

STUDI IN VITRO DIFUSI NUTRIEN AMONIUM DAN  
ORTOFOSFAT DARI SEDIMEN  $\text{CaCO}_3$  DALAM  
EKOSISTEM LAMUN



OLEH

RUSLAN ABDULLAH

87 03 159



PERPUSTAKAAN PUSAT UNIV. HASANUDDIN	
Tgl. terima	14-02-94
Asal dari	-
Penyakit	1 (sangat elok)
Halus	1 (sangat)
No. Inventaris	2407/1001
No. Kas	

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN

1994

# SKRIPSI

Oleh

RUSLAN ABDULLAH

B7 03 159



FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

1994

STUDI IN VITRO DIFUSI NUTRIEN AMONIUM DAN ORTOFOSFAT  
DARI SEDIMEN  $\text{CaCO}_3$  DALAM EKOSISTEM LAMUN

OLEH  
RUSLAN ABDULLAH

87 03 159

Skripsi untuk melengkapi tugas dan  
memenuhi syarat untuk memperoleh  
gelar sarjana

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN

1994


PANITIA UJIAN SARJANA  
JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN

TIM PENGUJI

DR. ABDUL RAUF PATONG	(K E T U A)
DRS. HANAPI USMAN, MS	(SEKERTARIS)
G U N A N T O	( ANGGOTA )
DR. ALFIAN NOOR, MSc	(EX, OFFICIO)
DRS. SYARIFUDDIN LIONG	(EX, OFFICIO)
DRS. JOHAN STAPEL	(EX, OFFICIO)

STUDI IN VITRO DIFUSI NUTRIEN AMONIUM DAN ORTOFOSFAT  
DARI SEDIMEN  $\text{CaCO}_3$  DALAM EKOSISTIM LAMUN

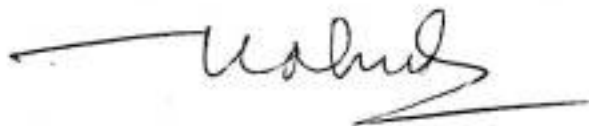
Disetujui oleh  
Pembimbing Utama



DR. ALFIAN NOOR, MSC.

NIP. 130 520 684

Pembimbing Pertama



DRS. SYARIFUDDIN LIONG

NIP. 130 523 618

Pembimbing Kedua



DRS. JOHAN STAPEL

Pada tanggal, 3. Februari 1999

## UCAPAN TERIMA KASIH

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah Rabbul Alamin karena berkat limpahan rahmat, taufik dan hidayahNya yang membuat penulis mampu mengusahakan dengan segala tenaga dan pikiran, sehingga tugas akhir dan penulisan laporan resmi bentuk skripsi dalam bidang Kimia Analisis pada jurusan Kimia FMIPA UNHAS telah penulis berhasil wujudkan.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada Bapak Dr. Alfian Noor, MSc. sebagai pembimbing utama sekaligus penasehat akademik, Bapak Drs. Syarifuddin Liong sebagai pembimbing Pertama, dan Bapak Drs. Johan Stapel sebagai pembimbing kedua atas segala bimbingannya selama penulis menuntut ilmu dan melakukan penelitian hingga akhir penulisan laporan ini serta segala fasilitas dan kepercayaan yang diberikan serta bimbingan praktis baik di dalam maupun di luar kuliah dan laboratorium yang dirasakan penulis sebagai suatu pengalaman yang paling berharga.

Secara khusus penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Abdul Rauf Patong sebagai ketua tim penguji,  
Bapak Drs. Hanapi Usman, MS sebagai sekretaris serta

Bapak Gunanto selaku anggota panitia ujian lengkap sarjana.

2. Segenap staf Dosen dan Pegawai FMIPA khususnya di Jurusan Kimia atas bantuan dan dorongan moril yang diberikan.
3. Yayasan Supersemar atas bantuan materil kepada penulis selama studi di Jurusan Kimia FMIPA UNHAS.
4. Pamanda Drs. H. Usman Bandang dan Kakanda Ir. Hamkah Abdullah yang senangtiasa memberikan arahan dan motivasi sejak penulis mulai duduk di bangku sekolah hingga ujian lengkap sarjana.
5. Sahabat di Jurusan Kimia yang penulis rasakan begitu banyak bantuannya dalam penelitian ini yaitu Saudara Khairuddin, Ahmad Syahrur, Syahril, Syahrudin Kasim, Miswar, Usman, A. Rahman HS, dan Hendrikus yang dengan caranya masing-masing telah ikut mengarahkan penulis.

Akhirnya, dengan rasa hormat dan kerendahan hati, penulis ucapkan terima kasih kepada kedua Orang tua tercinta atas doa restu dan bimbingan mereka selama ini. Semoga keberhasilan penulis menyelesaikan studi di Jurusan Kimia Fakultas MIPA ini mendapat ridho dari Allah dalam meraih masa depannya yang cerah, Amin.

Ujung pandang, Januari 1994

*P e n u l i s*

## A B S T R A K

Telah dilakukan analisa kuantitatif senyawa nitrogen dalam bentuk amonium dan senyawa fosfor bentuk ortofosfat dengan menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis. Selain itu juga dilakukan studi mengenai distribusi amonium dan ortofosfat dan kecepatan difusi dari sedimen kalsium karbonat ke air kolom. Pengaruh mikroorganismenya pada proses difusi diteliti dengan cara sterilisasi atau menambah asam kafeat pada air kolom.

Kadar amonium terendah diperoleh pada sedimen kering dengan air laut sebagai air kolom yaitu 18,4  $\mu\text{M}$  dan kadar amonium tertinggi adalah 25,1  $\mu\text{M}$  terdapat pada sedimen steril dengan air laut yang ditambahkan asam kafeat sebagai air kolom. Kemudian kadar ortofosfat terendah adalah 55,5  $\mu\text{M}$  pada sedimen kering dengan air laut sebagai air kolom dan kadar tertinggi adalah 112,7  $\mu\text{M}$  terdapat pada sedimen steril dengan air laut yang ditambahkan asam kafeat sebagai air kolom. Ternyata mikroorganismenya mengkonsumsi nutrisi untuk kelangsungan hidupnya, dan karena itu hasil dari eksperimen dengan mikroorganismenya lebih rendah daripada yang tidak ada mikroorganismenya.



## A B S T R A C T

A quantitative photospectrometric UV-Vis analysis of ammonium and phosphate has been carried out. The distribution in and the diffusion rate of ammonium and phosphate in and from calcium carbonate sediment to water column was investigated. The influence of microorganisms on the diffusion measurements was established by using sterile sediment and artificial seawater with caffeic acid to create a microorganism free environment which was compared with non microorganism free experimental setups.

Lowest ammonium in the water column in response to diffusion appeared from the experiments using dried sediment and artificial seawater ( $18.4 \mu\text{M}$ ) whereas the highest concentration was found when sterilised sediment was used in combination with artificial seawater with caffeic acid ( $25.1 \mu\text{M}$ ). For phosphate these values were  $55.5 \mu\text{M}$  and  $112.7 \mu\text{M}$  respectively. Apparently microorganisms assimilate a certain amount of nutrients which is the cause of a lower diffusion rate measured in the experiments that contain microorganisms compared with the microorganisms free experiments.

# DAFTAR ISI

	Halaman
UCAPAN TERIMA KASIH .....	iv
ABSTRAK .....	vi
ABSTRACT .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR LAMPIRAN .....	xi
<b>BAB I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang Penelitian .....	1
B. Maksud dan Tujuan Penelitian .....	4
1. Maksud Penelitian .....	4
2. Tujuan Penelitian .....	5
C. Manfaat Penelitian .....	5
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>6</b>
A. L a m u n .....	6
B. Nitrogen .....	7
C. F o s f o r .....	9
D. Metode Pengukuran .....	15
1. Pengukuran Kadar Nitrogen .....	15
a. Ringkasan Metode Pengukuran Amonium .....	15
b. Pengganggu dalam Pengukuran Amonium .....	15
2. Pengukuran Kadar Fosfor .....	17
a. Ringkasan Metode Pengukuran Ortofosfat .....	17
b. Pengganggu dalam Pengukuran Ortofosfat .....	19

E.	Spektrofotometri Serapan Ultra Violet-Visible .....	20
1.	Prinsip Dasar .....	20
2.	Instrumentasi Spektrofotometer UV-vis .....	21
3.	Keuntungan dan Kekurangan Spektrofotometer UV-Vis .....	22
<b>BAB III.</b>	<b>POLA PENELITIAN .....</b>	<b>24</b>
A.	Penentuan Lokasi Pengambilan Contoh ....	24
B.	Pengambilan Contoh .....	26
C.	Perlakuan Contoh .....	26
D.	Penegasan Istilah .....	26
E.	Analisis Kadar .....	27
1.	Pengerjaan Contoh .....	27
2.	Waktu Analisis .....	27
3.	Analisis Secara Spektrofotometri UV - Vis .....	27
E.	Analisis Data .....	27
F.	Penarikan Kesimpulan .....	28
<b>BAB IV.</b>	<b>ALAT, BAHAN, DAN PROSEDUR KERJA .....</b>	<b>29</b>
A.	Alat-alat yang Digunakan .....	29
B.	Bahan-bahan yang Digunakan .....	30
C.	Prosedur Analisis .....	30
1.	Analisis Amonium .....	30
a.	Pembuatan Pereaksi .....	30
b.	Penentuan Panjang Gelombang Maksimum .....	32
c.	Penentuan Daerah Kadar Pengukuran .....	32
d.	Penentuan Besarnya Difusi Amonium oleh Sedimen $\text{CaCO}_3$ .....	33
e.	Prosedur .....	35

2. Analisis Ortofosfat .....	36
a. Pembuatan Pereaksi .....	36
b. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum .....	38
c. Penentuan Daerah Kadar Pengukuran .....	38
d. Penentuan Besarnya Difusi Ortofosfat oleh Sedimen $\text{CaCO}_3$ .....	39
e. Prosedur .....	40
3. Analisis Data .....	41
A. Penentuan Daerah Kadar Pengukuran .....	41
B. Penentuan Kecepatan Difusi .....	43
<b>BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>45</b>
A. Kadar dan Kecepatan Difusi Amonium .....	45
B. Kadar dan Kecepatan Difusi Ortofosfat ...	49
<b>BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>53</b>
A. Kesimpulan .....	53
B. S a r a n .....	54
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>55</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
I. Siklus Biogeokimia Nitrogen .....	9
II. Siklus Biogeokimia Fosfor .....	11
III. Distribusi Ion Fosfat Sebagai Fungsi pH .....	13
IV. Instrumentasi Spektrofotometer Tipikal .....	22
V. Peta Lokasi Pengambilan Contoh .....	25
VI. Grafik hubungan antara waktu Difusi dengan kadar amonium .....	46
VII. Diagram hubungan antara waktu difusi amonium dengan kecepatan difusi .....	47
VIII. Grafik hubungan antara Waktu Difusi dengan kadar ortofosfat .....	50
IX. Diagram hubungan antara waktu difusi Ortofosfat dengan kecepatan difusi .....	51
X. Grafik Persamaan garis regresi antara kadar Amonium terhadap serapan .....	59
XI. Grafik persamaan garis regresi antara kadar ortofosfat terhadap serapan .....	65

## DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1. Kadar Amonium hasil Difusi .....	45
Tabel 2. Kecepatan Difusi Amonium .....	46
Tabel 3. Kadar Ortofosfat hasil Difusi .....	49
Tabel 4. Kecepatan Difusi Ortofosfat .....	50

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. PENENTUAN DAERAH KADAR PENGUKURAN AMONIUM .....	58
2. HASIL PENGUKURAN DAN PERHITUNGAN AMONIUM UNTUK SAMPel I .....	60
3. HASIL PENGUKURAN DAN PERHITUNGAN AMONIUM UNTUK SAMPel II .....	61
4. HASIL PENGUKURAN DAN PERHITUNGAN AMONIUM UNTUK SAMPel III .....	62
5. HASIL PENGUKURAN DAN PERHITUNGAN AMONIUM UNTUK SAMPel IV .....	63
6. PENENTUAN DAERAH KADAR PENGUKURAN ORTOFOSFAT ...	64
7. HASIL PENGUKURAN DAN PERHITUNGAN ORTOFOSFAT UNTUK SAMPel I .....	66
8. HASIL PENGUKURAN DAN PERHITUNGAN ORTOFOSFAT UNTUK SAMPel II .....	67
9. HASIL PENGUKURAN DAN PERHITUNGAN ORTOFOSFAT UNTUK SAMPel III .....	68
10. HASIL PENGUKURAN DAN PERHITUNGAN ORTOFOSFAT UNTUK SAMPel IV .....	69
11. TABEL KOEFISIEN KORELASI $r$ .....	70



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### A. Latar Belakang Penelitian

Lamun adalah angiospermae laut yang berada di bawah permukaan air, dapat mencegah terjadinya pendangkalan perairan di sepanjang pantai. Tanaman lamun termasuk ekosistem perairan yang paling produktif di dunia. Lamun dapat memberikan perlindungan dan makanan bagi beberapa organisme, serta dapat membentuk daerah penghalang erosi sedimen dari daratan. Di samping itu tanaman lamun dapat berinteraksi dengan ekosistem sekitarnya<sup>8)</sup>.

Indonesia yang sebagian besar wilayahnya merupakan laut, kaya akan sumber daya hayati dan non hayati laut. Sumber daya hayati laut terdiri atas hewan dan tumbuhan laut itu merupakan organisme yang membutuhkan nutrisi untuk kelangsungan hidupnya. Hewan dapat memperoleh nutrisi dari tumbuhan, hewan dan lingkungan sekitarnya secara langsung sebagai senyawa organik.

Nutrien merupakan salah satu faktor penting dalam proses kehidupan flora maupun fauna, termasuk proses kehidupan flora dan fauna laut untuk pertumbuhan dan perkembangan populasi organisme laut



seperti bakteri, phitoplankton dan tumbuh-tumbuhan yang bergantung pada ketersediaan nutrien. Masuknya sinar matahari ke dalam air laut, menyebabkan terjadinya proses fotosintesis pada tumbuhan laut, seperti halnya proses fotosintesis tumbuhan di daratan. Amonium, nitrat dan fosfat merupakan senyawa yang penting diserap oleh organisme. Senyawa tersebut merupakan sumber nitrogen dan fosfor bagi organisme fototropik yang tumbuh di laut.

Studi mengenai transformasi, pertukaran dan dinamika unsur nitrogen dan fosfor di laut sangat penting, bila dikaitkan dengan ketersediaan unsur tersebut bagi organisme yang hidup di laut. Nitrat dan amonium merupakan senyawa yang dihasilkan dari aktivitas mikrobiologis nitrogen yang merupakan unsur utama pada air laut<sup>12)</sup>. Sedangkan unsur fosfor berada dalam 3 bentuk yang berbeda, yaitu fosfor anorganik terlarut, fosfor organik terlarut dan fosfor partikulat. Sumber utama unsur nitrogen dan fosfor di laut berasal dari endapan terestrial yang mengalami erosi dan pupuk pertanian yang dibawa oleh aliran sungai. Di samping hal tersebut, nitrogen dan fosfor dalam lingkungan laut juga mengalami siklus yang meliputi (1) interaksi antara suatu organisme dengan organisme lain, (2) antara organisme itu

sendiri, dan (3) organisme dengan lingkungannya<sup>9)</sup>.

