

UNIVERSITI TEKNOLOGI MALAYSIA

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS^U

JUDUL: PENGURUSAN PUTRAJAYA WETLAND MENGGUNAKAN
PENGATURCARAAN KOMPOSIT FUZZY DENGAN FUNGSI
KEANGGOTAAN

SESI PENGAJIAN: 2005 / 2006

Saya HERMAN BIN TAWIL
 (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. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
4. **Sila tandakan (4)

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

 (TANDATANGAN PENULIS)

 (TANDATANGAN PENYELIA)

Alamat Tetap:
34, JALAN PERTANIAN 44,
TAMAN UNIVERSITI,
81300 SKUDAI JOHOR

Dr. SUPIAH SHAMSUDIN

Nama Penyelia

Tarikh: 10 APRIL 2006

Tarikh: 10 APRIL 2006

- 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 atau TERHAD.
^U 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 (PSM).

“ Saya/Kami * akui bahawa saya telah membaca karya ini dan pada pandangan saya/kami* karya ini adalah memadai dari segi skop dan kualiti untuk tujuan penganugerahan ijazah Sarjana Muda / Sarjana / Doktor Falsafah “

Tandatangan :

Nama Penyelia : Dr. Supiah Shamsudin

Tarikh :

**PENGURUSAN PUTRAJAYA WETLAND MENGGUNAKAN
PENGATURCARAAN KOMPOSIT FUZZY DENGAN FUNGSI
KEANGGOTAAN**

HERMAN BIN TAWIL

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

Fakulti Kejuruteraan Awam
Universiti Teknologi Malaysia

APRIL 2006

**MANAGEMENT OF PUTRAJAYA WETLAND RIVER SYSTEMS USING
FUZZY COMPOSITE PROGRAMMING WITH MEMBERSHIP FUNCTIONS**

HERMAN BIN TAWIL

Project report is submitted
as a partial requirement for the award of
the Bachelor Degree in Civil Engineering

Civil Engineering Faculty
Universiti Teknologi Malaysia

APRIL 2006

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

Tandatangan :
Nama Penulis : HERMAN BIN TAWIL
Tarikh :

*Untuk emak dan abah khasnya,
Setinggi-tinggi penghargaan di atas kasih sayang, jasa dan pengorbanan
yang dicurahkan untuk kejayaan anakmu ini
Segala pengorbananmu akan tetap ku kenang
Sehingga akhir hayatku.....
Untuk adik-beradik tercinta,
Untuk guru-guruku,
Untuk seluruh umat manusia,
Terima kasih atas doa dan kasih sayang dari kalian semua.....*

PENGHARGAAN

Setinggi-tinggi penghargaan ditujukan kepada Dr. Supiah Shamsuddin selaku penyelia projek ini. Jutaan terima kasih atas segala bimbingan dan tunjuk ajar serta masa yang diluangkan sepanjang tempoh penyiapan Projek Sarjana Muda ini. Semoga bimbingan dan tunjuk ajar tersebut diberkati oleh Allah S.W.T.

Teristimewa kepada ayah , Tawil Bin Salleh kerana banyak memberi sokongan dan dorongan yang tidak terhingga sepanjang tempoh pengajian dan penyiapan laporan ini. Semoga pengorbananmu diberkati Allah S.W.T. Tidak dilupakan juga rakan-rakan seperjuangan kerana telah banyak membantu dan memberikan pandangan dalam menjayakan projek ini.

Akhir kata, jutaan terima kasih diucapkan kepada semua pihak yang terlibat sama ada secara langsung atau tidak langsung dalam menyiapkan projek ini. Semoga pertolongan dan bantuan anda semua diberkati oleh Allah S.W.T.

ABSTRAK

Sistem sungai Putrajaya terdiri dari Sg. Chuau, Sg. Limau Manis dan Sg. Bisa telah dipangkatkan dibawah persekitaran multikriteria bagi mendapatkan sungai yang paling sesuai untuk pembangunan pada masa hadapan. Sungai-sungai ini telah dipangkatkan menggunakan Pendekatan Membuat Keputusan Multikriteria iaitu menggunakan Pengaturan Komposit Fuzzi (PKF). 3 objektif utama pemangkatan telah ditentukan iaitu meningkatkan kualiti air, kuantiti air dan mengurangkan kos. Struktur PKF yang dibina mengandungi 16 petunjuk tahap pertama, 7 petunjuk tahap kedua, 3 petunjuk tahap ketiga dan petunjuk akhir. Analisis kepekaan menggunakan 4 set pemberat yang berbeza telah dijalankan untuk memastikan ketegapan pilihan itu. Pemangkatan sistem sungai yang tertinggi adalah Sungai Chuau dengan nilai susunan jujukan tertinggi 0.456. Pemangkatan sistem sungai yang tertinggi juga adalah berkaitan dengan jarak terdekat di antara kotak fuzzi dan titik unggul.

ABSTRACT

Putrajaya river systems consisting of Sg. Chuau, Sg. Limau Manis and Sg. Bisa were ranked under multicriteria environment to obtain the most suitable river for future development. The rivers were ranked using Multicriteria Decision Making Approach, specifically applying Fuzzy Composite Programming (FCP). There are 3 main objectives of ranking being identified, they are improving water quality, water quantity and minimize cost. The FCP structure developed contained 16 first-level indicators, 7 second level indicators, 3 third level indicator and the final indicators. Sensitivity analysis using 4 different set of weights were carried out to ensure the robustness of the option. The highest ranking river system was Sungai Chuau with the highest ordered sequence value of 0.456. The highest ranking river was also associated with the shortest distance between the fuzzy box and ideal point.

KANDUNGAN

BAB	PERKARA	HALAMAN
	PENGESAHAN STATUS TESIS	
	PENGESAHAN PENYELIA	
	JUDUL	
	PENGAKUAN	
	DEDIKASI	i
	PENGHARGAAN	ii
	ABSTRAK	iii
	ABSTRACT	iv
	KANDUNGAN	v
	SENARAI JADUAL	x
	SENARAI RAJAH	xi
1	Pengenalan	1
	1.0 Pengenalan Kajian	1
	1.1 Matlamat & Objektif	2
	1.2 Skop Kajian	3
	1.3 Metodologi Kajian	3
II	KAJIAN LITERATUR	6
	2.0 Pengenalan	6
	2.1 Definisi Wetland	7
	2.2 Klasifikasi Wetland	9

2.2.1	Sistem Wetland Semula Jadi	10
2.2.2	Sistem Wetland Buatan	11
2.3	Komponen dan Ciri-Ciri Wetland	12
2.3.1	Hidrologi wetland	12
2.3.2	Hydroperiod	15
2.4	Kualiti Air	16
2.5	Air Tasik	17
2.6	Punca Pencemaran Air	18
2.6.1	Pencemaran Bertitik	18
2.6.2	Pencemaran Tidak Bertitik	18
2.7	Parameter-Parameter Kualiti Air	19
2.7.1	Parameter Fizikal	19
2.7.2	Parameter Kimia	20
2.7.3	Parameter Biologi	21
2.8	Parameter Untuk Menentukan Tahap Pencemaran	21
2.8.1	pH	22
2.8.2	Nutrien	22
2.8.3	Nitrogen	23
2.8.4	Nitrat	23
2.8.5	Ammonia	24
2.8.6	Plumbum	24
2.8.7	Kromium	25
2.8.8	Kuprum	26
2.8.9	Merkuri	27
2.9	Faktor-Faktor Pertambahan Bahan Pencemaran Tidak Bertitik.	28
2.10	Objektif & Konflik Yang Timbul	28
2.11	Alternatif Pengurusan	29

3.0	Pengenalan	31
3.1	Kawasan Kajian	31
3.2	Logik Fuzzy	35
3.2.1	Nombor Fuzzy	35
3.2.2	Nilai Keanggotaan	36
3.2.3	Fungsi Keanggotaan	36
3.3	Pengaturcaraan Komposit Fuzzy	40
3.3.1	Konsep Pengaturcaraan	40
3.4	Cara Penggunaan Pengaturcaraan	43
3.4.1	Spesifikasi Pengaturcaraan	43
3.4.2	Menu Utama	44
IV	ANALISIS DAN KEPUTUSAN	50
4.0	Pengenalan	50
4.1	Pembinaan Histogram	50
4.1.1	Parameter TDS	51
4.1.2	Parameter COD	53
4.1.3	Parameter E Coli	55
4.2	Teknik Penormalan Data	57
4.3	Graf Utiliti	59
4.3.1	Kos- Sungai Chuau	59
4.3.2	KadarAlir – Sungai Bisa	60
4.3.3	Sejatan – Sungai Limau Manis	61
4.3.4	Fosforus- Sungai Bisa	62
4.3.5	Bahan Larut – Sungai Chuau	63
4.3.6	Pencemaran – Sungai Limau Manis	64
4.4	Proses Pemangkatan	65
4.4.1	Peringkat 1 – Hujan	65
4.4.2	Peringkat 2 – Bahan Larut	68

4.4.3	Peringkat 3 – Ekonomi	70
4.5	Analisis Output	71
4.6	Analisis Sensitiviti	74
V	KESIMPULAN DAN CADANGAN	76
5.0	Pengenalan	76
5.1	Rumusan	78
5.2	Cadangan Kajian Seterusnya	78
	RUJUKAN	80
	LAMPIRAN	

SENARAI JADUAL

NO. JADUAL	TAJUK	HALAMAN
2.1	Peratusan Bahan Pencemaran Bertitik Dan Pencemaran Tidak Bertitik Di Amerika Syarikat	16
4.1a	Data TDS (Mg/L) Bagi Sungai Chuau	51
4.1b	Jadual Kekekrapan Bagi Nilai TDS	52
4.2a	Data COD (Mg/L) Bagi Sungai Bisa	53
4.2b	Jadual Kekekrapan Bagi Nilai COD	54
4.3a	Data E Coli (Mg/L) Bagi Sungai Bisa	55
4.3b	Jadual Kekekrapan Bagi Nilai E Coli	55
4.4	Jadual Parameter Kadar Alir Bagi Ketiga-Tiga Buah Sungai	57
4.5	Nilai Yang Telah Dinormalkan	57
4.6	Julat Antara Sejatan Dan Sejatpeluhan Bagi Sg. L. Manis	58
4.7	Parameter Kehilangan Air	58
4.8	Input Data	71
4.9	Analisis Output	71
4.10a	Nilai Pemberat Dan Faktor Pengimbang Ekonomi Melawan Kualiti Air	74
4.10b	Nilai Utiliti : Ekonomi Melawan Kualiti Air	74
4.11a	Nilai Pemberat Dan Faktor Pengimbang: Ekonomi Melawan Kuantiti Air	74
4.11b	Nilai Utiliti : Ekonomi Melawan Kuantiti air	74
4.12a	Nilai Pemberat Dan Faktor Pemberat Kualiti Air Melawan Kuantiti Air	75
4.12b	Nilai utiliti : Kualiti Air Melawan Kuantiti Air	75

SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	TAJUK	HALAMAN
1.1	Carta Alir Metodologi Kajian	5
2.1	Jenis Permukaan Air Bebas	11
2.2	Jenis Aliran Subpermukaan	12
2.3	Anggaran Input Kromium Ke Dalam Saluran Air Kumbahan Dan Pelbagai Sumber Di England	26
3.1	Kawasan Kajian	32
3.2	Menunjukkan Fungsi Keanggotaan Bagi Suatu Nombor Fuzzy	36
3.3	Fungsi Keanggotaan Bagi Pemberat Fuzzy, Set Maksimum Dan Set Minimum	39
3.4	Penentuan Jarak Dari Titik Ideal	43
4.1	Histogram Nilai Max & Min TDS (Sg. Chuau)	53
4.2	Histogram Nilai Max & Min COD (Sg. Bisa)	54
4.3	Histogram Nilai Max & Min E Coli (Sg. Bisa)	56
4.4	Graf Utiliti Bagi Kos-Sungai Chuau	59
4.5	Graf Utiliti Bagi Kadarair- Sg. Bisa	60
4.6	Graf Utiliti Bagi Sejatan- Sg. Limau Manis	61
4.7	Graf Utiliti Bagi Fosforus Sg. Limau Manis	62
4.8	Graf Utiliti Bagi Bahan Larut- Sg. Chuau	63
4.9	Graf Utiliti Bagi Pencemaran- Sg. Limau Manis	64
4.10a	Graf Utiliti Peringkat 1 Bagi Kuantiti Air- Sg. Chuau	65

4.10b	Graf Utiliti Peringkat 1 Bagi Kuantiti Air- Sg. Bisa	66
4.10c	Graf Utiliti Peringkat 1 Bagi Kuantiti Air- Sg. Limau Manis	67
4.11a	Graf Utiliti Peringkat 2 Bagi DO- Sg. Chuau	68
4.11b	Graf Utiliti Peringkat 2 Bagi BOD- Sg. Chuau	68
4.11c	Graf Utiliti Peringkat 2 Bagi COD- Sg. Chuau	69
4.12a	Graf Utiliti Peringkat 3 Bagi Perlaburan- Sg. Bisa	70
4.12b	Graf Utiliti Peringkat 3 Bagi Keuntungan- Sg. Bisa	70
4.13	Graf Utiliti Ekonomi Melawan Kuantiti	72
4.14	Graf Utiliti Ekonomi Melawan Kualiti	72
4.15	Graf Utiliti Kuantiti Melawan Kualiti	73

BAB I

PENDAHULUAN

1.0 Pengenalan

Kajian yang dijalankan adalah berpandukan kepada projek pembangunan Pusat Pentadbiran Kerajaan Persekutuan Putrajaya. Kajian merangkumi kawasan-kawasan lembangan sungai - sungai utama yang akan memasuki kawasan wetland dan seterusnya ke tasik Putrajaya.

Dalam mengekalkan kualiti sesebuah sungai, terdapat beberapa kaedah serta cara yang dilakukan. Di antaranya pemantauan secara menyeluruh terhadap keadaan sekeliling kawasan yang boleh dikenalpasti tahap pencemarannya. Tindakan yang dilakukan memerlukan strategi yang berkesan supaya keputusan yang diambil adalah efektif. Kita sering mengabaikan faktor-faktor yang remeh dalam penentuan keputusan yang akan di buat. Dalam proses membuat keputusan, pengukuran terhadap maklumat yang diperolehi adalah perlu untuk membuat permilihan alternatif-alternatif yang ada. Dalam bidang pengurusan contohnya, membuat keputusan adalah untuk memastikan ia dapat melakukan tindakan yang tepat.

Pengurusan Wetland yang terbaik merupakan satu cabaran dalam memastikan ia dapat diuruskan dengan cara yang sistematik dan efisien. Kajian ini tertumpu kepada 3 buah sungai yang menjadi faktor penyumbang kepada sumber air Putrajaya Wetland. Pencemaran yang berlaku disebabkan oleh faktor faktor dari punca titik dan punca bukan titik. Terdapat beberapa parameter-parameter yang digunakan dalam penentuan tahap kualiti sesebuah sungai seperti nilai pH, BOD, COD, TSS dan sebagainya. Penentuan sumber pencemaran ini dapat mengawal daripada ia terus dicemari. Sungai-sungai yang terlibat dalam kajian ini terdiri daripada Sungai Bisa, Sungai Chuau dan Sungai Limau Manis. Ketiga-tiga sungai ini mempunyai ciri-ciri fizikal yang berbeza yang menjadikan ia satu topik perbincangan.

Membuat keputusan yang baik merupakan satu kemahiran yang amat penting supaya ia memenuhi segala aspek yang akan dipertimbangkan. Sebenarnya dalam menyelesaikan sesuatu masalah beberapa parameter-parameter ketidakpastian perlu di ambil kira. Ini kerana sedikit sebanyak kepentingannya tidak boleh di abaikan. Lebih banyak ketidakpastian yang dikenalpasti dalam masalah lebih rendah ketepatan dalam menyelesaikan masalah tersebut.

1.1 Matlamat Dan Objektif

Matlamat kajian adalah untuk mengenalpasti keberkesanan penggunaan pengaturcaraan dalam membuat keputusan yang terbaik. Apabila wujudnya ketidakpastian dalam menentukan parameter-parameter yang di ambil kira, maka satu tindakan yang rasional perlu di buat. Antara objektif-objektif kajian :

1. Menentukan sungai yang paling sesuai untuk diurus dan diberi perhatian bagi memastikan mutu dan kualiti air terjamin.
2. Mengaplikasikan pengaturcaraan komposit fuzzy dalam menentukan keputusan yang terbaik .
3. Membina fungsi keanggotaan untuk mengatasi ketidakpastian dalam kajian.

1.2 Skop Kajian

Skop kajian lebih tertumpu kepada pengoperasian pengaturcaraan untuk menentukan sungai yang patut diberikan perhatian dan diurus dengan baik Ia hanya melibatkan 3 buah sungai utama yang menjadi nadi utama sumber air kepada Putrajaya Wetland. Di samping itu, kajian literatur yang merangkumi fokus terhadap air sungai. Pengumpulan data-data sungai untuk diimplementasikan ke dalam pengaturcaraan dan menepati objektif kajian

1.3 Metodologi Kajian

Pengumpulan data dibahagikan kepada dua bahagian iaitu data primer dan data sekunder. Data primer terdiri daripada data yang diperolehi dari Perbadanan Putrajaya. Manakala data sekunder pula merupakan pengamatan daripada hasil penulisan seperti jurnal berkaitan pengurusan wetland, buku-buku rujukan yang terdapat di perpustakaan, majalah, artikel, tesis-tesis sebelum ini, internet dan laporan-laporan yang berkaitan serta bahan bacaan yang lain. Kajian literatur secara praktis berasaskan kepada data sekunder yang diperolehi pula akan dikaji, dianalisis dan dipersembahkan dalam bentuk graf dan jadual. Langkah-langkah yang diambil dalam mencapai matlamat dan objektif kajian dibahagikan kepada tiga peringkat iaitu :

- i. Kajian literatur
- ii. Pengumpulan Data
- iii. Analisis data

i. Kajian Literatur

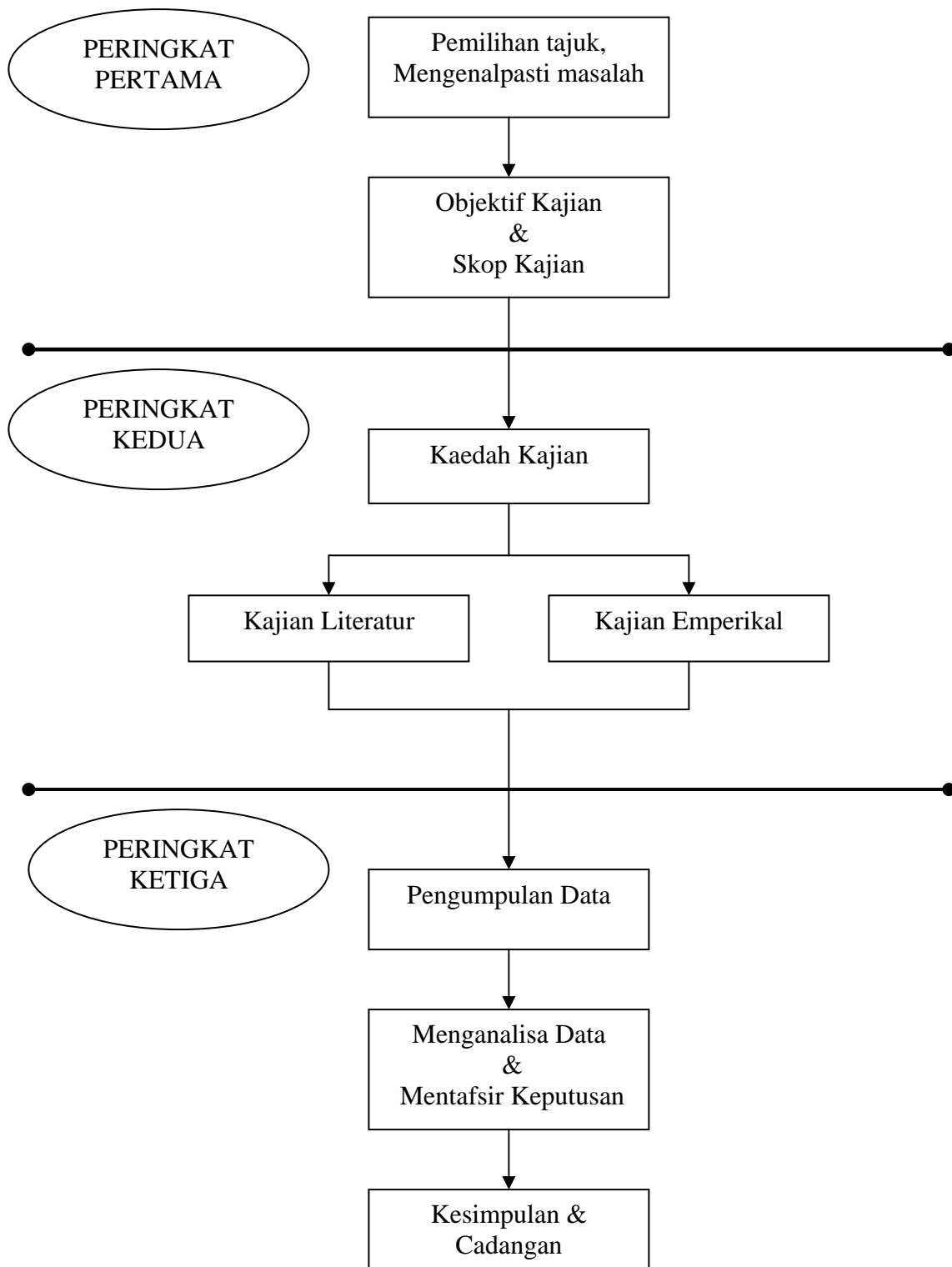
Pelbagai bahan rujukan telah digunakan sebagai panduan dalam penulisan tesis ini. Bahan-bahan rujukan tersebut adalah berkaitan dengan projek. Antara bahan yang digunakan adalah buku-buku rujukan, jurnal berkaitan pembinaan wetland dan pengturcaraan fuzzy komposit, tesis-tesis lepas yang ada kaitan dengannya, artikel-artikel, majalah, laman-laman internet dan banyak lagi sumber yang lain. Kajian literatur ini dibuat untuk mendapatkan maklumat-maklumat berkaitan dengan tajuk tesis yang akan dikumpul dan diterangkan dengan lebih lanjut dalam bahagian kedua dan ketiga nanti. Segala maklumat dan data yang diperolehi akan dikaji dan terma-terma penting yang akan diselitkan dalam penulisan tesis.

ii. Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan satu proses yang utama dalam membuat perbandingan diantara suatu parameter. Data ketiga-tiga buah sungai diperolehi

iii. Analisis Data

Analisis akan dijalankan terhadap data-data dan maklumat-maklumat yang telah diperolehi dan dikategorikan kepada bahagian-bahagian tertentu. Data akan dianalisis secara satu persatu ataupun secara keseluruhannya bergantung kepada kesesuaian analisis. Selepas analisis dibuat, keputusan yang didapati daripada data-data tersebut akan dipersembahkan dalam bentuk carta, graf dan jadual bagi memudahkan pemahaman.



