

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. MINYAK BUMI

Baik minyak bumi mentah maupun yang disuling beragam sifat fisika dan komposisi kimianya, bergantung pada asal muasalnya dan dalam kasus produk sulingan, bergantung pada sifat proses penyulingan. Faktor ini juga menghasilkan perbedaan dalam sifat lingkungan yang penting seperti, kelarutan, penguapan, oksidasi fotokimia dan mikrobial serta toksisitas biologis. (Connel dan Miller, 1995)

Minyak bumi terutama terdiri dari campuran senyawa-senyawa hidrokarbon yang sangat kompleks, yaitu senyawa-senyawa organik yang mengandung unsur karbon dan hidrogen. (Hardjono, 1987). Disamping terdiri atas campuran rumit hidrokarbon juga mengandung sejumlah kecil senyawa yang mengandung nitrogen, sulfur, oksigen, aspal (Connel dan Miller, 1995) dan logam-logam khususnya vanadium, nikel, besi dan tembaga (Hardjono, 1987). Komposisi dari minyak mentah sangat bervariasi tergantung dari sumber material, tekanan dan temperatur selama pembentukan komposisi kimia dari minyak mentah. (Gesamp, 1993).

Minyak bumi mentah dapat diubah dengan proses fisik dan kimia menjadi berbagai macam produk sulingan termasuk bensin, minyak tanah, minyak diesel, minyak pelumas, lilin dan aspal. Dalam produk sulingan, hidrokarbon yang

terutama adalah alkana, naftena, senyawa aromatis, dan alkena yang terkandung dalam berbagai distilat dan campuran. Alkena bukanlah konstituen yang umum dalam minyak bumi mentah namun dibentuk oleh proses "cracking" yang sering kali digunakan dalam produksi minyak (Connel dan Miller, 1995).

Senyawa hidrokarbon dibagi dalam tiga golongan yaitu senyawa hidrokarbon parafin, naften, dan senyawa hidrokarbon aromatik. (Hardjono, 1987)

Senyawa hidrokarbon parafin adalah senyawa hidrokarbon jenuh dengan rumus umum C_nH_{2n+2} . Senyawa ini mempunyai sifat kimia stabil pada suhu biasa, tidak bereaksi dengan larutan alkali pekat, asam nitrat, asam sulfat, maupun oksidator kuat seperti asam khromat, kecuali senyawa yang mempunyai atom karbon tersier. Bereaksi lambat dengan klor jika ada bantuan sinar matahari, sedangkan kalau ada katalis akan bereaksi lambat dengan klor dan brom. (Hardjono, 1987).

Senyawa hidrokarbon naften adalah senyawa hidrokarbon jenuh dengan rumus umum C_nH_{2n} . Karena senyawa hidrokarbon ini mempunyai sifat kimia seperti senyawa hidrokarbon parafin dan mempunyai struktur molekul siklis, maka senyawa ini juga disebut sikloparafin (Hardjono, 1987).

Senyawa hidrokarbon aromatik adalah senyawa hidrokarbon yang tidak jenuh dengan rumus umum C_nH_{2n-6} . Karena itu senyawa ini mempunyai sifat kimia sangat reaktif. (Hardjono, 1987)

B. PENCEMARAN MINYAK DI LAUT

Minyak bumi dalam abad ini memegang peranan penting dalam memenuhi kebutuhan energi dunia. Kini hampir semua bidang aktifitas manusia, baik dalam industri maupun kehidupan sehari-hari menggunakan minyak bumi dan hasil-hasil sintesanya. Eksplorasi, eksploitasi dan pengolahan minyak bumi masih diperaktif dan diperluas (Muchtisar, 1982).

Minyak bumi yang manfaatnya amat banyak itu bila dipergunakan dengan salah akan mendatangkan malapetaka. Problem pencemaran mulai terasa dan berkecamuk di negara-negara industri. Ini salah satu pertanda penggunaan yang salah dan boros. Filosofi industri yang keliru yang hanya mengutamakan keuntungan materi saja dengan kurang memperhatikan lingkungan pada masa-masa yang lalu adalah salah satu faktor timbulnya malapetaka itu. Persoalan pencemaran kini adalah persoalan internasional. Bagi kita yang sedang membangun, persoalan ini persoalan nasional yang besar (Muchtisar, 1982).

