

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 DEFINISI POLUSI UDARA**

Zulkarnen DR, 2017 menulis dalam karya tulis bahwa, Pencemaran udara adalah kehadiran substansi fisik, biologi atau kimia di lapisan udara dalam jumlah yang bisa membahayakan kesehatan seluruh komponen biotik yang yang mengganggu keindahan dan kenyamanan dan merusak properti.

Pencemaran udara timbul akibat adanya sumber-sumber pencemaran baik yang bersifat alami maupun karena kegiatan manusia. Beberapa pengertian gangguan fisik seperti pencemaran suara, pencemaran panas, pencemaran radiasi dan pencemaran cahaya dianggap sebagai bagian dari pencemaran udara. Adapun karena sifat alami udara yang bisa menyebar tanpa batas ruang mendapat dampak pencemaran udara bersifat lokal, regional, maupun dampak secara global. (Wisnu Arya, 1995)



Gambar.1 polusi udara di kapal  
sumber : [marineinsight.com/202/Polusition-Ship](http://marineinsight.com/202/Polusition-Ship)

## A. JENIS – JENIS PENCEMARAN UDARA

Pencemaran udara berbentuk gas dapat dibedakan menjadi beberapa golongan :

1. Golongan belerang terdiri dari *Sulfur Dioksida* ( $\text{SO}_2$ ) *Hidrogen Sulfida* ( $\text{H}_2\text{S}$ ) dan *Sulfur Aerosol*.
2. Golongan nitrogen terdiri dari *Nitrogen Oksida* ( $\text{N}_2\text{O}$ ), *Nitrogen Monoksida* ( $\text{NO}$ ), *Amoniak* ( $\text{NH}_3$ ) dan *Nitrogen Dioksida* ( $\text{NO}_2$ ).
3. Golongan karbon terdiri dari *Karbon Dioksida* ( $\text{CO}_2$ ) dan *Karbon Monoksida* ( $\text{CO}$ ), *Hidrokarbon*.
4. Golongan gas yang berbahaya terdiri dari Benzen dan Air Raksa.

Sumber pencemaran juga terbagi dalam beberapa golongan, diantaranya adalah ada yang bersumber dari pencemar primer yang komposisinya terdiri dari beberapa unsur gas seperti gas  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ , *Hidrokarbon*,  $\text{SO}$ , *Nitroge Oksida*. Selain itu juga desbutka pencemar sumber sekunder yaitu pencemar bereaksi dengan unsur lain sehingga memiliki sifat berbahaya sebagai pencemar baru. Reaksi ini dapat terjadi secara otomatis ataupun dengan bantuan katalisator. (Utami K, 2014)

## B. POLUSI UDARA DI BIDANG INDUSTRI

Zulkarnen DR, 2017 menambahkan dalam karya tulisnya bahwa Sumber polusi adalah suatu objek baik bersifat alamiah maupun teknis yang menghasilkan polutan pencemar udara. Banyaknya asap hasil pembakaran bahan bakar kendaraan dan juga hasil pembakara kegiatan industri menyebabkan pencemaran udara. Transportasi laut terutama kapal yang menggunakan penggerak mesin diesel merupakan sumber pencemaran udara. Kapal dengan mesin besar menggunakan konsumsi bahan bakar minyak diesel atau solar sebagai bahan bakar motor, minyak atau bahan bakar motor menghasilkan sejumlah emisi gas buang yang memicu terjadinya pencemaran yang berdampak buruk dari beberapa aspek. Oleh karena itu, setiap kebijakan dan aturan baik yang bersifat lokal maupun global mengatur berbagai macam teknik pengendalian polusi udara di sekitar transportasi laut.

Berikut adalah penyebab pencemaran udara yang terjadi di lingkungan kita, diantaranya disebabkan faktor alami maupun faktor non alami. Berikut penjelasan sumber – sumber pencemara udara ;

1. Sisa Pembakaran Permesinan

Volume alat transportasi terus bertambah setiap tahunnya. Banyaknya kendaraan bermotor berbanding lurus dengan banyaknya asap yang dihasilkan oleh pembakaran kendaraan bermotor. Asap kendaraan bermotor mengandung gas karbo dioksida yang menjadi salah satu penyebab tercemarnya udara. Beberapa penyebab pencemaran selain karena faktor alami juga hasil perbuatan manusia, termasuk hasil operasional permesinan kapal, beberapa penyebab pencemaran udara di kapal bisa dijelaskan :

- a) Gas buang mesin induk kapal akibat pembakaran tidak sempurna di ruang bakar membebaskan  $\text{CO}_2$  dan CO ke udara.
- b) Penggunaan bahan bakar dari operasional mesin oleh bahan – bahan bakar berkadar sulfur tinggi sehingga energi berupa *Sulfur Dioksida* ( $\text{SO}_x$ ).
- c) Gas buang hasil pembakaran sampah oleh *Incenerator* menghasilkan emisi CO udara dan asap pembakaran.
- d) Gas hasil pembakaran dari *Burner* ketel uap.
- e) *Chloro Fluro Carbon* (CFC) dari kebocoran mesin pendingin, kulkas dan ac.