Rajah 1.1 : Carta Alir Metodologi Kajian

BAB II

KAJIAN LITERATUR

Perancangan memberi maksud membuat pertimbangan yang teliti dan sistematik terhadap perhubungan antara aktiviti dan peristiwa-peristiwa yang berlaku menerusi masa dan ruang. Perancangan yang teliti akan memberi satu impak yang besar terhadap aktiviti yang dilakukan. Ini akan memberi satu langkah yang sistematik bagi mengatasi ketidakcelaruan aktiviti yang akan dilakukan. Pendefinisian projek adalah perlu untuk mengenal pasti masalah sebenar yang berlaku. Kajian awal membolehkan perancangan yang teratur bagi menghasilkan kerja yang berkualiti. Pengenalan kepada masalah dan peluang-peluang yang ada akibat daripada projek merupakan langkah yang penting dalam membuat perancangan.

Tidak dinafikan jika tanpa perancangan yang teliti maka pelbagai masalah yang akan timbul dan akan menyebabkan sesuatu tindakan yang dilakukan tidak mendapat hasil yang sempurna. Dengan perkembangan teknologi yang ada, bidang pengurusan air contohnya, dapat ditingkatkan supaya mendapat hasil yang optimum. Sumber air yang diperolehi mestilah yang berkualiti supaya selamat digunakan. Inilah menjadi perkara utama dalam memastikan matlamat pengurusan air itu tercapai.

Aktiviti yang dijalankan terutamanya di kawasan tadahan seperti aktiviti pertanian akhirnya akan menyebabkan pencemaran keatas kualiti air. Pengurusan multiobjektif merupakan satu sistem pengurusan yang berkeupayaan memenuhi objektif pengurusan seperti:

1. Pengawalan pencemaran kualiti air melalui pengurangan bahan mendakan seperti fosforus terlarut, mengawal pembuangan bahan terlarut dan hakisan ke dalam sungai.
2. Meningkatkan keupayaan simpanan air supaya dapat mengimbangi bekalan dan permintaan terhadap air.
3. Mendapatkan pulangan dan pelaburan yang setimpal daripada pembinaan wetland.

2.1 Definisi Wetland

Wetland memberi pelbagai kesan terhadap keadaan sekelilingnya. Pembinaan wetland merupakan satu kaedah rawatan air secara bioteknologi berbanding sistem rawatan yang sedia ada (*Hamilton et al. 1993*). Ia dicipta dengan tujuan memelihara sumber-sumber tertentu yang berkaitan dengan air . Wetland merupakan kawasan yang dibanjiri atau tepu dengan air permukaan atau air bumi pada frekuensi-frekuensi dan tempoh masa yang mencukupi untuk menyokong dan di bawah keadaan semula jadi yang normal.

Proses penyejatan berlaku dari permukaan air yang terbuka, permukaan tanah ataupun permukaan tumbuhan. *Hydroperiod* merupakan satu proses di mana wetland mengalami corak perubahan bermusim dalam kedua-dua air permukaan dan air bumi. Apabila berlakunya keseimbangan diantara aliran masuk dan aliran keluar dari wetland dikenali sebagai *water budget*.

Wetland juga dapat digunakan untuk meningkatkan kualiti air. Peningkatan kualiti air ini adalah secara semulajadi dengan secara tidak langsung memberi pulangan dari segi ekonomi. Terdapat beberapa fungsi yang telah dikumpulkan kepada beberapa aspek (*Westworth. 1993*):

- *Ekologi*

Habitat kepada semua jenis mikroskopik, haiwan intervrata dan veterbrata, tumbuhan mikroskopok dan makroskopik.

- *Hidrologi*

Penghalaan banjir dan tempat simpanan air, kemasukan dan pengeluaran air bumi, penambahan air larian permukaan.

- *Kualiti air*

Pengubahsuaian kandungan air dari segi kimia, mendakan dan secara biologi.

- *Ekonomi*

Meningkatkan dari segi bilangan flora dan fauna, bernilai kepada industri pelancongan, dan agrikultur.

- *Warisan*

Pengekalan kepada warisan, memberi peluang untuk tujuan pembelajaran dan kajian, Untuk generasi masa hadapan.

2..2 Klasifikasi Wetland

Pengelasan flora dan fauna sedikit sebanyak memberi sedikit impak terhadap pengelasan wetland itu sendiri. Pengelasan ini bermula dengan lima sistem yang besar dibahagikan kepada 10 sistem sub, 55 kelas dan 121 kelas sub yang mana kemudiannya diasingkan kepada jenis flora atau fauna yang dominan. Menurut Williams (1990), wetland mempunyai tiga kriteria utama iaitu tumbuhan hidro grafik, tanah hidrik dan darjah serta frekuensi banjir atau ketepuan tanah.

Pengelasan wetland adalah berdasarkan kepada jenis-jenis habitat yang terdapat pada kawasan tersebut seperti paya air masin dan air tawar (*salt and freshwater swamps*), kawasan paya atau rawa (*marshes*) dan *bogs* dan beberapa kategori sub bagi jenis-jenis asas ini. Pada ketika ini, tanah organik tidak memainkan peranan penting dalam pengelasan wetland. Ia hanya dianggap sebagai pengubah tambahan kepada semua sistem dan kelas.

Dalam penggunaan biasa, kawasan air cetek atau tepu didominasi oleh tumbuhan dan pokok berkayu yang boleh hidup di kawasan berair adalah dikenali sebagai paya (*swamps*) manakala kawasan yang ditumbuhi oleh tumbuhan berbatang lembut seperti *cattail* dan *bulrush* dikenali sebagai *marshes* dan kawasan dengan tumbuhan *mosses* dan *evergreen shrubs* pula adalah *bogs* (Hammer, 1992).

Terdapat lima sistem utama di dalam pengklasifikasian wetland, dimana setiap satu berkongsi persamaan dan segi geomorfologi lokasi (*locational-geomorphological*), hidrologikal dan karakter biologi dikenal pasti. Wetland pesisir pantai termasuk *marine*, dan *estuarine* manakala wetland pedalaman adalah jenis *riverine*, *lacustrine* dan *palustrine*. *Marine*, *estuarine*, *riverine* dan *lacustrine* mengambil kira habitat wetland dan air dalam manakala *palustrine* hanya mengambil kira habitat wetland sahaja.

Wetland pesisir pantai (*coastal*) dan darat atau pedalaman (*inland*) merupakan dua kumpulan utama bagi wetland. Beberapa jenis wetland di kawasan pesisir pantai dipengaruhi oleh perubahan pasang surut air. Sistem wetland pesisir pantai adalah di sepanjang tepi luar pantai sehingga kawasan air pasang besar (Mitsch *et al.*, 1988).

2.2.1 Sistem Wetland Semula Jadi

Pembentukan sistem wetland secara semulajadi terjadi apabila terdapat kawasan tanah yang ditakungi air pada paras kedalaman tertentu dimana terdapat beberapa spesies tertentu hidup secara semula jadi dalam keadaan tanah tepu (tanah yang ditakungi air dan berkelodak). Jika tanah itu rendah dan digenangi oleh air maka satu sistem tanah bencah semula jadi yang besar akan terbentuk. Sistem tanah bencah semula jadi boleh dikategorikan kepada dua iaitu:

- (i) Sistem tanah bencah pesisir pantai (*Coastal or Marine Wetlands*)
- (ii) Sistem tanah bencah darat (*Inland Wetlands*)

2.2.1.1 Sistem Tanah Bencah Pesisir Pantai (*Coastal or Marine Wetlands*)

Sistem tanah bencah pesisir pantai ini adalah di sepanjang dan tepi luar pantai sehinggalah ke tempat dimana air pasang besar. '*Marine Subtidal*' adalah merupakan kawasan yang sentiasa di tenggelami oleh air manakala '*Marine Intertidal*' adalah merupakan tanah dan juga bahan organik bawah ditenggelami oleh air apabila berlakunya banjir yang disebabkan oleh air pasang.

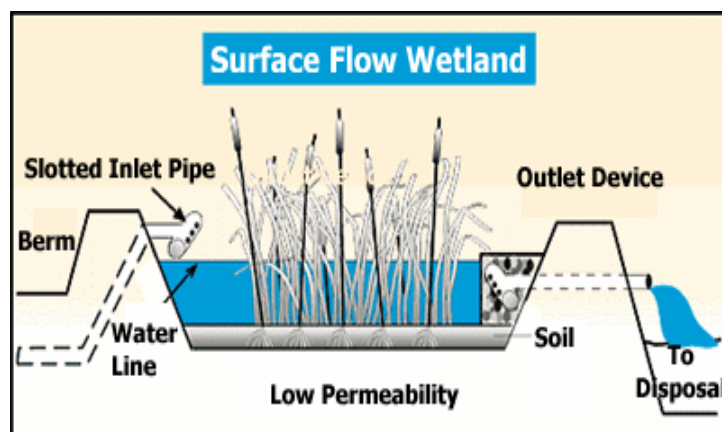
2.2.1.2 Sistem Wetland darat (Inland Wetlands)

'Palustrine Wetlands' meliputi semua tanah 'nontidal' termasuklah mana-mana kawasan yang bersebelahan atau kawasan yang merupakan sebahagian daripada sungai.

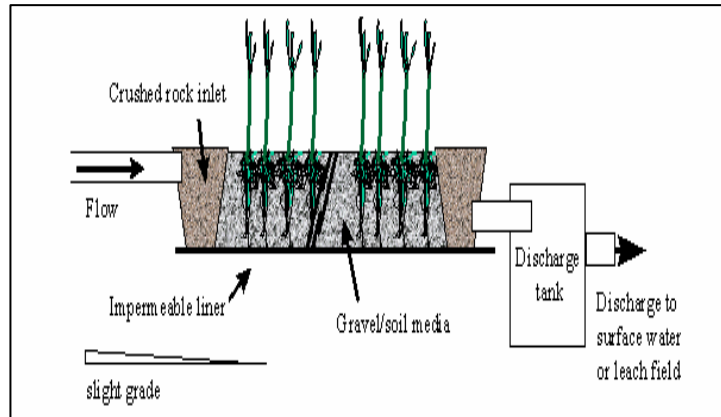
2.2.2 Sistem Wetland Buatan

Sistem wetland buatan pula adalah sama keadaan dengan sistem tanah bench semula jadi tetapi terbentuk hasil reka bentuk manusia. Spesies tumbuhan yang hidup dalam sistem wetland buatan ini adalah jenis spesies yang ditanam bersesuaian dengan kedalaman air dalam sistem tersebut. Salah satu contoh sistem tanah bench buatan ialah Wetland Putrajaya. Sistem wetland pula terdiri daripada dua kategori utama iaitu:

- (i) Jenis permukaan air bebas (*free water surface — FWS*) dengan tumbuhan muncul.
- (ii) Jenis aliran subpermukaan (*Subsurface Flow System — SFS*).



Rajah 2.1: Jenis Permukaan Air Bebas



Rajah 2.2: Jenis aliran subpermukaan

2.3 Komponen dan Ciri-Ciri Wetland

Hidrologi wetland, tumbuhan *hydrophytic* dan tanah hidrik adalah merupakan tiga komponen penting bagi wetland. Hidrologi adalah merupakan salah satu aspek penting yang perlu dipertimbangkan untuk penetapan dan pemeliharaan beberapa jenis wetland dan proses dalam kawasan wetland.

2.3.1 Hidrologi Wetland

U.S. Army Corps of Engineer Manual (1987) mentafsirkan hidrologi tanah sebagai jumlah keseluruhan sifat kebasahan di kawasan yang ditenggelami air atau tanah berkeadaan tepu untuk jangka waktu yang mencukupi bagi menyokong tumbuhan *hydrophytic*. Oleh itu, untuk mendapatkan wetland yang kurang oksigen tetapi dapat menyokong tumbuhan *hydrophytic*, maka jangka waktu yang cukup lama adalah diperlukan untuk memperoleh keadaan yang diperlukan.

Keadaan hidrologi adalah sangat penting bagi tujuan penyelenggaraan struktur dan fungsi tanah bencah. Ia mempengaruhi hubungan antara banyak abiotik faktor termasuk tanah *anaerobiosis*, kebolehdapatan nutrien dan paras kandungan garam bagi tanah bencah di pesisir pantai. Ini akan menentukan jenis flora dan fauna yang mendiami sesuatu wetland. Akhir sekali, untuk melengkapkan kitaran wetland, komponen abiotik adalah aktif dalam mengubah hidrologi tanah bencah.

Tanah dan tumbuhan secara umumnya dibanjiri menunjukkan beberapa karakter diagnostik bagi tanah tepu atau keadaan tanah anaerobik. Sifat ini dapat ditonjolkan melalui kehadiran warna atau bercapuk, warna gelap atau krom serta penunjuk lain termasuk kehadiran bahan kimia yang dapat dilihat akibat tindak balas yang berlaku akibat kehadiran oksigen.

Tanda-tanda lain yang jelas untuk kehadiran air dan keadaan hidrologi wetland termasuk penanda banjir di atas permukaan tanah dan partikel tanah liat dan lumpur yang mungkin kelihatan pada tumbuhan.

Satu lagi kaedah lain untuk mengenal pasti keadaan hidrologikal wetland yang berpotensi termasuk dengan menaksir sifat-sifat penting yang ditunjukkan oleh sungai, aliran air, lurah, dan wetland berhampiran.

2.3.1.1 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Hidrologi Wetland

Telah diketahui beberapa faktor yang mempengaruhi kelembapan hidrologi wetland adalah seperti hujan (*precipitation*), stratigrafi, topografi, kebolehtelapan tanah dan tumbuhan yang menutupi tanah. Sifat-sifat biasa yang ada pada semua wetland ialah pambanjiran di hulu (*headwater*) atau air balik (*backwater*) yang akan mempengaruhi air

pasang surut, air bumi, atau kombinasi kedua-dua punca ini. Frekuensi dan tempoh banjir atau ketepuan (*saturation*) tanah berubah-ubah mengikut keadaan.

Keadaan topografi, stratigrafi dan kebolehtepuan tanah akan mempengaruhi frekuensi dan tempoh banjir dan ketepuan tanah. Kawasan tanah rendah yang terdapat pada dataran banjir atau *marsh* mempunyai kekerapan dan tempoh berlaku banjir yang kerap berbanding kawasan tanah tinggi. Ini bermakna rupa bentuk dataran mempengaruhi tempoh banjir. Bila aliran air permukaan bergerak laju di dataran banjir, frekuensi banjir pada tumbuhan dan tanah mungkin akan berkurang.

Kebolehtelapan tanah juga mempengaruhi tempoh banjir dan ketepuan tanah. Contohnya tanah liat menyerap air lebih perlahan jika dibandingkan dengan tanah pasir atau tanah lom. Oleh itu, tanah mempunyai kadar kebolehtelapan yang rendah, ketepuannya adalah lama.

2.3.1.2 Aspek lain hidrologi Wetland

Keberkesanan mengurangkan pencemaran seperti pencemaran air melalui proses-proses seperti pegenapan (*sedimentation*), pengudaraan (*aeration*), penyingkiran biologi, penapisan (*filtration*) dan penyerapan (*absorption*) tanah adalah faktor-faktor hidrologi yang perlu diambil kira atau dipertimbangkan dalam mereka bentuk sistem wetland. Keberkesanan proses yang berlaku mempunyai bubung kait dengan beberapa aspek hidrologi seperti *hydroperiod* dan kadar alir.

2.3.2 Hydroperiod

Hydroperiod ditakrifkan sebagai kedalaman air di wetland (Siti Rozila Jumadi/Mahadi, 2000). Ia juga dimaksudkan sebagai corak bermusim paras air bagi sesebuah wetland dan sebagai petanda hidrologi bagi setiap jenis tanah bencah. Ia mendefinisikan perubahan paras air naik dan turun bagi air permukaan dan air bawah permukaan bagi wetland (Mitsch *et al.*, 1988). *Hydroperiod* atau tanda-tanda hidrologi wetland merupakan keputusan untuk keseimbangan di antara aliran masuk (*inflow*) dan aliran keluar (*outflow*) bagi air disebut sebagai bajet air (*water budget*).

Parameter ini penting terutamanya untuk wetland semula jadi. Musim banjir merupakan faktor utama yang mempengaruhi paras air dimana ianya menjadi komponen penting dalam pertambahan paras air. Perlu disedari bahawa semasa banjir berlaku, sifat kimia tanah akan bertukar menjadi tidak berudara (*anaerobik*) secara tiba-tiba.

Untuk mewujudkan keadaan anerob, tanah perlu ditenggelami air atau tepu dengan air untuk satu jangka masa yang tertentu. Oksigen akan tersingkir dengan cepat disebabkan tanah ditenggelami air. Dalam masa satu hari, tanah boleh bertukar kepada anerob. Sekiranya penenggelaman berlaku dalam masa seminggu atau penepuan selama dua minggu berhampiran permukaan air, tanah adalah diklasifikasikan sebagai hidrik dan hidrologinya lengkap untuk menyokong tumbuhan *hydrophytic*.

Setiap tumbuhan wetland mempunyai kadar kecekapan yang berbeza untuk menyesuaikan dan hidup dalam tanah yang kurang oksigen. Wetland yang mempunyai paras kedalaman air yang berubah-ubah lebih berpotensi untuk menjadi habitat bagi pelbagai jenis flora dan fauna.

Paras air yang dalam boleh mengurangkan tumbuhan akuatik timbul. Paras air yang berlebihan juga walaupun sekadar beberapa sentimeter akan mengurangkan penyentuhan dan kesannya akan berlaku penyingkiran yang lemah. Kadar proses penyerapan juga adalah tinggi pada kedalaman air yang cetek dan masa tahanan yang

panjang. Ini adalah kerana bertambahnya kadar sentuhan dengan tanah. Dengan erti kata lain, paras air yang cetek akan meninggikan kadar penyingkiran dan kadar penyerapan. Paras air di wetland boleh dikawal melalui pengawalan aliran masuk dan aliran keluar dengan pembinaan tambak (*weirs*) dan pam suapan (*feed pump*).

2.4 Kualiti Air

Air Sungai di kawasan kajian boleh dikategorikan kepada tiga kelas iaitu kelas I, II dan III. Secara keseluruhannya sungai yang akan menjadi sumber air tasik binaan tergolong dalam kelas I dan II manakala sungai yang berada pada tahap Kelas III tidak termasuk dalam rancangan sumber air tasik binaan. Kajian menunjukkan status Kualiti air menurun mirip ke arah hiliran disebabkan peningkatan kepekatan TSS hasil pembekalan tumpukan di kawasan hulu.

Kesan yang ketara terhadap alam sekitar ialah penurunan kualiti air disebabkan pemindahan kumin tanah oleh larian permukaan semasa fasa pembersihan dan pembinaan. Peningkatan pemindahan kumin tanah ke sungai dan badan air lain akan mengakibatkan kecetekan dan kemungkinan berlakunya banjir kilat di kawasan hilir adalah tinggi.

Pada peringkat fasa operasi, penurunan kualiti air sungai dan badan air yang lain dijangka disebabkan oleh kemasukkan air sisa akibat peningkatan penggunaan air oleh penghuni di kawasan Putrajaya. Untuk meminimakan kesan negatif ini, adalah disyorkan hanya kawasan yang perlu sahaja diterokai untuk pembersihan dan pembinaan. Ini bertujuan untuk mengurangkan kawasan yang terdedah kepada curahan hujan dan mengurangkan pengahsilan agronomi dan pemasangan perangkap sedimen mesti diwujudkan bergantung kepada topografi kawasan yang terlibat.

Sistem perparitan perimeter tertutup berjejaring perlu dibina disekeliling tasik binaan untuk memerangkap air larian permukaan. Geofabrik mesti dipasang diantara sistem perparitan perimeter dengan tasik di sekeliling tasik bertujuan untuk mengawal kemasukkan kumin tanah melalui pengaliran air bawah permukaan tanah.

Pada peringkat operasi , semua air sisa yang dihasilkan mesti dirawat secara berpusat. Semua lepasan air sisa dan effluen yang mempunyai kualiti yang rendah yang datang dari hulu kawasan pembangunan Putrajaya mesti dirawat oleh tuan punya premis. Sebelum memasuki tasik, air tersebut mesti melalui rawatan secara ekologi contohnya melalui kawasan lembah air.

Program pemantauan dicadangkan agar dapat mengambil langkah baik pulih awal dan untuk menilai keberkesanan langkah-langkah pengawalan yang dipraktikkan. Pemilihan parameter kualiti air berbeza mengikut fasa yang dilalui. Pada fasa pembersihan dan pembinaan, parameter tumpuan ialah pepejal terampai dan kekeruhan manakala parameter yang lain seperti BOD, DO, COD, pH dan nutrien merupakan parameter sampingan. Pada fasa operasi, perlu ditambah parameter racun serangga, herba dan kulat memandangkan kawasan pembangunan Putrajaya dikelilingi kawasan pertanian yang aktif. Kekerapan pemantauan ialah seminggu di kawasan kritikal (Sungai Chuau) semasa fasa pembinaan dan sekali sebulan semasa fasa operasi.

2.5 Air Tasik

Air sungai Chuau tercemar dengan ferus, mangan, fosforus dan nitrogen. Bahan bahan ini sesuai untuk pertumbuhan alga. Air yang memasuki kawasan tasik hendaklah mematuhi piawai “Proposed Interim National Water Quality Standard For Malaysia” Kelas IIB melalui rawatan salah satu kaedah seperti turasan pasir dengan butiran karbon teraktif atau melalui pendekatan ekologi seperti lembah air.

2.6 Punca Pencemaran Air

Terdapat beberapa punca dan aktiviti yang beroperasi untuk mencemar kawasan kajian. Punca yang paling ketara ialah kawasan UPM, MARDI, TNB, Ladang Perang Besar, Ladang Medingley dan Ladang Sedeley dan Palm Garden Golf dan Country Resort. Dua sungai penting iaitu Sungai Chuau dan Sungai Bisa secara langsung akan menjadi badan air penerima pencemaran tersebut. Secara umumnya pencemaran boleh dikelaskan kepada dua jenis iaitu pencemaran bertitik dan pencemaran tidak bertitik (Novotny dan Chesters, 1981).

2.6.1 Pencemaran Bertitik

Pencemaran bertitik adalah pencemaran yang dapat dikenalpasti lokasinya dan biasanya boleh diuji terus dan kesanya boleh dinilai dengan serta merta. Contoh-contoh pencemaran bertitik adalah seperti pengaliran keluar dari loji kumbahan dan industri, pelepasan dan rumah ladang dan kawasan buangan sisa pepejal (Novotny dan Chesters, 1981). Selain itu stesen janakuasa elektrik juga merupakan salah satu sumber pencemaran bertitik (O'Shea, 2002).

2.6.2 Pencemaran Tidak bertitik

Pencemaran tidak bertitik ialah pencemaran di mana puncanya tidak jelas diketahui (O'Shea, 2002). Pencemaran tidak bertitik boleh dikaitkan dengan hakisan mineral, hakisan tanah dan hutan yang merangkumi tumbuhan semulajadi, tumbuhan separa buatan dan tumbuhan buatan. Selain itu ia juga boleh dikaitkan dengan aktiviti manusia seperti penggunaan baja atau bahan kimia dalam pengawalan serangga, hakisan

tanah dan kawasan tanaman, hakisan tanah dan kawasan pembangunan, tapak perlombongan, kawasan perumahan dan lain-lain (Novotny dan Chesters, 1981).

