BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perkembangan Kapal *Container* di Indonesia

Sejarah perkembangan Peti Kemas (*container*) di Indonesia baru dimulai sejak tahun 1970-an yang ditandai dengan adanya kapal dan pelabuhan Peti Kemas pertama di Indonesia. Di Indonesia sejarah perkembangan angkutan Peti Kemas baru dimulai pada akhir dasawarsa enam puluhan di mana satu dua unit Peti Kemas yang dikapalkan ke Indonesia menggunakan kapal Peti Kemas (*container vessel*) dibongkar di Singapura dan dilanjutkan ke Jakarta atau pelabuhan tujuan lain di Indonesia menggunakan kapal konvensional atau kapal semi-*container* yang melayani angkutan feeder service Indonesia-Singapura atau oleh kapal lain yang menjalani pelayaran *cross trading* melalui perairan Indonesia.

Secara lebih teratur dan lebih terarah, era pengangkutan Peti Kemas di Indonesia dimulai pada tahun 1973 dengan menggunakan kapal general *cargo carrier* konvensional atau kapal semi *container*. Oleh karena itu masa itu di Indonesia belum terdapat fasilitas dermaga Peti Kemas dan belum ada alat bongkar muat Peti Kemas (*gantry crane, transtainer*, dan sejenisnya) maka posisi perusahaan pelayaran Indonesia dalam system angkutan Peti Kemas ini masih terbatas sebagai *feeder* (pemberi umpan), memberi umpan kepada pelabuhan lain yang berdekatan yang sudah mempunyai fasilitas penunjang lengkap yaitu Singapura. Angkutan Peti Kemas langsung dari pelabuhan asal muatan ke pelabuhan tujuannnya di luar negeri, dan sebaliknya, masih bersifat insidental, berasal dan bertujuan dari dan ke pelabuhan-pelabuhan besar Tanjung Priok dan Tanjung Perak Surabaya.

Atas dasar sikap ini maka mulai tahun 1974 sebagian Pelabuhan Tanjung Priok yaitu Pelabuhan III bagian timur, dibangun menjadi pelabuhan Peti Kemas yang lengkap. Usaha pembangunan ini mendapat bantuan dari bank Dunia dan karena pelabuhan Peti Kemas memerlukan lapangan kosong yang luas maka dalam rencana pengembangan dan pembangunan pelabuhan Peti Kemas tersebut ditetapkan bahwa seluruh kawasan yang terletak pada Pelabuhan III timur tersebut sampai pantai Gita Bahari (Zandvoort, yang sehari-hari di sebut Sampur) akan dijadikan areal pelabuhan Peti Kemas Tanjung Priok, lengkap dengan sarana pendukungnya. Pembangunan pelabuhan Peti Kemas lengkap tahap pertama, yang dimulai tahun 1974 tersebut dinyatakan sudah selesai dan sudah mulai difungsikan pada tahun 1978 dengan sarana pendukung utama berupa dua unit gantry crane berkapasitas berkapasitas 50 ton SWL (*Safe Working Load*). Penggunaan pelabuhan Peti

Kemas pertama di Indonesia ini telah diresmikan pemakaiannya oleh Presiden Soeharto pada peringatan Hari Kebangkitan Nasional tanggal 20 Mei 1980.

Gambar 2.1 Perkembangan kapal container di pelabuhan

2.1.1 Pengertian *Container* atau Peti Kemas

a) Berdasarkan *Customs Convention on Containers* 1972, yang dimaksud dengan container adalah alat untuk mengangkut barang yang :
   - Seluruhnya atau sebagian tertutup sehingga berbentuk peti atau karet dan dimaksud untuk diisi barang yang akan diangkut.
   - Berbentuk permanen dan kokoh sehingga dapat dipergunakan berulang kali untuk pengangkutan barang
   - Dibuat sedemikian rupa sehingga memungkinkan pengangkutan barang dengan suatu kendaraan tanpa terlebih dulu dibongkar kembali
   - Dibuat sedemikian rupa untuk langsung dapat diangkut, khususnya apabila dipindah dari satu ke lain kendaraan
   - Dibuat sedemikian rupa sehingga mudah diisi dan dikosongkan
   - Mempunyai isi diukur bagian dalam sebesar 1 m atau lebih

b) Dalam pengertian *container* termasuk perlengkapan dan peralatan untuk *container* yang diangkut bersama-sama dengan container bersangkutan

c) Dalam pengertian *container* tidak termasuk kendaraan atau suku cadang kendaraan atau alat kemas.

d) Peti Kemas dibuat kokoh/kuat dan dilengkapi dengan pintu yang dikunci dari luar. Semua bagian dari Peti Kemas termasuk pintunya tidak dapat dilepas atau dibuka dari luar tanpa meninggalkan bekas nyata.

e) Pada pintu disediakan tempat pemasangan materai sedemikian rupa sehinggga apabila dikunci dan dibubuhi materai, tidak dimasukkan atau dikeluarkan barang tanpa meninggalkan bekas yang nyata atau tanpa merusak materai.

