

HADIAH

PENILAIAN KECEKAPAN PENGOLAHAN KOLAM PENGUDARAAN  
DI BAYAN BARU, PULAU PINANG

OLEH  
OOI KOK MENG

Projek Penyelidikan Yang Dikemukakan Kepada  
Universiti Sains Malaysia  
Bagi Memenuhi Keperluan  
Ijazah Sarjana Muda Sains Dengan Kepujian  
Dalam Bidang KIMIA

Di Bawah Pengawasan  
Dr. Lim Poh Eng  
PUSAT PENGAJIAN SAINS KIMIA  
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA  
PULAU PINANG

1989

## PENGHARGAAN

Terlebih dahulu, saya ingin mengambil kesempatan ini untuk memberi penghargaan kepada penyelia projek saya iaitu Dr. Lim Poh Eng dan juga Dr Seng Chye Eng ke atas segala bimbingan, nasihat serta tunjukajar yang diberikan sepanjang tempoh penyelidikan projek ini.

Saya juga ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada pembantu-pembantu makmal Pusat Pengajian Sains Kimia terutama sekali Encik Ee dan Encik Chuah yang sudi memberi segala bantuan dan kerjasama semasa saya menjalankan projek penyelidikan saya.

Kerjasama Majlis Perbandaran Pulau Pinang di dalam membekalkan maklumat dan kemudahan-kemudahan yang diperlukan juga diberi penghargaan.

Akhir sekali, terima kasih yang ikhlas diucapkan kepada rakan-rakan baik saya terutamanya Cik Kok yang seringkali sedia memberi bantuan serta sokongan yang sewajarnya.

## ABSTRAK

Kajian ini adalah mengenai penilaian prestasi pengolahan dua buah kolam pengudaraan di Bayan Baru, Pulau Pinang melalui pemantauan kualiti influen dan efluen kolam-kolam tersebut. Data dari pensampelan sepanjang hari (8 jam) didapati memberi keputusan yang lebih baik untuk kajian ini. Nilai purata pepejal terampai dan  $BOD_5$  bagi efluen akhir adalah 143 mg/l dan 66 mg/l masing-masing. Kedua-dua nilai ini telah melebihi Piawai Kualiti Efluen Malaysia iaitu 100 mg/l untuk pepejal terampai dan 50 mg/l untuk  $BOD_5$ . Lebih 90% daripada pepejal terampai merupakan bahan organik meruap dan lebih kurang 60% daripada  $BOD_5$  berasal dari pepejal terampai. Sistem kolam dengan dua buah alat pengudara didapati memberi peratusan pemusnahan  $BOD_5$  terbaik sebanyak 60%. Kecekapan ini adalah lebih baik daripada sistem kolam dengan sebuah alat pengudara yang peratusan pemusnahannya lebih kurang 55%. Namun, purata peratusan pemusnahan  $BOD_5$  bagi sistem kolam tanpa pengudaraan hanya 48% sahaja. Kandungan ammonia di dalam kolam berubah di dalam julat 13.0-28.3 mg/l dan ini setara dengan air buangan perbandaran biasa.

Dari maklumat yang diberi oleh M.P.P.P., kadar aliran bagi influen kolam adalah  $5.60 \times 10^6$  liter/hari. Oleh itu masa retensi hidraulik bagi kedua-dua kolam dianggar bernilai 0.6 hari. Pola aliran hidraulik kolam diandaikan beraliran percampuran lengkap apabila alat pengudara berfungsi dan beraliran 'plug' apabila alat pengudara berhenti. Dengan ini, nilai purata bagi pemalar kadar pemusnahan  $BOD_5$ , k dianggarkan bernilai  $1.22 \pm 1.16$  hari<sup>-1</sup> dan  $1.46 \pm 1.34$  hari<sup>-1</sup> masing-masing bagi kolam 1 dan  $0.83 \pm 0.27$  hari<sup>-1</sup> dan  $0.97 \pm 0.29$  hari<sup>-1</sup> masing-masing bagi kolam 2.

Sampel gabungan digunakan untuk analisa logam berat surihan. Keputusan analisa menunjukkan logam Cu, Zn, Cd, Ni dan Pb hadir di dalam kolam ini dengan kepekatan purata 5.1 µg/l, 754 µg/l, 0.63 µg/l, 9.8 µg/l dan 8.7 µg/l masing-masing. Kesemua nilai adalah memenuhi Piawai Kualiti Efluen Malaysia.

## ABSTRACT

In this study, the performance of two aerated ponds in Bayan Baru, Penang is evaluated by monitoring the quality of influents and effluent of the ponds. The data show that eight-hour sampling at the intervals of two hours provides better results. The results indicate that the final effluent have an average suspended solids of 143 mg/l and BOD<sub>5</sub> of 66 mg/l, both of which are higher than The Malaysian Effluent Quality Standard, i.e. 100 mg/l for suspended solids and 50 mg/l for BOD<sub>5</sub>. More than 90% of suspended solids are volatile organic matter and about 60% of the BOD<sub>5</sub> come from suspended solids. Single pond system with two aerators gave the best percentage removal of BOD<sub>5</sub> (~60%) comparatively. This is better than single pond system with one aerator which gave only 55% of BOD<sub>5</sub> removal. The pond system without aerator gave only 48% of BOD<sub>5</sub> removal. The concentration of ammonia in ponds varied in the range of 13.0-28.3 mg/l which are typical of the municipal wastewater.

From the information supplied by M.P.P.P., the flow rate of the ponds influent is  $5.60 \times 10^6$  liter/day. Hence, the hydraulic retention time for both ponds are estimated to be about 0.6 day. When the aerator is on, the flow pattern of the pond is considered as completely-mixed flow while the flow pattern is considered as plug flow when the aerator is not operating. The average value of BOD<sub>5</sub> removal constant are  $1.22 \pm 1.16 \text{ day}^{-1}$  and  $1.46 \pm 1.34 \text{ day}^{-1}$  respectively for pond 1 and  $0.83 \pm 0.27 \text{ day}^{-1}$  and  $0.97 \pm 0.29 \text{ day}^{-1}$  for pond 2.

Composite samples were used for trace metal analysis. The results show that the average concentration of Cu, Zn, Cd, Ni and Pb are 5.1 µg/l, 754 µg/l, 0.63 µg/l, 9.8 µg/l and 8.7 µg/l respectively. All values meet The Malaysia Effluent Quality Standards.

## KANDUNGAN

	<u>Muka Surat</u>
TAJUK	I
PENGHARGAAN	II
ABSTRAK	III
ABSTRACT	IV
KANDUNGAN	V
SENARAI JADUAL	VII
SENARAI RAJAH	VIII
TATANAMA	X
1.0 PENGENALAN	1
1.1 Latarbelakang	1
1.2 Sejarah Perkembangan Kolam	2
1.3 Rekabentuk Kolam Pengudaraan	2
1.4 Rekabentuk Susunan Kolam	3
1.5 Sistem Kolam Pengudaraan Di Bayan Baru	3
1.6 Objektif	4
2.0 MODEL-MODEL REKABENTUK	8
2.1 Model Percampuran Lengkap	8
2.2 Model Aliran 'Plug'	8
3.0 EKSPERIMEN	10
3.1 Pensampelan	10
3.2 Analisa Kimia Untuk Parameter Kualiti Air	10
3.3 Analisa logam Berat	11
3.3.1 Tatacara Dan Pensampelan	12
4.0 KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	13
4.1 Penentuan Masa Retensi Hidraulik Kolam Pengudaraan	17