Siklus nitrogen dan fosfor mempertahankan persediaan nitrogen dan fosfor bagi organisme. Hal ini penting pada lingkungan laut yang jauh dari daerah pantai, karena tidak adanya sumber nitrogen dan fosfor yang dibawa air dari daratan atau sumber nutrisi lainnya. Siklus nitrogen dan fosfor dapat juga terjadi dalam sedimen laut. Hal ini menyebabkan banyak mikroorganisme dapat hidup dalam sedimen, seperti mikrobentos, meibentos dan makrobentos<sup>19)</sup>. Siklus tersebut menjadi penting terutama pada lapisan sedimen yang jauh dari permukaannya, karena lapisan sedimen tersebut tidak mendapat masukan unsur nutrisi yang terdapat dalam air kolom. Dengan adanya siklus nitrogen dan fosfor, maka keberadaan unsur nitrogen dan fosfor dapat dipertahankan sehingga dapat diambil oleh mikroorganisme sebagai mikronutrien untuk kelangsungan hidupnya.

Pada daerah yang mempunyai sedimen kalsium karbonat, keberadaan nitrogen dan fosfor dalam ekosistem lamun dipengaruhi oleh adsorpsi dan difusi. Hemminga dkk (1991)<sup>6)</sup> menjelaskan bahwa jumlah nutrisi yang terdapat dalam ekosistem lamun tergantung dari keseimbangan antara pemasukan dan pengeluaran. Bagian dari pengolahan kembali nitrogen

dan fosfor dapat dilakukan oleh tumbuhan itu sendiri melalui dekomposisi dan mineralisasi oleh komunitas lamun tersebut. Dengan indikasi tersebut diduga bahwa selama proses dekomposisi dalam sedimen akan terjadi perubahan konsentrasi antara lapisan sedimen dan air kolom, sehingga memungkinkan terjadi proses difusi.

Banyak metode yang dapat digunakan untuk menentukan kadar nitrogen dan fosfor. Untuk nitrogen dengan kadar yang sangat rendah, metode yang paling sering digunakan adalah metode kolorimetri dengan pereaksi Nessler; dan fosfor dengan kadar yang sangat rendah digunakan metode kolorimetri reduksi asam askorbat. Dalam penelitian ini dicoba kedua metode tersebut yaitu metode Nessler untuk analisis nitrogen dan metode kolorimetri reduksi asam askorbat untuk analisis fosfat<sup>1,10,20</sup>).

## **B. Maksud dan Tujuan Penelitian**

### **1. Maksud Penelitian**

- a. Melihat distribusi dan dinamika ion amonium dan ortofosfat dalam ekosistem lamun.
- b. Melakukan analisis ion amonium dan ion ortofosfat hasil difusi dari sedimen kalsium karbonat.

## 2. Tujuan Penelitian

- a. Menentukan besarnya difusi ion amonium dan ion ortofosfat oleh sedimen kalsium karbonat dalam ekosistem lamun.
- b. Menentukan kadar ion amonium dengan metode kolorimetri Nessler dan ion ortofosfat dengan metode kolorimetri reduksi asam askorbat.

## C. Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian ini dapat memberikan informasi tentang kadar nitrogen dan fosfor pada air kolom hasil difusi sedimen kalsium karbonat dalam ekosistem lamun dan pengaruh mikroorganisme yang ada dalam air kolom dan dalam sedimen kalsium karbonat sebagai salah satu penyebab rendahnya kadar nitrogen dan fosfor di laut.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. L a m u n

Seagrass (Indonesia lamun dan bukan rumput laut) adalah tumbuhan berharga yang hidup diperairan laut dangkal dan dapat ditemukan di seluruh tempat di dunia kecuali di daerah kutub. Lamun tidak sama persis dengan rumput, tetapi mereka menyerupai dan memiliki beberapa persamaan dalam lingkaran biologis kehidupan mereka. Lamun biasanya berbentuk padang rumput yang padat dan menyerupai padang ilalang atau rumput darat. Lamun adalah tumbuhan berpembuluh yang terdiri atas akar, batang dan daun yang dapat mengantar makanan untuk pertumbuhan. Oleh karena sistem ini, lamun tumbuh di pasir atau lumpur yang dapat menggunakan nutrisi dengan konsentrasi tinggi pada dasar laut. Tumbuhan tersebut dikenal penting dalam menstabilkan sedimen, dengan demikian mengurangi proses erosi di daerah pantai dan sekitar terumbu karang yang mungkin timbul oleh arus yang kuat dan angin kencang. Lamun dapat menyerap makanan dari air melalui daun seperti alga dan dari sedimen seperti tumbuhan darat. Tumbuhan ini penting disebabkan produktivitasnya yang tinggi dan menyediakan

makanan bagi beberapa organisme laut serta merupakan tempat berteduh dan berlindung hewan di laut.

## B. Nitrogen

Nitrogen yang terdapat di atmosfer merupakan hasil dari proses denitrifikasi senyawa amonium dan nitrat berasal dari bahan yang terdapat pada permukaan bumi. Panas yang terjadi pada permukaan bumi menyebabkan nitrogen yang sebagian besar berupa amonia menguap ke udara dan bersenyawa dengan oksigen membentuk gas nitrogen.

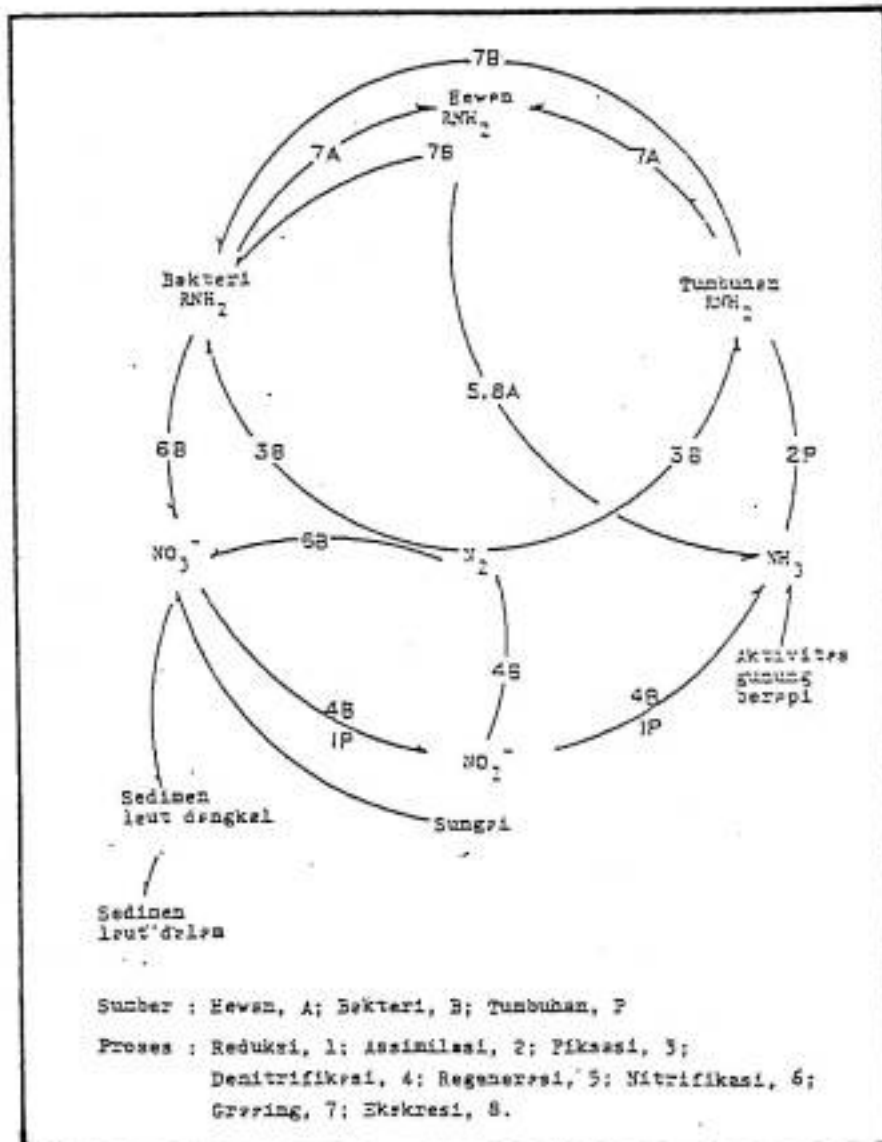
Gas nitrogen atmosfer dicirikan oleh tiga ikatan atom-atom nitrogen yang tahan terhadap reaksi dengan unsur-unsur lainnya. Proses konversi ( $N_2$ ) menjadi bentuk-bentuk yang dapat digunakan pada tumbuhan berpembuluh adalah fiksasi nitrogen. Fiksasi nitrogen disebabkan oleh mikroorganisme serta peristiwa atmosfer tertentu, termasuk kilat. Bakteri denitrifikasi dalam tanah mengubah nitrogen yang tersedia kembali menjadi  $N_2$  dalam proses yang disebut denitrifikasi. sehingga proses denitrifikasi bertanggung jawab atas ketersediaan nitrogen di atmosfer dan proses fiksasi merupakan proses yang bertanggung jawab ketersediaan nitrogen dalam tanah dan air<sup>7)</sup>.

Nitrogen dalam ekosistem laut secara umum dapat dibagi dalam dua bentuk yaitu bentuk organik dan anorganik. Bentuk organik merupakan yang terbesar. Bentuk anorganik terdapat sebagai senyawa amonium, nitrit, nitrat,  $N_2O$ ,  $NO$  dan gas  $N_2$ . Bentuk  $N_2O$  dan  $NO$  merupakan bentuk yang hilang dalam bentuk gas akibat proses denitrifikasi<sup>14)</sup>.

Tanaman menyerap nitrogen terutama dalam bentuk amonium dan nitrat. Ion-ion ini dalam ekosistem laut berasal dari pupuk pertanian yang dibawa oleh aliran air sungai serta dekomposisi bahan organik yang jumlahnya tergantung dari jumlah pupuk yang ikut dalam aliran sungai dan kecepatan dekomposisi dari bahan organik tersebut.

Berbagai macam bentuk siklus biogeokimia nitrogen telah dikemukakan oleh para ilmuwan kelautan yang pada dasarnya hampir semua penjelasannya adalah ekosistem tumbuhan merupakan ekosistem yang dapat mensiklus ulang energi dan nutrien<sup>5,7,9,14)</sup>.

Keberadaan nitrogen di air laut mengalami siklus seperti skematik yang dapat dilihat pada gambar I. Siklus bakteri, tumbuhan, hewan dan proses fisik ditandai dengan angka. Huruf digunakan untuk menunjukkan sumber dari berbagai bentuk nitrogen.



Gambar I. Siklus Biogeokimia Nitrogen  
Sumber : Vacaro, *Marine Chemistry*

### C. Fosfor

Fosfor (P) ditemukan tahun 1669 oleh Henning Brandt<sup>16)</sup> dengan mengisolasinya dari air kemih. Dalam tahun yang sama Schöek memperolehnya dari tulang. Sebagian besar fosfor bersumber dari pelapukan batuan dan mineral-mineral yang mengandung fosfor

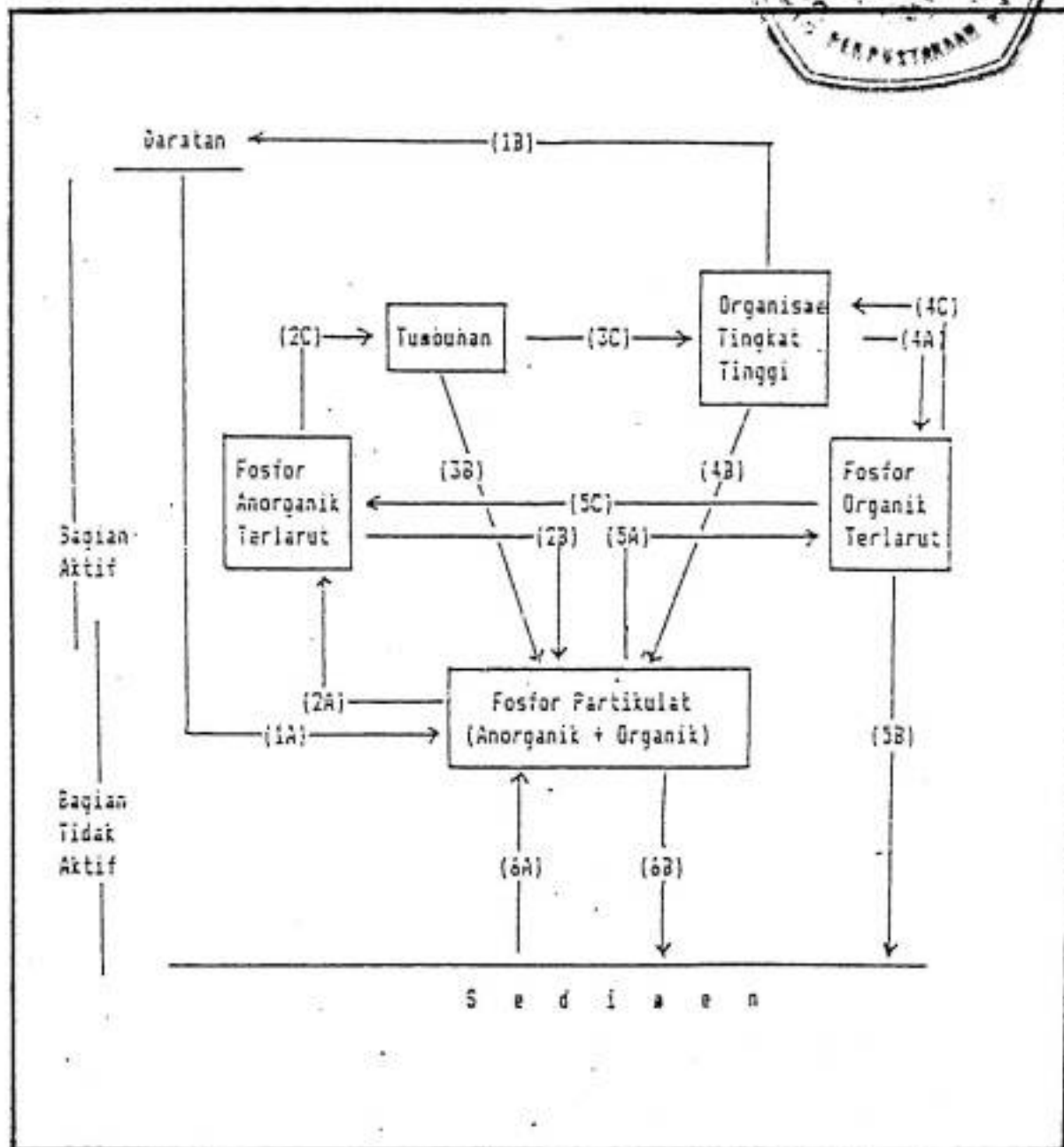


yang terdapat pada kerak bumi. Walaupun demikian masih terdapat juga fosfor dari sumber lain, seperti guano, air sungai, di mana kontribusi fosfornya relatif sangat rendah.