2.1.2 Jenis Peti Kemas

Jenis-jenis petikemas dapat dibedaklan menurut jenis muatannya dibagi menjadi 6 kelompok:

1) *General cargo*

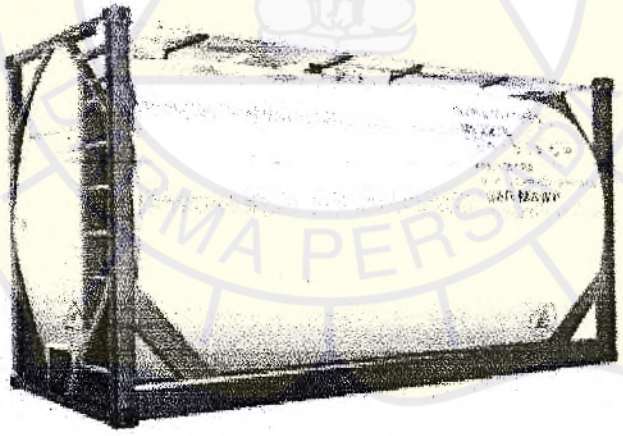
Petikemas ini digunakan untuk mengangkut barang umum, seperti *general purpose container, open-side container dan open-top container.*

2) *Thermal*

Petikemas ini digunakan untuk mengangkut bahan (umunya berupa bahan makanan) yang memerlukan pengaturan suhu ruangan, yaitu *insulated container, reefer container dan heated container.*

3) *Tank Container*

Pertikemas ini dilengkapi dengan tangki di dalamnya sehingga dapat mengangkut muatan cair (bulk liquid) dan muatan gas (*bulk gas*).



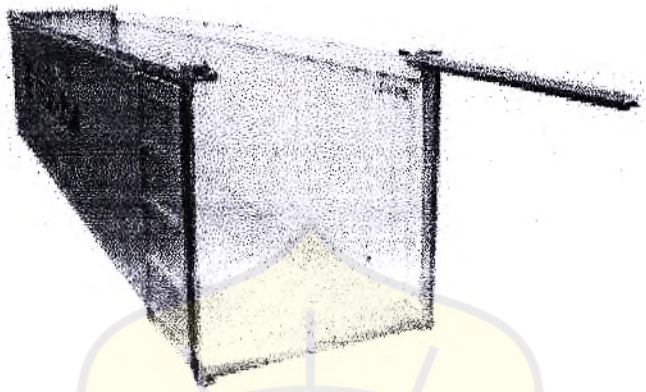
Gambar 2.2 Tank Container

4) *Dry bulk*

Petikemas ini digunakan untuk mengangkut barang/bahan yang berbentuk curah kering (*dry bulk cargo*).

5) *Platform*

Petikemas platform ini hanya berupa dasar landasan tanpa dinding yg dilengkapi dengan batang-batang corner untuk mengkaitkan dengan *spreader*, terdiri atas *flat rack container* dan *platform based container*.



Gambar 2.3 Platform Container

6) *Special*

Petikemas ini dibuat khusus untuk mutan tertentu, misalnya untuk mengangkut ternak (*cattle container*) dan muatan kendaraan (*car container*).

2.1.3 Penggunaan Peti Kemas

Peti Kemas (*container*) digunakan untuk pengangkutan barang :

a. Dari luar negeri/luar dari pabean (impor)
b. Ke luar negeri/luar dari pabean (ekspor)
c. Interinsuler apabila sudah dipenuhi persyaratan-persyaratan impor

Gambar 2.4 Peti Kemas di Pelabuhan

2.2 Kebakaran pada kapal

Menurut data dari Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT), sejak tahun 2009-2011 terdapat 10 kasus kecelakaan pada kapal *container* yang disebabkan karena kebakaran. Hal ini disebabkan karena kurangnya perhatian terhadap sistem pemadaman kebakaran pada kapal.

Menurut *International Maritime Organization* (IMO) resolusi A.602(15) mengklasifikasikan dua standar kebakaran pada kapal yaitu International Standard Organization (ISO) dan *National Fire Protection Agency* (NFPA) (10)

Tabel 2.1 Klasifikasi sumber kebakaran

ISO Standard 3941	NFPA 10
Class A: kebakaran yang meliputi benda padat yang biasanya bahan organik alam yang terbentuk dari alam.	Class A: kebakaran pada bahan yang mudah terbakar, seperti kayu, kain, kertas, dll
Class B: kebakaran yang disebabkan benda cair.	Class B: kebakaran yang disebabkan dari benda cair yang mudah terbakar seperti minyak, ter, minyak nabati, gas cair, dan cat dari bahan berbasis minyak
Class C: kebakaran yang disebabkan oleh gas.	Class C: kebakaran yang disebabkan oleh energi listrik yang dihasilkan dari peralatan yang penting pada kapal.
Class D: kebakaran yang disebabkan oleh logam.	Class D: kebakaran yang disebabkan oleh logam yang mudah terbakar, seperti Titanium, Magnesium, Lithium, dan Kalsium.

Adapun alat penanggulangan dari klasifikasi jenis kebakaran tersebut dapat dijelaskan pada 2.10 mengenai material pemadam kebakaran menurut kelasnya.

2.2.1 Proses Terjadinya Kebakaran

Kebakaran adalah suatu kejadian yang tidak diinginkan dan kadang kala tidak dapat dikendalikan, sebagai hasil pembakaran suatu bahan dalam udara dan mengeluarkan energi panas dan nyala (api). Proses pembakaran adalah suatu reaksi eksotermis, yakni suatu reaksi yang mengeluarkan panas karena reaksinya adalah pada suhu tinggi maka reaksi fase gas.

Jadi pembakaran adalah reaksi antara dua gas, satu diantaranya adalah oksigen. Tetapi definisi ini tak berlaku pada pembakaran logam, (ILO, 1991).

2.2.2 Sumber terjadinya kebakaran pada kapal

Dalam menghadapi bahaya kebakaran yang perlu diperhatikan adalah adanya beberapa sumber penyalaan yang dapat menyebabkan timbulnya bahaya kebakaran dan ledakan di kapal. Sumber penyalaan yang terdapat di kapal adalah :

a) Percikan yang dihasilkan oleh rokok & api geretan.
b) Bunga api dan pekerjaan pengelasan maupun pemotongan.
c) Bunga api dan gesekan antar logam.
d) Bunga api atau letikan api dan peralatan listrik
e) Permukaan yang panas, misal permukaan permesinan yang panas dapat menyebabkan minyak menyala sendiri karena dipanaskan diatas suhu nyala.
f) Pijaran kilat selama terjadi badai listrik
g) Listrik statis, karena adanya muatan listrik yang timbul dan berkumpul dalam minyak hasil sulingan dan dalam konduktor listrik.

