C	44
SO ₂	64
H ₂ O	18

Reaksi Kimia Pembakaran

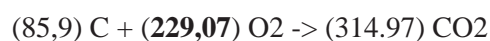


Unsur Bahan Bakar:

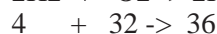
1. Untuk pembentukan CO_2



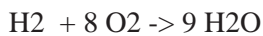
12 kg karbon memerlukan 32 kg oksigen membentuk 44 kg karbon dioksida. Oleh karena itu 1 kg karbon memerlukan $32/12$ kg atau 2,67 kg oksigen. Sehingga untuk 85,9 C:



2. Untuk pembentukan H_2O



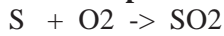
4 kg hidrogen memerlukan 32 kg oksigen membentuk 36 kg air. Oleh karena itu 1 kg hidrogen memerlukan $32/4$ kg atau 8 kg oksigen. Sehingga untuk 1 kg Hidrogen persamaannya adalah:



Untuk 12 kg unsur H₂



3. Untuk pembentukan SO₂



32 kg sulfur memerlukan 32 kg oksigen membentuk 64 kg sulfur dioksida. Oleh karena itu 1 kg sulfur memerlukan 32/32 kg atau 1 kg oksigen (0,5) S + (0,5 x 1) O₂ @ 1,0 SO₂. Sehingga total oksigen yang dibutuhkan untuk membakar 100 kg bahan bakar adalah 325,57 kg (229,07 + 96 + 0,5) kg.

Oksigen yang sudah ada dalam 100 kg bahan bakar = 0,7 kg. Sehingga Oksigen tambahan yang diperlukan = 325,57 – 0,7 = 324,87 kg.

Jumlah udara kering yang diperlukan untuk pembakaran 100 kg bahan bakar adalah = (324,87) / 0,23 = 1412,45 kg udara (udara mengandung 23% berat oksigen) Sehingga udara teoritis yang diperlukan = (1412,45)/100=14,12 kg udara/kg b.bakar. Jadi untuk membakar setiap kg minyak bakar, diperlukan udara 14,12 kg.

Sistem Gas Lembam

Prinsip kerja dari pemakaian sistem gas lembam ini pada kapal tangker adalah untuk menjaga agar udara yang berada di dalam rongga tangki penyimpanan minyak memiliki kandungan Oksigen (O₂) maksimum 8% dan memiliki tekanan positif (di atas tekanan atmosfer). Cara untuk menjaga agar kandungan Oksigen rongga udara di atas minyak rendah, yaitu dengan cara mendorong udara tersebut dengan gas lembam. Kapasitas bongkar kapal tangker dipengaruhi oleh kapasitas gas lembam yang disuplai ke rongga kargo.

Klasifikasi status kadar karbon di ruang kargo sebagai berikut:

Tabel 3. Klasifikasi Status Kadar Karbon di Ruang Kargo

No	Kadar O ₂	Status
1	11%	Max. Oxygen Level
2	8%	Max. Oxygen Level Allowed
3	5%	Satisfactory Oxygen Level
4	< 3%	Best Oxygen Level

Menurut Smith (1985:412) bahwa Gas lembam dapat diperoleh dari berbagai cara, yaitu: (1) Pemanfaatan Gas buang boiler, (2) Nitrogen, (3) Gas pembakaran burner, (4) Gas buang mesin diesel

Masing-masing gas lembam yang dihasilkan oleh berbagai cara di atas memiliki kelebihan dan kekurangan. Kerugian dan keuntungan memperoleh gas lembam yang diperoleh dari berbagai cara di atas adalah:

- 1. Gas buang boiler;** memiliki sifat yang korosif tetapi tidak perlu mengeluarkan biaya operasi tambahan untuk dapat memperoleh gas lembam karena pada kapal tangker selalu dilengkapi boiler

- 2. Nitrogen;** adalah gas yang tidak dapat terbakar, akan tetapi di kapal jumlahnya sangat terbatas dan harus mengeluarkan biaya untuk mendapatkannya. Untuk kargo berupa cairan kimia, maka inert gas yang dipergunakan adalah Nitrogen. Hal tersebut dikarenakan tidak ada carbon/ kotoran gas yang dihasilkan

- 3. Gas buang mesin diesel;** meskipun diperoleh dengan cara memanfaatkan gas sisa pembakaran akan tetapi kandungan Oksigennya masih cukup tinggi, yaitu sekitar 12%.