Fosfor terdapat dalam 3 kelompok persenyawaan, yaitu sebagai fosfor anorganik terlarut, fosfor organik terlarut, dan partikulat fosfor yang perbandinganannya dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan laut seperti geografis, musim, suhu, pengaruh geologi yang ada disekitarnya, serta proses biologis yang terjadi dalam lingkungan laut<sup>19)</sup>.

Keberadaan fosfor di lingkungan laut mengalami siklus seperti halnya dengan unsur nutrien lainnya. Siklus fosfor ini dapat dilihat secara skematik (gambar II. Siklus dibagi dalam 3 kategori (ditunjukkan oleh simbol A, B, dan C).<sup>9)</sup>

- A. Penambahan fosfor ke bagian aktif ("active pool") (oleh pemasukan, regenerasi, pembusukan, pelarutan kembali, atau gerak turbulen).
- B. Pemindahan fosfor dari bagian aktif (oleh pengendapan atau perpindahan secara fisika).
- C. Penarikan atau pemekatan fosfor oleh makhluk hidup (pemakai atau pengurai).



Gambar II. Siklus Biogeokimia Fosfor<sup>9)</sup>  
 Sumber : Vacaro, *Marine Chemistry*

Secara ringkas, siklus fosfor dapat diterangkan sebagai berikut :

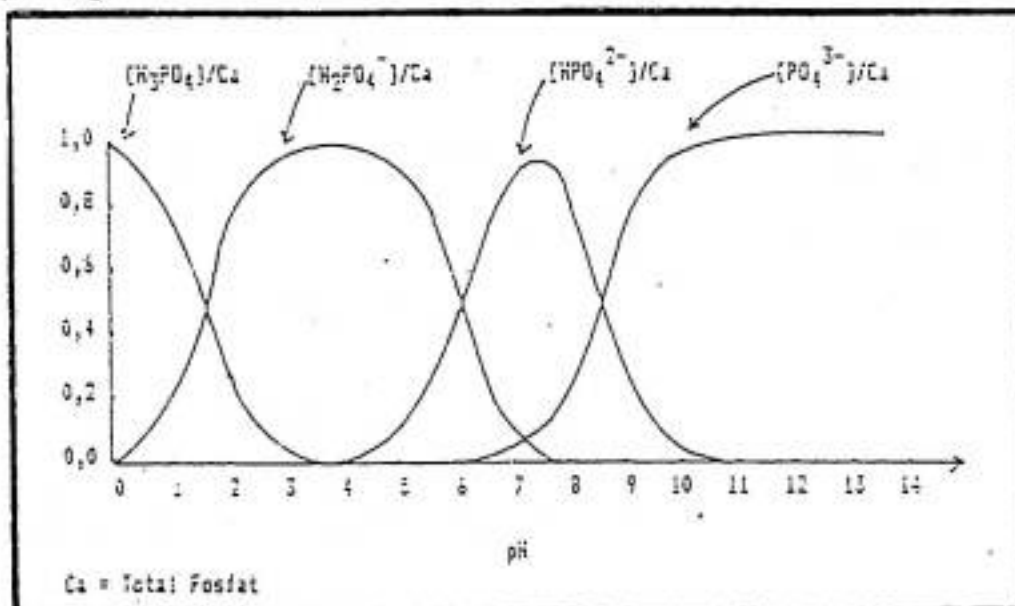
1. Pelepasan fosfor ke laut dari endapan terestrial karena erosi yang dibawa oleh aliran air sungai dalam bentuk fosfor partikulat (baik anorganik

maupun organik). Di samping itu manusia menggunakan fosfor dalam sabun pencuci dan dalam pupuk pertanian yang kemudian terbuang sebagai limbah dan masuk ke laut melalui sungai (1A pada gambar II). Pemasukan ini dapat dikatakan sebagai proses satu arah karena hanya sebagian kecil saja yang dikembalikan ke darat (1B).

2. Fosfor anorganik terlarut dipertahankan oleh (2A) pelarutan kembali fosfor partikulat anorganik atau (5C) hidrolisis dari senyawa fosfor organik terlarut, (2B) pengendapan menjadi fosfor yang tidak larut, atau (2C) pengambilan oleh tumbuhan.
3. Tumbuhan dikonsumsi oleh organisme tingkat yang lebih tinggi ("higher organisms") (3C) atau mati dan terurai menjadi fosfor partikulat (3B) dan akhirnya dihasilkan fosfor anorganik terlarut (2A).
4. Organisme selain tumbuhan mengekskresi senyawa organik terlarut (4A). Bakteri mengambil senyawa ini (4C) dan melepaskan senyawa fosfor lainnya (4A). Akhirnya, kematian dari organisme ini menghasilkan fosfor partikulat sebagai "detritus"-nya (4B).
5. Senyawa fosfor organik terlarut juga dihasilkan oleh peruraian dari detritus organik (5A) atau tertimbun dalam sedimen (5B).

6. Akhirnya, fosfor partikulat turun ke sedimen (6B) atau tertarik dari permukaan sedimen ke bagian aktif oleh gerak turbulen (6A). Sebagai tambahan, fosfat anorganik juga dihasilkan dari bagian siklus sulfur atau dari pelarutan fosfor partikulat<sup>9)</sup>.

Fosfor anorganik terlarut sebagian besar berada dalam bentuk ion ortofosfat. Ion ortofosfat ini terdisosiasi menjadi 3 bentuk yang berbeda, dengan jumlah terbanyak berturut-turut adalah  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  dan  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ . Sedangkan fosfat dalam bentuk  $\text{H}_3\text{PO}_4$  yang tidak terdisosiasi jumlahnya sangat sedikit dan dapat diabaikan<sup>19)</sup>. Perbandingan jumlah ion ortofosfat ini sesuai dengan grafik distribusi ion-ion fosfat sebagai fungsi pH. pH air laut adalah antara 7,2 sampai 8,4 (gambar III).



Gambar III. Distribusi ion-ion fosfat sebagai fungsi pH<sup>2)</sup>.

Sumber : Analisa kimia Kuantitatif

Fosfat dengan mudah dihidrolisis dari senyawa organik pada pH alkalis dari air laut atau oleh oleh enzim fosfatase yang terdapat pada bakteri dan pada permukaan beberapa jenis fitoplanton, terutama pada lingkungan yang fosfat anorganiknya rendah.

Fraksi lain dari fosfat terlarut yang sebagian berbentuk koloid, terdiri atas ester fosfat organik yang berasal dari organisme hidup. Fraksi ini di samping merupakan hasil ekskresi organisme, juga terbentuk dari hasil autolisis organisme yang mati. Di samping ketiga kelompok senyawa fosfor di atas, dikenal juga senyawa polifosfat, fosfin ( $\text{PH}_3$ ), dan fosfid ( $\text{P}^{3-}$ ). Polifosfat merupakan senyawa gabungan atau polimer dari ortofosfat dan memiliki bobot molekul yang bervariasi. Senyawa ini disintesis oleh organisme. Walaupun polifosfat banyak terdapat dalam sel tetapi hanya sedikit ditemukan secara alami dalam air laut, dan ini pun jarang terjadi sehingga jumlahnya di alam sangat kecil<sup>19)</sup>.

#### D. Metode Pengukuran

##### 1. Pengukuran kadar nitrogen<sup>15)</sup>.

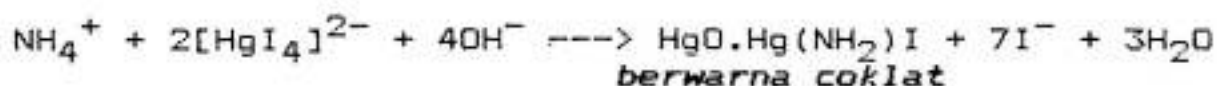
Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk menentukan kadar amonium dalam air diantaranya :

- a. metode destilasi
- b. metode Nessler
- c. metode kolorimetri phenot secara otomatis
- d. metode elektrode

Semua metode di atas berdasarkan reaksi yang spesifik untuk ion amonium. Pada penelitian ini akan digunakan metode Nessler dan diukur dengan menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis.

**a. Ringkasan Metode Pengukuran Amonium<sup>1,10,15,20</sup>).**

Dalam penelitian ini digunakan metode kolorimetri dengan pereaksi Nessler. Metode ini berdasarkan reaksi amonium dengan pereaksi Nessler dalam suasana basa membentuk kompleks merkuri(II)amidoiodida basa.



Reaksi menghasilkan larutan berwarna kuning coklat. Intensitas warna yang terjadi berbanding lurus dengan konsentrasi ion amonium yang ada dalam sampel sesuai hukum Lambert-Beer, yang kemudian ditentukan secara spektrofotometer.

**b. Pengganggu dalam Pengukuran Amonium<sup>1,15</sup>).**

Gangguan pada analisis Nessler adalah kekeruhan dan warna. Pada analisis Nessler tanpa destilasi harus ditambah dengan  $\text{ZnSO}_4$  dan  $\text{NaOH}$  untuk mencegah gangguan

ion Ca, Mg, Fe, dan Sn yang dapat menimbulkan kekeruhan, dengan tambahan larutan basa dan  $ZnSO_4$ , ion-ion tersebut akan mengendap.

Di samping ion-ion pengganggu tersebut di atas, beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan kadar amonium, adalah :

- 1) Jika mungkin, contoh harus segera ditentukan kadarnya setelah diambil. Hal ini untuk mencegah perubahan kadar amonium selama penyimpanan akibat aktifitas mikroorganisme yang ada dalam contoh. Jika penentuan kadar amonium tidak dapat segera dilakukan sehingga contoh harus disimpan maka aktifitas mikroorganisme harus dihentikan. Pendinginan atau penambahan sublimat ke dalam contoh dapat menghentikan aktifitas mikroorganisme.
- 2) Karena kadar amonium dalam air laut biasanya sangat rendah, sehingga pelarut yang digunakan harus benar-benar bebas dari amonium. Untuk itu digunakan air demineralisasi sebagai pelarut.
- 3) Wadah penyimpanan contoh dan alat-alat yang digunakan harus terlebih dahulu dibebaskan dari amonium yang mungkin melekat pada permukaannya dengan membasahinya dengan HCl encer dan dibiarkan beberapa saat. Setelah itu dibilas dengan air demineralisasi dan dikeringkan.

## 2. Pengukuran Kadar Fosfor<sup>15)</sup>.

Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk menentukan kadar fosfat dalam air, misalnya :

- a. metode kolorimetri reduksi asam askorbat
- b. metode kolorimetri reduksi asam amino
- c. metode kolorimetri molibdivanadofosfat

Semua metode di atas berdasarkan reaksi yang spesifik untuk ion ortofosfat. Dua metode yang pertama digunakan untuk kadar fosfat yang rendah, sedangkan metode yang ketiga untuk kadar fosfat yang cukup tinggi. Ketiga metode tersebut di atas diukur menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis.

### a. Ringkasan Metode Pengukuran Ortofoafat<sup>1,10,15,20)</sup>.

Dalam penelitian ini digunakan metode kolorimeter reduksi asam askorbat. Metode ini diambil dari metode **Murphy dan Riley** untuk kadar ortofosfat yang sangat rendah pada kadar 0,01 - 0,5 mg/Liter. Metode ini berdasarkan reaksi ortofosfat dalam suasana asam dengan amonium molibdat membentuk kompleks amonium molibdofosfat. Kompleks ini akan direduksi oleh asam askorbat menjadi molibdenum biru. Molibdenum biru adalah senyawa yang tidak dapat didefinisikan dengan pasti, dan secara umum mempunyai rumus  $\text{MoO}_{2,5} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ .



Reaksi di atas harus dilakukan pada kondisi yang sudah ditetapkan dengan teliti termasuk keasaman, suhu dan jumlah pereaksi amonium molibdat yang digunakan. Sisa dari amonium molibdat sesudah reaksi di atas cenderung menjadi bagian dari molibdenum biru. Oleh karena itu waktu reduksi harus diperhatikan.

Metode ini hanya akan mendeteksi ortofosfat yang berwarna biru. Sedangkan bentuk lain dari unsur fosfor seperti polifosfat dan fosfor organik harus diubah lebih dahulu menjadi ortofosfat. Untuk menentukan kadar total fosfor, maka senyawa fosfor organik perlu diubah menjadi ortofosfat dengan menggunakan asam perklorat.

Intensitas warna yang terbentuk menunjukkan kadar ortofosfat dan diukur dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 690 nm. Menurut Murphy dan Riley penambahan antimonil pada larutan tidak hanya berperan sebagai katalis untuk menghasilkan warna biru, tetapi juga menghasilkan efek bathokromik sekitar 60 nm, sehingga pergeseran pita pada molibdenum biru bisa sampai 710 nm.

**b. Pengganggu dalam Pengukuran Ortofosfat<sup>1,15)</sup>**

Sebanyak 50 ppm besi, 10 ppm tembaga, dan 10 ppm silikat tidak akan mengganggu dalam pengukuran. Silikat dengan kadar 20 kali lebih besar dari fosfor akan menyebabkan kesalahan sampai 1% dan gangguan dari ion nitrit atau sulfida dengan kadar beberapa ppm akan membentuk warna biru sesudah penambahan molibdat. Gangguan ini dapat diperkecil dengan penambahan sedikit larutan kalium permanganat sampai warna merah muda sebelum penambahan molibdat.

Di samping ion-ion pengganggu tersebut di atas, beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan kadar fosfor, adalah :

- 1) Sangat rendahnya kadar fosfor di air laut, maka pelarut yang digunakan harus benar-benar bebas dari ion fosfat. Untuk itu digunakan air demineralisasi sebagai pelarut.
- 2) Wadah penyimpanan contoh dan alat-alat yang digunakan harus bebas fosfat yang mungkin melekat pada permukaannya dengan jalan membasahinya dengan larutan HCl encer dan dibiarkan beberapa saat. Setelah itu dibilas dengan air demineralisasi dan dikeringkan.

- 3) Jika mungkin, contoh harus segera dianalisis dalam waktu 1 - 2 jam setelah pengambilan contoh. Hal ini untuk mencegah perubahan kadar fosfor selama penyimpanan akibat aktifitas mikroorganisme yang ada dalam contoh. Jika penentuan kadar fosfor tidak dapat segera dilakukan sehingga contoh harus disimpan maka aktifitas mikroorganisme harus dihentikan. Pendinginan atau penambahan sublimat ke dalam contoh dapat menghentikan aktifitas mikroorganisme.

## E. Spektrofotometri Serapan Ultra Violet-Visible

### 1. Prinsip dasar

Spektrofotometri serapan ultra violet - visible merupakan salah satu metode analisis kuantitatif yang berdasarkan atas serapan energi radiasi elektromagnetik suatu zat. Banyaknya energi radiasi yang diserap sebanding dengan kepekatan zat penyerap dalam larutan. Spektrofotometri UV-Vis dapat dipakai untuk mengukur percontoh yang kadarnya kecil.

