

UNIVERSITI TEKNOLOGI MALAYSIA

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS*

JUDUL: **MULTI CRITERIA DECISION MAKING ANALYSIS FOR URBAN WATERSHED MANAGEMENT AT SOUTHERN PART OF JOHOR USING FUZZY COMPOSITE PROGRAMMING**

SESI PENGAJIAN: **2008/2009**

Saya: **AZAH RAHMI BINTI ARIFFIN @ MAT ZIN**
(HURUF BESAR)

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

1. Tesis adalah hakmilik Universiti Teknologi Malaysia.
2. Perpustakaan Universiti Teknologi Malaysia dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perputakaan 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 masa penyelidikan dijalankan.

TIDAK TERHAD

Disahkan oleh

(TANDATANGAN PENULIS)

(TANDATANGAN PENYELIA)

Alamat Tetap:
Lot 1025, Kg. Pulai Chicha Tinggi,
17000 Pasir Mas,
Kelantan

PM DR. SUPIAH BT SHAMSUDIN
Nama Penyelia

Tarikh: 10 NOVEMBER 2008

Tarikh: 10 NOVEMBER 2008

Cacatan: * 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 atau TERHAD.

* Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan, atau disertai bagi pengajian secara kerja kursus dan penyelidikan, atau Laporan Projek Sarjana Muda (PSM).

“ Saya akui bahawa saya telah membaca karya ini dan pada pandangan saya karya ini adalah memadai dari segi skop dan kualiti untuk tujuan penganugerahan ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Awam”

Tandatangan :

Nama Penyelia : **PM Dr. Supiah bt Shamsudin**

Tarikh : **10 November 2008**

**MULTI CRITERIA DECISION MAKING ANALYSIS FOR URBAN
WATERSHED MANAGEMENT AT SOUTHERN PART OF JOHOR USING
FUZZY COMPOSITE PROGRAMMING**

AZAH RAHMI BT ARIFFIN @ MAT ZIN

Laporan projek ini dikemukakan sebagai memenuhi
sebahagian daripada syarat penganugerahan
Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Awam

Fakulti Kejuruteraan Awam
Universiti Teknologi Malaysia

NOVEMBER 2008

PENGAKUAN PELAJAR

“ Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang tiap –tiap satunya telah saya jelaskan sumbernya”

Tandatangan :

Nama Penulis : **AZAH RAHMI BT ARIFFIN @ MAT ZIN**

Tarikh : **10 November 2008**

DEDIKASI

Khas ucapan teristimewa ini untuk Suami dan Anak tersayang,

Akbar bin Salim & Ammar Amsyar,

Setinggi-tinggi penghargaan dan jutaan terima kasih

di atas segala pengorbanan, doa dan jasa kalian

Khas Buat Mama & Papa, Ma & Abah yang dikasihi,

Hjh. Sjarqiah bte Mohd Yasie & Hj. Ariffin @ Mat Zin b. Ismail,

Noriah bt Mamat & Hj. Skaihk Salim b. Shaikh Rais,

Jutaan terima kasih di atas segala doa, sokongan dan nasihat yang diberikan untuk

anakmu ini,

Khas jua buat Penyelia yang dihormati,

PM Dr. Supiah bt Shamsudin

Di atas segala bimbingan dan nasihat yang diberikan

Terima kasih sekali lagi, Hanya Allah S.W.T. yang dapat membalas segala jua jasa

dan pengorbanan kalian.....

PENGHARGAAN

Sekapur Sireh, Seulas Pinang,
Pembuka bicara, Untuk tatapan semua,

Alhamdulillah syukur kehadiran Ilahi di atas segala keberkatan dan keizinanNya, maka dapatlah saya menyiapkan projek ini dengan jayanya.

Kesempatan ini ingin saya ucapkan penghargaan dan terima kasih kepada mereka yang terlibat di dalam menyiapkan projek ini, terutama PM Dr. Supiah bt Shamsudin di atas segala bimbingan, dorongan dan nasihat dan tidak ketinggalan kepada para pembantu teknik dan juruteknik jabatan Hidrologi dan Alam Sekitar yang banyak membantu ketika di dalam proses menyiapkan projek ini.

Juga tidak dilupakan, suami, anak, ibubapa, adik beradik tersayang dan kawan-kawan seperjuangan yang memberikan sokongan, dorongan dan semangat. Jua kepada yang terlibat di dalam projek ini secara langsung ataupun tidak langsung.

Akhir kata, semoga segala pengorbanan dan bantuan kalian diberkat dan dirahmat oleh Allah S.W.T.

