

BAB I

BAHAN BAKAR MINYAK

A. Kebutuhan dan Penggunaan BBM di Indonesia

Kebutuhan bahan bakar semakin meningkat seiring dengan peningkatan jumlah populasi dan aktivitas manusia, jumlah kendaraan bermotor, dan jumlah industri. Menurut data Badan Pusat Statistik Indonesia, pada 2012 jumlah kendaraan (angkutan umum, bus, truk, dan sepeda motor) berjumlah lebih dari 75 juta unit dengan jumlah terbanyak sepeda motor yang jumlahnya lebih dari 66 juta unit. Banyaknya jumlah kendaraan tersebut berbanding lurus dengan banyaknya konsumsi bahan bakar di Indonesia. Kendaraan bermotor yang umumnya terdiri dari sepeda motor dan mobil yang menggunakan BBM disajikan pada Gambar 1.

Pada 2015, tingkat kebutuhan bahan bakar minyak (BBM) di Indonesia mencapai 1,5 juta barel per hari. Di sisi lain, produksi BBM nasional hanya sebesar 800 ribu barel per hari. Oleh karena itu, setiap harinya sebanyak 700 ribu barel minyak harus diperoleh dengan cara impor. Data tersebut menunjukkan bahwa hanya sebanyak 54% BBM diperoleh dari produksi domestik, sedangkan 46% sisanya disuplai dengan cara impor. Tentunya, impor BBM sebanyak 46% dari total kebutuhan BBM nasional tersebut harus menggunakan mata uang dolar AS. Laporan dari Bank Indonesia pada 2015 menunjukkan bahwa kebutuhan dolar AS Pertamina merupakan yang terbesar di dalam negeri, yaitu mencapai 150 juta dolar AS per hari untuk impor BBM. Keadaan tersebut tentunya akan memengaruhi neraca perdagangan Indonesia.

Data dari Satuan Kerja Khusus Pelaksana Kegiatan Hulu Minyak dan Gas Bumi (SKK Migas) pada 2015, menunjukkan bahwa konsumsi BBM di Indonesia pada 2015 melalui Pertamina (Persero) telah menghabiskan sebanyak US\$ 500 juta atau Rp6,5 triliun per hari untuk impor BBM. Oleh karena itu, perlu adanya diversifikasi bahan bakar yang dilakukan secara intensif. Salah satu upaya diversifikasi adalah memproduksi BBM pengganti yang bisa diperbaharui, di mana bahan dasarnya banyak terdapat di Indonesia dan belum dimanfaatkan.



**Gambar 1. Konsumsi BBM Terutama Berasal dari Kendaraan Bermotor
(Sumber: Koleksi Pribadi, 2015)**

Bahan Bakar Minyak (BBM) yang ada di Indonesia berasal dari penambangan minyak bumi yang disebut dengan bahan bakar fosil (*fossil fuels*). Bahan bakar fosil merupakan bahan bakar yang tidak dapat diperbaharui. Keberadaan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui sangat terbatas, karena proses pembentukannya membutuhkan waktu yang sangat lama bahkan mencapai jutaan tahun. Sedangkan proses eksploitasinya dilakukan secara besar-besaran, sehingga ketersediaan

sumber energi tersebut dari tahun ke tahun mengalami penurunan secara drastis. Bahan bakar fosil terdiri dari minyak bumi, gas bumi, dan batu bara. Sumber energi ini berasal dari makhluk hidup dan mikroorganisme yang hidup selama jutaan tahun silam dan terkubur di dalam perut bumi. Akibat dari pengaruh tekanan dan suhu tinggi membuat fosil-fosil tersebut berubah menjadi gelembung-gelembung minyak dan gas, sedangkan batu bara terbentuk karena proses penguraian yang tidak sempurna.

Selain masalah tingkat kebutuhan yang ternyata lebih tinggi daripada tingkat produksi minyak di dalam negeri, masalah lain adalah masalah cadangan minyak yang sudah sangat menipis. Bahkan, cadangan minyak di Indonesia hanya cukup untuk 12 tahun lagi. Jika kita tidak melakukan sesuatu dari sekarang, maka bisa dipastikan 12 tahun lagi cadangan minyak di Indonesia akan habis. *Screenshot* berita mengenai cadangan minyak di Indonesia disajikan pada Gambar 2.



