

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Minyak Bumi

Minyak bumi merupakan suatu campuran yang terjadi di alam. Sebagian besar terdiri dari hidrokarbon, sedikit belerang, nitrogen dan oksigen turunan hidrokarbon, yang keluar dari dalam tanah dalam keadaan cair. Juga disertai zat lain seperti air, garam, zat organik dan bahan pengotor lain yang apabila dipisahkan tidak merubah sifat minyak tersebut (Hobson, 1973 dalam Arfiyanti, 1987).

Menurut Nelson (1958) dalam Arfiyanti (1987), menyatakan bahwa senyawa hidrokarbon yang terdapat di dalam minyak bumi sangat banyak jumlahnya. Senyawa tersebut dapat dibagi ke dalam tiga golongan senyawa hidrokarbon yaitu : senyawa hidrokarbon parafin, senyawa hidrokarbon naften, dan senyawa hidrokarbon aromatik. Di samping senyawa hidrokarbon tersebut, dalam produksi minyak bumi juga terdapat senyawa hidrokarbon olefin dan senyawa hidrokarbon diolefin yang terjadi karena perengkahan dalam proses minyak bumi dalam kilang.

Minyak bumi selain mengandung senyawa hidrokarbon, juga mengandung unsur-unsur nitrogen, oksigen, dan logam dalam jumlah sedikit.

## B. Tinjauan Umum Pencemaran Minyak

Pencemaran dapat diartikan sebagai penambahan atau masuknya bahan/zat ke lingkungan dalam jumlah tertentu sehingga dapat menyebabkan kemunduran atau bahaya bagi kesehatan manusia, terganggunya kehidupan ekosistem, dan rusaknya sumber daya yang dapat dimanfaatkan (Martopo, 1989).

Masalah pencemaran laut oleh minyak di Indonesia mulai muncul sebagai masalah nasional barangkali setelah peristiwa kandasnya kapal tanki raksasa SHOWA MARU. Kapal tanki raksasa ini terdampar di selat Singapura pada tanggal 6 Januari 1975 di Buffalo Rock tepat di dalam wilayah teritoria Indonesia, menumpahkan minyak mentah 3000-4000 ton dan menyebabkan kerugian US\$ 13,5 juta bagi Indonesia (Coutrier, 1976 dalam Romimohtarto, 1991) .

Bencana pencemaran minyak yang luar biasa berkaitan dengan kapal-kapal tanki raksasa adalah seperti yang ditunjukkan oleh tenggelamnya Amaco Cadiz di lepas pantai Brittani Perancis pada Bulan Maret 1978. Pada peristiwa itu, 220.000 ton minyak tertumpah dan sepertiganya terdampar dan mencemari pesisir pantai sepanjang 320 km (192 mil) (Nybakken, 1988).

Minyak bumi merupakan bagian dari 12 jenis bahan pencemar yang biasa mencemari perairan laut. Adapun bahan pencemar yang berasal dari minyak bumi antara lain tir,

minyak pelumas (oli), tumpahan minyak akibat kecelakaan kapal tanker, dan sisa penggunaan minyak lainnya (Romimohtarto, 1991).

Pencemaran laut oleh minyak bumi akan terus meningkat dari hari ke hari apabila pelaksanaan eksplorasi dan produksi minyak di lepas pantai tidak dilakukan secara hati-hati. Pemerintah telah menetapkan syarat (mutu) cairan buangan /limpahan/bocoran industri dan rumah tangga melalui Peraturan Pemerintah Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 173/Men Kes/Per/VIII/1977 untuk hidrokarbon maksimum yang diperbolehkan adalah 10 ppm. Menurut lampiran peraturan pemerintah Republik Indonesia tahun 1979 mengenai standart kualitas air limbah hidrokarbon / minyak mineral maksimum yang diperbolehkan ialah 10 ppm. Bila minyak mineral mencapai 10 ppm termasuk pencemaran ringan, 30 ppm termasuk pencemaran sedang, 70 ppm termasuk pencemaran berat dan 100 ppm termasuk pencemaran berat sekali (Riyadi, 1984).

