

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Pencemaran Minyak di Laut

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

Pencemaran minyak sering terjadi di lingkungan terutama lautan. Pencemaran minyak tersebut dapat terjadi secara tidak sengaja, misalnya karena kecelakaan kapal tanker minyak bumi, atau karena faktor kesengajaan misalnya akibat perang Teluk pada tahun 1990-1991 (Martani, 1992).

Minyak yang tumpah dengan cepat menyebar dalam area yang sangat luas serta membentuk suatu lapisan yang dapat digerakkan oleh angin dan ombak. Dari tempat kecelakaan di laut, lapisan minyak akan melebar sampai garis pantai dan mencemari pantai. Terdapatnya minyak di dalam perairan laut, selain disebabkan kecelakaan juga dapat diakibatkan adanya aliran minyak secara terus-menerus ke dalam laut yang berasal dari kapal, pelabuhan, pangkalan minyak, dan juga dari aliran air sungai yang membawa limbah industri dan rumah tangga (Mitchell, 1972).

Setiap tahun lebih dari 10 juta metrik ton minyak tumpah ke laut. Hal ini menyebabkan matinya berbagai satwa laut seperti ikan, burung dan lain sebagainya

(Sumarno,1991). Pemerintah telah menetapkan baku mutu hidrokarbon/minyak mineral melalui Peraturan Pemerintah RI No. 20/1990 ( lampiran 04). Nilai maksimum untuk hidrokarbon 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).

Perairan sebenarnya secara alami memiliki daya purifikasi sendiri. Bahan organik apapun, seperti limbah akan hancur teruraikan oleh kegiatan hayati bakteri aerobik. Pada awalnya populasi bakteri meningkat sejalan dengan meningkatnya polutan, akan tetapi pada suatu tingkat tertentu cenderung menurun aktifitasnya sejalan dengan semakin terbatasnya oksigen yang tersedia di dalam perairan tersebut (Hartopo, 1989).

Penanggulangan pencemaran minyak dapat dilakukan dengan melalui berbagai cara, antara lain :

1. Secara fisik, misalnya dengan pengambilan lapisan minyak yang mengapung. Cara ini mempunyai konsekuensi apabila jumlah polutan melebihi jutaan metrik ton, maka akan menimbulkan masalah baru.
2. Secara kimia, antara lain dilakukan dengan penggunaan senyawa dispersan atau surfaktan. Senyawa ini disebarkan di daerah yang terpolusi minyak dengan maksud untuk meningkatkan tingkat dispersi minyak. Akan tetapi dalam beberapa kasus,

dispersan dapat menimbulkan dampak negatif yang justru lebih tinggi dibandingkan dengan polusi minyak itu sendiri. Beberapa dispersan mengandung senyawa kimia yang dapat menghambat aktifitas mikrobia.

3. Secara mikrobiologis, dilakukan dengan usaha introduksi mikrobia pendegradasi minyak, atau divariasi dengan usaha tertentu dengan tujuan untuk meningkatkan pertumbuhan dan aktifitas mikrobia inokulan tersebut (misalnya dengan penambahan nutrisi tertentu). Cara mikrobiologis ini merupakan cara yang saat ini dikembangkan di beberapa negara maju (Martani, 1992).

#### **B. Bakteri Pendegradasi Minyak *Pseudomonas sp***

Beerstecher (1954) dalam Jutono (1978) menyebutkan kurang lebih dari 150.000 spesies mikrobia, 100 spesies diantaranya mampu menggunakan hidrokarbon sebagai sumber energinya. Dahulu ada pendapat bahwa bakteri-bakteri yang dapat mengoksidasi hidrokarbon merupakan jenis-jenis khusus hasil adaptasi, tetapi sekarang telah diketahui bahwa memang ada beberapa mikrobia yang mampu menggunakan hidrokarbon sebagai satu-satunya sumber energi (Jutono, 1978).

Adanya mikrobia yang dapat menggunakan minyak bumi sudah lama diketahui. Banyak mikrobia yang dapat tumbuh pada bagian dasar tangki-tangki penyimpanan bensin, solar, kerosin, dan tangki pesawat. Dalam minyak bumi terdapat bermacam-macam bakteri aerobik, anaerobik yang patogenik maupun yang non patogenik. Diantaranya *Pseudomonas* dan *Proteus* merupakan mikrobia yang paling cepat tumbuh. Bakteri Gram negatif seperti *Pseudomonas*, *Salmonella*, dan *Shigella* dapat bertahan

hidup lama di dalam minyak, tetapi bakteri Gram positif tidak demikian (Darmosuwito dan Siti Kabirun, 1981).

*Pseudomonas* merupakan bakteri Gram negatif yang mampu mendegradasi minyak, dengan menggunakan hidrokarbon sebagai sumber energinya. Dengan menggunakan teknik pewarnaan Gram bakteri dibedakan menjadi 2 kelompok yaitu :

1. Bakteri Gram positif

Yaitu bakteri yang mampu menahan warna kristal violet, sehingga terlihat berwarna ungu.

