



STUDI IN VITRO PERUBAHAN FRAKSI
AROMATIK MINYAK BUMI DALAM
LINGKUNGAN LAUT



PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS HASANUDDIN

Tgl. terima	30-8-1991
Asal dari	Fak. Mipa
Jumlahnya	1 (satu) exp
Harga	Hadiah
No. Inventaris	91 03 1499
No. Klas	

Oleh :

RADIA AKKASE

84 03 016

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN

1990

* Sesungguhnya yang takut benar kepada Allah, hanyalah mereka yang berilmu pengetahuan *

Q.S.Mujadalah : 11

Kupersembahkan untuk keluarga AKKASPONG

terutama :

Almarhumah Ibunda tercinta

Ayahanda

"STUDI IN VITRO PERUBAHAN
FRAKSI AROMATIK MINYAK BUMI
DALAM LINGKUNGAN LAUT"

Disetujui oleh
Pembimbing Utama



(DR. Alfian Noor, Msc)

NIP:130 520 684

Pembimbing Pertama



(DR. M. Mulyono, Msc)

Pembimbing Kedua

(Drs. B. Djawahir)

NIP:130 288 861

Pada tanggal, Desember 1990

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah Rabbil Alamin, karena berkah dan rahmatNya jualah sehingga laporan ini dapat diselesaikan guna memenuhi salah satu persyaratan dalam mencapai gelar sarjana pada Fakultas Matematika dan ilmu pengetahuan alam Universitas Hasanuddin di Ujung Pandang .

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada bapak DR.Alfian Noor,Msc sebagai pembimbing utama, bapak DR.M.Mulyono,Msc sebagai pembimbing penulis selama di PPPT MGB "LEMIGAS" serta bapak Drs. B.Djawahir sebagai pembimbing penulis di jurusan kimia FMIPA Unhas, yang ditengah-tengah kesibukannya masih menyempatkan diri untuk membimbing penulis hingga selesainya skripsi ini.

Tak lupa disampaikan terima kepada bapak Drs. Wahid Wahab,Ms sebagai koordinator skripsi yang telah banyak memberikan bantuan dalam penyempurnaan penulisan skripsi ini serta bapak Drs. Umar Ubbe,Ms bapak Drs. M.Syahrul,M Agr dan bapak DR. Ambo Upe,masing-masing sebagai tim penguji sarjana kimia Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin.

Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh staf dosen dan pegawai jurusan Kimia serta bagian Akademik dan tata usaha Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin. /

Kepada seluruh rekan-rekan di jurusan Kimia dan jurusan Matematika atas bantuannya tak lupa penulis ucapkan banyak terima kasih. Semoga Allah Rabbil Alamin membalasnya dengan pahala yang berlipat.

Disadari pula tanpa ketabahan, pengorbanan, bantuan dan kasih-sayang dari Almarhumah Ibunda tersayang H.PONG, Ayanda H.Akkase Teng, kakak-kakak, adik-adik, kesuksesan studi penulis tidak mungkin terwujud. Untuk itu penulis berdoa kepada Allah Rabbil Alamin agar mereka senantiasa diberi rahmat dan rahim di dunia maupun di ahirat kelak.

Akhirnya penulis menyadari akan segala keterbatasan dan kekurangan skripsi ini, oleh karena itu koreksi dari semua pihak dengan senang hati serta tetap berbesar hati penulis menerimanya. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat. Amin.

Ujung Pandang, Desember 1990

Penulis

ABSTRAK

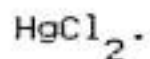
Telah dilakukan penelitian mengenai perubahan fraksi aromatik minyak bumi dalam lingkungan laut.

Pada penelitian ini digunakan 3 perlakuan yaitu :

aquarium I berisi air laut (kontrol)

aquarium II berisi air laut dan minyak bumi

aquarium III berisi air laut, minyak bumi dan



Analisis sifat fisika dan kimia yang dilakukan setiap hari meliputi: penetpan oksigen terlarut, pH dan suhu.

Metoda yang digunakan adalah analisis secara spektro fluoresensi UV dan secara mikrogravimetri.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa fraksi aromatik sangat stabil, sulit terurai. Hal ini terlihat pada spektrogram fluoresensi yang tidak mengalami perubahan dari hari pertama hingga hari ke empat belas.

Secara gravimetri diperoleh: fraksi aromatik sangat sedikit mengalami penurunan berat. Aquarium I dan II menurun sedangkan aquarium III relatif konstan.

ABSTRACT

A research on the dynamic of aromatic hydrocarbon of crude oil in the marine environment has been conducted. Several physico chemical parameters, such as pH, dissolved oxygen, and temperature have been daily recorded for two weeks. Three types of treatments was established, that is seawater only, seawater + crude oil, and seawater + crude oil + mercuric chloride.

UV fluorescence spectra showed no significant change during experiment. Aromatic hydrocarbon weight, measured gravimetrically, slightly decrease except for treatment of seawater + crude oil + HgCl_2 (no change) during period of observation.

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
I. PENDAHULUAN.	
A. Latar belakang masalah	1
B. Maksud, tujuan dan manfaat	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Sifat fisik dan kimia minyak bumi	5
1. Sifat fisik minyak bumi	5
2. Sifat kimia minyak bumi	6
B. Hidrokarbon aromatik	9
C. Proses transformasi minyak bumi.....	10
1. Uraian umum tentang degradasi	10
2. Degradasi hidrokarbon aromatik minyak bumi	14
D. Lingkungan perairan	
1. Kebutuhan oksigen	24
2. Temperatur	25
3. Derajat keasaman (pH)	25
4. Kebutuhan nutrien	26
5. Dispersi minyak bumi di dalam air	27
E. Spektrofotometer Fluoresensi	27

III. ALAT, BAHAN DAN METODE

A. Alat yang digunakan	30
B. Bahan yang digunakan	31
C. Metode	32
1. Persiapan percontoh	32
2. Persiapan reagen	33
3. Pengukuran pH, temperatur dan oksigen terlarut	34
4. Prosedur analisa	36
a. Penyiapan ekstrak bahan organik	36
b. Gravimetri	37
c. Pemisahan fraksi parafin dan fraksi aromatik	37
d. Pengukuran dengan alat spektro fluoresensi - UV	38
5. Analisis data	39

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Derajat keasaman (pH)	40
B. Temperatur	41
C. Oksigen terlarut	44
D. Fraksi aromatik	46

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan	57
B. Saran	57

DAFTAR PUSTAKA	58
----------------------	----

DAFTAR TABEL

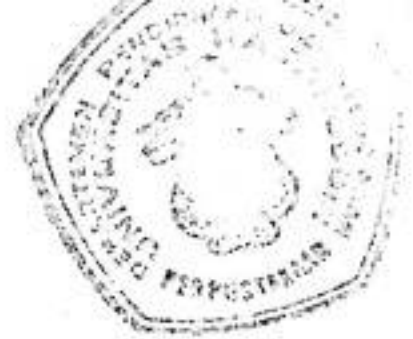
	HAL
TABEL I : BERAT FRAKSI AROMATIK (ppm)	49
TABEL II : HASIL PENGUKURAN DERAJAT KEASAMAN	62
TABEL III : HASIL PENGUKURAN SUHU	63
TABEL IV : HASIL PENGUKURAN OKSIGEN TERLARUT (ppm) ..	64
TABEL V : DATA HASIL SPEKTRUM	65
TABEL VI : SENYAWA AROMATIK DAN PANJANG GELOMBANG EMISINYA	66

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar a : Senyawa Hidrokarbon dan Bukan Hidrokarbon Minyak Bumi	9.a
Gambar b : Konversi benzen menjadi katekol	15
Gambar c : Sistikim enzim dioksigenase oleh bakteri ...	16
Gambar d : Proses oksidasi pada naftalen	19
Gambar e : Alternatif pemecahan fenantren oleh bakteri	21
Gambar f : Mekanisme reaksi antrasen	23
Gambar g : Skema secara umum alat Spektrofotometer Fluoresensi	29
Gambar 1 : Grafik antara pH dan waktu	34
Gambar 2 : Grafik antara temperatur dan waktu	43
Gambar 3 : Grafik antara DO dan waktu	45
Gambar 4 : Grafik antara berat fraksi aromatik dengan waktu untuk aquarium I	49
Gambar 5 : Grafik antara berat fraksi aromatik dengan waktu untuk aquarium II	50
Gambar 6 : Grafik antara berat fraksi aromatik dengan waktu untuk aquarium III	50

Gambar 7 : Spektra Fluoresensi Minyak Bumi	53
Gambar 8 : Spektra Fluoresensi Aquarium I	54
Gambar 9 : Spektra Fluoresensi Aquarium II	55
Gambar 10 : Spektra Fluoresensi Aquarium III	56
Gambar 11 : Skema Percobaan	57

I. PENDAHULUAN



A. Latar belakang masalah

Indonesia merupakan negara maritim sehingga laut di Indonesia dapat digunakan sebagai sarana transportasi minyak dari satu daerah ke daerah lain di Indonesia dan ke negara-negara lain. Oleh karena itu, dikhawatirkan terjadi pencemaran perairan laut. Salah satu penyebab pencemaran perairan laut adalah tumpahnya minyak di laut yang berasal dari kapal tanker yang tenggelam, pipa-pipa kilang minyak yang bocor, dan lain lain.

Terjadinya tumpahan minyak ini dapat menyebabkan kehidupan di lingkungan laut terganggu. Apabila kejadian tersebut berlangsung secara terus menerus maka dapat dipastikan bahwa lingkungan laut akan terganggu sehingga kekayaan alam yang dihasilkan akan berkurang dan lambat laun akan hilang.

Sebagai contoh, tahun 1975 terjadi pencemaran minyak akibat kandasnya kapal tanker raksasa "Showa Maru" milik Jepang di daerah kepulauan Riau sehingga mencemari perairan Indonesia seluas 550 km².

Hasil pemantauan pencemaran lingkungan laut menunjukkan bahwa akhir-akhir ini kandungan minyak bumi di dalam air laut mengalami peningkatan (Farrington, 1978). Dengan meningkatnya kandungan minyak bumi ini menyebabkan semakin menurunnya persediaan oksigen dalam air laut, mengakibatkan musnahnya organisme laut. Perlu dipahami bahwa penurunan tingkat pencemaran minyak di laut oleh organisme dapat berjalan walaupun sangat lambat.

Para ahli sejak dulu dengan segala upayanya telah melakukan riset untuk menjawab masalah ini. Menurut Openheimer tahun 1980, penguraian minyak bumi oleh mikroorganisme dapat dipercepat dengan penambahan nitrogen dan fosfor.

Namun sejauh ini belum ada data yang konkrit tentang waktu yang dibutuhkan untuk mendegradasi hidrokarbon baik secara kualitatif maupun secara kuantitatif tanpa menambahkan suatu nutrisi. Berpijak dari fenomena ini maka dicoba untuk mengadakan suatu upaya penelitian yang diharapkan dapat menjawab fenomena tersebut khususnya hidrokarbon aromatik.

Hidrokarbon aromatik yang paling sederhana adalah benzen. Benzen sebagai pelarut, dalam laboratorium sering diganti dengan toluen karena bersifat toksik. Hidrokarbon aromatik yang lebih banyak mengandung cincin lebih berbahaya lagi, dapat menyebabkan karsinogenik (penyebab kanker). Hidrokarbon aromatik keberadaannya di alam sangat stabil.

Penelitian ini menggunakan teknik analisis gravimetri secara kuantitatif, serta teknik analisis spektrofotometer fluoresensi dengan pertimbangan, hidrokarbon aromatik dapat mengalami emisi pada panjang gelombang tertentu. Eksitasi dan emisi diukur secara bersamaan dengan selisih $\lambda = 20$ nm untuk mengetahui jumlah cincin dan jenis dari hidrokarbon aromatik. Teknik analisis ini walaupun hanya secara kualitatif diharapkan dapat memberikan informasi tentang penguraian hidrokarbon aromatik.

B. Maksud, tujuan dan manfaat penelitian

1. Maksud penelitian

Penelitian ini bermaksud melakukan analisis terhadap senyawa-senyawa hidrokarbon aromatik minyak bumi dalam lingkungan laut baik yang belum terdegradasi maupun setelah terurai dengan menggunakan spektrofotometri fluoresensi - UV (sinkron).

2. Tujuan penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perubahan fraksi aromatik minyak bumi dalam lingkungan laut.

3. Manfaat penelitian

Diharapkan penelitian ini dapat :

- a. Memberikan data tentang penguraian hidrokarbon aromatik minyak bumi dalam lingkungan laut, terutama untuk penelitian lebih lanjut khususnya dengan menambahkan nutrisi untuk menanggulangi pencemaran lingkungan laut.
- b. Memberikan pengalaman praktis dan teoritis bagi peneliti dalam mendalami masalah-masalah yang terdapat dalam lingkungan laut.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Sifat fisik dan kimia minyak bumi

Minyak bumi adalah campuran dari beberapa senyawa organik yang terdiri dari komponen hidrokarbon dan non-hidrokarbon. Kandungan senyawa hidrokarbon lebih banyak dengan berat molekul bervariasi dari 16 (metana) sampai di atas 20.000 (Malins, 1977). Adapun komponen non-hidrokarbon merupakan fraksi polisiklik dengan berat molekul tinggi yang mengandung atom-atom N, S, O dan logam-logam lainnya.

Sifat fisik dan komposisi kimia dari minyak bumi berbeda satu sama lain tergantung pada kondisi lapisan geologi tempat minyak bumi tersebut berasal.

1. Sifat fisik minyak bumi

Viskositas, berat jenis dan temperatur destilasi merupakan sifat-sifat fisik minyak bumi yang dapat menentukan kualitas minyak bumi itu sendiri. Tumpahan minyak bumi di perairan dipengaruhi oleh sifat-sifat fisiknya, misalnya : bila viskositas minyak besar maka penyebarannya cenderung sulit.

2. Sifat kimia minyak bumi

Minyak bumi dari berbagai sumber memiliki komposisi yang berbeda. Komposisi ini dapat mempengaruhi kecepatan degradasinya, oleh karena itu perlu diketahui komposisi minyak bumi yang secara garis besar terdiri dari komposisi hidrokarbon dan non-hidrokarbon.

a. Komponen hidrokarbon

Hidrokarbon dalam minyak bumi terdiri dari tiga komponen utama yaitu hidrokarbon alifatik, hidrokarbon alisiklik dan hidrokarbon aromatik. Minyak bumi mengandung 50% hingga 98% komponen hidrokarbon. Kandungan komponen hidrokarbon bervariasi tergantung pada sumber minyak itu sendiri.

1) Hidrokarbon alifatik (parafin)

Parafin adalah senyawa hidrokarbon jenuh yang terdiri dari alkana dengan rantai lurus dan bercabang. Senyawaan parafin yang didapatkan dari dalam minyak bumi mengandung 1 sampai 78 atom C (Malins, 1977).

