

PENILAIAN BERANGKA KE ATAS MODEL KUALITI AIR SUNGAI DENGAN
MENGGUNAKAN KAEDAH KUMPULAN TAK TERSIRAT
SEPARUH SAPUAN

AZIAH BINTI OTHMAN

MATEMATIK DENGAN EKONOMI
SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

2005



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: Penilaian Berangka ke atas model kualiti air sungai
dengan menggunakan kaedah kumpulan tak tersirat separuh sapuan

Ijazah: Sarjana Muda Sains (Kejuruteraan) Matematik Dengan Ekonomi

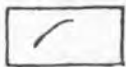
SESI PENGAJIAN: 2001/2001 - 2005

Saya AZIAH OTHMAN

(HURUF BESAR)

mengaku membenarkan tesis (LPS/Sarjana/Doktor Falsafah)* ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:

1. Tesis adalah hakmilik Universiti Malaysia Sabah.
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
4. **Sila tandakan (/)



SULIT

(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA RASMI 1972)



TERHAD

(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)



TIDAK TERHAD

Disahkan oleh

Mohd

(TANDATANGAN PENULIS)

(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: 1, LRG 3, JLN
MOHD SALIM, 86000

DR. ROZAINI ROSLAN

Nama Penyalia

KLUANG, JOHOR

Tarikh: 23 / MAC / 2005

Tarikh: 23 / 03 / 05

CATATAN: * Potong yang tidak berkenaan.

** Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.

@ Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan, atau disertasi bagi pengajian secara kerja kursus dan penyelidikan, atau Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM).



PENGAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah dijelaskan sumbernya.

Mac 2005



AZIAH BINTI OTHMAN

HS2001-3026



DIPERAKUKAN OLEH

Tandatangan

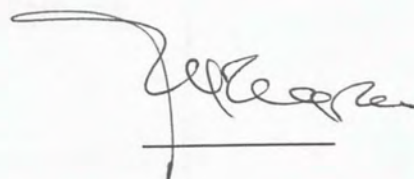
1. PENYELIA

(Dr Hj Rozaini Bin. Roslan)



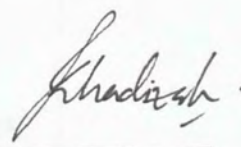
2. PENYELIA BERSAMA

(Prof Madya Dr Harun Abdullah)



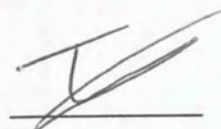
3. PEMERIKSA PERTAMA

(Cik Khadizah Ghazali)



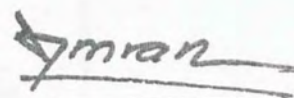
4. PEMERIKSA KEDUA

(Tiong Kung Ming)



5. DEKAN

(Prof Madya Dr Amran Bin. Ahmed)



PENGHARGAAN

Alhamdulillah, syukur saya kehadiran Illahi, akhirnya projek tahun akhir ini dapat disempurnakan walaupun menghadapi pelbagai dugaan pada saat-saat akhir. Tiada madah dan kata pujangga yang sesuai buat penyelia saya Dr Hj. Rozaini Roslan yang telah memberi tunjuk ajar, bimbingan dan dorongan yang membolehkan saya menyempurnakan latihan ilmiah ini walaupun dalam kesibukan beliau sebagai seorang Dekan.

Jutaan terima kasih yang tidak terhingga kepada Prof Madya Dr Harun Abdullah yang merupakan penyelia bersama dalam projek ini telah banyak membantu saya memahami model kualiti sungai dan memberi tunjuk ajar mengenai ciri-ciri sungai dan bahan pencemar. Tidak ketinggalan jutaan terima kasih kepada Dr Jumat b. Sulaiman yang banyak membantu saya dalam membuat pengaturcaraan C untuk menjayakan projek ini menjadi realiti. Tanpa pertolongan yang diberikan sukar bagi saya menyiapkan kajian ini dalam tempoh masa yang ditetapkan. Semoga budi baik yang ditaburkan akan diberkati Allah jua.