Hubungan antara kepekatan dengan intensitas sinar yang diserap percontoh yang dianalisis dinyatakan oleh hukum Lambert-Beer dalam bentuk persamaan matematik sebagai berikut :

$$\log \frac{P_0}{P} = A = abc$$

di mana :

$P_0$  adalah kuat cahaya sebelum melewati percontoh (kuat cahaya yang datang).

$P$  adalah kuat cahaya setelah melewati percontoh (kuat cahaya yang diteruskan).

$A$  adalah absorbans.

$a$  adalah absortivitas molekul.

$b$  adalah tebal sel (panjang lintasan contoh).

$c$  adalah kepekatan larutan.

Karena  $a$  dan  $b$  nilainya tetap (wadah yang dipakai spesifik), maka  $A$  berbanding lurus dengan  $c$  (kepekatan larutan).

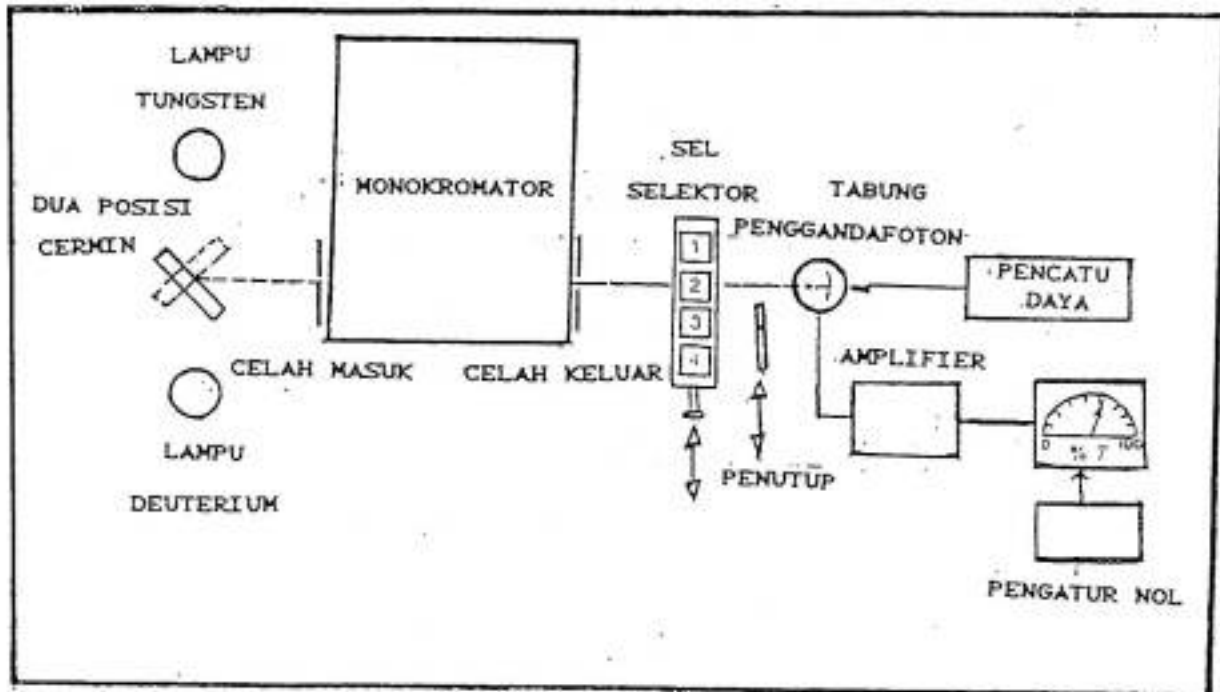
## 2. Instrumentasi Spektrofotometer UV-Vis

Komponen-komponen penting suatu spektrofotometer adalah :

- a. Sumber energi yang menghasilkan cahaya yang berkesinambungan dan meliputi daerah spektrum di mana alat ini bekerja.
- b. Monokromator adalah alat yang dapat mengisolasi suatu berkas sempit dari suatu kisaran panjang gelombang spektrum luas yang didispersikan oleh sumber radiasi.
- c. Wadah untuk percontoh.
- d. Detektor yang merupakan suatu instrumen yang mengubah energi radiasi menjadi isyarat listrik.

- e. Amplifier dan rangkaian lain yang membuat sinyal listrik dapat diamati.
- f. Sistem pembacaan yang menunjukkan besarnya isyarat listrik.

Instrumentasi Spektrofotometer Ultra Violet - Visible dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar IV. Instrumentasi Spektrofotometer Tipikal<sup>13)</sup>  
 Sumber : *Penuntun Kursus Spektrokopi Analitik*

### 3. Keuntungan dan Kekurangan Spketrofotometer UV-Vis

Ada beberapa keuntungan dalam menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk analisis, yaitu :

- a. Kepekaan sangat tinggi, kadang-kadang dapat menentukan konsentrasi kurang dari  $10^{-7}$ M. Suatu spesies molekuler. Dalam kuantitatif kontituen minor pada tingkat mikrogram.

- b. Relatif lebih mudah dan cepat dibanding metode titrimetri dan gravimetri konvensional.
- c. Dapat memberikan data analitik, informasi fundamental tentang struktur molekul dan sifat ikatan kimia.

Kekurangan spektrofotometer karena penyimpangan yang terjadi pada analisis spektrofotometer, antara lain :

- a. Terdapat penyimpangan analisis terhadap hukum Lambert-Beer.
- b. Terjadi kesalahan instrumentasi seperti : variasi sumber tegangan, respons, detektor, bising listrik, dan kedudukan wadah.
- c. Kesalahan manusia seperti pembacaan absorban.

Kendati dapat ditekan, kesalahan total di atas dapat menyebabkan penyimpangan sebesar 0,2 sampai 1%.

### BAB III

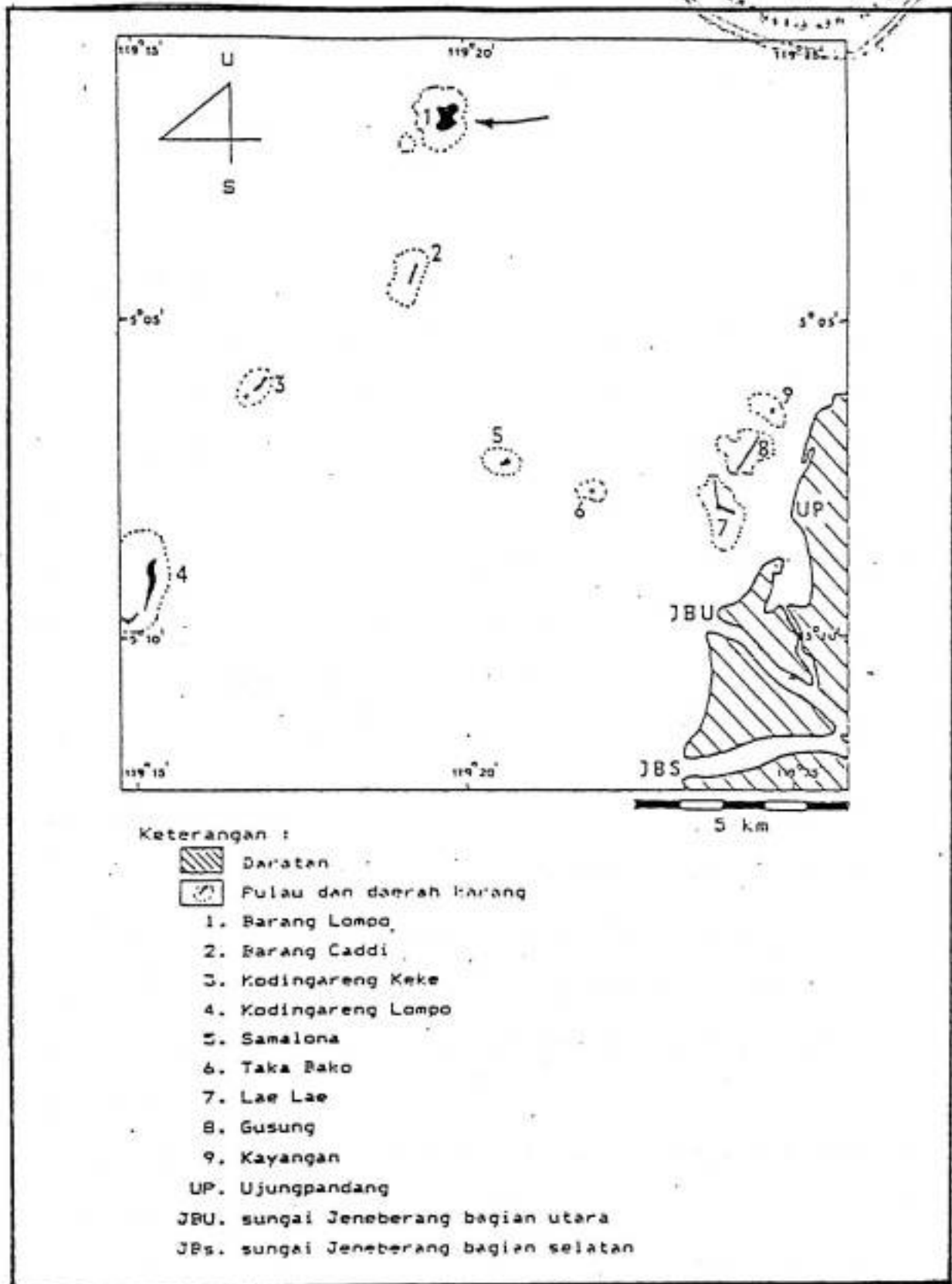
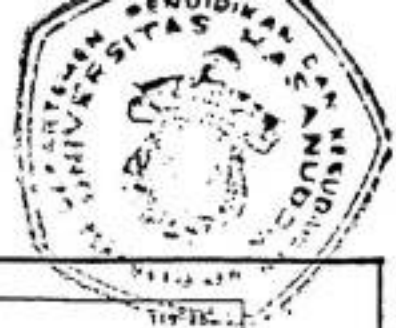
#### POLA PENELITIAN

##### A. Penentuan Lokasi Pengambilan Contoh

Sebelum dilakukan pengambilan contoh sedimen, terlebih dahulu dilakukan observasi lapangan sekaligus penentuan lokasi pengambilan contoh.

Pemasukan unsur nutrien ke laut terbesar berasal dari daratan yang dibawa oleh sungai dalam bentuk endapan terestrial dan limbah pertanian sehingga mempengaruhi distribusi unsur nutrien. Penelitian ini hendak melihat distribusi nitrogen dan fosfor hasil difusi sedimen kalsium karbonat. Untuk itu, contoh sedimen yang hendak ditentukan distribusi unsur nutrien diambil dari daerah yang letaknya jauh dari daratan yang merupakan sumber terbesar dari unsur nutrien.

Pada daerah pesisir Ujung Pandang terutama di muara sungai, konsentrasi unsur nutrien lebih tinggi dan mengalami fluktuasi. Untuk memenuhi syarat-syarat pengambilan contoh di atas, maka dipilih pulau Barrang Lompo yang kadar nutriennya kurang dipengaruhi oleh pemasukan nutrien dari sungai.



Gambar V. Peta lokasi pengambilan contoh



## B. Pengambilan Contoh

Contoh sedimen diambil dengan sekop pada kedalaman 15 cm dari permukaan sedimen. Contoh sedimen yang diambil dibawa ke laboratorium untuk dilakukan perlakuan lebih lanjut.

## C. Perlakuan Contoh

Contoh sedimen dicuci dengan air lalu dikeringkan pada suhu kamar sambil dibersihkan dari kotoran yang ada. Contoh sedimen selanjutnya dipisahkan menjadi dua bagian, yaitu (1) satu bagian dikeringkan pada suhu kamar, dan (2) satu bagian mikroorganisme yang terdapat dalam contoh sedimen tersebut dimatikan atau disterilkan dengan pemanasan dalam oven pada suhu  $150^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam.

## D. Penegasan Istilah

Ada beberapa istilah yang digunakan dalam penelitian yang perlu dijelaskan. Seperti :

Contoh adalah bahan yang diambil dari lokasi pengambilan contoh berupa sedimen kalsium karbonat dan air laut.

Percontoh adalah bahan diambil dari contoh berupa air kolom yang siap untuk dianalisa.

Air kolom adalah air yang berada di atas permukaan sedimen

## E. Analisis Kadar

### 1. Pengerjaan contoh

Contoh yang diambil dari gelas kimia berupa larutan dengan menggunakan alat pengisap kemudian dipindahkan ke tabung reaksi dan ditambah pereaksi. Contoh dianalisis menggunakan pereaksi Nessler untuk ion amonium dan reduksi asam askorbat untuk ion ortofosfat.

### 2. Waktu Analisis

Contoh sedimen diambil dari gelas kimia pada  $t = 0$  jam,  $t = 3$  jam,  $t = 6$  jam,  $t = 9$  jam dan  $t = 24$  jam.

### 3. Analisis Secara Spektrofotometri UV-Vis

Contoh yang berbentuk larutan dianalisis dengan alat spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum.

## F. Analisis Data

Dari hasil analisis baku, dibuat kurva kalibrasi dengan menggunakan persamaan garis regresi. Kurva ini digunakan untuk menentukan kadar contoh dengan cara memplotkan absorban yang diamati pada

kurva tersebut. Kadar contoh yang diperoleh digunakan untuk menentukan kecepatan difusi amonium dan ortofosfat dari  $t_1$  ke  $t_2$  dan seterusnya.

#### **G. Penarikan Kesimpulan**

Dari seluruh hasil pekerjaan di atas dapat ditarik kesimpulan.

## BAB IV

### ALAT, BAHAN, DAN PROSEDUR KERJA

#### A. Alat-alat yang digunakan

1. Spektrofotometer UV-Vis Shimadzu UV-240.
2. Kaca piala 50 mL, 100 mL, dan 600 mL.
3. Kaca erlenmeyer 50 mL.
4. Kaca ukur 25 mL, 50 mL, 100 mL, dan 250 mL.
5. Pipet ukur 5 mL, 10 mL, dan 25 mL.
6. Pipet Gondok 5 mL, 10 mL, dan 25 mL.
7. Labu ukur 50 mL, 100 mL, 500 mL, dan 1000 mL.
8. Mikroburet, merk Assistent
9. Karet pengisap.
10. Botol semprot plastik.
11. Batang pengaduk.
12. Oven, merk Berkel
13. Corong.
14. Neraca analitik, merk Ainsworth
15. Tabung reaksi.
16. Jam tangan, merk Citizent
17. Botol pereaksi
18. Sekop.
19. Label.
20. Tissue.

