

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 BATUBARA

Batubara menurut Undang-Undang No. 4 Tahun 2009 Tentang Pertambangan Mineral dan Batubara adalah endapan senyawa organik karbonan yang terbentuk secara alamiah dari sisa tumbuh-tumbuhan.



Sumber : Dokumentasi penelitian

Gambar 2.1 Batubara

### 2.2 TRANSPORTASI BATUBARA

Transportasi menurut Peraturan Daerah Khusus Ibukota Jakarta No. 5 Tahun 2014 adalah keseluruhan sistem angkutan dan lalu lintas. Sedangkan transportasi batubara adalah keseluruhan sistem angkutan batubara baik lalu lintas darat maupun lalu lintas air. Penyediaan sarana angkutan yang mendukung sangat diperlukan agar produksi yang diinginkan bisa tercapai. Pemilihan sarana angkutan batubara yang tepat dan sesuai dengan kondisi yang diperlukan sangat penting demi kelancaran pengiriman batubara ke tempat tujuannya. Pada

umumnya transportasi untuk pengangkutan batubara ini adalah transportasi darat dan air.

### 2.2.1 Transportasi Darat

Transportasi darat adalah transportasi batubara menggunakan truk dan kereta api sebagai sarana angkutan untuk membawa batubara ke tempat tujuannya.

#### 2.2.1.1 Truk

Menurut Peraturan Pemerintah No. 74 Tahun 2014 Tentang Angkutan Jalan yang dimaksud mobil barang adalah kendaraan bermotor yang dirancang sebagian atau seluruhnya untuk mengangkut barang. Truk sendiri termasuk jenis mobil barang, jenis truk yang dipakai untuk angkutan batubara adalah jenis *dump* truk. *Dump* truk adalah jenis truk bak terbuka yang muatannya dapat dikosongkan dengan bantuan *hidraulik*, *hidraulik* ini berfungsi mengangkat bagian bak depan truk sehingga muatan yang diangkat turun ke tempat yang diinginkan.



Sumber : [www.hino.co.id](http://www.hino.co.id)

Gambar 2.2 *Dump* truk

### 2.2.1.2 Kereta Api

Kereta api menurut Peraturan Menteri 121 Tahun 2017 adalah sarana perkereta apian dengan tenaga gerak, baik berjalan sendiri maupun dirangkaikan dengan sarana perkeretaapian lainnya, yang akan ataupun sedang bergerak di jalan rel yang terkait dengan perjalanan kereta api. Sedangkan angkutan kereta api adalah proses pemindahan orang atau barang dari tempat satu ke tempat lainnya dengan menggunakan kereta api.



Sumber : [www.translogtoday.com](http://www.translogtoday.com)

Gambar 2.3 Kereta api batubara

### 2.2.2 Transportasi Air

Sebagaimana diketahui selama ini jenis sarana transportasi air yang digunakan untuk mengangkut batubara secara umum adalah tongkang tarik (*towing barge*), tongkang bermesin (*self propeller barge*), dan kapal curah (*bulk carrier*). Masing-masing dari sarana transportasi tersebut mempunyai karakteristik sendiri dari segi operasionalnya, bentuk konstruksinya, penanganan muatan diatas kapalnya, perawatan maupun biaya yang dibutuhkan dalam pengadaan sarana transportasi batubara tersebut.