Jadual 2.1:Peratusan bahan pencemaran bertitik dan pencemaran tidak bertitik di Amerika Syarikat.

Bahan Pencemaran	Peratus Dari Pencemaran Bertitik (%)	Peratus Dari Pencemaran Tidak bertitik (%)
COD	30	70
Fosforus	34	66
Nitrogen	10	90
Fecal Coliforms	10	90
Plumbum	43	57
Kuprum	59	41
Kadmium	84	16
Kromium	50	5
Zink	30	70
Arsenik	95	5
Merkuri	98	2

(sumber : Novatny, 1995)

2.7 Parameter-parameter Kualiti Air

Parameter kualiti air terbahagi kepada tiga jenis iaitu parameter fizikal, parameter kimia dan parameter biologi.

2.7.1 Parameter Fizikal

Parameter fizikal adalah parameter yang boleh digunakan untuk menunjukkan perubahan kualiti air sama ada secara langsung atau tidak langsung. Parameter fizikal tidak dapat menggambarkan keadaan pencemaran yang sebenar berlaku dan nilai normal

mungkin berubah dengan banyak bergantung kepada pelbagai keadaan spesifik air dan air larian (WHO, 1978).

Namun, perubahan sifat fizikal adalah penting terutamanya bagi sesetengah parameter di mana ia dapat mengukur kawasan pencemaran dan kawasan yang terjejas dengan cepat dan tepat. Parameter-parameter yang biasa digunakan ialah kekeruhan, pH, suhu dan konduktiviti elektrik (Adams dan Papa, 2000).

2.7.2 Parameter Kimia

Parameter kimia adalah penting kerana dapat menunjukkan sifat kualiti air. Nilai mutlak dan hubung kait antara parameter kimia boleh digunakan untuk pengkelasan air itu berdasarkan kandungan mineralnya. Ia boleh menaksir keperluan organisma akuatik seperti nitrogen, fosforus, silikon dan besi (WHO, 1978).

Selain itu, parameter kimia boleh digunakan untuk mencirikan tahap pencemaran air dan merekodkan kes yang menunjukkan peningkatan kepekatan bahan pencemar serta mengenalpasti punca utama pencemaran (WHO, 1978).

Parameter kimia boleh dikumpulkan dalam pelbagai bentuk berdasarkan kepada tujuan dan keadaan pemerhatian seperti berikut:

- Bahan pencemar yang wujud secara semulajadi akibat aktiviti manusia.
- Bahan pencemar yang cirinya tidak stabil, kurang stabil dan stabil.
- Bahan pencemar yang berlaku agak kerap dan wujud dalam kuantiti yang boleh memberi kesan terhadap kualiti air (WHO, 1978).

Parameter-parameter kimia termasuklah oksigen terlarut, nitrat, fosforus dan pH (http://www.green.org/files.cgi/2_70_11_Chemical_Monitoring_Guide.html).

2.7.3 Parameter Biologi

Bahan yang tidak dapat diuraikan dengan mudah seperti kitaran hidrokarbon dan logam berat adalah tidak termasuk dalam proses ini. Bahan buangan domestik ke dalam air akan mengalami penguraian dalam pelbagai fasa. Organisma-organisma yang digunakan sebagai parameter biologi adalah seperti ameba, bacteria dan alga (WHO, 1978).

Organisma tersebut amat sensitif terhadap perubahan yang berlaku dalam air. Organisma dan tumbuhan aquatik tidak berupaya untuk menyesuaikan diri dengan perubahan yang mendadak. Komuniti hidupan aquatik akan menjadi berkurangan atau mati (WHO, 1978).

Tumbuhan aquatik juga boleh dijadikan sebagai parameter biologi. Sebagai contohnya tumbuhan alga. Pertumbuhan alga yang banyak boleh menggambarkan proses eutrofikasi telah berlaku. Proses tersebut adalah disebabkan oleh kemasukan nutrient yang banyak ke dalam air dan menyebabkan ekosistem dalam air sungai menjadi tidak seimbang dan mengurangkan oksigen terlarut. Oleh itu, penemuan alga sebagai parameter biologi membolehkan pemahaman terhadap proses eutrofikasi dan langkah mengatasinya (Yang et al., 2000).

2.8 Parameter Untuk Menentukan Tahap Pencemaran

Parameter-parameter penting yang biasa digunakan dalam analisis adalah seperti pH, permintaan oksigen biokimia (BOD), permintaan oksigen kimia (COD), ammonia (NH_3), Nutrien, Nitrat (NO_3), fosfat (PO_4^{3-}) dan logam-logam berat seperti kuprum (Cu), merkuri (Hg), kromium (Cr) dan plumbum (Pb).

2.8.1 pH

pH adalah nilai index yang penting untuk mengukur keasidan dan kealkalian. Ion hidrogen yang meningkat akan menyebabkan penurunan pH kerana air lebih berasid dan sebaliknya. Ikan hanya boleh hidup dalam julat pH yang tertentu sahaja. Sekiranya berlaku sebarang perubahan, hidupan dalam air akan mati. Di Amerika Syarikat, kebanyakan sistem air semulajadi mempunyai pH yang ber julat antara 6.5 hingga 8.5 (<http://www.malibuwater.com/pH-Level.html>).

Bahan-bahan pencemar udara seperti nitrogen oksida dan sulfur oksida akan bertukar menjadi asid nitrik dan asid sulfurik yang akan turun ke permukaan air sebagai air hujan atau salji. Hujan berasid akan memberi kesan kepada pH air dan ekosistem hidupan akuatik (<http://www.malibuwater.com/pH-Level.html>).

2.8.2 Nutrien

Air larian mungkin membawa bahan-bahan yang mengandungi kepekatan nitrogen, fosforus dan karbon yang tinggi dan akan memperkayakan nutrien serta mempercepatkan proses eutrofikasi tasik yang berhampiran. Sebatian ini penting untuk kehidupan tumbuhan akuatik (Adams dan Papa, 2000).

Punca-punca nutrien boleh datang dari kebun sayur-sayuran, baja pertanian yang dibawa oleh nutrien dan pengaliran keluar air buangan. Nitrogen dalam bentuk ammonia, nitrate dan fosforus sesuai untuk pertumbuhan tumbuhan tetapi juga berkemungkinan menyebabkan pertumbuhan alga dan pertumbuhan macrophytic yang banyak dan seterusnya mengakibatkan penurunan oksigen terlarut dalam air (Adams dan Papa, 2000).

Nutrien dan tumbuhan juga boleh menyebabkan proses eutrophikasi berlaku. Fosforus yang dibawa masuk ke dalam air sungai akan menyebabkan pertumbuhan alga dengan banyak berlaku (Trivedi dan Raj, 1992).

2.8.3 Nitrogen

Nitrogen adalah elemen yang penting bagi semua hidupan organisma. Ia memainkan peranan penting dalam struktur protein dan enzim. Kemasukkan nitrogen yang banyak ke dalam sungai atau tasik boleh menyebabkan proses eutrofikasi berlaku (Dalemo et al., 1998).

2.8.4 Nitrat

Nitrat wujud secara semula jadi dalam tanah dan air. Nitrat diperlukan oleh tumbuhan untuk menghasilkan klorofil dan asid amino. Oleh kerana Nitrat tidak mempunyai ikatan dengan tanah, maka ia akan meresap ke dalam tanah bersama-sama dengan air dan kemudian masuk ke dalam air bawah tanah di mana akhirnya akan dibawa ke dalam sungai (Harrison, 1990).

Kepekatan nitrat yang tinggi dalam air minuman akan menyebabkan penyakit methaemoglobinemia ke atas bayi (Harrison, 1990). Selain itu, kepekatan nitrat yang tinggi dalam tasik, sungai dan air laut akan menyebabkan pembentukan *algae blooms* dan pengurangan oksigen terlarut (Harrison, 1990).

2.8.5 Ammonia

Kandungan ammonia dalam air boleh dipengaruhi oleh suhu dan pH dalam air. Suhu dan pH yang rendah akan menyebabkan kandungan ammonia dalam air juga berkurangan. Perubahan dalam suhu dan pH akan menyebabkan keracunan ammonia (<http://www.algone.com/ammonium.htm>).

2.8.6 Plumbum

Penggunaan plumbum boleh sama ada dalam bentuk berlogam atau dalam bentuk kimia. Plumbum penting dalam penghasilan bateri, sarung kabel, kepingan besi dan paip, pelbagai jenis aloi dan lain-lain lagi. Selain itu, plumbum juga digunakan untuk pigmen dalam cat, gelas, plastik dan gasoline (Happle, 1971).

Terdapat banyak cara di mana plumbum boleh dilepaskan ke alam sekitar. Ia boleh dibebaskan menerusi operasi pengekstratan mineral, proses pembuatan, pembakaran arang batu dan lain-lain produk semulajadi. Plumbum telahpun lama dikenalpasti sebagai bahan yang bertoksik dan boleh membahayakan kesihatan manusia (Happle, 1971).

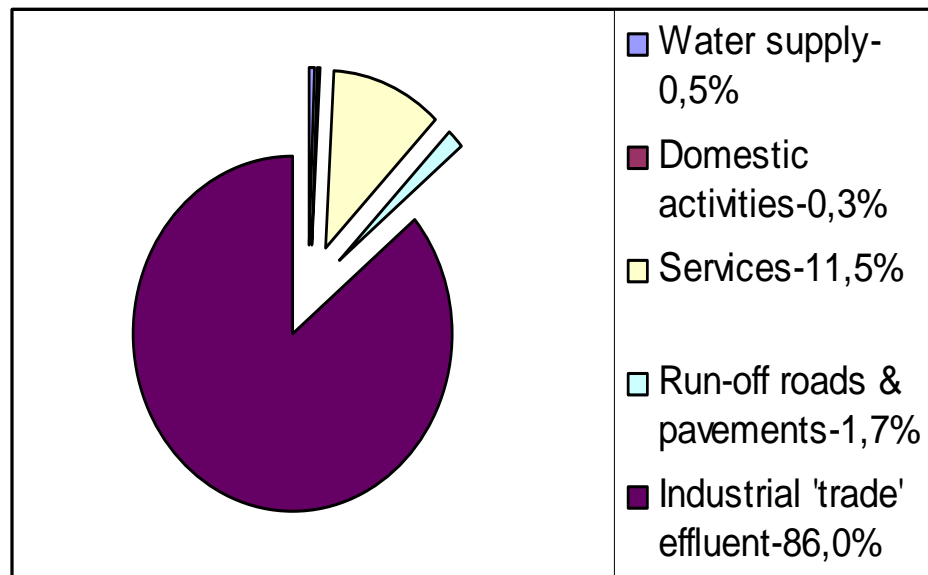
Kesan-kesan plumbum adalah seperti kurang selera makan, kekejangan abdomen, sakit kepala, aneamia, keletihan dan kerosakan otak (Pyatt et al, 2005).

2.8.7 Kromium

Kromium adalah elemen yang tersebar secara luas dalam tanah dan batu dan wujud dalam sungai dan air laut. Kromium adalah logam yang cerah dan berkilat. Secara semulajadi, kromium wujud bergabung dengan elemen kimia yang lain seperti oksigen dan potassium dalam bentuk sebatian kromium. Kromium adalah logam yang tahan karat. Ia digunakan secara meluas dalam elektroplating, cat dan dakwat, bahan pengawet kayu, tekstil dan refraktori. (<http://www.liv.ac.uk/~amira1/chap5.htm>).

Kromium yang wujud dalam saluran air kumbahan adalah dan aktiviti industri, aktiviti perkhidmatan, air larian bekalan air domestik dan aktiviti domestik. Kromium wujud secara semulajadi dalam makanan dan air. Kromium dalam kuantiti *trivalent* yang kecil merupakan bahagian asas dalam amalan mengehadkan makanan manusia. Penggunaan sebatian kromium secara berterusan dalam kuantiti yang kecil boleh menyebabkan penyakit kulit iaitu *dermatitis*. Sekiranya digunakan dalam kuantiti yang berlebihan, ia akan menyebabkan muntah, cirit birit dan kegagalan ginjal. Kromium dalam bentuk hexavalent adalah lebih toxic daripada kromium dalam bentuk trivalent dan boleh menyebabkan penyakit kanser kepada pekerja sekiranya terdedah kepada bahan tersebut dalam jangka masa yang panjang (<http://www.liv.ac.uk/~amiral/chap5.htm>).

Kromium yang banyak akan memudaratkan hidupan tumbuhan dan haiwan dalam air terutamanya larva ikan (<http://www.liv.ac.uk/~amirallchap5.htm>).



Rajah 2.3 : Anggaran Input Kromium ke Dalam Saluran Air Kumbahan dan Pelbagai Sumber di England (Sumber : <http://www.liv.ac.uk/~amiral/chap5.htm>)

2.8.8 Kuprum

Kuprum digunakan dalam penyalutan untuk pemanasan, mesin, paip tahan karat, aloi, produk elektrik dan elektronik, produk umum seperti duit syiling, pigmen, mangkin dan sebagainya.

Ion logam memainkan peranan penting dalam sistem biologi. Namun sekiranya kepekannya melebihi paras normal, ia akan menjadi toksik kepada sel-sel (Theophanides dan Anastassopoulou, 2002). Kesan-kesan kuprum terhadap manusia adalah seperti cirit-birit, loya, muntah, koma dan boleh juga menyebabkan kematian. Selain itu, kuprum juga boleh menyebabkan pertumbuhan tumor dalam badan (Pyatt et al., 2005).

2.8.9 Merkuri

Merkuri adalah satu bahan yang bertoksik. Dua sumber utama merkuri iaitu sama ada wujud secara semulajadi ataupun akibat aktiviti manusia. Merkuri yang wujud secara semulajadi dibawa ke air laut melalui hakisan tanah. Merkuri juga boleh memeluwap ke atmosfera. Para penyelidik lebih menitik beratkan merkuri yang disebabkan oleh aktiviti manusia (Goulden, 1978).

Dalam industri, merkuri digunakan untuk membuat bateri merkuri dan sel tenaga alkali. Merkuri juga digunakan untuk menghasilkan klorin dan soda kaustik (Goulden, 1978).

Beberapa kajian telah dibuat ke atas *methyl mercury* di mana sampel biologi seperti ikan telah digunakan dalam eksperimen. Ini kerana *methyl mercury* yang bertoksik telah menyebabkan penyakit *Minamata*. Pada tahun 1958, sekumpulan kes penyakit ganjil yang berkaitan dengan saraf dilaporkan di Jepun. Penyakit ini meyerang pusat sistem saraf manusia disebabkan oleh radikal *methyl mercury* (CH_3Hg^+) yang dibebaskan oleh kilang ke dalam teluk Minamata (Goulden, 1978). Seramai 700 orang penduduk di sekitar teluk Minamata yang mendapat kesan penyakit tersebut. Pada tahun 1964 pula, seramai 500 orang yang didapati menghidapi penyakit yang berkaitan dengan *methyl mercury* di Niigata yang terletak di negara Jepun. Ini adalah berikutan pencemaran sungai Agono yang disebabkan oleh hasil buangan industri yang mengandungi *methyl mercury* (Harrison, 1990).

2.9 Faktor-faktor Pertambahan Bahan Pencemaran Tidak Bertitik

Antara faktor-faktor yang menyebabkan peningkatan bahan pencemaran tidak bertitik adalah:

- Pertambahan populasi penduduk terutamanya di negara-negara membangun.
- Transformasi guna tanah dan pertukaran tanah kepada pertanian jenis intensif dan kadar penggunaan baja kimia yang tinggi.
- Proses perbandaran dan perindustrian.
- Peningkatan taraf hidup yang bukan sahaja menyebabkan peitambahan penggunaan sumber per kapita malah penghasilan bahan buangan juga bertambah (Novatny, 1995)

2.10 Objektif Dan Konflik Yang Timbul

Kesan daripada kemasukkan pelbagai objektif telah menimbulkan konflik dalam pengurusan sumber air. Kaitan antara objektif dan konflik boleh dilihat dari segi:

- *Meningkatkan Kualiti Air*

Tanaman tutup bumi dan kolam pengawal mendapan dapat mengawal hakisan tanah an seterusnya mengurangkan pencemaran air. Selain daripada berfungsi mengurangkan hakisan, tanaman tutup bumi seperti tumbuhan kekacang dapat meningkatkan hasil pertanian. Walaubagaimanapun tanaman tutup bumi mengecilkan jumlah air larina permukaan menyebabkan kapasiti air berkurangan dan pembinaan kolam mendapan hanya menambah kos pelaburan.

- *Meningkatkan Hasil Air*

Penanaman semula hutan-hutan dan pohon-pohon yang rimbun dapat meningkatkan air larian permukaan di mana air akan hilang daripada tumbuhan-tumbuhan ini melalui proses transpirasi dalam bentuk wap air. Pengumpulan wap air akan membentuk awan dan akhirnya turun sebagai hujan. Teknik yang saintifik membolehkan hujantiruan di buat di sekitar kawasan tadahan dengan kaedah pembenihan pada kabus yang sejuk dan stratus.

- *Meningkatkan Pulangan Ekonomi*

Teknik tanaman yang moden seperti penanaman secara kontor, Pembinaan teres, pengurusan terhadap penggunaan racun makhluk perosak dan baja kimia bukan sahaja meningkatkan hasil pertanian dan pendapatan malahan dapat mengurangkan hakisan kandungan fosforus dan nitrat dalam tanah pertanian dan halaju air larian permukaan. Pengurangan halaju air larian permukaan menunjukkan pengurangan dalam hasil air. Pembinaan wetland selain untuk mendapatkan kualiti air ialah untuk tujuan rekreasi. Penggunaan ini mendatangkan kontra kepada objektif-objektif yang lain dimana akan timbul soal pencemaran air akibat tumpahan minyak dan sisa-sisa buangan alin akibat daripada aktiviti rekreasi yang tidak terkawal.

2.11 Alternatif Pengurusan

Bagi memastikan objektif dicapai, peringkat pemilihan memainkan peranan supaya tindakan yang akan dilakukan adalah yang terbaik. Adalah tidak mudah membuat tafsiran dalam menentukan pilihan yang terbaik daripada beberapa alternatif pengurusan. Kawasan tadahan yang terbukti mengalami hakisan tanah yang serius

sehingga menyebabkan sungai-sungai menjadi kotor. Penggunaan racun serangga, urea dan baja-baja kimia berlebihan, pengaliran sisa-sisa pertanian dan domestik memburukkan lagi keadaan pencemaran air. Oleh itu keutamaan meningkatkan kualiti air merupakan kepentingan dalam pengurusan pelan ini.

Namun begitu pertimbangan ini hanyalah secara kasar sahaja, pemilihan alternatif yang terbaik bagi sesuatu sub kawasan tadahan dengan mengambil kira dan mengolah masalah yang timbul dikawasan terbabit, objektif, kriteria dan penunjuk asas dilakukan secara terperinci dengan bantuan komputer yang melakukan penganalisaan melalui pengaturcaraan komposit.

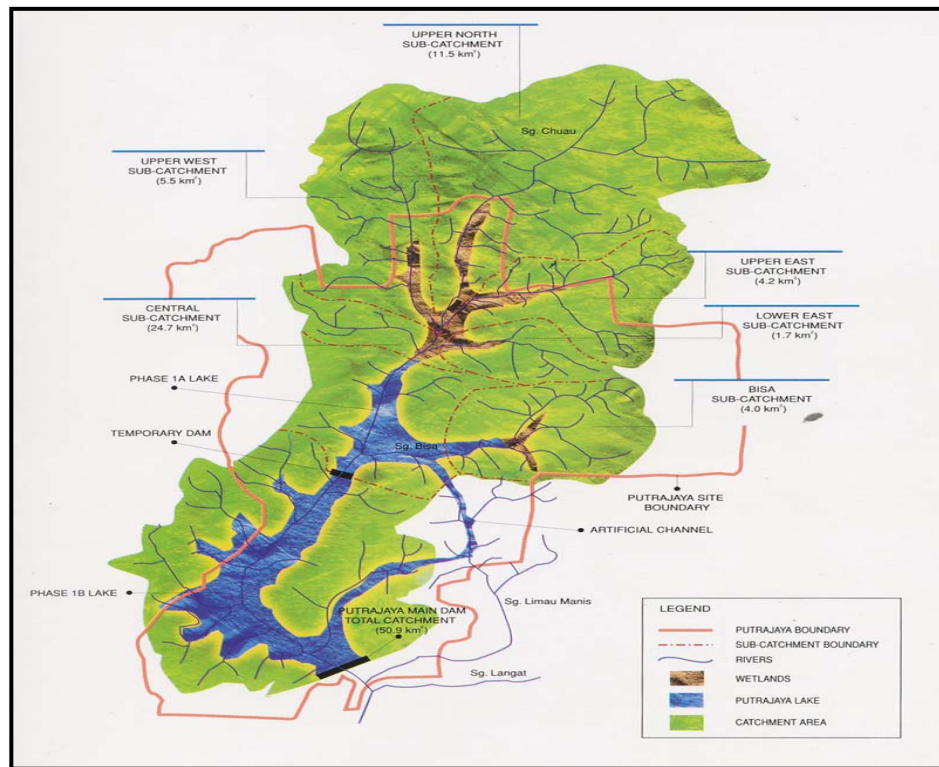
BAB III

METODOLOGI

3.1 Kawasan Kajian

Sumber air dari 3 buah sungai iaitu Sungai Chuau, Sungai Bisa dan Sungai Limau Manis menjadi nadi utama kepada Putrajaya Wetland. Kedudukan Sungai Chuau di utara wetland merangkumi Universiti Putra Malaysia, Mardi, Sedgely Farm, Madingley Farm dan Palm Garden Resort. Pencemaran yang utama yang telah dikenalpasti adalah terdiri daripada punca titik dan punca tidak bertitik. Kedua-dua punca ini dikenal pasti untuk memastikan sungai yang terbaik untuk pembangunan pada masa hadapan. Kandungan Phosphorus, Nitrate-N, BOD, COD, arsenik dijangkakan terdapat di dalam aliran sungai Chuau.

Wetland ini berfungsi untuk memastikan kualiti air sungai yang mengalir dari ketiga-tiga sungai ini memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan oleh Perbadanan Putrajaya. Secara tidak langsung wetland sebenarnya membantu kitaran air secara semulajadi tanpa menggunakan teknologi.



Rajah 3.1 : Kawasan Kajian

Kualiti sungai diukur dengan mengambil beberapa sampel air sungai. Setiap sungai yang diambil beberapa sampel mengikut tempat-tempat yang telah ditetapkan. Pencemaran organik digambarkan oleh Permintaan Oksigen Biokimia (BOD) dan Permintaan Oksigen Kima (COD). Kepekatan BOD untuk semua lokasi berada dalam lingkungan 0.18 hingga 4.72 mg/l dengan nilai purata 1.20 mg/l dan COD dalam lingkungan 1.0 hingga 22.00mg/l dengan nilai purata 7.92 mg/l (1995). Lokasi Sg. Chuau dalam kawasan UPM dan MARDI mempunyai nilai BOD yang tertinggi (4.72 mg/l) mungkin disebabkan sumbangan dari sisa binatang ternakan dan air sisa dari kolej kediaman pelajar. Nilai BOD pada lokasi tersebut melebihi had yang dibenarkan untuk tujuan rekreasi (Kelas II). Manakala lokasi Sg. Limau Manis mempunyai nilai COD yang tertinggi mungkin disebabkan oleh sumbangan air sisa dari kawasan penempatan Kg. Limau Manis. Secara purata nilai BOD dan COD dikawasan yang dicadangkan menggambarkan air yang tidak dicemari dengan bahan organik pada tahap yang tinggi dan masih di bawah had Kelas II (Mior, 1994).