Parafin merupakan senyawa hidrokarbon yang paling cepat terdegradasi. Adapun dalam seri parafin, senyawa normal lebih mudah teroksidasi daripada senyawa bercabang. Kemampuan degradasi akan menurun bila jumlah cabang dan panjang rantai cabang semakin bertambah.

2) Hidrokarbon alisiklik (naften)

Meliputi hidrokarbon-hidrokarbon alisiklik jenuh dan tidak jenuh dengan kelimpahan terbanyak dalam bentuk jenuh. Senyawaan bersifat stabil dan tahan terhadap oksidasi. Titik didih senyawa ini 10° sampai 20°C lebih tinggi daripada senyawa hidrokarbon rantai terbuka dengan jumlah atom yang sama (Malins, 1977).

3) Hidrokarbon aromatik

Keberadaannya di dalam minyak bumi lebih sedikit daripada parafin dan naften. Aromatik sejati ialah molekul yang banyak mengandung cincin aromatik. Hidrokarbon aromatik yang

paling sederhana ialah benzen yang terdiri dari sebuah cincin mengandung 6 atom C.

Bila kedua cincin benzen tersebut bergabung, akan membentuk senyawa naftalen.

Beberapa atom hidrogen pada hidrokarbon aromatik dapat digantikan oleh senyawa parafin, naften dan olefin bahkan oleh gugus aromatik lainnya. Senyawa dengan 2 buah cincin benzen yang tergabung dan cincin benzen yang membentuk mata rantai serta senyawa aromatik lainnya berinti banyak merupakan fraksi dengan titik didih diatas 200°C .

b. Komponen non-hidrokarbon

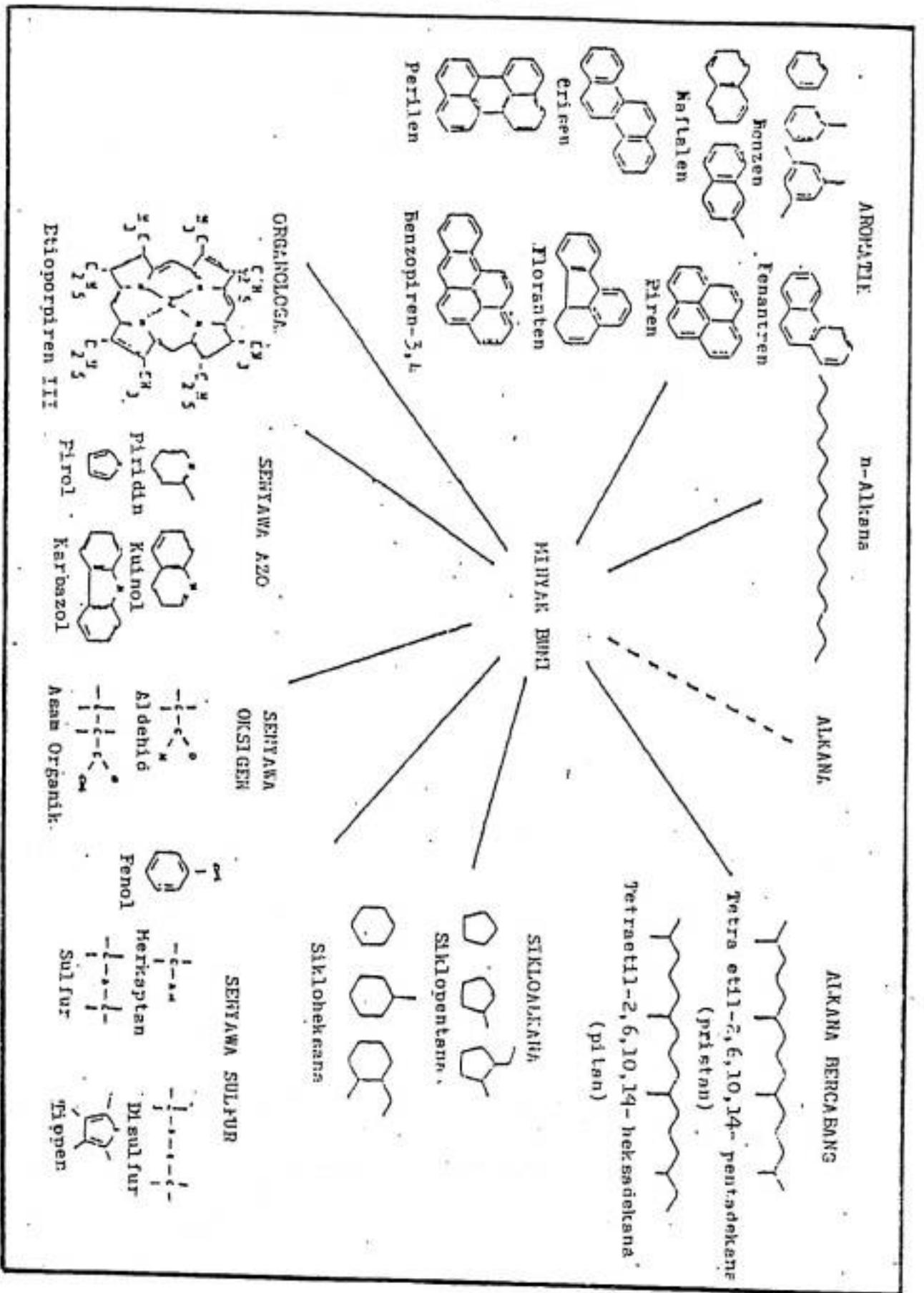
Beberapa minyak bumi mengandung 50% komponen non-hidrokarbon. Terutama senyawa non-hidrokarbon di dalam minyak bumi ialah senyawa organik yang mengandung atom oksigen, nitrogen, sulfur dan logam lainnya. Selama proses penyulingan, komponen non-hidrokarbonn terkumpul sebagai fraksi dengan titik didih di atas 350°C sampai 400°C .

B. Hidrokarbon aromatik

Seperti hidrokarbon alifatik dan alisiklik, hidrokarbon aromatik bersifat nonpolar. Tidak larut dalam air, tetapi dalam pelarut organik seperti dietileter, karbon tetraklorida, atau heksana.

Benzen sendiri digunakan secara meluas sebagai pelarut. Senyawa ini memiliki sifat yang berguna yakni membentuk azeotrop dengan air (azeotrop, yakni campuran yang tersuling pada susunan konstan, terdiri dari 91% benzen 9% H_2O dan mendidih pada $69,4^{\circ}C$). Senyawa yang larut dalam benzen mudah dikeringkan dengan menyuling azetrop itu.

Meskipun titik didih dan titik leleh hidrokarbon aromatik bersifat khas untuk senyawa organik nonpolar, seperti p-silena mempunyai titik leleh yang lebih tinggi daripada o- atau m-silena. Titik leleh yang tinggi merupakan sifat khas benzen p-substitusi suatu p-isomer lebih simetris dan dapat membentuk kisi kristal yang lebih teratur dan lebih kuat dalam keadaan p- daripada o- dan m-isomer.



Gambar a. Senyawa Hidrokarbon dan Bukan Hidrokarbon Dalam Minyak Bumi

Benzen serta senyawa aromatik lainnya bersifat toksik dan karsinogenik (menyebabkan kanker); oleh karena itu penggunaan dalam laboratorium hanya apabila diperlukan (dalam banyak hal, toluen dapat dijadikan pengganti).

Kriteria agar suatu molekul dapat bersifat aromatik yaitu molekul harus siklik, datar dan tiap cincin harus memiliki orbital p tegak lurus pada bidang cincin. Kriteria lain adalah mengikuti aturan Huckel yaitu $4n + 2 =$ elektron π yang diperoleh hasilnya bulat maka senyawa tersebut adalah aromatik dengan syarat elektron π ditinjau tiap cincin.

C. Proses transformasi minyak bumi

1. Uraian umum tentang degradasi

Minyak bumi yang tertumpah di perairan mengalami proses degradasi yang melibatkan beberapa proses fisik, kimia dan biokimia yaitu penyebaran, penguapan, emulsifikasi, pelarutan, sedimentasi, dan biodegradasi.



a. Penyebaran

Pada saat minyak bumi tertumpah, terjadi penyebaran secara cepat dan membentuk suatu lapisan minyak. Kecepatan penyebarannya tergantung pada volume minyak yang tertumpah, kerapatan minyak, tegangan antar muka dan kekentalan minyak itu sendiri. Terbentuknya lapisan minyak menyebabkan kecepatan penguapan senyawa-senyawa hidrokarbon ringan meningkat karena luas permukaan menjadi bertambah besar.

b. Penguapan dan pelarutan

Penguapan merupakan proses penting dalam tumpahan minyak bumi dan menyebabkan hilangnya beberapa komponen minyak bumi di perairan, terutama fraksi-fraksi ringan yang mempunyai titik didih rendah. Kecepatan penguapan tergantung pada kondisi-kondisi lingkungan seperti suhu, angin dan gelombang.

Kelarutan senyawa hidrokarbon minyak bumi di dalam air rendah, tetapi karena air laut merupakan suatu lingkungan yang sangat luas, maka

sejumlah minyak dapat larut.

c. Emulsifikasi

Emulsifikasi minyak berperan terhadap dispersi minyak bumi dan distribusi butir-butir minyak di dalam perairan. Secara alami, pencemar minyak bumi yang semula menutupi permukaan air sebagai suatu lapisan dapat terdispersi ke dalam air. Pendispersian selain disebabkan oleh angin dan gelombang air juga terjadi dengan adanya oksidasi biologi dan oksidasi fotokimia oleh radiasi matahari. Kedua reaksi oksidasi tersebut menyebabkan terbentuknya senyawa polar yang merupakan molekul aktif permukaan. Dengan terbentuknya molekul-molekul aktif permukaan minyak cenderung lebih larut di dalam minyak yang terdispersi ke dalam air. Namun proses ini dapat ditingkatkan dengan menambahkan zat aktif permukaan.

d. Degradasi

Degradasi minyak bumi ialah proses alami yang sangat penting bagi penguraian minyak bumi

oleh mikroorganisme setelah mengalami proses fisik dan kimia. Mikroorganisme secara aktif berada di lapisan batas antara minyak-air. Luas permukaan tumpahan minyak di permukaan air kecil, sehingga proses degradasi berlangsung lama.

Pada proses ini, minyak terdegradasi tidak sempurna atau tidak seluruh konstituennya terdegradasi. Mikroorganisme hanya mendegradasi beberapa jenis senyawa hidrokarbon di dalam minyak bumi dengan urutan sebagai berikut : sebagian atau seluruh senyawa n-alkana, hanya sedikit senyawa alkana dengan rantai bercabang, sikloalkana, dan aromatik dengan jumlah cincin rendah. Kecepatan degradasi tergantung pada pertumbuhan mikroorganisme.

e. Sedimentasi

Proses ini disebabkan oleh bertambahnya kerapatan minyak bumi. Selain itu, adanya absorpsi minyak bumi oleh partikulat perairan juga akan mempercepat sedimentasi. Konstituen minyak bumi yang tahan terhadap proses degradasi

akan bergabung membentuk suatu gumpalan-gumpalan. Dengan adanya pergerakan air laut, bola-bola tar akan turun ke dasar laut dan tertimbun di sana. Kemungkinan lain, dapat juga terbawa ke pantai sehingga di sepanjang pantai didapati bola-bola tar.

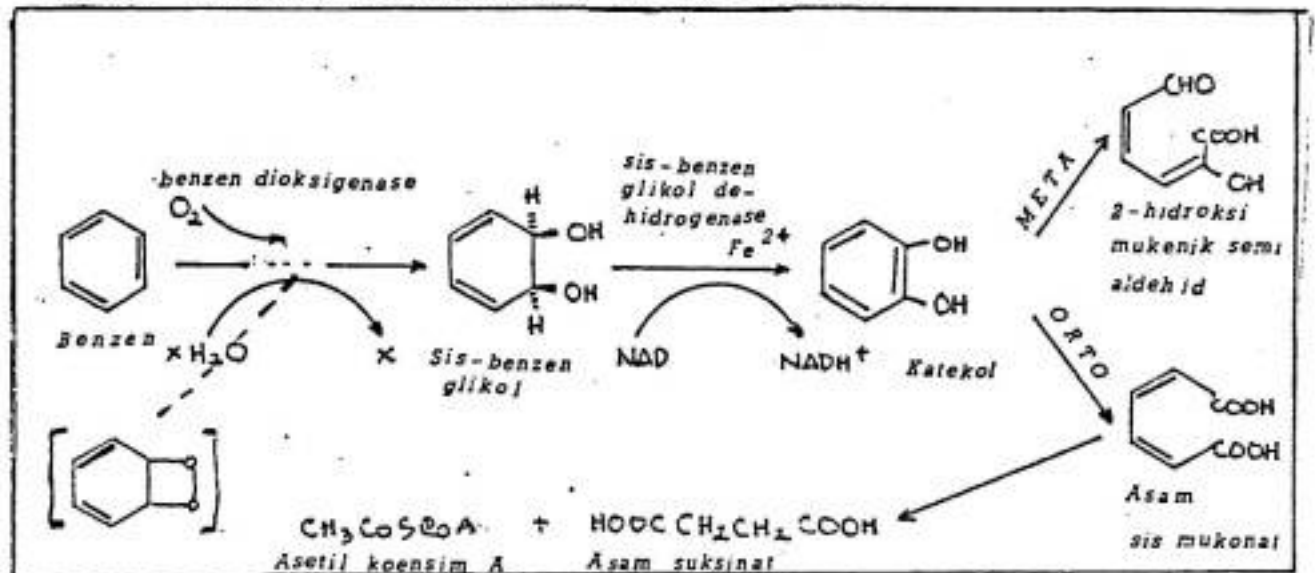
2. Degradasi hidrokarbon aromatik minyak bumi

Minyak bumi atau hasil-hasil olahannya dapat terlarut sebagian di dalam laut. Komponen yang lebih mudah menguap secara langsung dari permukaan melalui agitasi gelombang dan menguap bersama air atau menghasilkan aerosol. Dapat juga terkumpul pada permukaan air laut atau sedimen dalam bentuk gumpalan minyak. Sebagian besar dari tumpahan minyak hanya tinggal untuk sementara karena minyak dapat diuraikan oleh mikroorganisme seperti *Streptomyces*, *Penicillium*, *Candida* sp, *Mycobacterium* dan *Pseudomonas* sp.

Fraksi aromatik dan alkana mengalami oksidasi menghasilkan asam karboksilat. Benzen sebagai hidrokarbon aromatik yang paling sederhana.

Mekanisme pemecahan benzen menjadi suksinat dan asetil koenzim A oleh *pseudomonas putida* 39 D, yang sifatnya sangat khas.