The screenshot shows a news article from Tribunnews.com. The title is "Cadangan Minyak Indonesia Hanya untuk 12 Tahun Lagi". The article is dated Saturday, 1 November 2014 at 12:33 WIB. It features a photo of Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Sudirman Said. The text of the article states that Indonesia's oil reserves are only enough for 12 years and that exploration is needed to avoid an energy crisis. A quote from the Minister is included: "Sumber minyak kita tinggal untuk 12 tahun. 12 tahun itu juga kalau kita nggak melakukan eksplorasi," ujar Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Sudirman Said saat diskusi "Mimpikah Kedaulatan Energi?", Sabtu (1/11/2014). The article also mentions that exploration is a difficult solution and that Indonesia's oil reserves are located in the East and even in the sea.

Gambar 2. Screenshot Berita Mengenai Cadangan Minyak Indonesia (Sumber: www.tribunnews.com)

Semakin berkurangnya sumber minyak yang berasal dari fosil sedangkan konsumsi bahan bakar semakin meningkat, maka konversi dan diversifikasi bahan minyak/bahan bakar harus dilakukan secara intensif mulai sekarang. Banyak ahli yang mengatakan bahwa alga yang memiliki media tumbuh yang sangat luas diprediksi akan menggantikan bahan bakar minyak fosil sampai berakhirnya kehidupan di dunia.

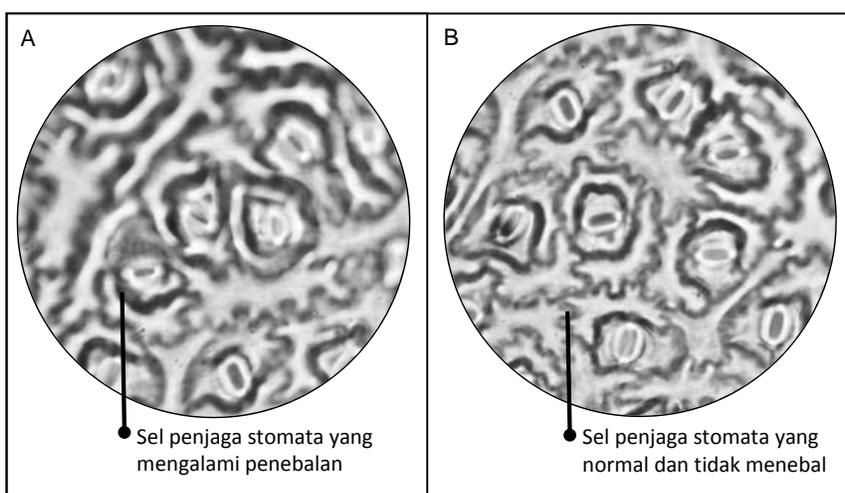
B. BBM dan Pencemaran Udara

Masalah lain yang ditimbulkan dari penggunaan BBM jenis bahan bakar fosil adalah pencemaran udara. Pencemaran udara merupakan suatu masalah besar di kebanyakan kota besar dunia. Hal ini disebabkan oleh adanya energi yang digunakan di dalam transportasi dan industri meski kontribusi alam juga menyokong melalui kejadian seperti letusan gunung berapi dan kebakaran hutan. Di banyak negara berkembang, seperti Indonesia, konsentrasi bahan pencemar udara yang berasal dari kendaraan bermotor meningkat sebagai suatu konsekuensi terhadap meningkatnya pembakaran bahan bakar fosil (Satriyono, 2008).

Tingkat pencemaran udara di kota-kota besar di Indonesia dari tahun ke tahun semakin meningkat bahkan beberapa kota sudah melampaui ambang batas. Berdasarkan hasil pemantauan Kementerian Lingkungan Hidup melalui *Air Quality Monitoring Station* (AQMS), dari sepuluh kota besar di Indonesia, enam di antaranya yaitu Jakarta, Surabaya, Bandung, Medan, Jambi, dan Pekanbaru hanya memiliki udara berkategori baik selama 22 sampai 62 hari dalam setahun atau tidak lebih dari 17%. Menurunnya kualitas udara tersebut terutama disebabkan oleh penggunaan bahan bakar fosil untuk sarana transportasi dan industri yang umumnya terpusat di kota-kota besar, di samping kegiatan rumah tangga dan kebakaran hutan/lahan. Dampak negatif akibat menurunnya kualitas udara cukup berat terhadap lingkungan terutama kesehatan manusia yaitu menurunnya fungsi paru-paru, peningkatan penyakit pernapasan, dampak karsinogen, dan beberapa penyakit lainnya. Selain itu, pencemaran udara dapat menimbulkan bau, kerusakan materi,

gangguan penglihatan, dan dapat menimbulkan hujan asam yang merusak lingkungan (Satriyono, 2008).