	<u>Muka Surat</u>	
4.2	Penilaian Prestasi Kolam-Kolam Pengudaraan	18
4.2.1	Suhu Dan pH	18
4.2.2	Oksigen Terlarut (DO)	18
4.2.3	Keperluan Oksigen Kimia (COD)	20
4.2.4	Keperluan Oksigen Biokimia (BOD <sub>5</sub> )	22
4.2.5	Pepejal Terampai (SS)	24
4.2.6	Nitrogen	25
4.2.7	Fosfat-P	26
4.2.8	Perbincangan Am	27
4.3	Penentuan Pamalar Kadar Pemusnahan BOD <sub>5</sub> ,k	42
4.4	Analisa Logam Berat Surihan	44
5.0	KESIMPULAN	46
6.0	CADANGAN	47
7.0	BIBLIOGRAFI	48
LAMPIRAN I	Nilai-Nilai Parameter Kualiti Air Yang Dianalisa	50
LAMPIRAN II	Kepekatan Logam Berat Surihan Di Dalam Air Air Buangan	63
LAMPIRAN III	Peratusan Pemusnahan BOD <sub>5</sub> Bagi Kolam 1 Dan Kolam 2	64
LAMPIRAN IV	Nilai-Nilai Parameter Kualiti Air Yang Dianalisa Bagi Kes III (17-11-88)	65
LAMPIRAN V	Tren Bagi Parameter Kualiti Air Mengikut Masa (Tarikh 28-12-88)	69
LAMPIRAN VI	Tren Bagi Parameter Kualiti Air Mengikut Masa (Tarikh 25-11-88)	75
LAMPIRAN VII	Tren Bagi Parameter Kualiti Air Mengikut Masa (Tarikh 1-10-88)	81
LAMPIRAN VIII	Akta Kualiti Alam Sekeliling 1974	87
LAMPIRAN IX	Kepekatan Logam Berat Di Dalam Najis Mentah	88
LAMPIRAN X	Susunan Lokasi Kolam Maturasi Dan Kedua-dua Kolam Pengudaraan	89

SENARAI JADUAL

<u>Jadual</u>		<u>Muka surat</u>
1	Data Analisa Parameter-parameter Kualiti Air	15
2	Data Analisa Logam Berat Surihan	16
3	Nilai-nilai Pemalar Kadar Pemusnahan BOD <sub>5</sub> ,k	43

SENARAI RAJAH

<u>Rajah</u>		<u>Muka surat</u>
1.1	Dimensi Dan Rekabentuk Kolam Pengudaraan Di Bayan Baru	5
1.2	Pandangan Keseluruhan Sistem Kolam Pengudaraan	6
1.3	Kolam 2 Dengan Dua Buah Alat Pengudara Yang Sedang Berfungsi	6
1.4	Inlet Kolam	7
1.5	Outlet Kolam	7
2.1	Tren Parameter DO Mengikut Masa (Tarikh 5-12-88)	28
2.2	Tren Parameter COD Mengikut Masa (Tarikh 5-12-88)	29
2.3	Tren Parameter BOD <sub>5</sub> Mengikut Masa (Tarikh 5-12-88)	30
2.4	Tren Parameter SS Mengikut Masa (Tarikh 5-12-88)	31
2.5	Tren Parameter Nitrogen Mengikut Masa (Tarikh 5-12-88)	32
2.6	Tren Parameter Fosfat-P Mengikut Masa (Tarikh 5-12-88)	33
3.1	Tren Parameter DO Mengikut Masa Bagi Kes III (Tarikh 17-11-88)	34
3.2	Tren Parameter COD Mengikut Masa Bagi Kes III (Tarikh 17-11-88)	35



<u>Rajah</u>		<u>Muka surat</u>
3.3	Tren Parameter BOD <sub>5</sub> Mengikut Masa Bagi Kes III (Tarikh 17-11-88)	36
3.4	Tren Parameter SS Mengikut Masa Bagi Kes III (Tarikh 17-11-88)	37
3.5	Tren Parameter Nitrogen Mengikut Masa Bagi Kes III (Tarikh 17-11-88)	38
3.6	Tren Parameter Fosfat-P Mengikut Masa Bagi Kes III (Tarikh 17-11-88)	39
4	Tren Parameter DO Bagi Influen Sahaja (Tarikh 1-11-88)	40
5	Tren Peratusan Pemusnahan BOD <sub>5</sub> Mengikut Masa	41

TATANAMA

BOD <sub>5</sub>	Keperluan Oksigen Biokimia untuk 5 hari
COD	Keperluan Oksigen Kimia
DO	Oksigen Terlarut
N-NH <sub>3</sub>	Nitrogen-Ammonia
N-Organik	Nitrogen-Organik
TKN	Nitrogen Kjeldahl Total
SS	Pepejal Terampai
SS-Organik	Pepejal Terampai-Organik
k	Pemalar Kadar Pemusnahan BOD <sub>5</sub>

DEDIKASI KHAS KEPADA  
IBUBAPA DAN KEKASIH-KU  
YANG DISAYANGI

## 1.0 PENGENALAN

## 1.0 PENGENALAN

### 1.1 Latarbelakang

Aktiviti-aktiviti manusia menghasilkan pelbagai jenis hasil buangan. Kebanyakannya menjadi 'waterborne' dan mesti diolah dengan cermat sebelum dibuang ke alam persekitaran. Bahan-bahan ini termasuk najis mentah, buangan industri, buangan pertanian dan lain-lain. Bahan-bahan ini secara individu atau bercampuran boleh mencemarkan persekitaran. Jadi bahan-bahan ini perlu diolah demi menjamin kesihatan manusia.

Kolam penstabilan air buangan merupakan sejenis pengolahaan biologiikal dan amat sesuai digunakan bagi kos tanah yang rendah, muatan organik yang besar dan berubah-ubah dan hanya memerlukan sedikit pekerja mahir. Selain daripada itu, terdapat beberapa faedah lagi seperti berikut :

- a) Pemusnahan patogen adalah lebih tinggi berbanding dengan kaedah lain.
- b) Kolam ini boleh mengolah berbagai jenis air buangan pertanian dan perusahaan.
- c) Rekabentuk mudah dan senang diubahsuaikan mengikut keperluan.
- d) Pembinaannya membolehkan tanah yang terlibat mudah ditempatkan semula untuk tujuan yang lain pada masa kelak.

Oleh itu, ianya amat popular digunakan di negara-negara sedang membangun.

Rekabentuk kolam penstabilan bergantung kepada objektif pengolahaan. Sistem kolam biasanya direkabentuk untuk menerima buangan industri atau perumahan yang mentah, tetapi boleh juga direkabentuk untuk tujuan mengolah efluen dari pengolahaan primer dan sekunder yang mempunyai banyak slaj yang diaktifkan atau najis yang cair.

Di dalam kolam penstabilan, bahan organik yang bioterurai distabilkan oleh mikro-organisma dan beberapa agen pembawa-penyakit dikurangkan dengan berkesan jika masa retensi kolam yang panjang diperlukan untuk penstabilan.

Kolam penstabilan boleh berfungsi di dalam julat keadaan cuaca yang lebar iaitu dari tropikal hingga ke Artik. Kolam ini merupakan pilihan utama di dalam proses pengolahan air buangan bagi keadaan cuaca yang panas dan kos tanah yang rendah boleh diperolehi. Ia telah dibuktikan paling berkesan di antara kaedah-kaedah pengolahan air buangan di dalam keadaan cuaca yang panas (Gloyne, 1971).

Sistem kolam ini boleh digunakan secara persendirian atau bergabung beberapa kolam untuk tujuan pengolahan. Untuk keadaan spesifik yang berbeza, bentuk sistem kolam yang berlainan digunakan.

### 1.2 Sejarah Perkembangan Kolam

Kolam pengolahan telah digunakan untuk tujuan pengolahan air buangan sejak 3000 tahun dahulu. Pembinaan sistem kolam ini yang pertama telah diadakan di San Antonio, Texas, USA pada tahun 1901 dan dikenali sebagai Mitchell Lake, masih digunakan hari ini. Kini, hampir 7000 buah kolam penstabilan digunakan di negara USA untuk tujuan pengolahan.

### 1.3 Rekabentuk Kolam Pengudaraan

Kolam pengudaraan merupakan salah satu daripada bentuk asas kolam penstabilan selain daripada kolam falkutatif, kolam aerobik dan kolam anaerobik.

Kolam pengudaraan biasanya 2-6 m dalam dengan masa retensi 7-20 hari serta muatannya sebanyak 8-320 BOD<sub>5</sub> kg/1000m<sup>3</sup> - hari. Di dalam kolam ini, oksigen dibekalkan terutamanya secara mekanik lebih daripada dari proses fotosintesis atau pengudaraan semula permukaan. Walau bagaimanapun, bagi setengah kes didapati kedua-dua proses fotosintesis dan pengudaraan secara mekanik boleh membekalkan sumber oksigen yang bermakna. Demikian juga proses fotosintesis dan pengudaraan semula permukaan membekalkan oksigen yang diperlukan bagi kawasan kolam yang lain.