Sekian,

AZIAH BINTI OTHMAN

Mac 2005



ABSTRAK

Kajian ini adalah tentang pengiraan berangka ke atas model air sungai dengan menggunakan kaedah kumpulan tak tersirat separuh sapuan. Tujuan utama kajian ini adalah untuk mengaplikasikan kaedah berangka di dalam model resapan-olakan bagi mensimulasikan taburan kepekatan bahan organik atau bahan pencemar setelah melalui proses perpindahan fizikal di dalam sungai pada jarak dan masa tertentu. Hasil daripada penilaian berangka ini, didapati model resapan-olakan dapat dirumuskan kepada persamaan penghampiran dengan menggunakan skim Crank-Nicolson di bawah kaedah kumpulan tak tersirat. Terdapat dua persamaan penghampiran pembezaan yang dilakukan iaitu untuk sapuan penuh dan separuh sapuan. Seterusnya, penyelesaian bagi persamaan penghampiran diselesaikan dengan menggunakan kaedah lelaran Gauss-Siedel dan kaedah lelaran dua titik kumpulan tak tersirat. Kajian ini menunjukkan bahawa kaedah kumpulan tak tersirat separuh sapuan adalah kaedah yang mengambil masa lebih cepat dan mempunyai masa perlaksanaan lebih cepat dan mempunyai kurang bilangan lelaran berbanding kaedah kumpulan tak tersirat sapuan penuh.



NUMERICAL ANALYSIS OF RIVER WATER QUALITY MODEL USING THE HALF-SWEEP EXPLICIT GROUP METHOD

ABSTRACT

This research numerically evaluates the water quality model of river using the full-sweep explicit group method. Numerical method is method is applied into the convective-diffusion equation to simulate distribution of organic particles or pollutants when they are physically transferred at a specified distance and time. From the numerical analysis, the convective-diffusion equation is approximated into the finite diffusion equation using the full-sweep explicit group method and the half-sweep explicit group method. Consequently, the finite difference equation is solved using the Gauss-Siedel iterative method and the 2-Point Explicit group method. Finally, the study shows that the half-sweep explicit method is less time consuming and has less iteration compared to the full-sweep explicit group method.



KANDUNGAN

Muka Surat

| | |
|-------------------|-----|
| PENGAKUAN | ii |
| PENGESAHAN | iii |
| PENGHARGAAN | iv |
| ABSTRAK | v |
| ABSTRACT | vi |
| SENARAI KANDUNGAN | vii |
| SENARAI JADUAL | x |
| SENARAI RAJAH | xi |

BAB 1 PENDAHULUAN

| | | |
|-------|----------------------------|---|
| 1.1 | Pengenalan | 1 |
| 1.1.1 | Ubahan Kualiti Air | 4 |
| 1.1.2 | Pencemar Air | 4 |
| 1.1.3 | Kesan Bahan-bahan Pencemar | 5 |
| 1.2 | Latar Belakang Kajian | 5 |
| 1.3 | Tujuan Utama Kajian | 6 |
| 1.4 | Objektif Kajian | 6 |



BAB 2 ULASAN PERPUSTAKAAN

| | | |
|-----|---|----|
| 2.1 | Sejarah Perkembangan Model Kualiti Air Sungai | 8 |
| 2.2 | Model Bermatematik | 9 |
| 2.3 | Model-model Kualiti Sungai | 10 |
| 2.4 | Model Resapan-Olakan di Sungai | 12 |

BAB 3 METODOLOGI

| | | |
|-------|--|----|
| 3.1 | Pengenalan | 14 |
| 3.2 | Penghampiran Beza Terhingga | 17 |
| 3.3 | Kaedah Lelaran Kumpulan Tak Tersirat Terubahsuai | 21 |
| 3.4 | Penyelesaian Sistem Persamaan Linear | 22 |
| 3.4.1 | Kaedah Gauss-Siedel | 23 |
| 3.4.2 | Kaedah 2-Titik Kumpulan Tak Tersirat | 25 |
| 3.5 | Pengaturcaraan C | 27 |