Benzen dioksidasi secara enzimatik menghasilkan *sis* benzen glikol, kemudian menjadi katekol. Gibson memperlihatkan bahwa katekol dan *sis*-1,2-dihidroksi-1,2-dihidrobenzen, tidak saling berisomer *trans*. Sifat-sifat kimia oleh konfigurasi *cis* pada benzen dihidrodiol dan $^8\text{O}_2$ yang telah diteliti menunjukkan bahwa masing-masing atom oksigen yang

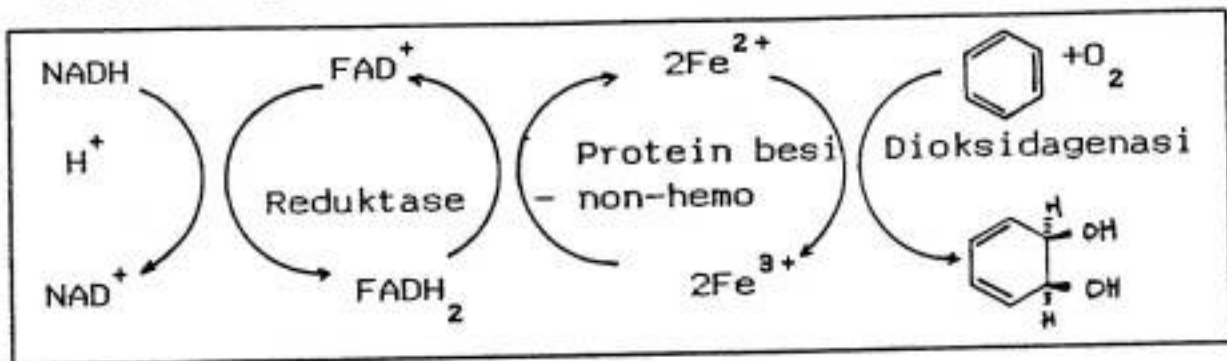


Gambar b. Konversi benzen menjadi katekol

bergabung diperoleh dari molekul O_2 , ditunjukkan suatu reaksi katalisis dioksigenase.

Meskipun sistem enzim sangat labil, benzen dioksigenase mengandung suatu flavoprotein dengan BM

± 60.000, 2 protein besi non heme dengan BM antara 21.000 dan 186.000 protein besi non heme yang lebih cenderung untuk menjadi terminal dioksigenase, sebagaimana dalam studi terdahulu, NADH dan Fe^{+2} adalah sangat dibutuhkan untuk oksidasi benzen.



Gambar C. Sistem enzim dioksigenase oleh bakteri

Hidrokarbon aromatik yang mempunyai 2 buah cincin adalah naftalen. Naftalen dan alkil naftalen adalah merupakan salah satu komponen petroleum yang dapat larut dalam air dan merupakan senyawa yang beracun.

Mekanisme pemecahan naftalen oleh *pseudomonas putida* 119.

Mula-mula bakteri mengoksidasi naftalen dengan menggabungkan masing-masing dari atom dari molekul O_2 ke dalam molekul aromatik untuk membentuk

sis-1,2-dihidroksi-1,2-dihidronaftalen. Langkah kedua dari katabolisme naftalen menjadi 1,2-dihidroksinaftalen. Reaksi ini dikatalisa oleh (+)-sis-naftalen dehidrogenase dan memerlukan NAD sebagai aseptor elektron.

Sebagai tambahan enzim ini sangat stereoselektif untuk isomer (+)-sis-naftalen-dihidrodiol dan bakterial dihidrogenase tidak dapat memetabolisasi trans stereo isomer. Dehidrogenase menjadi 1,2-dihidroksi dilanjutkan dengan pemutusan ikatan untuk menghasilkan salisilaldehid dan piruvat.

Salisilaldehid dioksidasi menjadi salisilat yang dapat diubah oleh salisilat hidrosilase menjadi katekol. Katekol dapat dioksidasi lewat jalan orto atau meta sebagaimana digambarkan pada gambar b.

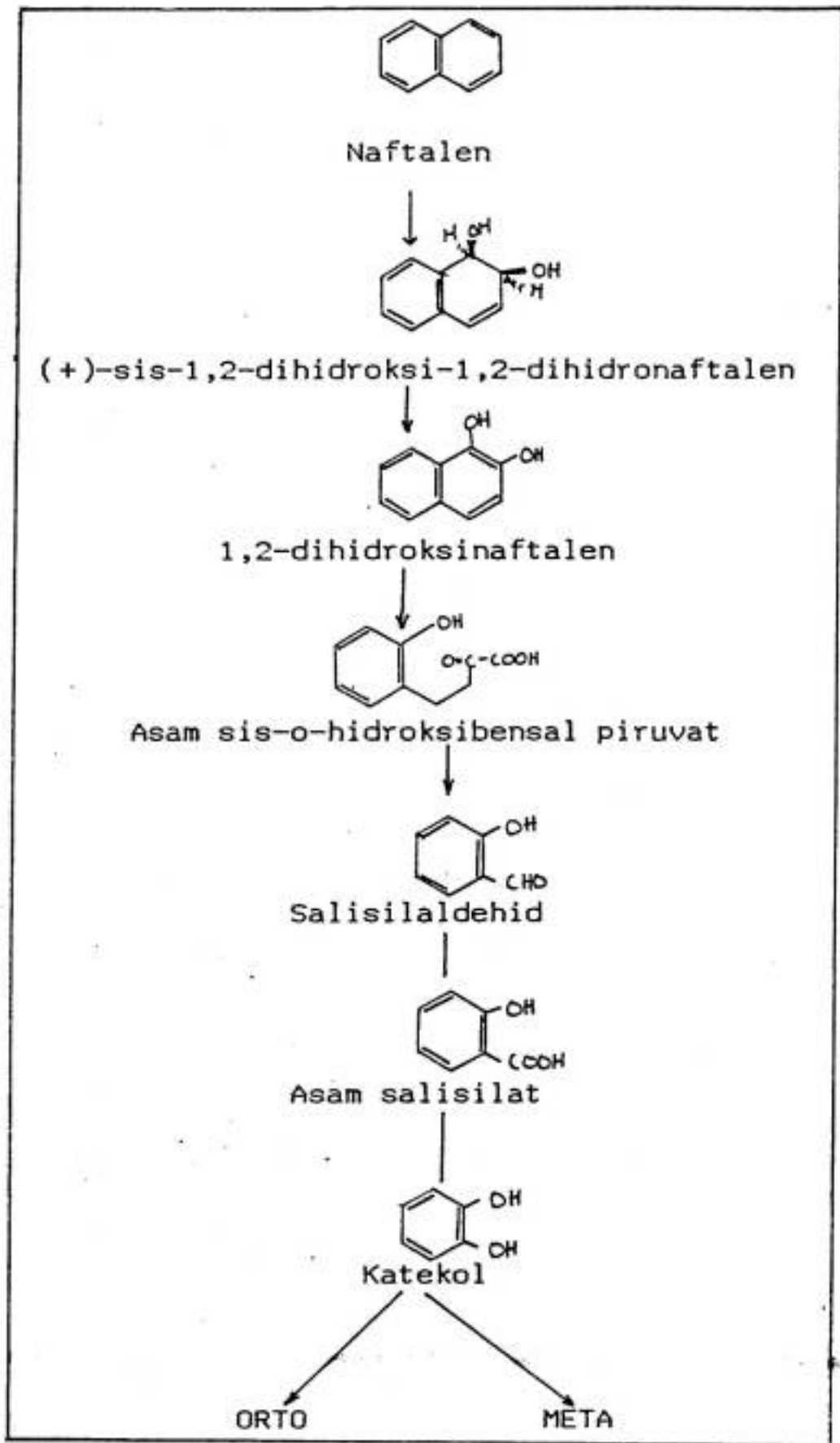
Hidrokarbon aromatik lainnya adalah fenantren. Fenantren adalah merupakan hidrokarbon aromatik sederhana yang mengandung suatu daerah jembatan dan strukturnya nampak seperti yang ditemukan dalam hidrokarbon aromatik polisiklik karsinogen seperti

misalnya benzo(a)piren dan benz(a)antrasen. Daerah lekuk adalah daerah antara sudut cincin benzo dan molekul bebas. Berdasarkan pada mekanisme kuantum diduga bahwa epoksida dehidrodiol yang mempunyai gugus etoksi pada daerah ini adalah sangat reaktif secara kimia maupun biologis.

Fenantren dimetabolisme oleh mikrosom evatik untuk pemurnian sitokrom p 450 monooksigenase pada ketiga kemungkinan metabolisme trans dehidroksidiol. Daerah K dari 9,10 dihidrodiol adalah merupakan metabolik terbesar. Penutupan karsinogenetis dari fenantren dapat terjadi berdasarkan kenyataan bahwa daerah lekuk 1,2-dihidrodiol-3,4-epoksida mempunyai aktivitas biologi yang rendah.

Mekanisme pemecahan fenantren oleh *Pseudomonas putida* 119, *Aeromonas sp*, *Beijerinckia sp*, *Nocardia sp*.

Bakteri mula-mula mengoksidasi fenantren pada posisi 3,4 untuk membentuk sis-3,4-dihidroksi-3,4-dihydrofenantren. *Beijerincki* B 836 dan *Pseudomonas putida* memutasi rantai pada dihidrodiol dehidrogenase yang bersifat optik dan sejumlah kecil

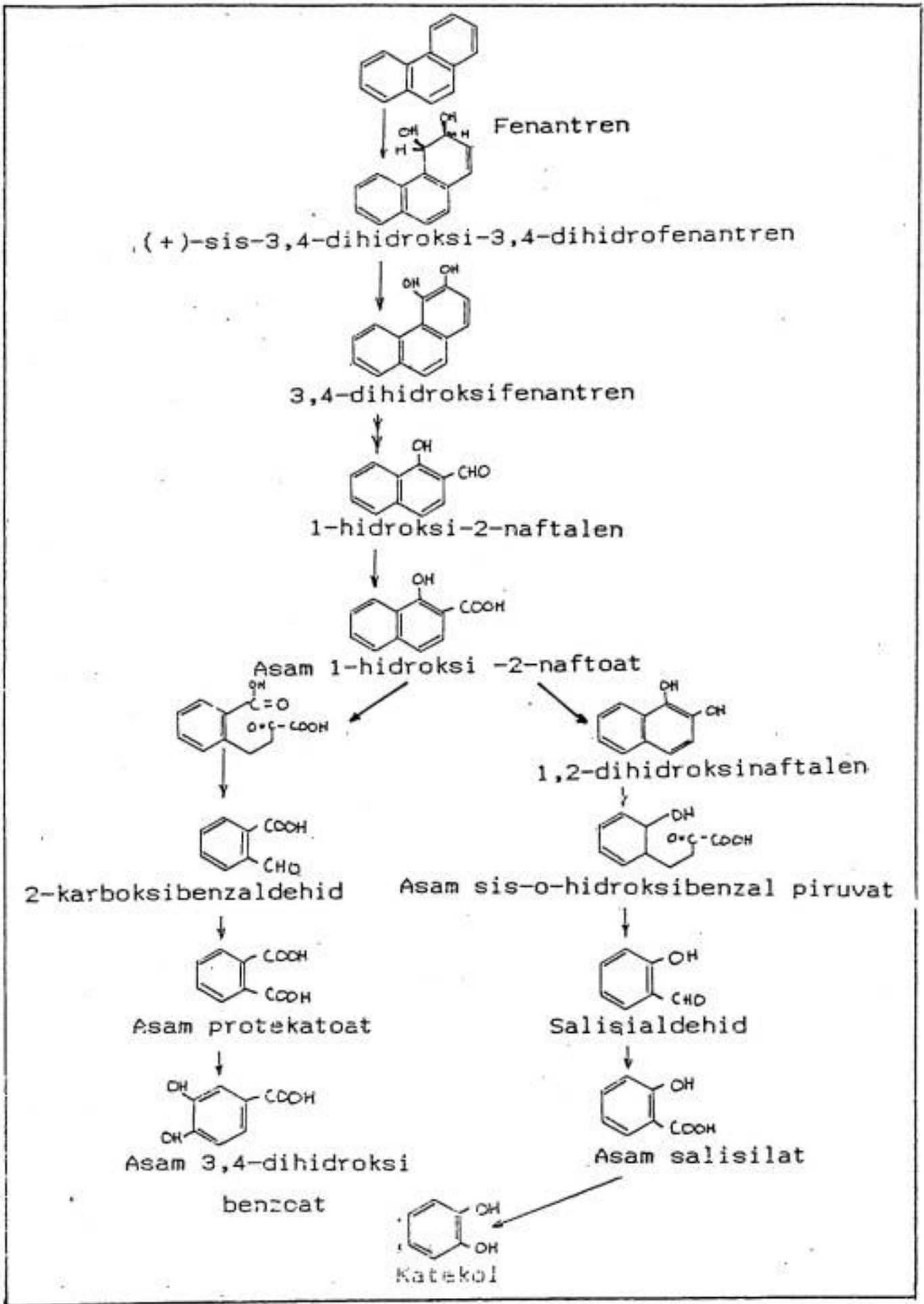


Gambar d. Proses oksidasi bakteri pada naftalen

(+)-*sis*-1(R),2(S)-dihidroksi-1,2- dihidro-fenantren. *Pseudomonas putida* dan *Nocardia sp* mengandung suatu nikotinamida adenin dinukleotida dihidrodiol dehidrogenase yang mengoksidasi *sis*-3,4-dihidroksi-3,4-di-hidrofenantren menjadi 3,4-di- hidroksi fenantren. *Pseudomonas putida* mengoksidasi 3,4-di-hidroksifenantren untuk menghasilkan asam *sis*-4-(1-hidroksi-naft-2-il)-2-oxo-but-3-enoat..