Kolam pengudaraan boleh dikelaskan dengan berdasarkan jumlah percampuran. Jika input tenaga didapati mencukupi untuk membolehkan semua pepejal wujud di dalam bentuk ampaijan, dan jika penulenan sekunder dengan slaj kembalikan digunakan, sistem ini didapati mendekati satu proses slaj yang diaktifkan dengan pemusnahan BOD<sub>5</sub> dan SS yang tinggi. Kos kuasa

bagi sistem ini menjadi tinggi.

Kolam pengudaraan digunakan untuk air buangan perbandaran dan perindustrian. Untuk air buangan industri, ia digunakan sebagai satu langkah pra-pengolahan sebelum dibuang ke sistem pengolahan air buangan perbandaran. Bagi kedua-dua aplikasi, kolam pengudaraan biasanya digabungkan dengan kolam falkutatif.

#### 1.4 Rekabentuk Susunan Kolam

Secara pratiknya, sistem kolam ini boleh digunakan secara individual atau bergabung di antara beberapa sistem kolam yang sama atau berlainan bergantung kepada objektif pengolahan. Terdapat dua jenis susunan sistem kolam bergabung iaitu bentuk susunan bersiri dan selari. Susunatur dan mod operasi bergantung kepada objektif dan darjah fleksibiliti yang diperlukan. Rekabentuk bersiri selalunya digunakan di mana muatan organik yang besar dan diperlukan untuk mengurangkan bakteria koliform. Didapati prestasi lebih baik jika dibandingkan dengan kolam individual kerana prestasi keseluruhan sistem kolam bersiri hampir mendekati prestasi satu reaktor aliran 'plug'. Bagi sistem kolam selari, ia hanya membenarkan taburan maksimum dan muatan organik yang besar, tetapi kualiti efluen didapati sama dengan sistem kolam tunggal. Bagi tujuan pengolahan, rekabentuk sistem kolam bersiri selalu digunakan.

#### 1.5 Sistem Kolam Pengolahan Di Bayan Baru

Terdapat tiga kawasan di Pulau Pinang yang menggunakan sistem kolam untuk tujuan pengolahan air buangan, iaitu Bayan Baru, Batu Maung dan Muka Head.

Sistem kolam di Bayan Baru terletak di kawasan perindustrian Bayan Baru. Ia merupakan satu sistem pengolahan yang terdiri dari dua buah kolam empat segi bersaiz sama yang disusun secara selari dan kedua-dua kolam ini diberi bantuan mekanik untuk tujuan pengudaraan. Oleh itu, ia juga digelar kolam pengudaraan. Kolam ini berukuran 33.90m x 15.00m dan dalamnya ialah 2.5m dari paras air. Bahagian tepi kedua-dua kolam berkecerunan 1:1½. Kedua-dua kolam mempunyai inlet yang sama dan outlet yang berasingan. Ini bermakna sistem kolam ini menerima influen yang sama dan menghasilkan efluen yang berlainan.

Kedua-dua kolam ini digabungkan dengan satu 'valve chamber' yang terletak di tengah-tengah tebing di antara dua buah kolam. Juga terdapat sekatan papan ('baffle') yang terletak beberapa meter jauh dari inlet untuk menyekat bahan pepejal yang terapung di permukaan air dan untuk mengurangkan momentum aliran supaya percampuran lengkap influen diperolehi. Terdapat satu bukaan saluran pada inlet untuk mengelakkan influen daripada melimpah keluar ke kawasan tanah persekitaran jika isipadu influen didapati luar biasa tinggi. Bukaan ini mengalirkan influen tanpa pengolahan terus ke Sungai Kluang yang berhampiran. Pelan terperinci mengenai dimensi dan rekabentuk kolam ditunjukkan di dalam Rajah 1.1.

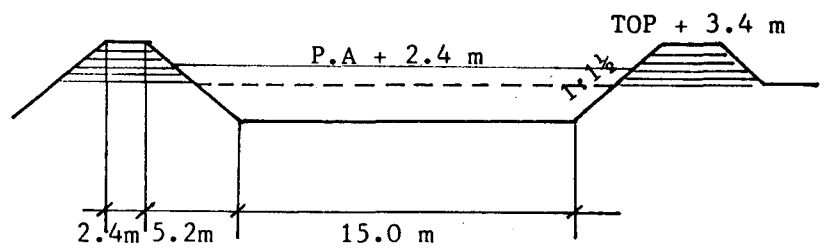
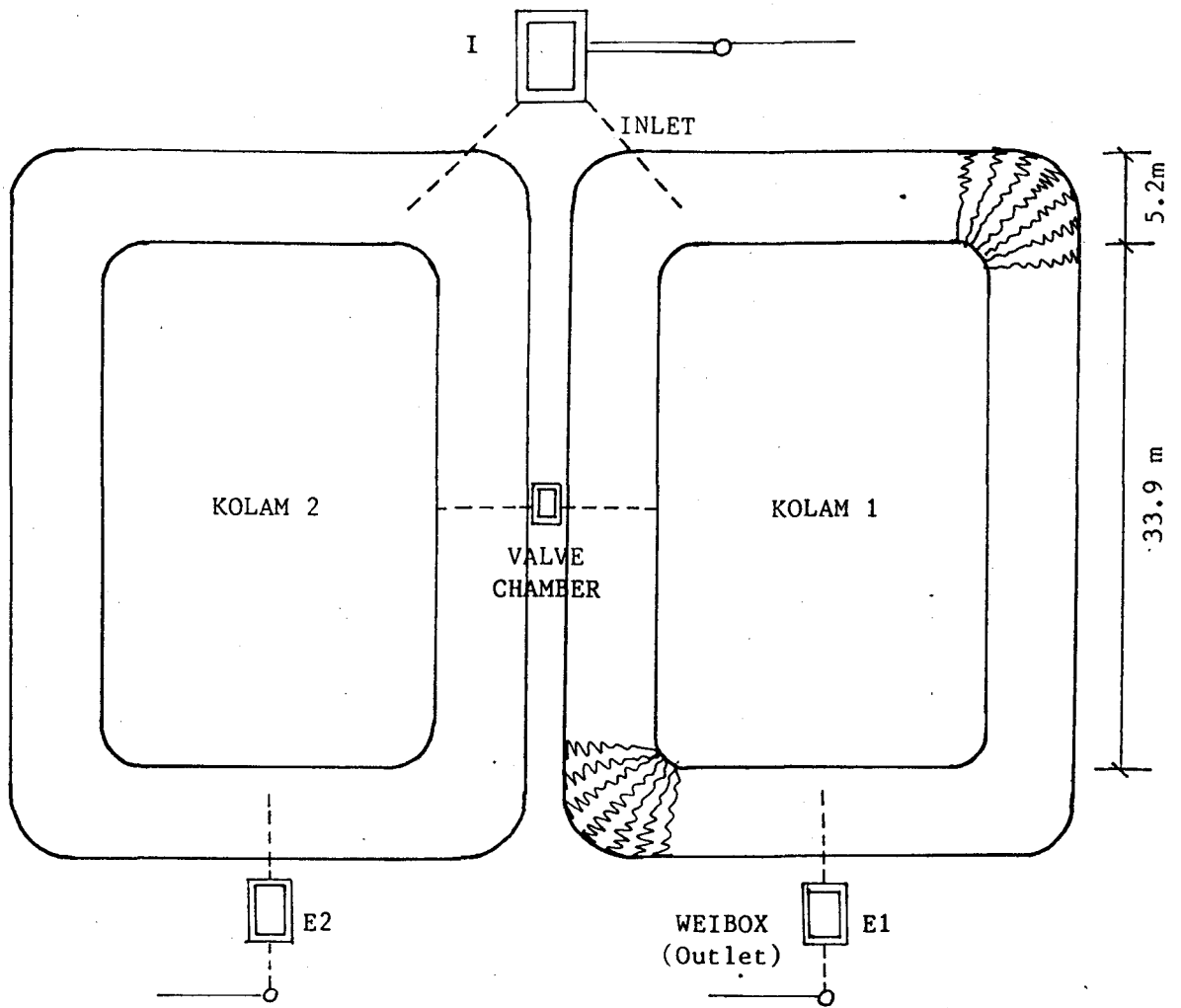
Sistem kolam ini menerima buangan najis dari kawasan perumahan dan kilang-kilang perindustrian yang berhampiran. Kesemua air buangan dimasukkan ke dalam sebuah tangki penyimpanan sebelum dipam dan disalurkan ke dalam kolam pengolahan. Air buangan mengalami proses pengolahan secara biologis dan akhirnya disalurkan ke Sungai Kluang yang berhampiran.