**B. Bahan-bahan yang digunakan**

- |                                   |           |
|-----------------------------------|-----------|
| 1. Natrium hidroksida p.a.        | E. Merck. |
| 2. Kalium iodida p.a.             | E. Merck. |
| 3. Merkuri (II) iodida p.a.       | E. Merck. |
| 4. Kalium natrium tartrat p.a.    | E. Merck. |
| 5. Amonium klorida p.a.           | E. Merck. |
| 6. Asam sulfat 95 - 97% p.a.      | E. Merck. |
| 7. Asam askorbat p.a.             | E. Merck. |
| 8. Amonium molibdat               | E. Merck. |
| 9. Kalium antimonium tartrat p.a. | E. Merck. |
| 10. Kalium dihidrogenfosfat p.a.  | E. Merck. |
| 11. Natrium klorida p.a.          | E. Merck. |
| 12. Magnesium sulfat p.a.         | E. Merck. |
| 13. Kalium klorida p.a.           | E. Merck. |
| 14. Asam borat p.a.               | E. Merck. |
| 15. Natrium hidrogenkarbonat p.a. | E. Merck. |
| 16. Asam kafeat p.a.              | E. Merck. |
| 17. Air demineralisasi.           |           |

**C. Prosedur Analisis****1. Analisis Amonium****a. Pembuatan pereaksi****1) Larutan natrium hidroksida 9 N.**

Timbang 160 gram natrium hidroksida.

Larutkan dengan air demineralisasi. Masukkan

ke dalam labu ukur 500 mL. Encerkan dan tepatkan volumenya dengan air demineralisasi hingga tanda batas.

## 2) Pereaksi Nessler

Timbang 50 gram Merkuri(II) iodida dan 35 gram kalium iodida dalam air demineralisasi. Tambahkan 250 mL larutan natrium hidroksida 9 N. Masukkan ke dalam labu ukur 500 mL. Encerkan dan tepatkan volumenya dengan air demineralisasi hingga tanda batas. Diamkan larutan tersebut selama 24 jam, dekantasi larutan dari setiap endapan yang mungkin terbentuk. Larutan harus disimpan dalam tempat yang gelap.

## 3) Larutan Kalium Natrium Tartrat

Timbang 150 gram kalium natrium tartrat. Larutkan dengan air demineralisasi. Masukkan ke dalam labu ukur 500 mL. Encerkan dan tepatkan volumenya dengan air demineralisasi hingga batas.

## 4) Larutan Baku Amonium

Pembuatan larutan persediaan  $N-NH_4^+$  1000 ppm.  
Timbang 2,970 gram amonium klorida. Larutkan

dengan air demineralisasi. Masukkan ke dalam labu ukur 1000 mL. Encerkan dan tepatkan volumenya dengan air demineralisasi hingga tanda batas.

**b. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum**

Masukkan 4 mL larutan baku amonium persediaan ke dalam labu ukur 50 ml. Tambahakan 2 mL larutan kalium natrium tartrat kemudian 2 mL pereaksi Nessler. Cukupkan volumenya dengan air demineralisasi hingga tanda batas. Ukur serapannya pada panjang gelombang 300 - 500 nm. Dari hasil serapannya, dibuat grafik panjang gelombang terhadap serapan. ( $\lambda_{maks} = 420 \text{ nm}$ )

**c. Penentuan Daerah Kadar Pengukuran**

- 1) Pembuatan larutan baku  $\text{N-NH}_4^+$  10 ppm. pipet 5 mL larutan  $\text{N-NH}_4^+$  1000 ppm. Masukkan ke dalam labu ukur 500 mL. Encerkan dan tepatkan volumenya dengan air demineralisasi hingga tanda batas.
- 2) Dibuat suatu seri kadar amonium dari baku amonium yang tersedia (0,00, 0,20, 0,40, 0,80, 1,60 dan 2,40 mL) dalam labu ukur 50 mL
- 3) Tambahakan 2 mL pereaksi kalium natrium tartrat, 2 mL pereaksi Nessler kemudian

cukupkan volumenya sampai tanda dengan air demineralisasi.

- 4) Diukur serapannya pada panjang gelombang maksimum.

(Hasil pengamatan pada lampiran 1)

#### d. Penentuan Besarnya Difusi Amonium oleh Sedimen $\text{CaCO}_3$ dari Laut

##### 1) Penyiapan Sedimen $\text{CaCO}_3$ dari Laut

- Sedimen dibersihkan dari kotoran kemudian dikeringkan pada suhu kamar.
- Pisahkan sedimen yang telah kering menjadi dua bagian. Satu bagian dimasukkan ke dalam dua kaca kimia 600 mL sebanyak 300 gram. Satu bagian mikroorganismenya yang ada dalam sedimen dimatikan atau disterilkan dengan pemanasan dalam oven pada suhu  $150^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam. Masukkan sedimen yang telah disterilkan ke dalam dua kaca kimia 600 mL sebanyak 300 gram.
- Beri label  $S_1$  dan  $S_2$  untuk sedimen yang dikeringkan pada suhu kamar.  $S_3$  dan  $S_4$  untuk sedimen yang telah disterilkan.





## 2). Penyiapan Larutan Yang Digunakan

### a) Air Laut Buatan<sup>10)</sup>.

Dalam 1 liter air laut buatan mengandung garam-garam :

- natrium klorida	25,43 gram
- magnesium sulfat	10,00 gram
- kalium klorida	0,70 gram
- asam borat	0,03 gram
- natrium hidrogenkarbonat	0,20 gram

Air laut buatan ini dibuat dengan melarutkan garam-garam tersebut di atas dengan air dalam labu ukur 1 liter.

### b) Larutan Amonium dengan Kadar 100 $\mu\text{mol/liter}$

- Dibuat larutan amonium dengan kadar 10 mmol/liter dengan melarutkan amonium klorida sebanyak 0,534 gram dalam labu ukur 1 liter.
- Masukkan 10 ml larutan tersebut di atas ke dalam labu ukur 1 liter. Encerkan dan tepatkan volumenya dengan air laut buatan hingga tanda batas.

**c) Asam kafeat 1 ppm**

Timbang 1,00 mgram asam kafeat.  
Larutkan dengan air laut buatan.  
Masukkan ke dalam labu ukur 1000 mL.  
Encerkan dan tepatkan volumenya hingga  
tanda batas dengan air laut buatan.

**e. P r o s e d u r**

- 1) Dalam 4 wadah kaca kimia yang telah berisi sedimen  $\text{CaCO}_3$  masing-masing diisi dengan larutan amonium 100  $\mu\text{mol/liter}$  sebanyak 100 mL.
- 2) Aduk dengan batang pengaduk masing-masing kaca kimia tersebut hingga. Diamkan selama 4 jam sampai sampai semua larutan amonium diserap oleh sedimen  $\text{CaCO}_3$ .
- 3) Masukkan air laut buatan 250 mL masing-masing ke dalam kaca kimia  $S_1$  dan  $S_3$ . Sedangkan kaca kimia  $S_2$  dan  $S_4$  adalah air laut buatan yang telah ditambahkan asam kafeat.
- 4) Pipet 5 mL percontoh pada air kolom dalam masing-masing kaca kimia dan pindahkan masing-masing ke dalam tabung reaksi untuk  $t = 0$  jam.

- 5) Tambahkan pereaksi kalium natrium tartrat masing-masing 0,2 mL dan pereaksi Nessler 0,2 mL.
- 6) Ukur serapannya dengan spektrofotometer UV-Vis pada kondisi optimum.
- 7) Pipet kembali larutan dalam gelas kimia untuk  $t = 3$  jam,  $t = 6$  jam,  $t = 9$  jam dan  $t = 4$  jam.

## 2. Analisis Ortofosfat

### a. Pembuatan Pereaksi

#### 1) Larutan Asam Sulfat

Tambahkan 37 mL asam sulfat ke 50 mL air demineralisasi ke dalam labu ukur 100 mL. Encerkan dan tepatkan volumenya dengan air demineralisasi hingga tanda batas.

#### 2) Larutan Kalium Antimonil-tartrat

Timbang dengan teliti 0,340 gram kalium antimonil-tartrat. Larutkan dengan air demineralisasi. Masukkan ke dalam labu ukur 50 mL. Encerkan dan tepatkan volumenya hingga tanda batas dengan air demineralisasi.

#### 3) Larutan Amonium molibdat

Timbang 20,00 gram amonium molibdat. Larutkan dengan air demineralisasi. Masuk-

kan ke dalam labu ukur 50 mL. Encerkan dan tepatkan volumenya dengan air demineralisasi hingga tanda batas.

#### 4) Larutan Asam Askorbat

Timbang 2,70 gram asam askorbat. Larutkan dengan air demineralisasi. Masukkan ke dalam labu ukur 50 mL. Encerkan dan tepatkan volumenya hingga tanda batas dengan air demineralisasi.

#### 5) Reagen Campuran

Campurkan 20 mL larutan amonium molibdat, 50 mL asam sulfat, 20 mL asam askorbat, dan 10 mL kalium antimonil-tartrat.

#### 6) Larutan Baku Ortofosfat

Pembuatan larutan persediaan  $P-PO_4^{-3}$  1000 ppm. Timbang 4,387 gram kalium dihidrogen fosfat, Larutkan dengan air demineralisasi. Masukkan ke dalam labu ukur 1000 mL. Encerkan dan tepatkan volumenya dengan air demineralisasi hingga tanda batas.

**b. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum**

Masukkan 4 mL larutan baku ortofosfat persediaan ke dalam labu ukur 50 mL. Tambahkan 4 mL reagen campuran. Cukupkan volumenya dengan air demineralisasi hingga tanda batas. Ukur serapannya pada panjang gelombang 600 sampai 850 nm. Dari hasil serapannya, dibuat grafik panjang gelombang terhadap serapan.

$$(\lambda_{\text{maks}} = 712, \text{ nm})$$

**c. Penentuan Daerah Kadar Pengukuran**

- 1) Pembuatan larutan baku  $\text{P-PO}_4^{-3}$  10 ppm. Pipet 5 mL larutan  $\text{P-PO}_4^{-3}$  1000 ppm. Masukkan ke dalam labu ukur 500 mL. Encerkan dan tepatkan volumenya dengan air demineralisasi hingga tanda batas.
- 2) Dibuat suatu seri kadar larutan ortofosfat dari larutan baku ortofosfat di atas (0,00, 0,40, 0,80, 2,50, 5,00, 7,50, dan 10,00 mL) dalam labu ukur 50 mL.
- 3) Tambahkan reagen campuran masing-masing 0,40 mL kemudian cukupkan volumenya hingga tanda batas dengan air demineralisasi.
- 4) Ukur serapannya pada panjang gelombang maksimum.

(Hasil pengamatan pada lampiran 6)

d. Penentuan Besarnya Difusi Ortofosfat  
oleh Sedimen  $\text{CaCO}_3$

1) Penyiapan Sedimen  $\text{CaCO}_3$  dari Laut

- Sedimen dibersihkan dari kotoran, kemudian dikeringkan pada suhu kamar.
- Pisahkan sedimen yang telah kering menjadi dua bagian. Satu bagian sedimen dimasukkan ke dalam dua kaca kimia 600 mL sebanyak 300 gram. Satu bagian mikroorganisme yang ada dalam sedimen dimatikan atau disterilkan dengan pemanasan dalam oven pada suhu  $150^\circ\text{C}$  selama 1 jam. Masukkan sedimen yang telah disterilkan ke dalam dua kaca kimia 600 mL sebanyak 300 gram.
- Beri label  $S_1$  dan  $S_2$  untuk sedimen yang dikeringkan pada suhu kamar.  $S_3$  dan  $S_4$  untuk sedimen yang telah disterilkan.

2) Penyiapan Larutan Yang Digunakan

a) Air Laut Buatan<sup>10</sup>

Dalam 1 liter air laut buatan mengandung garam-garam :

- |                    |            |
|--------------------|------------|
| - Natrium klorida  | 25,43 gram |
| - magnesium sulfat | 10.00 gram |
| - kalium klorida   | 0,70 gram  |

- asam borat 0,03 gram
- natrium hidrogenkarbonat 0,20 gram

**b) Larutan Ion Ortofosfat dengan Kadar 500  $\mu\text{mol/liter}$**

- Dibuat larutan ortofosfat dengan kadar 10 mmol/liter dengan melarutkan kalium dihidrogenfosfat sebanyak 1,360 gram dalam labu ukur 1 liter.
- Masukkan 50 mL larutan tersebut di atas ke dalam labu ukur 1000 mL. Encerkan dan tepatkan volumenya dengan air laut buatan hingga tanda batas.

**c) Asam kafeat 1 ppm**

Timbang 1,00 mgram asam kafeat. Larutkan dengan air laut buatan. Masukkan ke dalam labu ukur 1000 mL. Encerkan hingga tanda batas dengan air laut buatan

**e. P r o s e d u r**

- 1) Dalam wadah 4 kaca kimia yang telah berisi sedimen  $\text{CaCO}_3$  masing-masing diisi dengan larutan ion ortofosfat 500  $\mu\text{mol/liter}$  sebanyak 100 mL.
- 2) Aduk dengan batang pengaduk masing-masing



kaca kimia tersebut. Diamkan selama 4 jam sampai semua ion ortofosfat terserap oleh sedimen  $\text{CaCO}_3$ .

- 3) Masukkan air laut buatan 250 mL masing-masing ke dalam kaca kimia  $S_1$  dan  $S_3$ . Sedangkan kaca kimia  $S_2$  dan  $S_4$  merupakan air laut buatan yang telah ditambahkan asam kafeat.
- 4) Pipet 5 mL percontoh pada air kolom dalam masing-masing kaca kimia. Masukkan masing-masing ke dalam tabung reaksi untuk waktu  $t = 0$  jam.
- 5) Tambahkan 0,4 mL reagen campuran.
- 6) Ukur serapannya dengan spektrofotometer UV-Vis pada kondisi optimum.
- 7) Pipet kembali dalam masing-masing kaca kimia untuk waktu  $t = 3$  jam,  $t = 6$  jam,  $t = 9$  jam, dan  $t = 24$  jam.

### 3. Analisis Data<sup>18)</sup>

#### a. Penentuan Daerah Kadar Pengukuran

Hasil pengukuran yang diperoleh dibuat grafik garis lurus antara serapan terhadap kadar dengan bantuan persamaan garis regresi

$$Y = a + bX$$



di mana : Y = serapan (A)

X = kadar amonium atau fosfat (ppm)

a = suatu tetapan

b = tangen arah

Nilai-nilai a dan b dapat dihitung dengan persamaan :

$$a = \frac{\Sigma Y - b \times \Sigma X}{n}$$

$$b = \frac{n \times \Sigma XY - \Sigma X \times \Sigma Y}{n \times \Sigma X^2 - (\Sigma X)^2}$$

dengan n adalah jumlah pasangan data. Kemudian untuk menguji ada tidaknya korelasi antara serapan dan kadar, digunakan persamaan koefisien korelasi

$$r = \frac{n \times \Sigma XY - \Sigma X \times \Sigma Y}{\sqrt{\{n \times \Sigma X^2 - (\Sigma X)^2\} \{n \times \Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2\}}}$$

Nilai secara teoritis bisa :

+ 1 : berarti ada korelasi positif

0 : berarti tidak ada korelasi

- 1 : berarti ada korelasi negatif

Dalam praktek, nilai r tidak tepat sama dengan nilai-nilai tersebut di atas, sehingga perlu dibandingkan dengan tabel koefisien korelasi (lampiran 11). Ini dapat dilakukan pada P tertentu

dengan persamaan

$$DB = N - 2$$

di mana DB = derajat bebas

N = jumlah pasangan data

Apabila nilai  $r$  perhitungan lebih kecil daripada  $r$  tabel, berarti tidak ada korelasi. Sebaliknya, jika nilai  $r$  perhitungan lebih besar daripada  $r$  tabel, berarti ada korelasi.