## 2. Kegiatan Industri

Kegiatan industri tak luput dari sisa produksi berupa asap. Misalnya, ketika proses pembakaran tanah liat berlangsung maka akan menghasilkan asap pekat berwarna hitam yang sangat mengganggu penduduk di sekitarnya. Selain itu, industri modern di kota – kota besar juga mempunyai cerobong asap yang mengeluarkan asap hasil proses produksi industri tersebut. Asap – asap tersebut akan naik ke lapisan atmosfer dan dapat menimbulkan terjadinya hujan asam yang berbahaya bagi kehidupan makhluk hidup.

## 3. Meletusnya Gunung Berapi

Sumber pencemaran alami dapat timbul dari akibat aktifitas gunung berapi. Diantaranya bentuk material letusan gunung berapi yaitu awan panas dan abu vulkanik yang dapat mengotori udara dan berbahaya jika terhirup oleh makhluk hidup, kandungan logam berupa timah, besi, dan seng dapat merusak paru – paru dan menyebabkan iritasi pada mata. Letusan gunung berapi sangat dahsyat, efeknya bisa mempengaruhi iklim global.

## 4. Penggunaan Amonia

Seperti kita tahu, amonia mempunyai bau yang sangat menyengat. Penggunaan amonia pada bidang pertanian dan aktivitas lain dapat menyebabkan polusi udara jika penggunaannya berlebihan. Apabila gas amonia terhirup dalam

jumlah banyak maka dapat mengakibatkan penyakit pernafasa seperti bronkitis dan gangguan paru – paru. Karena hal itu penggunaan amonia harus dibatasi.

#### 5. Kebakaran Hutan

Kebakaran hutan juga dapat menjadi penyebab polusi udara. Kayu – kayu pohon di hutan yang terbakar meghasilkan asap yang pekat. Terkandung unsur CO hasil pembakaran lahan hutan serta asap tersebut terbawa angin dan mengganggu penduduk yang tinggal di daerah sekitar hutan. Bahkan negara tetangga juga terkena dampak kebakaran hutan. (Zulkarnen DR, 2017)



Gambar.2 Sumber polusi udara  
sumber : [community.meststrade.com/2014/04/ECA\\_Area](http://community.meststrade.com/2014/04/ECA_Area)

## 2.2 DEFINISI POLUTAN

Polutan adalah zat atau bahhan yang menyebabkan terjadinya polusi, baik pencemaran udara, tanah, dan air. Berdampak menurunkan kualitas dari unsur tersebut.

Suatu zat disebut polutan bila keberadaannya disuatu lingkugan telah melewati ambang batas normal. Berada pada waktu yang tidak tepat dan berada pada tempat yang berdampak kerugian terhadap ekosistem lingkungan baik pada makhluk hidup ataupun properti. (Undang-Undang Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup NO. 4 Tahun 1982).

## 2.3 DAMPAK PENCEMARAN POLUSI UDARA

Dampak pencemaran udara adalah suatu efek atau pengaruh yang diterima secara langsung maupun secara tidak langsung dalam waktu tertentu terhadap objek

yang berdampak tidak baik bagi makhluk hidup maupun properti yang berakibat kerugian.