#### 1.6 Objektif

Laporan ini adalah mengenai satu kajian ke atas sistem kolam pengudaraan di Bayan Baru. Objektif-objektifnya termasuk :-

- a) Menilai kecekapan pengolahan kolam pengudaraan berdasarkan beberapa parameter kualiti air seperti pH, suhu, DO, COD, BOD<sub>5</sub>, SS, Nitrogen (N-NH<sub>3</sub> dan N-organik) dan Fosfat-P.
- b) Menunjukkan bahawa data pensampelan sepanjang hari lebih berguna dan berkesan di dalam penilaian kecekapan pengolahan kolam.
- c) Menyediakan satu garis panduan bagi penilaian kecekapan sistem kolam pengudaraan yang lain.
- d) Menentukan paras logam berat surihan (Zn, Ni, Pb, Cu dan Cd) di dalam influen dan efluen kolam-kolam pengudaraan.

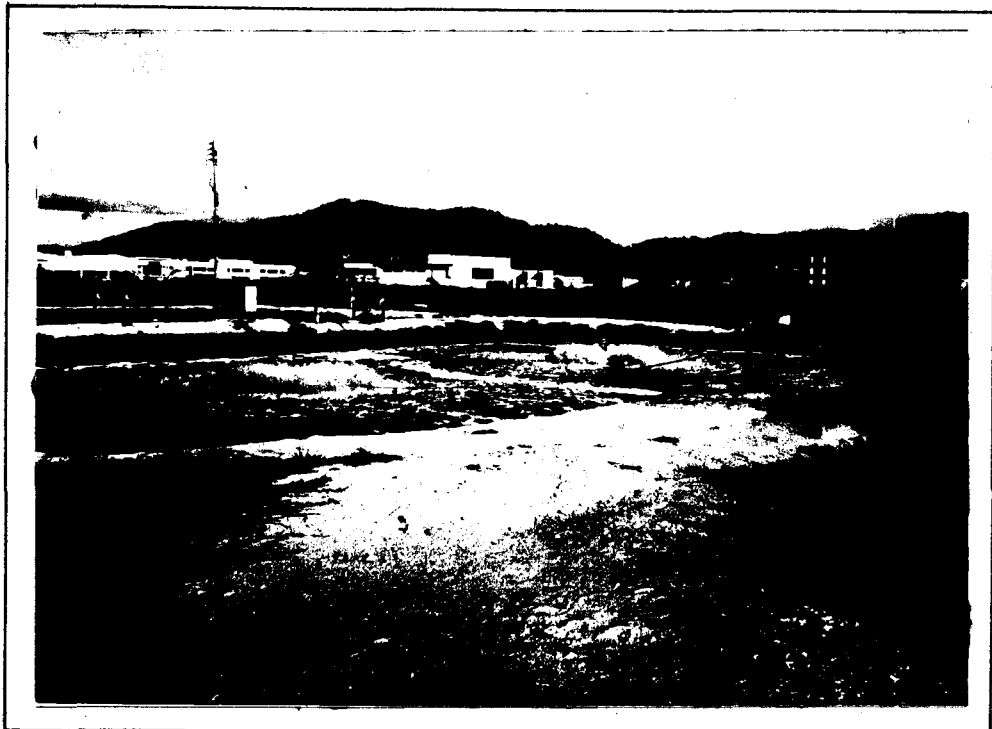




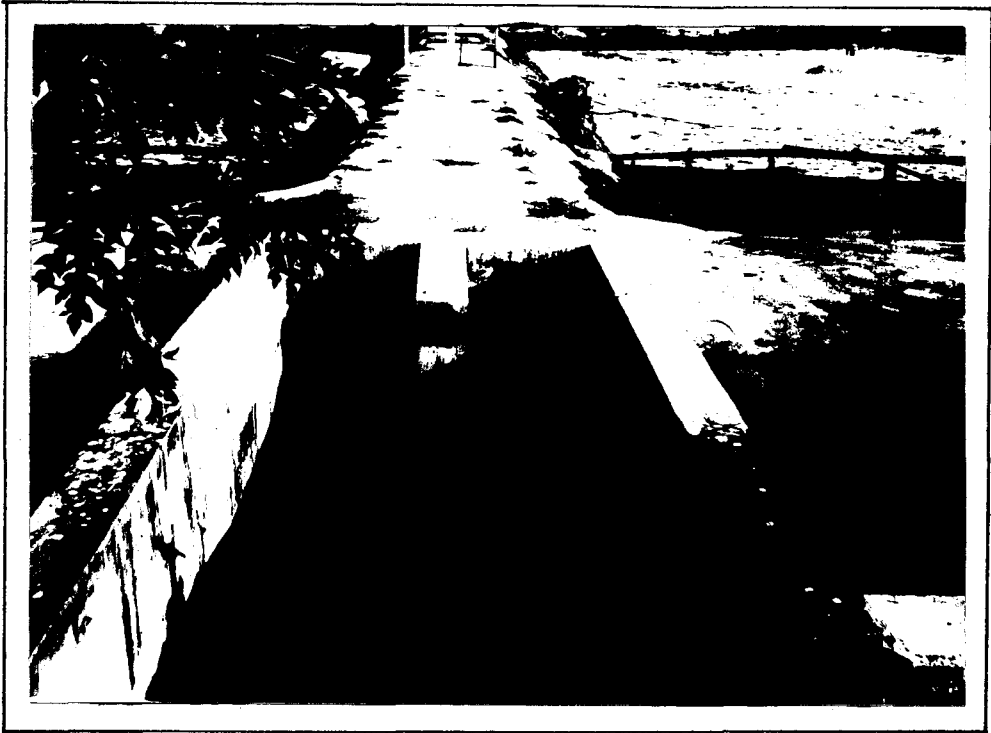
RAJAH 1.1 : DIMENSI DAN REKABENTUK KOLAM PENGUDARAAN DI BAYAN BARU



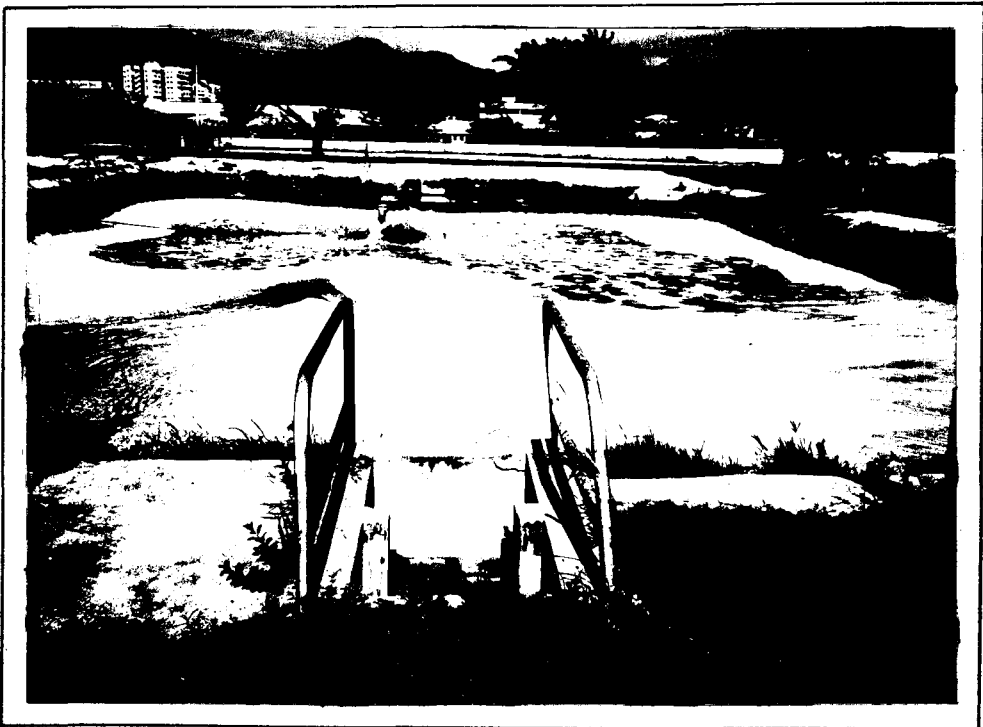
RAJAH 1.2 : PANDANGAN KESELURUHAN SISTEM KOLAM PENGUDARAAN



RAJAH 1.3 : KOLAM 2 DENGAN DUA BUAH ALAT PENGUDARA YANG  
SEDANG BERFUNGSI



RAJAH 1.4 : INLET KOLAM



RALAH 1.5 : OUTLET KOLAM

## 2.0 MODEL-MODEL REKABENTUK

## 2.0 MODEL-MODEL REKABENTUK

Prestasi sesuatu kolam penstabilan dipengaruhi oleh pola aliran hidrauliknya. Jadi satu pengetahuan mengenai ciri-ciri hidraulik di dalam kolam diperlukan untuk rekabentuk yang lebih tepat dan berkesan. Bagi kolam pengudaraan di Bayan Baru, Dua jenis pola hidraulik dianggap berpola percampuran lengkap apabila alat pengudara dipasang dan sebaliknya dianggap berpola aliran 'plug' apabila alat pengudara dihentikan.

### 2.1 Model Percampuran Lengkap

Model yang dicadangkan oleh Marais-Shaw digunakan dengan mengandaikan bahawa kandungan kolam mengalami percampuran lengkap dan pemusnahan BOD<sub>5</sub> di dalam kolam adalah mengikut kinetik tindakbalas tertib pertama. Jadi persamaan pemusnahan BOD<sub>5</sub> adalah berikut :

$$\frac{Le}{Li} = \frac{1}{1 + kt} \quad \text{-----(1)}$$

dimana :

Le : Efluen BOD<sub>5</sub>, mg/l

Li : Influen BOD<sub>5</sub>, mg/l

k : Pemalar kadar pemusnahan BOD<sub>5</sub> tertib pertama,  
hari<sup>-1</sup>

t : Masa retensi hidraulik, hari

### 2.2 Model Aliran 'Plug'

Beberapa penyelidikan telah dibuat dan didapati bahawa kolam penstabilan tidak mempamerkan suatu pola aliran hidraulik yang ideal (Fritz et al., 1979 ; Thirumurthi, 1969, 1974 ; Uhlman, 1979). Jadi Thirumurthi mencadangkan penggunaan persamaan Wehner-Wilhelm (Thirumurthi, 1969, 1974).

$$\frac{Le}{Li} = \frac{4ae^{1/2d}}{(1+a)^2 e^{a/2d} - (1-a)^2 e^{-a/2d}} \quad \text{----(2)}$$

Atau boleh diringkaskan menjadi

$$\frac{Le}{Li} = \frac{4ae^{1-a/2d}}{(1+a)^2} \text{-----}(3)$$

Untuk tujuan merencanakan, dimana :

d : Indeks penyerakan tanpa dimensi.

a :  $\sqrt{1+4ktd}$

Didapati  $d=0$  untuk aliran 'plug' yang ideal, maka Thirumurthi mengesyorkan penggunaan persamaan aliran 'plug' yang ideal iaitu :

$$\frac{Le}{Li} = e^{-kt} \text{-----}(4)$$

dengan andaian : - Kandungan kolam beraliran 'plug'.

- Pemusnahan  $BOD_5$  mengikut kinetik tindakbalas tertib pertama.

(Semua pembolehubah yang digunakan ditakrifkan sama seperti di atas)

### 3.0 EKSPERIMEN

### 3.0 EKSPERIMEN

#### 3.1 Pensampelan

Sampel air buangan dikutip dari titik I, E1 dan E2 (Rajah 1.1). Titik E1 dan E2 merupakan outlet bagi kolam ini manakala I merupakan inlet kolam.

Pengutipan sampel dilakukan dengan dua cara iaitu :

- a) Dikutip sehari sekali pada sebelah pagi kira-kira di antara waktu 8.00 - 9.00 pagi. Hari pensampelan ialah pada 9-8-88, 24-8-88, 26-8-88, 30-8-88 dan 10-9-88.