#### b. Penentuan Kecepatan Difusi

Karena adanya distribusi dan perbedaan kadar nutrien antara air kolom dengan air interstisial, sehingga perlu diketahui berapa jumlah nutrien yang berdifusi dalam jarak waktu tertentu.

Kecepatan Difusi nutrien dihitung dengan rumus :

$$V_{dy-x} = \frac{(M_{tx} - M_{ty})}{(tx - ty)A} \times (v_k - 0,005) \text{ liter}$$

di mana :

$V_{dy-x}$  = kecepatan difusi dari waktu  $y$  ke  $x$

$M_{ty}$  = konsentrasi nutrien sebelum berdifusi pada waktu  $y$

$M_{tx}$  = konsentrasi nutrien sesudah berdifusi pada waktu  $x$

$ty$  = waktu sebelum berdifusi

- $t_x$  = waktu sesudah berdifusi
- $V_k$  = volume air kolom pada saat  $t_y$
- $A$  = luas permukaan sedimen dalam gelas kimia  
( $A = \pi r^2$  dan  $r = 0,045$  m)
- 0,005 = volume air kolom yang dianalisa pada  $t_x$

## BAB V

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Kadar dan Kecepatan Difusi Amonium

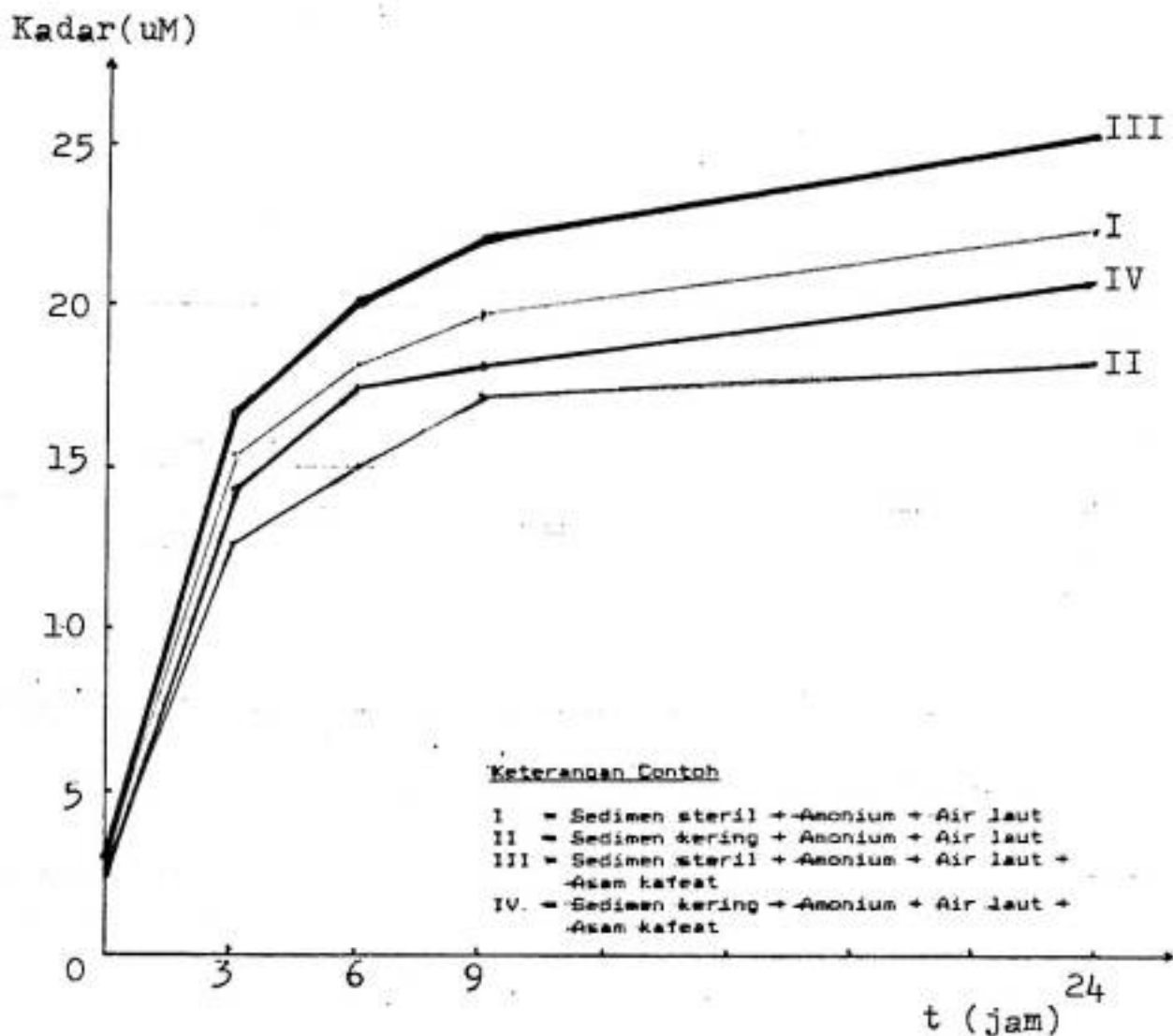
Hasil analisis amonium pada difusi sedimen kalsium karbonat dengan berbagai variasi waktu dan bentuk perlakuan sedimen dan air kolom dapat dilihat pada tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Kadar Amonium Hasil Difusi ( $\mu\text{M}$ )

Contoh	W a k t u (jam)				
	0	3	6	9	24
I	1,9	15,6	18,4	19,2	22,1
II	1,5	12,8	15,3	17,3	18,4
III	1,9	16,7	20,5	21,9	25,1
IV	0,9	14,5	17,5	18,7	20,9

#### Keterangan Contoh

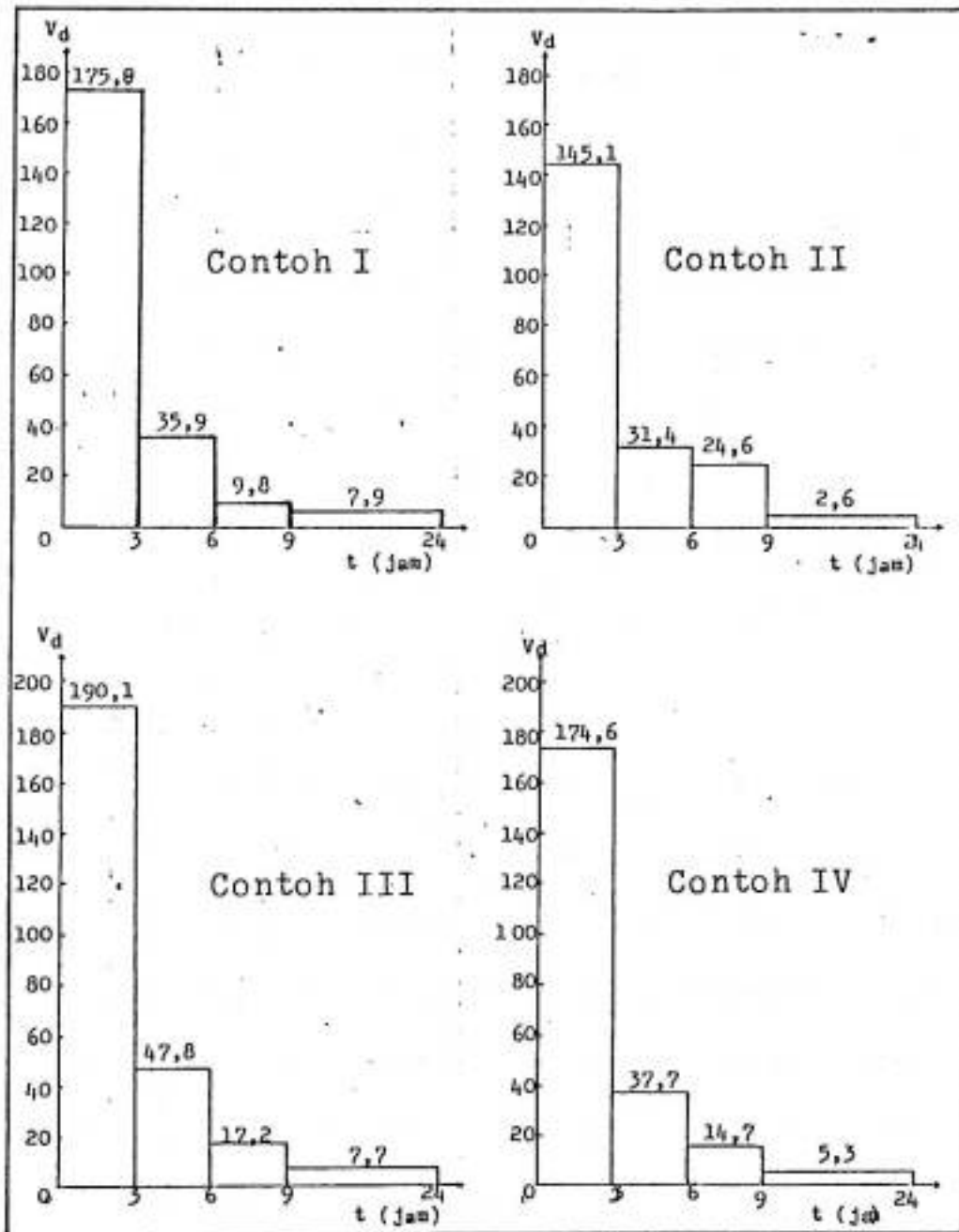
- I = Sedimen steril + Amonium + Air laut
- II = Sedimen kering + Amonium + Air laut
- III = Sedimen steril + Amonium + Air laut + Asam kafeat
- IV = Sedimen kering + Amonium + Air laut + Asam kafeat



Gambar VI. Grafik hubungan antara waktu difusi dengan kadar amonium

Tabel 3. Kecepatan Difusi Amonium ( $\mu\text{mol}/\text{hm}^2$ )

Contoh	W a k t u (jam)			
	0 - 3	3 - 6	6 - 9	9 - 24
I	175,9	35,9	9,8	7,9
II	145,1	31,4	24,6	2,6
III	190,1	47,8	17,2	7,7
IV	174,6	37,7	14,7	5,3



Gambar VII. Diagram hubungan antara waktu difusi amonium dengan kecepatan difusi

Dari keempat contoh yang perlakuannya berbeda, kadar amonium tertinggi diperoleh pada waktu  $t = 24$  jam. dan kecepatan difusi tertinggi dari waktu 0 ke 3 jam.

Pada contoh kedua, kadar amonium pada waktu 24 jam lebih rendah dibandingkan contoh yang pertama, ketiga dan keempat yaitu 18,4  $\mu\text{M}$ . Sedangkan contoh ketiga pada waktu 24 jam diperoleh kadar amonium tertinggi dari contoh yang lainnya yaitu 25,1  $\mu\text{M}$ .

Kecepatan difusi tertinggi diperoleh dari waktu 0 ke 3 jam untuk keempat contoh. Kecepatan difusi terendah dari waktu 0 ke 3 jam pada contoh kedua yaitu 145,1  $\mu\text{mol}/\text{hm}^2$  dan kecepatan difusi tertinggi dari waktu 0 ke 3 jam diperoleh pada contoh ketiga yaitu 190,1  $\mu\text{mol}/\text{hm}^2$ .

Rendahnya kadar amonium pada contoh kedua disebabkan karena terdapat organisme laut seperti alga, fitoplankton, dan bakteri pada sedimen dan air kolom yang mengkonsumsi amonium sebagai nutrisi sehingga menurunkan kecepatan difusi dari sedimen ke air kolom. Sementara pada contoh ketiga, tingginya kadar amonium disebabkan tidak adanya organisme laut pada sedimen dan air kolom, sehingga dengan mudah berdifusi.

## B. Kadar dan Kecepatan Difusi Ortofosfat

Hasil analisis ortofosfat difusi dari sedimen  $\text{CaCO}_3$  dengan berbagai variasi waktu dan berbagai bentuk perlakuan sedimen dan air kolom dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

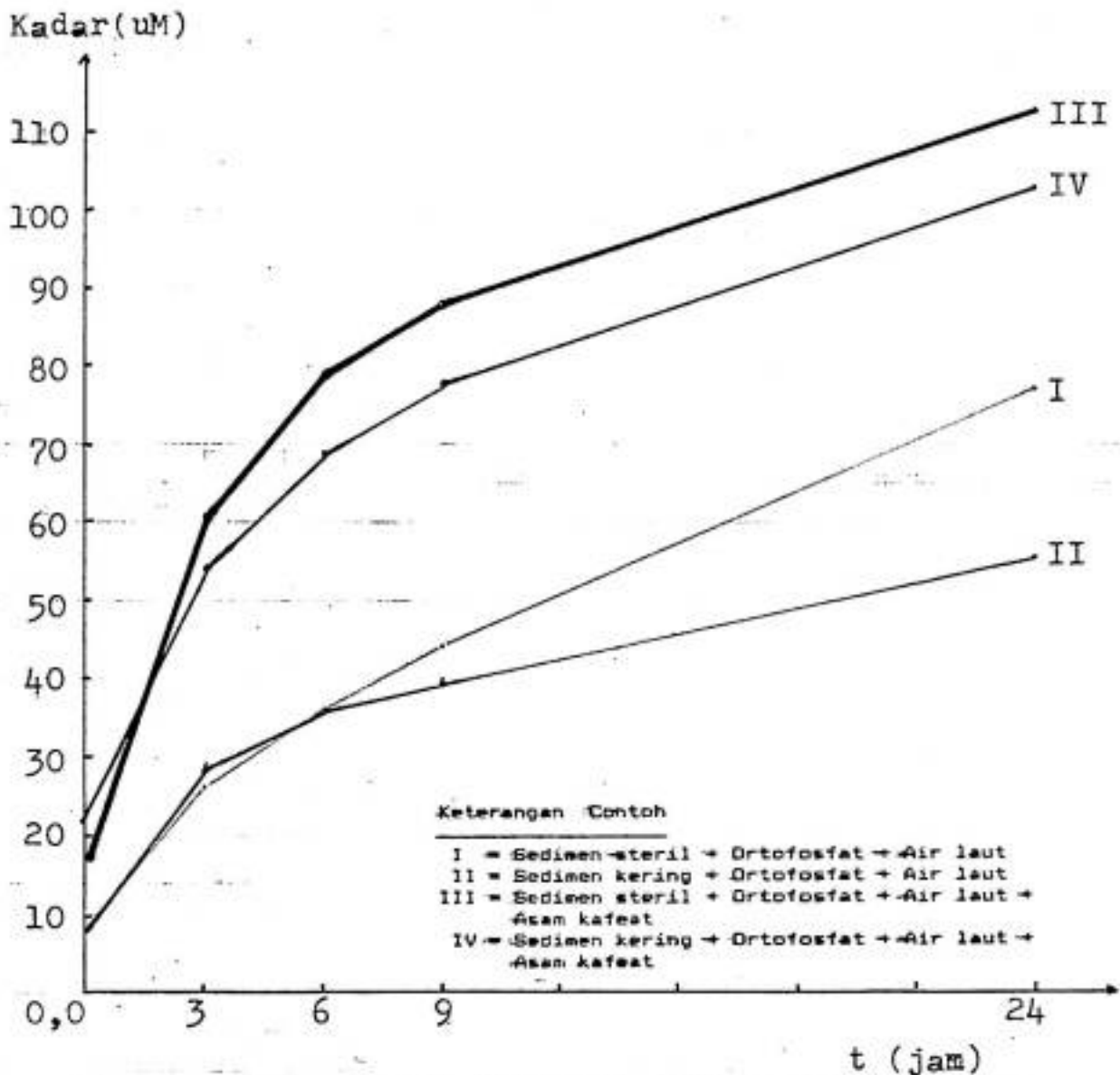
Tabel 4. Kadar Ortofosfat hasil difusi ( $\mu\text{M}$ )