Dampak dari pencemaran udara diantaranya adalah :

a. Dampak Kesehatan

Sumber polusi berdampak langsung maupun tidak langsung terhadap kesehatan manusia. Substansi yang terdapat dalam tubuh melalui sistem pernafasan dan jauhnya penetrasi zat pencemar ke dalam tubuh tergantung kepada jenis pencemar, partikular berukuran kecil yang masuk ke dalam paru – paru yang diserap oleh sistem tubuh menyebabkan kalainan gangguan kesehatan. Beberapa contoh ISPA (Infeksi Saluran Pernafasan Atas), termasuk diantaranya adalah asma, bronkitis, dan gangguan pernafasan lainnya.

b. Dampak Terhadap Lingkungan

Terjadi perpindahan bahkan hilangnya habitat bagi sebagian spesies hewan. Spesies tanaman di daratan maupun perairan juga ikut terkena dampak khususnya terhadap perubahan suhu. tanaman yang tumbuh di daerah tingkat pencemaran yang tinggi terganggu pertumbuhannya dan rawan penyakit yang berdampak terganggunya proses fotosintesis. Sehingga merugikan dan mengganggu proses kembang tumbuh dari tanaman tersebut. (*Conserve Energy Future, 2015*)

## 2.4 PERATURAN TENTANG PENCEGAHAN PENCEMARAN POLUSI UDARA

Organisasi Maritim Internasional adalah suatu badan perserikatan bangsa – bangsa yang telah dibentuk untuk meningkatkan keselamatan kemaritiman yang resmi didirikan oleh sebuah konferensi internasional di Jenewa pada tahun 1948 dan menjadi aktif pada tahun 1958 ketika konvensi *IMO* mulai berlaku (nama asli adalah *Inter-Govermental Maritime Consultative Organisation* atau *IMCO*, nama itu diubah pada tahun 1982 mejadi *IMO*). Saat ini memiliki 167 negara anggota dan 3 anggota asosiasi.

*MARPOL ANNEX VI* pertama kali diadopsi pada tahun 1997, membatasi polusi udara terutama yang terkandung dalam gas buang kapal, termasuk Sulfur Oksida (SOx), Oksida Nitrat (NOx), dan emisi perusak lapisan ozon. *MARPOL ANNEX VI* juga mengatur pembakaran kapal dan emisi senyawa yang mudah menguap. Setelah berlakunya *MARPOL ANNEX VI* pada tanggal 19 Mei 2005 *Marine Envirtment Protection Commite (MEPC)* sepakat untuk merevisi *MARPOL ANNEX VI* dengan tujuan secara signifikan memperkuat batas emisi dimaa *MARPOL ANNEX VI* dan kode teknis terkait 2008 yang berlaku pada Juli 2010.

Pencegahan polusi udara termasuk salah satu tindakan yang dilakukan untuk mengurangi pencemaran udara. Karena pencegahan polusi udara sangat penting sehingga diatur dalam beberapa aturan internasional tentang pencegahan pencemaran udara dari kapal. Di beberapa negara telah memberlakukan peraturan pencegahan polusi udara dari kapal. Pada 1 Januari 2015 telah efektif diberlakukan peraturan tentang *Emission Control Area (ECA)*. Demi terwujudnya udara yang bersih maka diterapkan beberapa peraturan yang menerapkan pencegahan polusi udara, adapun beberapa peraturan tersebut :

c. Revisi *MARPOL ANNEX VI*

Perubahan utama untuk *MARPOL ANNEX VI* adalah progresif emisi pengurangan Nox, Sox sebesar 0,10% dan pengenalan *Emission Control Area (ECA)*. *ANNEX VI* diaplikasikan pada setiap mesin *Marine Diesel* dengan daya 130 KW lebih yang dipasang pada kapal.

*ANNEX VI* tidak diaplikasikan pada mesin diesel yang digunakan hanya untuk keadaan *emergency*, atau untuk mesin diesel yang dipasang pada kapal yang berlayar hanya untuk wilayah disuatu negara dengan menggunakan bahan alternatif selain NOx. (Ravi M, Basuki M, Andi PI, 2018).

d. *Emission Control Area (ECA)*

*Emission Control Area (ECA)* adalah suatu wilayah laut yang mengontrol secara ketat hasil emisi udara berupa Sox dan NOx yang telah terkait aturan *MARPOL 1997 ANNEX VI* mengenai persyaratan emisi dan kualitas bahan bakar.