- b) Dikutip sepanjang hari mulai 8.00 pagi hingga 4.00 petang bagi selang masa 2 jam sekali. Hari pensampelan ialah pada 1-10-88, 17-11-88, 25-11-88, 5-12-88 dan 28-12-88.

Sampel diambil dengan menggunakan penceduk plastik dan dikumpulkan di dalam bekas plastik polietilena yang telah dibersihkan terlebih dahulu dengan asid kromik dan kemudian dengan air suling.

Keadaan cuaca hari pensampelan adalah cerah sepanjang jangkamasa kerja penyelidikan dijalankan

Bagi pensampelan sehari sekali, sampel dikutip pada dua keadaan iaitu :

- a) Alat pengudara sedang berfungsi, dan
- b) Alat pengudara sebaik sahaja berhenti kerana alat pengudara dihentikan pada pukul 8.45 pagi.

Bagi pensampelan sepanjang hari, alat pengudara didapati telah terpasang pada pukul 8.00 pagi dan kemudian berhenti pada pukul 8.45 pagi. Lepas itu dipasang semula pada pukul 10.00 pagi dan berhenti sekali lagi pada pukul 11.00 pagi dan seterusnya sehingga pukul 4.00 petang.

#### 3.2 Analisa Kimia Untuk Parameter Kualiti Air

Parameter-parameter yang dianalisa untuk menilai prestasi kolam pengudaraan ini termasuk :-



- \* Suhu
- \* DO
- \* pH
- \* COD
- \* BOD<sub>5</sub> pada Suhu 20°C
- \* SS
- \* Nitrogen (N-NH<sub>3</sub> dan N-organik)
- \* Fosfat-P

Dari parameter-parameter di atas, suhu dan DO ditentukan in situ pada waktu pensampelan dengan menggunakan Meter Oksigen YSI Model 57.

Bagi penentuan parameter-parameter seperti Nitrogen, BOD<sub>5</sub>, COD dan SS, sampel air dianalisa secepat mungkin pada hari pensampelan tersebut untuk memperolehi keputusan yang lebih jitu. Bagi setengah parameter yang tidak memerlukan penganalisaan cepat seperti fosfat-P, sampel disimpan di dalam peti sejuk pada suhu di bawah 5°C untuk tujuan pemerliiharaan

Parameter-parameter yang dianalisisakan melalui kerja makmal dilakukan di dalam julat masa 8 jam untuk sampel air yang dikutip sehari sekali. Sementara bagi sampel air yang dikutip sepanjang hari, kerja makmal dilakukan selama 12 jam untuk hari pensampelan tersebut dan 12 jam berikutnya pada keesokan hari.

Kesemua kerja analisa dijalankan di dalam makmal pencemaraan, Pusat Pengajian Sains Kimia, U.S.M. dan kesemua parameter yang memerlukan kerja makmal dianalisisakan mengikut tatacara di dalam Standard Method (APHA, 1980)

### 3.3 Analisa Logam Berat

Paras logam berat surihan bagi sampel air buangan dari tempat pensampelan yang sama juga ditentukan.

### 3.3.1 Tatacara Dan Pensampelan

Sampel air dikutip sepanjang hari dalam selang masa 2 jam sekali mulai 8.00 pagi hingga 4.00 petang. Pensampelan dilakukan sebanyak empat hari iaitu pada 3-1-89, 9-1-89, 13-1-89 dan 20-1-89. Sampel dikumpulkan di dalam bekas plastik polietilena (yang telah dibersihkan terlebih dahulu dengan 10%  $\text{HNO}_3$  gred analitikal dan dibilas dengan air suling yang telah dideionkan.) Sampel-sampel dicampurkan menjadi 1 liter mengikut pecahan 200 ml setiap sampel. Sampel gabungan ini kemudian diperlihara di bawah keadaan pH 1-2 (dengan menambah asid  $\text{HNO}_3$  pekat gred analitikal) dan disimpan selama 2-3 hari untuk membiarkan SS mengendap. Selepas itu, bahagian 'supernatant' sampel dituras melalui membran turas  $0.45 \mu\text{m}$  secara sedutan vakum. Hasil turasan (dengan isipadu diketahui) dikumpul dan dibiarkan melalui satu turus pertukaran kation, Chelex 100 untuk tujuan pemekatan kandungan logam kepada 10 ml dan kemudian dianalisa terus dengan menggunakan Spektrofotometer Penyerapan Atom Varian 1000.