Terdapat tiga bahan pencemar utama, yaitu CO, Sox, dan NOx. Pembakaran dari bahan bakar dalam industri dan kendaraan telah menjadi sumber utama polusi yang memiliki dampak yang bahaya bagi kesehatan. Dampak kesehatan dari pencemaran CO, SOx, dan NOx di antaranya adalah penyakit jantung, penyakit pernapasan, dan bronkitis kronis. Polusi di lingkungan tertentu telah mencapai tingkat yang jauh melebihi tingkat standar kesehatan (Mukhopadhyay & Forsell, 2005).



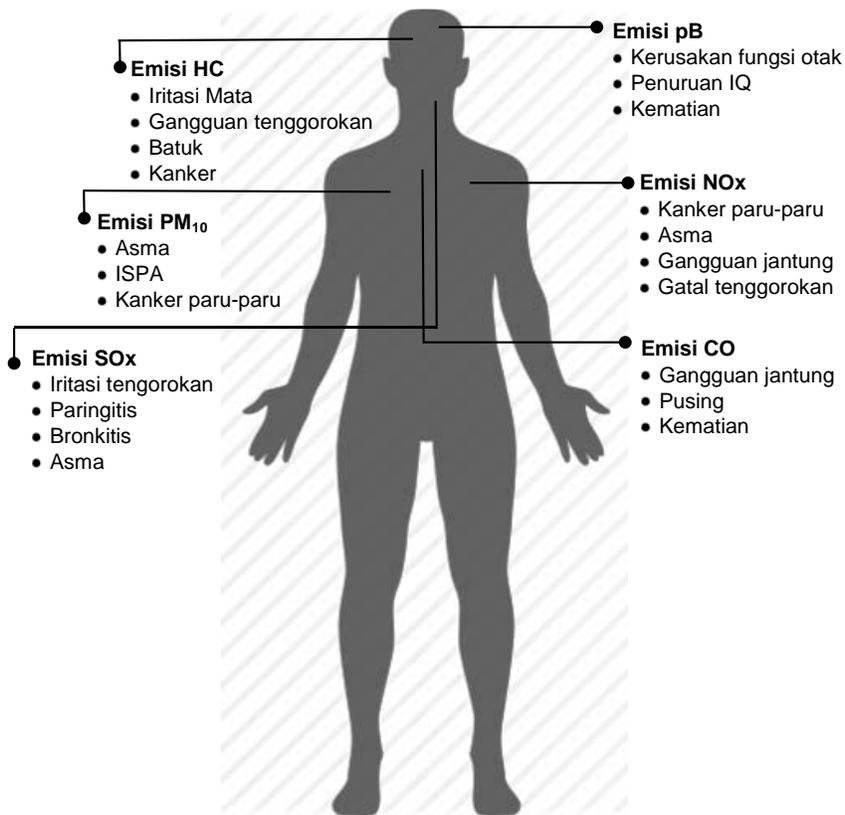
Gambar 3. Kerusakan Stomata Daun Sawo (*Manikara sp.*) di Daerah Surabaya. (A) Stomata Daun pada Daerah yang Tercemar Polusi Udara, (B) Stomata Daun pada Daerah yang Tidak Tercemar Polusi Udara

(Sumber: Koleksi Pribadi, 2010)

Gambar 3 menunjukkan foto hasil pengamatan pada stomata daun yang telah dilakukan penulis pada 2010–2015. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa terjadi kerusakan stomata daun pada daerah yang tercemar polusi udara. Pada Gambar 3, terlihat bahwa terjadi penebalan sel penjaga yang menutupi sel penutup stomata. Hal ini disebabkan adanya penumpukan debu pada sel penjaga yang berlebihan. Celah

stomata mempunyai panjang sekitar 10 μm dan lebar antara 2–7 μm . Sementara ukuran Pb yang mempunyai ukuran rata-rata 0,2 μm , maka partikel Pb akan masuk ke dalam daun lewat celah stomata. Partikel Pb tersebut akan menetap dalam jaringan daun dan menumpuk di antara celah sel jaringan pagar/polisade dan atau jaringan bunga karang (*spongi tissue*). Oleh karena partikel Pb tidak larut dalam air, maka senyawa Pb dalam jaringan terperangkap dalam rongga antarsel sekitar stomata. Partikulat maupun Pb yang terdeposisi di permukaan tanaman dan di stomata dapat menghambat proses fotosintesis. Terhambatnya proses fotosintesis dapat menghambat produktivitas tanaman.