Polusi minyak di Indonesia menurut data yang terkumpul 70% adalah polusi di laut yang disebabkan oleh tanker dan kapal, 28% polusi di sungai-sungai oleh karena buangan sisa-sisa dari kota dan industri-industri dan 2% polusi akibat "offshore drilling" (Muchtisar, 1982).

Ada banyak cara sehingga minyak dan penyulingan hasil minyak dapat sampai ke lingkungan laut :

a. Kecelakaan yang merupakan bencana besar

Kecelakaan di laut ini menambahkan minyak ke laut yang menyebabkan kehancuran tanaman, kehidupan hewan dan polusi tepi pantai.

b. Polusi kronis

Buangan industri minyak dari perkakas mesin, proses pembuangan minyak nabati dan pabrik sabun bersama dengan pencucian tanker adalah minyak-minyak penting di laut. Hasil akhir polusi kronis yang terus menerus bagi ekologi laut merupakan bencana dramatis.

c. Rembesan minyak alam

Rembesan-rembesan menyebabkan daerah terkontaminasi berat (Mitchell, 1972).

Efek negatif polusi minyak terhadap lingkungan, antara lain adalah sebagai berikut :

1. Efek terhadap kanalisasi dan keindahan kota

Kanalisisasi yang tercemar minyak dan senyawanya akan menimbulkan bau yang tidak sedap, dan memberikan pemandangan yang tidak menyenangkan.

2. Efek terhadap mikroorganisme

Percobaan-percobaan yang dilakukan di Pusdik Migas, Cepu oleh tim kerja Study Group Pollution menunjukkan 34 macam plankton mati seketika. Pada percobaan yang sama terlihat penurunan populasi fauna benthos. Pencemaran minyak di sini juga mempengaruhi mekanisme asimilasi karena mengurangi intensitas sinar matahari yang menembus air sampai klorofil.

3. Efek terhadap ikan dan burung

Di laut, minyak menyebabkan kematian langsung pada udang, kerang, dll. Kematian tidak langsung kebanyakan disebabkan kekurangan oksigen dan makanan akibat kematian plankton.

4. Efek terhadap tanaman

Tanaman air, rumput-rumput kolam, mati sama sekali oleh polutan benzene pada konsentrasi 74 ppm.

5. Efek terhadap mutu air/kesehatan

Sifat zat toksiknya minyak dalam air minum tidak jelas. Kejadian menunjukkan bahwa 8 - 10 gram produk petrol bersifat racun terhadap anak kecil. Tetapi jumlah sebesar itu dalam air minum sudah amat berbau dan tentunya sudah tercium baunya sebelu diminum.

6. Efek terhadap kesegaran udara

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

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)

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)

Oleh karena itu pemerintah telah menetapkan syarat kualitas (mutu) cairan buangan/limpahan/bocoran industri pertambangan dan rumah tangga melalui Peraturan Pemerintah RI No. 20/1990 untuk hidrokarbon maksimum yang diperbolehkan 10 ppm. (Lampiran 3) Menurut lampiran Peraturan Pemerintah Republik Indonesia tahun 1979 mengenai standart kualitas air limbah hidrokarbon/minyak mineral maksimum yang diperbolehkan adalah 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. BAKTERI PENDEGRADASI MINYAK

Polusi minyak dan bahan bakar minyak tidak membutuhkan periode panjang di laut atau tanah. Hilangnya minyak di laut mungkin disebabkan oleh dua cara degradasi yaitu oleh sinar matahari diikuti oleh pemecahan mikroorganisme. Beberapa mikroorganisme tersebut misalnya genus *Corynebacterium*, *Nocardia*, *Streptomyces*, *Penicillium*, *Candida*, *Micrococcus* dan *Pseudomonas* (Davies

dan Hughes, 1968). Di samping itu ada *Klebsiella aerogenes*, *Spaerotillus natans*, *Desulfovibrio desulfuricans*, *Enterobacteriaceae*, *Salmonella* dan *Shigella* (Darmosuwito dan Siti Kabirun, 1981).