Gambar nutrien didalam air adalah berdasarkan nitrogen, sulfat dan fosfat. Nitrogen dianalisisakan dalam bentuk amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$), Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) dan Nitrit ($\text{NO}_2\text{-N}$). Julat kepekatan amonia berada dalam lingkungan 0.00 hingga 1.40 mg/l dengan nilai purata 0.27 mg/l. Kepekatan amonia yang tertinggi direkodkan pada lokasi Sg Limau Manis mungkin disebabkan oleh aktiviti yang dijalankan dihulu dan disepanjang sungai seperti pembajaan nitrogen dan pengaliran air sisa dari kawasan penempatan Kg. Limau Manis, nilai kepekataannya melebihi had Kelas II. Kepekatan yang tinggi pada sungai tersebut juga dilaporkan oleh Jabatan Alam Sekitar (1994). Pada keseluruhannya, purata kepekatan ammonia masih dibawah had untuk kelas II (Mior, 1994).

Kepekatan sulfat berada dalam lingkungan 0.00 hingga 22.0 mg/l dengan purata 2.58 mg/l. Kepekatan yang tertinggi direkodkan di lokasi Sungai Limau Manis tetapi kepekataannya masih di bawah had kelas II. Sumber sulfat mungkin datang dari kawasan persekitaran yang terdapat bahan pencemar organik dan mineral yang berteraskan sulfur.

Julat kepekatan fosfat ialah diantara 0.02 hingga 10.00 mg/l dengan purata 2.06 mg/l. Kawasan yang mempunyai kepekatan yang tinggi mungkin disebabkan oleh kehadiran bahan pencemar dari kawasan ladang yang berhampiran sama ada melalui larian permukaan atau yang terhasil semasa penghuraian biologi bahan organik. Secara purata, tahap kepekatan fosfat melebihi had Kelas II.

Kepekatan minyak dan gris dalam air ialah dalam lingkungan 0.40 hingga 4.80 mg/l. Lokasi Sg Chuau mempunyai kepekatan yang tertinggi berbanding dengan lokasi lain. Lokasi tersebut berada lebih kurang 50m dari muara sungai sebelum ia memasuki Sg. Langat. Kehadiran minyak dan gris di dalam air mungkin hasil dari basuhan air larian permukaan. Memandangkan kawasan tersebut ialah kawasan kelapa sawit, sumber minyak mungkin dari kenderaan ladang yang terdapat disekitar kawasan berkenaan. Secara keseluruhan julat kepekatan minyak dan gris pada semua lokasi di bawah had Kelas II.

Penentuan kepekatan pepejal adalah berdasarkan kepada parameter pepejal terampai (TSS) dan jumlah pepejal terlarut (TDS). TSS merupakan parameter pepejal yang penting kerana ianya secara tidak langsung menggambarkan proses hakisan dip persekitaran sungai yang terbabit. Julat kepekatan TSS di kawasan penyampelan ialah 1.0 hingga 348.0 mg/l dengan purata 40.12 mg/l. Sampel air sungai Langat di pekan Dengkil mencatat kepekatan TSS yang tertinggi (348.0 mg/l)

Berbanding dengan lokasi penyampelan yang lain. Lokasi Sungai Limau Manis merupakan lokasi yang mempunyai kepekatan TSS (198 mg/l) yang tertinggi berbanding dengan lokasi yang berada dalam kawasan cadangan. Keadaan serupa juga telah dilaporkan oleh Jabatan Alam Sekitar (1994). Nilai kepekatan tersebut melebihi had yang dibenarkan untuk Kelas IIB. Faktor yang paling ketara ialah hakisan tanah di kawasan hulu sungai dan persekitarannya terutama di kawasan yang sedang dalam peringkat pembangunan dan juga meliputi aktiviti harian di kawasan penempatan Kg. Limau Manis.

Keseluruhannya semua lokasi penyampelan dalam kawasan cadangan mempunyai kepekatan TSS di bawah had yang dibenarkan untuk Kelas IIB kecuali lokasi Sg Chuau (50m dari muara). Julat kepekatan TDS ialah dalam lingkungan 10.0 hingga 94.0 mg/l dengan purata 39.62 mg/l. Rata-rata lokasi penyampelan menunjukkan air sungai yang disampel mengandungi bahan terlarut walau bagaimanapun kesemua tahap kepekatan masih dibawah had kelas II. Sumber kemasukkan bahan terlarut mungkin melalui larian permukaan dan bawah permukaan tanah yang melalui kawasan pertanian dan juga hasil interaksi air larian dengan batuan semasa proses pengaliran menuju sungai.

3.2 Logik Fuzzy

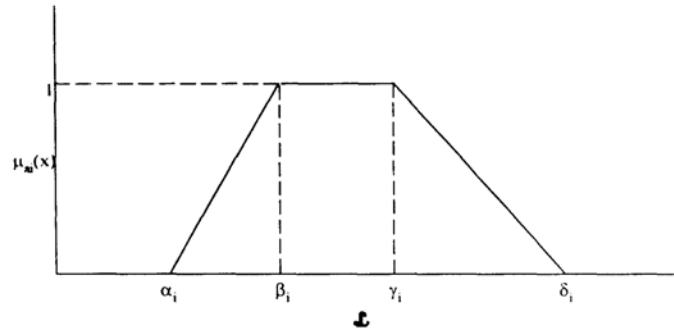
Konsep dan juga penggunaannya telah diperkenalkan oleh Zadeh, seorang yang mahir dalam membangunkan logik fuzzy. Semenjak 1965, penggunaan logik fuzzy telah berkembang dan diaplikasikan dalam kehidupan manusia terutamanya di negara Jepun. Sebagai contoh ia telah diaplikasikan dalam produk kamera dimana memerlukan teknik pemfokusan secara automatik. Segala konsep dan algoritma berkenaan pengaturcaraan komposit fuzzy telah banyak ditemui dalam berbagai-bagai jenis bahan pembacaan (Samuel, 1996).

3.2.1 Nombor Fuzzy

Nombor fuzzy merupakan selang nombor diantara kemungkinan-kemungkinan yang wujud dalam usul yang dibentangkan. Proses pemangkatan bagi m alternatif (A_i ; $i = 1, 2, \dots, m$) yang ada dan di bantu dengan maklumat yang diperolehi daripada n Penganalisa (E_j ; $j = 1, 2, \dots, n$) tentang alternatif bagi setiap k kriteria (C_k ; $k = 1, 2, \dots, K$) yang telah dikenalpasti dan juga kepentingan relatifnya di lakukan untuk mencapai sesuatu objektif.

Pendefinisian masalah lebih mudah jika perwakilan bagi setiap maklumat yang diperolehi di gunakan. Di anggapkan \tilde{a}_{ij}^k mewakili alternatif A_i yang mempunyai hasil daripada tanggapan oleh penganalisa E_j pada kriteria C_k yang telah ditentukan. Manakala \tilde{c}_{kj}^k mewakili nombor fuzzy bagi kriteria C_k hasil daripada kajian yang telah dibuat oleh penganalisa E_j (lihat rajah 3.2). Kesimpulannya, satu subset bagi F di terjemahkan.

$$\tilde{a}_{ij}^k = (\alpha_{ij}^k / \beta_{ij}^k, \gamma_{ij}^k / \delta_{ij}^k) \quad \text{dan} \quad \tilde{c}_{kj}^k = (\varepsilon_{kj} / \zeta_{kj}, \eta_{kj} / \theta_{kj}) \dots\dots\dots(1)$$



Rajah 3.2: Menunjukkan Fungsi keanggotaan bagi Suatu Nombor Fuzzy

3.2.2 Nilai Keanggotaan

Semua nilai keanggotaan merupakan data yang diperolehi dan dikenalpasti dari set fuzzy dengan menggunakan tanggapan nilai 0 dan 1. Nilai 0 menunjukkan kepalsuan manakala nilai 1 menunjukkan kebenaran pada sesuatu set.

3.2.3 Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan merupakan lengkung yang menunjukkan ruang yang dirangkumi nilai keanggotaan diantara nilai 0 dan 1. Sebagai contoh set fuzzy untuk sungai adalah semua kemungkinan dengan aliran sungai. Segala data yang diambil kira dan dipersembahkan kepada lengkung yang terdiri daripada beberapa bentuk seperti garis lurus, berbentuk segitiga, trapezium, secara eksponen, kuadratik atau kubik.

Fungsi keanggotaan kebiasaannya digambarkan ke dalam bentuk grafik dimana ia menunjukkan nilai yang diwakilinya. Ini bermaksud, nilai yang berada dalam

lengkungan menunjukkan kebarangkalian untuk berlaku adalah wujud samada lengkungan tersebut berbentuk segitiga atau sebaliknya.

Di bawah merupakan contoh persamaan yang diterbitkan untuk fungsi keanggotaan bagi yang berbentuk segitiga (Anand, 1997).

$$\mu_{A_i}(x) = \begin{cases} 0 & x < \alpha_{ij}^k, \\ (x - \alpha_{ij}^k)/(\beta_{ij}^k - \alpha_{ij}^k) & \alpha_{ij}^k < x < \beta_{ij}^k, \\ v_i & \beta_{ij}^k < x < \gamma_{ij}^k, \\ (\delta_{ij}^k - x)/(\delta_{ij}^k - \gamma_{ij}^k) & \gamma_{ij}^k < x < \delta_{ij}^k, \\ 0 & x > \delta_{ij}^k. \end{cases} \dots\dots\dots(2)$$

Segala data yang diperolehi juga boleh dirumuskan ke dalam satu matrik seperti di bawah:

$$R_k = \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} \begin{matrix} E_1 & E_2 & \dots & E_n \\ \left[\begin{matrix} \mu_{A_i}(x) = \tilde{a}_{ij} \in \mathcal{L} \end{matrix} \right] \end{matrix} \dots\dots\dots(3)$$

$$R = \begin{matrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_K \end{matrix} \begin{matrix} E_1 & E_2 & \dots & E_n \\ \left[\begin{matrix} \mu_{C_k}(x) = \tilde{c}_{kj} \in \mathcal{L} \end{matrix} \right] \end{matrix} \dots\dots\dots(4)$$

Teknik penjadualan secara matrik lebih memudahkan operasi pengiraan dilakukan terhadap proses yang akan dilakukan. Daripada data yang telah dikumpulkan R dan R_k . Pengiraan pemberat fuzzy ($w_i; i = 1, 2, \dots, m$) bagi setiap alternatif dengan menggunakan persamaan di bawah (Anand, 1997):

$$\tilde{w}_i = (1/KL)[(m_{i1}n_{i1}) + (m_{i2}n_{i2}) + \dots + (m_{ik}n_{ik})] \dots\dots\dots(5)$$

Di mana

- K = bilangan kriteria yang dipertimbangkan
- L = julat yang digunakan untuk penganalisa (0 hingga infiniti)
- m_{il} = mewakili nilai dalam matrik alternatif R_k .
- n_{il} = mewakili nilai dalam matrik kriteria R.

Secara ringkasnya nilai pemberat bagi suatu fuzzy set dapat diringkaskan seperti di bawah (Anand, 1997):

$$\tilde{w}_i = (\alpha_i[L_{i1}, L_{i2}]/\beta_i, \gamma_i/\delta_i[U_{i1}, U_{i2}]),$$

where

$$\begin{aligned} \alpha_i &= \sum \alpha_{ik} \varepsilon_k / KL, & \beta_i &= \sum \beta_{ik} \zeta_k / KL, \\ \gamma_i &= \sum \gamma_{ik} \eta_k / KL, & \delta_i &= \sum \delta_{ik} \theta_k / KL, \quad k = 1, 2, \dots, K, \\ L_{i1} &= \sum (\beta_{ik} - \alpha_{ik})(\zeta_k - \varepsilon_k) / KL, & L_{i2} &= \sum \varepsilon_k (\beta_{ik} - \alpha_{ik}) + \alpha_{ik} (\zeta_k - \varepsilon_k) / KL, \\ U_{i1} &= \sum (\delta_{ik} - \gamma_{ik})(\theta_k - \eta_k) / KL, & U_{i2} &= - \sum \theta_k (\delta_{ik} - \gamma_{ik}) + \delta_{ik} (\theta_k - \eta_k) / KL, \quad k = 1, 2, \dots, K. \end{aligned} \quad \dots\dots(6)$$

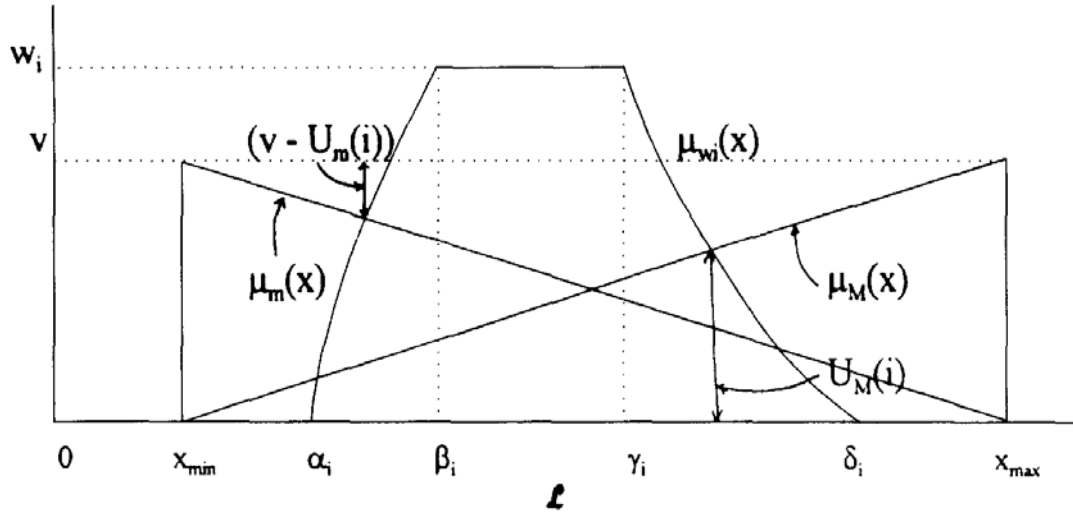
Setelah melalui beberapa proses di atas, nilai bagi fungsi keanggotaan dapat dilukis hasil daripada pengiraan yang telah dilakukan (Anand, 1997).

$$\mu_{wi}(x) = \begin{cases} 0 & x < \alpha_i, \\ -L_{i2}/2L_{i1} + \{(L_{i2}/2L_{i1})^2 + (x - \alpha_i/L_{i1})\}^{1/2} & \alpha_i < x < L_{i1}y^2 + L_{i2}y + \alpha_i, \\ \omega_i & L_{i1}y^2 + L_{i2}y + \alpha_i < x < U_{i1}y^2 + U_{i2}y + \delta_i, \\ -U_{i2}/2U_{i1} - \{(-U_{i2}/2U_{i1})^2 + (x - \delta_i/U_{i1})\}^{1/2} & U_{i1}y^2 + U_{i2}y + \delta_i < x < \delta_i, \\ 0 & x > \delta_i. \end{cases} \quad \dots\dots(7)$$

Hasil daripada gambarajah fungsi keanggotaan yang telah dilukis bagi setiap alternatif yang wujud. Penentuan nilai utiliti dapat ditentukan melalui hasil daripada pembinaan gambarajah fungsi keanggotaan maksimum, $\mu_M(x)$ dan minimum $\mu_m(x)$ setelah nilai x maksimum dan minimum dikenalpasti (Anand, 1997).

$$\mu_M(x) = \begin{cases} v \{(x - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min})\}^r & x_{\min} < x < x_{\max}, \\ 0 & \text{otherwise,} \end{cases}$$

$$\mu_m(x) = \begin{cases} v \{(x - x_{\max}) / (x_{\min} - x_{\max})\}^r & x_{\min} < x < x_{\max}, \\ 0 & \text{otherwise,} \end{cases} \quad \dots\dots\dots(8)$$



Rajah 3.3: Fungsi keanggotaan bagi pemberat fuzzy, set maksimum dan set minimum

Proses pemangkatan dilakukan terhadap nilai utiliti yang diperolehi dengan menyusun nilai tertinggi hingga terendah. Alternatif yang mempunyai nilai yang tertinggi merupakan alternatif yang terbaik. Jika terdapat nilai yang sama maka penentuan melalui gambarajah fungsi keanggotaan digunakan dengan melihat kecengkungan yang lebih dimana akan menyebabkan saiznya mengecil diutamakan (Anand, 1997).

$$U_T(i) = \{U_M(i) + 1 - U_m(i)\} / 2, \quad \dots\dots\dots(9)$$

3.3 Pengaturcaraan Komposit Fuzzy (versi 2.0)

Pengaturcaraan ini merupakan satu teknik berasaskan jarak iaitu mengira jarak terdekat antara titik terbaik dengan data-data yang telah dinormalkan. Kelebihan menggunakan pengaturcaraan ini berbanding pengaturcaraan lain seperti aturcara linear ialah:

- Kebolehan pengaturcaraan ini mengolah masalah, timbang tara terhadap konflik dan membuat pemilihan tentang alternatif yang sesuai disesuatu kawasan tadahan.
- Data-data yang digunakan bagi mengkaji keberkesanan objektif adalah merupakan data yang tidak pasti. Oleh itu pengaturcaraan ini memudahkan penganalisaan yang dilakukan.
- Terdapat manual dan program komputer untuk pengaturcaraan ini.
- Keputusan yang dihasilkan adalah logik dan boleh diimplementasikan pada keadaan sebenar.

3.3.1 Konsep Pengaturcaraan

Pengaturcaraan komposit adalah satu kaedah penilaian terhadap keadaan sebenar di sesuatu kawasan. Kaedah kajian ini dimulakan dengan memilih penunjuk asas untuk setiap peringkat kedua. Contoh penunjuk peringkat kedua ialah kualiti air manakala penunjuk asasnya pula ialah suhu, pH, oksigen terlarut, kandungan BOD dan lain-lain.

Seterusnya ditentukan nilai ideal dan nilai terburuk untuk setiap penunjuk asas, Selalunya penentuan nilai minima dilakukan bagi mewakili nilai ideal bagi sesuatu parameter dimana nilai terbaik adalah yang paling kecil. Contohnya bagi menjamin kualiti air supaya tidak tercemar, kepekatan bahan kimia yang rendah (minimum) dalam air perlu dikekalkan.

Walaupun bagaimanapun tidak semestinya kesemua nilai minimum menunjukkan nilai yang paling ideal. Nilai ideal dan nilai terburuk untuk setiap penunjuk asas bergantung kepada objektif yang hendak dicapai. Contohnya bagi meningkatkan ekonomi negara, hasil pertanian yang maksima mewakili nilai ideal atau nilai maksima bagi penunjuk asas tersebut.

Langkah seterusnya ialah menentukan nilai sebenar, Z bagi penunjuk asas i , Langkah ini merangkumi kajian, informasi tentang kawasan berkenaan. Oleh kerana unit yang digunakan pada setiap penunjuk asas adalah berbeza, contohnya hasil pertanian (RM) manakala oksigen terlarut (mg/l) maka data sebenar mewakili penunjuk asas ini akan dinormalkan dimana ia ditukarkan pada selang sifar hingga satu (0-1). Dengan menggunakan nilai maksimum (Z_{i+}) dan nilai minima (Z_{i-}). Nilai Z_i yang normal dapat dikira sebagai indeks (S_i). Semua maklumat diringkaskan ke dalam persamaan di bawah (Zadeh, 1973)

$$S_i = \frac{Z_i - Z_{i-}}{Z_{i+} - Z_{i-}} \dots\dots\dots(10)$$

Seterusnya jarak komposit dikira untuk setiap peringkat kumpulan kedua menggunakan persamaan di bawah :

$$L_j = \left[\sum_{i=1}^{n_j} a_{ij} S_{ij}^{p_j} \right]^{\frac{1}{p_j}} \dots\dots\dots(11)$$

- S_{ij} : Nilai Sebenar indeks asas, i didalam penunjuk asas peringkat kedua j .
- L_{ij} : Indeks komposit untuk penunjuk asas kumpulan kedua, j
- N_j : Bilangan penunjuk asas didalam kumpulan, j
- a_{ij} : Berat yang menyatakan kepentingan antara penunjuk asas di dalam kumpulan
- P_j : Faktor penimbang diantara penunjuk untuk kumpulan, j

Langkah terakhir adalah penentuan jarak diantara parameter-parameter yang terlibat. Ini akan menunjukkan nilai yang paling hampir dengan titik ideal merupakan alternatif yang terbaik. (Zadeh, 1973)

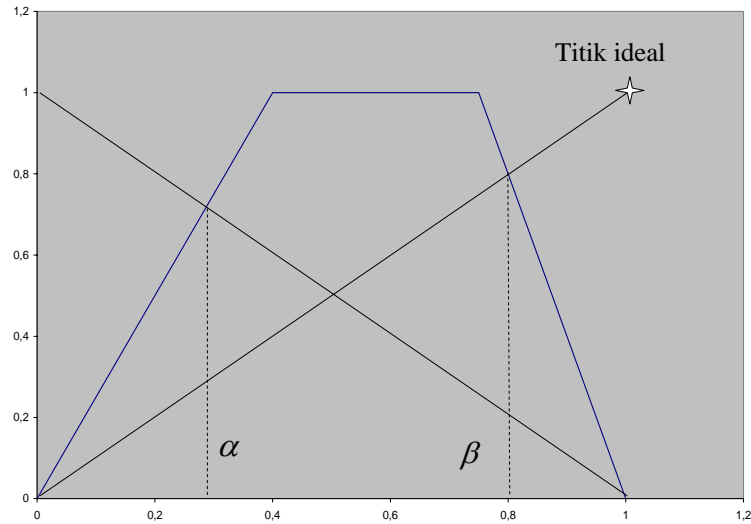
$$L = [a_1 L_1^2 + a_2 L_2^2] \dots\dots\dots(12)$$

- L₁ : Jarak komposit bagi kumpulan 1
- L₂ : Jarak Komposit bagi kumpulan 2
- a₁ & a₂ Nilai Penberat bagi setiap kumpulan

Konsep yang digunakan untuk proses pemangkatan di dalam pengaturcaraan komposit fuzzy adalah berbeza daripada teori fuzzy nombor. Untuk melakukan pemangkatan terdapat beberapa teknik yang boleh digunakan (Li, 1992). Walaubagaimanapun, kaedah yang dibangunkan oleh Chen (1985) merupakan yang paling sesuai bagi nombor fuzzy yang mempunyai fungsi keanggotaan yang berbentuk segitiga dan trapezoid (Tseng & Klein, 1988). Kaedah yang digunakan adalah penggunaan set maksimum dan set minimum. Manakala komposit fuzzy, mencari jarak yang paling hampir dengan titik ideal (iaitu 1) merupakan nilai yang terbaik samada menggunakan graf ataupun melalui persamaan. Pengiraan menggunakan graf merupakan cara yang cepat untuk difahami kerana hanya mencari titik tengah diantara nilai maksimum dan nilai minimum.