### 2.2.2.1 Tongkang Tarik (*Towing Barge*)

Tongkang ( *Barge* ) kapal dengan lambung datar, baik memiliki sistem penggerak ataupun tidak, yang digunakan untuk mengangkut muatan di kanal ataupun sungai (Astanugraha, 2017). Sedangkan pengertian Tongkang tarik adalah berupa tongkang (*barge*) yang berfungsi sebagai tempat/ruang muat dan kapal tarik (*tugboat*) sebagai alat penarik. Dengan jenis angkutan ini biasanya muatan (batubara) ditempatkan di atas geladak (Sjafril Karana, 2015). sebagai mana ditunjukkan pada gambar di bawah. Bila menggunakan tongkang tarik, waktu yang diperlukan untuk mencapai tujuan lebih lama dibandingkan dengan penggunaan kapal, karena tongkang mempunyai bentuk yang hampir menyerupai balok, sehingga hambatan tongkang di air menjadi besar. Dengan sistem tongkang yang ditarik, tongkang dapat bergerak kemana saja dan bisa saja kapal tongkang tersebut menabrak *tugboat* yang ada di depannya atau bahkan bisa menabrak kapal lain. Sehingga perlu diatur kecepatan berlayar dan jarak aman antara tongkang dengan *tugboat*.



Sumber : Dokumentasi penelitian

Gambar 2.4 Tongkang tarik (*towing barge*)

### 2.2.2.2 Tongkang Bermesin (*Self Propeller Barge*)

Secara umum dapat digambarkan bahwa *Self Propelled Barge* (SPB) adalah kapal yang mempunyai bentuk seperti tongkang namun menggunakan tenaga pendorong sendiri. Apabila dibandingkan dengan biaya pembangunan kapal pada umumnya terlebih dengan kapal *bulk carier*, SPB mempunyai biaya pembangunan yang lebih rendah 1/3 kali dari kapal *bulk carier* (Harryadi Mulya, 2006 ). Sehingga tongkang bermesin ini dapat berlayar dan bermanouver dengan bebas, karena memiliki sistem permesinan sendiri. Penggunaan tongkang bermesin ini lebih menguntungkan karena dapat digunakan sebagai alat angkut dengan kapasitas yang lebih besar pada alur pelayaran yang memiliki kedalaman air terbatas. Demikian pula dari segi pembangunan, kapal *self propeller barge* lebih mudah dibandingkan dengan kapal lainnya seperti *bulk carier*. Hal ini dikarenakan bentuk konstruksinya relatif lebih sederhana sehingga akan lebih mudah pada proses pembangunan dan perbaikan kapal (Sjafril Karana, 2015).



Sumber : [www.marinecoaltransportation.com](http://www.marinecoaltransportation.com)

Gambar 2.5 Tongkang bermesin (*self propeller barge*)

Untuk barang yang diangkut melalui sungai yang waktu bongkar muatnya cepat dan berlayar pada kecepatan rendah maka akan lebih menguntungkan untuk menggunakan tongkang bermesin. Pertimbangan untuk menggunakan mesin pada tongkang adalah keekonomian, pada tongkang yang bongkar muatnya cepat akan lebih menguntungkan menggunakan tongkang bermesin sedang bila bongkar muatnya membutuhkan waktu yang lama maka akan lebih menguntungkan menggunakan tongkang biasanya.

### **2.2.2.3 Kapal Curah Batubara (*Bulk Carrier*)**

*Bulk carrier* merupakan kapal khusus yang digunakan untuk mengangkut muatan bentuk curah seperti: biji tambang (biji besi atau batubara), dan biji tanaman (Sjafril Karana, 2015). Umumnya kapal jenis ini mempunyai ukuran besar seperti terlihat pada gambar dibawah. Kapal ini dilengkapi dengan peralatan bongkar muat (*loading/unloading*) sendiri dengan kapasitas tertentu. Bentuk konstruksi ruang muat kapal jenis ini lebih rumit karena setiap jenis muatan curah mempunyai karakteristik yang berbeda-beda. Dimana mempunyai kecenderungan akan memadat selama kapal berlayar, dan kemungkinan terjadi pergeseran muatan pada permukaan kearah samping dan kemungkinan tidak balik ke posisi semula akibat pengaruh olah gerak kapal, sehingga akan mempengaruhi stabilitas kapal.