Jenis kation bebas di dalam bahagian terlarutkan bagi sampel air buangan yang dianalisa termasuk :-

- \* Kuprum (Cu)
- \* Zink (Zn)
- \* Plumbum (Pb)
- \* Nikel (Ni)
- \* Kadmium (Cd)

#### 4.0 KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

#### 4.0 KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Sampel air buangan dari dua jenis pensampelan telah dianalisis dan data mengenai parameter-parameter kualiti air dikumpulkan di dalam bentuk jadual dan rajah. Data-data ini merupakan petunjuk kepada kajian penilaian kecekapan pengolahan bagi kolam yang dikaji. Nilai-nilai analisa yang diperolehi dibandingkan dengan Piawai Kualiti Efluen Malaysia (Malaysian Effluent Quality Standard , Lampiran VIII)

Bagi pensampelan sehari sekali, sampel-sampel air yang dikumpul dianalisa seperti biasa dan data analisa dikumpulkan di dalam Lampiran I.

Bagi pensampelan sepanjang hari, penganalisaan telah dilakukan dengan mempertimbangkan tiga keadaan operasi kolam yang berlainan. Jadi terdapat tiga kes yang dikaji :

Kes I : Sistem kolam dengan sebuah alat pengudara. Data-data analisa dikumpulkan di dalam Lampiran I.

Tarikh : 1-10-88 (kedua-dua kolam)

25-11-88 (kolam 1)

5-12-88 (kolam 1)

28-12-88 (kolam 1)

Kes II : Sistem kolam dengan dua buah alat pengudara. Kedua-dua alat pengudara adalah bersaiz sama dan berfungsi pada waktu yang sama. Data-data analisa dikumpulkan di dalam Lampiran I.

Tarikh : 25-11-88 (kolam 2)

5-12-88 (kolam 2)

28-12-88 (kolam 2)

Kes III : Semua alat pengudara bagi kolam 1 dan kolam 2 dihentikan sepanjang hari semasa pensampelan. Data analisa dikumpulkan di dalam Lampiran IV

Tarikh : 17-11-88

Rajah 2.1-2.6 dan 3.1-3.6 (yang diterbitkan dari Lampiran I dan IV) menunjukkan satu gambaran secara grafik mengenai tren parameter-parameter kualiti air mengikut masa bagi Kes I, Kes II dan Kes III masing-masing.

Dari kedua-dua teknik pensampelan yang dibuat, didapati tren dari pensampelan sepanjang hari memberi maklumat yang lebih bermakna dan lebih berguna di dalam menilai kecekapan pengolahan kolam ini jika dibandingkan dengan tren pensampelan sehari sekali.

Sementara itu, Rajah 4 menunjukkan tren paras DO yang tipikal bagi influen sahaja mengikut masa sepanjang hari. Rajah 5 menunjukkan peratus pemusnahan  $BOD_5$  bagi Kes I, Kes II dan Kes III masing-masing dan data mengenai peratusan pemusnahan  $BOD_5$  didapati dari Lampiran III

Penyusunan semula data-data dari Lampiran I dan Lampiran II berdasarkan nilai maksimum, nilai minimum dan nilai purata telah dibuat dan dijadualkan di dalam Jadual 1 dan Jadual 2. Penyusunan ini dapat memberi satu gambaran menyeluruh tentang julat parameter-parameter kualiti air dan paras logam berat yang dimiliki oleh influen dan efluen kedua-dua kolam.

Akhirnya, Jadual 3 adalah berkenaan dengan nilai-nilai  $k$  yang dihitung berdasarkan data  $BOD_5$  dari Lampiran I.

JADUAL 1 : DATA ANALISA PARAMETER-PARAMETER KUALITI AIR

Parameter		I	E1	E2
DO (mg/l)	max	3.40	1.60	3.85
	mean	1.52	0.37	0.79
	min	0.20	0.15	0.15
BOD <sub>5</sub> (mg/l)	max	137	109	137
	mean	100	65	67
	min	56	28	28
COD (mg/l)	max	588	460	476
	mean	345	252	256
	min	131	102	124
N-NH <sub>3</sub> (mg/l)	max	40.3	28.3	25.3
	mean	25.4	21.2	20.0
	min	14.3	13.8	13.0
N-organik (mg/l)	max	18.0	19.7	19.2
	mean	10.8	10.0	9.7
	min	6.2	5.5	4.3
SS (mg/l)	max	288	295	315
	mean	156	135	151
	min	61	55	72
SS-org. (mg/l)	max	363	246	253
	mean	154	117	129
	max	53	53	54
Fosfat-P (mg/l)	max	4.5	5.8	4.9
	mean	2.9	2.5	1.9
	min	1.2	1.2	0.8
pH	max	7.90	7.80	7.88
	mean	7.35	7.41	7.41
	min	7.10	7.16	7.18

JADUAL 1 (Sambungan)

Parameter		I	E1	E2
BOD <sub>5</sub> (mg/l) selepas dituras	max	45	25	21
	mean	31	12	10
	min	12	5.6	2.2
COD (mg/l) selepas dituras	max	152	112	124
	mean	107	77	67
	min	46	30	26

JADUAL 2 : DATA ANALISA LOGAM BERAT SURIHAN

Parameter		I	E1	E2
Cu ( $\mu\text{g/l}$ )	max	6.1	9.3	8.2
	mean	4.5	4.1	6.0
	min	1.6	1.6	3.6
Cd ( $\mu\text{g/l}$ )	max	1.3	0.81	0.75
	mean	0.82	0.66	0.59
	min	0.43	0.50	0.43
Pb ( $\mu\text{g/l}$ )	max	21	14	9.6
	mean	14	9.8	7.6
	min	7.6	7.5	4.8
Ni ( $\mu\text{g/l}$ )	max	42	16	14
	mean	17	11	8.5
	min	8.2	4.8	5.3
Zn ( $\mu\text{g/l}$ )	max	1290	1070	1420
	mean	720	698	810
	min	360	420	240

#### 4.1 Penentuan Masa Retensi Hidraulik Kolam Pengudaraan

Maklumat mengenai kadar aliran hidraulik influen bagi kolam pengudaraan di Bayan Baru diperolehi dari pihak berkuasa Majlis Perbandaran Pulau Pinang. Nilai kadar aliran hidraulik influen yang didapati ini merupakan satu nilai purata bagi tempoh masa 10 bulan penyelidikannya.

Isipadu kolam dihitungkan berdasarkan dimensi kolam yang dilukis (Rajah 1.1).Pelan mengenai dimensi kolam pengudaraan ini diambil dari Lim et al.,(1985).

Seterusnya masa retensi hidraulik kolam dapat dihitungkan dengan berdasarkan persamaan

$$t = V/Q \text{ -----(5)}$$

dimana :-  
t : masa retensi kolam, hari<sup>-1</sup>  
V : isipadu kolam, liter  
Q : kadar aliran hidraulik, liter/hari

##### Perhitungan

Kadar aliran hidraulik influen =  $5.60 \times 10^6$  liter/hari.

Jadi, kadar aliran hidraulik bagi setiap kolam,  $Q = 2.80 \times 10^6$  liter/hari.

Isipadu kolam,  $V = 1.67 \times 10^6$  liter.

maka,

Masa retensi hidraulik kolam,  $t = V/Q$

$$= \frac{1.67 \times 10^6 \text{ liter}}{2.80 \times 10^6 \text{ liter/hari}}$$

$$\approx 0.6 \text{ hari}$$

Oleh kerana Kolam 1 dan kolam 2 mempunyai dimensi yang sama, maka masa retensi hidraulik bagi kedua-dua kolam adalah sama iaitu 0.6 hari.