BAB 4 KEPUTUSAN DAN ANALISIS DATA

| | | |
|-------|-----------------------------|----|
| 4.1 | Pengenalan | 27 |
| 4.2 | Penilaian Berangka | 28 |
| 4.2.1 | Penghampiran Beza Terhingga | 28 |



| | | |
|-----|--------------------|----|
| 4.3 | Keputusan Berangka | 31 |
|-----|--------------------|----|

| | | |
|-----|-------------------|----|
| 4.4 | Penganalisan Data | 36 |
|-----|-------------------|----|

BAB 5. KESIMPULAN DAN CADANGAN

| | | |
|-----|------------|----|
| 5.1 | Kesimpulan | 38 |
|-----|------------|----|

| | | |
|-----|----------------------|----|
| 5.2 | Rumusan Hasil Kajian | 39 |
|-----|----------------------|----|

| | | |
|-----|----------|----|
| 5.3 | Cadangan | 41 |
|-----|----------|----|

| | | |
|----------------|--|----|
| RUJUKAN | | 42 |
|----------------|--|----|

SENARAI RAJAH

| No. Rajah | Muka Surat |
|---|------------|
| 2.1 Keratan rentas pengaliran bahan pencemar ke dalam sungai | 13 |
| 3.1 Domain penyelesaian bagi persamaan satu dimensi | 17 |
| 3.2 Lelaran Sapuan Penuh | 19 |
| 3.3 Lelaran Separuh sapuan | 20 |
| 4.1 Molekul pengiraan bagi skema kaedah separuh sapuan | 31 |
| 4.3 Bilangan lelaran bagi setiap kaedah lelaran Gauss-Siedel dan kaedah 2-KTT mengikut saiz grid | 33 |
| 4.5 Masa perlaksanaan setiap kaedah lelaran Gauss-Siedel dan 2-KTT terhadap saiz grid | 34 |

SENARAI JADUAL

| No. Jadual | Muka Surat |
|--|------------|
| 1.1 Ringkasan kriteria kulaiti air | 3 |
| 4.1 Perbandingan bilangan lelaran bagi setiap kaedah ke atas perubahan saiz subselang | 32 |
| 4.2 Perbandingan masa perlaksanaan bagi setiap kaedah ke atas perubahan saiz subselang | 33 |
| 4.3 Perbandingan ralat mutlak maksimum bagi setiap kaedah ke atas perubahan saiz subselang | 35 |



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 PENGENALAN

Air ialah satu-satunya komponen yang amat penting bagi menampung keperluan segala organisma hidup yang berada di bumi. Walaupun lebih kurang 70 peratus daripada permukaan bumi adalah dilitupi air, hanya sebahagian kecil daripada jumlah air yang tersedia ini sahaja yang dapat digunakan oleh manusia. Ini adalah disebabkan oleh keadaan air yang sebahagian besarnya iaitu lebih kurang 97 peratus adalah air masin, 3 peratus air tawar, lebih kurang 30 peratus terperangkap beku di kawasan kutub.

Dengan ini jelas sekali bahawa sumber hidup yang tersedia untuk manusia dan segala hidupan daratan lain adalah terhad sekali. Sungai adalah salah satu contoh keadaan air tawar yang berada di muka bumi ini. Sungai merupakan aliran air yang tidak putus mengalir turun ke laut melalui alur yang dihakisnya di permukaan bumi. Ada juga sungai yang mengalir ke dalam tasik dan ada pula yang bertemu dengan sungai lain. Apabila sungai yang lebih kecil mengalir ke dalam sungai yang lebih besar, maka sungai yang lebih kecil itu dipanggil anak sungai dan sungai merupakan



salah satu cara utama air hujan kembali ke laut dalam kitaran air.