Selain berdampak pada tanaman, pencemaran udara juga berdampak pada kesehatan manusia. Laporan dari negara-negara berkembang menunjukkan adanya hubungan antara polusi udara dan efek kesehatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan penyakit pernapasan dan penurunan fungsi paru terjadi pada orang yang terpapar partikulat atau di Indonesia sering disebut dengan PM_{10} (*particulate matter*). Selain itu, kondisi manusia yang terpapar partikulat dan SO_2 lebih rentan terkena penyakit asma. Sebagian besar bukti menunjukkan bahwa penduduk yang tinggal di kota-kota dengan tingkat polusi udara tinggi di negara berkembang mengalami efek samping yang serupa atau lebih besar. Sebuah studi baru-baru ini juga menunjukkan bahwa sekitar 40%–60% dari infeksi pernapasan akut disebabkan oleh pengaruh lingkungan (Dewi & Budiyanti, 2010; Mukhopadhyay & Forsell, 2005). Dampak emisi BBM terhadap kesehatan manusia disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Dampak Emisi BBM Terhadap Kesehatan Manusia
(Sumber: Koleksi Pribadi, 2016)

Bahan bakar minyak (BBM) adalah senyawa hidrokarbon yang berisi hidrogen dan atom karbon. Menurut Prihandana *et al.* (2008), proses pembakaran yang tidak sempurna dari kendaraan bermotor mengakibatkan mesin kendaraan bermotor mengeluarkan beberapa jenis polutan berbahaya, seperti karbon monoksida (CO), oksida nitrogen (NO_x), oksida belerang (SO_x), hidrokarbon (HC), partikel debu halus (PM₁₀), dan yang lebih berbahaya adalah timbal (Pb). Beberapa bahan pencemar udara dijelaskan sebagai berikut :

1. Karbon Monoksida

Asap kendaraan merupakan sumber hampir seluruh karbon monoksida (CO) yang dikeluarkan di banyak daerah perkotaan. Karbon monoksida merupakan gas yang tidak berwarna, tidak berbau, tidak mempunyai rasa. Karbon monoksida terdapat dalam bentuk gas pada suhu di atas -192°C , mempunyai berat 96,5% dari berat air, dan tidak larut dalam air. Sumber pencemaran karbon monoksida adalah karena pembakaran tidak lengkap terhadap C atau komponen C, reaksi antara CO_2 dan komponen yang mengandung C (Mukhopadhyay & Forsell, 2005). Karbon monoksida juga produk dari pembakaran yang tidak sempurna. Jika terhirup manusia, gas ini sangat memengaruhi distribusi oksigen darah dalam jantung. Gas CO mudah sekali menyatu dengan Hb darah, meskipun dalam kadar yang rendah. Ini terjadi karena zat besi (Fe) dalam Hb memicu daya tarik CO menjadi 200 kali lebih besar daripada daya tarik O_2 . Peningkatan CO dalam Hb di dalam darah hanya sampai 9%. Dalam waktu 1–2 menit bisa menimbulkan kekurangan oksigen di jantung serta terhalangnya penambahan oksigen di pembuluh darah koroner (Currie *et al.*, 2009; Kayode & Feyisao, 2013; Rajiah & Mathew, 2011; Prihandana *et al.*, 2008).

2. Nitrogen Dioksida

Salah satu bahan pencemar udara yang telah terbukti dapat menyebabkan gangguan kesehatan adalah nitrogen dioksida. Nitrogen dioksida merupakan salah satu komponen utama yang memengaruhi kualitas udara. Dengan kandungan udara yang terdiri dari 79% gas nitrogen, 20% gas oksigen, dan 1% gas-gas yang lain, maka pada proses pembakaran pada kegiatan industri maupun pada kendaraan bermotor, akan terjadi proses reaksi yang menghasilkan NO_2 (Susanto, 2004). Sumber utama nitrogen dioksida yang dihasilkan dari aktivitas manusia adalah pembakaran bahan bakar fosil (batu bara, gas, dan minyak), terutama gasolin yang digunakan oleh kendaraan bermotor. Menurut Nowak *et al.* (2014), pencemaran udara di daerah perkotaan terutama bersal dari NO_2 , yaitu sebesar

80–92% dihasilkan oleh kendaraan bermotor. Hasil penelitian Sunyer *et al.*, (2015) menunjukkan bahwa tingginya rata-rata konsentrasi NO_2 memiliki kecenderungan berbanding lurus dengan banyaknya jumlah kendaraan bermotor, industri, dan rumah tangga.