ABSTRAK

Pengurusan sungai yang efektif banyak membantu dalam mengatasi masalah di lembangan sungai dan kawasan tadahan. Matlamat utama kajian ini untuk menentukan sungai yang paling tercemar dan perlu diberi perhatian di dalam pengurusan sungai dengan menggunakan *Fuzzy Composite Programming (FCP)* dengan analisis secara Fuzzy dan non-Fuzzy. Penggunaan *Multi-criteria Decision Making Analysis (MCDA)* dalam *Fuzzy Composite Programming* memberi kepelbagaian keputusan dalam analisis data. Dalam kajian ini, empat buah sungai dipilih iaitu Sungai Skudai, Sungai Danga, Sungai Melayu dan Sungai Seagate sebagai pilihan pengurusan sungai yang perlu diberi keutamaan. Sembilan parameter digunakan sebagai penunjuk asas kepada pilihan pengurusan sungai tersebut. Hasil keseluruhan keputusan secara Fuzzy dan non-Fuzzy memberikan keputusan yang sama. Sungai Danga merupakan sungai tercemar dengan turutan teratas di dalam analisis Fuzzy memberikan bacaan (0.528) dan non-Fuzzy (0.515). Walau bagaimanapun, turutan pengurusan sungai tersebut bagi kedua-dua analisis adalah berbeza. Analisis Fuzzy menunjukkan sungai berikutnya yang tercemar dan perlu diuruskan adalah Sungai Seagate (0.509), Sungai Melayu (0.503) dan Sungai Skudai (0.413). Manakala analisis non-Fuzzy pula menunjukkan Sungai Segate(0.511), Sungai Skudai (0.489) dan Sungai Melayu (0.401). Berdasarkan kepada keputusan tersebut, dapat disimpulkan *Fuzzy Composite Programming* merupakan pendekatan yang sesuai untuk penilaian pengurusan sungai di dalam bidang hidrologi.

ABSTRACT

Effectiveness of watershed management helps to solve watershed problems on river and its catchments. The main objective of this study was to determine the most polluted river for the watershed management using Fuzzy Composite Programming propose of Fuzzy analysis and non-Fuzzy analysis. Multi-criteria decision making analysis (MCDA) specifically Fuzzy Composite Programming provide is a well-established of decision tools in arriving at collective decision. Four watersheds were chosen, Sungai Skudai, Sungai Danga, Sungai Melayu dan Sungai Seagate during this study. Nine parameters were selected as basic indicators. Overall result from Fuzzy and non-Fuzzy produced similar results. Sungai Danga was the most polluted river in the rank with ordered sequence value of Fuzzy analysis (0.528) and non-Fuzzy (0.515). However, the sequence of both analysis are different. Analysis with Fuzzy showed the next river to be managed is Sungai Seagate (0.509), Sungai Melayu (0.503) and Sungai Skudai (0.413). Meanwhile, analysis with non-Fuzzy had showed Sungai Seagate (0.511), Sungai Skudai (0.489) and Sungai Melayu (0.401). Based on the result, Fuzzy Composite Programming is a promising tool for the watershed management evaluation in hydrology field.

KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	PENGESAHAN STATUS TESIS	
	PENGESAHAN PENYELIA	
	JUDUL	
	PENGAKUAN	
	DEDIKASI	
	PENGHARGAAN	
	ABSTRAK	i
	ABSTRACT	ii
	KANDUNGAN	iii
	SENARAI JADUAL	vii
	SENARAI RAJAH	ix
	SENARAI APENDIX	x
1	Pengenalan	
	1.0 Pendahuluan	1
	1.1 Matlamat Dan Objektif Kajian	3
	1.2 Skop Kajian	3
	1.3 Penyataan Masalah	4
	1.4 Kepentingan Kajian Dan Hipotesis	4
	1.5 Metodologi Kajian	4

2**KAJIAN LITERATUR**

2.0	Pengurusan Sungai	6
2.0.1	Kaedah Pengurusan Sungai	8
2.1	Klasifikasi Pencemaran Air Sungai	13
2.1.1	Pencemaran Fizikal	13
2.1.2	Pencemaran Kimia	14
2.1.3	Pencemaran Biologi	16
2.2	Piawai Air Sungai	17
2.2.1	Piawai Bagi Kualiti Air Sungai	17
2.3	Punca Pencemaran Air	19
2.3.1	Pencemaran Bertitik	19
2.3.2	Pencemaran Tidak Bertitik	20
2.4	Parameter Untuk Menentukan Tahap Pencemaran	21
2.4.1	Nitrat	21
2.4.2	Fosforus	21
2.4.3	Amonia	22
2.4.4	pH	22
2.4.5	Jumlah Pepejal Terampai	22
2.5	Faktor – Faktor Pencemaran Sungai	22
2.6	Alternatif Pengurusan Sungai	24