Sumber hidup yang sedia ada memerlukan air dalam bentuk yang berbeza-beza. Sebenarnya air merupakan sebahagian daripada persekitaran manusia kerana tamadun manusia itu sendiri terbentuk dan berkembang berhampiran dengan air. Selain daripada minuman, jasad air tawar seperti sungai atau tasik merupakan sumber bekalan air untuk kegunaan domestik iaitu kegunaan penduduk kampung yang masih tidak mendapat bekalan air moden, masih menggunakan sungai sebagai tempat untuk aktiviti harian seperti mandi, membasuh dan sebagainya. Di kawasan yang menerima bekalan air hujan yang terhad, sistem pengairan dibina untuk meningkatkan hasil pertanian. Di sektor perindustrian, air digunakan untuk memenuhi beberapa tujuan. Tiga tujuan asas digunakan oleh sektor ini ialah untuk pemindahan haba (penyejukan dan pemanasan), penjanaan kuasa dan wap, dan akhir sekali untuk tujuan pemprosesan.

Air dalam bentuk tulen jarang-jarang berlaku di alam semula jadi. Sebenarnya, air secara asli mengandungi beberapa bahan terlarut di dalamnya. Ada jenis air yang secara semula jadinya mempunyai kandungan ion yang sedikit. Di samping itu, ada juga air yang sememangnya mempunyai kepekatan air yang terlarut yang tinggi. Jadi dalam erti yang sebenar tidak ada air yang bersih ataupun tulen di alam semula jadi ini. Istilah air bersih sebenarnya bersifat subjektif dan menurut (Ahmad *et al.*, 1992) kualiti air secara saintifik perlu dipandang dari segi kegunaan air itu sendiri. Jadual 1 membincangkan secara ringkas kriteria yang digunakan dalam penentuan kualiti air berdasarkan kegunaannya;



Jadual 1 Ringkasan kriteria kualiti air

| KEGUNAAN | PARAMETER YANG DIUKUR |
|-------------------|---|
| Bekalan minuman | <p>Parameter yang penting adalah kewujudan organisma patogen. Sekiranya rawatan lengkap dilakukan, kepekatan koliform antara 5000 hingga 10,000 ml dibenarkan. Selain parameter mikrobiologi, parameter fizikal (kekeruhan, warna dan suhu) juga penting untuk menentukan sama ada air bekalan air boleh diminum ataupun tidak.</p> |
| Rekreasi | <p>Jasad air yang digunakan untuk aktiviti berenang perlu bebas daripada puing dan minyak terapung dan bebas daripada bahan yang menghasilkan warna, bau, rasa dan kekeruhan yang tidak enak. Juga, jasad air perlu bebas daripada organisma pathogen. Parameter air juga tidak membahayakan dan beracun kepada manusia.</p> |
| Pertanian | <p>Faktor kualiti air yang penting ialah garam terlarut kerana boleh mempengaruhi kemasinan tanah. Kepekatan natrium perlu dinilai kerana boleh mempengaruhi ketelapan tanah. Parameter utama untuk pengairan ialah nisbah penyerapan natrium. Jumlah pepejal terlarut per liter tidak boleh melebihi 2000 mg. Air kumbahan juga tidak dibenarkan untuk digunakan sebagai air pengaliran.</p> |
| Kegunaan Industri | <p>Untuk tujuan penyejukan, kualiti air tidak begitu dipertimbangkan. Untuk menghasilkan tenaga melalui penjanaan wap, air yang mempunyai kepekatan bahan terlarut perlu digunakan. Kualiti air yang digunakan untuk pemprosesan berbeza-beza bergantung pada jenis industri dan cara bagaimana air digunakan.</p> |

1.1.1 Ubahan Kualiti Air

Ubahan kualiti air adalah hasil daripada satu jalinan tindakbalas yang majmuk antara elemen kimia dan bukan kimia didalam penukaran biogeokimia di zon penemuan litosfera dan atmosfera. Penukaran ini melibatkan tindak balas elemen di antara sistem biologi, geokimia, dan hidrologi melalui kitaran biogeokimia, geokimia, hidrologi dan nutrien. Tindak balas kimia ion adalah ditentukan oleh faktor persekitaran dan keadaan ion yang terlibat. Kepentingan setiap faktor persekitaran adalah ditentukan oleh skala pemerhatian. Selain dua faktor di atas, kegiatan manusia merupakan penyumbang utama kepada pencemaran air.