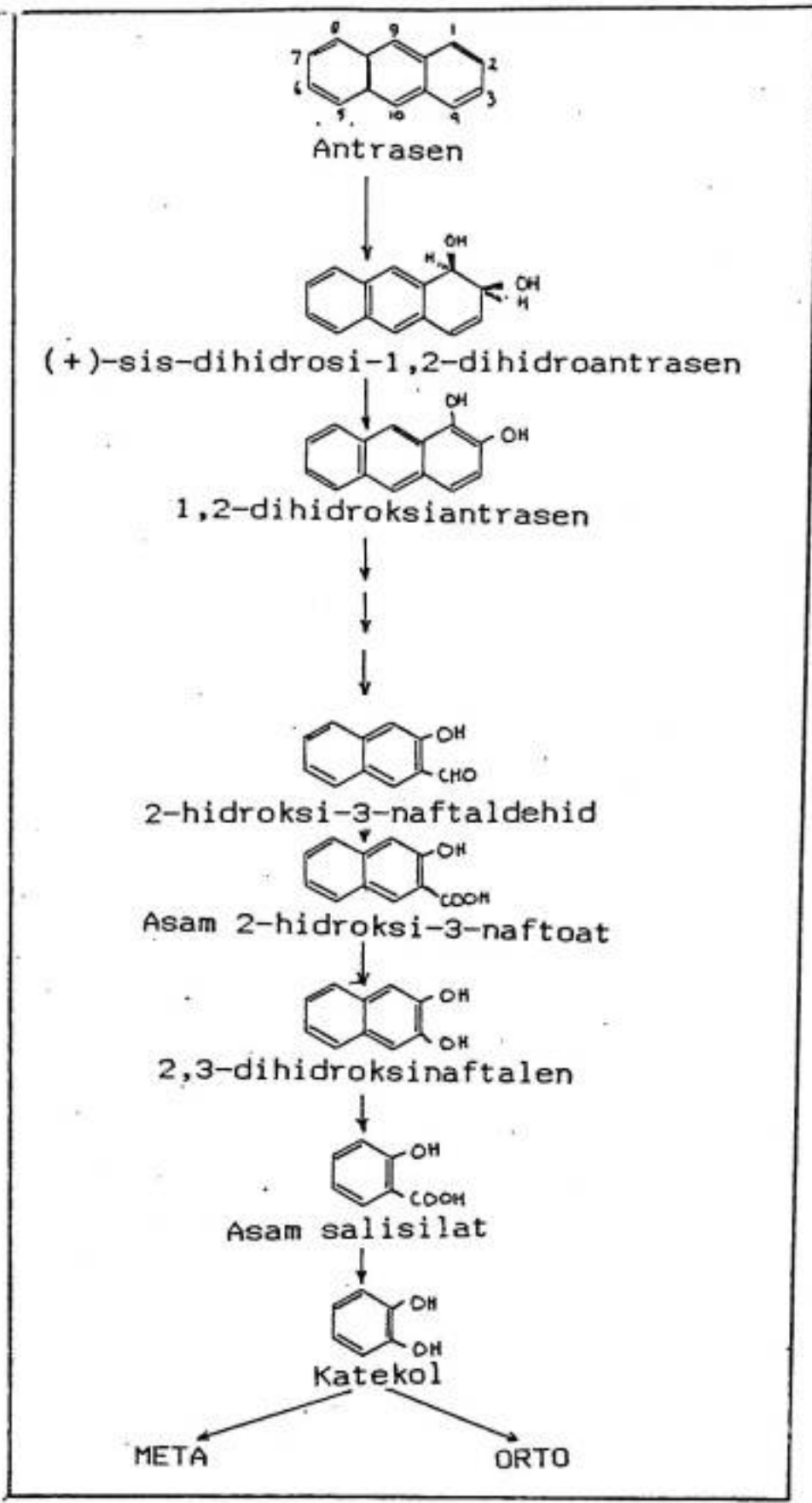
Yang terakhir dibicarakan adalah antrasen. Antrasen mempunyai 3 buah cincin aromatik. Antrasen dan metabolisemenya bukanlah suatu senyawa toksik akut, karsinogenik dan atau mutagenik, namun ada hal yang istimewa, dalam kenyataan bahwa jalur metabolisme senyawa ini mirip dengan fenantren. Struktur antrasen ditemukan dalam hidrokarbon aromatik polisiklik karsinogen, seperti misalnya benzo(a)piren, benz(a)antrasen.

Mekanisme pemecahan antrasen oleh Beijerincki B-836 dan *Pseudomonas putida*. Mula-mula bakteri mengoksidasi antrasen pada posisi 1,2 menjadi 1,2-dihidro-1,2-dihidroantrasen.



Gambar e. Alternatif pemecahan fenantren oleh bakteri

Bejerincki B-836 dan *p.putida* mengakumulasi (+)-*sis*-1,2-dihidro-1,2-dihidroantrasen. Ekstrak sel dari beberapa macam rantai *pseudomonas* dan *nocardia* sp mengoksidasi (+)-*sis*-1,2-dihidroksi-1,2-dihidroantrasen. Senyawa ini adalah substrat untuk rantai cincin yang akan dikonversi menjadi asam 2-hidroksi-3-naftoat. Hasil pemutusan cincin ini kemudian dimetabolisasi menjadi salisilat dan katekol dan langkah-langkahnya mirip yang digambarkan untuk naftalen.



Gambar f. Mekanisme reaksi antrasen

D. Lingkungan perairan

Karena dalam hal ini perairan sebagai sasaran pencemaran maka lingkungan perairan memegang peranan penting terhadap proses degradasi tumpahan minyak bumi. Faktor-faktor fisik lingkungan perairan yang dapat mempengaruhi kecepatan degradasi tumpahan minyak bumi akan diuraikan di bawah ini.

1. Kebutuhan Oksigen

Mikroorganisme yang membutuhkan oksigen untuk pertumbuhannya disebut mikroorganisme aerobik, yang kebutuhan oksigennya bervariasi. Mikroorganisme membutuhkan oksigen bebas yang diperoleh dari udara dan oksigen terlarut yang diperoleh dari air laut. Besar kadar oksigen terlarut di dalam air laut bergantung pada suhu, salinitas air laut. Semakin tinggi suhu dan salinitas air laut, kadar oksigen semakin berkurang.

Sebagian besar mikroorganisme pengoksidasi minyak tergolong dalam mikroorganisme aerobik. Air laut memiliki kisaran kadar oksigen yaitu dari 1 sampai 12 ppm, yang mana pada umumnya batas ini cukup tinggi untuk terjadinya oksidasi (Miget, 1969).

Di dalam skala laboratorium, upaya memperkaya oksigen ialah dengan pengocokan dan aerasi. Pengocokan berarti memecah lapisan minyak pada

permukaan air sehingga berlangsung suplai oksigen dari udara. Dengan demikian kebutuhan oksigen oleh mikroorganisme telah cukup memadai.

2. Temperatur

Lebih dari 99% volume atau luas dari lingkungan perairan mempunyai temperatur sekitar -2°C sampai 30°C (Zobell, 1969). Sebagian besar mikroorganisme laut tumbuh secara baik pada daerah suhu tersebut. Walaupun demikian, dekomposisi senyawa-senyawa hidrokarbon dapat terjadi pada kisaran suhu 5°C sampai 70°C (Zobell, 1969).

3. pH

Setiap mikroorganisme mempunyai pH optimal, maksimal maupun minimal untuk pertumbuhannya. Bakteri pada umumnya tumbuh dengan baik pada pH sekitar 7.



4. Kebutuhan Nutrien

Berdasarkan hasil beberapa penelitian, senyawa hidrokarbon alifatik di dalam minyak bumi mudah diserang oleh mikroorganisme pengoksidasi minyak daripada senyawa-senyawa naften dan aromatik (Higgins, 1978).

Hasil akhir dari degradasi minyak bumi ialah air(H_2O), karbon dioksida (CO_2) dan biomassa terutama terdiri dari protein, asam nukleat, lipid dan polisakarida. Biomassa mikroba ini dapat dimanfaatkan kembali oleh hewan-hewan laut sebagai bahan makanan.

Untuk pertumbuhan mikroorganisme membutuhkan tersedianya unsur-unsur seperti : C, N, P, S, Ca, K, Mg, Fe dan lainnya sebagai sumber energi.

Seperti telah diketahui, minyak bumi merupakan campuran berbagai macam senyawa hidrokarbon. Unsur-unsur karbon di dalam minyak bumi berpotensi dan dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi bagi mikroorganisme laut merupakan suatu upaya penanggulangan pencemaran minyak bumi.

Dari sekian unsur yang disebut terdahulu, unsur nitrogen dan fosfor adalah yang paling berperan dalam pertumbuhan dan kereaktifan mikroorganisme pengoksidasi minyak bumi di laut.

5. Dispersi minyak bumi di dalam air

Tumpahan minyak bumi melapisi permukaan air laut, suplai oksigen dari udara terhambat sehingga menghalangi pertumbuhan mikroorganisme aerobik dalam air laut. Salah satu upaya yang dilakukan untuk menanggulangi hal ini ialah dengan mendispersikan minyak supaya terbentuk emulsi minyak dalam air yang lebih stabil.

E. Spektrofotometer Fluoresensi

Spektrofotometer fluoresensi tidak banyak digunakan seperti pada spektrofotometer absorpsi, namun spektrofotometer ini merupakan dasar untuk sebagian besar teknik analisis molekul yang sensitif.

Fluoresensi merupakan peristiwa emisi radiasi dari percontoh setelah percontoh menyerap radiasi. Pada peristiwa ini absorpsi memegang peranan penting akan tetapi bukan syarat mutlak untuk terjadinya fluoresensi

(Peters, 1974).

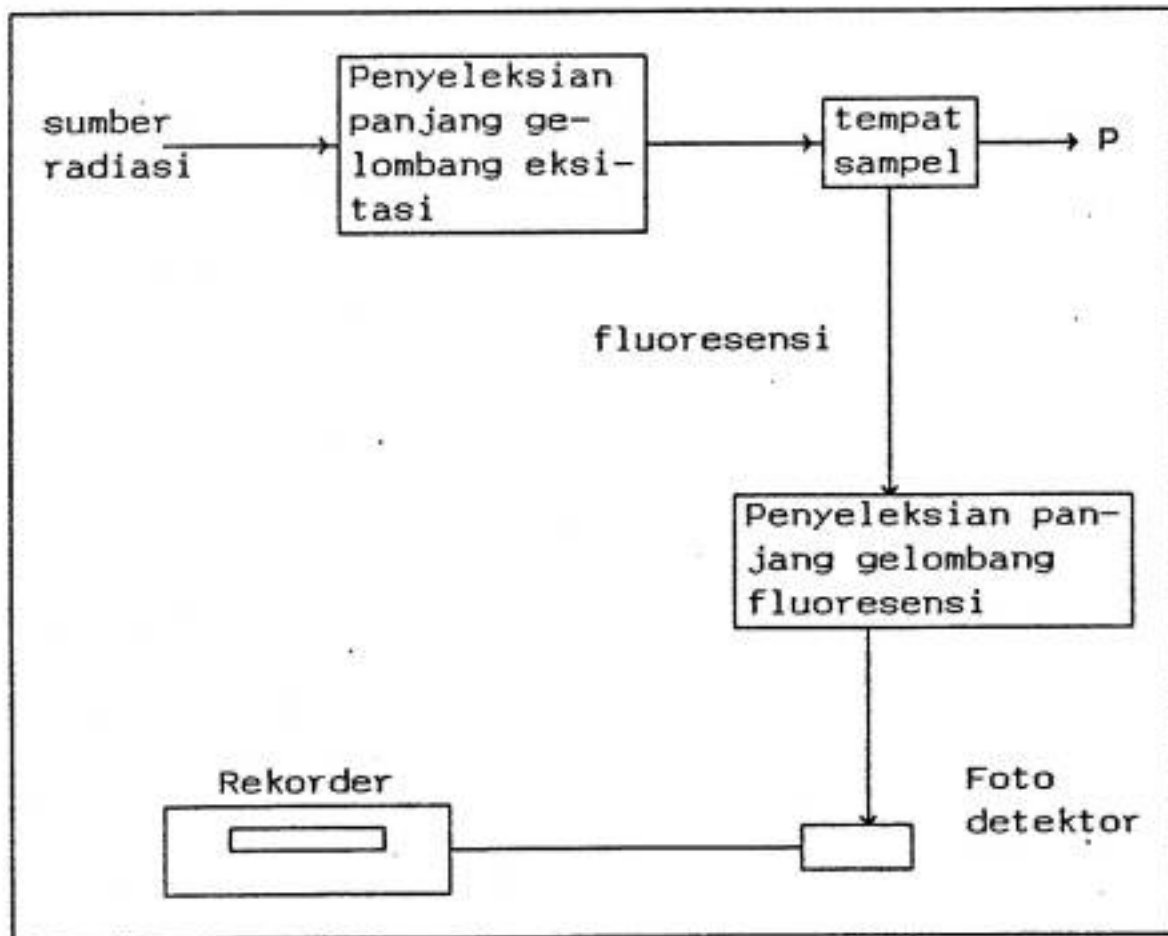
Proses fluoresensi hampir selalu terjadi sesudah sebagian energi vibrasi elektronik hilang, maka panjang gelombang radiasi fluoresensi akan jadi lebih panjang (frekwensinya lebih rendah) dari panjang gelombang dari spektrum absorpsi. Waktu yang diperlukan untuk berfluoresensi yaitu antara 10^{-9} dan 10^{-7} detik (Pecsoc, 1976).

Dalam analisis karakter hidrokarbon aromatik maka digunakan alat spektrometer fluoresensi - UV Perkin Elmer L 3000. Dengan menggunakan sistem sinkron, prinsip sistim ini adalah pendeteksian dengan menggabungkan eksitasi dan emisi secara bersamaan dengan $\lambda = 20$ nm (Noor, 1978).

Pada pengukuran dimulai dari $\lambda = 280$ nm. Secara umum skema alat ini dapat dilihat pada gambar di bawah ini. Sumber radiasi yang masuk diseleksi panjang gelombangnya oleh monokromator, hanya panjang gelombang yang sesuai untuk terjadinya eksitasi yang digunakan. Setelah keadaan eksitasi diperoleh, untuk kembali ke keadaan semula maka diperlukan energi untuk terjadi

emisi.

Fluoresensi bersifat isotropik sebab emisi dapat terjadi pada semua arah dengan demikian memungkinkan untuk mendeteksi radiasi emisi pada beberapa arah yang kita inginkan pada percontoh dan pada umumnya alat radiasi dari emisi diukur pada 90° , dan monokromator yang lain digunakan untuk memilih panjang gelombang yang sesuai agar fluoresensi dapat terjadi.



Gambar g. Skema secara umum alat Spektrofotometer Fluoresensi

III. ALAT, BAHAN DAN METODE

A. Alat yang digunakan

A q u a r i u m

Botol Winkler

C o r o n g

Corong pisah 500 ml

Deksikator

Erlenmeyer

Batang Pengaduk

Kaca Ukur 250 ml & 500 ml

Kaca Piala 250 ml & 1 liter

Karet Pengisap

Kertas Saring Whatman

Kertas Tissue, Aluminium Foil

B u r e t

Kolom Absorpsi

Labu Semprot

Neraca Analitis Ainsworth

Pipet Volume

Pipet Tetes

pH meter

Sarung tangan karet

Spektrofotometer Fluoresensi - UV (sinkron)

Perkin Elmer L 3000

Rotavapor

Buchi RE 111

Tanur

B. Bahan yang digunakan

Minyak bumi

Aceton (Merck)

Amilum (Merck)

Asam sulfat (Merck)

Aquades

Kalium iodida (Merck)

Kalium fluorida (Merck)

Kalium kromat (Merck)

Karbon tetraklorida (Merck)

Mangan sulfat mono hidrat (Merck)

Magnesium sulfat (kering) (Merck)

Merkurium (II) klorida (Merck)

Natrium iodida (Merck)

Natrium tio sulfat pentahidrat (Merck)

Natrium Azida (Merck)

n-heksan	(Merck)
Serabut kaca/glass wool	
Silika gel 70/230 mesh	(Merck)
Toluen	(Merck)

C. Metode

1. Persiapan percontoh

Minyak bumi diperoleh dari lokasi pengeboran minyak, yaitu : Lapangan Ledok pada tanggal 4-6-1989
Air laut sebagai media diambil dari perairan selat Makassar sekitar pantai Ujung Pandang (\pm 5 mil laut dari pantai) juga sedimen yang digunakan.