Dari semua penyebab ini, haruslah dilakukan inspeksi dari kebersihan bocoran minyak terjadi supaya segera dibersihkan. Dari beberapa sumber diatas dapatlah pula diterangkan :

a) Penyalaan spontan

Sumber penyalaan spontan adalah adanya api terjadi ataupun nyala api dari luar, namun hal ini disebabkan adanya panas yang dihasilkan dalam suatu proses oksidasi. Sudah diketahui bahwa nyala api adalah suatu proses oksidasi. Namun harus disadari bahwa tak semua proses oksidasi menghasilkan api. Api hanya akan menyala bila suhu naik sampai melebihi titik nyala material dan naiknya suhu ini dipengaruhi oleh banyaknya tingkatan pelepasan panas. Faktor yang mempengaruhi adalah :

- Oksidasi lambat; Korosi atau kerusakan dengan kenaikan temperatur yang dapat diabaikan.
- Oksidasi; yang tetap Kenaikan suhu / temperatur yang dapat menyebabkan timbulnya api.
- Oksidasi cepat.
- Penyalaan seketika.
- Ledakan.

b) Penyalaan otonuitis

Bisa disebut juga *self ignition* atau *auto-ignition* dan hal ini berhubungan dengan suhu terendah dimana suatu material akan mulai terbakar tanpa adanya api dari luar. Dalam hal ini maka penyalaan spontan akan mulai pada saat adanya korosi material yang sesuai dimana suhu terendah untuk terbakar sendiri sudah tercapai. Biasanya harga pasti dari *self ignition themperature* (S.L.T) tidak diketahui karena hal ini dipengaruhi banyak faktor, misalnya perbedaan tekanan tersedia atau tidaknya oksigen yang cukup dan komposisi kimia yang terjadi dan material asal, belum adanya S. L.T.

Dari beberapa keterangan di atas nampaklah suatu hubungan yang rumit antara *volatility*, *flammability* dan *flash point* dari aliran senyawa *hydrocarbone*. Namun ada juga penyebab yang belum dibahas yakni Yang berhubungan dengan sifat kelistrikan dari minyak, dimana sifat ini tercakup dalam terjadinya listrik statis yang dapat menyebabkan ledakan. Listrik statis dapat diterangkan sebagai berikut:

a) Listrik Statis (*Static Electricity*)

Listrik statis dapat menyebabkan terjadinya kebakaran dari ledakan dalam cara penanganan minyak selama dalam tangki muatan maupun dalam bongkar muat di terminal minyak. Beberapa cara penanganan dapat menyebabkan terjadinya pengumpulan muatan - muatan listrik dan muatan listrik ini dapat tiba – tiba terlepas. Muatan listrik yang terlepas ini dapat menyalakan uap yang mudah terbakar bila mempunyai energi yang cukup. namun bila uap tidak berada dalam kondisi mudah terbakar maka tidak terjadi kondisi berbahaya.

Dalam menghadapi kemungkinan terjadinya listrik statis. harus diketahui adanya tiga hal yang dapat menimbulkan listrik statis yakni pemisahan muatan listrik pengumpulan muatan listrik dan penyalaan muatan listrik.

❖ **Pemisahan Muatan Listrik**

Pembentukan muatan listrik terjadi diantara permukaan benda yang berlainan, mungkin antara benda padat - benda padat, benda padat – benda cair dan juga antara benda cair - benda cair. Pada antara permukaan ada kemungkinan distribusi muatan listrik yang tidak merata. Ion - ion dari satu kutub muatan dapat terhisap oleh satu material sementara ion - ion dari kutub muatan yang berlawanan akan menarik

mereka dan tinggal di lapisan yang dekat. Kondisi ml disebut *electric double laver* (lapisan listrik ganda).

Muatan listrik yang saling terpisah dalam masing - masing lapisan ini tidak dapat menimbulkan bahaya kecuali mereka dipisahkan yang dapat terjadi dengan bermacam - macam cara :

- Aliran minyak melalui pipa atau saringan.
- Aliran campuran minyak – air melalui pipa.
- Penempatan benda padat atau air dalam minyak.
- Penyempurnaan minyak.
- Keluarnya partikel nozzle

❖ **Pengumpulan Muatan Listrik.**

Muatan listrik yang terpisah selalu mencoba untuk bergabung dan mencoba saling menetralisir. Bila salah satu material adalah isolator yang baik yang mempunyai konduktivitas/ daya hantar listrik yang rendah. Penggabungan muatan-muatan akan sulit dan muatan akan berkumpul disekeliling material isolasi. Perhitungan waktu yang dibutuhkan untuk menahan diberikan oleh yaitu pengendoran material. Bila suatu material mempunyai konduktivitas yang tinggi efek penggabungan kembali dapat melawan pengumpulan muatan yang terpisah dan hanya menghasilkan sedikit listrik statis. Dengan sebab ini maka minyak-minyak hitam (yang mengandung residu) dan minyak mentah, yang mempunyai konduktivitas antara 1(1,001) - 100.000 picho/meter bukan pengumpul listrik statis. Sedangkan minyak bersih hasil sulingan yang mempunyai konduktivitas tinggi adalah pengumpul statis.

Berdasarkan sifat konduktiviias (daya hantar listrik) maka minyak dibedakan menjadi :

1. *Non Static Acumulation Oils.*

Adalah minyak - minyak yang tidak mengumpulkan muatan listrik sehingga tidak terjadi listrik statis, jenis minyak ini dapat dimasukkan ke dalam tangki bebas gas atau tangki tak bebas gas tanpa suatu pengamanan khusus.