3**METODOLOGI KAJIAN**

3.0	Pengenalan	25
3.1	Kawasan Kajian	25
3.2	Pengumpulan Data	27
3.3	Konsep Algoritma Pengaturcaraan Fuzzy Komposit	28

3.4	Kaedah Menganalisa	31
3.4.1	Kajian di Makmal	31
3.4.2	Pengaturcaraan Fuzzy	31
3.5	Penggunaan Pengaturcaraan Aplikasi Fuzzy	32
3.5.1	Pengenalan	32
3.5.2	Menu Interaksi Pengguna	33
3.6	Analisis Kajian Secara Fuzzy dan Non-Fuzzy	42

4 ANALISIS DAN KEPUTUSAN

4.1	Pengenalan	43
4.2	Pengumpulan Data	44
4.3	Hasil Ujikaji	44
4.4	Pembinaan Histogram	50
4.4.1	Analisis Secara Fuzzy (Bahagian Pertama)	51
4.3.2	Analisis Secara Non-Fuzzy (Bahagian Kedua)	65
4.5	Analisis Sensitiviti	67
4.6	Analisis Output	70
4.6.1	Numerical Output Secara Fuzzy	70
4.6.1.1	Hasil Keputusan Numerik Output Bagi Keempat-empat buah Sungai	70
4.6.1.2	Graf Kotak Fuzzy	76
4.6.2	Numerik Output Secara Non-Fuzzy	79
4.6.2.1	Hasil Keputusan Numerik Output Bagi Keempat-empat buah Sungai	79
4.6.2.2	Graf Titik Fuzzy	83

5 KESIMPULAN DAN CADANGAN

5.0	Kesimpulan	87
5.1	Cadangan Dan Kajian Seterusnya	89

RUJUKAN**LAMPIRAN**

SENARAI JADUAL

NO. JADUAL	TAJUK	HALAMAN
2.1	Alternatif pengurusan sungai Vermont untuk menyelesaikan masalah konflik di antara dinamik sungai dan penggunaan tanah oleh manusia	9
2.2	Input SWAT model yang digunakan untuk simulasi antara kaedah konvensional dan BMP menggunakan turfgrass sod di kawasan sungai di Mary's Creek	11
2.3	Komposisi air sisa domestic di New York	14
2.4	Had Pencemaran Kimia	15
2.5	Cadangan pencairan BOD	16
2.6	Anggaran pengurangan (penggunaan) oksigen	16
2.7	Kelas penggunaan tertinggi air sungai	17
2.8	Nilai DOE-WQI bagi kelas penggunaan badan air	19
2.9	Peratusan punca pencemaran yang berlaku di muara, tasik dan sungai	20
2.10	Potensi kesan tepubina Bandar terhadap ekosistem lembangan saliran	23
3.1	Jadual setiap parameter dan kaedah yang digunakan untuk ujikaji	27
4.1	Jadual kadar pencemaran di Sungai Skudai	45
4.2	Jadual kadar pencemaran di Sungai Danga	45
4.3	Jadual kadar pencemaran di Sungai Melayu	46
4.4	Jadual kadar pencemaran di Sungai Seagate	46
4.5	Jadual kekerapan kadaralir di Sungai Skudai	47
4.6	Jadual pengiraan untuk Kaedah Keratan Purata di Sungai Danga	48
4.7	Jadual pengiraan untuk Kaedah Keratan Purata di Sungai Melayu	49
4.8	Jadual pengiraan untuk Kaedah Keratan Purata di	50