Dalam penelitian ini, digunakan 3 aquarium yang terbuat dari kaca, kapasitas \pm 50 liter, pada dasar aquarium masing-masing diisi dengan sedimen setebal 2 cm.

Aquarium 1 : 30 liter air laut.

Aquarium 2 : 30 liter air laut, 30 ml minyak bumi

Aquarium 3 : 30 liter air laut, 30 ml minyak bumi,

2 gram HgCl_2 .

Ketiga aquarium ini setiap hari disinari dengan cahaya lampu TL serta aerasi.

2. Persiapan Reagen

a. Larutan Mangan Sulfat

Larutkan 364 gram $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ di dalam 1 liter aquades pada labu takar 1 liter.

b. Larutan alkali-iodida-azida

Larutkan secara terpisah masing-masing dalam 100 ml aquades, 700 gram KOH, 150 gram NaI dan 10 gr NaN_3 , masukkan dalam labu takar 1 liter, encerkan dengan aquades sampai 1 liter dan dinginkan.

c. Indikator kanji (amilum) 0,5%

Larutkan 5 gram kanji dalam labu takar, encerkan sampai 1 liter, didihkan selama 2 menit hingga larutan jernih, dinginkan dan awetkan (menghindari lumut) dengan 1,52 gram asam salisilat, bila menjadi keruh harus diganti.

d. Larutan tiosulfat 0,025 N

Timbang 6,205 gram $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, dilarutkan dalam labu takar 1 liter, diawetkan dengan menambahkan 0,25 gram NaOH.

Standarisasi larutan tiosulfat dengan titrasi

$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,025 N.

Normaliti $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \frac{20}{a} \times 0,025$, dimana

20 = volume $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dalam ml

a = ml tiosulfat yang dibutuhkan untuk titrasi

3. Pengukuran pH, temperatur dan oksigen terlarut.

Temperatur, pH, oksigen terlarut diukur setiap hari pada waktu yang sama.

a. Temperatur diukur dengan menggunakan termometer.

b. Pengukuran pH dengan pH meter.

1) pH meter dipasang di sumber arus, biarkan selama 30 menit hingga kesetimbangan termal dan elektrik tercapai.

2) Jarum penunjuk dinolkan dan elektroda dicuci dengan aquades.

3) pH meter distandardisasi dengan buffer yang hampir sama dengan pH larutan yang akan diukur.

4) Elektroda dicelupkan dalam larutan yang harga pH-nya dibaca pada skala.

5) Setelah itu elektroda dibilas kembali dengan aquades dan dicelupkan dalam larutan KCl 1 %.

c. Penentuan oksigen terlarut dengan Metoda Winkler

- 1) Botol Winkler diisi dengan percontoh yang diperoleh dari aquarium hingga penuh. Tambahkan 2 ml asam sulfat di bawah permukaan cairan.
- 2) Tambahkan 2 ml larutan alkali-ioda-azida dengan pipet. Botol ditutup untuk mencegah terperangkapnya udara dari luar, kemudian dikocok dengan membolak-balik botol beberapa kali.
- 3) Biarkan gumpalan mengendap selama 10 menit. Bila proses pengendapan sudah sempurna, maka bagian larutan yang jernih dikeluarkan dari botol dan dipindahkan ke erlenmeyer.
- 4) Tambahkan 2 ml H_2SO_4 pekat, pada sisa larutan. Botol digoyang untuk melarutkan endapan, kemudian dituang ke dalam erlenmeyer tadi.
- 5) Iodin yang dihasilkan dari kegiatan tersebut, kemudian dititrasi dengan tiosulfat hingga coklat muda, tambahkan kanji 1-2 ml (biru). Titrasi dengan tiosulfat lagi hingga bening.
Perhitungan .

$$OT = \frac{a \cdot N \cdot 8000}{V - 4}$$

dimana

OT : Oksigen Terlarut (mg O₂/l)

a : Volume titran Natrium tiosulfat (ml)

N : normalitas natrium tiosulfat (ek/l)

V : Volume botol Winkler (ml)

4. Prosedur analisa

a. Penyiapan ekstrak bahan organik

- 1) Ambil 100 ml percontoh dari masing-masing aquarium (hari 1, 7 dan 14)
- 2) Dimasukkan ke dalam corong pisah lalu diekstraksi dengan menggunakan 25 ml karbon tetraklorida.
- 3) Fraksi organik yang diperoleh ditambahkan MgSO₄ untuk menarik air yang kemungkinan masih ada.
- 4) Dengan menggunakan rotavapor, karbontetra-
klorida diuapkan sampai habis yang sebelumnya dipisahkan dahulu dari MgSO₄.
- 5) Ekstrak bahan organik yang diperoleh kemudian ditimbang dengan teliti.

b. Gravimetri

- 1) Ekstrak bahan organik yang diperoleh dimasukkan ke dalam botol ukuran 10 ml yang sudah ditarakan kemudian ditimbang.
- 2) Pada pemisahan fraksi aromatik dan alkana digunakan penimbangan untuk mengetahui berat fraksi aromatik yang diperoleh.

c. Pemisahan fraksi parafin dan fraksi aromatik

- 1) Silika gel 70/230 mesh diaktivasi selama 40 jam dengan suhu $250 - 400^{\circ}\text{C}$ kemudian ditambahkan 5% air.
- 2) Bagian bawah kolom ukuran $1,7 \times 30$ cm disumbat dengan serabut kaca (glass wool) lalu dibilas pelarut yang digunakan. Setelah itu, silika gel yang telah diaktivasi diambil 10 gram dibuat menjadi bubur dengan menambahkan pelarut n-heksan, lalu dimasukkan ke kolom gelas sambil divibrasi.
- 3) Ekstrak bahan organik diencerkan dengan menambahkan 1 ml pelarut n-heksan, lalu diletakkan di permukaan kolom dan dielusi

dengan 25 ml n-heksan, untuk mendapatkan parafin.

4) Fraksi aromatik diperoleh dengan mengelusikan 25 ml toluen.

5) Pelarut dari fraksi aromatik yang diperoleh diuapkan, ekstraknya ditimbang dengan teliti.

d. Pengukuran dengan alat spektra fluoresensi - UV

Mula-mula dibuat larutan induk yaitu fraksi aromatik dilarutkan dalam pelarut n-heksan hingga volume 5 ml. Dari larutan induk diambil $\pm 10 \mu\text{l}$ lalu dimasukkan ke dalam kuvet kemudian diencerkan dengan pelarut n-heksan hingga volume $\pm 3 \text{ ml}$. Kemudian dianalisis dengan spektrofotometer fluoresensi synchronous scanning dengan kondisi operasi.

1) panjang gelombang eksitasi awal 230 nm dan akhir 480 nm.

2) panjang gelombang emisi awal 250 nm dan akhir 500 nm.

3) kecepatan pengamatan
eksitasi-emisi = 60 nm/menit.

4) ukuran pencatat = 200 nm/cm.

5. Analisis data

Dari hasil pengukuran diperoleh data berupa grafik. Untuk mengetahui panjang gelombang dari tiap pik maka dibandingkan skala tiap panjang gelombang dengan skala dari pik yang muncul. Selanjutnya dicocokkan dengan tabel untuk panjang gelombang emisi.

Dengan penimbangan diperoleh berat fraksi aromatik, ekstrak bahan organik, hidrokarbon total.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

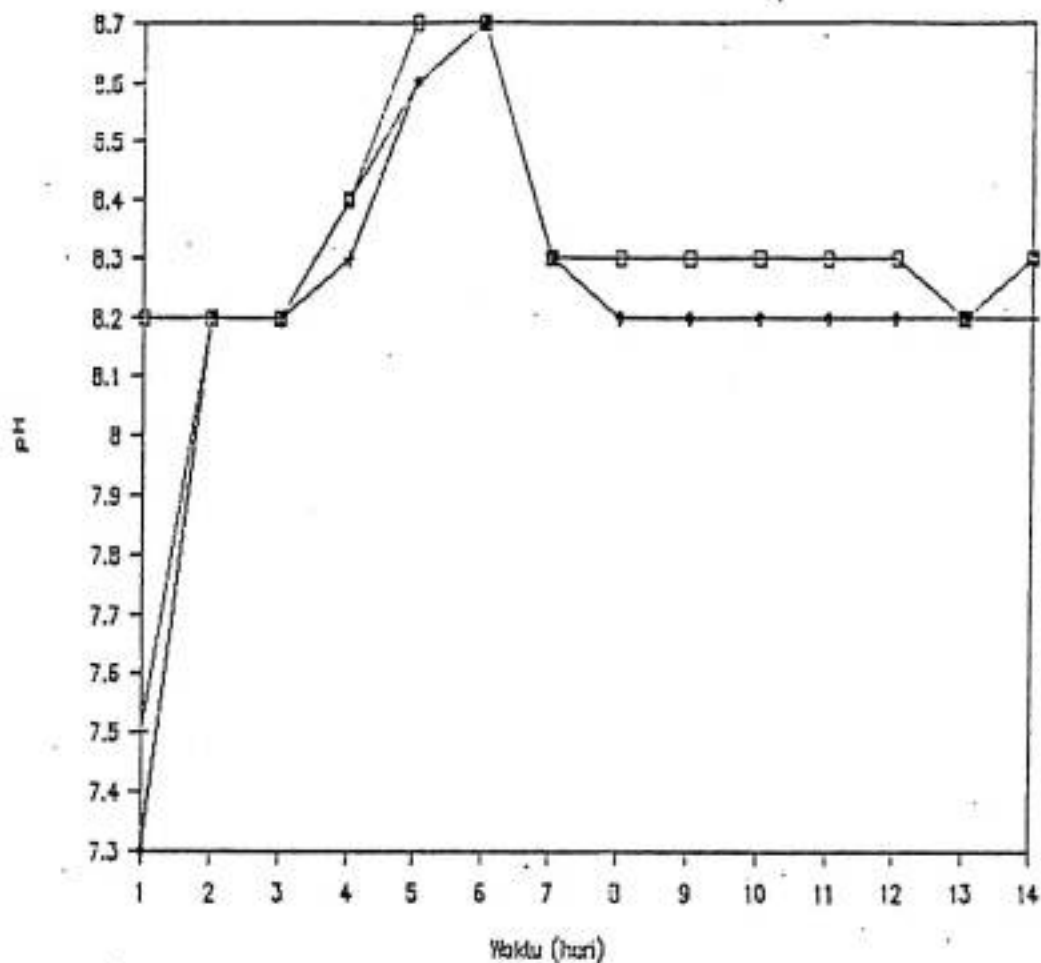
Pada penelitian ini, digunakan 3 buah aquarium sebagai wadah. Aquarium I, berisi air laut (kontrol), aquarium II berisi air laut dan minyak bumi dan aquarium III berisi air laut, minyak bumi dan HgCl_2 untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Ketiga aquarium ini diukur pH, temperatur dan oksigen terlarut setiap hari pada waktu yang sama.

A. Derajat keasaman (pH)

Hasil pengukuran pH berkisar antara 7,3 - 8,7. Bakteri pada umumnya tumbuh dengan baik pada pH sekitar itu. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel II.

Pada gambar 1, diperlihatkan bahwa hasil pengukuran pH paling rendah adalah pH 7,3 pada aquarium III hari pertama. Selebihnya masing-masing aquarium pH-nya naik kemudian menurun. Hal ini dapat disimpulkan bahwa pH netral dibutuhkan pada proses degradasi

Banyak mikroorganisme tumbuh baik pada pH 7,2 sampai 7,6. Keasaman air laut dari pH 7,5 sampai pH 8,5.



Gambar 1. Grafik Antara pH dengan Waktu

Keterangan :

- : Aquarium 1 (air laut)
- + : Aquarium 2 (air laut, minyak bumi)
- : Aquarium 3 (air laut, minyak bumi, $HgCl_2$)

B. Temperatur

Sesuai hasil pengukuran dari hari pertama hingga hari keempatbelas, suhu berkisar antara $29^{\circ}C$ - $30^{\circ}C$. Dekomposisi senyawa-senyawa hidrokarbon dapat terjadi pada kisaran suhu antara $5^{\circ}C$ - $70^{\circ}C$.. Hasil seleng-

kapnya dapat dilihat pada tabel II.

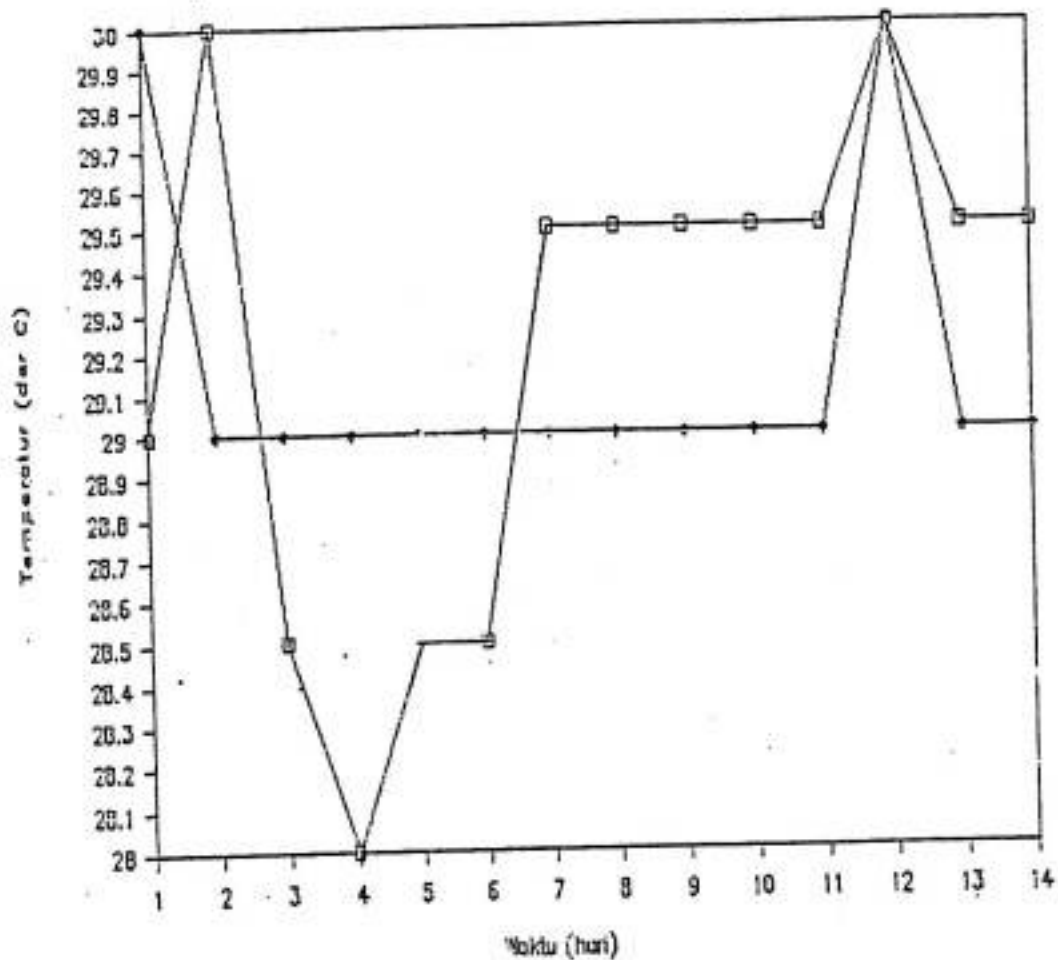
Dari grafik antara suhu dan waktu pada gambar 2, diperoleh suhu yang paling tinggi pada aquarium III, yakni hari kedua dan ketiga serta hari keduabelas. Suhu terendah berada pada aquarium III hari keempat. Tidak ada perbedaan yang jauh bila ditinjau dari suhu untuk masing-masing aquarium. Secara keseluruhan dapat dianggap suhu stabil yaitu pada suhu kamar dapat berlangsung proses degradasi.