Jenis minyak ini adalah :

Non Volatile : - Minyak bakar

- Minyak diesel berat – Aspal

Volatile : - Minyak mentah

- Aspal cair

2. *Static Acumulator Non Volatile Oil*

Minyak-minyak jenis ini dapat dimasukkan dalam tangki yang bebas gas tanpa suatu pengamanan terhadap listrik statis. Bila tangki belum bebas gas maka pengamanan terhadap listrik statis harus dilaksanakan.

Jenis minyak ini adalah :

- Minyak pemanas
- Minyak diesel sulingan
- Minyak- petunias

❖ **Penyalaan Muatan Listrik**

Muatan listrik yang terpisah dan saling mengumpul akan membuat medan listrik. Bila intensitas medan listrik di udara lebih besar dari 300 kv/meter akan terjadi loncatan apt listrik Hal ini dapat terjadi tepat pada daerah di mana kuat medan listrik jauh lebih kecil. Namun harus diingat bahwa kejadian ini walaupun dalam campuran uap yang mudah terbakar belum pasti menghasilkan api atau ledakan. Loncatan api listrik harus mempunyai energi cukup untuk membakar campuran uap yang mudah terbakar. Loncatan api listrik antara dua logam lebih bertenaga dibandingkan loncatan logam dari bahan isolasi.

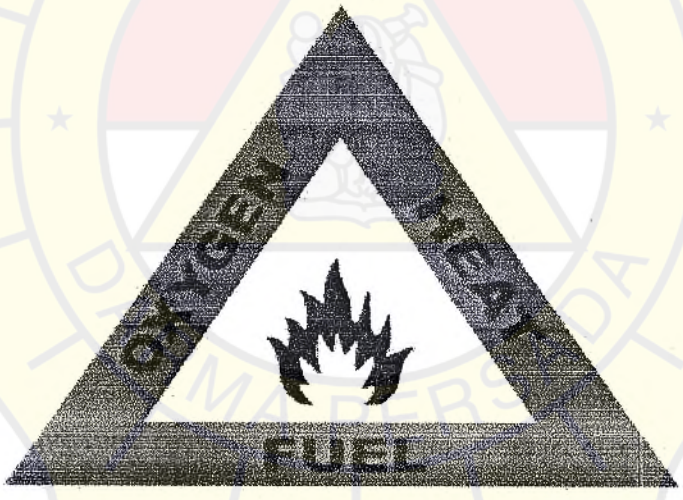
2.3 Teori Api

Nyala api adalah suatu fenomena yang dapat diamati gejalanya yaitu adanya cahaya dan panas dari suatu bahan yang sedang terbakar. Gejala lainnya yang dapat diamati adalah, bila suatu bahan telah terbakar maka akan mengalami perubahan baik bentuk fisiknya maupun sifat kimianya. Keadaan fisik bahan yang telah terbakar akan berubah menjadi arang, abu atau hilang menjadi gas dan sifat kimianya akan berubah pula menjadi zat baru. Gejala perubahan tersebut menurut teori perubahan zat dan energi adalah perubahan secara kimia. (Depnakertrans RI, 2008)

2.3.1 *Triangle of Fire* (Segitiga Api)

Menurut *National Fire Protection Association*, NFPA (1992), kebakaran sebagai peristiwa oksidasi yang terdapat di udara dan panas yang dapat berakibat menimbulkan kerugian harta benda atau cidera bahkan kematian manusia. Suatu kebakaran dapat terjadi karena adanya tiga unsur yang saling berhubungan yaitu bahan bakar, sumber ignisi (panas atau nyala) dan oksigen. Panas penting untuk nyala api tetapi bila api telah timbul dengan sendirinya maka menimbulkan panas untuk tetap menyala (*International Labour Organization*, ILO, 1991).

Apabila suatu molekul mengadakan kontak amat dekat dengan molekul oksidator (yakni oksigen), maka pada umumnya akan terjadi reaksi kimia (meskipun tidak selalu). Apabila tumbukan antar molekur hanya berenergi rendah, maka reaksi tak akan terjadi. Tetapi apabila energi cukup besar maka reaksi akan berlangsung. Karena reaksi eksotermis, maka banyak panas yang terbentuk. Energi ini akan memanaskan bahan dan oksidan yang selanjutnya akan bereaksi dan menimbulkan reaksi pembakaran. (*International Labour Organization*, ILO, 1991).



Gambar 2.5 Triangle of fire

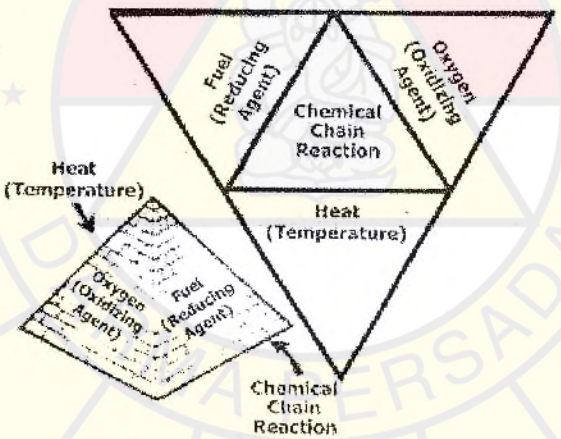
Keterangan dari unsur segitiga api, yaitu:

1. Bahan bakar, terdiri dari:
   - Bahan bakar padat (contoh: serat, kayu, partikel logam, plastik, kertas, dll).
   - Bahan bakar cair (contoh: bensin, solar, minyak tanah, aseton, tiner, avtur, dll).
   - Bahan bakar gas (contoh: asetilen, propane, hidrogen, dll).
2. Oksigen, kadar oksigen yang terdapat di udara bebas sebesar 21%.
3. Sumber panas atau ignisi, selain berasal mesin dapat pula berasal dari (ILO 1991):