Nitrogen dioksida merupakan gas yang paling beracun di antara jenis nitrogen oksida yang ada di udara. Efek dari nitrogen dioksida tergantung pada tingkat dan lamanya paparan. Paparan nitrogen dioksida sebesar 50 ppm dapat mengakibatkan batuk, hemoptisis, dispnea, dan nyeri dada. Jika terkena paparan nitrogen dioksida yang lebih tinggi dari 100 ppm, dapat menghasilkan edema paru yang dapat berakibat fatal atau dapat menyebabkan bronkiolitis obliterans. Beberapa studi menunjukkan bahwa paparan kronis nitrogen dioksida dapat memengaruhi individu untuk perkembangan penyakit paru kronis, termasuk infeksi dan penyakit paru obstruktif (Thiering *et al.*, 2013).

3. Sulfur Oksida (SO_2)

Sumber pencemaran gas sulfur oksida terutama disebabkan oleh BBM yang digunakan oleh pemilik kendaraan bermotor yang banyak mengandung belerang (Mukhopadhyay & Forsell, 2005; Dewi & Budiyanti, 2010). Sulfur oksida dapat menyebabkan iritasi mukosa yang dapat menyebabkan paringitis, bronchitis, asma dan gangguan pernapasan lainnya. Pemaparan sulfur oksida dalam konsentrasi 0,19 ppm selama beberapa hari dapat menimbulkan kematian manusia (Abdalla, 2007; Khan & Siddiqui, 2014). Akibat utama pencemaran gas sulfur oksida, khususnya sulfur oksida terhadap manusia adalah terjadinya iritasi pada sistem pernapasan (Iwasawa *et al.*, 2012). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa iritasi tenggorokan terjadi pada konsentrasi sulfur oksida sebesar 5 ppm atau lebih. Bahkan pada beberapa individu yang sensitif, iritasi sudah terjadi pada paparan 1–2 ppm saja. Penderita yang mempunyai penyakit kronis pada sistem pernapasan dan kardiovaskular dan lanjut usia, gas ini merupakan polutan yang berbahaya karena dengan paparan yang rendah saja (0,2 ppm) sudah dapat menyebabkan iritasi tenggorokan.

Selain menimbulkan masalah pernapasan, pencemaran sulfur oksida juga dapat memicu terjadinya stroke dan kejang (Petel *et al.*, 2015; Khan & Siddiqui, 2014).

4. Hidrokarbon

Hidrokarbon merupakan uap bensin yang tidak terbakar dan produk samping dari pembakaran tak sempurna. Hidrokarbon dapat menyebabkan leukemia, kanker, atau penyakit-penyakit serius lain. Senyawa hidrokarbon dilepaskan ke udara karena molekul ini tidak terbakar sepenuhnya. Jika bercampur atau bersentuhan dengan oksida nitrogen dan matahari, hidrokarbon berubah bentuk menjadi asap yang memedihkan mata, mengganggu tenggorokan dan saluran pernapasan. Hidrokarbon biasanya digunakan dalam pembuatan cairan untuk cuci kering dan juga digunakan sebagai zat penghilang lemak untuk industri.

5. Timbel (Pb)

Sumber utama pencemaran timbel adalah dari asap kendaraan berbahan bakar bensin yang mengandung timbel. Timbel merupakan ancaman yang amat berbahaya, terutama bagi anak yang berusia di bawah 6 tahun. Logam berat ini dapat menurunkan tingkat kecerdasan, menghambat pertumbuhan, mengurangi kemampuan untuk mendengar dan memahami bahasa, dan menghilangkan konsentrasi. Timbel yang masuk ke dalam tubuh kita sebagian besar ditimbun dalam tulang. Saat kita mengalami stres, Pb diremobilisasi dari tulang dan masuk ke peredaran darah sehingga menimbulkan risiko terjadinya keracunan. Penimbunan Pb mempunyai dampak jangka panjang. Pengaruh Pb dimulai dari janin dalam kandungan sampai kepada orang tua. Hampir semua organ tubuh dipengaruhi timbel. Makin muda umur seseorang, makin serius dampaknya. Janin dan balita sangat peka terhadap keracunan Pb (Duruibe *et al.*, 2007; Laidlaw & Taylor, 2011; Prihandana *et al.*, 2008).