- 4. Gas hasil pembakaran bahan bakar dengan burner;** cara ini diperlukan biaya tambahan untuk bahan bakar, akan tetapi nilai positifnya adalah jumlah gas lembam yang dihasilkan dapat diatur dengan mudah.

Dari berbagai cara memperoleh gas lembam di atas, yang paling banyak dijumpai pada kapal tangker adalah yang menggunakan *burner*. Hal tersebut dikarenakan fleksibel pengaturannya. Kondisi Gas lembam yang dihasilkan dari *inert gas system* dengan menggunakan burner, adalah:

1. CO₂ sebesar 13.76% dari volume. Sifatnya *inert* dan *toxic* (beracun). Gas ini juga tidak perlu diragukan karena walaupun beracun, hanya dimasukkan dalam tangki dan yang penting tidak akan membantu memicu terjadinya kebakaran dan tidak korosif.

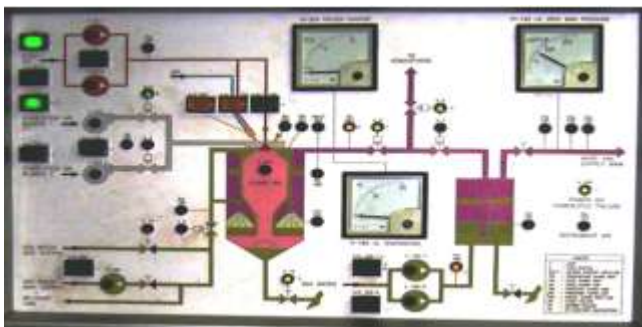
2. H₂O sebesar 4.7% dari volume, bersifat Inert dan dapat diterima karena kadarnya rendah.

3. O₂ sebesar 7.8% dari volume. Kadar O₂ sebesar 7.5% di bawah *upper – flammable*.

4. CO sebesar 0,1% dari volume. CO merupakan *toxid* tapi kadarnya rendah.
5. Nitrogen sekitar 73.7% Temperatur gas pembakaran dari inert gas berkisar 300°C sampai 350°C. Temperatur tersebut terlalu tinggi untuk dapat dipergunakan sebagai gas lembam, sehingga harus didinginkan terlebih dahulu sebelum digunakan.

Elemen-elemen *Inert Gas System*

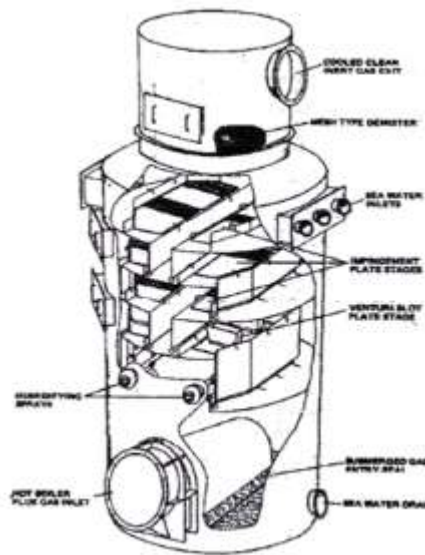
Secara skematis proses *inert gas system* dengan menggunakan burner adalah seperti terlihat pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Skema Aliran Kerja *Inert Gas System*

Keterangan:

- A. Blower;** Ruang pembakaran adalah ruang tertutup, sehingga diperlukan suplai udara untuk proses pembakaran. Fungsi dari blower adalah untuk menyuplai udara pembakaran pada burner
- B. Burner;** Fungsi burner adalah untuk membakar bahan bakar agar diperoleh gas lembam
- C. Pompa air laut;** Untuk memompa air laut yang dipergunakan untuk menurunkan temperatur gas hasil pembakaran dan untuk mencegah api agar tidak keluar dari ruang pembakaran.
- D. Nozel Penyemprot Air Pendingin;** Temperatur yang tinggi pada udara lembam sangat berbahaya, maka perlu untuk dinginkan. Pendinginan dilakukan dengan menyemprot udara lembam dengan air melalui nozel.
- E. *Scrubber*;** *Scrubber* (Gambar 2) adalah tangki penghasil gas lembam yang di dalamnya berisi ruang bakar, alat pembakar/burner, saringan-saringan untuk menyaring gas hasil pembakaran serta nozel yang memancarkan air untuk mendinginkan.