1.1.2 Pencemar Air

Pencemar air boleh wujud dalam bentuk pepejal atau cecair. Pencemar berbentuk cecair mungkin mengandungi bahan larutan ataupun ampaiian dan juga gas terlarut yang berciri pencemar. Pencemar pepejal terdiri daripada sebarang bahan pepejal seperti pasir, lanar, hampas kelapa sawit, sisa makanan, sisa kilang dan sebagainya. Untuk tujuan penghuraian, berbagai-bagai kelas telah diberikan kepada jenis pencemar. Ada yang mengelaskannya mengikut punca asalnya seperti pencemar dari rumah, pencemar dari industri, pencemar dari kegiatan pertanian dan sebagainya, ada pula yang mengelaskan berdasarkan sifat pencemarnya seperti jenis pencemar kimia, jenis pencemar fizikal, jenis pencemar fisiologi dan jenis pencemar biologi.



1.1.3 Kesan Bahan-bahan Buangan

Dalam keadaan semulajadi kitaran ekosistem air berjalan secara berterusan. Semua komponen saling berinteraksi dan tiada yang hilang atau terkeluar daripada sistem itu. Jika ekosistem itu dipengaruhi oleh unsur-unsur yang mengganggu kitarnya, ia akan mencuba menyesuaikan diri dan kembali kepada keadaan biasa dengan cepat. Tetapi jika gangguan itu besar dan mengubah ekosistem secara besar-besaran dan pantas, komponen ekosistem tidak dapat membuat penyesuaian dengan cepat dan sempurna. Maka, seluruh kitar ekosistem itu akan tercemar.

Dalam keadaan persaingan pembangunan yang hebat dan pertumbuhan penduduk yang pesat, keadaan pencemaran tidak dapat dielakkan. Namun demikian keadaan dapat dikawal kepada tahap yang tidak membahayakan. Walaupun begitu, kualiti air perlu dikekalkan supaya tidak mengganggu ekosistem hidupan di dalam air.

1.2 Latar Belakang Kajian

Kajian ini adalah berkaitan dengan pengetahuan mengenai sains sekitaran. Aplikasi kaedah berangka digunakan di dalam menyelesaikan masalah model kualiti air ini. Model kualiti air sungai yang dipilih di dalam kajian ini adalah mengenai perpindahan molekul bahan pencemar menerusi air sungai melalui proses resapan-olakan.

Selain daripada pengetahuan mengenai sains sekitaran yang digunakan, pengetahuan mengenai pengaturcaraan berkomputer juga perlu dipelajari didalam melengkapkan kaedah berangka yang telah diformulasikan menerusi kaedah-kaedah berangka yang akan dibincangkan di dalam Bab 3. Di dalam kajian ini, terdapat dua pendedahan ilmu pengetahuan kepada saya selain daripada mengaplikasikan pengetahuan matematik yang telah saya pelajari sepanjang pengajian saya di dalam bidang matematik dengan ekonomi di Universiti Malaysia Sabah.

1.3 Tujuan Utama Kajian

Tujuan utama kajian ini ialah untuk mengaplikasikan kaedah berangka di dalam persamaan resapan-olakan untuk membuat penilaian berangka terhadap perubahan kepekatan bahan organik atau bahan pencemar setelah melalui proses perpindahan fizikal di dalam air sungai pada jarak dan masa yang tertentu.