Suhu ini sangat penting untuk pertumbuhan bakteri terutama bakteri laut, karena bakteri laut mempunyai toleransi terhadap suhu lebih besar, tetapi bakteri air tawar dan darat umumnya lebih sensitif terhadap suhu yang tinggi.

Bakteri laut yang dapat mendegradasi hidrokarbon antara lain *Pseudomonas* sp mempunyai suhu optimum berkisar $20^{\circ}\text{C} - 37^{\circ}\text{C}$.

Proses pertumbuhan tergantung pada proses kimia, dan laju reaksinya dipengaruhi oleh suhu, maka pada pertumbuhan bakteri sangat dipengaruhi oleh suhu.

Pada waktu siang hari, di tempat air yang dangkal, panas yang diterima cepat dan kuat, sebaliknya pada malam hari, air cepat menjadi dingin kembali, karena suhunya sangat bervariasi. Perubahan



Gambar 2. Grafik Antara Temperatur dengan Waktu

Keterangan :

- : Aquarium 1 (air laut)
- +
- o : Aquarium 3 (air laut, minyak bumi, $HgCl_2$)

suhu air tidak seperti di udara yang cepat berubah. Mikroorganisme yang hidup di dalam air laut mempunyai suhu maksimum, optimum dan minimum dalam kehidupannya.

C. Oksigen terlarut

Kebutuhan akan oksigen setiap mikroorganisme bervariasi. Dari hasil pengukuran diperoleh oksigen terlarut sekitar 1,92 - 6,97 ppm. Air laut memiliki kisaran kadar oksigen yaitu 1 sampai 12 ppm, dimana pada umumnya batas ini cukup untuk terjadinya oksidasi. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel III.

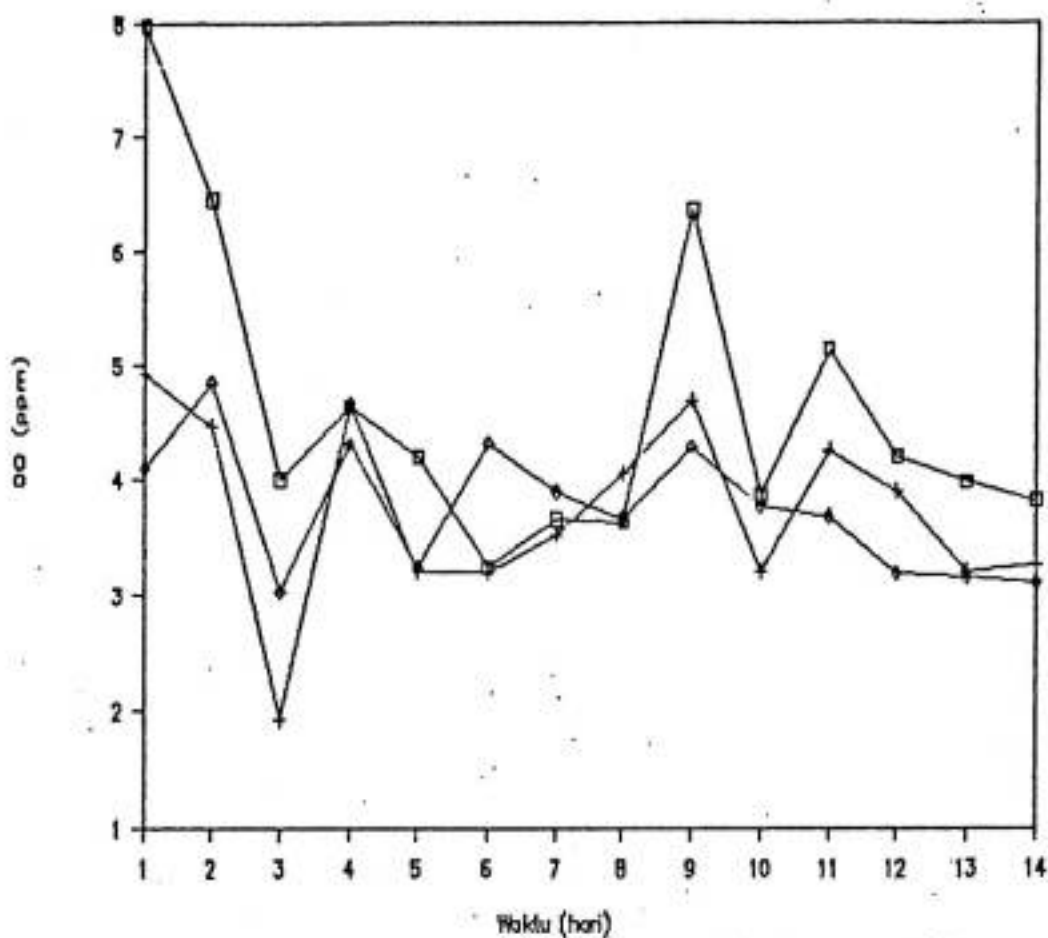
Dari grafik pada gambar 3, memberikan gambaran, bahwa pada aquarium II hari ketiga, kadar oksigen terlarut rendah sekali yakni 1,92 ppm, hal ini disebabkan oleh adanya tumpahan minyak yang menutupi permukaan air laut menyebabkan oksigen bebas yang akan masuk ke dalam air laut terhalang. Luas permukaan air laut yang ditutupi oleh minyak bumi tergantung sifat fisis minyak itu sendiri antara lain : viskositas, kerapatan, tegangan permukaan, titik tuang serta

lingkungan pengairan itu sendiri yakni gerakan gelombang, kecepatan angin, aliran air dan temperatur.

Pada aquarium I nampak dihari pertama sangat tinggi sekali yakni 7,97 ppm, dihari kedua menurun . demikianlah seterusnya dan pada suatu saat akan naik lagi, hal ini tidak dipengaruhi oleh minyak bumi melainkan hanya dari lingkungan laut itu sendiri.

Adanya oksigen terlarut di dalam air adalah sangat penting untuk menunjang kehidupan ikan dan organisme air lainnya. Kemampuan air untuk membersihkan pencemaran secara alamiah banyak tergantung kepada cukup tidaknya kadar oksigen terlarut.

Oksigen terlarut di dalam air berasal dari udara, dan hasil proses fotosintesa tumbuhan air. Terlarutnya oksigen di dalam air tergantung kepada temperatur, tekanan barometrik udara dan kadar mineral di dalam air. Di laut oksigen cukup memadai karena adanya gelombang dan arus yang mampu secara terus menerus menangkap oksigen atmosfer. Suatu survei menunjukkan bahwa sampai kedalaman 60 meter dan suhu 20°C , bisa terdapat $5,76 \text{ mg/l O}_2$.



Gambar 3. Grafik antara DO vs Waktu

Keterangan :

- : Aquarium 1 (air laut)
- +
- o : Aquarium 3 (air laut, minyak bumi, HgCl₂)

D. Fraksi Aromatik

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap berat fraksi aromatik baik hari pertama, hari ketujuh serta hari keempatbelas, dapat dilihat bahwa berat fraksi



aromatik yang paling tinggi terdapat pada percontoh A_3 (aquarium III, air laut, minyak bumi, $HgCl_2$), dimana aktivitas mikroba dihambat dan paling rendah pada percontoh A_1 (aquarium, air laut), hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini.

Semakin menurunnya berat fraksi aromatik pada aquarium I dapat dilihat pada gambar 4. Pada penyimpanan hari keempatbelas menurun beratnya dari 1,7 hingga 1,1 mg/l. Penurunan ini kemungkinan disebabkan oleh adanya mikroorganismenya yang dapat menguraikan aromatik yang mempunyai substituen. Substituennya ini yang lebih mudah terurai dibanding aromatik karena aromatik sifatnya sangat stabil, sangat sulit untuk terurai.

Untuk aquarium II prosesnya sama dengan aquarium I yaitu penurunan dari 8,1 hingga 7,6 mg/l. Penurunan ini mungkin disebabkan oleh faktor lingkungan seperti aerasi, sinar dan lain-lain. Penurunan yang tidak berarti apabila ditinjau dari jumlahnya ini disebabkan oleh adanya minyak bumi yang menutupi permukaan laut mengakibatkan oksigen terlarut

berkurang untuk dapat menguraikan minyak bumi tersebut dalam lingkungan laut.

Aquarium III berbeda dengan aquarium I dan II, yaitu naik. Kenaikan dari hari pertama hingga hari keempatbelas yaitu 8,4 mg/l - 8,8 mg/l, karena dihambat keaktifan mikroorganisme. Jadi dalam hal ini tidak dipengaruhi oleh mikroorganisme melainkan karena ada faktor lingkungan yang tidak terukur pada penelitian ini, karena yang terukur adalah pH, temperatur, oksigen terlarut hampir sama untuk tiap aquarium, baik ia sebagai kontrol maupun sebagai sampel.

Faktor lingkungan bukan hanya dapat menguraikan, ia juga dapat membentuk senyawa lain.

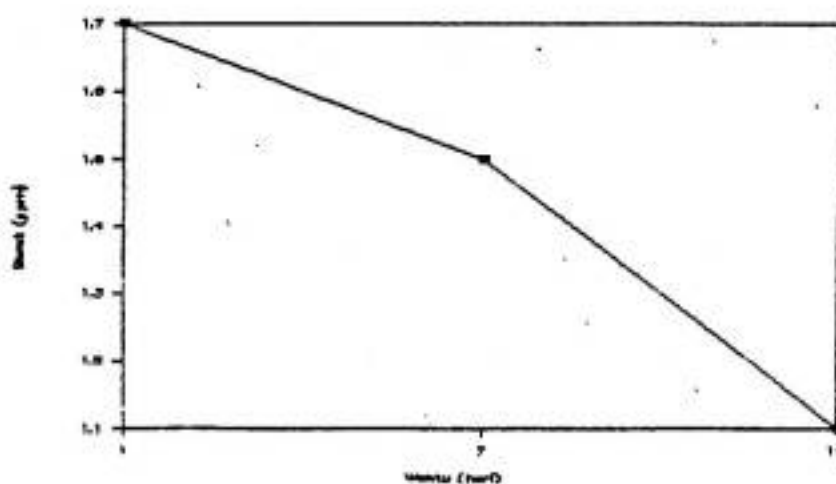
TABEL 1. BERAT FRAKSI AROMATIK (ppm)

Penyimpanan (hari)	Sampel	Fraksi aromatik	Hidrokarbon total	Ekstrak bahan organik
1	A ₁	1,7	11,7	20,0
	A ₂	8,1	38,1	48,3
	A ₃	8,4	21,4	40,0
7	A ₁	1,5	8,5	15,0
	A ₂	7,8	13,8	25,0
	A ₃	8,5	20,5	30,0
14	A ₁	1,1	3,1	12,0
	A ₂	7,6	9,6	20,0
	A ₃	8,8	20,8	30,8

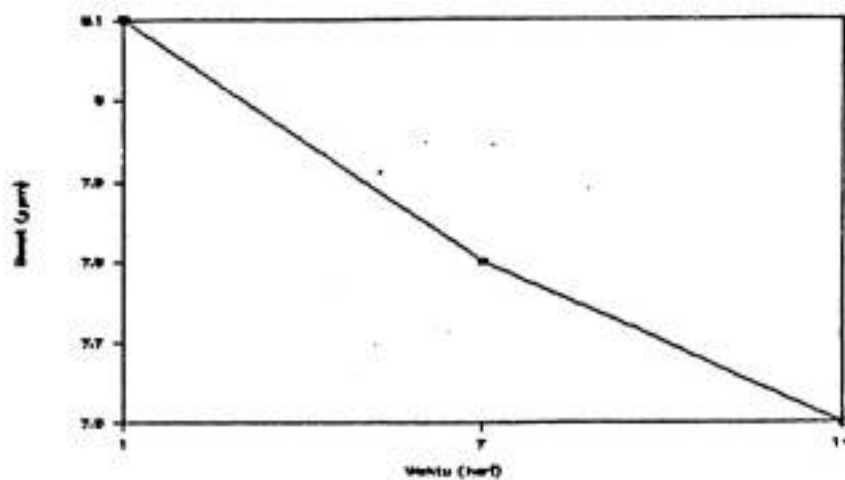
Keterangan : A₁ : Aquarium I (air laut)

A₂ : Aquarium II (air laut + minyak bumi)

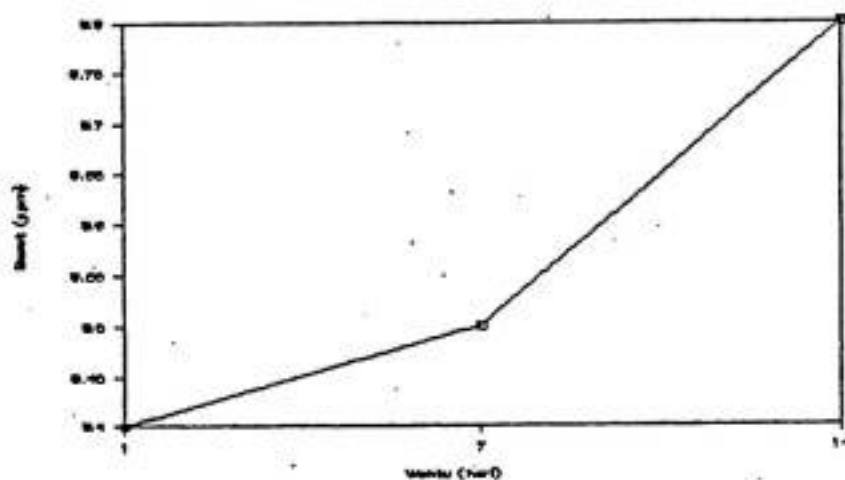
A₃ : Aquarium III (air laut + minyak bumi + HgCl₂)