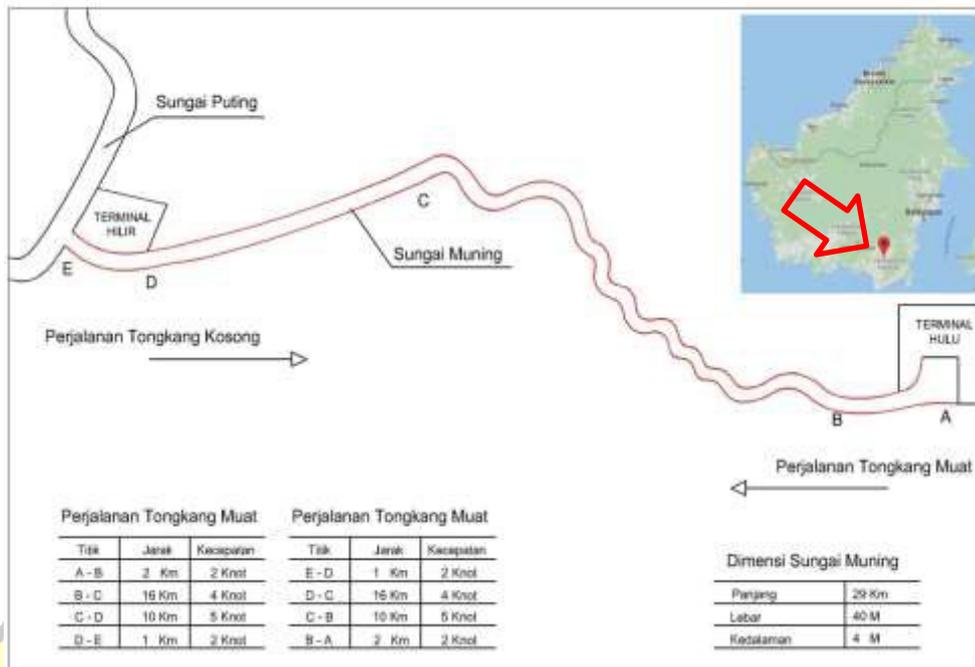
Sumber : <https://www.tambang.co.id>

Gambar 2.6 Kapal curah batubara (*bulk carier*)

Kapal jenis ini memiliki perlakuan khusus dalam perawatan, reparasi, maupun survei yang dilakukan surveyor terhadapnya seperti pemeriksaan ruang muat yang dipilih pada kapal yang berumur lebih dari 10 tahun. Selain itu dilihat dari konstruksi lambungnya, *bulk carrier* memiliki sistem konstruksi lambung campuran, yaitu konstruksi melintang pada bagian sisi lambung dan memanjang pada *bottom* dan *deck* sehingga konstruksi *double bottom* pada kapal jenis ini merupakan konstruksi *intercostal* (Ponco Bagio, et al. 2015).

Dari berbagai jenis tongkang diatas, pada studi kasus ini akan digunakan jenis tongkang yang ditarik dengan *tug boat*. Hal yang menjadikan alat transportasi ini digunakan karena biaya murah dalam pemuatan dan pengoperasiannya (Handoyo, 2015). Tongkang yang ditarik juga tidak menjadi masalah yang besar untuk transportasi batubara yang dilakukan di sungai, karena tongkang ini bisa menyesuaikan lebar sungai.

### 2.3 ANGKUTAN SUNGAI MUNING



Sumber : Dokumentasi penelitian  
 Gambar 2.7 Layout Sungai Muning

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 20 Tahun 2010 Tentang Angkutan di Perairan, Angkutan Sungai dan Danau adalah kegiatan angkutan dengan menggunakan kapal yang dilakukan di sungai, danau, waduk, rawa, banjir, kanal dan terusan untuk mengangkut penumpang, barang dan/atau hewan yang diselenggarakan oleh pengusaha angkutan sungai dan danau. Dari pengertian diatas dapat disimpulkan bahwa angkutan Sungai Muning merupakan angkutan sungai dan danau. Dimana jalur pengangkutan batubara ini dengan menggunakan sungai sebagai jalur transportasi batubara.