1.4 Objektif Kajian

Berikut adalah objektif kajian;

- i. Kajian ini bertujuan untuk merumuskan persamaan penghampiran bagi model resapan olakan dengan menggunakan kaedah tak tersirat sapan penuh dan kaedah tak tersirat separuh sapan.

- ii. Untuk menyelidiki dan membina algoritma kaedah Gauss-Siedel dan Kaedah lelaran 2 titik kumpulan tak tersirat bagi menyelesaikan perumusan persamaan penghampiran yang telah dicapai pada objektif pertama.
- iii. Untuk menunjukkan kaedah tak tersirat separuh sapuan merupakan adalah kaedah yang mengambil masa lebih cepat dan mempunyai kurang bilangan lelaran berbanding kaedah tak tersirat penuh sapuan.

BAB 2

ULASAN PERPUSTAKAAN

2.1 Sejarah Perkembangan Model Kualiti Air Sungai

Kajian terdahulu mengenai kualiti air sungai telah banyak dijalankan oleh para saintis dan jurutera bagi melihat perubahan kualiti air sungai akibat kesan pencemaran yang mengganggu ekosistem tersebut. Hasil daripada kajian yang dijalankan oleh para saintis dan jurutera didapati terdapat banyak perumusan permasalahan bermatematik dalam mengukur kualiti air sungai. Pelbagai model kualiti air yang telah dihasilkan oleh para saintis dan para jurutera bagi membendung masalah pencemaran di dalam air. Menurut Cox (2003) model kualiti air telah mula diasaskan oleh *The Royal Commission on Pollution*, iaitu sejak tahun 1912 yang telah menggunakan konsep keseimbangan jisim dalam kualiti air untuk menentukan tahap yang selamat bagi air bersih setelah pengaliran bahan kumbahan ke dalam sungai. Pendekatan yang dibentuk adalah untuk melihat kecekapan pencairan kepekatan sesuatu bahan pencemar bagi mengurangkan ketergangguan kepekatan oksigen terlarut oleh sungai. Tetapi terdapat beberapa kelemahan di dalam kajian ini kerana model yang dihasilkan tidak mempertimbangkan kesan bahan pencemar terhadap tindakbalas kinetik zarah pencemar dan tidak sesuai bagi tujuan kajian yang lebih terperinci. Kajian ini diteruskan oleh Streeter dan Phelps pada 1925 dan telah menghasilkan persamaan



klasik yang menjadi asas terhadap kajian kualiti air sehingga kini (Cox, 2003). Persamaan klasik yang diterbitkan adalah untuk mensimulasikan oksigen terlarut dan permintaan oksigen biokimia (BOD) di sungai. Perkembangan model kualiti air semakin menjadi tumpuan ahli saintis alam sekitar dan jurutera memandangkan sungai merupakan sumber kehidupan benda hidup di muka bumi. Berikutan dengan perkembangan teknologi berkomputer sejak 20 tahun yang lalu, kajian ini diteruskan dengan lebih efektif. Pelbagai model kualiti air telah diperkenalkan oleh para saintis dan jurutera. Model yang diperkenalkan oleh mereka lebih spesifik kepada jenis sungai dan bahan pencemar yang diterangkan dengan lebih terperinci. Cox (2003) telah menulis beberapa model di dalam ulasan jurnal beliau yang telah digunakan oleh *Environment Agency (EA)* di England seperti model SIMCAT, TOMCAT, QUAL2E, QUASAR, MIKE-II dan ISIS.

2.2 Model Bermatematik

Model bermatematik adalah idea yang diformulasikan untuk menunjukkan realistik sesuatu sistem (Chapra, 1997). Contohnya, hubungan antara punca dan kesan sesuatu kepekatan bendasing yang memasuki air adalah bergantung kepada proses fizikal, kimia dan biologi. Fungsi ditunjukkan secara amnya adalah seperti berikut:

$$c = f(W; \text{fizikal, kimia, biologi}) \quad (2.1)$$

Ungkapan matematik bagi fungsi di atas adalah:

$$c = \frac{1}{a} W \quad (2.2)$$

Di mana a ialah faktor yang merangsangkan fungsi kepekatan di atas c . Fungsi yang didapati adalah linear kerana c dan W berkadaran secara langsung antara satu sama lain.