Gambar 4. Grafik perubahan berat fraksi aromatik vs waktu untuk Aquarium I



Gambar 5. Grafik perubahan berat fraksi aromatik vs waktu untuk aquarium II



Gambar 6. Grafik perubahan berat fraksi aromatik vs waktu untuk untuk Aquarium III

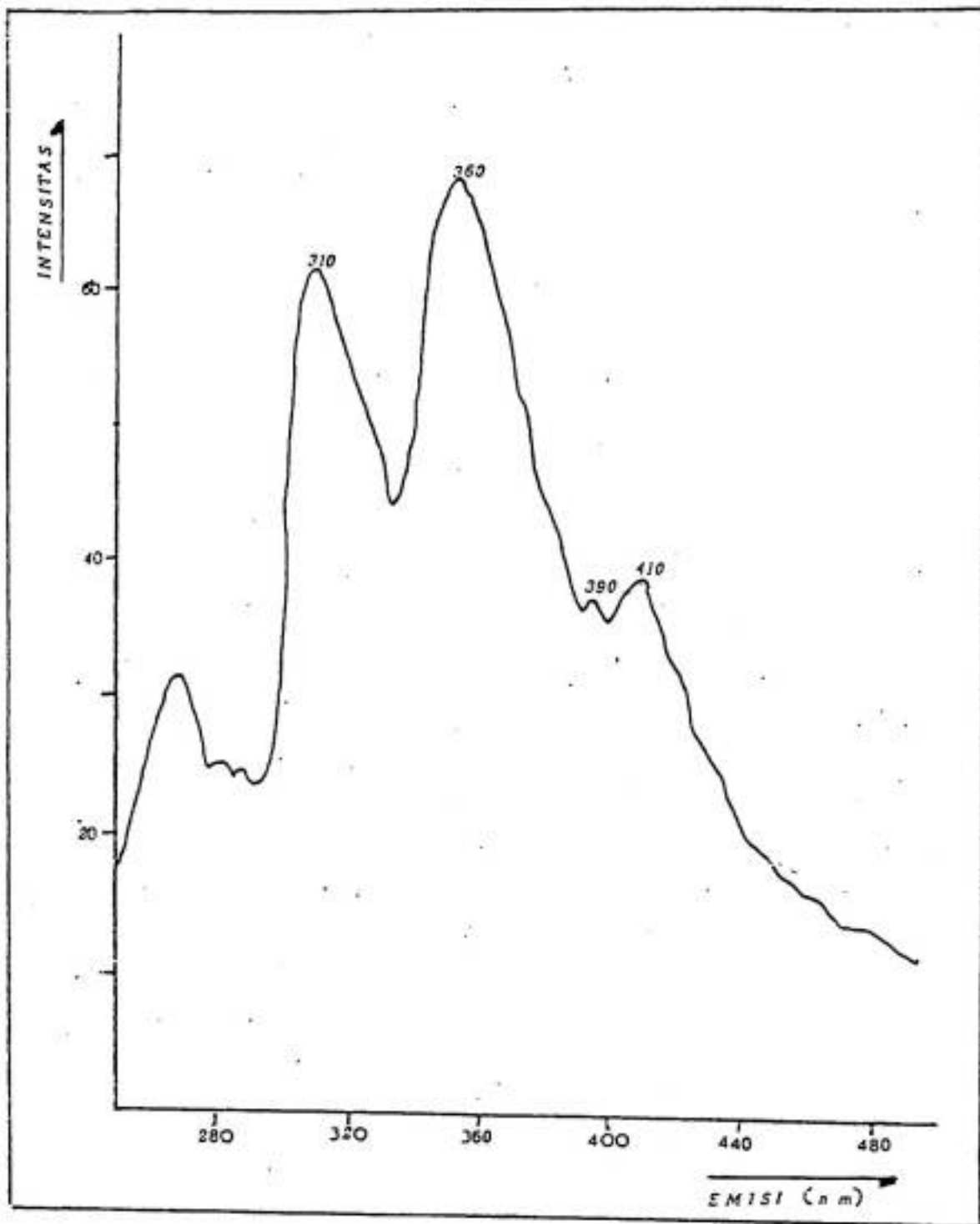
Dari hasil spektra gambar 7, yaitu minyak bumi nampak beberapa panjang gelombang emisi hidrokarbon aromatik, yakni 310 nm yang bersesuaian dengan floranten, 360 nm untuk fenantren, 390 nm untuk piren serta 410 nm pada benzopiren-3,4. Jadi pada minyak

bumi ini terdapat hidrokarbon aromatik, yakni floranten, fenantren, piren, benzopiren-3,4.

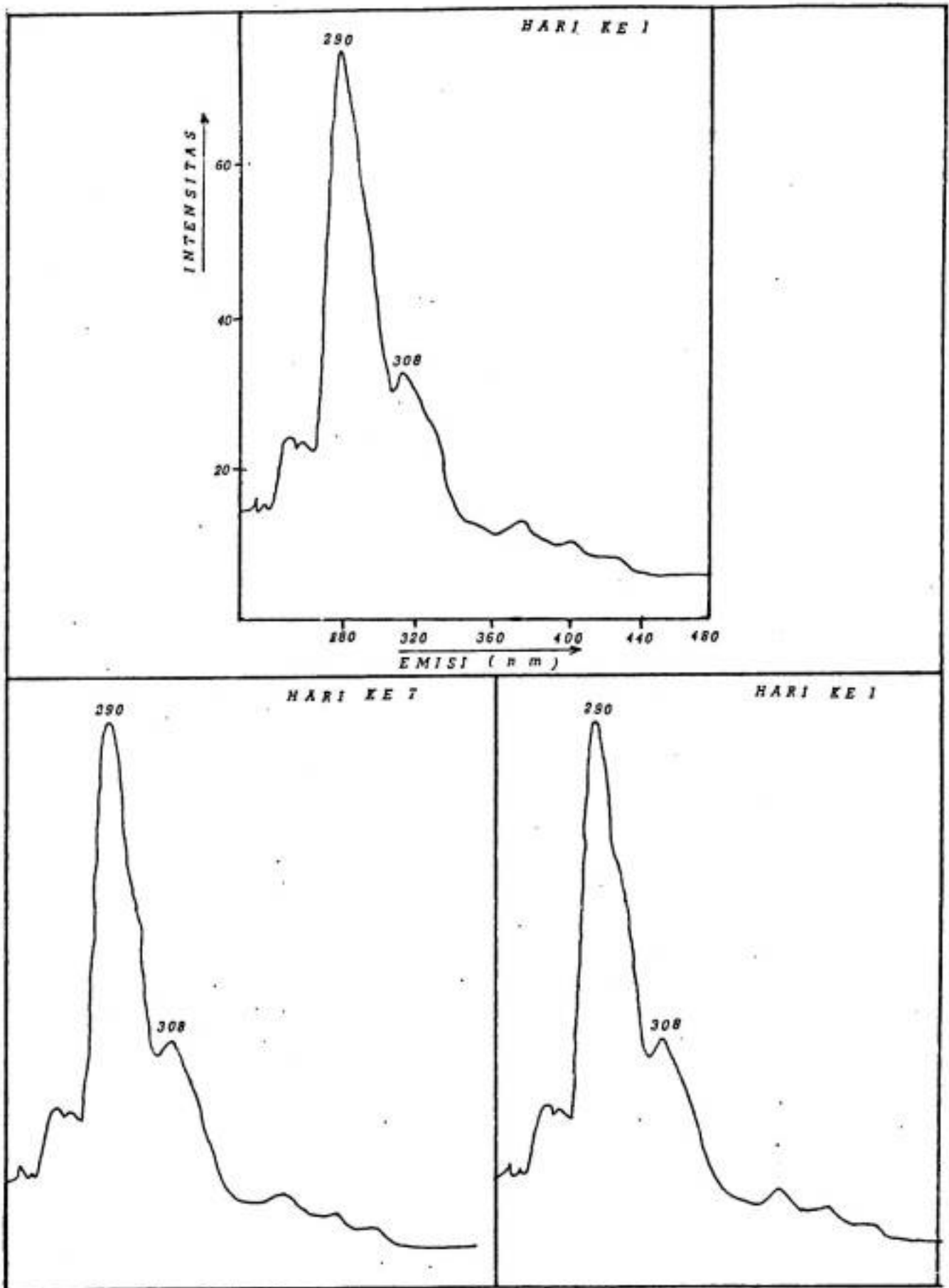
Pada gambar 8, nampak spektra emisi pada panjang gelombang 290 nm untuk alkil benzen serta 308 nm yang bersesuaian dengan floranten. Di dalam aquarium I sebagai kontrol, belum terjadi pencemaran yang diakibatkan oleh minyak bumi melainkan hidrokarbon aromatik yang ada berasal dari sumber alamiah yaitu pirolitik, diagenetik dan geokimia. Hidrokarbon aromatik pirolitik disini adalah hidrokarbon alamiah yang berasal dari peristiwa pembakaran hutan. Hasil pembakaran ini dapat menghasilkan hidrokarbon dalam bentuk partikel ke atmosfer dan akhirnya jatuh ke laut. Sedangkan sumber hidrokarbon aromatik diagenetik dan geokimia, hidrokarbon yang didapat setelah mengalami proses geologikal dalam sedimen laut.

Untuk aquarium II dan III hampir sama spektra minyak bumi, berarti terjadi penguraian yang berarti. Hal ini menunjukkan bahwa dalam air laut masih kurang atau mungkin belum ada mikroorganisme yang dapat menguraikan senyawa aromatik yang sangat stabil,

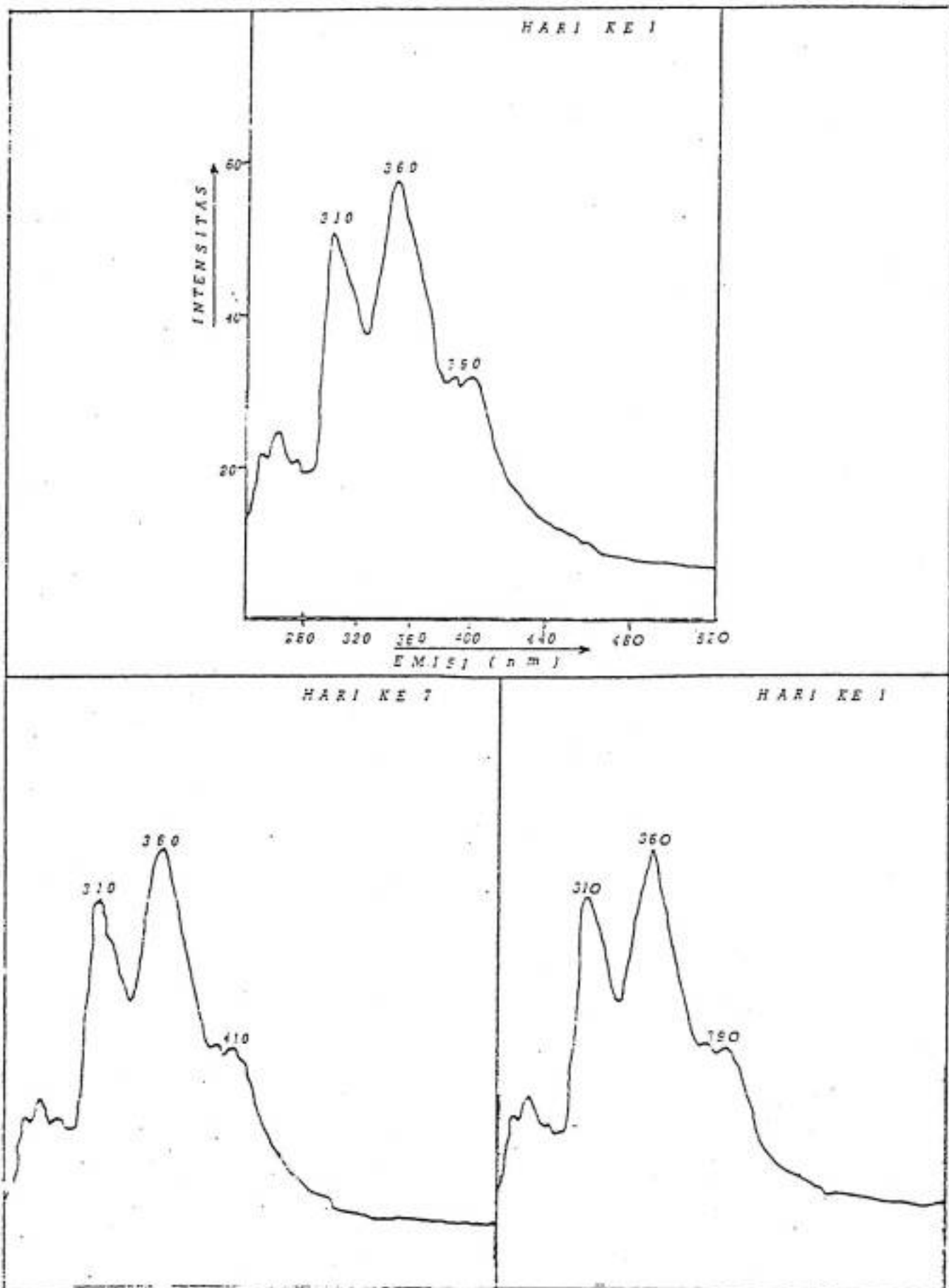
karena penguraian hidrokarbon aromatik yang diterangkan pada tinjauan pustaka adalah pada lingkungan tanah. Atau belum cukup waktu selama 14 hari untuk menguraikan senyawa aromatik.