- Api terbuka
- Loncatan listrik dari sumber arus listrik maupun listrik statis
- Permukaan panas
- Bunga api karena gesekan
- Penyalaan sendiri
- Radiasi
- Zat piroforik (logam bentuk debu halus, hidrida dari boron (B) dan pospor (P))
- Kompresi campuran zat mudah terbakar

2.3.2 *Tethrahedron of fire (Piramida Bintang Empat)*

Fenomena pada suatu bahan yang terbakar adalah terjadi perubahan bentuk dan sifat-sifatnya yang semula menjadi zat baru, maka proses ini adalah perubahan secara kimia. Dari hal di atas kita tahu bahwa kebakaran tidak hanya disebabkan oleh tiga unsur yang terdapat dalam teori segitiga api, tetapi ada tambahan unsur ke empat yaitu reaksi rantai kimia pada pembakaran sehinga dimensi pada segitiga api menjadi model baru yang disebut piramida bidang empat api atau tetrahedron of fire.



Gambar 2.6 Tethrahedron of fire

Teori ini didasarkan bahwa dalam panas pembakaran yang normal, reaksi kimia yang terjadi menghasilkan beberapa zat yaitu CO, CO_2, SO_2, asap dan gas. Hasil yang lain dari rekasi ini adalah adanya radikal-radikal bebas dari atom oksigen dan hidrogen dalam bentuk hidroksil. Bila ada dua hidroksil, akan bereaksi menjadi H_2O dan radikal bebas O_2 reaksi $2OH \Rightarrow H_2O + O$ radikal. O radikal ini yang selanjutnya akan berfungsi lagi sebagai umpan pada proses pembakaran, sehingga disebut reaksi pembakaran berantai atau *Cain Reaction of Combustion* (Goetsch, 2005).

Sistem deteksi kebakaran di kapal berfungsi untuk dapat menemukan asal kebakaran secepat dan sedini mungkin serta memberi peringatan akan adanya api yang telah menyala, karena fungsinya yang khusus ini maka sistem deteksi kebakaran yang dipasang di kapal tanker ini, merupakan perpaduan peralatan yang menemukan api serta alat peringatan untuk memberitahukan tempat asal serta adanya kebakaran.

2.4 Teori Pemadaman

Teknik pemadaman adalah dengan merusak keseimbangan pencampuran ketiga unsur penyebab kebakaran. Menurut NFPA (1991) teknik-teknik pemadaman antara lain:

1. Pendinginan (*Cooling*)

   Suatu kebakaran dapat dipadamkan dengan mendinginkan permukaan dan bahan terbakar dengan menggunakan bahan semprotan air sampai mencapai suhu dibawah titiknya. Pendinginan permukaan dan minyak yang terbakaran akan menghentikan proses terbentuknya uap. Bila penguapan dapat dihentikan, kebakaran akan berakhir. Prinsip-prinsip pemadamannya antara lain:

   - Kecepatan pemindahan panas sebanding dengan luas permukaan cairan yang terpapar oleh api.
   - Kecepatan pemindahan panas tergantung perbedaan suhu antara air dengan udara sekitar atau benda terbakar
   - Kecepatan pemindahan panas yang tergantung pada kandungan uap dalam udara sekitar atau benda terbakar.
   - Kecepatan penyerapan panas dari air tergantung pada jarak yang ditempuh oleh air dan kecepatannya dalam daerah pembakaran.

2. Penyelimutan (*Smothering*)

   Suatu kebakaran dibatasi dengan memutus hubungannya dengan oksigen atau udara yang diperlukan dalam terjadinya proses kebakaran. Menyelimuti bagian yang terbakar dengan CO_2 atau busa akan menghentikan suplai udara.

3. Pemisahan bahan yang terbakar

   Suatu kebakaran dari bahan yang terbakar dapat dipisahkan dengan jalan menutup aliran yang menuju ketempat kebakaran atau menghentikan suplai bahan bakar yang dapat terbakar.

4. Memutus rantai reaksi

Pemutusan rantai reaksi pembakaran ini dapat dilakukan secara fisik, kimia atau kombinasi fisika-kimia. Secara fisik, nyala api dapat dipadamkan dengan peledakan bahan peledak ditengah-tengah kebakaran. Secara kimia, pemadaman nyala api dapat dilakukan dengan pemakaian bahan-bahan yang dapat menyerap hidroksit (OH) dari rangkaian rantai reaksi pembakaran (Triasbudi, 1998). Bahan-bahan tersebut dapat dibedakan dalam 3 kelompok, yaitu:

- Logam alkali berupa tepung kimia kering (*dry chemicals*)
- Ammonia berupa tepung kimia kering
- Halogen yang berupa gas dan cairan

Menurut peraturan SOLAS (*Safety Of Life at Sea rev.2007*) Peralatan yang dipasang untuk mendeteksi adanya kebakaran pada kapal ialah :

a) Detektor Api

Berfungsi untuk menemukan kebakaran di tempat asalnya.

b) *Fire Alarm Push Botton*

Berfungsi sebagai alat pemberi tanda adanya kebakaran secara manual.

c) *Fire Alarm Belt*

Berfungsi untuk memberi peringatan akan adanya kebakaran.

d) *Detector Alarm Panel*

Adalah kotak kontrol utama sistem deteksi kebakaran.

2.5 Peralatan pemadam kebakaran pada kapal

Menurut SOLAS 1974 (*safety of life at sea*) Sistem pemadam kebakaran utama pada kapal adalah sistem yang terdiri dari, pompa pemadam kebakaran dan pipa hidran pemadam kebakaran, selang dan nosel di seluruh kapal.