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

Tingkat degradasi mikroorganisme dari tumpahan minyak akan ditentukan oleh beberapa faktor. Komposisi minyak adalah pertimbangan penting. Kemampuan organisme dari pertumbuhan pada minyak berhubungan dengan derajat polusi hidrokarbon. Sebagai contoh paling tinggi degradasi minyak oleh organisme ditemukan dekat pelabuhan besar, diikuti polusi minyak kronis di sekitar stasiun minyak. Total degradasi minyak tidak selalu dicapai dalam bermacam-macam komunitas mikroorganisme. Kondisi fisik utama yang mempengaruhi kecepatan degradasi minyak misalnya temperatur dan tekanan hidrostatis (Atlas, *et al.*, 1984).

Banyak senyawa hidrokarbon menghasilkan energi untuk pertumbuhan sel bakteri, tetapi hasil-hasil antara ("intermediate product") tidak terbentuk atau terbentuk dalam jumlah yang kecil sekali. Pada senyawa campuran hidrokarbon, sebagian teroksidasi dan untuk membangun tubuhnya mungkin dipakai jenis hidrokarbon lainnya. Jadi

dapat dipahami bahwa sulit sekali mempelajari liku-liku proses pemecahan hidrokarbon oleh bakteri yang terdapat dalam hidrokarbon itu (Jutono, 1978).

Pada oksidasi hidrokarbon oksigen berperan besar. Dengan penggunaan $^{18}\text{O}_2$ dapat dipastikan bahwa oksigen masuk ke dalam hasil oksidasinya (Jutono, 1978).

Dengan menggunakan teknik pewarnaan Gram, bakteri dibedakan menjadi dua kelompok yaitu :

1. Bakteri Gram positif

Yaitu bakteri yang mampu menahan warna kristal violet dan karena itu terlihat berwarna ungu.

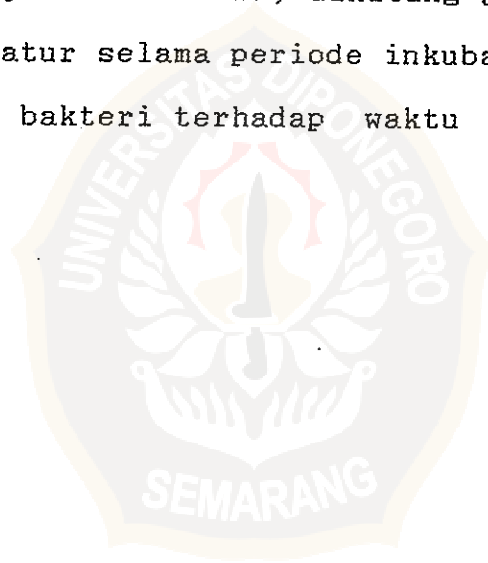
2. Bakteri Gram negatif

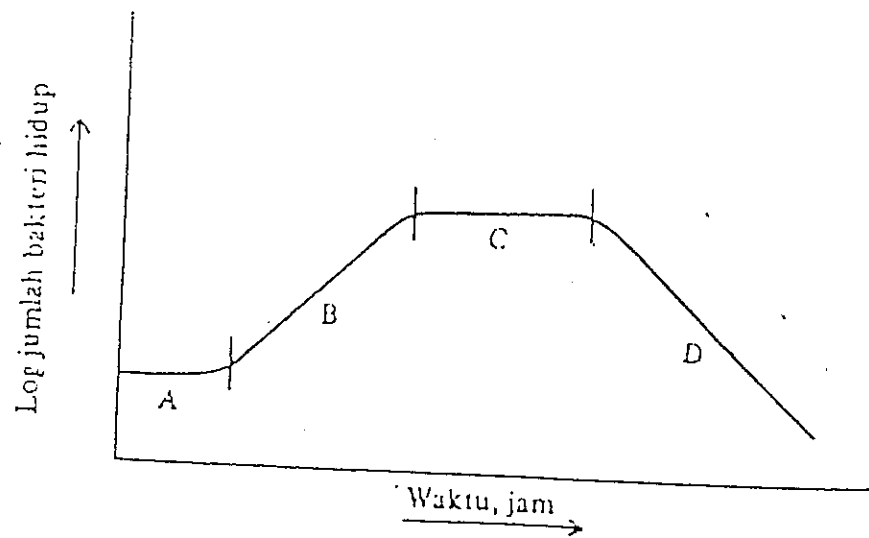
Yaitu bakteri yang kehilangan warna kristal violet dan terwarnai oleh safranin sehingga terlihat berwarna merah.