### C. Efek Negatif Pencemaran Minyak Terhadap Lingkungan

Ada beberapa efek negatif polusi minyak terhadap lingkungan yaitu :

#### 1. Efek Terhadap Kanalisasi dan Keindahan Kota

Kanalisasi yang tercemar oleh minyak dan senyawanya akan menimbulkan bau yang tidak sedap, rupa yang

menjijikkan dan memberikan pemandangan yang tidak menyenangkan (Muchtisar, 1982; Eni Martani, 1992).

## 2. Efek Terhadap Mikroorganisme

Percobaan-percobaan yang dilakukan di Pusdik Migas Cepu oleh Team Kerja Study Group Pollution menunjukkan 34 macam plankton mati seketika dan satu bulan setelah itu diketemukan kembali 5 jenis plankton. Pada percobaan yang sama terlihat penurunan populasi fauna bentos, tetapi terdapat kenaikan pada mikrobia "H.C. Utilizing" (Muchtisar, 1982).

## 3. Efek Terhadap Ikan dan Burung

Kematian langsung ikan mujair yang hidup pada air tercemar minyak pernah dicoba. Ikan tersebut tahan dalam waktu 1-3 hari tergantung konsentrasi polutan. Demikian juga di laut minyak menyebabkan kematian langsung pada udang, karang dll. Kematian tidak langsung kebanyakan disebabkan kekurangan oksigen dan makanan akibat matinya plankton. Minyak akan melapisi bulu-bulu burung sehingga kehilangan daya pengangkatannya. Akibatnya, hampir semua mati ketika terkena air, atau mungkin tidak mampu mencari makan. Oleh karena minyak membinasakan burung-burung laut, dan menyebabkan kerugian yang besar (Muchtisar, 1982; Nybakken, 1988).

#### 4. Efek Terhadap Tanaman

Tanaman air, rumput-rumput kolam, mati sama sekali oleh polutan benzene pada konsentrasi 740 ppm. Tetapi parafin tidak menimbulkan efek apa-apa. Untuk tumbuh-tumbuhan, sifat toksik hidrokarbon meningkat dari parafin rantai lurus, olefin, sikloparafin, aromatik. Makin kecil molekulnya makin toksik. Minyak juga menghancurkan kloroplas dan malarutkan pigmen (Muchtisar, 1982).

#### 5. Efek Terhadap Air Minum dan Kesehatan

Kejadian-kejadian menunjukkan bahwa 8-10 gram petrol produk bersifat racun terhadap anak kecil. Tetapi jumlah sebesar itu dalam air minum sudah amat berbau dan tentunya sudah tercium baunya sebelum diminum. Hidrokarbon dalam jumlah kecil dapat masuk dalam rantai makanan dan bila dikonsumsi manusia merupakan zat karsinogenik (Muchtisar, 1982; Sumarno, 1992).

#### 6. Efek Terhadap Kesegaran Udara

Udara yang tercemar oleh uap ini nyata dapat menyebabkan sesak napas. Pada batas tertentu polutan minyak sudah berbau (Muchtisar, 1982).

#### D. Tinjauan Umum Bakteri

Bakteri merupakan makhluk hidup bersel satu yang termasuk dalam kelas Schizomycetes. Berkembang biak dengan cara membelah diri, berukuran 0,2 - 80 mikron. Bakteri

hidup tersebar luas di alam, baik di daratan maupun di perairan. Di perairan laut bakteri dapat ditemukan pada setiap kedalaman (Salle, 1978).

Sebagian besar bakteri mempunyai ukuran yang sangat kecil, hanya beberapa mikron dan mempunyai bentuk yang bermacam-macam seperti, bulat (kokus), batang (silindris), atau spiral, ada yang bergerak dengan flagel, berpili, mampu membentuk kapsul (lapisan lendir), membentuk endospora (Pelczar dan Chan, 1986).

#### E. Dinding Sel Bakteri

Bakteri juga mempunyai dinding sel, tiap kelompok bakteri mempunyai komposisi dinding sel yang berbeda-beda, sehingga hal ini penting dalam membedakan satu kelompok bakteri dengan kelompok bakteri lainnya. Berdasarkan perbedaan komposisi dinding sel dan sifat pewarnaannya bakteri dapat dibedakan menjadi dua kelompok yaitu, bakteri Gram positif dan bakteri Gram negatif (Pelczar dan Chan, 1986).