2.5.1 Pemadam kebakaran utama pada kapal

Berdasarkan SOLAS 1974 dinyatakan bahwa bahan mudah dibuat tidak efektif oleh panas tidak akan digunakan untuk listrik kebakaran dan hydrant kecuali dilindungi secara memadai. Pipa dan hydrant Harus ditempatkan sehingga selang kebakaran yang dapat dengan mudah disambungkan. Susunan pipa dan hydrant harus sedemikian rupa untuk menghindari kemungkinan pembekuan. Ketentuan drainase sesuai harus disediakan untuk pipa kebakaran utama. Katup isolasi harus dipasang pada semua cabang kebakaran geladak terbukautama yang digunakan untuk tujuan selain pemadaman kebakaran. Di dek kapal kargo di mana dapat dilakukan, posisi dari hydrant harus sedemikian sehingga mereka selalu mudah diakses dan pipa harus disusun sepraktis mungkin untuk menghindari risiko kerusakan oleh kargo tersebut.

2.5.2 Diameter Dari Pipa Induk

Diameter dari pipa induk/utama dan layanan air harus cukup untuk penyaluran yang efektif dari debit air maksimum yang dilepaskan dari dua pompa kebakaran yang beroperasi secara serempak, kecuali pada kasus kapal kargo yang diameter hanya perlu cukup 140 m^3/h.

2.5.3 Tekanan Pada Hydrant

Dengan dua pompa secara bersamaan mengirimkan air melalui nozzle yang ditentukan dalam SOLAS 1974 yaitu

1. Untuk kapal penumpang: 4.000 tonase kotor ke atas 0,40 N/mm^2 kurang dari 4.000 tonase kotor 0,30 N/ mm^2
2. Untuk kapal kargo:6.000 tonase kotor ke atas 0,27 N/ mm^2 kurang dari 6.000 tonase kotor 0,25 N/ mm^2
3. Tekanan maksimum pada setiap hydrant tidak akan melebihi dimana kontrol yang efektif dari selang pemadam kebakaran dapat ditunjukkan.

2.5.4 Jumlah pompa kebakaran

Kapal harus dilengkapi dengan pompa kebakaran yangdigerakkan secara independen sebagai berikut:.

1. Di kapal penumpang: 4.000 tonase kotor keatas minimal tiga kurang dari 4.000 tonase kotor minimal dua.
2. Di kapal kargo dari: 1.000 tonase kotor keatas minimal dua kurang dari 1.000 gross tonase minimal dua pompa power-driven, salah satunya harus didorong dengan sendirinya

2.5.5 Penentuan kapasitas Pompa pemadam kebakaran

- Kapasitas pompa pemadam kebakaran

  Berdasarkan *BKI Rules Vol III section 12N-1.2.3 dan tabel12.2*, minimum kapasitas pompa pemadam kebakaran khusus untuk kapal cargo:

  $\mathbf{Q} = 3{,}8 \cdot 10^{-3} \cdot d^2_H$

  Dimana: Q = Debit air (m^3/jam)

  d^2_H = diameter pipa bilga utama

- Berdasarkan *BKI Rules Vol III section 12E-2.3.1-2*, diameter pipa pemadam tidak boleh melebihi 130 mm dan diameter minimum pipa pemadam diatur berdasarkan rumus sebagai berikut:

  $\mathbf{d_F = 0{,}8 \times d_H\ (mm)}$

  Dimana :

  d_F = Diameter Pipa Pemadam Kebakaran

  d^2_H = diameter pipa bilga utama

- Kecepatan aliran

$$V_s = \frac{Q}{3600x\frac{\pi}{4}xD^2}$$

- *Reynold Number* (R_e)

  Bilangan *Reynold Number* merupakan bilangan tidak berdimensi dan untuk mengkarakteristikan apakah aliran tersebut laminar atau turbulen.

$$R_e = \frac{V_s xD}{v}$$

  Re < 2000, maka jenis aliran laminer

  Re = 2000, aliran transisi

  Re > 2000, maka jenis aliran turbulen

  Angka *Reynold Number* ini berpengaruh pada koefisien gesek pada pipa, jika angka *Reynold Number* termasuk jenis turbulen makan koefisien gesek pipa dapat dihitung

  Koefisien gesek pipa (λ)

  $\lambda = 0{,}02 + (0{,}0005 / D)$

  Dan jika aliran di dalam pipa tersebut termasuk aliran laminar, untuk menentukan koefisien gesek pipa tersebut dapat menggunakan rumus

$$\lambda = \frac{64}{R_e}$$

❖ Berdasarkan *BKI Rules Vol III section 12E-2.3.3*, pompa harus dapat bekerja dengan tekanan maksimum 10 bar.

❖ Pompa dan *head*

Head dalam perpompaan dapat didefinisikan sebagai energi tiap satuan berat atau tekanan diperlukan untuk memompa cairan melewati sistim pada laju tertentu. Dalam instalasi pompa *head* dibedakan menjadi :

a) *Head* statis yaitu tidak dipengaruhi debit hanya beda tekanan dan ketinggian

b) *head* dinamis yaitu head yang dipengaruhi oleh debit terdiri dari losses karena gesekan, fitting dan diameter saat masuk dan keluar saluran. Head total pompa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan yaitu

$$H_Z + H_P + \left(\left(\lambda \times \frac{L}{D}\right) + \sum_k\right) \times \left(\frac{V^2}{(2xg)}\right)$$

Dimana : H = Head total Pompa (m)

H_L= Berbagai kerugian head di pipa (m)

H_{mL}= Berbagai kerugian head di katub, belokan, sambungan dan lain-lain. (m)

H_{Lp}= *Head* tekanan

Ha =*Head* statis total (m)k.