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

Teori lain menyebutkan bahwa dinding sel bakteri Gram negatif mengandung peptidoglikan yang jauh lebih sedikit dibanding bakteri Gram positif, karenanya pori-pori pada bakteri ini cukup besar sehingga setelah perlakuan etanol, kompleks kristal violet-yodium dilarutkan. (Pelczar, 1977)

Bakteri pada umumnya mengalami pertumbuhan dalam waktu yang sangat singkat \pm 30 menit, satu sel bakteri akan membelah jadi dua. Tiga puluh menit kemudian membelah lagi jadi empat. Jadi perkembangan bakteri itu mengikuti deret ukur. Satu bakteri yang ditanam pada medium akan membelah dengan kecepatan konstan. Dengan demikian satu sel bakteri membelah jadi dua, kedua sel baru ini akan membelah lagi dengan kecepatan sama dengan sel induknya. Maka jumlah sel bakteri dalam suatu biakan akan bertambah secara eksponensial. Bila suatu perbenihan ditanami dengan sejumlah bakteri, dihitung jumlah populasi bakteri secara teratur selama periode inkubasi dan dibuat kurva log jumlah bakteri terhadap waktu didapat kurva sebagai berikut :





Gambar 1 : Kurva Pertumbuhan Bakteri

Keterangan :

- A : Fase penyesuaian, pada fase ini tidak terjadi pembelahan sel. Bakteri menyesuaikan diri dengan lingkungan.
- B : Fase logaritmik, pada fase ini sel bakteri membelah dengan kecepatan konstan.
- C : Fase stasioner, pada fase ini terjadi penumpukan hasil metabolisme yang beracun bagi bakteri, sehingga ada beberapa sel bakteri yang mati, meskipun pada fase ini masih terjadi pembelahan sel, jumlah sel bakteri yang hidup konstan.
- D : Fase kemunduran/kematian, laju kematian sel bakteri lebih cepat dibanding laju pertumbuhan bakteri.

(Ristanto, 1989)

D. BIODEGRADASI MINYAK OLEH BAKTERI

Hidrokarbon adalah molekul-molekul organik paling sederhana, yaitu zat yang hanya terdiri atas karbon dan hidrogen. Atom hidrokarbon mempunyai kemampuan untuk saling mengikat, maka hidrokarbon dapat berupa suatu rantai. (Kimball, 1994)

Beberapa hidrokarbon sangat mudah didegradasi, yang lain sangat lambat dan komponen-komponen lain yang ditemukan pada minyak tidak didegradasi sama sekali. (Atlas dan Cerniglia, 1995)

Meskipun banyak spesies mikroorganisme yang terlibat dalam pemecahan minyak kasar merupakan proses yang rumit, degradasi dari senyawa tunggal mempunyai kemiripan dengan reaksi katabolisme. (Davies dan Hughes, 1968)

Berbagai macam bakteri dan jamur yang mampu mendegradasi hidrokarbon mempunyai metabolisme yang berlainan. Hidrokarbon aromatik melalui reaksi oksidasi

1. Alkana

Oksidasi kelompok methyl terminal (C1) oleh molekul oksigen menghasilkan alkohol, aldehid dan sesudah itu asam karboksilat. Pemecahan asam karboksilat dikatalisis oleh enzim B oksidasi dan menghasilkan acetyl coenzym A sebagai produk akhir.

2. Siklo Alkana

Untuk memecahkan cincin dari siklo alkana melibatkan enzim oksigenasi melalui reaksi hidroksilasi.

3. Komponen Aromatik

Benzena dan komponen aromatik yang lain dapat didegradasi oleh berbagai macam species mikroorganisme.

Ada dua jalan utama hidroksilasi oleh deoksigenasi membentuk fenol.

- a. melalui asam cis-cis mukonik yang menghasilkan suksinat dan acetyl coenzym A.
- b. melalui hidrosimukonik aldehyd yang menghasilkan komponen karbonil, piruvat dan asam karboksilat tergantung dari cincin aromatik.

(Davies dan Hughes, 1968)