Gambar 2. Tabung *Scrubber*

Menurut Smith (1985:414) analisis berdasarkan volume kondisi unsur-unsur gas sesudah masuk *scrubber* adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Unsur-unsur Gas Sesudah Masuk *Scrubber*

Jenis Gas	Kandungan
Carbon dioxide, CO ₂	12%
Oxygen, O ₂	4.5%
Sulphur dioxide, SO ₂	0.02%
Nitrogen, N ₂	77%

- F. Filter Demister;** Fungsi dari filter ini adalah untuk menghindari kotoran dari hasil pembakaran masuk ke dalam tangki.
- G. Pompa Bahan Bakar;** Fungsi dari pompa ini adalah untuk memompakan bahan bakar ke burner agar memiliki tekanan penyemprotan yang sesuai, sehingga pembakaran dapat terjadi dengan sempurna.
- I. *Level Switch*;** Untuk mengatur ketinggian air pada scrubber. Jika ketinggian air berkurang, maka aliran listrik untuk pompa dialirkan, sehingga pompa akan berjalan dan air akan mengisi scrubber sampai pada batas ketinggian yang telah ditetapkan.
- H. Katup Cerat (*Drain Valve*);** Fungsinya adalah untuk menguras/ mengeluarkan cairan
- J. Pengukur kadar O₂ (*Analyzer O₂*);** Alat ini berfungsi untuk mengetahui kandungan Oksigen di dalam tangki.

Mengingat pentingnya fungsi alat ini, maka secara periodic dilakukan kalibrasi.

K. Pressure Connection, Fungsi alat ini adalah untuk mengukur tekanan udara di dalam tangki kargo.

L. Deck Water Seal, Pada tangki ini supplay air akan berlangsung selama *inert gas system* beroperasi. Air ini berfungsi mencegah aliran balik dari udara lembam yang akan dialirkan ke tangki cargo. Pada tanki ini terpasang sebuah *sight glass* yang berfungsi mengetahui ketinggian (volume) air yang ada di dalam tangki secara periodic agar tidak terjadi kesalahan dalam melihat tinggi permukaan air, sebab kalau kondisi air kurang maka udara lembam akan kembali ke ruang pembakaran di *inert gas system*.

Beberapa jenis *deck water seal*, berdasarkan standar *inert gas system* yang diterbitkan oleh Transport Canada, seperti terlihat pada gambar 3, yaitu: (1) *Wet type*, (2) *Semi dry type*, (3) *Dry type*, seperti terlihat pada gambar 3 berikut:



Gambar 3. Pipe line Inert Gas System di dek Kapal

Dasar Perhitungan

1. Inert gas system

Massa aliran gas lembam (m_{gl} , kg/h) yang dihasilkan oleh *inert gas system* :

$$m_{gi} = k_{bb} + (k_{bb} \times k_{ud}) \quad (1)$$

Keterangan

K_{bb} : Konsumsi bahan bakar, kg/h

K_{ud} : Konsumsi udara per kg bahan bakar

2. Kalor Yang Dihasilkan di Furnace

Jumlah kalor yang dihasilkan oleh pembakaran:

$$q = k_{bb} \times GCV \quad (2)$$

Dimana:

K_{bb} : Konsumsi bahan bakar, kg/h

: Nilai kalor bahan bakar, kcal/kg

3. Kalor yang Harus Dilepas

Untuk memperoleh temperatur gas lembam yang sesuai untuk disuplai ke rongga tangki, maka gas hasil pembakaran harus didinginkan. Jumlah kalor yang harus dikeluarkan/dilepas dari gas lembam adalah:

$$q = k_{bb} \times GCV \quad (3)$$

4. Kebutuhan Air Untuk Pendingin

Kebutuhan air pendingin untuk keperluan pendinginan.

$$q_{cool} = m_a \cdot c_p \cdot \Delta T_{air}$$

atau

$$m_a = \frac{q_{cool}}{m_a \cdot c_p \cdot \Delta T_{air}} \quad (4)$$

Dimana:

m_a : Massa aliran air pendingin (kg/h)