## 4.2 Penilaian Prestasi Kolam-Kolam Pengudaraan

Penilaian prestasi kolam pengudaraan ini dibuat dengan mempertimbangkan kesemua data yang dikumpul dan dianalisa dari kedua-dua teknik pensampelan. Didapati bahawa setiap parameter menunjukkan ciri-ciri yang tersendiri.

### 4.2.1 Suhu Dan pH

Nilai purata pH dan suhu bagi influen dan kedua-dua efluen ditunjukkan di dalam Jadual 1. Pada keseluruhannya, nilai suhu dan pH yang ditentukan bagi influen dan kedua-dua efluen adalah lebih kurang sama. Nilai purata pH yang dikira bagi influen dan kedua-dua efluen ialah 7.35, 7.41 dan 7.41 masing-masing. Secara purata, nilai pH bagi efluen adalah lebih tinggi daripada influen. Penambahan nilai pH adalah disebabkan penggunaan gas CO<sub>2</sub> yang dibebaskan semasa aktiviti-aktiviti bakteria telah digunakan oleh tumbuhan air iaitu alga untuk melakukan proses fotosintesis.

Suhu merupakan satu faktor yang penting di dalam persekitaran aerobik bagi kolam pengudaraan. Suhu purata bagi influen dan kedua-dua efluen kolam adalah sama (Jadual 1) dan dicatatkan sebagai 31.0 °C. Keadaan suhu ini didapati sesuai bagi pertumbuhan alga dan berkesan untuk aktiviti-aktiviti bakteria. Didapati kebanyakan bakteria aerobik dapat hidup dalam julat suhu di antara 10-40 °C. Walau bagaimanapun, kedua-dua nilai purata pH 7.35 dan 7.41 bagi kedua-dua efluen pada suhu 31.0 °C adalah memenuhi nilai Piawai Kualiti Efluen Malaysia (Lampiran VIII).

### 4.2.2 Oksigen Terlarut (DO)

Dari data pensampelan sehari sekali tidak dapat menerangkan tren paras DO yang berlaku di dalam kolam. Jadi data pensampelan sepanjang hari dipertimbangkan kerana ia memberi maklumat yang lebih berguna untuk menerangkan perubahan paras DO di dalam kolam.

Perubahan paras DO bagi influen kolam menunjukkan satu tren turun-naik secara berkala mengikut masa. Tren sedemikian

diperhatikan di dalam Rajah 6.1 dan Rajah 7.1 serta Lampiran V, VI dan VII. Paras DO bagi influen bergantung kepada ciri-ciri influen yang memasuki kolam setiap kali. Influen dari tangki penyimpanan dipam dan disalurkan ke kolam pengudaraan setiap kali memberi paras DO yang berlainan. Apabila isipadu influen yang dialirkan ke kolam meningkat, paras DO akan meningkat juga dan paras DO semakin mengurang apabila isipadu influen semakin menurun sehingga mencapai satu paras DO yang minimum. Sebenarnya perubahan paras DO yang tipikal boleh diperhatikan jika masa pensampelan dikurangkan sesingkat mungkin. Rajah 4 menunjukkan satu pemerhatian yang lebih jelas mengenai perubahan paras DO yang tipikal bagi setiap edaran influen memasuki kolam sepanjang hari. Perubahan paras DO di dalam influen mungkin disebabkan oleh pengudaraan semula semasa influen dipam dari tangki penyimpanan. Paras DO bagi influen berubah di dalam julat 0.20-3.40 mg/l.

Paras DO bagi kedua-dua efluen kolam juga ditentukan dan paras DO bagi ketiga-tiga kes adalah berbeza. Perubahan paras DO mengikut masa bagi ketiga-tiga kes dapat diterangkan seperti berikut :

#### Kes I dan Kes II

Rajah 2.1 menunjukkan tren paras DO bagi Kes I dan Kes II. Tren paras DO sedemikian adalah dipengaruhi oleh alat pengudara. Pemasangan alat pengudara akan mempertingkatkan paras DO di dalam efluen dan sebaliknya penghentian alat pengudara akan menurunkan paras DO di dalam efluen. Paras DO pada sebelah petang adalah rendah dan menunjukkan satu keadaan yang agak konstan apabila alat pengudara diberhentikan untuk masa yang panjang.

Bagi Kes II, tren paras DO hampir sama seperti Kes I tetapi didapati paras DO bagi Kes II adalah lebih tinggi secara relatif daripada Kes I (Rajah 2.1). Keadaan ini berlaku kerana bagi Kes II, kolam yang mempunyai dua buah alat pengudara dapat membekalkan lebih oksigen kepada air buangan kolam. Paras DO

maksimum bagi Kes II ialah 3.85 mg/l manakala paras DO maksimum bagi Kes I hanya bernilai 1.30 mg/l. Pemerhatian ini jelas menunjukkan bahawa dua buah alat pengudara yang berfungsi serentak pada waktu yang sama dapat memberi paras DO dua kali ganda lebih tinggi daripada paras DO yang dibekalkan oleh hanya sebuah alat pengudara.

### Kes III

Oleh kerana kesemua alat pengudara tidak berfungsi sepanjang hari, kedua-dua efluen menunjukkan paras DO yang rendah secara relatif dan agak konstan sepanjang hari (Rajah 3.1). Paras DO bagi kedua-dua efluen adalah dalam julat 0.20-0.50 mg/l. Tiada sebarang peningkatan paras DO diperhatikan sepanjang hari. Kajian ini menunjukkan bahawa sumber utama DO di dalam kolam adalah pengudaraan secara mekanik.

Selepas mengkaji ketiga-tiga kes di atas, pada keseluruhannya didapati efluen selepas mengalami pengolohan mempunyai paras DO yang lebih rendah daripada influen. paras DO pada sebelah petang didapati rendah secara relatif dan agak konstan. Paras DO pada sebelah petang berubah di dalam julat 0.15-0.40 mg/l. Pada masa itu, kandungan DO di dalam kolam terutamanya dibekalkan melalui proses fotosintesis. Jadi alat pengudara tidak dipasang memandangkan kos dapat dikurangkan. Walau bagaimanapun, paras DO yang rendah menyebabkan bau yang busuk dihasilkan oleh kolam.

#### 4.2.3 Keperluan Oksigen Kimia (COD)

Daripada Rajah 2.2 dan 3.2, didapati COD influen bagi ketiga-tiga kes menunjukkan suatu tren yang agak sama. Nilai COD bagi influen adalah bergantung kepada ciri-ciri influen yang memasuki kolam setiap kali. Influen yang memasuki kolam pada masa yang berlainan memberi nilai COD yang berlainan. Ini adalah kerana muatan organik bagi influen adalah berbeza. Nilai COD influen didapati berubah di dalam julat 131-588 mg/l (Jadual 1).

Efluen bagi Kes I dan Kes II mempunyai tren COD yang agak sama manakala Kes III menunjukkan tren yang berbeza.

### Kes I dan Kes II

Tren COD bagi kedua-dua kes boleh dikatakan bersongsangan dengan tren paras DO. Ini dapat diperhatikan di dalam Rajah 2.2. Nilai COD didapati menurun apabila alat pengudara dipasang. Sebaliknya, nilai COD meningkat apabila alat pengudara dihentikan. Dengan perkataan lain, nilai COD menurun apabila paras DO meningkat dan sebaliknya. Pada sebelah petang, walaupun alat pengudara dihentikan, tiada perubahan yang besar terhadap nilai COD kolam diperhatikan dan hanya berubah pada lingkungan paras yang rendah secara relatif. Pada masa ini, keperluan oksigen mungkin dibekalkan melalui proses fotosintesis.

Adalah diperhatikan bahawa walaupun bagi Kes II, kolam dipasang dengan dua alat pengudara dan paras DO didapati dua kali ganda lebih tinggi secara relatif, tetapi nilai COD efluen yang dihasilkan didapati hampir sama dengan Kes I (Rajah 2.2). Nilai purata COD efluen yang dihasilkan bagi kedua-dua kes ialah 252mg/l dan 256 mg/l. Kedua-dua nilai purata ini didapati melebihi Piawai Kualiti Efluen Malaysia iaitu 100 mg/l.