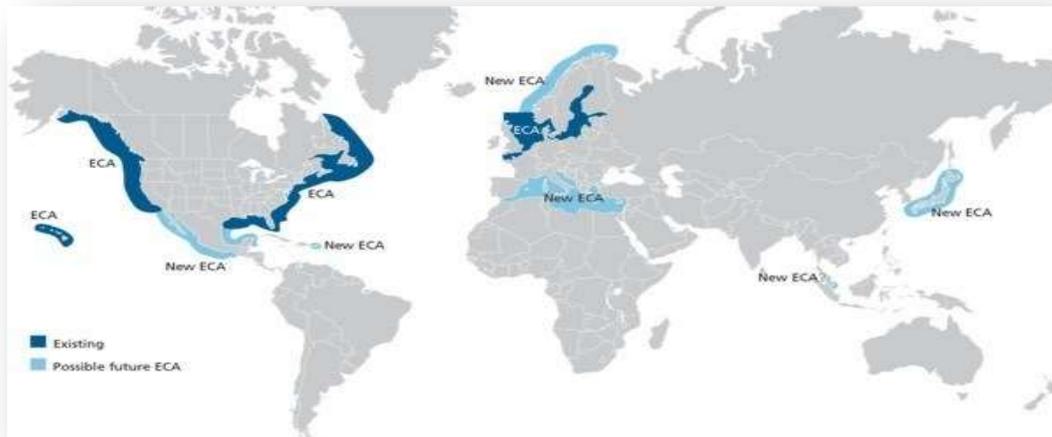
industri perkapalan terhadap polusi udara dan lingkungan lokal dan global. Aturan ini berlaku pada bulan Mei 2005 dan direvisi kembali pada tahun 2011 meliputi negara – negara yang memberlakukan secara menyeluruh mengenai aturan *ECA (Emission Control Area)*.

Dua bentuk syarat emisi dan bahan bakar didefinisikan oleh Annex yaitu persyaratan secara global dan persyaratan lebih ketat berlaku untuk kapal dalam *Emission Control Area (ECA)*. Aturan ini hanya dirancang untuk Sox dan PM atau NOx atau ketiga jenis emisi kapal sesuai dengan urutan dari *Annex VI*. Batas emisi NOx ditetapkan untuk mesin diesel yang bergantung pada kecepatan operasi mesin maksimum. Suatu *ECA (Emission Control Area)* hanya dirancang untuk Sox dan PM. Batas area dari zona *Emission Control Area* adalah sejauh 200 mil laut dari garis pantai terluar.

Berikut adalah beberapa area yang telah memiliki pengendalian emisi atau *ECA (Emission Control Area)* :

- a. Laut Baltuc berlaku pada tahun 2005
- b. Laut Utara (Sox berlaku pada tahun 2006)
- c. Wilayah perairan Karibia AS termasuk Puerto Rico dan Pulau Virgin Amerika (NO<sub>x</sub> dan Sox tahun 2011/2014)

Berikut adalah peta zona *ECA (Emission Control Area)* di berbagai wilayah dunia. (Zulkarnen RD,2017)



Gambar.3 zona emission control area (ECA)  
sumber : [community.meststrade.com/2014/04/ECA\\_Area](http://community.meststrade.com/2014/04/ECA_Area)

### Contoh Polusi Udara Akibat Kebakaran Kapal

Kapal tanker Sanchi yang mengangkut muatan 136.000 ton. atau sekitar 1 juta barel bahan bakar minyak (BBM) kondensat. Hal ini membuat Kementerian Transportasi China menyebut, bahwa polusi udara oleh asap beracun yang berasal dari terbakarnya minyak mentah di laut lepas. *Kejadian ini terjadi pada hari, Senin (8/1/2018)* saat kapal akan mengirim minyak dari Iran ke China namun ditengah perjalanan kapal dengan muatan minyak kondensat ini bertabrakan dengan kapal kargo CF Crsytal di perairan laut China Timur , kecelakaan maut tersebut menyebabkan kerusakan serius terhadap lingkungan sekitar, mengingat kapal Sanchi membawa kondensat, yakni versi *ultralight* dari minyak mentah yang dikonversi . Hal ini membuat Udara panas menyelimuti lingkungan sekitar kapal dan asap hitam tebal mengepul dari lokasi kejadian.

Hal ini membuat polusi udara yang sangat hebat dikarenakan kapal yang bermuatan minyak kondensat tersebut terbakar dan menimbulkan asap yang pekat, karna minyak kondensat merupakan minyak crude yang sangat berbahaya jika terbakar . karna akan menimbulkan asap yang pekat.