Angkutan Sungai Muning merupakan jalur transportasi batubara yang menghubungkan terminal hulu dengan hilir. Sungai Muning dulunya adalah sungai mati sepanjang 16 km. Sungai tersebut awalnya hanya bisa dilalui oleh kapal jenis kelotok. Setelah dilakukan normalisasi panjangnya menjadi 29 km dan dapat dilalui kapal pengangkut batubara dengan lebar 180 feet (54,86 m) dengan kedalaman 4 m. Normalisasi ini juga bertujuan untuk meminimalisir kerusakan jalan disepanjang jalur pengangkutan batubara.

## 2.4 TERMINAL KHUSUS BATUBARA

Menurut Undang-Undang No. 17 Tahun 2008 yang dimaksud Terminal Khusus adalah terminal yang terletak di luar daerah lingkungan kerja dan daerah lingkungan kepentingan pelabuhan yang merupakan bagian dari pelabuhan terdekat untuk melayani kepentingan sendiri sesuai usaha pokoknya. Sedangkan pengertian pelabuhan adalah tempat yang terdiri atas daratan dan/atau perairan dengan batas-batas tertentu sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan kegiatan pengusahaan yang dipergunakan sebagai tempat kapal bersandar, naik turun penumpang, dan/atau bongkar muat barang, berupa terminal dan tempat berlabuh kapal yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan pelayaran dan kegiatan penunjang pelabuhan serta sebagai tempat perpindahan intra-dan antarmoda transportasi. Fasilitas-fasilitas terminal khusus disesuaikan dengan jenis terminal khusus itu sendiri. Terminal khusus disini dipakai untuk pengiriman batubara dari tempat penumpukan hasil tambang batubara (*stockpile*) menuju ke terminal hulu, dari terminal hulu kemudian batubara diangkut menggunakan tongkang melalui jalur air menuju ke terminal hilir.

Fasilitas yang harus diperhitungkan saat pembangunan terminal khusus batubara menurut Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Laut Nomor PP 001/2/19/DJPL-14 Tentang Penetapan Petunjuk Teknis Penyusunan Rencana Induk Pelabuhan, adalah sebagai berikut :

1. Fasilitas daratan
  - a. Panjang dermaga
  - b. Luas kantor pelabuhan
  - c. Luas gudang dan lapangan penumpukan
2. Fasilitas Perairan
  - a. Areal tempat berlabuh
  - b. Areal alih muat kapal
  - c. Areal tempat sandar kapal
  - d. Areal kolam putar
  - e. Areal keperluan keadaan darurat

#### 2.4.1 Terminal Hulu

Terminal hulu digunakan sebagai tempat bongkar batubara dari truk yang mengangkut batubara dari tempat penumpukan tambang (*stockpile*). Batubara yang sudah dibongkar dari truk kemudian dimuat di tongkang untuk diangkut melalui sungai muning menuju terminal hilir.

#### 2.4.2 Terminal Hilir

Terminal hilir digunakan untuk membongkar muatan yang diangkut dengan tongkang yang dimuat dari terminal di hulu. Batubara yang dibongkar di tempat ini kemudian dimuat ke tongkang yang lebih besar.

### 2.5 KELAYAKAN EKONOMI

Kelayakan ekonomi didefinisikan sebagai kelayakan bagi semua pihak yang memanfaatkan, baik langsung maupun tidak langsung dari suatu pembangunan atau pengembangan suatu sistem transportasi. Dalam kaitannya terhadap analisis ekonomi, manfaat (*benefit*) yang diperoleh semestinya lebih besar jika dibandingkan dengan biaya (*cost*) yang dikeluarkan (Siagian, 2015). Oleh karena itu, perhitungan manfaat merupakan faktor vital dalam memutuskan apakah suatu rencana pembangunan atau pengembangan, dalam hal ini, transportasi batubara tersebut layak dilaksanakan atau tidak.