Penentuan kedudukan setiap alternatif dilakukan dengan menyusun *Ordered Sequence Value* mengikut tertib tertinggi ke rendah. Rumus yang digunakan untuk penentuan nilai tersebut hanya menggunakan rumus di bawah:

$$Jarak, \Delta = \left(\frac{\beta - \alpha}{2} \right) + \alpha \dots\dots\dots(13)$$



$$Jarak, \Delta = \left(\frac{\beta + 1 - \alpha}{2} \right) \dots\dots\dots(14)$$

Rumus di atas digunakan untuk penentuan nilai utiliti. Hasil daripada pengiraan jarak di atas, proses pemangkatan dapat dilakukan dengan membandingkan nilai yang paling hampir atau nilai utiliti yang terendah adalah yang terbaik.

3.4 Cara Penggunaan Pengaturcaraan

Pengisian mikrokomputer interaktif ini diperkenalkan untuk menyelesaikan keputusan pelbagai objektif dimana nilai tanda-tanda input adalah sukar dipilih.

3.4.1 Spesifikasi Pengaturcaraan

Program ini boleh dibaca dalam IBM PC, XT, AT atau yang sesuai. Hanya satu disk drive' yang sesuai untuk membaca atau menjalankan program ni. Untuk memulakan program ini, taipkan jesew atau cara yang biasa untuk mernulakan program untuk mendapatkan menu utama.

3.4.2 Menu Utama

Menu utama membolehkan pengguna memilih berdasarkan kepada masalah sebenar. Menu utama ini mengandungi lima bahagian utama:

- A) Mengadakan atau mereka masalah baru
- B) Mengedit masalah
- C) Penilaian masalah
- D) Memasukkan masalah kedalam disk
- E) Menyimpan masalah kedalam disk

Tiga bahagian yang pertama dikenali tiga fungsi utama didalam pengisian. Dua bahagian terakhir dikenali fungsi asas mengenali masalah daripada disk dan menyimpan input data kedalam fail.

Lima bahagian tersebut dibincangkan seperti berikut:

1). Mengadakan Atau Mereka Masalah Baru

Bahagian program ini mengadakan sistem struktur kajian, mengikut soalan yang disediakan. Bahagian ini sebagai struktur generator kepada pelan ini. Mengadakan masalah merupakan struktur yang diperlukan oleh pengguna untuk mencari penunjuk asas, kumpulan penunjuk pada peringkat yang berbeza, pemberat dan faktor baki.

Penunjuk asas - sekurang-kurangnya sebanyak 30 penunjuk asas boleh ditentukan untuk mencirikan sistem yang dikaji.

Menghimpunkan penunjuk-penunjuk mengikut peringkat yang ditetapkan - prosedur ini melibatkan penghimpunan setiap kumpulan penunjuk asas kepada subset yang lebih kecil bagi penunjuk peringkat kedua. Kemudian, kumpulan penunjuk bagi

peringkat kedua ni akan dihimpunkan menjadi himpunan yang akan membentuk kumpulan penunjuk peringkat ketiga. Proses penghimpunan ini akan berterusan sehingga diakhirnya satu penunjuk tunggal didapati.

Pemberat dan faktor penyeimbang - berat mewakili hubungan terpenting diantara penunjuk-penunjuk didalam kumpulannya. Sekiranya sesuatu penunjuk mempunyai kepentingan yang tinggi dalam kawasan yang dikaji maka nilai pemberat yang lebih tinggi akan diletakkan. Faktor penyeimbang pula ditetapkan untuk setiap kumpulan penunjuk.

2). **Mengedit Masalah**

Selepas struktur masalah diperolehi, data bagi setiap penunjuk asas akan diinputkan dibahagian ini. Mengedit masalah juga digunakan untuk memperbaiki data yang diinput, menambahkan atau menghilangkan pilihan pengurusan dan menukar struktur masalah yang dibentuk sebelumnya.

Pengeditan masalah mengandungi kepada dua bahagian utama iaitu:

Mengedit Masalah Data

Bahagian ini digunakan untuk mengimput data baru, mengolah semula input data, menghilangkan pengurusan yang sediaada, menambahkan pilihan pengurusan dan menentukan nilai ideal dan nilai terburuk pada penunjuk asas. Pengeditan masalah data dibahagikan kepada sub-sub bahagian yang mempunyai fungsi kegunaan yang berbeza iaitu:

A) Memasukkan data baru

B) Menambah data

- C) Menghilangkan data
- D) Mengolah semula data

A. Memasukkan Data Baru

Digunakan untuk menginput nama baru kepada pilihan pengurusan dan memasukkan data baru untuk setiap penunjuk asas bagi pilihan pengurusan yang dinamakan. Nilai setiap penunjuk asas diwakili oleh dua julat (contohnya julat maksimum yang boleh dicapai dan julat berkemungkinan boleh dicapai) untuk menunjukkan ketidakketentuan setiap nilai penunjuk asas. Jika nilai julat maksimum yang boleh dicapai ditentukan dengan sempadan paling bawah a dan sempadan teratas b dan julat berkemungkinan boleh dicapai ditentukan dengan sempadan paling bawah c dan sempadan teratas d, maka $a < c < d < b$. Bila $c=d$, julat berkemungkinan boleh dicapai ditukar kepada nombor tunggal c, seterusnya jika $a=b$, nilai penunjuk asas mewakili nombor ringkas (tiada ketidakketentuan).

B. Menambah Data

Digunakan untuk menambah satu atau lebih pilihan pengurusan yang baru dalam pengurusan yang sedia ada.

C. Menghilangkan Data

Membantu pengguna untuk menghilangkan atau membuang satu atau lebih pilihan pengurusan yang sedia ada. Bahagian ini membantu pengguna untuk mengolah data penunjuk asas bagi pilihan pengurusan yang dipilih. Nilai terbaik dan terburuk perlu ditentukan untuk melengkapkan sistem ini.

Untuk mengendalikan nilai terbaik dan terburuk, perisian ini mempunyai dua pilihan iaitu:

- A) Pilihan Automatik
- B) Pilihan Manual

Dalam pilihan automatik, nilai ideal dan nilai terburuk akan dipilih secara automatik bergantung kepada keseluruhan nilai terbaik dan terburuk yang diberi kepada pilihan pengurusan. Pilihan manual bermakna nilai-nilai ideal dan nilai terburuk pada penunjuk asas dipilih sendiri oleh pengguna. Nilai ideal dan nilai terburuk tidak sahaja terhad pada pilihan yang dicadangkan tetapi apa juga kemungkinan pilihan.

D. Mengolah Semula Struktur Masalah

Bahagian ini membantu pengguna mengolah semula struktur masalah yang telah dibuat. Bahagian ini mempunyai tiga kemungkinan yang utama:

- A) Mengolah semula kumpulan
- B) Mengolah pemberat dan faktor penyeimbang
- C) Mengolah nilai ideal dan nilai terburuk

Penilaian Masalah

Pilihan masalah adalah untuk menilai satu set data yang lengkap. Sistem penilaian akan mengira nilai-nilai penunjuk untuk setiap pilihan pengurusan pada setiap peringkat (asas, kedua, terakhir) dan akan menyusun pilihan pengurusan (maksimum 30) mengikut peringkat-peringkat yang ditetapkan. Untuk mendapat penilaian data mempunyai empat pilihan penggunaan:

- A) Numerik output
- B) Grafikal (semua)
- C) Grafikal (individu)
- D) Rangkaian berturutan

A. Numerik Output

Numerik output menilai pilihan pengurusan yang terpilih dengan mengira nilai penunjuk pada perbagai peringkat iaitu:

- A) Peringkat 1 (Penunjuk asas)
- B) Peringkat 2 (Penunjuk Peringkat kedua)
- C) Peringkat ketiga (Penunjuk peringkat ketiga)
- D) Peringkat n (Penunjuk peringkat n)
- E) Keseluruhan (Penunjuk terakhir)

Nilai penunjuk yang tertinggi mewakili pilihan yang terbaik.

B. Grafikal (Semua Atau Individu)

Grafikal (semua) mempamerkan keputusan secara grafikal untuk semua pilihan pengurusan manakala grafikal (individu) menunjukkan keputusan grafikal untuk setiap pilihan pengurusan secara individual.

C. Rangkaian Berturutan

Rangkaian berturutan digunakan untuk memangkatkan pilihan pengurusan (maksimum 30) mengikut peringkat yang ditetapkan. Pilihan yang tertinggi dan pemangkatan yang dibuat dipilih sebagai pilthan pengurusan yang terbaik.

Memasukkan Masalah Ke Dalam Disk

Untuk menggunakan mengedit dan mereka masalah-masalah yang lepas pengguna mestilah memasukkannyaianya kedalam ingatan disk. Untuk memasukkan fail daripada disk, pilih “masukkari masalah daripada disk” daripada menu utama dan taipkan nama fail dengan tiada tiga huruf sambuangan.

Menyimpan Masalah Ke Dalam Disk

Untuk menyimpan masalah lepas yang diedit ataupun direka, pengguna mestilah memilih “menyimpan masalah kedalam disk” daripada menu utama dan taipkan nama fail (maksimum 8 karektor dengan nombor *,? Atau.)

BAB IV

ANALISIS DAN KEPUTUSAN

Data-data yang akan digunakan dalam proses menganalisis mempunyai unit yang berbeza. Bagi mendapatkan nilai maksimum dan nilai kekerapan bagi sesuatu parameter, beberapa proses perlu dilalui seperti dalam pembinaan histogram dan seterusnya nilai yang diperolehi akan digunakan ke dalam perisian komposit Fuzzy. Analisis secara grafikal diperolehi bagi mendapatkan alternatif yang terbaik. Analisis dengan cara ini lebih mudah jika dibandingkan dengan kaedah kaedah yang lain. Ini memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai alternatif yang mempunyai jarak yang paling dekat antara data sebenar penunjuk komposit dengan titik ideal.

4.1 Pembinaan Histogram

Data mentah yang diperolehi akan ditukar ke dalam bentuk histogram. Di bawah ditunjukkan beberapa contoh penganalisan yang telah dilakukan keatas beberapa parameter yang telah dikenalpasti.

4.1.1 Parameter TDS

Segala teknik dan proses adalah seperti di bawah.

Jadual 4.1a : Data TDS (mg/l) bagi Sungai Chuau (1995)

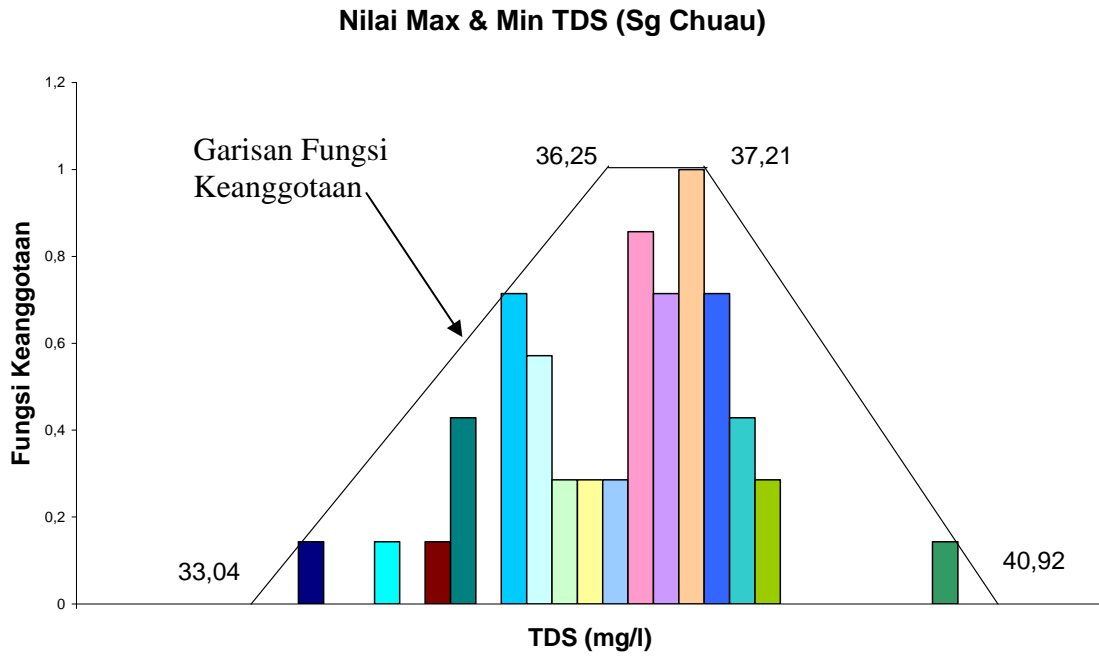
36,91	36,00	37,74	37,42	38,72
37,94	36,87	36,27	36,62	33,65
40,42	36,24	37,50	35,24	36,87
37,05	37,10	37,66	35,57	35,62
38,21	35,85	37,77	34,88	37,54
35,23	35,65	36,15	36,80	37,06
37,34	34,44	37,67	37,32	38,25
37,30	36,79	35,73	35,92	37,23
36,75	37,76	36,39	37,04	35,62
36,00	36,92	35,21	37,36	37,28

Data yang diperolehi daripada jadual di atas akan di kumpulkan mengikut julat yang ditentukan oleh Penganalisis. Penentuan julat ini bergantung mengikut keselesaan dan penentuan julat sebenarnya tidak mempengaruhi kepada nilai akhir yang akan diperolehi. Jika ingin mendapatkan nilai yang lebih tepat, julat yang lebih kecil diperlukan. Walaupun ketepatan meningkat tetapi nilai akhir tidak begitu ketara perbezaanya.

Jadual 4.1b: Jadual Kekerapan bagi nilai TDS (1995)

Julat	Kekerapan	Kekerapan relatif
33.50-33.75	1	0,14
33.75-34.00	0	0,00
34.00-34.25	0	0,00
34.25-34.50	1	0,14
34.50-34.75	0	0,00
34.75-35.00	1	0,14
35.00-35.25	3	0,43
35.25-35.50	0	0,00
35.50-35.75	5	0,71
35.75-36.00	4	0,57
36.00-36.25	2	0,29
36.25-36.50	2	0,29
36.50-36.75	2	0,29
36.75-37.00	6	0,86
37.00-37.25	5	0,71
37.25-37.50	7	1,00
37.50-37.75	5	0,71
37.75-38.00	3	0,43
38.00-38.25	2	0,29
38.50-38.75	0	0,00
38.75-39.00	0	0,00
39.00-39.25	0	0,00
39.25-39.50	0	0,00
39.50-39.75	0	0,00
39.75-40.00	0	0,00
40.25-40.50	1	0,14

Nisbah kekerapan di perolehi apabila nilai kekerapan dibahagikan dengan nilai tertinggi daripada data keseluruhan. Seterusnya adalah Histogram di bina daripada nilai kekerapan relatif yang telah diperolehi.



Rajah 4.1: Histogram Nilai Max & Min TDS (Sg Chuau)

Data yang dirangkumi oleh garisan sempadan merupakan data akan digunakan di dalam pengaturcaraan komposit sebelum proses yang lain dilakukan. Fungsi Keanggotaan adalah sama dengan nilai kekerapan relatif

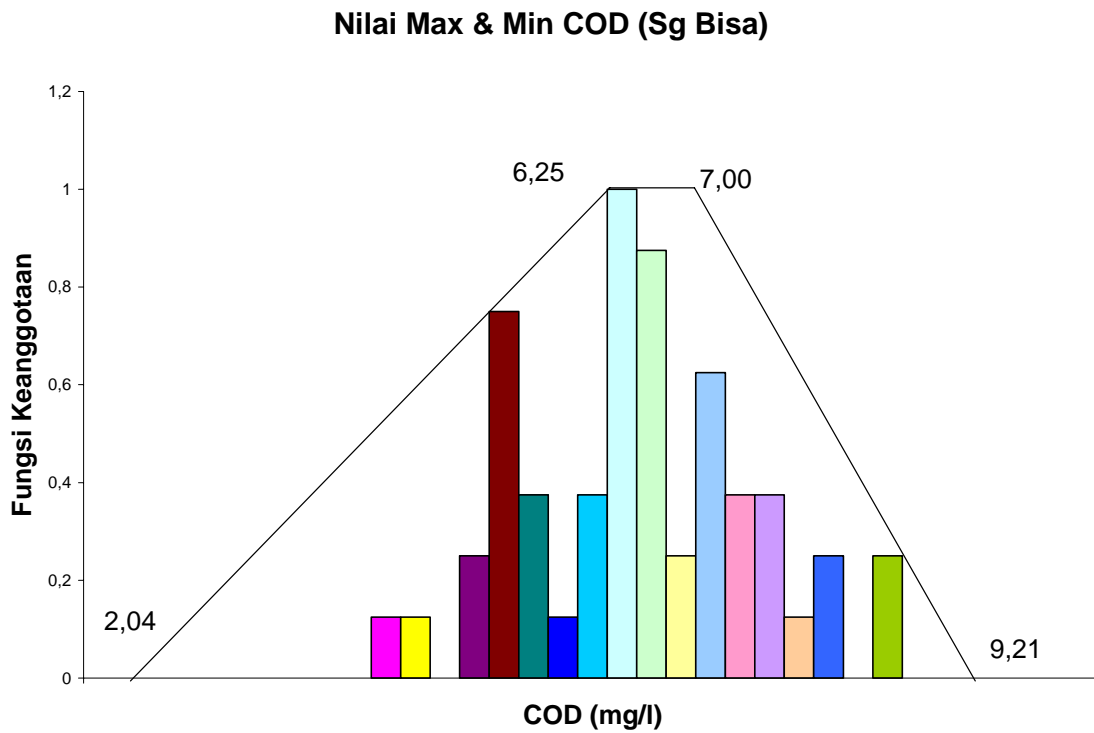
4.1.2 Parameter COD

Jadual 4.2a : Data COD (mg/l) bagi Sungai Bisa (1995)

6,15	6,86	6,70	6,10	7,79
5,49	8,09	6,48	6,27	5,36
6,73	5,53	5,15	8,72	6,48
7,72	6,33	5,90	7,68	7,08
7,13	6,64	7,41	7,44	6,92
8,60	4,43	6,40	6,74	6,19
7,08	7,16	5,48	7,43	8,09
5,55	6,55	6,26	6,61	6,71
5,09	5,35	6,35	6,42	5,41
7,25	7,66	5,42	4,69	5,72

Jadual 4.2b:Jadual Kekerapan bagi nilai COD bagi Sg. Bisa (1995)

Julat	Kekerapan	Kekerapan Relatif
4.25-4.50	1	0,13
4.50-4.75	1	0,13
4.75-5.00	0	0,00
5.00-5.25	2	0,25
5.25-5.50	6	0,75
5.50-5.75	3	0,38
5.75-6.00	1	0,13
6.00-6.25	3	0,38
6.25-6.50	8	1,00
6.50-6.75	7	0,88
6.75-7.00	2	0,25
7.00-7.25	5	0,63
7.25-7.50	3	0,38
7.50-7.75	3	0,38
7.75-8.00	1	0,13
8.00-8.25	2	0,25
8.25-8.50	0	0,00
8.50-8.75	2	0,25



Rajah 4.2: Histogram Nilai Max & Min COD (Sg Bisa)

4.1.3 Parameter E Coli

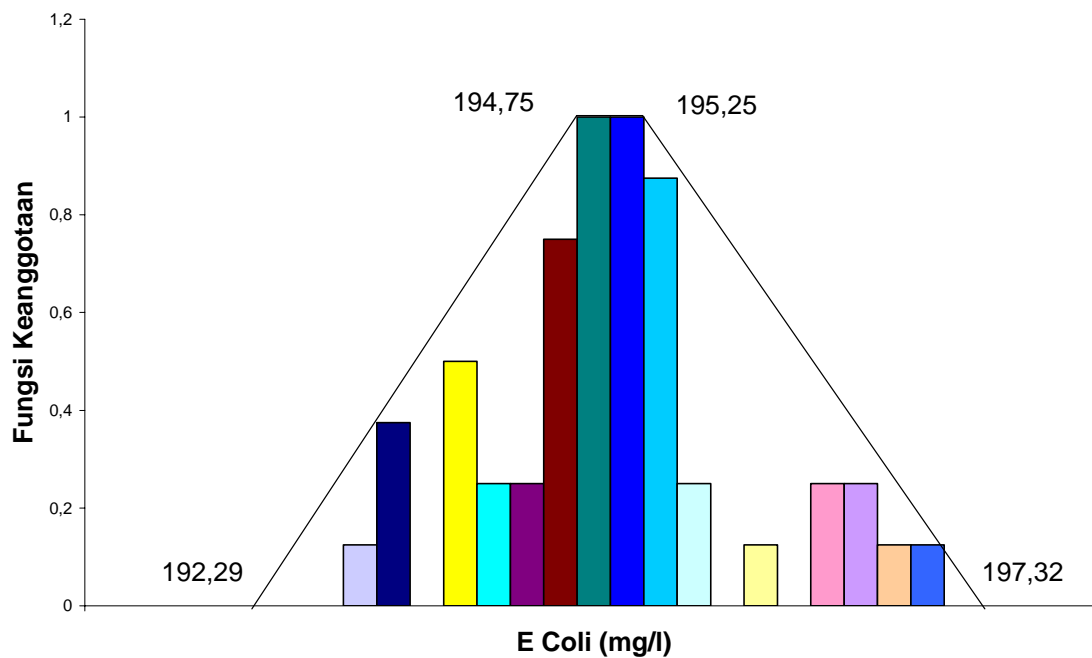
Jadual 4.3a : Data E Coli (mg/l) bagi Sungai Bisa (1995)

6,15	6,86	6,70	6,10	7,79
5,49	8,09	6,48	6,27	5,36
6,73	5,53	5,15	8,72	6,48
7,72	6,33	5,90	7,68	7,08
7,13	6,64	7,41	7,44	6,92
8,60	4,43	6,40	6,74	6,19
7,08	7,16	5,48	7,43	8,09
5,55	6,55	6,26	6,61	6,71
5,09	5,35	6,35	6,42	5,41
7,25	7,66	5,42	4,69	5,72

Jadual 4.3b:Jadual Kekerapan bagi nilai E Coli

Julat	Kekerapan	Kekerapan Relatif
193.00-193.25	1	0,13
193.25-193.50	3	0,38
193.50-193.75	0	0,00
193.75-194.00	4	0,50
194.00-194.25	2	0,25
194.25-194.50	2	0,25
194.50-194.75	6	0,75
194.75-195.00	8	1,00
195.00-195.25	8	1,00
195.25-195.50	7	0,88
195.50-195.75	2	0,25
195.75-196.00	0	0,00
196.00-196.25	1	0,13
196.25-196.50	0	0,00
196.50-196.75	2	0,25
196.75-197.00	2	0,25
197.00-197.25	1	0,13
197.25-197.50	1	0,13

Nilai Max & Min E Coli (Sg Bisa)



Rajah 4.3: Histogram Nilai Max & Min E Coli (Sg Bisa)

Pengaturcaraan Komposit fuzzy akan menganalisis data yang telah dimasukkan untuk mendapatkan nilai tertinggi bagi setiap peringkat. Seperti apa yang telah diterangkan di atas teknik pemangkatan dilakukan dengan menggabungkan graf-graf setelah melalui proses pernormalan dalam pengaturcaraan komposit fuzzy.