Gambar.4 kapal tanker sanchi  
sumber : [marineinsight.com/202/Polusition-Ship](http://marineinsight.com/202/Polusition-Ship)

setiap mesin diesel laut dengan output daya lebih dari 130 kW yang dipasang disuatu kapal yang mengalami perubahan yang besar pada atau setelah tanggal 1 Januari 2000 kecuali yang memenuhi syarat Otoritas Pemerintah yang berwenang pada saat ditunjukkan bahwa mesin tersebut merupakan penggantian yang sama, mesin tersebut yang sedang diganti dan sebaliknya tidak tercakup dalam suatu mesin diesel laut yang diperuntukkan untuk digunakan semata-mata pada keadaan darurat, atau semata-mata digunakan untuk menguatkan setiap alat atau perlengkapan yang dimaksudkan akan digunakan dalam keadaan darurat di kapal yang dipasang, atau mesin disel laut yang dipasang pada sekoci yang dimaksudkan untuk digunakan semata-mata pada keadaan darurat. suatu mesin disel laut yang dipasang pada suatu kapal yang semata-mata digunakan dalam pelayaran di perairan. kapal tersebut berhak mengibarkan bendera itu, dengan syarat bahwa mesin tersebut tunduk pada suatu tindakan pengawasan NOx alternatif yang ditetapkan oleh Otoritas Pemerintah yang berwenang. (*The Guardian* 2018)

### C. POLUSI UDARA DI KAPAL

Terjadi pencemaran udara di kapal dipengaruhi oleh beberapa faktor dan aspek, baik dari segi teknis maupun non teknis. berdasarkan pengamatan dan hasil penelitian di kapal serta mengumpulkan data – data dari berbagai sumber maka penulis akan menganalisa mengenai penyebab terjadinya polusi udara di kapal khususnya yang berasal dari operasi kerja mesin induk antara lain :

a. Penggunaan bahan bakar

Penggunaan bahan bakar untuk konsumsi di kapal berdampak signifikan terhadap polusi udara di kapal. Kandungan unsur kimia dalam bahan bakar yang telah bereaksi terhadap proses pembakaran maupun belum bereaksi menghasilkan gas polutan sumber pencemaran udara di kapal, diantaranya terkandung unsur beracun berupa SO<sub>x</sub> dan gas hidrokarbon yang keduanya berasal dari bahan bakar kapal. Berikut adalah karakteristik dari berbagai macam bahan bakar :

1) HFO (*Heavy Fuel Oil*)

Jenis bahan bakar yang berasal dari residu proses penyulingan minyak mentah, karakteristik bahan bakar ini berwarna hitam pekat dan kental bila dipanaskan. Penggunaan bahan bakar ini memerlukan pemanasan dan proses purifikasi dalam penggunaannya.

2) MDO (*Marine Diesel Oil*)

Jenis bahan bakar ini berasal dari penyulingan minyak mentah, memiliki viskositas dan kadar sulfur sedang menengah. *Flash point* tingkat menengah dan penggunaan pelumas kadar TBN menengah. Jenis minyak ini digunakan pada mesin putaran menengah (RPM > 1000).

3) HSD (*High Speed Diesel*)

Jenis bahan bakar ini hasil destilasi minyak mentah, memiliki karakteristik berwarna kuning kecoklatan. Memiliki residu, viskositas dan kandungan sulfur rendah. Penggunaan bersama pelumas dengan kadar TBN rendah.

4) LSMGO (*Low Sulfur Marine Gas Oil*)

Jenis bahan bakar ini memiliki kadar sulfur sangat rendah tidak lebih dari 0,10 % memiliki titik nyala yang rendah antara 52 – 85°C dan *Spesify Gravity* atau berat jenis antara 0,8755 – 0,8900.

Untuk mengurangi polusi udara dikapal bahan bakar minyak untuk keperluan pembakaran yang diterima dan digunakan di atas kapal wajib memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Bahan bakar minyak wajib merupakan campuran dari hidrokarbon yang berasal dari pemurnian minyak bumi. Hal ini wajib tidak menghalangi pencampuran sejumlah kecil dari zat aditif yang digunakan untuk meningkatkan beberapa aspek kinerja
2. Bahan bakar minyak wajib bebas dari asam anorganik dan bahan bakar minyak wajib tidak memasukkan setiap bahan tambahan atau limbah kimia yang membahayakan keselamatan kapal atau berdampak sebaliknya terhadap kinerja mesin atau berbahaya bagi personil berkontribusi secara keseluruhan menambah terjadinya pencemaran udara.
3. Bahan bakar minyak untuk tujuan pembakaran yang dihasilkan berdasarkan metode-metode selain daripada pemurnian minyak bumi wajib tidak melebihi kandungan sulfur yang diberlakukan sebagaimana menyebabkan mesin melebihi batas emisi Nox yang diberlakukan karna membahayakan keselamatan kapal atau berdampak sebaliknya terhadap kinerja mesin , atau berbahaya bagi personil, atau berkontribusi secara keseluruhan menambah terjadinya pencemaran udara