Sungai Seagate

4.9	Jadual kekerapan bagi kedalaman di Sungai Skudai	51
4.10	Jadual kekerapan bagi halaju di Sungai Skudai	52
4.11	Jadual kekerapan kadaralir di Sungai Skudai	53
4.12	Jadual kekerapan kedalaman di Sungai Danga	54
4.13	Jadual kekerapan halaju di Sungai Danga	55
4.14	Jadual kekerapan kadaralir Sungai Danga	56
4.15	Jadual kekerapan kedalaman Sungai Melayu	57
4.16	Jadual kekerapan halaju Sungai Melayu	58
4.17	Jadual kekerapan kadaralir Sungai Melayu	59
4.18	Jadual kekerapan kedalaman Sungai Seagate	60
4.19	Jadual kekerapan halaju Sungai Seagate	61
4.20	Jadual kekerapan kadaralir Sungai Seagate	62
4.21	Data input bagi Sungai Skudai	63
4.22	Data input bagi Sungai Danga	63
4.23	Data input bagi Sungai Melayu	64
4.24	Data input bagi Sungai Seagate	64
4.25	Data Input bagi Sungai Skudai	65
4.26	Data Input bagi Sungai Danga	65
4.27	Data Input bagi Sungai Melayu	66
4.28	Data Input bagi Sungai Seagate	66
4.29	Jadual Input setiap penunjuk asas pada level 1	67
4.30	Jadual Input setiap penunjuk asas pada level 1	67
4.31	Jadual Input setiap penunjuk asas pada level 1	68
4.32	Jadual Input setiap penunjuk asas pada level 2	68
4.29a	Jadual Input setiap penunjuk asas pada level 1	68
4.30a	Jadual Input setiap penunjuk asas pada level 1	68
4.31a	Jadual Input setiap penunjuk asas pada level 1	69
4.32a	Jadual Input setiap penunjuk asas pada level 2	69
4.33	Susunan mengikut alternatif terbaik bagi pengurusan sungai di kawasan kajian	78
4.34	Susunan mengikut alternatif terbaik bagi pengurusan sungai di kawasan kajian	85

SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	TAJUK	HALAMAN
3.1	Kawasan Kajian – Sungai Skudai, Sungai Danga, Sungai Melayu & Sungai Seagate	26
4.1	Histogram nilai max & min kedalaman di Sungai Skudai	51
4.2	Histogram nilai max & min halaju di Sungai Skudai	52
4.3	Histogram nilai max & min kadaralir Sungai Skudai	53
4.4	Histogram nilai max & min kedalaman Sungai Danga	54
4.5	Histogram nilai max & min halaju Sungai Danga	55
4.6	Histogram nilai max & min kadaralir Sungai Danga	56
4.7	Histogram nilai max & min kedalaman Sungai Melayu	57
4.8	Histogram nilai max & min halaju Sungai Melayu	58
4.9	Histogram nilai max & min kadaralir Sungai Melayu	59
4.10	Histogram nilai max & min kedalaman Sungai Seagate	60
4.11	Histogram nilai max & min halaju Sungai Seagate	61
4.12	Histogram nilai max & min kadaralir Sungai Seagate	62
4.13	Hirarki penunjuk asas bagi level 1 dan level 2	69
4.14	Graf Kotak Fuzzy Kualiti Air melawan Kuantiti Air	76
4.15	Graf Kotak Fuzzy Kualiti Air melawan Kos	77
4.16	Graf Kotak Fuzzy Kuantiti Air melawan Kos	77
4.17	Graf Titik Fuzzy Kualiti Air melawan Kuantiti Air	83
4.18	Graf Titik Fuzzy Kualiti Air melawan Kos	84
4.19	Graf Titik Fuzzy Kuantiti Air melawan Kos	84

SENARAI APPENDIX

NO. APPENDIX	TAJUK	HALAMAN
1	Graf perbandingan kandungan nitrat, fosforus, amonia, pH dan jumlah pepejal terampai	93
2	Gambar-gambar ketika kajian sedang di jalankan di kawasan kajian di Sungai Skudai, Sungai Danga, Sungai Melayu dan Sungai Seagate	96

BAB I

PENGENALAN

1.0 Pendahuluan

Populasi dalam pembangunan dan perkembangan perbandaran, perindustrian dan pertanian telah menyebabkan permintaan dan keperluan terhadap sumber air meningkat sekaligus turut menyumbang dan memberi impak kepada pencemaran air. Keperluan air bersih kini semakin berkurangan sedangkan peningkatan terhadap permintaan sumber air semakin meningkat. Ini menunjukkan pendekatan terhadap pengurusan sumber air adalah tidak sistematik.

Menjelang tahun 2025, ramalan menunjukkan dunia bakal menghadapi krisis air di mana permintaan semakin meningkat sedangkan sumber yang ada sangat terhad. Oleh itu, pengurusan sumber air terutama di lembangan sungai sangat penting bagi memastikan ia berkekalan bersih dan dapat memberi sumbangan kepada generasi akan datang.