2. Bakteri Gram negatif

Yaitu bakteri yang kehilangan warna kristal violet dan terwarnai oleh safranin sehingga terlihat berwarna merah.

Bakteri Gram negatif mengandung komponen lipid dengan prosentase yang lebih tinggi dibandingkan bakteri Gram positif dan dinding selnya juga lebih tipis. Percobaan menunjukkan bahwa selama pengecatan, perlakuan dengan alkohol akan melarutkan lipid, yang menyebabkan naiknya permeabilitas dinding sel, sehingga kompleks kristal violet yodium dapat dilarutkan (Pelczar dan Chan, 1986).

Teori lain menyebutkan bahwa dinding sel bakteri Gram negatif mengandung peptidoglikan yang jauh lebih sedikit dibandingkan bakteri Gram positif, sehingga pori-pori bakteri ini cukup besar sehingga setelah perlakuan etanol, kompleks kristal violet yodium dilarutkan (Pelczar dan Chan, 1986).

Cara sederhana untuk mengukur aktifitas bakteri dapat dilakukan dengan mengamati perubahan jumlah bakteri. Suatu percobaan dilakukan dengan menumbuhkan

beberapa galur dari *Pseudomonas sp* pada larutan garam mineral dengan ion amonium dan nitrat sebagai sumber nitrogen. Kemudian ditambahkan kerosin , minyak obat atau lilin parafin maka minyak tersebut akan digunakan sebagai sumber karbon dan energi. Jumlah bakteri meningkat pada keadaan ini. *Pseudomonas sp* di laut menggunakan mineral minyak yang terdapat pada air laut (Mitchell, 1972).

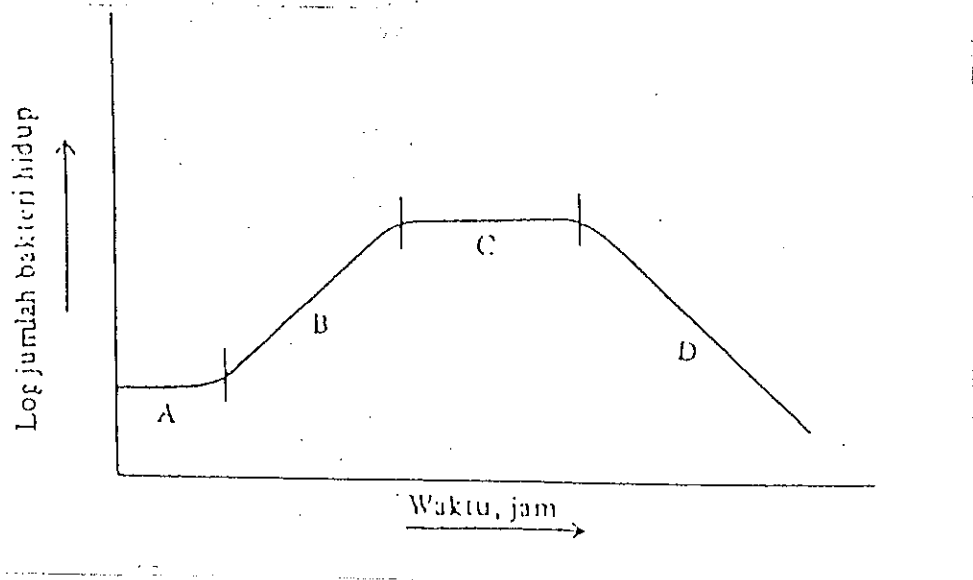
### C. Pertumbuhan Bakteri

Arti pertumbuhan dapat ditinjau dari dua segi yaitu dari segi pertumbuhan sel secara individu dan dari segi populasi. Dari pertumbuhan sel itu sendiri pertumbuhan dapat diartikan suatu pertambahan bagian-bagian sel dan/atau unsur-unsur kimia dari bagian sel tersebut. Adanya pertumbuhan sel biasanya dapat diketahui dengan adanya pertambahan ukuran dan pembelahan sel (Burrows, 1961).

Hubungan antara jumlah sel dengan waktu pertumbuhan dapat dinyatakan dalam logaritma untuk memudahkan analisis, sebab jika dinyatakan dalam skala biasa maka akan diperoleh garis yang sangat lengkung. Kurva pertumbuhan bakteri pada umumnya secara sederhana dibagi dalam 4 fase yaitu (Gambar 01):

1. Fase lag merupakan periode awal yang tampak tanpa pertumbuhan. Fase ini merupakan penyesuaian bakteri ke dalam suatu lingkungan baru.
2. Fase logaritmik merupakan suatu periode pertumbuhan yang cepat.
3. Fase statis merupakan fase saat kecepatan tumbuh sama dengan kecepatan mati , sehingga jumlah sel konstan.