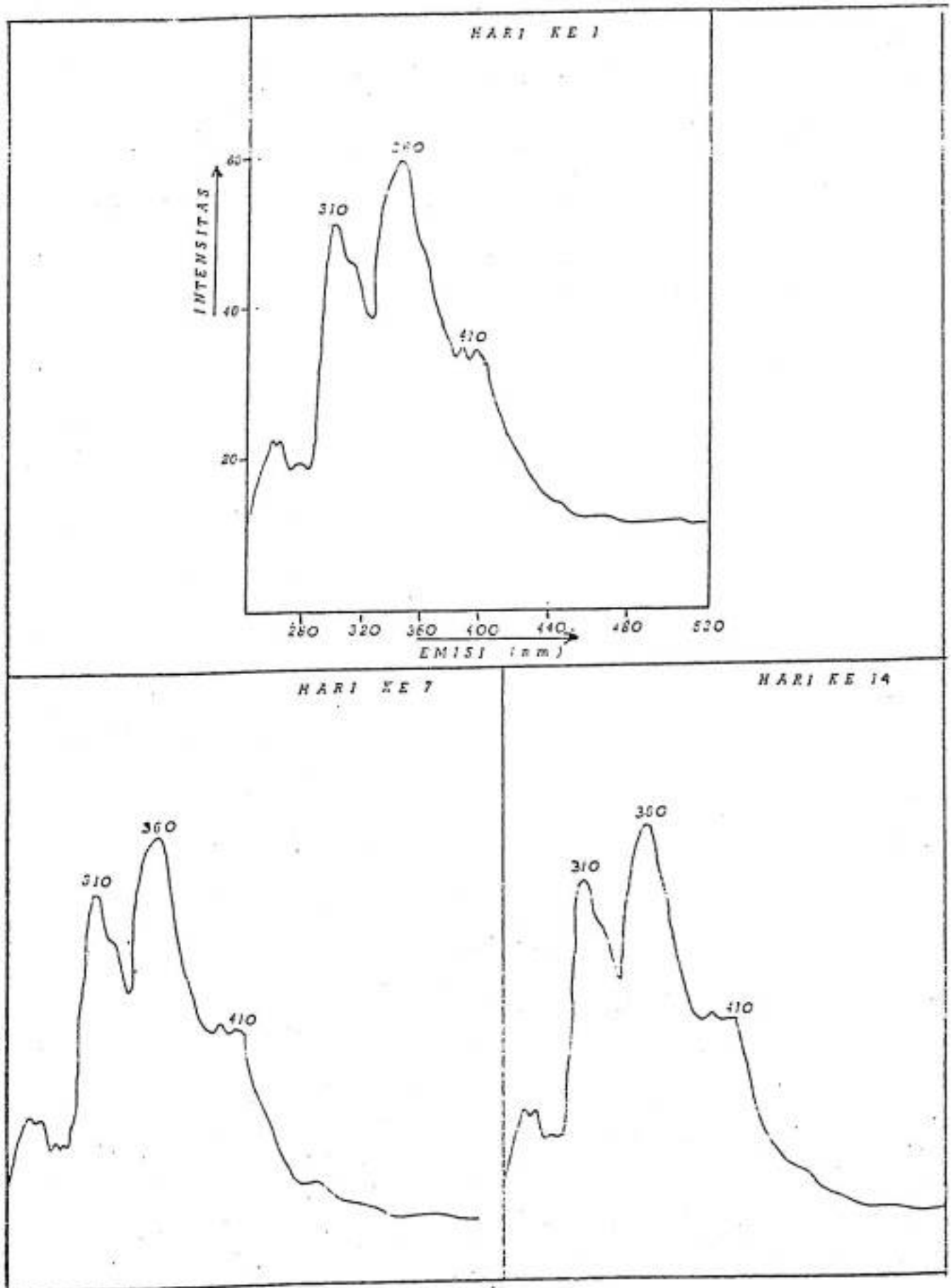
Gambar 7. Spektra Fluoresensi Minyak Bumi



Gambar 8. Spektra Fluoresensi Aquarium I



Gambar 9. Spektra Fluoresensi Aquarium II



Gambar 10. Spektra Fluoresensi Aquarium III

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Setelah mengamati hasil penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Fraksi aromatik agak stabil, perubahannya memerlukan waktu yang lama, serta menggunakan mikroorganisme yang spesifik.
2. Suhu, pH dan oksigen terlarut belum cukup menunjang berlangsungnya proses biodegradasi.

B. Saran

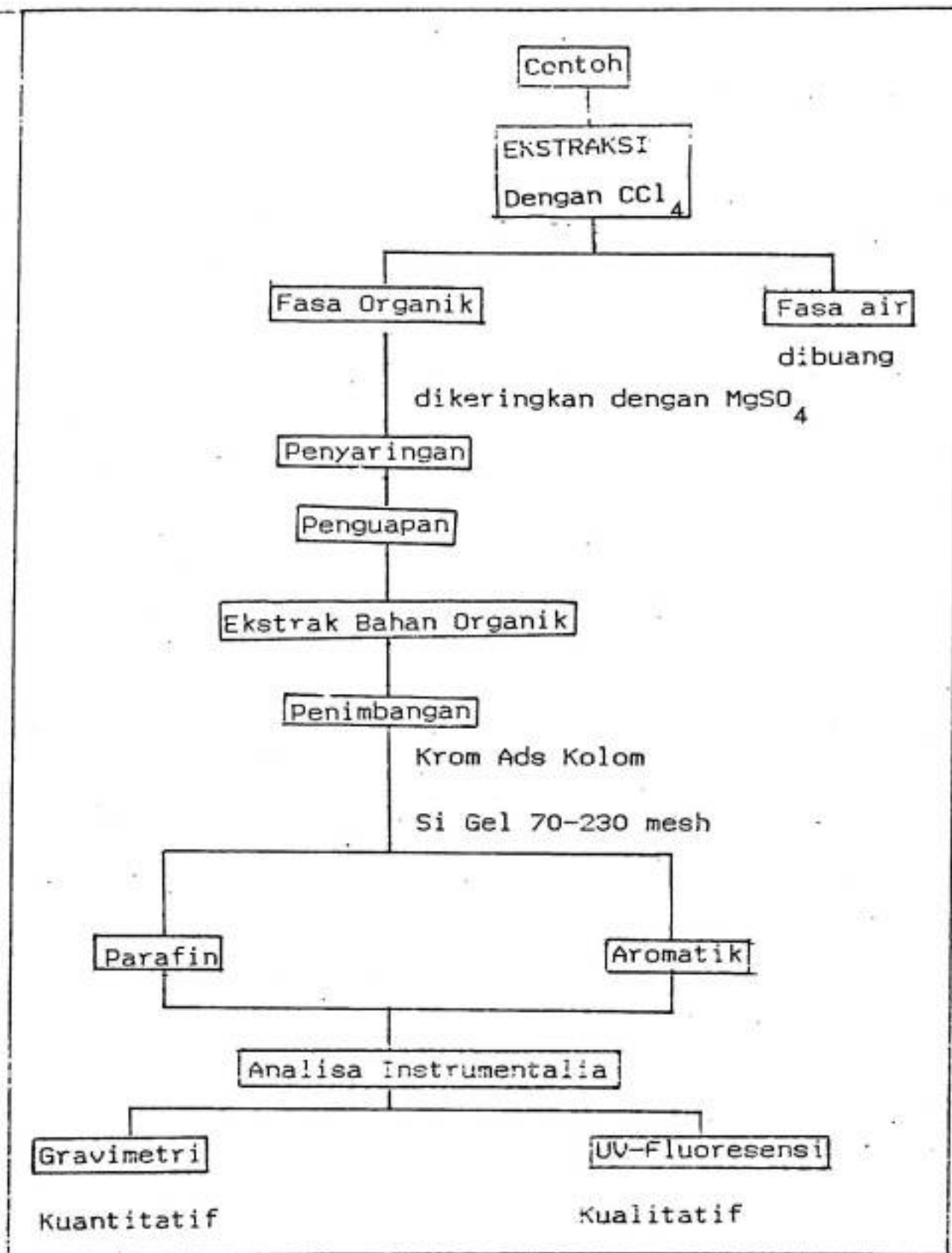
1. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut tentang mikroorganisme pengurai fraksi aromatik yang ada dalam laut.
2. Perlu dikembangkan metode analisis yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

1. BROWN. J.R., G.W., 1976, Detoksifikasi in The Marine Environmental, Biochemical and Biophysical Perspectives in Marine Biology, Malins, D.C. and Sargent, J.R. (Ed), Academic Press, London, New-York.
2. Day, J.R.A., Underwood, A.L., 1980, Analisa Kimia Kuantitatif, Penerbit Erlangga.
3. Ewing, G.W., 1960, Instrumental Methods of Chemical Analysis, 2nd ed., Mc-Graw Hill Book Company, Inc., New York.
4. Farrington, John W., John M. Teal and Patrick L. Parker, 1978, Petroleum Hydrocarbon.
5. Fessenden Ralph J., Pujaatmaka A.H., 1982, Kimia Organik.
6. Higgins, I.J. and Gilbert, P.D., 1978 The Biodegradation of Hydrocarbons, The Oil Industry and Mycrobial Ecosystems, Chater, K.W.A. and Somerville, H.J. (Ed), Heyden and Son Ltd, London.
7. Jawad, A., 1987. These Docteur En Sciences, Effects D,Agents Chiques L'Elimination D'Hydrocarbures Petrolies Dans Le Milieu Marin.
8. Mallins, D.C., 1977, Effects of Petroleum on Arctic and Subarctic Marine Environts and Organisms, Vol. I, Academic Press, Inc., London.
9. Miget, R.J., Oppenheimer, C.H., 1969, Microbial Degradation of Normal Paraffin Hydrocarbons In Crude Oil, Proceeding Joint Conference on Prevention and Control Oil Spill, API/FWCPA, Publication No.4040, American Petroleum Institute, Washington D.C.

10. Noor, A., dan Mille, G., 1978, 1978, Some Analytical Aspects Of Natural Hydrocarbon In Marine Sediments, Makalah Sub Regional Unesco, Surabaya.
11. Oppenheimer, Carl H., 1980, Oil Ecology, Marine Environmental Pollution, Geyer, Richard A, (Ed), Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam-Oxford-New York.
12. Pecsok, R.L., Shields, L.D., Cairns, T., 1976, Modern Methods Of Chemical Analysis, 2nd ed., John Willey & Sons, Inc., New York.
13. Peters, D.G., et al, 1974, Chemical Separation and Measurements, Souder Golden Sunburst Series 648-655.
14. -----, 1975, Petroleum in The Marine Environment, National Academy of Science, Washington D.C., 19 - 21, 42 - 43.
15. Robichoux, T.J., Myrick, N.H., 1987, J. Petrol. Technology, 24, 16-20.
16. Silvins, A. and M. Angels, 1986 Biodegradation of Petroleum Hydrocarbons, United Nations Environment Programme, UNESCO.
17. Sri Sumestri, MSc., and Alaerts G., 1984, Metoda Penelitian Air.
18. Stewart, M.E., Sahala H., 1984, Pengantar Oseanografi.
19. -----, 1982, The Determination of Petroleum Hydrocarbons in Sediments, United Nations Environment Programme, UNESCO.
20. Tissot, B.P., Welte, D.H., 1978, Petroleum Formation and Occurrence, Springer Verlag, New York.

21. Walker, J.D., Colwell, R.R., Petrakis, L., 1975, Microbial Petroleum Degradation, Application Of Computerized Mass Spectrometry.
22. Wardley-Smith, J., 1983, The Control Of Oil Pollution, Braham and Trotman Limited, London.
23. Zobell, C.E., 1969, Microbial Modification of Crude Oil In The Sea, In Proceeding Joint Confernce on Prevention and Control Oil Spills, API/FWPCA, Publication No. 4040, American Petroleum Institute, Washington D.C.
24. Zobell, C.T., 1969, Present Status Problem and Perspective, The Microbial Degradation of Oil Pollutan Awarn DC and Meyers S.P., Publication No-LSU 56.73.



Gambar 11. Skema Penelitian

TABEL II. HASIL PENGUKURAN DERAJAT KEASAMAN (pH)

Hari	Tanggal	Aquarium I	Aquarium II	Aquarium III
1	28/5-90	8,2	7,5	7,3
2	29/5-90	8,2	8,2	8,2
3	30/5-90	8,2	8,2	8,2
4	31/5-90	8,4	8,3	8,4
5	1/6-90	8,7	8,6	8,6
6	2/6-90	8,7	8,7	8,7
7	3/6-90	8,3	8,3	8,3
8	4/6-90	8,3	8,2	8,2
9	5/6-90	8,3	8,2	8,2
10	6/6-90	8,3	8,2	8,2
11	7/6-90	8,3	8,2	8,2
12	8/6-90	8,3	8,2	8,2
13	9/6-90	8,2	8,2	8,2
14	10/6-90	8,3	8,2	8,3

TABEL III. HASIL PENGUKURAN SUHU ($^{\circ}\text{C}$)

Hari	Tanggal	Aquarium I	Aquarium II	Aquarium III
1	28/5-90	29,0	30,0	29,0
2	29/5-90	30,0	29,0	29,0
3	30/5-90	28,5	29,0	29,0
4	31/5-90	28,0	29,0	29,0
5	1/6-90	28,5	29,0	29,0
6	2/6-90	29,5	29,0	29,0
7	3/6-90	29,5	29,0	29,0
8	4/6-90	29,5	29,0	29,0
9	5/6-90	29,5	29,0	29,0
10	6/6-90	29,5	29,0	29,0
11	7/6-90	30,0	29,0	30,0
12	8/6-90	30,0	30,0	29,0
13	9/6-90	29,5	29,0	29,0
14	10/6-90	29,5	29,0	29,0

TABEL IV. HASIL PENGUKURAN OKSIGEN TERLARUT (ppm)

Hari	Tanggal	Aquarium I	Aquarium II	Aquarium III
1	28/5-90	7,97	4,93	4,10
2	29/5-90	6,46	4,48	4,85
3	30/5-90	4,00	1,92	3,02
4	31/5-90	4,64	4,66	4,31
5	1/6-90	4,20	3,20	3,23
6	2/6-90	3,24	3,20	4,32
7	3/6-90	3,66	3,52	3,89
8	4/6-90	3,63	4,05	3,66
9	5/6-90	6,36	4,69	4,29
10	6/6-90	3,86	3,20	3,77
11	7/6-90	5,14	4,26	3,67
12	8/6-90	4,20	3,89	3,18
13	9/6-90	3,98	3,20	3,15
14	10/6-90	3,82	3,27	3,10



TABEL V. DATA SPEKTRUM

Penyiapanan	Sampel	nm emisi	Nama Senyawa	
0	A ₀	310	Floranten	
		360	Fenantren	
		390	Piren	
		410	Benzopiren-3,4	
1	A ₁	290	Alkil benzen	
		308	Floranten	
	A ₂	310	Floranten	
		360	Fenantren	
		390	Piren	
		410	Benzopiren-3,4	
	A ₃	310	Floranten	
		360	Fenantren	
		390	Piren	
		410	Benzopiren-3,4	
	7 dan 14	A ₁	310	Floranten
			360	Fenantren
A ₂		310	Floranten	
		360	Fenantren	
		390	Piren	
		410	Benzopiren-3,4	
A ₃		310	Floranten	
		360	Fenantren	
		390	Piren	
		410	Benzopiren-3,4	

Keterangan:

A₀ : Sampel minyak bumi

A₁ : aquarium I (air laut)

A₂ : aquarium II (air laut + minyak bumi)

A₃ : aquarium III (air laut + minyak bumi + HgCl₂)

TABEL VI. SENYAWA AROMATIK DAN PANJANG GELOMBANG EMISINYA

SENYAWA	λ NM EMISI
Alkil Benzen	290
Floren	297
Floranten	301/316
Naftalena	321
Acenaphten	326
Fenil-1 Naftalena	332
Fenantren	345
Crisen	341
Antrasen	378
Piren	369
Benzopiren-3,4	406
Perilen	433