4.2 Teknik Penormalan Data

Setiap parameter yang telah dikenalpasti mempunyai unit-unit yang berbeza. Maka, penormalan perlu dilakukan untuk memudahkan proses pengiraan supaya data yang di analisis mempunyai suatu nilai tanpa unit. Segala teknik yang dilakukan adalah berdasarkan rumus (persamaan 10; bgh 3.3.1) seperti mana yang telah diterangkan pada bab yang lepas. Jadual di bawah merupakan satu parameter (kadaralir) yang merupakan data sebenar sebelum dinormalkan.

Jadual 4.4: Julat parameter Kadar alir (m^3/s) bagi ketiga-tiga buah sungai

ALTERNATIF	MAXIMUM LIKELY RANGE		MOST LIKELY RANGE	
SUNGAI CHUAU	250	500	300	450
SUNGAI BISA	200	500	220	400
SUNGAI LIMAU MANIS	250	500	300	450

Penentuan nilai maksimum dan minimum bagi peringkat pertama adalah dengan membandingkan data keseluruhan bagi setiap alternatif yang ada. Daripada jadual di atas, didapati, bahawa Z_{i-} bersamaan 200. Manakala nilai maksimum Z_{i+} adalah 500. Manakala data yang lain merupakan nilai sebenar iaitu Z . Jadual 4.5 merupakan nilai yang telah dinormalkan.

Jadual 4.5: Nilai yang telah dinormalkan

KADAR ALIR				
ALTERNATIF	MAXIMUM LIKELY RANGE		MOST LIKELY RANGE	
SUNGAI CHUAU	0,167	1,000	0,333	0,833
SUNGAI BISA	0,000	1,000	0,067	0,667
SUNGAI LIMAU MANIS	0,167	1,000	0,333	0,833

Teknik dan kaedah yang sama juga digunakan pada peringkat kedua, tetapi nilai pemberat perlu diambil kira ke dalam persamaan (persamaan 11; bgh 3.3.1) yang digunakan untuk pengiraan peringkat kedua. Jadual menunjukkan data Sejatan dan sejatpeluhan bagi Sungai Limau Manis. Nilai faktor keseimbangan adalah 2.0.

Jadual 4.6: Julat antara Sejatan dan Sejatpeluhan bagi sungai Limau Manis

SUNGAI LIMAU MANIS					
PARAMETER	MAXIMUM LIKELY RANGE		MOST LIKELY RANGE		NILAI PEMBERAT
Sejatan	0.000	1.000	0.300	0.500	0,567
Sejatpeluhan	0.000	1.000	0.400	0.900	0,433

$$L_3 = \left[\left[(0.567)(0.3)^2 \right] + \left[(0.433)(0.4)^2 \right] \right]^{\frac{1}{2}} = 0.347$$

$$L_4 = \left[\left[(0.567)(0.5)^2 \right] + \left[(0.433)(0.9)^2 \right] \right]^{\frac{1}{2}} = 0.702$$

Jadual 4.7: Parameter Kehilangan air

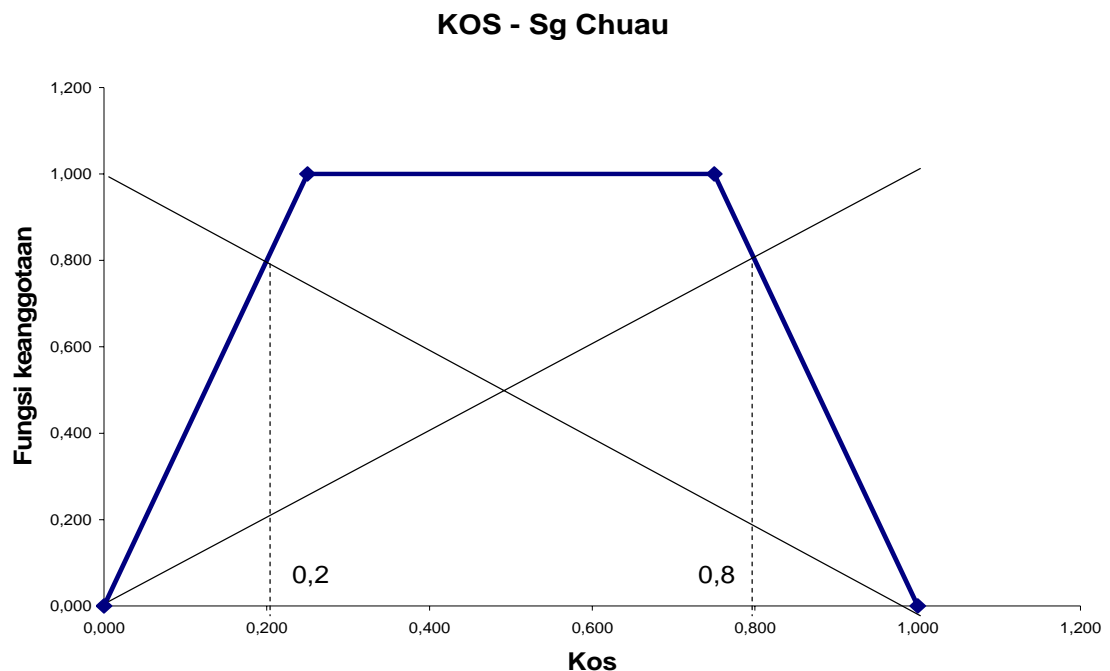
SUNGAI LIMAU MANIS				
PARAMETER	MAXIMUM LIKELY RANGE		MOST LIKELY RANGE	
	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄
Kehilangan Air	0,000	1,000	0,347	0,702

Penentuan julat bagi setiap peringkat adalah menggunakan rumus dan teknik yang sama. Nilai yang diperolehi bergantung kepada nilai pemberat yang telah ditetapkan dan juga nilai faktor pengimbang.

4.3 Graf Utiliti

Proses pemangkatan boleh dilakukan melalui perbandingan nilai utiliti di dalam graf utiliti. Teknik yang sama digunakan dalam pengaturcaraan komposit fuzzy. Perbezaan di antara komposit fuzzy dan nombor fuzzy adalah jarak dengan titik ideal. Setelah graf di bina, titik persilangan antara nilai set maksimum dan minimum diperolehi. Graf utiliti menunjukkan jumlah jarak terhadap titik ideal. Melalui perbandingan, jarak terpendek merupakan alternatif yang terbaik. Manakala bagi komposit fuzzy, nilai terhampir dengan titik ideal adalah terbaik.

4.3.1 Kos-Sungai Chuau

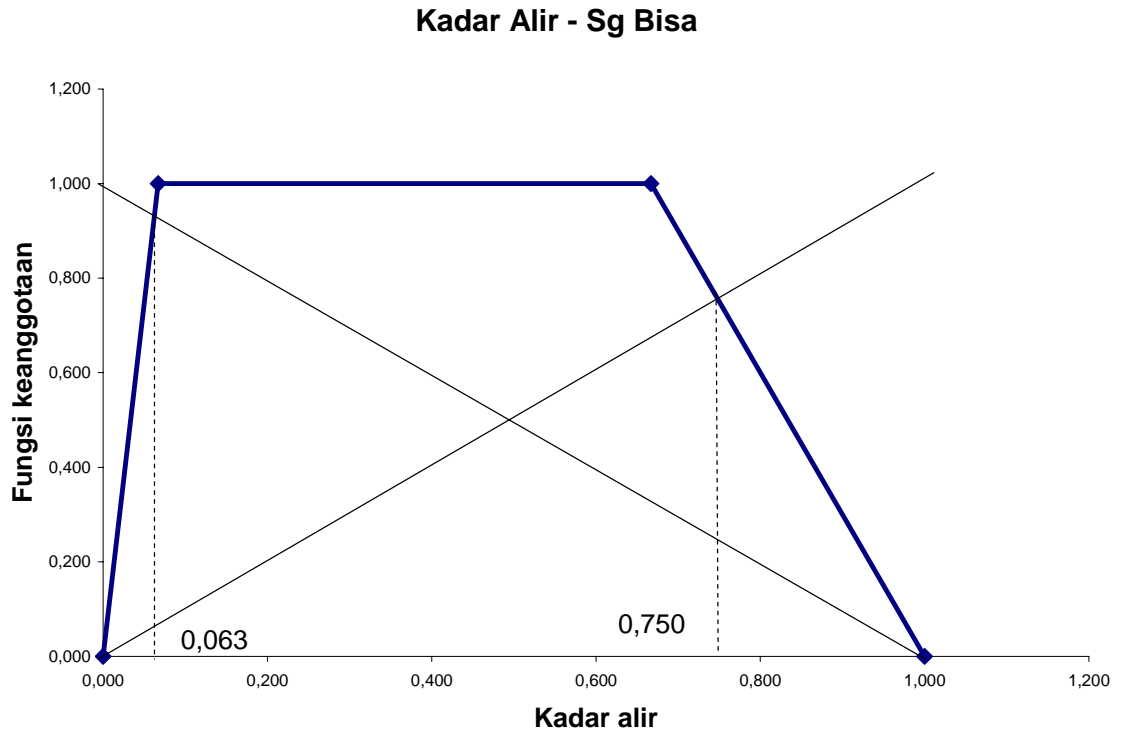


Rajah 4.4 : Graf utiliti bagi Kos-Sungai Chuau

Komposit fuzzy : $NilaiPemangkatan = \left(\frac{0.800 - 0.200}{2} \right) + 0.200 = 0.5$
 (persamaan 13; bhg 3.3.1)

Nombor fuzzy : $NilaiUtiliti = \left(\frac{0.800 + 1.00 - 0.200}{2} \right) = 0.8$
 (persamaan 14; bhg 3.3.1)]

4.3.2 Kadar Alir-Sungai Bisa

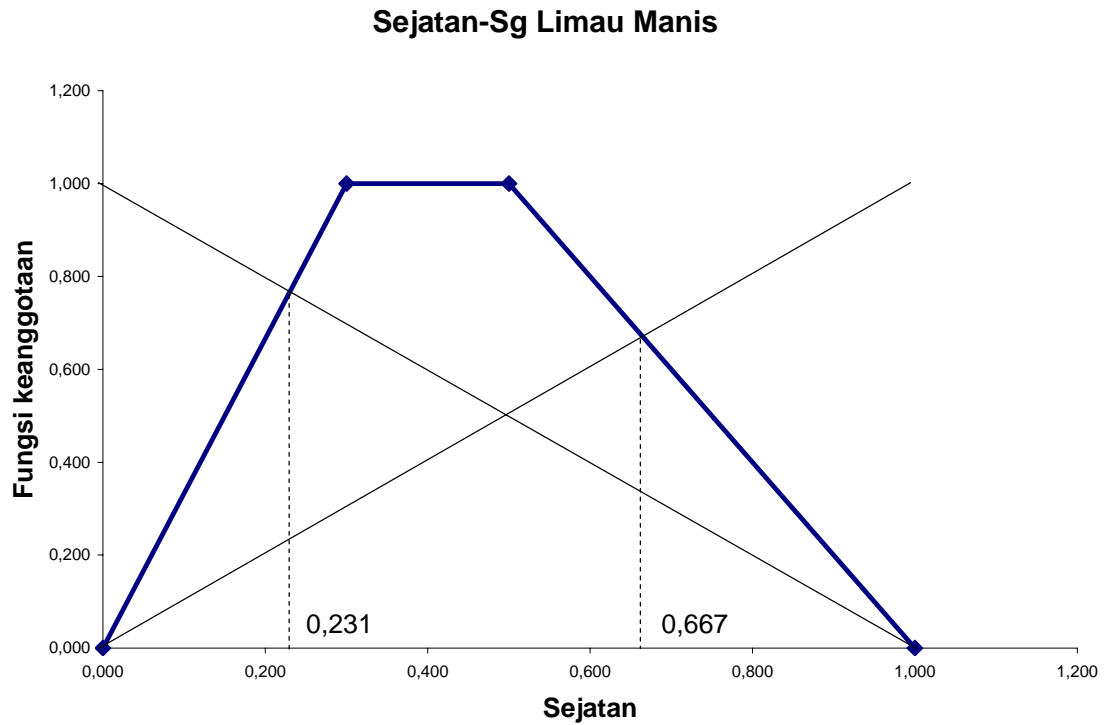


Rajah 4.5: Graf Utiliti bagi Kadar alir- Sg. Bisa

Komposit Fuzzy : $NilaiPemanangka\ tan = \left(\frac{0.750 - 0.063}{2} \right) + 0.063 = 0.407$

Nombor fuzzy : $NilaiUtiliti = \left(\frac{0.750 + 1.00 - 0.063}{2} \right) = 0.844$

4.3.3 Sejatan- Sungai Limau Manis

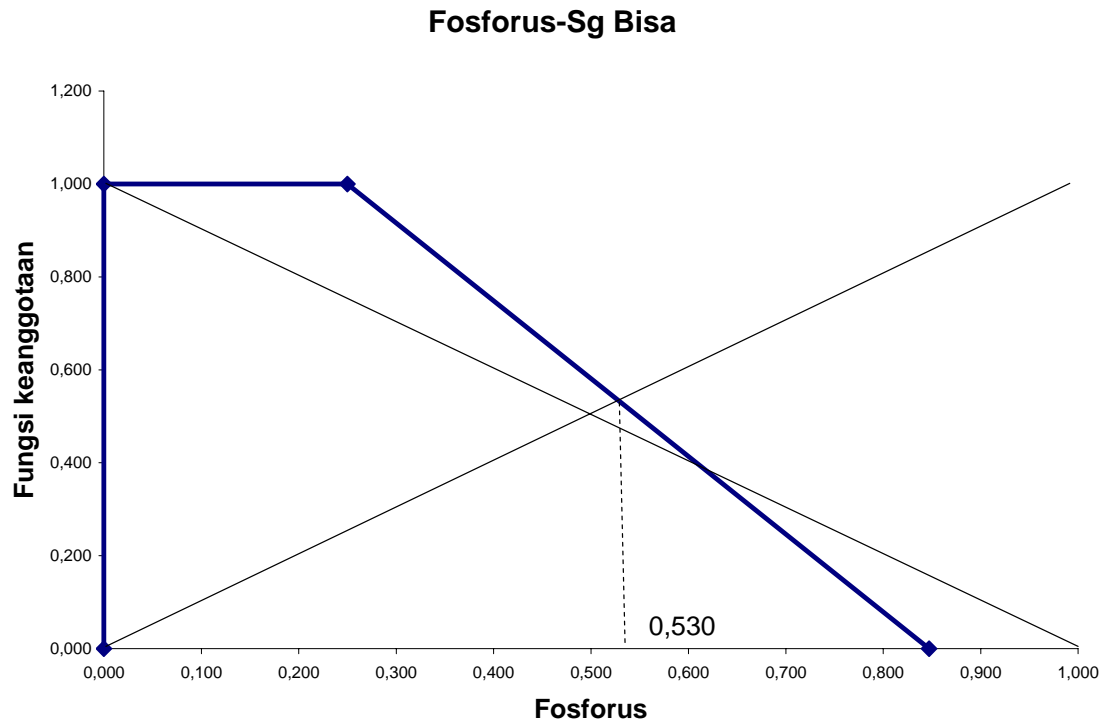


Rajah 4.6: Graf Utiliti bagi Sejatan- Sg. Limau Manis

Komposit Fuzzy : $NilaiPemandangan = \left(\frac{0,667 - 0,231}{2} \right) + 0,231 = 0,449$

Nombor fuzzy : $NilaiUtiliti = \left(\frac{0,667 + 1,00 - 0,231}{2} \right) = 0,718$

4.3.4 Fosforus-Sungai Bisa

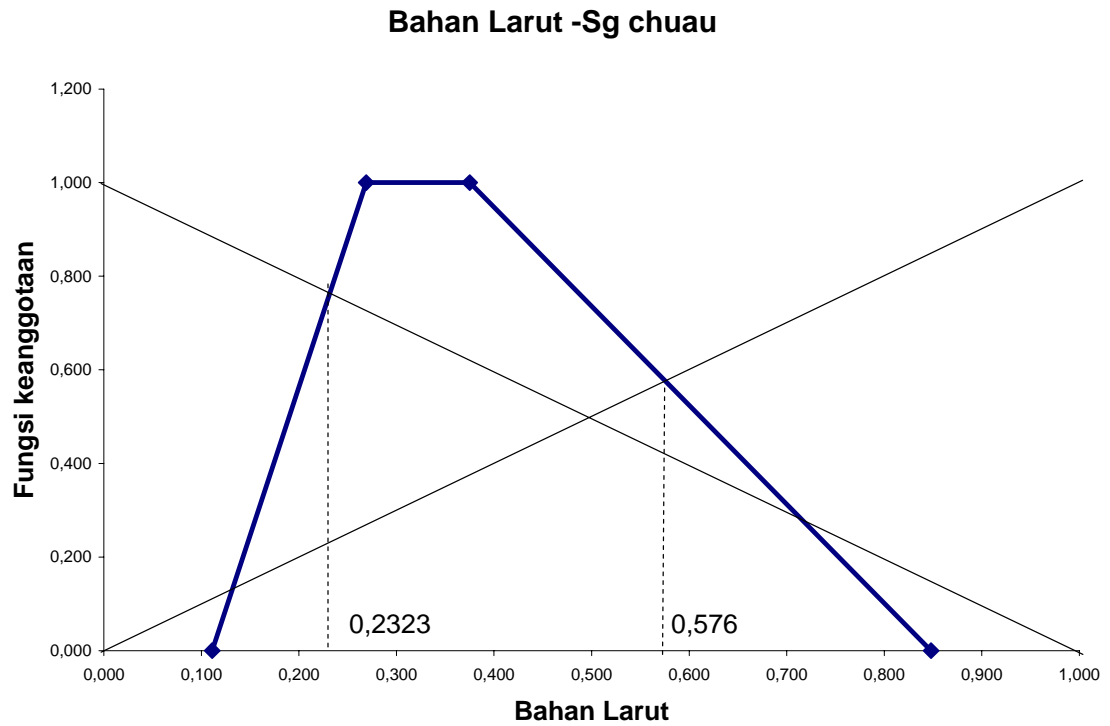


Rajah 4.7: Graf Utiliti bagi Fosforus Sg. Limau Manis

Komposit Fuzzy : $NilaiPemandangan = \left(\frac{0.530 - 0.000}{2} \right) + 0.000 = 0.265$

Nombor fuzzy : $NilaiUtiliti = \left(\frac{0.530 + 1.00 - 0.000}{2} \right) = 0.765$

4.3.5 Bahan Larut – Sungai Chuau

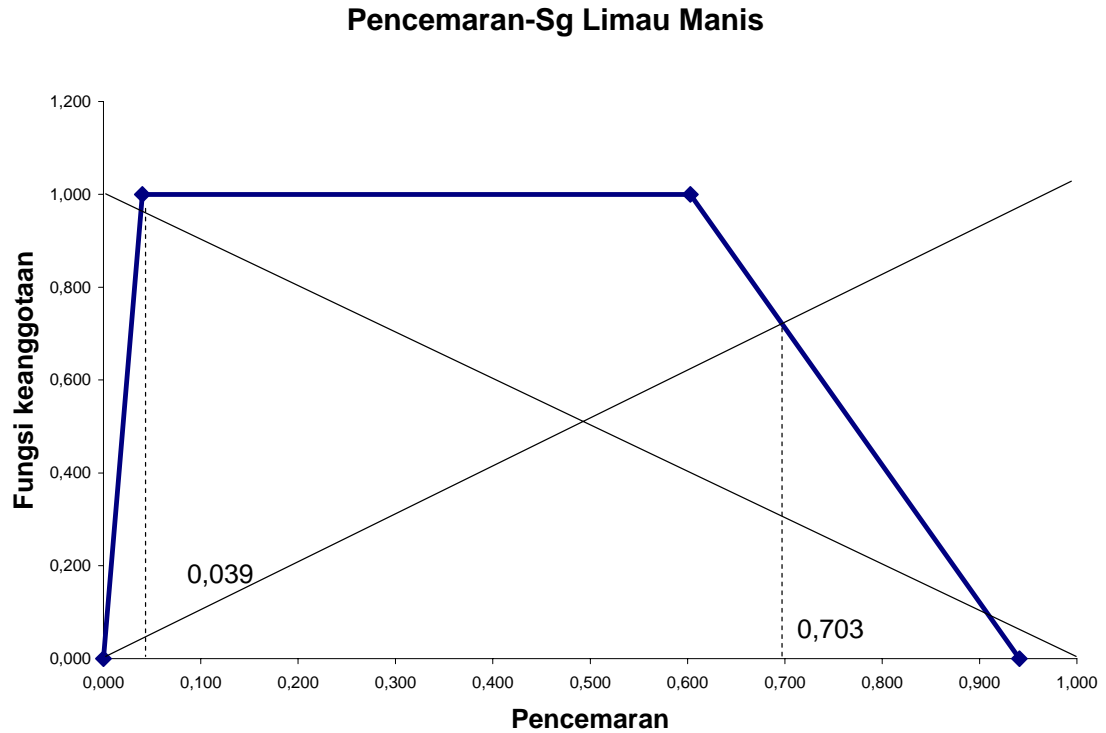


Rajah 4.8: Graf Utiliti bagi Bahan Larut- Sg. Chuau

Komposit Fuzzy : $NilaiPemandangan = \left(\frac{0.576 - 0.232}{2} \right) + 0.232 = 0.404$

Nombor fuzzy : $NilaiUtiliti = \left(\frac{0.576 + 1.00 - 0.232}{2} \right) = 0.672$

4.3.6 Pencemaran – Sungai Limau Manis



Rajah 4.9: Graf Utiliti bagi Pencemaran- Sg. Limau Manis

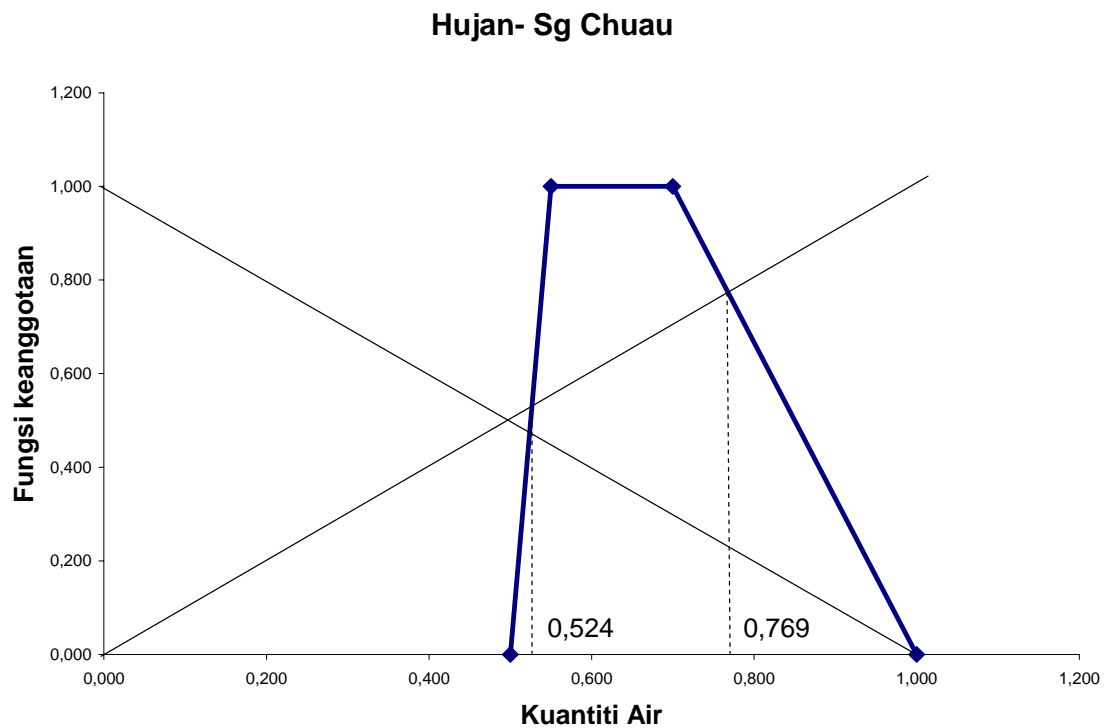
Komposit Fuzzy : $NilaiPemandangan = \left(\frac{0.703 - 0.039}{2} \right) + 0.039 = 0.371$

Nombor fuzzy : $NilaiUtiliti = \left(\frac{0.703 + 1.00 - 0.039}{2} \right) = 0.832$

4.4 Proses Pemangkatan

Nilai yang telah di normalkan akan menjadi julat kepada graf yang mewakili suatu parameter. Gabungan ketiga-tiga alternatif akan menghasilkan nilai utiliti yang berbeza. Ini akan memudahkan proses pemangkatan dilakukan. Proses pemangkatan adalah berdasarkan jarak terdekat dengan titik ideal.