Menurut Pertiwi, et al. (2016) analisis ekonomi untuk membandingkan tingkat keinginan terhadap tiap alternatif berdasarkan biaya yang dihabiskan dan manfaat yang dihasilkan. Studi kelayakan proyek adalah penelitian tentang dapat atau tidaknya suatu proyek dilaksanakan dengan berhasil. Bagi proyek perusahaan masalahnya adalah arus kas bersih sesudah pajak (*net income cash flow*), dan proyek tersebut dikategorikan layak jika arus kas bersih paska pajak itu lebih besar daripada biaya investasinya. Sedangkan bagi proyek pemerintah masalah tersebut dapat berwujud penghematan devisa, peningkatan penerimaan devisa, perluasan kesempatan kerja, dan kegunaan sosial lainnya.

Menurut Putera, et al. (2012) studi kelayakan ekonomi suatu proyek adalah menganalisis tentang layak atau tidaknya suatu investasi proyek dilaksanakan. Tolak ukurnya bergantung pada investor yang mengembangkan

proyek bersangkutan. Jika investor dari pihak swasta akan mengembangkan suatu proyek ke arah *profitable* yang berarti lebih berorientasi pada nilai manfaat ekonomisnya. Sedangkan jika investornya adalah pemerintah disamping nilai ekonomis suatu proyek tentu tidak melupakan aspek nilai sosialnya. Oleh karena itu studi kelayakan merupakan studi yang sangat kompleks dan haruslah meninjau dari beberapa aspek seperti : aspek ekonomi, aspek finansial, aspek teknis, dan aspek pasar.

Dalam analisis kelayakan ekonomi dan finansial ada beberapa nilai yang biasa digunakan sebagai parameter dalam menentukan kriteria penerimaan terhadap suatu investasi sehingga dapat diketahui layak atau tidaknya suatu proyek tersebut. Adapun nilai-nilai yang biasa digunakan adalah sebagai berikut : NPV (*Net Present Value*), BCR (*Benefit/Cost Ratio*), IRR (*Internal Rate of Return*), PI (*Profitability Index*), serta *Payback Period* yang merupakan kriteria evaluasi yang harus dipertimbangkan dalam perhitungan analisis kelayakan ekonomi dan finansial (Siagian, 2015).

Analisa kelayakan ekonomi suatu usaha atau proyek juga bisa dilakukan dengan metode *Sensitivity Analysis* seperti penelitian yang dilakukan Jatmiko, et al. (2010) dimana dengan metode ini menganalisa hasil usaha atau proyek jika ada suatu kesalahan atau perubahan dalam dasar-dasar perhitungan *benefit* maupun *cost*. Dalam *sensitivity analysis* setiap kemungkinan harus dicoba, yang berarti bahwa setiap kali bisa dilakukan analisa kembali. Hal ini sangat diperlukan karena analisa suatu usaha atau proyek didasarkan pada proyeksi-proyeksi yang mengandung banyak ketidak pastian tentang apa yang akan terjadi di waktu yang akan datang. Indikator keberhasilan kelayakan ekonomi ini ditentukan dengan nilai NPV (*Net Present Value*), IRR (*Internal Rate of Return*), dan BCR (*Benefit Cost Ratio*). Sedangkan menurut Oktalia, et al. (2017) dalam menganalisis kelayakan ekonomi tambang andesit menggunakan kriteria-kriteria sebagai berikut : NPV (*Net Present Value*), IRR (*Internal Rate of Return*), PBP (*Pay Back Period*), Analisis DCF (*Discounted Cash Flow*) dan Analisis Sensitivitas.