Vo^2 /2g = head kecepatan pengeluaran (m)

Perhitungan pada sistem hydrant didasarkan pada:

- Flow pada *stand-pipe* terjauh minimum adalah 500 gpm (1893 l/mnt)sedangkan pada stand pipe lainnya (tambahannya) minimum harus 250gpm (946 l/mnt)
- Jumlah total tidak boleh lebih dari 1250 gpm (4731 l/mnt). Namun jikaluas area melebihi 80000 ft (7432 m^2) maka *stand-pipe* kedua terjauh bisa didesain untuk 500 gpm
- *Flow minimum* pada *hydrant* adalah 400 l/mnt

Pemilihan pompa pemadam kebakaran utama

Berdasarkan *BKI rules chapter 12 E 1.3.9* pompa yang digunakan untuk pemadam kebakaran menggunakan air laut haruslah menggunakan pompa centrifugal.

Pemilihan pompa

Untuk pemilihan pompa harus didasari pada:

1.1 KAPASITAS

Dinyatakan dalam satuan isi per waktu. Misalnya : m^3/jam, m^3/detik, liter/detik, dan sebagainya. Yang dimaksudkan dengan kapasitas pada suatu pompa adalah kemampuan pompa tersebut untuk mengalirkan/memindahkan sejumlah cairan/fluida dalam satuan kapasitas. Kebocoran cairan/fluida pada packing perapat porors atau air balik tidak diperhitungkan sebagai kapasitas pompa.

2.1 *TOTAL HEAD* / TEKANAN

Total head di nyatakan dalam satuan jarak. Misalnya : meter, feet dan laian-lain. Tekanan dinyatakan dalam satuan tekanan. Misalnya : kg/cm^2, bar, dan lain-lain. Total head dan tekanan ini sangat penting dan saling berhubungan satu dengan lainnya.

3.1 DAYA

Daya yang harus tersedia oleh penggerak mula harus mencukupi/lebih besar dari daya yang di butuhkan oleh pompa.

2.5.6 Selang kebakaran dan Nozzle

Selang dengan bahan tidak tahan lama dapat digunakan setelah mendapat persetujuan dari pihak administrator dengan panjang yangmencukupi untuk *nozzle* dan kopling tipe jet air. Selang kebakaran diletakkan dekat dengan peralatannya dan *connection*.

Alat yang diperlukan Pengaturan peletakan hydrant dalam SOLAS 2004 yaitu :

1) 15 m di ruang mesin
2) 20 m di ruang lain dan deck terbuka
3) 25 m untuk geladak terbuka di kapal dengan luas maksimum lebih dari 30.
4) kecuali satu selang dan *nozzle* disediakan untuk setiap hydrant di kapal harus lengkap dengan kopling dan *nozzle*

2.6 Gambaran Umum Material Bahan Pemadam Kebakaran

Sesudah mengetahui tentang proses terjadinya kebakaran sampai alat pendeteksi kebakaran pada kapal, maka dapatlah ditentukan jenis pemadaman kebakaran yang akan digunakan pada kapal ini.

Ditinjau dari jenis media pemadam kebakaran. maka yang ada dibagi :

- Bahan cair yaitu air
- Busa / *Foam*
- Bahan padat yaitu pasir. bubuk kimia kering (*dry powder chemical*)
- Berbentuk gas yaitu gas CO_2 halon 1301

A. Bahan Cair

1. Air

Walaupun penggunaan air terlihat sangat penting dalam peraturan-peraturan keamanan sebagai media pemadam kebakaran serta air mempunyai keunggulan dalam jumlah yang tak terbatas dan daya hisap panas yang besar namun terlihat dengan jelas bahwa dalam prakteknya air bukanlah prioritas utama, terutama bila jumlah pemadam jenis yang lain juga ditentukan. Kapal dilindungi oleh bermacam - macam alat pemadam kebakaran misalnya CO_2 dan busa dimana bahan-bahan pemadam ini tidak cocok dengan air. Dalam penggunaannya air disemprotkan dengan tiga cara yakni :

- Percikan tirai / *spray nozzle*
- Percikan kabut / *fog jet*
- Pancaran kuat / *water jet*

Yang dapat diterangkan dibawah ini :

a. Percikan Tirai / *Spray Nozzle*

Dalam banyak kejadian maka percikan tirai yang menghasilkan percikan air merata lebih efektif karena percikan ini dapat merupakan perisai dimana petugas pemadam kebakaran dapat berlindung dari panas api maupun asap. Sebagai tambahan maka percikan dalam bentuk spray ini membentuk campuran emulsi dipermukaan minyak berat yang berfungsi sebagai penutup dan juga pendingin yang baik. Untuk minyak ringan seperti bensin dan minyak tanah maka hal ini tak dapat dilaksanakan.

b. Pancaran Kabut / *Fog Jet*

Pancaran kabut ini adalah hampir sama dengan percikan *nozzle* namun air yang dipancarkan dalam bentuk kabut air yang terarah. Pancaran ini memberi penyerapan

panas lebih besar. Yang kurang menguntungkan adalah bahwa pancaran kabut ini kurang luas daerah jangkauannya.

c. Pancaran Kuat / *Water Jet*

Pancaran kuat ini membutuhkan suplai daya yang besar. Air yang dipancarkan berjumlah banyak dan hal ini bisa mempengaruhi stabilitas kapal dan juga akan menyebabkan meluasnya kebakaran bila digunakan untuk memadamkan kebakaran minyak. Satu hal yang pasti bahwa sesudah semua jenis pemadam kebakaran yang lain habis digunakan maka hanya air sajalah yang akan menggantikan karena tersedia dalam jumlah yang tak terbatas.

B. Busa / *Foam*

Busa adalah kumpulan dari gelembung-gelembung kecil yang mempunyai *specific gravity* lebih kecil dari mineral atau air. Kumpulan busa ini mengalir ke permukaan cairan yang terbakar dan membentuk lapisan yang rata menyelimuti api. Lapisan ini juga akan mengurangi suhu permukaan cairan yang terbakar dengan menyerap panasnya. Walaupun terbatas daya serapnya.