Maka, model bermatematik boleh mengungkapkan teori yang terdapat di dalam fungsi c secara tidak langsung. Oleh sebab itu, pendekatan secara matematik sering digunakan untuk menyelesaikan permasalahan secara kuantitatif.

2.3 Model-model Kualiti Air Sungai

Pelbagai model kualiti air yang telah diulaskan di dalam buku *An Introduction to Water Quality Modelling*, oleh James (1993) dan Chapra (1997) di dalam bukunya *Surface Water Quality Modelling*. Antara model yang akan diterangkan di sini ialah model yang berkaitan dengan proses dan mekanisme penentuan bahan pencemar di dalam air sungai.

Di dalam kajian Alshawabkeh *et al.* (1996), model permintaan oksigen biokimikal (BOD) yang dikemukakan di dalam laporan teknikalnya adalah melibatkan penyelesaian persamaan terbitan separa yang menjelaskan perubahan keterlarutan oksigen terhadap masa dan ruang yang dibawa oleh proses perolakan, penyerakan dan pereputan. Berikut adalah persamaan terbitan yang digunakan bagi menyelesaikan masalah bagi menentukan perubahan keterlarutan BOD.



$$\frac{\partial L_1}{\partial t} + u \frac{\partial L_1}{\partial x} = D \frac{\partial^2 L_1}{\partial x^2} - k_1 L_1 + L_a \quad (2.3)$$

di mana:

k_1 adalah proses peringkat pertama pereputan,

L_1 adalah kepekatan BOD

L_a adalah pemalar nilai BOD yang memasuki pada sebarang nilai jarak dari titik asalan

t ialah masa dan u adalah pemalar kepada purata isipadu pengaliran air.

Model tersebut akan dikembangkan sehingga maklumat yang lebih terperinci didapati. Kajian yang berkaitan juga telah dijalankan oleh Park *et al.* (2003) adalah mengenai permodelan model kualiti air sungai dalam menunjukkan pertumbuhan *macrophyte* di dalam sungai. *Macrophyte* merupakan salah satu tumbuhan akuatik yang tumbuh di dalam air sungai. Tumbuhan ini dikaitkan dengan kualiti air kerana pertumbuhannya yang tidak menentu telah mengganggu pengambilan nutrien oleh hidupan akuatik yang lain. Ini akan menyebabkan ekosistem hidupan akuatik terganggu. Struktur bagi model yang dibentuk akan dijalankan oleh MACRIV. MACRIV adalah perisian komputer yang digunakan untuk menjalankan kajian ini. Pengaturcaraan FORTRAN digunakan untuk membuat perbandingan antara MACRIV. Tetapi didapati MACRIV lebih sesuai digunakan untuk menjalankan kajian mengenai bahan organik yang dihasilkan oleh *macrophyte* dan hidupan akuatik yang lain, penentuan kadar perubahan penyerapan oksigen yang diperlukan dan perilaku pengambilan nutrien oleh tumbuhan akuatik. Pembentukan model adalah bermula daripada persamaan terbitan pada keadaan yang stabil iaitu;

$$u \frac{dL}{dx} = -(k_d + v_L)L + B_L + \alpha T \quad (2.4)$$

di mana u adalah isipadu, L adalah BOD, x adalah jarak ke hilir, k_d adalah pekali kadar pengoksidaan, v_L ialah kadar kehilangan permintaan oksigen biokimia sepanjang kajian.