Contoh	W a k t u (jam)				
	0	3	6	9	24
I	9,7	26,4	36,2	44,7	77,6
II	9,5	28,2	36,1	40,3	55,5
III	18,9	60,5	79,2	87,9	112,7
IV	22,5	54,3	69,1	78,5	102,9

### Keterangan Contoh

- I = Sedimen steril + Ortofosfat + Air laut  
 II = Sedimen kering + Ortofosfat + Air laut  
 III = Sedimen steril + Ortofosfat + Air laut +  
 Asam kafeat  
 IV = Sedimen kering + Ortofosfat + Air laut +  
 Asam kafeat

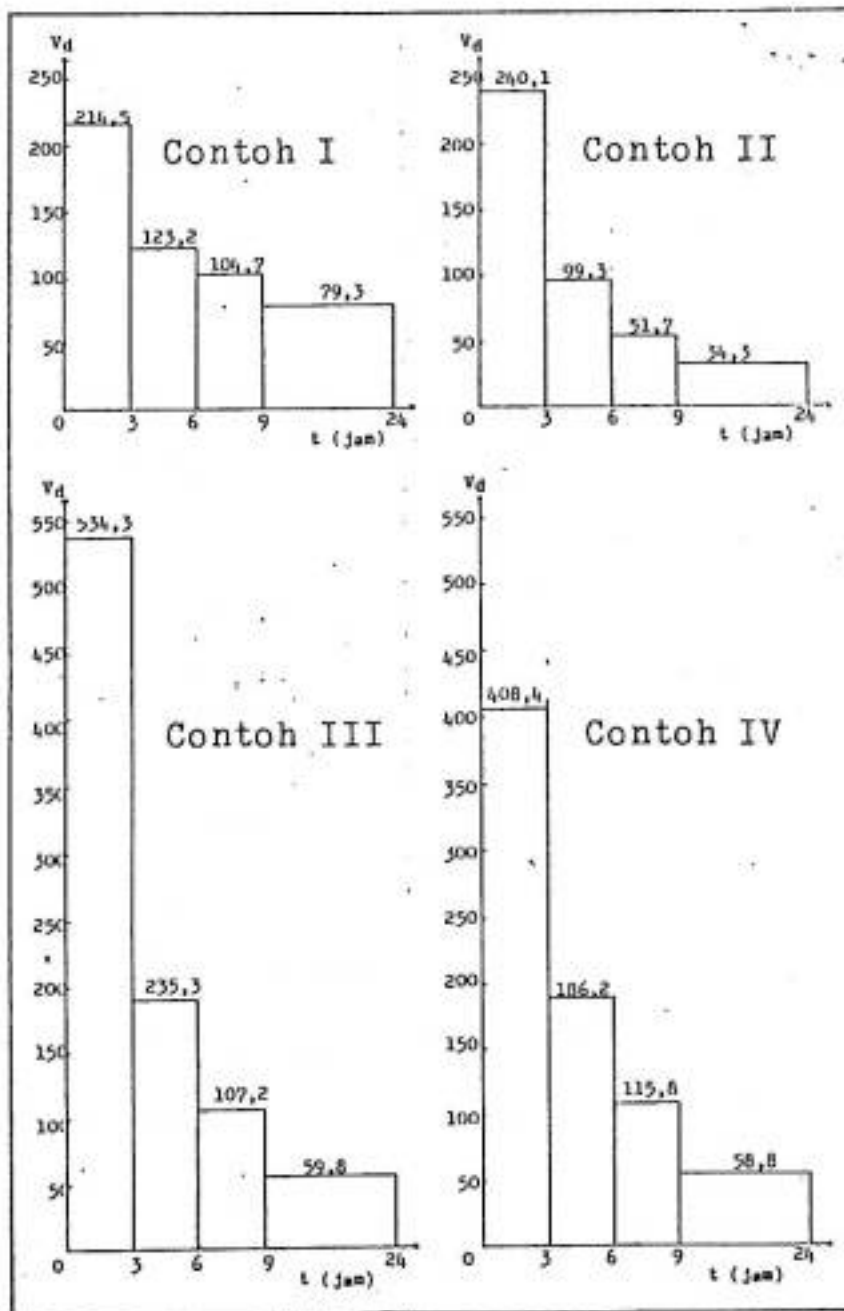




Gambar VIII. Grafik hubungan antara waktu difusi dengan kadar ortofosfat.

Tabel 5. Kecepatan Difusi Ortofosfat ( $\mu\text{mol}/\text{hm}^2$ )

C o n t o h	W a k t u (j a m)			
	0 - 3	3 - 6	6 - 8	8 - 24
I	214,5	123,2	104,7	79,3
II	240,1	99,3	51,7	34,3
III	534,3	235,3	107,2	59,8
IV	408,4	188,2	115,8	58,8



Gambar IX. Diagram hubungan antara waktu difusi Ortofosfat dengan kecepatan difusi

Dari keempat contoh yang perlakuannya berbeda, kadar ortofosfat tertinggi diperoleh pada waktu  $t = 24$  jam. Serta kecepatan difusi tertinggi pada waktu 0 ke 3 jam.

Pada contoh kedua, kadar ortofosfat pada waktu 24 jam lebih rendah dibandingkan contoh yang pertama, ketiga, dan keempat yaitu 55,5  $\mu\text{M}$ .

Kadar ortofosfat tertinggi pada waktu 24 jam dijumpai pada contoh ketiga yaitu 112,7  $\mu\text{M}$ .

Rendahnya kadar ortofosfat pada contoh kedua disebabkan karena terdapat organisme laut seperti alga, fitoplankton, dan bakteri pada sedimen dan air kolom yang mengkonsumsi ortofosfat sebagai nutrien. Sementara pada sampel ketiga, tingginya kadar ortofosfat disebabkan karena tidak dipengaruhi organisme laut pada sedimen dan air kolom sehingga dengan mudah berdifusi. Dengan rendahnya kadar ortofosfat pada air interstisial pada contoh yang kedua menyebabkan lambatnya kecepatan berdifusi dari sedimen ke air kolom. sedang pada contoh ketiga tidak dipengaruhi organisme laut sehingga dapat berdifusi lebih cepat.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini, kesimpulan yang dapat ditarik adalah sebagai berikut :

1. Kadar amonium dan ortofosfat pada contoh sedimen kering dengan air laut sebagai air kolom sangat rendah. Kadar amonium dan ortofosfat tertinggi terdapat pada contoh sedimen steril dengan air laut yang mengandung asam kafeat.
2. Kecepatan berdifusi amonium dan ortofosfat pada contoh sedimen kering dengan air laut sebagai air kolom lebih lambat daripada difusi amonium dan ortofosfat pada contoh sedimen steril dengan air laut yang mengandung asam kafeat.
3. Mikroorganisme yang terdapat pada sedimen dan air kolom mempengaruhi kadar dan kecepatan difusi amonium dan ortofosfat.

## B. S a r a n

Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, disarankan untuk :

1. Dilakukan analisis nitrit dan nitrat yang disebabkan oleh proses nitrifikasi dari amonium.
2. Dilakukan analisis kadar amonium dan ortofosfat tiap 3 jam sampai diperoleh kadar amonium dan ortofosfat yang tetap, untuk dapat memperkirakan berapa waktu yang dibutuhkan senyawa nitrogen dan fosfor yang terdapat dalam tumbuhan lamun telah mengalami dekomposisi untuk berdifusi.
3. Dilakukan analisis kadar amonium dan ortofosfat yang diadsorpsi oleh lapisan sedimen sehingga dapat diketahui kandungan amonium dan ortofosfat yang terdapat dalam sedimen.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Alaerts, G., S. S. Santika, Metode Penelitian Air, Surabaya : Penerbit Usaha Nasional, 1984, hal, 184 - 201 dan 231 - 244.
2. Day, A. A. dan A. L. Underwood, Analisa Kimia Kuantitatif, Terjemahan, R. Soendoro, Jakarta : Penerbit Erlangga, 1985, hal. 181 - 183 dan 382 - 422.
3. Ewing, G. W., Instrumental Methods of Chemical Analysis, Tokyo : McGraw-Hill Kogakusha, Ltd, 1975, hal. 34 - 84.
4. George, D. G., dan M. Reeve (1985), Marine Mesocosms, New York : Heidel Berg Berlin, hal 291-300
5. Harry, H., Baikey, Kesuburan Tanah, Penerbit Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, 1991, hal. 109 - 145.
6. Hemminga, M. A., P. G. Harrison and F. Van lent (1991). The Balance of Nutrient Losses and Gains in Seagrass Meadows. Mar. Ecol. Progr. Ser. 71, hal 85 - 96.
7. Henry, D. F., Dasar-Dasar Ilmu Tanah, Terjemahan E. D. Purbayanti, Yogyakarta : Penerbit Universitas Gajah Mada, 1988, hal. 526-551.

8. Stapel, J., Nutrien Limitation in Indonesia Seagrass Beds (1992), Nederland : Delta Institout Hydrobiologisch Onderzoek, hal 4 - 5.
9. Martin, D. F., Marine Chemistry, Vol. 1, New York : Marcel Dekker, inc., 1972, hal. 121 - 142.
10. ———, Marine Chemistry, Vol. 2, New York : Marcel Dekker, inc., 1972, hal. 183 - 264.
11. Masumi, Y., I. Koike, dan H. Lizumi (1992), Primary Producers in Tripocal Seagrass Beds, Tokyo: University of Tokyo, hal. 1 - 3.
12. Meadows, P. S., J. I. Campbell, An Introduction to Marine Science, 2nd ed, Glasgow : Blackie, 1988, hal. 56 - 60.
13. Noor, A., A. U. Tajang, M. Ramang, Asmawati, dan N. La Nafie, Penuntun Kursus Spektroskopi Analitik, Ujung pandang : Lab. K. Analitik Universitas Hasanuddin, 1989, hal. 41 - 78.
14. Nurhayati, H., Yusuf, N., Dasar-dasar Ilmu Tanah, Jakarta : Penerbit Universitas Lampung, 1986, hal. 232 - 263.
15. Priemon, R. A. (Ed.), Annual Book of ASTM Standarts, Vol. 11.01, Philadelphia : American Society for Testing and Materials, 1984, hal 299 - 306 dan 589 - 601.

16. Shardy, H., Ensiklopedi Umum, Jakarta : Penerbit Yayasan Kanisius, 1977, hal 333.
17. Smith, W., Handbook of Marine Science, Vol. I, Boca Raton Florida : CRC Press, inc., 1982, hal. 4 - 36.
18. Sudjana, Metode Statistika, Bandung : Penerbit Tarsito, 1992, hal 337 368.
19. Valiela, J., Marine Ecological Processes, New York : Springer-Verlag, 1984, hal. 156 - 158.
20. Wisjnuprpto, D., Laboratorium Lingkungan Air, Bandung : Penerbit Pusat Antar Universitas Bioteknologi, 1989, hal. 48 - 50 & 59 - 61.



## LAMPIRAN 1

### PENENTUAN DAERAH KADAR PENGUKURAN AMONIUM

Kadar (ppm $\text{NH}_4^+$ )	Serapan
0,000	0,000
0,040	0,131
0,080	0,205
0,160	0,292
0,320	0,558
0,480	0,812

Persamaan garis regresi :

$$Y = a + bX$$

dengan :  $Y = \text{Serapan}$

$X = \text{kadar amonium (ppm } \text{NH}_4^+)$

Berdasarkan rumus persamaan garis regresi, maka didapat

$$a = 0,0482$$

$$b = 1,5931$$

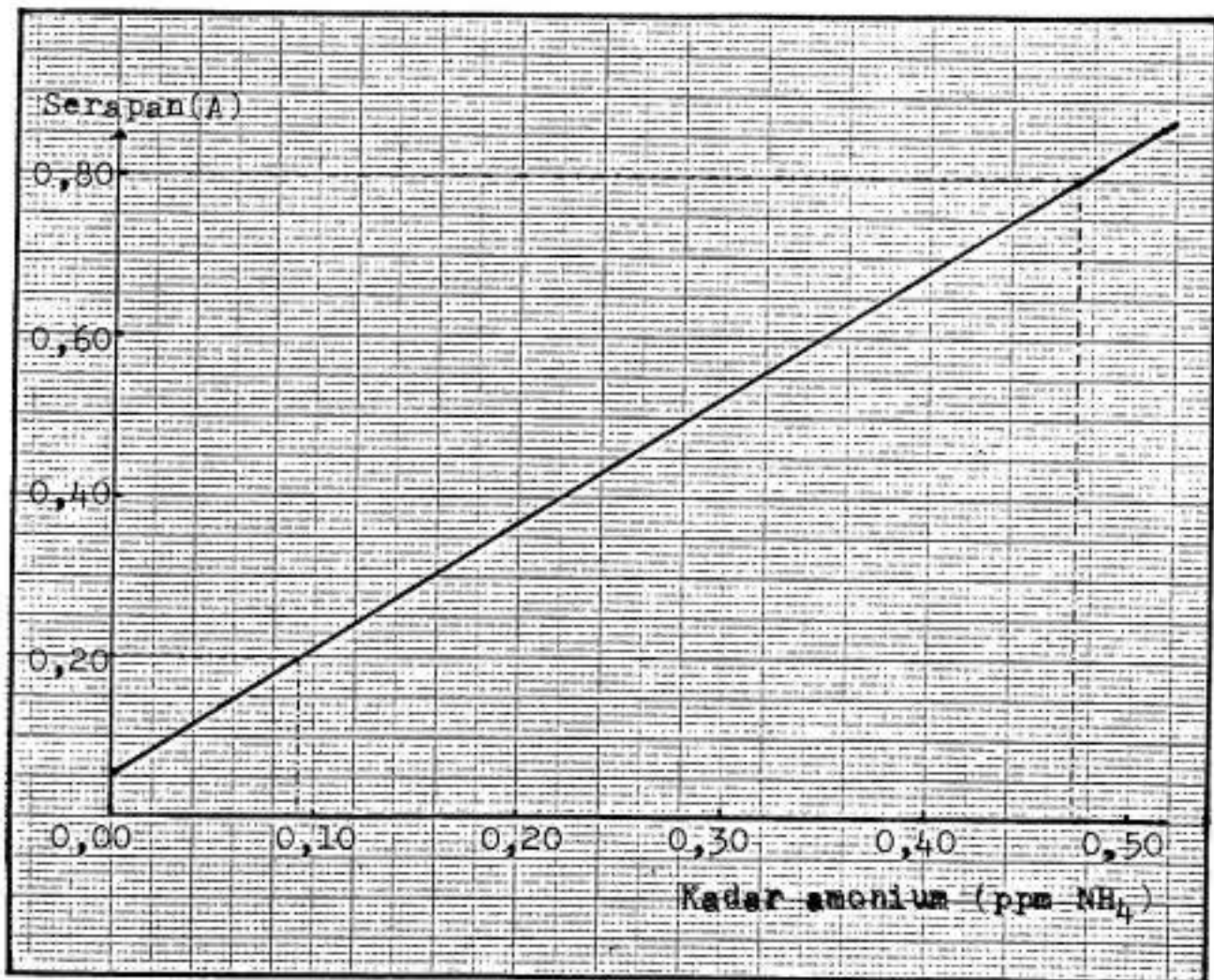
$$r = 0,9670$$

Persamaan garis regresinya menjadi :

$$Y = 0,0482 + 1,5931 X$$

Dari persamaan garis regresinya di atas didapat daerah kadar pengukuran amonium yang optimal adalah pada

0,08 ppm  $\text{NH}_4^+$  sampai 0,48 ppm  $\text{NH}_4^+$ . Daerah kadar pengukuran ini diambil dari daerah serapan dengan nilai sekitar 0,02 sampai 0,8 yang mempunyai kesalahan relatif maksimal sampai 3,44.