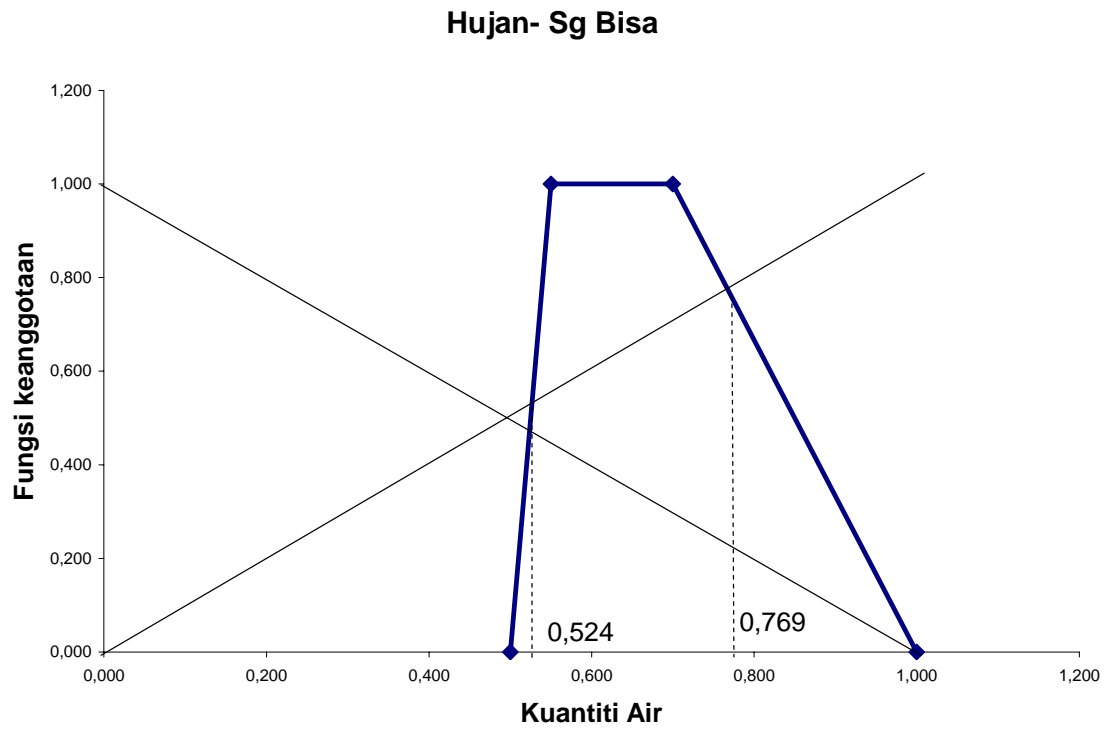
4.4.1 Peringkat 1- Hujan



Rajah 4.10a: Graf Utiliti Peringkat 1 bagi Kuantiti Air- Sg. Chuau

$$NilaiUtiliti = \left(\frac{0.769 - 0.524}{2} \right) + 0.524$$

$$= 0.647$$

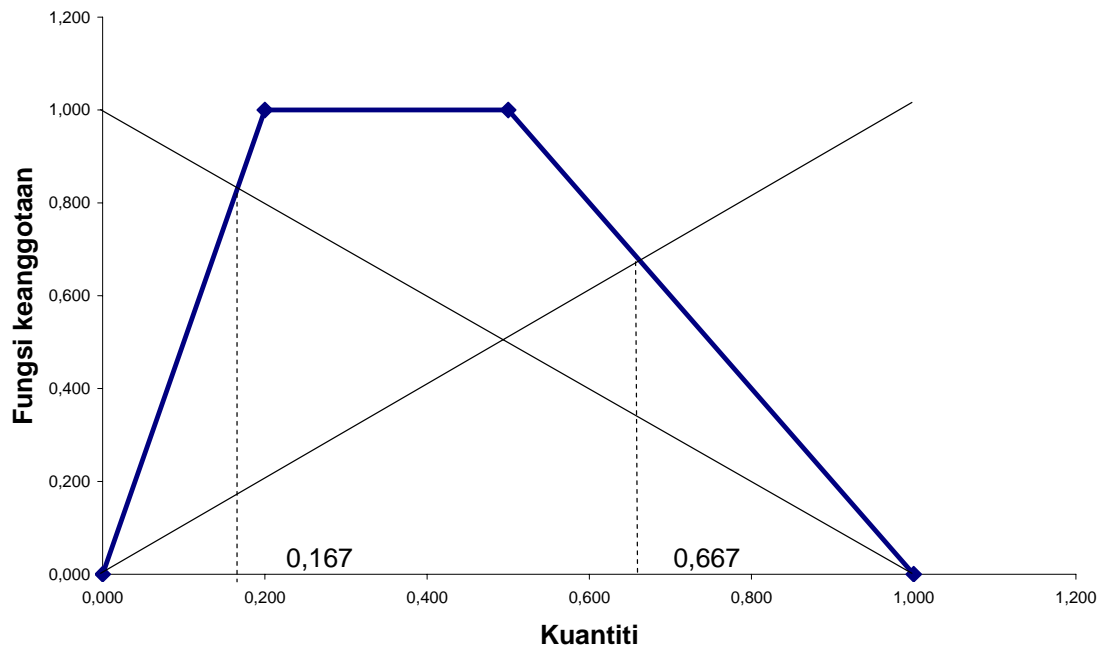


Rajah 4.10b: Graf Utiliti Peringkat 1 bagi Kuantiti Air- Sg. Bisa

$$\text{Nilai Utiliti} = \left(\frac{0.769 - 0.524}{2} \right) + 0.524 = 0.647$$

Maka, nilai utiliti bagi Sungai Bisa adalah 0.647

Hujan-Sg Limau Manis

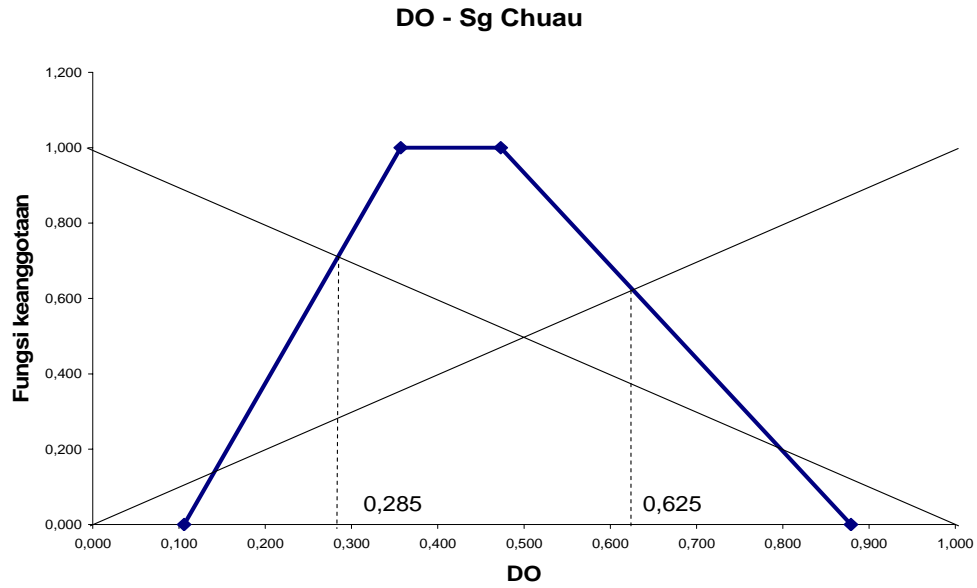


Rajah 4.10c: Graf Utiliti Peringkat 1 bagi Kuantiti Air- Sg. Limau Manis

$$\text{Nilai Utiliti} = \left(\frac{0,667 - 0,167}{2} \right) + 0,167 = 0,417$$

Maka, nilai utiliti bagi Sungai Limau Manis adalah 0.417. Nilai utiliti daripada ketiga-tiga sungai yang diperolehi dibandingkan yang paling hampir dengan dengan titik ideal (1). Sungai Chuau mendahului Sungai Bisa dan Sungai Limau Manis.

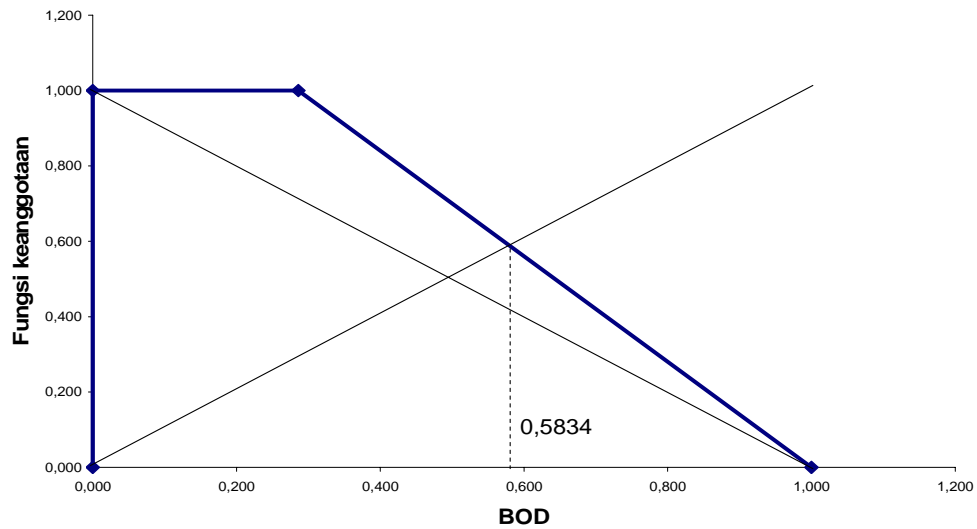
4.4.2 Peringkat 2-Bahan Pelarut (Sungai Chuau)



Rajah 4.11a: Graf Utiliti peringkat 2 bagi DO- Sg. Chuau

$$\text{Nilai Utiliti} = \left(\frac{0.625 - 0.285}{2} \right) + 0.285 = 0.455$$

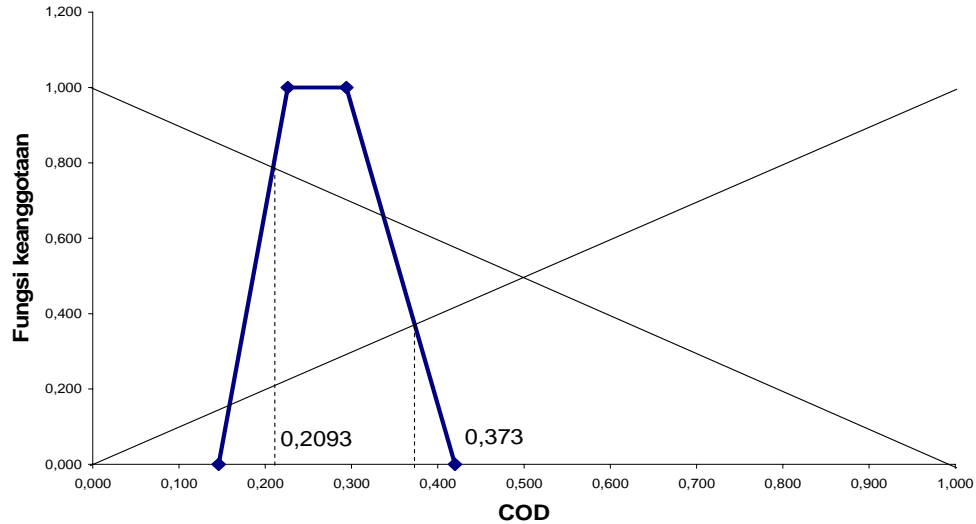
BOD - Sg Chuau



Rajah 4.11b: Graf Utiliti peringkat 2 bagi BOD- Sg. Chuau

$$\text{NilaiUtiliti} = \left(\frac{0.583 - 0}{2} \right) + 0 = 0.292$$

COD - Sg Chuau

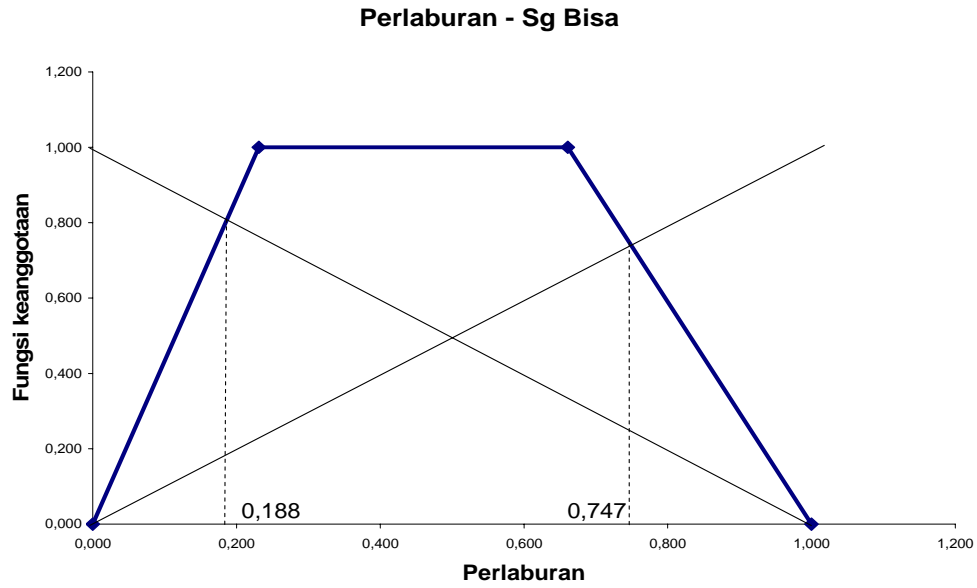


Rajah 4.11c: Graf Utiliti peringkat 2 bagi COD- Sg. Chuau

$$\text{NilaiUtiliti} = \left(\frac{0.373 - 0.209}{2} \right) + 0.209 = 0.291$$

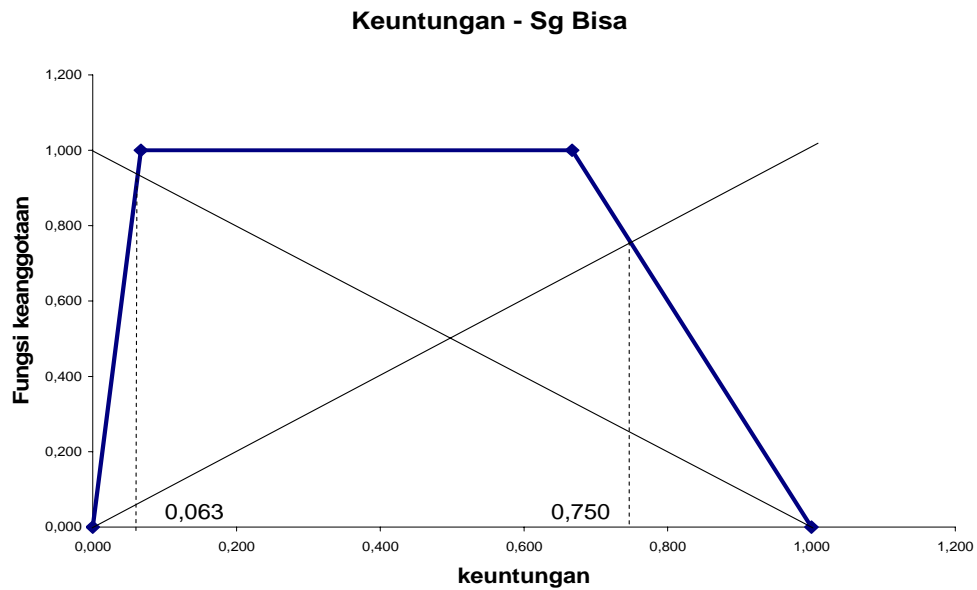
Maka, nilai utiliti bagi DO ialah 0.455, mendahului BOD (0.292) dan COD (0.291). Dapat di simpulkan bahawa DO memberi impak yang lebih kepada Bahan Larutan Sungai Chuau.

4.4.3 Peringkat 3 – Ekonomi (Sungai Bisa)



Rajah 4.12a: Graf Utiliti peringkat 3 bagi perlaburan- Sg. Bisa

$$\text{Nilai Utiliti} = \left(\frac{0.747 - 0.188}{2} \right) + 0.188 = 0.468$$



Rajah 4.12b: Graf Utiliti peringkat 3 bagi Keuntungan- Sg. Bisa

$$\text{Nilai Utiliti} = \left(\frac{0.750 - 0.063}{2} \right) + 0.063 = 0.407$$

Nilai yang dipilih adalah yang tertinggi. Hasil pengiraan di atas, ini menunjukkan Perlabuhan mempunyai kesan terhadap salah satu objektif kajian iaitu Ekonomi.

Jadual 4.8a: Keputusan Peringkat Pertama - (Hujan)

Sungai	NILAI UTILITI
Sg. Chuau	0.647
Sg. Bisal	0.647
Sg. Limau Manis	0.417

Jadual 4.8b: Kepututsan Peringkat Kedua – Sg. Chuau (Bahan Pelarut)

Parameter	NILAI UTILITI
DO	0.455
BOD	0.292
COD	0.291

Jadual 4.8c: Keputusan Peringkat Ketiga – Sg. Bisa (Ekonomi)

Parameter	NILAI UTILITI
Perlaburan	0.468
Keuntungan	0.407

4.5 Analisis Output

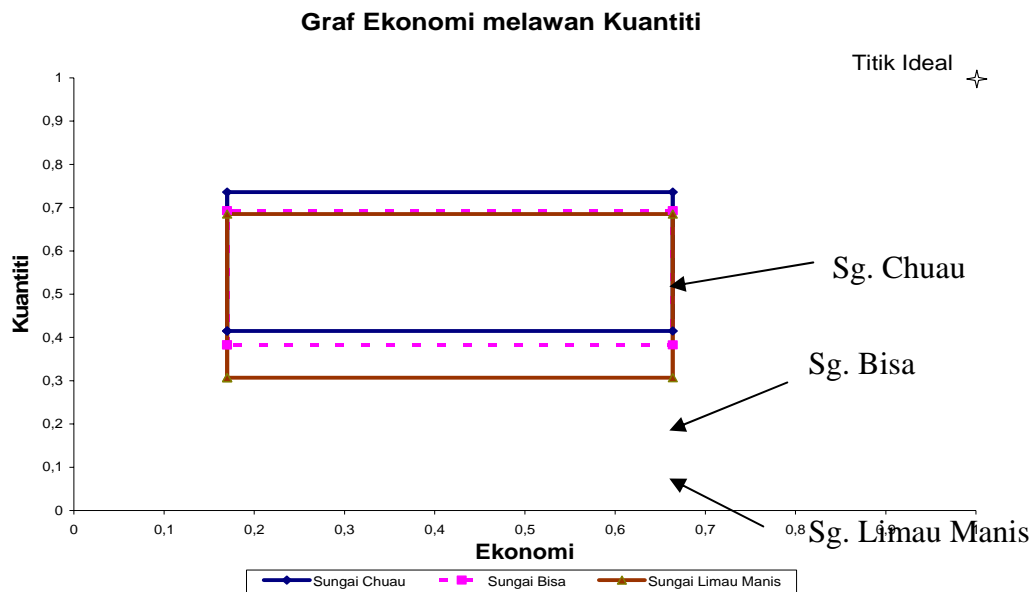
Daripada data input yang dijanakan, ringkasan output adalah seperti berikut :

Jadual 4.9: Input Data

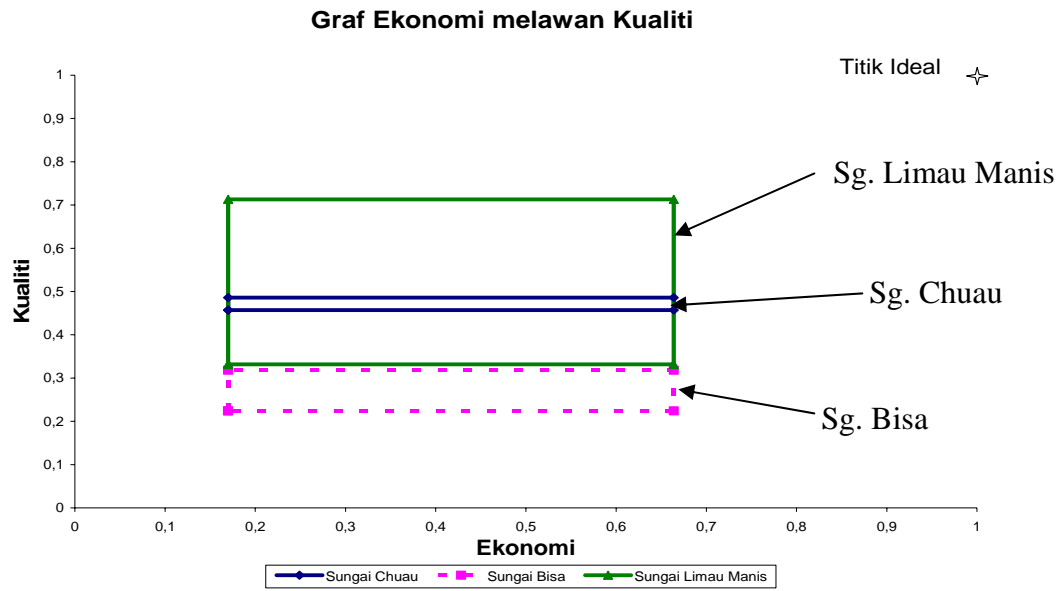
OBJEKTIF	PEMBERAT	FAKTOR PENGIMBANG
Ekonomi	0,333	2
Kualiti Air	0,333	2
Kuantiti Air	0,333	2