Dalam kajian ini, lokasi yang dipilih adalah di hadkan kawasan Selatan Johor di mana ia berdekatan dengan kawasan bandar Johor Bahru dan diantara pembangunan Bandar Nusajaya. Kawasan Selatan Johor adalah kawasan yang maju dengan pertumbuhan penduduk di sepanjang sungai, berdekatan dengan kawasan perindustrian, penternakan udang dan ikan air tawar, perlancongan dan pertanian. Sungai-sungai utama yang mengalir di antara kawasan ini dijangkakan mengalami penurunan kualiti air disebabkan pembangunan bandar dan kegiatan guna tanah.

Walau bagaimanapun, tidak kesemua sungai di Selatan Johor dipilih. Sungai yang dipilih adalah sungai besar di kawasan bandar yang dijangka mengalami penurunan kualiti air, kuantiti air dan gangguan ekosistem di lembangan sungai, iaitu Sungai Skudai, sungai Danga, Sungai Melayu dan Sungai Seagate.

Di dalam kajian yang dilakukan oleh Noorazuan dan Asmala (2007) menunjukkan kawasan bandar yang mengalami pertumbuhan tepubina bandar boleh menyebabkan penyusupan air larian permukaan ke bumi berkurangan, sebaliknya mengalir melalui jalanraya berturap, bumbung bangunan, kawasan letak kereta berturap kawasan permainan yang menggunakan padang sintetik. Kesannya, air larian ini akan mengalir masuk ke sungai dan meningkatkan kadar pencemaran sungai tersebut.

Kajian yang dijalankan di Timur Madagascar mendapati kadar kemerosotan kualiti ekosistem sekitar lembangan sungai meningkat sejajar dengan penambahan permukaan tepubina bandar. Peningkatan isipadu air juga boleh menyebabkan berlakunya banjir dan memberi impak kepada habitat di zon persisiran tanah, pelebaran alur dan perubahan morfologi dasar sungai (Kramer *et al.*, 1997).

Bagi menangani isu ini, pengurusan terhadap sumber air di kawasan tersebut perlu dirancang dan diurus secara sistematik supaya kerja-kerja penyelenggaraan dan rawatan air kelak lebih mudah dan tidak meningkatkan kos rawatan. 2 punca utama pencemaran sungai yang merendahkan kualiti air dikenali iaitu pencemaran punca bertitik dan pencemaran punca tidak bertitik. Beberapa parameter seperti nilai nitrat (N), fosforus (P), amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$), pH dan jumlah pepejal (TSS) digunakan untuk mengetahui tahap kualiti sesuatu sungai dengan lebih terperinci. Selain itu, parameter yang turut dipertimbangkan adalah kedalaman sungai, halaju sungai, kadar alir sungai dan kos. Kajian ini menggunakan kaedah Multicriteria Decision Making (MCDC) disebabkan penggunaannya semakin meluas dan mendapat sambutan di samping penggunaan Pengaturcaraan Fuzzy Komposit sebagai penyelesaian masalah.

1.1 Matlamat Dan Objektif Kajian

Matlamat kajian adalah untuk mengenalpasti keberkesanan penggunaan perisian pengaturcaraan dalam membuat keputusan yang terbaik. Tindakan yang rasional dan logik akal dilakukan apabila wujud ketidakpastian dalam menentukan parameter-parameter yang diambil kira. Antara objektif – objektif kajian adalah :

- i. Menentukan sumber sungai yang paling sesuai untuk diuruskan dan diberi perhatian bagi memastikan mutu dan kualiti air sungai terjamin di masa akan datang.
- ii. Menggunakan Pengaturcaraan Fuzzy Komposit dalam menentukan keputusan yang terbaik.
- iii. Membuat perbandingan analisis secara *Fuzzy* dan *non-Fuzzy* untuk mengetahui keberkesanan Pengaturcaraan Fuzzy Komposit dalam menyelesaikan masalah

1.2 Skop Kajian

Skop kajian adalah untuk menentukan sungai yang perlu diberi perhatian berdasarkan keputusan dari Pengaturcaraan Fuzzy Komposit melalui kaedah Muilticriteria Decision Making. Perbandingan di antara analisis secara Fuzzy dan non-Fuzzy akan dibuat. Adalah perlu untuk mengkaji dan membandingkan analisis output bagi kedua-dua bahagian ini untuk memastikan keberkesanan dan ketepatan Fuzzy Komposit menganalisis data. Sembilan (9) penunjuk asas digunakan sebagai indikator kepada tahap kualiti air sungai, kuantiti air sungai dan kos di kawasan kajian tersebut.