Dinding sel memberikan bentuk dan kekuatan pada sel prokariot. Dinding sel bakteri Gram negatif merupakan struktur berlapis sedangkan bakteri Gram positif hanya mempunyai satu lapis yang tebal. Bakteri Gram positif memiliki kandungan peptidoglikan yang tinggi dibandingkan bakteri Gram negatif, pada bakteri Gram positif polimer

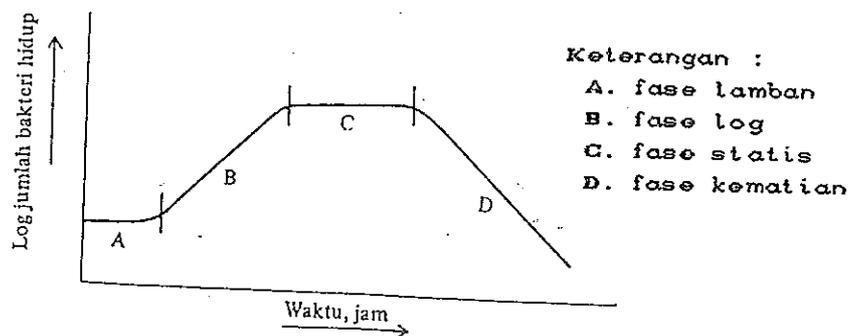
ini dapat mencapai 50%, sedangkan bakteri Gram negatif mempunyai 10%. Pada umumnya kandungan lipid dinding sel bakteri Gram positif rendah. Bakteri Gram positif memiliki asam teikoat (Bibiana dan Hastowo, 1992).

Dinding sel bakteri Gram negatif lebih kompleks dibandingkan Gram positif. Perbedaan utama ialah adanya lapisan membran luar, yang meliputi peptidoglikan. Kehadiran membran ini menyebabkan dinding sel bakteri Gram negatif kaya akan lapisan lipida. Lapisan membran luar ini disebut "outer wall layer" yang mempunyai struktur sebagai unit membran. Pada lapisan ini tidak hanya terdiri dari fosfolipida saja seperti pada membran plasma tetapi juga mengandung lipida lainnya, polisakarida dan protein. Lipida dan polisakarida ini berhubungan erat dan membentuk struktur khas yang disebut lipopolisakarida atau LPS (Bibiana dan Hastowo, 1992).

#### F. Pertumbuhan Bakteri

Istilah pertumbuhan yang umum digunakan untuk bakteri biasanya mengacu pada perubahan di dalam pertambahan total massa sel dan bukan perubahan individu organisme. Pertumbuhan dinyatakan sebagai pertambahan jumlah atau massa melebihi yang ada di dalam inokulum asalnya. Bila sejumlah tertentu sel diinokulasikan pada suatu medium yang segar, lalu ditentukan populasi bakteri tersebut pada

waktu-waktu tertentu selama periode inkubasi, dan memetakan logaritma jumlah sel terhadap waktu maka akan diperoleh suatu kurva seperti Gambar 01 (Pelczar dan Chan, 1986).



Gambar 01. Kurva Pertumbuhan Bakteri yang Khas (Pelczar dan Chan, 1986)

#### G. Peranan Bakteri di Lingkungan

Dahulu ada anggapan bahwa bakteri-bakteri yang dapat mengoksidasi hidrokarbon merupakan jenis-jenis khusus hasil penyesuaian diri (adaptasi), tetapi sekarang telah diketahui bahwa memang ada bermacam-macam bakteri/mikrobia yang memang mampu menggunakan senyawa hidrokarbon sebagai satu-satunya sumber energi (Jutono, 1978).

Beerstecher (1954) dalam Jutono (1978), menyebutkan kurang lebih 150.000 spesies mikrobia dan dari jumlah itu lebih dari 100 spesies mampu menggunakan hidrokarbon sebagai sumber energinya.

Menurut Tan dan Bennet (1956) dalam Suhadi

Darmosuwito dan Siti Kabirun (1981), dalam minyak bumi terdapat bermacam-macam bakteri aerobik, anaerobik yang patogenik maupun non patogenik. Diantaranya *Pseudomonas* dan *Proteus* mempunyai kecepatan pertumbuhan yang paling tinggi. Bakteri Gram negatif seperti *Pseudomonas*, *Salmonella*, dan *Shigella* dapat bertahan hidup lebih lama dalam minyak, tetapi bakteri Gram positif tidak demikian.