Jadual 4.10: Analisis Output

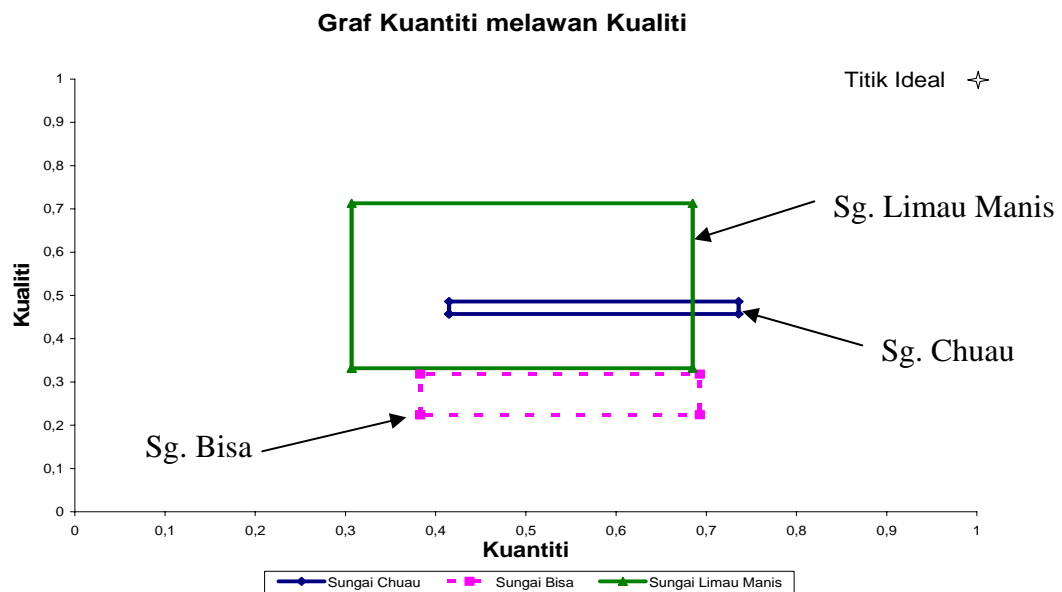
PENUNJUK KOMPOSIT	ALTERNATIF YANG TERBAIK
KUALITI AIR lwn EKONOMI	SUNGAI CHUAU
KUANTITI lwn EKONOMI	SUNGAI CHUAU
KUANTITI lwn KUALITI	SUNGAI CHUAU



Rajah 4.13: Graf Utiliti Ekonomi melawan Kuantiti



Rajah 4.14: Graf Utiliti Ekonomi melawan Kualiti



Rajah 4.15: Graf Utiliti Kuantiti melawan Kualiti

Kajian ini hanya menghadkan perubahan nilai pemberat terhadap kumpulan penunjuk peringkat ketiga (objektif). Bagi input data yang pertama, nilai pemberat diantara penunjuk komposit dibahagikan sama rata di mana ianya memberikan tafsiran bahawa ketiga-tiga penunjuk komposit ini diberikan kepentingan yang sama. Hasilnya, Sungai Chuau merupakan alternatif yang terbaik berbanding dengan sungai yang lain iaitu Sungai Bisa dan Sungai Limau Manis.

Output yang diperolehi, ini bukannya merupakan keputusan yang muktamad. Penganalisan yang lebih teliti yang melibatkan perubahan terhadap nilai pemberat iaitu melakukan analisis sensitiviti perlu di buat bagi memastikan alternatif yang paling efektif untuk dilaksanakan. Alternatif yang paling banyak undiannya dianggap sebagai alternatif yang terbaik dan dikira sebagai yang paling efektif dicadangkan untuk diimplementasikan bagi keseluruhan kawasan tadahan. Di dalam hal ini Sg. Chuau dicadangkan supaya proses pemuliharaan dikekalkan dalam keadaan sedia ada kewujudannya.

4.6 Analisis Sensiviti

Ringkasan terhadap analisis sensitiviti yang telah dilakukan adalah seperti berikut:

Jadual 4.10a: Nilai pemberat dan faktor pengimbang : Ekonomi Melawan Kualiti Air

OBJEKTIF	PEMBERAT	FAKTOR PENGIMBANG
Ekonomi	0,60	2
Kualiti Air	0,20	2
Kuantiti Air	0,20	2

Jadual 4.10b Nilai Utiliti : Ekonomi Melawan Kualiti Air

ALTERNATIF TERBAIK	NILAI UTILITI
1. SUNGAI CHUAU	0.447
2, SUNGAI LIMAU MANIS	0.424
3, SUNGAI BISA	0.399

Jadual 4.11a: Nilai pemberat dan faktor pengimbang: Ekonomi Melawan Kuantiti air

OBJEKTIF	PEMBERAT	FAKTOR PENGIMBANG
Ekonomi	0,20	2
Kualiti Air	0,60	2
Kuantiti Air	0,20	2

Jadual 4.11b: Nilai Utiliti : Ekonomi Melawan Kuantiti air

ALTERNATIF TERBAIK	NILAI PEMANGKATAN
1. SUNGAI CHUAU	0.473
2, SUNGAI LIMAU MANIS	0.462
3, BISA	0.356

Jadual 4.12a Nilai pemberat dan faktor pemberat : Kualiti Air Melawan Kuantiti Air

OBJEKTIF	PEMBERAT	FAKTOR PENGIMBANG
Ekonomi	0,20	2
Kualiti Air	0,20	2
Kuantiti Air	0,60	2

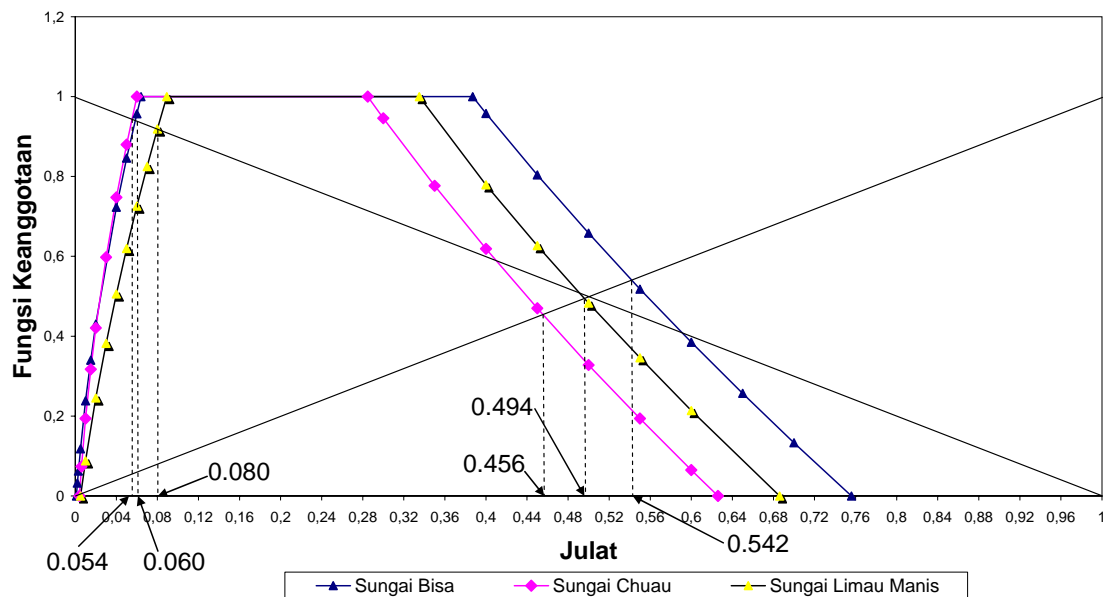
Jadual 4.12b Nilai utiliti : Kualiti Air Melawan Kuantiti Air

ALTERNATIF TERBAIK	NILAI PEMANGKATAN
1. SUNGAI CHUAU	0.488
2, SUNGAI BISA	0.438
3, SUNGAI LIMAU MANIS	0.436

Analisis sensitiviti yang dilakukan ke atas nilai pemberat dan faktor pengimbang mendapati Sungai Chuau masih mengekalkan kedudukan yang mempunyai nilai utiliti yang paling tinggi. Sungai Chuau mempunyai nilai utiliti yang sentiasa tinggi walaupun nilai pemberat dan faktor pemberat di ubah. Sungai Chuau merupakan pemilihan terbaik. Kesimpulannya, Sungai Chuau memenuhi objektif yang dikehendaki iaitu dari segi ekonomi, kualiti air dan kuantiti air.

4.7 Analisis Melalui Nombor Fuzzy

Melalui analisis nombor fuzzy proses pemangkatan dapat dilakukan dengan hanya menggunakan graf fungsi keanggotaan. Setiap alternatif dapat dirangkumkan kedalam satu graf dimana perbandingan alternatif-alternatif yang wujud lebih mudah dilihat. Segala kaedah dan tatacara adalah sama dengan teknik yang digunakan dalam fuzzy komposit, pada langkah awal di mana penentuan julat setiap parameter ditentukan. Segala jadual yang berkaitan dengan langkah penyelesaian adalah seperti di lampiran. Di bawah merupakan graf fungsi keanggotaan di dalam penentuan pemangkatan sungai-sungai.



Rajah 4.16 : Graf Utiliti Bagi Hasil Analisis Melalui Nombor Fuzzy

Contoh pengiraan daripada graf adalah seperti dibawah:

1). Sungai Chuau

$$\begin{aligned}\text{Nilai utiliti} &= (0.456 + 1.000 - 0.054) / 2 \\ &= 0.701\end{aligned}$$

2). Sungai Limau Manis

$$\begin{aligned}\text{Nilai Utiliti} &= (0.494 + 1.000 - 0.080) / 2 \\ &= 0.707\end{aligned}$$

3). Sungai Bisa

$$\begin{aligned}\text{Nilai Utiliti} &= (0.542 + 1.000 - 0.060) / 2 \\ &= 0.741\end{aligned}$$

Hasil pengiraan yang dilakukan didapati Sungai Chuau masih mengekalkan kedudukannya berbanding dengan sungai-sungai yang lain. Ini menunjukkan pengiraan dengan menggunakan nombor fuzzy adalah sama dengan pengiraan yang dilakukan dalam fuzzy komposit.

BAB V

KESIMPULAN

5.0 PENGENALAN

Daripada ringkasan output yang telah diperolehi, dapat disimpulkan bahawa Sungai Chuau merupakan alternatif yang terbaik dan pilihan yang efektif. Perubahan yang dilakukan terhadap nilai pemberat memberi kepelbagaian situasi terhadap sesuatu kepentingan. Perubahan ini dilakukan beberapa kali dimana setiap perubahan nilai pemberat pada penunjuk terdapat satu nilai yang diberikan penekanan yang lebih tinggi. Daripada analisis sensitivity terhadap kualiti dan kuantiti air dimana nilai pemberat diberi penekanan yang lebih, keputusannya masih menunjukkan Sungai Chuau merupakan alternatif yang terbaik.

Secara literalnya, beberapa kesimpulan dapat dibuat hasil daripada kajian yang telah dilakukan.

- 1). Kepelbagaian Penggunaan Graf Fungsi Keanggotaan.
- 2). Nombor Fuzzy Adalah Asas Kepada Fuzzy Komposit

1). Kepelbagaian Penggunaan Graf Fungsi Keanggotaan

Penentuan nilai maksimum dan minimum sesuatu paramter dapat ditentukan melalui graf fungsi keanggotaan. Melalui graf ini nilai ketidaktentuan dapat dikenalpasti. Di samping itu, graf fungsi keanggotaan dapat digunakan dalam proses pemangkatan dengan menggunakan rumus yang telah dibuktikan oleh Chen (1985). Rumus dalam penentuan set maksimum dan set minimum.

$$\mu_M(x) = \begin{cases} v\{(x - x_{\min})/(x_{\max} - x_{\min})\}^r & x_{\min} < x < x_{\max}, \\ 0 & \text{otherwise,} \end{cases}$$

$$\mu_m(x) = \begin{cases} v\{(x - x_{\max})/(x_{\min} - x_{\max})\}^r & x_{\min} < x < x_{\max}, \\ 0 & \text{otherwise,} \end{cases}$$

Manakala hasil daripada nilai utiliti dilakukan dengan mematuhi rumus di bawah

$$U_T(i) = \{U_M(i) + 1 - U_m(i)\}/2,$$

2). Nombor Fuzzy Adalah Asas Kepada Fuzzy Komposit

Asas kepada fuzzy komposit adalah nombor fuzzy dimana sebahagian kaedah yang digunakan di dalam fuzzy komposit adalah diterbitkan daripada nombor fuzzy seperti fungsi keanggotaan. Pemahaman yang jelas mengenainya sedikit sebanyak dapat membantu dalam penentuan keputusan yang akan di buat. Fuzzy komposit dapat menganalisis alternatif yang banyak, jika dibandingkan dengan nombor fuzzy yang agak rumit jika alternatif adalah 2 atau lebih.

5.1 Rumusan

Keputusan yang diperolehi dengan menggunakan pengaturcaraan komposit fuzzy menunjukkan persamaan jika dibandingkan dengan keadaan yang sedia ada. Sungai Chuau merupakan sungai dan wetland yang sesuai dijadikan sebagai kawasan rekreasi dan riadah selain fungsinya sebagai penapis sebelum air memasuki tasik dan menepati syarat alam sekitar iaitu Kelas IIB. Bagi wetland untuk kawasan Sungai Bisa dan Sungai Limau Manis, pembinaannya hanyalah sebagai penapis sebelum air memasuki tasik.

Keputusan yang diperolehi ini juga boleh digunakan untuk pembinaan kejuruteraan wetlands. Wetlands sungai Chuau merupakan wetland yang mempunyai banyak sel dengan tanaman-tanaman yang berlainan dan ia adalah lebih besar dan panjang berbanding dengan wetland Sungai Bisa dan wetland Sungai Limau Manis. Keputusan yang telah dilakukan terhadap ketiga-tiga sungai. Mendapati bahawa sungai Chuau perlu diberi penekanan terhadap pencemaran yang akan merosakkan serta menjejaskan kepentingannya terhadap tasik putrajaya.

5.3 Cadangan Dan Kajian Seterusnya

Terdapat beberapa cadangan penambahbaikan telah dikenalpasti bagi memastikan hasil kajian yang optimum dapat diperolehi. Beberapa cadangan adalah seperti di bawah

1). Membangunkan Perisian Bagi Pembinaan Histogram.

Dalam pembinaan histogram, penentuan julat maksimum dan minimum hanya ditentukan secara manual dengan mendapatkan garisan yang terbaik. Keperluan perisian ini seharusnya dapat memberi satu graf fungsi keanggotaan yang mempunyai kepelbagaian kemungkinan-kemungkinan yang akan berlaku.

2). Mempelbagaikan Teknik Membuat Keputusan

Terdapat pelbagai teknik dalam membuat keputusan seperti *Analytical Hierarchy Process (AHP)*, *HIPRE 3+*, *Simple Multiattribute Rating Technique (SMART)* dan sebagainya. Teknik diatas boleh digunakan untuk memberi kepelbagaian pilihan daripada keputusan yang ingin di capai. Penentuan nilai pemberat dan faktor pengimbang dalam penggunaan AHP akan memberi lebih keputusan hasil kajian yang lebih tepat

RUJUKAN

- Azevedo, L., T. Gates, D. Fontane, J. Labadie, and R. Porto. (2000) Integration of water quantity and quality in strategic river basin planning. *Water Resources Planning and Management* **126** (2), 85-97.
- Bogardi, I (1992). *Environmental risk analysis, water, development and the environment*. J. Williams et. al. eds. Boca Raton Publishing, Boca Raton, Fla. 147-175
- Chameau, J.L. and Santamaria, J.C.. (1987). "Membership function I: Comparing methods and measurement." *International Journals of Approximate Reasoning*, 1: 287-301.
- Chen, S.H. (1985), Ranking fuzzy numbers with maximizing set and minimizing set, *Fuzzy Sets and Systems* **17**, pp. 113–129.
- Douglas J.L., (1971) *Economics Of Water Resources Planning*. Mc Graw Hill, New York. pg 437-491
- Hagemeister, E.M., Jones, D.D. and Wayne E. Woldt, (1996) Hazard Ranking of Landfills Using Fuzzy Composite Programming . *Journal of Environmental Engineering*, **122**, No. 4, April
- Hammer, D.A. (1992). *Creating Freshwater Wetland*. Lewis Publisher
- Henderson-Seller, B. (1979). *Reservoirs*. The Macmillan Press Ltd.
- Linkov I., et.al. (2004) *Multi Criteria Decision Analysis; A Framework For Managing Contaminated Sediments* In: Levner, E., Linkov, I., Proth, J.M, eds. (2004) *Strategic Management Of Marine Ecosystems*, Kluwer, Amsterdam 2004.

Mitsch, W.J. and Gosselink J.G (1993). *Wetland. 2nd edition*. Van Nastrana Reinhold

Nandalal K.D.W.,*et al* (2003), *State Of The Art Report On Systems Analysis Methods For Resolution Of Conflicts In Water Resources Management-A report prepared for division of water Science UNESCO*, PCCP Publications 2001-2003, sc-2003/ws/60.6-16

NetMBA.com, (2004) CPM- Critical Path Method

<http://www.netmba.com/operations/project/cmpp> (14/10/2004)

Raj, P.A. (2002) Ranking Multicriteria River Basin Planning and Development Alternatives Using Electre and Ranfuw. *Krishna River Basin Planning Report*. Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology.

Samuel OR., *et.al.* (1996) *Reservoir Operating Rules with Fuzzy Programming*, Journal Of Water Resources Planning And Management. ASCE/May/June 1996.pg 165-170

William, M. (1990) *Wetland: A Threatened Landscape*. The Institute Of British Geographer

Zadeh, L.A. (1965), Fuzzy sets, *Information and Control*, 8, pp. 338-353.

Zeleny, M. 1982, Compromise programming, In: J.L. Cochrane, M. Zeleny (Eds.), *Multiple Criteria Decision Making*, University of South Carolina Press, Columbia, SC, pp. 263–301.

Data:

SUNGAI CHUAU

PARAMETER	MAXIMUM LIKELY RANGE		MOST LIKELY RANGE	
Kos	30	50	35	45
Kajian	10	20	12	15
Pertanian	30	45	31	40
Perikanan	30	45	31	40
Kadaralir	250	500	300	450
Kuantiti Air	4500	5000	4550	4700
Sejatan	1540	1560	1546	1550
Sejatpeluhan	1170	1180	1174	1179
DO	4.44	9.25	6.00	6.72
BOD	0.00	3.50	0.00	1.00
COD	4.07	9.82	5.75	7.18
TSS	19.75	25.56	22.00	23.13
TDS	33.04	40.92	36.25	37.21
E Coli	826.19	831.75	828.94	830.75
Fenol	0.00	1.92	0.00	0.75

Data:

SUNGAI BISA

PARAMETER	MAXIMUM LIKELY RANGE		MOST LIKELY RANGE	
Kos	30	50	35	45
Kajian	10	20	12	15
Pertanian	30	45	31	40
Perikanan	30	45	31	40
Kadarair	200	500	220	400
Kuantiti Air	4500	5000	4550	4700
Sejatan	1540	1560	1546	1550
Sejatpeluhan	1170	1180	1174	1179
DO	3.78	9.28	6.00	6.44
BOD	0.00	3.50	0.00	0.75
COD	2.04	9.21	6.25	7.00
TSS	3.18	8.93	5.00	7.04
TDS	23.00	28.96	26.50	27.18
E Coli	192.29	197.32	194.75	195.25
Fenol	0.00	2.88	0.00	0.50

Data

SUNGAI LIMAU MANIS

PARAMETER	MAXIMUM LIKELY RANGE		MOST LIKELY RANGE	
Kos	30	50	35	45
Kajian	10	20	12	15
Pertanian	30	45	31	40
Perikanan	30	45	31	40
Kadaralir	250	500	300	450
Kuantiti Air	4000	5000	4200	4500
Sejatan	1540	1560	1546	1550
Sejatpeluhan	1170	1180	1174	1179
DO	4.00	10.00	5.60	6.20
BOD	1.00	2.00	1.02	1.72
COD	1.00	22.00	3.00	18.00
TSS	30.00	50.00	31.00	46.00
TDS	10.00	60.00	12.00	52.00
E Coli	100.00	500.00	150.00	460.00
Fenol	0.01	0.04	0.02	0.03

Automatic selection of Ideal and worst points

Kos	[-1.00]
Penyelenggaraan	[-1.00]
Hasil Pertanian	[1.00]
Hasil Perikanan	[1.00]
Kadaralir	[1.00]
Kuantiti air	[1.00]
Sejatan	[-1.00]
Sejatpeluhan	[-1.00]
DO	[1.00]
BOD	[1.00]
COD	[1.00]
TSS	[-1.00]
TDS	[-1.00]
E Coli	[-1.00]
Fenol	[-1.00]

Input negative value if minimum is optimal

Penunjuk Asas	Unit
Kos	RM 10 ⁶
Kajian/ Penyenggaraan	RM 10 ³ /tahun
Hasil Pertanian	RM 10 ³ /tahun
Hasil Perikanan	RM 10 ³ /tahun
Kadarailir	m ³ / tahun
Kuantiti Air	m ³ / tahun
Sejatan	mm / tahun
Sejatpeluhan	mm / tahun
DO	mg/l
BOD	mg/l
COD	mg/l
TSS	mg/l
TDS	mg/l
E Coli	mg/l
Fosforus	mg/l
Nitrat	mg/l
Fenol	bil / 100ml

Faktor Pemberat Dan Penyeimbang

Pelaburan	
Kos	0,600
Kajian	0,400
<i>Input balancing factor</i>	2,0

Keuntungan	
Hasil Pertanian	0,500
Hasil Perikanan	0,500
<i>Input balancing factor</i>	2,0

Hasil Air	
Kadaralir	0,450
Kuantiti Air	0,550
<i>Input balancing factor</i>	2,0

Kehilangan	
Sejatan	0,567
Sejatpeluhan	0,433
<i>Input balancing factor</i>	2,0

Bahan Larutan	
DO	0,350
BOD	0,350
COD	0,300
<i>Input balancing factor</i>	3,0

Pencemar	
TSS	0,200
TDS	0,350
E Coli	0,350
Fenol	0,100
<i>Input balancing factor</i>	3,0

Ekonomi	
Pelaburan	0,500
Keuntungan	0,500
<i>Input balancing factor</i>	2,0

Kuantiti Air	
Hasil Air	0,544
Kehilangan air	0,445
<i>Input balancing factor</i>	3,0

Kualiti Air	
Bahan Larutan	0,555
Pencemar	0,445
<i>Input balancing factor</i>	3,0

OBJEKTIF	
EKONOMI	0,333
KUANTITI AIR	0,333
KUALITI AIR	0,333
<i>Input balancing factor</i>	2,0