4. Fase kematian merupakan fase terjadinya penurunan populasi sel-sel hidup (Bibiana dan Prastowo, 1992).



Gambar 01. Kurva pertumbuhan bakteri dengan fase pertumbuhannya .

- |                    |                                    |
|--------------------|------------------------------------|
| a. fase lag        | c. fase stasis                     |
| b. fase logaritmik | d. fase kematian (Barkeley, 1982). |

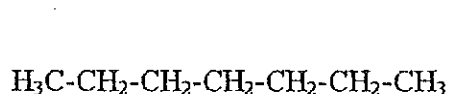
Analisis pertumbuhan bakteri dapat dilakukan dengan beberapa cara antara lain dengan kekeruhan. Kekeruhan dapat diukur dengan kolorimeter, spektrofotometer dan nefelometer. Pada kedua cara pertama jumlah cahaya yang hilang (oleh absorpsi atau 'scattering') setelah melalui sampel diukur. Perbandingan kekuatan cahaya yang dilalukan dari media biakan yang berisi bakteri dibandingkan dengan media biakan tanpa bakteri disebut 'optical density'. Jika bakteri yang tumbuh tidak menimbulkan kekeruhan, metode ini tidak dianjurkan (Bibiana dan Prastowo, 1992).

#### D. Minyak Bumi

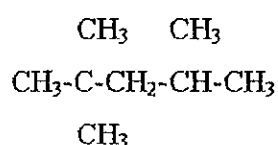
Minyak bumi merupakan senyawa yang terdiri atas suatu kompleks campuran dari hidrokarbon alifatik, alisiklik dan aromatik, serta sejumlah kecil senyawa non hidrokarbon seperti asam naftalen, berbagai fenol dan thiol, nitrogen heterosiklik, dan senyawa-senyawa sulfur (Martani, 1992).

Minyak bumi terbentuk dari dekomposisi tanaman dan hewan lebih dari jutaan tahun lamanya. Komposisi minyak bumi bervariasi pada satu lokasi dengan lokasi lainnya. Minyak bumi disuling melalui proses distilasi menjadi produk-produk yang berguna seperti bensin, kerosin, solar, avtur, minyak pelumas (oli), minyak pemanas, lilin parafin, belakin (ter), dan sisanya berupa aspal (Hend, *et al.*, 1992). Tipe struktur hidrokarbon dalam minyak bumi dapat berupa : alkana dengan rantai lurus, alkana bercabang, sikloparafin, aromatik, dan aromatik sikloparafin (Martani, 1992).

Mc Murry (1994) menyebutkan bahwa oli (minyak pelumas) terdiri dari C<sub>20-30</sub>, Solar terdiri dari C<sub>12-18</sub> dan mempunyai hidrokarbon aromatis. Struktur dari bensin terdiri dari normal heptana dan isooktana (2,2,4 trimetil pentana), sebagai berikut :



Normal Heptana



Isooktana (2,2,4 Trimetil Pentana)

### **E. Biodegradasi Minyak Bumi**

Degradasi minyak bumi oleh aktifitas mikrobia memegang peranan besar dalam proses perubahan ataupun pengurangan konsentrasi minyak bumi yang mencemari lingkungan. Biodegradasi minyak bumi di lingkungan alam sangat bergantung pada tiga faktor yaitu (Martani, 1992):

1. Sifat dari minyak bumi, termasuk disini adalah jenis hidrokarbon komponen utama penyusun minyak bumi.
2. Sifat atau kemampuan degradasi dari komunitas mikrobia.
3. Berbagai faktor lingkungan yang mempengaruhi aktivitas mikrobia.

Ketahanan minyak bumi terhadap biodegradasi tergantung pada tipe dan ukuran berat molekul (BM) hidrokarbon. Alkana dengan panjang rantai karbon menengah, yaitu antara 10-24, akan terdegradasi dalam waktu paling cepat. Sedangkan alkana dengan rantai karbon yang sangat pendek ( $C_{1-4}$ ) bersifat toksik terhadap kebanyakan mikrobia. Alkana dengan rantai karbon panjang (lebih dari 26) bersifat sangat resisten terhadap biodegradasi. Dengan bertambah panjangnya rantai karbon dengan BM-nya mencapai 500-600, hidrokarbon akan bersifat tidak lagi dapat digunakan sebagai sumber karbon. Percabangan rantai biasanya akan mengurangi kecepatan biodegradasi karena atom C tersier dan kuartener akan mengganggu mekanisme degradasi. Selain itu senyawa aromatik terutama akan terdegradasi lebih lambat daripada alkana. Senyawa alisiklis pada umumnya tidak dapat berperan sebagai satu-satunya sumber karbon untuk pertumbuhan mikrobia, kecuali apabila senyawa tersebut memiliki rantai alifatik yang cukup panjang (Martani, 1992).