Sedangkan menurut Atlas (1992), genus-genus mikrobial yang termasuk pemecah hidrokarbon minyak yang lebih penting (berdasarkan pada frekuensi isolasi) di dalam lingkungan akuatik adalah *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Arthrobacter*, *Micrococcus*, *Nocardia*, *Vibrio*, *Acinobacter*, *Brevibacterium*, *Corynebacterium*, *Flavobacterium*, *Candida*, *Rhodotorula*, dan *Sporobolomyces*. Bakteri dan yeast banyak berperan dalam pemecahan hidrokarbon di ekosistem akuatik. Di dalam tanah, bakteri, yeast dan fungi nampak penting dalam pemecahan hidrokarbon.

#### H. Mekanisme Pemecahan / Biodegradasi

Menurut Voroshilova dan Dianova (1952 dalam Indriani 1992) ada tiga tahapan pemecahan minyak bumi yang terjadi di perairan. Tahap pertama adalah oksidasi aerobik oleh mikrobial yang hidup pada permukaan perairan ("oil water interface"). Tahap kedua adalah presipitasi minyak karena terbawa oleh benda-benda padat maupun sel-sel mikrobial ke

dasar perairan. Tahap ke tiga adalah kembalinya minyak ke permukaan air karena terbawa oleh gelembung-gelembung udara hasil pemecahan anaerob bahan organik pada dasar perairan. Di permukaan gelembung-gelembung gas tersebut pecah dan minyak lepas sebagai bercak yang bergabung kembali menjadi lapisan seperti semula. Adapun padatan-padatan yang terbawa ke atas akan turun lagi ke bawah dan proses berulang kembali. Tahapan terpenting dalam pemecahan minyak bumi ini adalah tahap pertama (aerob).

Menurut Gaudy dan Gaudy (1981), beberapa molekul hidrokarbon kompleks dapat dimetabolisme secara perlahan-lahan oleh mikrobial. Dalam beberapa kasus, metabolisme secara lengkap tidak dapat tercapai, sekurang-kurangnya oleh satu mikrobial, dan molekul hidrokarbon hanya dapat dimodifikasi agar terpecahkan secara lebih sempurna.

#### I. Faktor-faktor yang Berpengaruh terhadap Kecepatan Pemecahan Minyak

Pemecahan secara mikrobiologis minyak bumi di lingkungan dipengaruhi oleh kisaran faktor-faktor seperti konsentrasi polutan, konsentrasi biomasa, temperatur, pH, ketersediaan nutrien, ketersediaan substrat primer, adaptasi, dll. Pemberian inokulum untuk menambah jumlah mikrobial perombak akan mempercepat pemecahan. Temperatur

yang rendah dan pH ekstrim akan menghambat aktivitas mikrobia pemecah (Arvin, Jensen dan Gundersen, 1989 dalam Indriani, 1992).

Selain faktor-faktor tersebut yang merupakan faktor pembatas pemecahan minyak adalah ketidak keseimbangan nutrisi antara substrat dari minyak dengan kebutuhan N dan P untuk pertumbuhan mikrobia. Ketersediaan oksigen dan besar kontak antara minyak dan oksigen juga merupakan faktor pembatas karena sebagian besar reaksinya membutuhkan oksigen. (Arvin, et al, 1989 dalam Indriani, 1992).

Komposisi hidrokarbon dalam minyak bumi akan mempengaruhi sifat-sifat kimia serta penggunaannya oleh mikrobia, yaitu :

1. Hidrokarbon alifatik lebih mudah dipecahkan oleh mikrobia daripada aromatis.
2. Pada umumnya hidrokarbon berantai panjang lebih mudah dipecahkan. Akan tetapi yang sangat panjang sulit dipecahkan.
3. Hidrokarbon tak jenuh lebih mudah terurai daripada hidrokarbon jenuh.
4. Hidrokarbon aromatis dengan cincin benzen yang lebih banyak lebih sulit dipecahkan.
5. Senyawa alisiklik kadang-kadang tidak dapat digunakan.

(Arvin, et al, 1989 dalam Indriani, 1992).