1.3 Penyataan Masalah

Dari segi ekonomi dan dan aktiviti perbandaran di sepanjang sungai seperti Sungai Skudai, sungai Danga, Sungai Melayu dan Sungai Seagate adalah di tahap membangun dan akan terus berkembang. Senario ini menggambarkan aktiviti di sungai memainkan peranan kepada punca utama pencemaran sungai. Pengurusan yang tidak teratur di tambah pula sikap masyarakat yang tidak bertanggungjawab menyebabkan masalah menjadi semakin serius. Walaupun dari segi ekonomi negeri akan membangun, tetapi jika masalah pencemaran sungai tidak ditangani akan memberi impak kepada kemajuan negara akan datang. Langkah-langkah awal dan penguatkuasaan terhadap pencemaran sungai dapat mengurangkan kos rawatan dan sekaligus menghindari masalah dalaman negeri seperti banjir kilat dan penyakit.

1.4 Kepentingan Kajian Dan Hipotesis

Kepentingan kajian ini adalah untuk memberi keputusan dalam penentuan pengurusan sungai bagi meningkatkan dan membaiki mutu kualiti air sungai di Selatan Johor agar kebersihan air sejajar dengan pembangunan yang bakal diwujudkan di kawasan tersebut.

1.5 Metodologi Kajian

Pengumpulan data dilakukan daripada 2 bahagian iaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperolehi dari pemerhatian dan ujikaji. Data sekunder diperolehi daripada hasil penulisan jurnal berkaitan pengurusan sungai, buku – buku rujukan dari perpustakaan, tesis–tesis sebelum ini dan informasi dari internet.

Langkah- langkah yang diambil dalam mencapai matlamat dan objektif kajian dibahagikan kepada tiga peringkat, iaitu :

i. Kajian literatur

Dalam penulisan tesis ini, beberapa rujukan telah digunakan sebagai panduan dalam mencapai matlamat kajian. Bahan rujukan yang digunakan adalah dari beberapa buah jurnal, buku-buku rujukan dari perpustakaan, tesis-tesis sebelum ini, dan informasi dari internet. Kajian literatur ini dilakukan bagi mendapatkan maklumat yang lebih jelas dan terperinci tentang tajuk kajian yang sedang dijalankan yang akan dijelaskan di dalam bab kedua dan ketiga. Segala maklumat yang diperolehi akan dikaji dan diselitkan dalam penulisan tesis. Di dalam bab kedua juga dijelaskan beberapa kaedah pengurusan yang telah dilaksanakan di luar negara.

ii. Pengumpulan data

Pengumpulan data dijalankan melalui ujikaji yang dilakukan ke atas sampel air sungai yang diambil dari kawasan kajian dan 5 parameter digunakan sebagai penunjuk asas kepada tahap kualiti air sungai tersebut. Bagi mendapatkan kadar alir sungai, Kaedah Keratan Purata (Mean Section) akan digunakan.

iii. Analisis data

Segala data hasil dari ujikaji yang diperolehi akan dianalisa dan dikategorikan kepada beberapa bahagian. Pengaturcaraan Fuzzy Komposit akan digunakan untuk menganalisa data secara keseluruhan. Kemudian, hasil keputusan ini akan dijelaskan dan diterangkan di dalam bentuk jadual, graf dan carta agar mudah difahami oleh pembaca.

BAB II

KAJIAN LITERATUR

2.0 Pengurusan Sungai

Sungai merupakan elemen alam sekitar yang penting kepada manusia. Kawasan lembah sungai dipilih untuk mewujudkan tamadun berdasarkan kepada beberapa faktor iaitu bentuk muka bumi yang rendah dan rata sesuai untuk membina penempatan, sumber bekalan air dan makanan, sebagai alat pengangkutan dan domestik serta iklim yang sederhana dan tanah yang subur sesuai untuk aktiviti penanaman. Sejarah telah membuktikan bahawa tamadun manusia bermula di lembah sungai sejak 3000 SM. Empat tamadun terawal yang wujud di lembah sungai ialah Tamadun Sumeria atau Mesopotamia (kira-kira tahun 3,500 SM) di Lembah Sungai Tigris-Eupharates, Tamadun Mesir (kira-kira tahun 3,100 SM) di Lembah Nil, Tamadun Indus (kira-kira tahun 3,500 SM) di Lembah Indus dan Tamadun Shang (kira-kira tahun 1,800 SM) di Lembah Sungai Hwang Ho. (Geocities, 2008)