Gambar X. Grafik persamaan garis regresi antara kadar amonium terhadap serapan.



LAMPIRAN 2

HASIL PENGUKURAN DAN PERHITUNGAN AMONIUM  
UNTUK CONTOH I

Waktu (jam)	Percontoh I			
	Serapan	Kadar (ppm)	Kadar (uM)	V <sub>d</sub>
0	0,1021	0,0338	1,9	175,9
3	0,4948	0,2803	15,6	35,2
6	0,5762	0,3314	18,4	9,8
9	0,5998	0,3463	19,2	7,9
24	0,6806	0,3970	22,1	

Kadar amonium pada saat t = 0 jam = 0,0338 ppm

$$\text{Kadar amonium } (\mu\text{M}) = 0,0338 \text{ ppm} \times \frac{1000}{18 \text{ mgr/mmol}}$$

$$= 1,9 \mu\text{M}$$

Luas permukaan gelas kimia (r=0,045 m) = 6,361x10<sup>-3</sup>m<sup>2</sup>

Volume air kolom sebelum pengambilan cuplikan = 0,250 Lt

dan dari persamaan kecepatan difusi untuk waktu t = 0 ke 3 jam diperoleh :

$$V_d = \frac{15,6 - 1,9}{(3-0) \times \pi (0,045)^2} \times (0,250 - 0,005)$$

$$= 175,9 \mu\text{mol/hm}^2 \text{ (untuk sampel I dari 0 ke 3 jam)}$$

LAMPIRAN 3

HASIL PENGUKURAN DAN PERHITUNGAN AMONIUM  
UNTUK CONTOH II

Waktu (Jam)	Percontoh II			
	Serapan	Kadar (ppm)	Kadar ( $\mu\text{M}$ )	$V_d$
0	0,0908	0,0268	1,5	145,1
3	0,4153	0,2304	12,8	31,4
6	0,4871	0,2755	15,3	24,6
9	0,5438	0,3111	17,3	2,6
24	0,5760	0,3313	18,4	

Perhitungan kadar ( $\mu\text{M}$ ) dan kecepatan difusi seperti pada perhitungan kadar ( $\mu\text{M}$ ) dan kecepatan difusi amonium pada lampiran 2.

LAMPIRAN 4

HASIL PENGUKURAN DAN PERHITUNGAN AMONIUM

UNTUK CONTOH III

Waktu (Jam)	Percontoh III			
	Serapan	Kadar (ppm)	Kadar ( $\mu\text{M}$ )	$V_d$
0	0,1015	0,0335	1,9	190,1
3	0,5280	0,3012	16,7	47,8
6	0,6367	0,3694	20,5	17,2
9	0,6750	0,3934	21,9	7,7
24	0,7678	0,4517	25,1	

Perhitungan kadar ( $\mu\text{M}$ ) dan kecepatan difusi seperti pada perhitungan kadar ( $\mu\text{M}$ ) dan kecepatan difusi amonium pada lampiran 2.

## LAMPIRAN 5

### HASIL PENGUKURAN DAN PERHITUNGAN AMONIUM UNTUK CONTOH IV

Waktu (Jam)	Percontoh IV			
	Serapan	Kadar (ppm)	Kadar ( $\mu\text{M}$ )	$V_d$
0	0,0736	0,0159	0,9	174,6
3	0,4643	0,2612	14,5	37,7
6	0,5496	0,3147	17,9	14,7
9	0,5838	0,3362	18,7	5,3
24	0,6485	0,3768	20,9	

Perhitungan kadar ( $\mu\text{M}$ ) dan kecepatan difusi seperti pada perhitungan kadar ( $\mu\text{M}$ ) dan kecepatan difusi amonium pada lampiran 2.

## LAMPIRAN 6

### PENENTUAN DAERAH KADAR PENBUKURAN ORTOFOSFAT

Kadar (ppm P)	Serapan
0,000	0,0000
0,040	0,0185
0,080	0,0396
0,160	0,0744
0,500	0,2296
1,000	0,4582
1,500	0,6867
2,000	0,9153

Persamaan garis regresi :

$$Y = a + b X$$

dengan : Y = serapan (A)

X = kadar ortofosfat (ppm P)

Berdasarkan rumus persamaan garis regresi, maka didapat

$$a = 0,0011$$

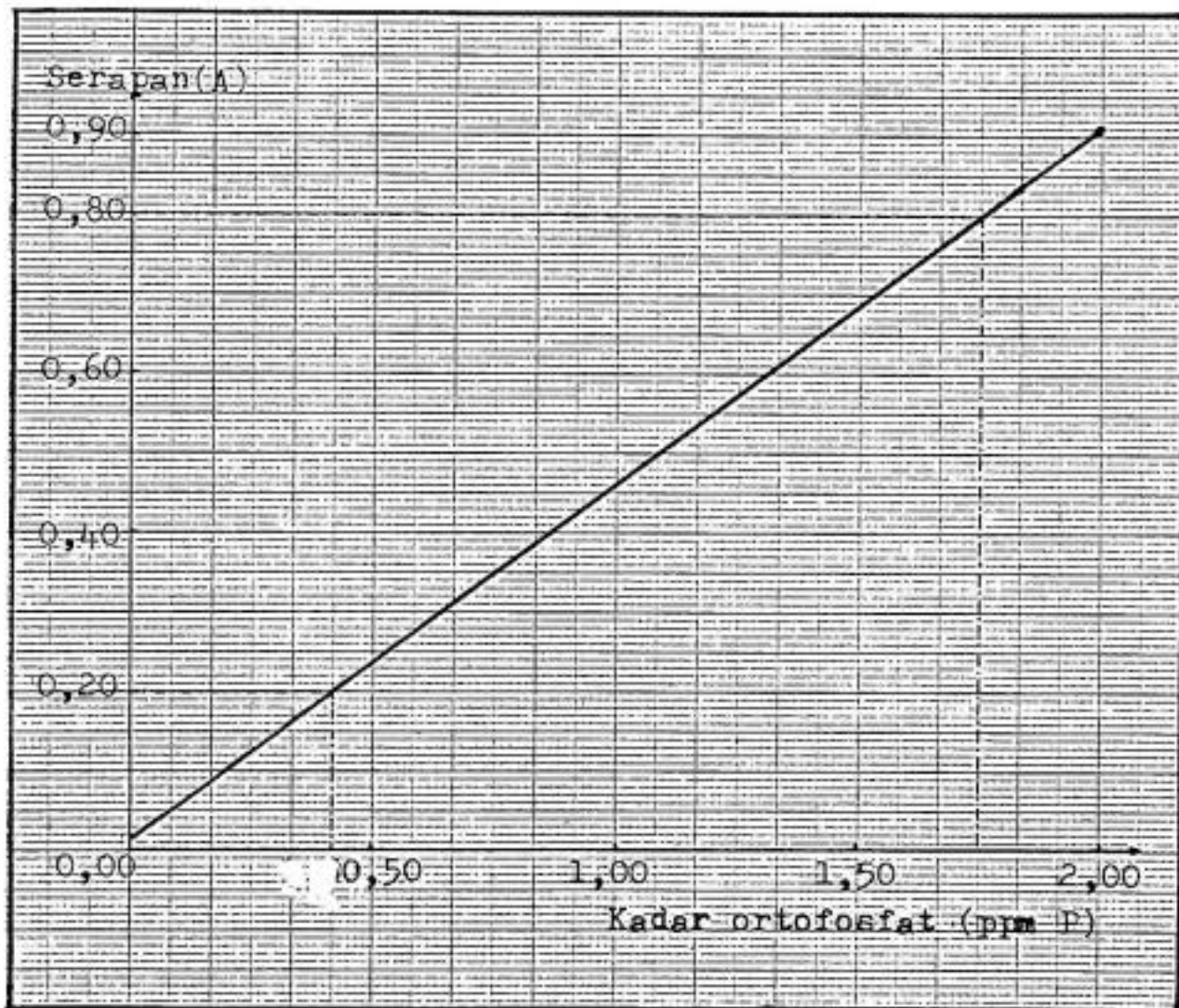
$$b = 0,4571$$

$$r = 0,9996$$

Persamaan garis regresinya menjadi :

$$Y = 0,0011 + 0,4571 X$$

Dari persamaan garis regresi di atas didapat daerah kadar pengukuran ortofosfat yang optimum adalah 0,500 ppm sampai 1,750 ppm P. Daerah kadar pengukuran ini diambil dari daerah serapan dengan nilai sekitar 0,2 sampai 0,8 yang mempunyai kesalahan relatif maksimum sampai 3,44.



Gambar XI. Grafik persamaan garis regresi antara kadar ortofosfat terhadap serapan.



## LAMPIRAN 7

### HASIL PENGUKURAN DAN PERHITUNGAN ORTOFOSFAT UNTUK CONTOH I

waktu (Jam)	Percontoh I			
	Serapan	Kadar (ppm)	Kadar ( $\mu\text{M}$ )	$V_d$
0	0,1384	0,3003	9,7	214,5
3	0,3750	0,8180	26,4	123,2
6	0,5139	1,1219	36,2	104,7
9	0,6338	1,3843	44,7	79,3
24	1,1013	2,4069	77,6	.

kadar ortofosfat pada saat  $t = 0$  jam adalah 0,3003 ppm

$$\begin{aligned} \text{Kadar ortofosfat } (\mu\text{M}) &= 0,3003 \text{ ppm} \times \frac{1000}{31 \text{ mgr/mmol}} \\ &= 9,7 \mu\text{M} \end{aligned}$$

Luas permukaan gelas kimia ( $r = 0,045 \text{ m}$ ) =  $6,361 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ .

Volume air kolom sebelum pengambilan cuplikan = 0,250 Lt  
dan dari persamaan kecepatan difusi untuk waktu  $t = 0$  ke  
3 jam diperoleh :

$$\begin{aligned} V_d &= \frac{26,4 - 9,7}{(3-0) \times \pi(0,045)^2} \times (0,250 - 0,005) \\ &= 214,5 \mu\text{mol/hm}^2 \quad \text{untuk sampel I dari 0 ke 3 jam} \end{aligned}$$

LAMPIRAN 8

HASIL PENGUKURAN DAN PERHITUNGAN ORTOFOSFAT  
UNTUK CONTOH II

Waktu (Jam)	Percontoh II			
	Serapan	Kadar (ppm)	Kadar ( $\mu\text{M}$ )	$V_d$
0	0,1359	0,2949	9,5	240,1
3	0,4013	0,8755	28,2	99,3
6	0,5121	1,1179	36,1	51,7
9	0,5720	1,2489	40,3	34,3
24	0,7869	1,7189	55,5	

Perhitungan kadar ( $\mu\text{M}$ ) dan kecepatan difusi seperti perhitungan kadar ( $\mu\text{M}$ ) dan kecepatan difusi ortofosfat pada lampiran 7.

## LAMPIRAN 9

### HASIL PENGUKURAN DAN PERHITUNGAN ORTOFOSFAT

#### UNTUK CONTOH III

Waktu (Jam)	Percontoh III			
	Serapan	Kadar (ppm)	Kadar ( $\mu\text{M}$ )	$V_d$
0	0,2685	0,5849	18,9	534,3
3	0,8586	1,8759	60,5	235,3
6	1,1232	2,4549	79,2	107,2
9	1,2470	2,7256	87,9	59,8
24	1,5974	3,4923	112,7	

Perhitungan kadar ( $\mu\text{M}$ ) dan kecepatan difusi seperti perhitungan kadar ( $\mu\text{M}$ ) dan kecepatan difusi ortofosfat pada lampiran 7.

LAMPIRAN 10

HASIL PENGUKURAN DAN PERHITUNGAN ORTOFOSFAT  
UNTUK CONTOH IV

Waktu (Jam)	C o n t o h I V			
	Serapan	Kadar (ppm)	Kadar ( $\mu\text{M}$ )	$V_d$
0	0,3206	0,6989	22,5	408,4
3	0,7704	1,6829	54,3	186,2
6	0,9806	2,1429	69,1	115,8
9	1,1136	2,4339	78,5	58,7
24	1,4591	3,1896	102,9	

Perhitungan kadar ( $\mu\text{M}$ ) dan kecepatana difusi seperti perhitungan kadar ( $\mu\text{M}$ ) dan kecepatan difusi ortofosfat pada lampiran 7.

LAMPIRAN 11

Tabel Koefisien Korelasi r

P DB	r				
	0,10	0,05	0,02	0,01	0,001
1	0,988	0,997	0,999	1,000	1,000
2	0,900	0,950	0,980	0,990	0,999
3	0,805	0,878	0,934	0,959	0,992
4	0,729	0,811	0,882	0,917	0,974
5	0,667	0,754	0,833	0,874	0,951
6	0,621	0,707	0,789	0,834	0,925
7	0,582	0,666	0,750	0,798	0,898
8	0,549	0,632	0,716	0,765	0,872
9	0,521	0,602	0,685	0,733	0,847
10	0,497	0,576	0,658	0,708	0,823
11	0,476	0,553	0,634	0,684	0,801
12	0,457	0,532	0,612	0,661	0,780
13	0,441	0,514	0,592	0,641	0,760
14	0,426	0,497	0,574	0,623	0,742
15	0,412	0,482	0,558	0,606	0,725
16	0,400	0,468	0,543	0,590	0,708
17	0,389	0,456	0,528	0,575	0,693
18	0,378	0,444	0,516	0,561	0,679
19	0,369	0,433	0,503	0,549	0,665
20	0,360	0,423	0,492	0,537	0,652