ΔT_{air} : Perbedaan temperature air pendingin

c_p : Kapasitas panas air pendingin, kJ/kg.°C

Hasil Pengolahan Data dan Pembahasan

Data Hasil

Kapal Tanker MT. GANDINI

1. Bendera : Indonesia
2. DWT(MT) : 32.04 (MT)
3. Tonage : 23.328
4. Kecepatan : 14 knot
5. Total isi tangki : 42.875 m³
6. Jenis muatan : *Residual Marine*, RMF
7. Jumlah tangki : 12
8. Kapasitas pompa kargo : 1.200 (m³/h)

Inert Gas System

1. Merek : Daewoo Heavy Ind. Ltd
2. Nozel size : m14
3. Konsumsi b.b : 20 US galon/h
4. Bahan bakar : Fuel oil

Air laut sebagai pendingin,

1. T_{masuk} : 25°C,
2. T_{keluar} : 48°C

Gas Lembam

1. Temp. gas keluar dari *furnace* : 350°C
2. Temperatur keluar pendinginan : 50°C (standar operasi)

Perhitungan

Inert gas system

Bahan bakar : Fuel Oil

Massa jenis : 0.95 kg/l

Konsumsi bahan bakar : 20 US galon/h = 75,708 l/h atau = 0.95 kg/l x 75,708 l/h = 71,92 kg/h

Massa Aliran Gas Lambam

Untuk proses pembakaran standar, kebutuhan udara untuk membakar 1 kg bahan bakar adalah sebesar 14.1245 kg udara. Akan tetapi untuk menghindari adanya bahan bakar yang tidak terbakar udara yang masuk ditambah dengan 55%

Maka massa aliran gas lambam (m_{gl}) yang dihasilkan setiap jam adalah:

Dimana:

K_{bb} : 71,92 kg/h

K_{ud} : 1.22 x 14.12 kg udara per kg bahan bakar.

Maka massa aliran gas lambam adalah :

$$m_{gi} = 71.92 + (14.12 \times 1.55 \times 71.92) = 1646(\text{kg/h})$$

Menurut Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia diperoleh bahwa gas hasil pembakaran atas dasar prosentase massa, terdiri dari:

CO₂: 13.76%

H₂O: 4.7%

SO₂ : 0.04%

O₂ : 7.8%

N₂ : 73.7%

Massa aliran masing-masing unsur gas hasil pembakaran adalah:

Tabel 5. Massa Gas Hasil Pembakaran

Usur	Prosentase	Massa Aliran (kg/h)
CO ₂	13.76%	226
H ₂ O	4.70%	77
SO ₂	0.04%	1
O ₂	7.80%	128
N ₂	73.70%	1,213

Kapasitas Aliran Gas Lambam

Pada temperatur 50°C density dan kapasitas aliran untuk masing-masing unsur adalah:

Tabel 6. *Density* dan Kapasitas Aliran untuk masing-masing Unsur

Usur	Density (kg/m ³)	Massa Aliran (kg/h)	Kapasitas Aliran (m ³ /h)
CO ₂	1.6597	226	136.5
H ₂ O	0.6794	77	113.9
SO ₂	2.9270	1	0.2
O ₂	1.2068	128	106.4
N ₂	1.0564	1,213	1148.3
Total Kapasitas Aliran			1505.3

Kapastasi produksi gas lambam 1.505,3 m³/h dengan kandungan O₂ sebesar 7,8%, artinya *inert gas system* tidak perlu dioperasikan secara penuh. Karena kebutuhannya hanya 1.200 m³/h. Jadi cukup dioperasikan 80% saja.

Pendinginan Gas Lambam

Jumlah kalor yang dihasilkan oleh pembakaran:

$$q = K_{bb} \times GCV$$

Dimana :

q : Kalor hasil pembakaran (kcal/h)

K_{bb} : Konsumsi bahan bakar : 71,92 kg/h

GCV : Nilai kalor b.bakar : 10.880 kcal/kg

Maka :

$$q = 71.92 \times 10.880 = 779.226 (\text{kcal / h})$$

Temperatur udara luar 25°C, temperatur gas keluar dari furnace 350°C, sedangkan temperature akhir pendinginan 50°C (standar *inert gas*).