Dari bahan busa sebagai media pemadam kebakaran maka ada empat hal yang harus diketahui :

1) Jenis busa
2) Bahan dasar busa
3) Ekspansi busa
4) Penggunaan busa

1) Jenis Busa

Ada tiga jenis busa yang digunakan menurut cara pembuatan busa dan cara pengeluarannya.

a. ***Pressurised Foam System***

Dipakai untuk memadamkan kebakaran di ruing muat, di geladak muatan, dalam ruing pompa atau dalam ruing mesin. Sistem busa ini berdiri sendiri secara komplit disimpan dalam tangki penvimpanan vang berisi campuran bahan busa asal, din disemprotkan dengan gas melalui *nozzle* penyemprot.

b. ***Mechanical Foam System***

Dipakai untuk memadamkan kebakaran di ruing muat, di geladak muatan. dalam ruing pompa atau dalam ruing mesin. Sistem ini meliputi tangki penyimpanan berisi bahan anal busa, air sebagai bahan campuran yang berasal dari pompa

3) Expansi Busa

Tingkatan expansi busa dapat diukur dengan memperhatikan beberapa besar volume busa yang telah terjadi bila dibandingkan dengan volume bahan asal busa.

Maka secara umum tingkatan expansi busa adalah :

- Busa Expansi Rendah Tingkat expansinya 3G yang, praktis antara 8- 10 kali.
- Busa Expansi Menengah Tingkat expansi 50 - 500, yang biasa antara 75 - 150 kali.
- Busa Expansi Tinggi Tingkat expansinya dari 500 - 1200, yang biasanya antara 800 1000 kali.

Bahan asal no. 1 adalah protein sedang no. 2 dan 3 adalah sintesis

4) Penggunaan Busa

Secara umum penggunaan busa dapat diterangkan berurutan sebagai berikut :

- Busa berfungsi untuk menyelimuti api dan permukaan minyak yang terbakar sehingga udara tak dapat berhubungan dengan api dengan cara menghisap udara sehingga kadar oksigen tinggal sepertiganya saja.
- Walaupun daya serap panasnya terbatas namun busa juga dapat menghisap panas dari material yang terbakar.
- Busa sangat cocok untuk memadamkan kebakaran dari minyak, asalkan minyak ini tidak bercampur dengan air, karena air akan mengurangi kemampuan busa untuk mengembang.
- Busa tidak dapat dipakai untuk memadamkan kebakaran listrik.

C. Bahan Padat

1. Pasir

Digunakan hanya pada kebakaran kecil saja serta permukaan yang keras dan rata. Berfungsi untuk menutup permukaan yang terbakar untuk memisahkan oksigen dari bahan yang terbakar. Pasir kurang dapat menghisap panas serta tidak dapat dipakai untuk pemadaman yang merambat dengan cepat.

2. Bubuk Kimia Kering (*Dry Powder Chemical*)

Bubuk kimia kering adalah suatu bubuk yang dibuat dari sodium bicarbonate (2 $NaHCO_3$) dicampur dengan berbagai macam zat maupun material lain yang merupakan rahasia perusahaan pembuat. Sifat utama dari jenis pemadam ini adalah menyelimuti permukaan yang terbakar sehingga suplay oksigen terhenti dan nyala api akan padam. Macam bubuk kimia kering adalah :

a. *Multiperpave*

Dipakai untuk kebakaran kelas A, B dan C, dengan bahan baku dari *ammonium phosphate*.

b. *Regular*

Dipakai untuk kebakaran kelas B dan C, dengan bahan baku *sodium bicarbonate* dan logam stearate.

c. *Purple* K

Digunakan dengan efektif untuk memadamkan kebakaran kelas B dan C serta *polypropylene*.

Keuntungan bubuk kimia kering :

- Tidak beracun
- Bersifat isolatif sehingga tidak mengalirkan arus listrik dan bersifat merusak peralatan listrik yang peka.
- Mudah dibersihkan dan bisa digunakan bersama - sama dengan busa.
- Kerugian bubuk kimia kering :
- Bersifat hygroscopic dan sangat mudah membeku, untuk mengurangi sifat ini ditambahkan zat logam stearate.
- Harus menggunakan gas pendorong dari CO_2 atau N_2.

D. Bahan Pemadam Berbentuk Gas

1. *Carbon Dioxide* (CO_2)

Gas CO_2 disimpan dalam tangki-tangki bertekanan rendah dan dalam bentuk cairan CO_2 ini disemburkan dengan bentuk pancaran kabut melalui suatu sistem pipa pemadam yang ada di kapal.

Sifat-sifat CO_2

- Sangat baik dipakai untuk pemadam kebakaran di ruang-ruang tertutup karena CO_2 lebih berat dari udara
- Tidak mengalirkan arus listrik sehingga dapat dipakai memadamkan kebakaran listrik
- Tidak bersifat racun, namun petugas pemadam diharapkan menggunakan alat Bantu pernafasan sebelum memasuki ruang dimana gas CO_2 dipergunakan karena CO_2 akan menimbulkan sesak nafas.
- Bersifat menghisap panas, karena pada perubahan CO_2 dari cairan menjadi gas dibutuhkan panas 110 Btu/lb.

2. HALON 1301

Halon 1301 mempunyai sifat :

a) Aman Terhadap Manusia

Halon 1301 hanya sedikit beracun dan mampu memadamkan api seketika hanya dengan sedikit saja. Tidak menyebabkan penyakit pada manusia, serta tidak berwarna dan juga tidak mengganggu penglihatan.

b) Efektif

Untuk Memadamkan Api Dapat secara efektif untuk memadamkan api baik dari material padat, minyak maupun listrik.

c) Tidak Korosif

Tidak bereaksi dengan logam, tidak menimbulkan polusi.

d) Stabil

Halon adalah suatu campuran yang stabil dan dapat disimpan lama tanpa mengurangi kualitas.

e) Sifat Isolatif Listrik Sangat efektif dan bersifat isolatif terhadap listrik.