Falconer (1994) menerusi kajiannya terhadap model kualiti air yang dikemukakan lebih kepada penggunaan matematik di mana penggunaan skim ubahsuaian terbitan peringkat tinggi bagi persamaan yang diterbitkan oleh beliau sendiri. Falconer telah memasukkan pelbagai perkaitan teori-teori perkembangan persamaan terbitan seperti hukum *Newton* yang kedua dan *Navier-Stokes* di dalam menerbitkan skim yang telah dikemukakan

Pelbagai model kualiti air telah diwujudkan bagi menjamin keselamatan air di dunia ini. Setiap model yang digunakan atau baru diterbitkan adalah berbeza-beza mengikut kepada keserasian kajian yang dijalankan.

2.4 Model Resapan-Olakan di Sungai

Di dalam kajian ini, model kualiti air yang dilihat adalah model resapan-olakan di dalam membuat penilaian berangka mengenai perubahan kepekatan bahan organik atau bahan pencemar melalui ruang di dalam sungai yang melalui proses perolakan. Hal ini adalah kerana proses resapan-olakan bagi bahan pencemar akan mempunyai kesan terhadap keterlarutan oksigen dan permintaan oksigen biokimikal di dalam air sungai. Berikut adalah rajah pergerakan bahan pencemar yang melalui sungai.



RUJUKAN

- Ahmad Ismail dan Ahmad Badri Mohamad, 1992. *Ekologi Air Tawar*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.
- Akram Alshawabkeh dan Adrian, D. D., 1997. Analytical Water Quality Model For A Sinusoidally Varying BOD Discharge Concentration. *Wat. Res Journal*, Vol.31, No 5, 1207-1215.
- Arsmah Ibrahim, 1992. *The Study Of The Iterative Solution Of The Boundary Value Problems By The Finite Difference Method*. Faculty Mathematical Sciences and Computing, University Kebangsaan Malaysia, Bangi.
- Chapra, S. C., 1997. *Surface Water Quality Modelling*. McGraw-Hill, International Edition.
- Cox, B. A., 2003. A Review Of Currently Available In Stream Water Quality Models And Their Applicability For Simulating Dissolved Oxygen In Lowland Rivers. *The Science of the Total Environment Journal* 314-316, 335-377.
- David, K. dan Ward, C., 1996. *Numerical Analysis Mathematics Of Scientific Computing*. Ed ke-2. Brooks/Cole Publishing Company. Austin
- Falconer, R. A., 1994. Mathematical Modelling of Water Quality Processes Using Higher Order Accurate Schemes. *Environment International Journal*, Vol 21, No 2, 111-122
- Hong, G. H., 2001. *Penyelesaian Persamaan Poisson Satu Matra Melalui Kaedah PBB Dengan Excel*. Sekolah Sains dan Teknologi, Universiti Malaysia Sabah, Kota Kinabalu.
- James, A., 1993. *An Introduction To Water Quality Modelling*. Ed ke-2. University Of Newcastle Upon Tyne, United Kingdom.
- Jumat Sulaiman, Mohamed Othman dan Abdul Rahman Abdullah, 1998. Skema Kaedah Lelaran Kumpulan Tak Tersirat Terubahsuai Bagi Persamaan Resapan Satu Matra. *Borneo Science* 4, 57-66.
- Norhaslinda Mat Junoh dan Jumat Sulaiman, 2001. *Aplikasi Kaedah Lelaran 2 Titik Kumpulan Tak Tersirat Ke Atas Kaedah Songsangan Asas Bagi Masalah Pengaturcaraan Linear*. LT/SST-UMS/2001/014, Universiti Malaysia Sabah.



- Seok, S. P., Yumee, N., Christopher, G. U., 2003. An Oxygen Equivalent Model for Water Quality Dynamics in a Macrophyte Dominated River. *Ecological Modelling Jurnal* 168, 1-12.
- Zakaria Awang Soh, 1990. *Pembangunan dan Alam Sekitar di Malaysia, Isu dan Pengurusannya : Pencemaran Air- Satu Tinjauan Umum*. Dewan Bahasa dan Pustaka. 278-288.
- Zuraina Majid, 1992. *Ekologi Manusia : Air Saluran Pencemaran*. Fajar Bakti Sdn. Bhd. Kuala Lumpur.