Perkembangan yang berlaku di kawasan sungai dari 3000 S.M. dan hingga kini telah menyebabkan perubahan kepada keadaan sungai dari segi fizikal dan ekologi dan ini memerlukan satu pengurusan yang sistematik dan berterusan. Pengurusan sungai adalah pengurusan yang membabitkan pelbagai agensi, sektor dan kegunaan, perundangan, pembiayaan dan penguatkuasaan secara efektif. Masalah pencemaran sungai di Malaysia banyak berlaku di lembangan sungai. Terdapat banyak sungai yang mempunyai tahap kualiti air yang rendah dan kandungan kelodak yang tinggi akibat daripada pencemaran logam berat, sisa toksik, aktiviti pertanian, efluen perkilangan dan aktiviti harian penduduk sekitarnya. Kehilangan biodiversiti di kawasan tadahan akibat daripada pencemaran dan bencana banjir yang berlaku di lembangan sungai disebabkan oleh perubahan gunatanah.

Di Malaysia, statistik menunjukkan lebih kurang separuh dari 146 sungai di seluruh negara diklasifikasikan sebagai sungai bersih, 15 tercemar teruk dan 9 di kategori sebagai sungai mati. Pada masa ini, sungai merupakan sumber air mentah utama sebanyak 97 peratus. Pada tahun 2006, sungai telah membekalkan air mentah sebanyak 7000 juta liter sehari dan peningkatan dijangka mencapai 16,000 juta liter sehari menjelang 2050. (FKKSA, 2007)

Majlis Sumber Air Negara (MSAN) telah mencadangkan beberapa strategi dan kaedah bagi membanteras punca pencemaran sungai, di antaranya perancangan jangka panjang untuk menyediakan perkhidmatan pembentungan berpusat di kesemua kawasan perbandaran untuk mengumpul dan merawat air sisa sehingga tahap yang diperlukan, manakala untuk jangka pendek pula dengan mewujudkan sistem pembentungan tidak berpusat dan sistem rawatan sementara.

Perdana Menteri, Datuk Seri Abdullah Ahmad Badawi telah mengumumkan keputusan kerajaan untuk melaksanakan program pengurusan lembangan sungai bersepadu membabitkan semua agensi dan negeri bagi memastikan sumber air mentah utama negara tidak tercemar. Beliau juga mencadangkan pembenterasan

pencemaran sungai secara berterusan yang membabitkan aspek penyediaan infrastruktur, perundangan dan pendidikan.

Menurut Debarry (2004), pengurusan sungai amat dititikberatkan kerana ia mampu untuk mengawal banjir, hakisan tebing sungai, pengurusan kualiti air permukaan (surface water quality), air bawah tanah (ground water recharge) dan juga air larian (stormwater).

2.0.1 Kaedah Pengurusan Sungai

Di Malaysia, pengurusan sungai masih berada di tahap kurang memuaskan. Walaupun kerajaan telah menekankan kepentingan menjaga sungai, namun kesedaran masyarakat Malaysia terhadap kepentingan menjaga sungai masih di tahap yang minimum. Kempen seperti 'Cintailah Sungai Kita' tidak begitu memberi kesan. Banyak kilang-kilang di Malaysia menyalurkan sisa-sisa buangan terus ke dalam sungai tanpa merawat sisa-sisa tersebut terlebih dahulu. Walau bagaimanapun, usaha kerajaan untuk meningkatkan kualiti dan kebersihan air sungai seperti menjalankan dan meneruskan kempen menjaga kebersihan sungai dan mengenakan tindakan undang-undang adalah disokong. Di luar negara, khususnya di negara barat, pengurusan sungai adalah sesuatu yang amat dititikberatkan memandangkan ia memberi impak kepada alam sekitar dan kehidupan penduduk di sekitar kawasan tersebut. Di bawah ini disertakan tiga kes kajian berkaitan masalah pencemaran air sungai disebabkan aktiviti penduduk sekitar dan penggunaan tanah serta kaedah pengurusan sungai yang telah dilaksanakan untuk menangani isu tersebut dan meningkatkan kualiti air sungai.