### Kes III

Oksigen tidak dibekalkan secara mekanik sepanjang hari persampelan. Efluen dari kedua-dua kolam menunjukkan peningkatan COD secara perlahan-lahan sepanjang hari (Rajah 3.2). Nilai purata COD bagi kedua-dua efluen ialah 226 mg/l dan 268 mg/l masing-masing. Didapati nilai purata ini lebih kurang sama dengan nilai purata efluen dari Kes I dan Kes II. Tetapi jika nilai COD minimum dikaji, didapati nilai COD minimum dengan pengudaraan iaitu 102 mg/l dan 124 mg/l adalah kurang daripada nilai COD minimum tanpa pengudaraan iaitu 195 mg/l dan 188 mg/l bagi kedua-dua efluen. Pemerhatian ini menunjukkan bahawa pembekalan oksigen secara mekanik akan memperbaiki pemusnahan COD air buangan.

Dari Jadual 1, nilai purata COD bagi influen dan kedua-dua efluen di dalam bahagian terlarutkan adalah 107 mg/l, 77 mg/l dan 67 mg/l masing-masing. Jika dibandingkan dengan nilai purata COD sebelum penurasan, didapati lebih kurang 70% daripada COD adalah berasal dari pepejal terampai dan 30% yang tinggal adalah berasal dari pepejal terlarut dan lain-lain.

#### 4.2.4 Keperluan Oksigen Biokimia ( BOD<sub>5</sub> )

Tren BOD<sub>5</sub> influen dan efluen bagi Kes I, Kes II dan Kes III ditunjukkan di dalam Rajah 2.3 dan 3.3. Seperti biasa, perubahan BOD<sub>5</sub> influen dipengaruhi oleh ciri-ciri influen iaitu muatan organik di dalam influen. Nilai BOD<sub>5</sub> yang tinggi menunjukkan muatan bahan organik di dalam influen tinggi atau sebaliknya. Nilai BOD<sub>5</sub> influen didapati berubah di dalam julat 56 mg/l - 137 mg/l (Jadual 1). Keterangan mengenai nilai BOD<sub>5</sub> efluen adalah seperti berikut.

##### Kes I dan Kes II

Secara amnya, tren BOD<sub>5</sub> bagi kedua-dua kes adalah hampir sama dengan tren COD (Rajah 2.2 dan 2.3) iaitu paras BOD<sub>5</sub> mengurang apabila DO bertambah dan sebaliknya. Ini adalah kerana paras DO yang tinggi menggalakkan aktiviti penguraian mikrob-aerobik, jadi muatan organik berkurangan dan memberi nilai BOD<sub>5</sub> yang rendah. Nilai purata BOD<sub>5</sub> bagi Kes I dan Kes II adalah 65 mg/l dan 67 mg/l masing-masing. Namun demikian, nilai BOD<sub>5</sub> minimum yang dihasilkan selepas pengudaraan ialah 28 mg/l bagi kedua-dua kes. Jadi efluen yang dihasilkan selepas pengudaraan (pada paras DO yang mencukupi) dapat diterima kerana tidak melebihi piawai BOD<sub>5</sub> efluen iaitu 50 mg/l.

Dari Rajah 2.3, didapati BOD<sub>5</sub> selepas penurasan (iaitu bahagian terlarutkan) memberi suatu nilai yang sangat rendah secara relatif jika dibandingkan dengan BOD<sub>5</sub> sebelum penurasan.

Secara purata, nilai BOD<sub>5</sub> terlarutkan yang dicapai bagi kedua-dua kes ialah 12 mg/l dan 10 mg/l masing-masing. Dengan ini dapat disimpulkan bahawa 60% daripada BOD<sub>5</sub> adalah berasal dari SS yang wujud di dalam air buangan.

### Kes III

Rajah 3.3 menunjukkan satu tren BOD<sub>5</sub> yang meningkat bagi kedua-dua efluen. Oleh kerana alat pengudara tidak berfungsi sepanjang hari, paras DO menjadi sangat rendah dan tidak mencukupi untuk kegunaan bakteria bagi melakukan aktiviti-aktiviti penguraian bahan organik. Akibatnya, bahan organik berkumpul semakin banyak dan seterusnya memberi BOD<sub>5</sub> yang tinggi.

Satu tinjauan dari segi peratusan pemusnahan BOD<sub>5</sub> menunjukkan bahawa peratusan pemusnahan BOD<sub>5</sub> meningkat apabila alat pengudara dipasang dan peratusan pemusnahan BOD<sub>5</sub> menjadi rendah secara relatif apabila alat pengudara dihentikan. Tren seperti ini diperhatikan hampir sama bagi Kes I dan Kes II (Rajah 5). Kes II memberi peratusan pemusnahan BOD<sub>5</sub> maksimum sebanyak 60%. Kecekapan ini adalah lebih baik daripada Kes I yang hanya memberi peratusan pemusnahan lebih kurang 55%. Pada sebelah petang, peratusan pemusnahan BOD<sub>5</sub> bagi kedua-dua kes menurun akibat dari paras DO yang rendah. Bagi Kes III, peratusan pemusnahan BOD<sub>5</sub> didapati menurun mengikut masa (Rajah 5) dan hanya memberi purata peratusan pemusnahan lebih kurang 48% sahaja. Lebih kurang 60% kecekapan pemusnahan dicatatkan pada sebelah pagi mungkin kerana alat pengudara ada dipasangkan di sebelah malam dan diberhentikan semasa kajian dijalankan. Secara keseluruhannya dapat disimpulkan bahawa pengudaraan secara mekanik adalah berkesan di dalam pemusnahan BOD<sub>5</sub> kolam.

Mengikut kajian Rehbun dan Argaman (1965), julat pemusnahan BOD<sub>5</sub> bagi kolam pengoksidaan adalah 60-90%. Adalah dijangka kolam pengudaraan memberi kecekapan pemusnahan yang lebih tinggi. Tetapi kecekapan pemusnahan BOD<sub>5</sub> bagi kolam pengudaraan di Bayan Baru didapati agak rendah pada keseluruhannya.

#### 4.2.5 Pepejal Terampai (SS)

##### Kes I dan Kes II

Rajah 2.4 menunjukkan tren kepekatan SS bagi efluen kedua-dua kes dan didapati hampir sama. Kepekatan SS di dalam Efluen bergantung kepada penghentian dan pemasangan alat pengudara. Kepekatan SS didapati meningkat apabila alat pengudara dipasang atau sebaliknya. Ini kerana semasa alat pengudara dipasang, ia telah menaikkan SS yang terenap di dasar kolam dan menghasilkan efluen dengan SS yang tinggi. Sebaliknya apabila alat pengudara dihentikan, SS yang merupakan partikal yang berat akan mengenap dengan cepat ke dasar kolam. Jadi, efluen yang dihasilkan mengandungi kepekatan SS yang rendah. Purata paras SS efluen bagi Kes I dan Kes II adalah 135 mg/l dan 151 mg/l masing-masing. Walau bagaimanapun, paras SS berubah di dalam julat yang lebar (Jaduai 1). Nilai purata SS ini didapati melebihi piawai yang ditetapkan iaitu 100 mg/l.

##### Kes III

Pemerhatian perubahan SS di dalam Kes I dan Kes II akan lebih bermakna dan senang difahami jika Kes III dirujuk. Bagi kes ini, oleh kerana alat pengudara tidak berfungsi sepanjang hari, maka kepekatan SS adalah rendah sepanjang hari secara relatif sepanjang hari (Rajah 3.4). Julat kepekatan SS adalah di antara 70-100 mg/l dan didapati memenuhi piawai yang ditetapkan. Jadi, pemusnahan SS adalah diperlukan untuk meningkatkan kualiti efluen yang dihasilkan.

Bahan-bahan utama SS di dalam influen merupakan kertas toilet, ketulan najis mentah, serpihan daun dan sebagainya. Bahan-bahan ini merupakan bahan organik yang meruap. Ketiga-tiga kes menunjukkan bahawa hampir 90% daripada SS adalah terdiri daripada bahan organik yang meruap. Ini telah menjelaskan bahawa hampir 70% daripada  $BOD_5$  dan COD adalah berasal dari bahan organik di dalam bentuk SS.