Untuk mencapai temperatur gas lambam sebesar 50°C, maka kalor yang harus dikeluarkan dari sistem adalah sekitar 90% dari kalor yang dihasilkan pada proses pembakaran. Sehingga kalor yang harus dikeluarkan dari gas lambam:

$$q_{cool} = 90\% \times q = 90\% \times 779.226$$

$$q_{cool} = 701.303 (\text{kcal / h})$$

Kebutuhan Air Pendingin

Kebutuhan air pendingin untuk keperluan pendinginan gas lambam:

$$m_a = \frac{q_{cool}}{m_a \cdot c_p \cdot \Delta T_{air}}$$

Dimana :

m_a : Massa aliran air pendingin (kg/h)

$$q_{cool} = 701.303 (\text{kcal / h})$$

ΔT_{air} : Selisih temperature air pendingin

T_{Masuk} 25°C dan T_{keluar} 48°C

$$c_p : \text{pada } T_{rata-rata} 37.5^\circ\text{C} = 4.174 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C} = 0.9971 \text{ kcal/kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

Maka:

$$m_a = \frac{701.303}{0.9971 \times (48 - 25)} = 30.580 (\text{kg / h})$$

Massa jenis air (ρ_a) pada $37.5^\circ\text{C} = 989 \text{ kg/m}^3$

Maka kapasitas aliran air pendingin (Q_{cool})

$$Q_{cool} = \frac{m_a}{\rho_a} = \frac{30.580}{989} = 31 \text{ (m}^3/\text{h)}$$

Berdasarkan data yang diperoleh di lapangan dan hasil perhitungan diperoleh bahwa:

1. Pada saat kapal tanker bongkar muatan, keluarnya isi kargo mengakibatkan bertambahnya volume rongga di atas permukaan cairan di dalam tangki, besarnya sesuai dengan volume isi kargo yang dipompakan keluar kapal.
2. Untuk menjaga agar jumlah oksigen di rongga tangki tetap berada dibawah 8% dari keseluruhan volume rongga, maka gas lembam harus dimasukkan/dialirkan ke dalam tangki untuk mencegah timbulnya kebakaran.

Dari hasil perhitungan diperoleh:

1. Untuk pemakaian bahan bakar sebesar 20 US gal/jam, gas lembam yang dihasilkan adalah sebesar 1505,3 m^3/h , dengan kadar oksigen 7,8%
2. Untuk menjaga agar gas lembam yang masuk ke ruang tangki memiliki temperature 50°C , gas lembam yang keluar dari ruang bakar harus didinginkan. Besar kalor yang harus dikeluarkan adalah 701.303 kcal/h dengan cara menyemprotkan air laut sebanyak 31 m^3/h .
3. Untuk bongkar kargo dengan kapasitas 1.200 m^3/h , *inert gas system* cukup dioperasikan sebesar 80% saja.

PENUTUP

Kesimpulan

1. Dengan konsumsi bahan bakar sebesar 20 US gal/h, kapasitas produksi gas lembam adalah sebesar 1.505,3 m^3/h .
2. Untuk memperoleh temperatur standar gas lembam, gas hasil pembakaran *furnace* di dalam scrubber, gas didinginkan dengan menggunakan air laut dengan kapasitas aliran 31 m^3/h .

Saran

Pada pengoperasian *inert gas system* jika kondisi tekanan, jumlah masing-masing unsure tidak sesuai komposisinya, terutama kadar oksigen maksimum 8%, serta temperature yang terlalu tinggi, maka disarankan dilakukan pengecekan pada elemen-elemen *inert gas generator*.

DAFTAR PUSTAKA

- Chruch, Austin H.. *Pompa dan Blower Sentrifugal*. Terjemahan Zulkifli Harahap, Erlangga. Jakarta. 1995.
- Holman. *Perpindahan Kalor*. Terjemahan E. Jasjfi. Erlangga. Jakarta. 1997.
- Kreith, Frank, *Perpindahan Panas*. Terjemahan Arko Prijono. Erlangga. Jakarta. 1997.
- Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia
- Smith David W. *Marine Auxiliary Machinery*, 6th Edition. Butterworths, London, Boston, Durban, Singapore, Sydney, Toronto, Wellington. 1985.
- Streeter, Victor L., Benjamin Wylie. *Mekanika Fluida*. Terjemahan Arkon Prijono. Erlangga. Jakarta. 1986.