Berdasarkan kajian yang dijalankan oleh Caroline *et. al.* (2007) di sungai Vermont di utara timur Amerika Syarikat, mereka mendapati bahawa sungai di kawasan tersebut telah mengalami perubahan fizikal disebabkan pembangunan

seperti jalan raya, laluan keretapi, pembangunan bandar dan ladang ternakan yang dijalankan di sepanjang sungai Vermont selama hampir 100 tahun menyebabkan berlakunya masalah banjir dan hakisan tanah pada tebing sungai. Oleh itu, Jabatan Pemuliharaan Alam Sekitar Vermont (DEC) telah mencadangkan satu perjanjian untuk penyelesaian masalah konflik di antara keperluan manusia dan kepelbagaian pengukuhan dari segi ekologi dan ekonomi yang dinamik untuk sungai. Beberapa alternatif telah dikenalpasti untuk menguruskan sungai Vermont di antaranya penyaluran secara berterusan (*continued channelization*), geomorfik aktif (*active geomorphic*), geomorfik pasif (*passive geomorphic*) dan gabungan ketiga-tiga alternatif.

Jadual 2.1 : Alternatif Pengurusan Sungai Vermont Untuk Menyelesaikan Masalah Konflik Di antara Dinamik Sungai dan Penggunaan Tanah Oleh Manusia.

<p><i>Penyaluran (Channelization):</i> - Mengekalkan saluran sungai dengan mengorek sungai menggunakan kapal korek untuk mendalamkannya dan mengukuhkan benteng sungai. Menyediakan buffer zone (benteng sungai) dengan penanaman semula pokok-pokok untuk kawalan jangka panjang.</p>
<p><i>Aktif geomorfik (Goemorphic active) :</i> - Merekabentuk dan membina struktur secara stabil dalam masa yang singkat pada tebing sungai yang melibatkan teknik dengan mengambil kira pengukuhan tebing sungai dan banjir. Membaikpulih kawasan buffer zone dengan penanaman semula pokok-pokok untuk kawalan jangka panjang.</p>
<p><i>Geomorfik pasif (Passive geomorphic) :</i> - Membaik pulih buffer zone dengan penanaman semula pokok-pokok amat penting di samping pembersihan sungai secara berterusan dalam jangka masa panjang.</p>
<p><i>Gabungan ketiga-tiga alternative :</i> - Menggunakan pendekatan kaedah gabungan ketiga-tiga alternatif untuk kemudahan mempelbagaikan penyelesaian yang biasanya berlaku semasa kajian di jalankan.</p>

(Sumber : Caroline *et. a.l.* , 2007)

Dalam menyelesaikan masalah ini, kaedah *Multi-Criteria Decision Making* (MCDM) digunakan bersama aplikasi PROMETHEE kerana jika dibandingkan dengan aplikasi ELECTRE, teori dan metodologi PROMETHEE lebih mudah untuk difahami dan dapat diterima, sebagai contoh, perubahan berat kriteria ataupun ujian fungsi pilihan perbezaan. (Caroline *et. al.*, 2007)

Kawalan kualiti air sangat penting dan merupakan sebahagian daripada pengurusan sungai. Kajian telah dijalankan di sungai North Bosque yang merupakan anak sungai Upper North Bosque, di mana sungai ini terletak di Erath County yang merupakan kawasan pengeluaran susu terbesar di Texas. Sungai di kawasan ini telah mengalami penurunan kualiti air disebabkan oleh pencemaran fosforus, nutrien dan sisa buangan haiwan ternakan lembu dari kawasan padang rumput berhampiran. Kerajaan Texas telah mensubsidkan kemudahan untuk rawatan air menggunakan rawatan biologi secara kompos bagi merawat pencemaran fosforus dan nutrien di dalam sungai. Tahap rawatan menunjukkan penurunan sehingga 50 peratus pengurangan dan ini menjimatkan kos berbanding dengan rawatan air yang dilakukan di luar sungai. (Richards *et. al.*, 2008). Walau bagaimanapun, kaedah ini kurang memuaskan kerana keluasan kawasan untuk dirawat adalah sangat luas dan memakan masa yang panjang.

Alternatif yang digunakan adalah dengan menanam sejenis rumput yang dinamakan turfgrass sod yang telah dicadangkan oleh Best Management Practice (BMP). Turfgrass sod mampu menurunkan tahap fosforus dan nutrien di dalam air sungai di bandingkan dengan turfgrass yang ditanam secara konvensional. Turfgrass sod akan menyerap nutrien di dalam air dan ini mengurangkan kandungan nutrien di dalam sungai sekaligus meningkatkan tahap kualiti air sungai tersebut. Hasil dari kajian menunjukkan tahap fosforus turun sehingga 1.1 peratus lebih tinggi dari turfgrass konvensional dibandingkan dengan turfgrass dari BMP. (Richards *et. al.*, 2008).