Kelayakan finansial juga sangat penting dalam suatu usaha atau proyek, dimana hal ini membandingkan antara biaya (*cost*) yang dikeluarkan untuk merealisasikan dan mengoperasikan suatu usaha atau proyek terhadap manfaat

(*benefit*) yang didapat (Ika Sulianti, et al. 2013). Kriteria-kriteria dalam kelayakan finansial adalah sebagai berikut :

1. Perbandingan pendapatan dan pengeluaran (*Benefit Cost Ratio*)

Ukuran ini menggambarkan besarnya resiko suatu proyek. *Benefit Cost Ratio* adalah perbandingan jumlah nilai sekarang dari pendapatan (*benefit*) dan pengeluaran (*cost*) proyek selama umur ekonomisnya. Rasio atau perbandingan ini harus lebih besar dari 1. Makin besar terhadap 1, makin kecil resiko proyek atau resiko investasinya (*investment risk*). Penggunaannya amat dikenal dalam mengevaluasi proyek-proyek untuk kepentingan umum atau sektor publik.

2. Tingkat pengembalian investasi

Ukuran ini menggambarkan daya tarik dan kelayakan (*feasibility*) proyek. Pengembalian atas investasi atau aset adalah perbandingan dari pemasukan (*income*) per tahun terhadap dana investasi, dengan demikian memberikan indikasi profibilitas suatu investasi.

3. Tingkat pengembalian modal (*Rate of Return on Equity*)

Ukuran ini menggambarkan profibilitas penanaman modal atau penyertaan modal. Tingkat pengembalian modal adalah jumlah nilai sekarang selama umur ekonomis suatu proyek dari pembayaran-pembayaran pengembalian modal berikut keuntungannya ditambah penumpukan modal setelah kredit lunas dibagi jumlah nilai sekarang dari modal yang ditanam.

## 2.6 EMISI GAS BUANG ANGKUTAN BATUBARA

Gas buang mesin diesel sangat banyak mengandung partikulat karena banyak dipengaruhi oleh faktor dari bahan bakar yang tidak bersih. Partikulat pada gas buang mesin diesel berasal dari partikel susunan bahan bakar yang masih berisikan kotoran kasar (abu) dikarenakan pemrosesan bahan bakar yang kurang baik. Faktor lain yang sangat dominan dalam memberikan sumbangan zat pencemar ke udara adalah faktor campuran udara kompresi dengan bahan bakar yang disemprotkan. Pencampuran yang tidak sebanding (terlalu banyak bahan bakar) akan menghasilkan gas buang yang mengandung partikulat berlebihan (Abryandoko, 2014).

Emisi kendaraan bermotor mengandung berbagai senyawa kimia. Komposisi dari senyawa kimianya tergantung dari cara mengemudi, jenis mesin, alat pengendali emisi bahan bakar, suhu operasi dan faktor lain yang semuanya membuat pola emisi menjadi rumit. Walaupun emisi gas buang kendaraan bermotor terdiri dari senyawa yang tidak berbahaya seperti nitrogen, karbon dioksida, dan uap air, tetapi di dalamnya terkandung juga senyawa lain dengan jumlah yang cukup besar yang dapat membahayakan kesehatan maupun lingkungan. Bahan pencemar yang terutama terdapat di dalam gas buang kendaraan bermotor adalah karbon monoksida (CO), berbagai senyawa hidrokarbon, berbagai oksida nitrogen (NO<sub>x</sub>), dan sulfur (SO<sub>x</sub>). Bahan bakar tertentu seperti hidrokarbon dilepaskan ke udara karena adanya penguapan dari sistem bahan bakar (Setyadji, 2007).

Penelitian lain tentang emisi gas buang juga pernah dilakukan oleh Setyawan (2011), dalam penelitiannya menjelaskan emisi gas buang yang dihasilkan dari mesin kapal. Emisi gas buang yang dihasilkan dari mesin kapal telah di ketahui dapat menyebabkan masalah kesehatan dan lingkungan. Nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>), karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), dan sulfur oksida (SO<sub>x</sub>) adalah beberapa macam polusi udara yang terdapat pada emisi gas buang dari kapal. Berikut adalah hasil proses pembakaran unsur kimia bahan bakar yang sempurna dan tidak sempurna:

1. Reaksi kimia pembakaran sempurna,  
$$2C_8H_{18} + 25O_2 \leftarrow 16CO_2 + 18H_2O$$
2. Reaksi kimia pembakaran tidak sempurna di ruang bakar engine  
$$C_8H_{18} + O_2 + N_2 \leftarrow CO + CO_2 + HC + NO_x + SO_2 + Pb + O_2 +$$
  
Partikel lainnya.

Sehingga dari pembakaran yang tidak sempurna tersebut akan menghasilkan emisi gas buang yang bisa melebihi ambang batas ketentuan emisi gas buang. Dampaknya bagi kesehatan manusia, substansi pencemar yang terdapat di udara dapat masuk ke dalam tubuh melalui sistem pernafasan. Jauhnya penetrasi zat pencemar ke dalam tubuh bergantung kepada jenis pencemar. Partikulat berukuran besar dapat tertahan di saluran pernafasan bagian atas, sedangkan partikulat berukuran kecil dan gas dapat mencapai paru-paru. Dari

paru-paru, zat pencemar diserap oleh sistem peredaran darah dan menyebar ke seluruh tubuh. Dampak kesehatan yang paling umum dijumpai adalah Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA), termasuk di antaranya, asma, bronchitis, dan gangguan pernapasan lainnya. Beberapa zat pencemar dikategorikan sebagai toksik dan karsinogenik. Dan bagi lingkungan dampaknya yaitu tanaman yang tumbuh di daerah dengan tingkat pencemaran udara tinggi dapat terganggu pertumbuhannya dan rawan penyakit, antara lain klorosis, nekrosis, dan bintik hitam.

Menganalisa emisi gas buang yang dihasilkan mobil barang atau truk bisa dilakukan dengan metode *The International Venicle Emissions Model* (IVEM). Metode IVEM adalah model komputer yang dirancang untuk memprediksi emisi dari kendaraan bermotor. Model komputer ini memperkirakan polutan udara lokal, emisi gas rumah kaca, dan polutan beracun (Fardani, 2014).

Beberapa penelitian lain yang berkaitan dengan estimasi jumlah emisi yang dihasilkan kendaraan bermotor. Takeshi Ishida (2002) memberikan metode untuk mengestimasi polusi udara dari kapal, dan Carlo Trozzi (2006) juga memberikan metode estimasi emisi gas buang pada kapal. Beberapa metode tersebut telah dipakai dalam penelitian Shanty Manullang et, al. (2015) perhitungan estimasi emisi gas buang pada kapal ferry yang dihasilkan oleh mesin utama dan mesin bantu menggunakan metode Carlo Trozzi. Sedangkan Arif Fadillah (2005) dalam penelitiannya untuk menghitung emisi gas buang dari kegiatan kapal di pelabuhan dengan memperhitungkan seluruh emisi yang ditimbulkan dari mesin bantu kapal (MB/AE) dan emisi yang ditimbulkan emisi dari *tugboat* dan kapal bantu lainnya. Jenis kapal ini adalah: kapal barang, tanker, bulk carrier dan sejenisnya. Estimasi emisi gas buang dari mesin utama kapal mengikuti persamaan dari Carlo Trozzi. Sedangkan untuk perhitungan konsumsi bahan bakar dari mesin bantu dilakukan melalui persamaan dari Takeshi Ishida. Metode pendekatan yang digunakan dapat dipakai untuk mengestimasi jumlah emisi yang disebabkan angkutan transportasi yang digunakan untuk transportasi batubara ini.



Sumber : Dokumentasi penelitian  
Gambar 2.8 Emisi gas buang *tugboat*

