

**PENGARUH GUNA TANAH TERHADAP
KEPEKATAN JUMLAH PEPEJAL TERAMPAI (TSS)
DAN KANDUNGAN PERMINTAAN OKSIGEN
BIOKIMIA (BOD) DI SUNGAI LIKAS, SABAH**

SYAZANA KHALID

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

**DISERTASI INI DIKEMUKAKAN UNTUK
MEMENUHI SYARAT MEMPEROLEHI IJAZAH
SARJANA SAINS**

**SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH
2010**



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS

JUDUL: PENGARUH GUNA TANAH TERHADAP KEPEKATAN JUMLAH PEPEJAL TERAMPAL (TSS) DAN KANDUNGAN PERMINTAAN OKSIGEN BIOKIMIA (BOD) DI SUNGAI LIKAS, SABAH.

IJAZAH: SARJANA SAINS (PENGURUSAN SEKITARAN).

SAYA SYAZANA BINTI KHALID

SESI PENGAJIAN: 2007 - 2010

mengaku membenarkan tesis sarjana ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:-

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

SULIT

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

TERHAD

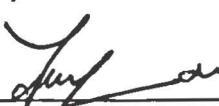
(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

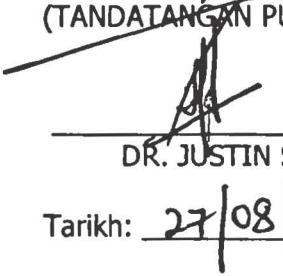
TIDAK TERHAD


(SYAZANA BINTI KHALID)

Alamat Tetap: 407, Jalan F 11,
Taman Melawati,
53100, Kuala Lumpur.

Tarikh: 17 OGOS 2010


(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)


DR. JUSTIN SENTIAN

Tarikh: 27/08/10



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGAKUAN

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

17 OGOS 2010



SYAZANA KHALID

PS2007-8264



PENGESAHAN

NAMA : SYAZANA BINTI KHALID

NO PELAJAR : PS 2007-8264

TAJUK : PENGARUH GUNA TANAH TERHADAP KEPEKATAN JUMLAH
PEPEJAL TERAMPALI (TSS) DAN KANDUNGAN PERMINTAAN
BIOKIMIA (BOD) DI SUNGAI LIKAS, SABAH.

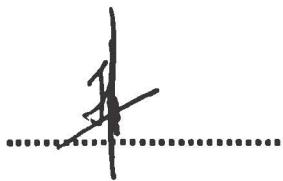
IJAZAH : SARJANA SAINS
(PENGURUSAN SEKITARAN)

TARIKH VIVA : 11 JULAI 2010

DISAHKAN OLEH

PENYELIA

Dr. Justin Sentian



PENGHARGAAN

Segala puji - pujian ke hadrat ilahi serta selawat ke atas junjungan besar Nabi Muhammad S. A. W. Setinggi - tinggi kesyukuran dipanjatkan ke hadrat-NYA kerana dengan limpah dan kurnia-NYA, kita masih diberikan peluang untuk bernaafas dan berjaya melaksanakan amanah yang telah diberikan kepada kita sebagai satu ibadah. Dengan usaha dan semangat yang kental serta sokongan padu yang diberikan daripada pelbagai pihak, alhamdulillah latihan ilmiah ini dapat disiapkan sepenuhnya dalam tempoh yang ditetapkan.

Terhasilnya kejayaan ini adalah daripada sokongan dan dorongan yang memberansangkan daripada pelbagai pihak. Terutamanya daripada kedua ibu bapa saya Khalid Bahari dan Maimunah Mahmud serta ahli keluarga yang tidak jemu untuk memberi semangat berterusan sehingga penyelesaian ini berjaya disiapkan. Ucapan seikhlas hati saya tujuhan kepada Dr. Justin selaku ketua program bagi Sains Sekitaran merangkap penyelia akademik yang tidak jemu memberi tunjuk ajar dan dorongan yang padu bagi menyiapkan penyelesaian yang saya jalankan ini. Tanpa tunjuk ajar dan nasihat daripada beliau, sudah pasti agak sukar bagi saya untuk menyiapkan penyelesaian ini. Tidak lupa juga kepada Prof. Harun Abdullah selaku dekan Sekolah Sains dan Teknologi yang turut memberikan kata – kata perangsang serta nasihat supaya tidak berputus – asa.

Tidak lupa juga, ucapan jutaan terima kasih kepada semua pensyarah Sains Sekitaran (UMS) terutamanya kepada pensyarah pengurusan sekitaran. Nasihat dan tunjuk ajar daripada mereka secara langsung atau tidak langsung memberi ilmu yang berguna buat saya. Terima kasih yang tidak terhingga juga buat Budirman Ruddy dan James selaku tutor di Pusat Cergis UMS kerana telah banyak berkorban masa dan tenaga memberi tunjuk ajar. Buat geng keras yang bersemangat membantu, diucapkan jutaan terima kasih setulus hati kepada Nor Azliza Ali, Norhaslinda Malekal, Adi Jafar, K-Own dan acik aTOs serta tedDy istimewa, Zharief Zahari.

Selain itu, ucapan penghargaan kepada pihak yang terlibat samada secara langsung atau tidak dalam pemberian maklumat yang berkaitan dengan latihan ilmiah ini. Terutamanya kepada pihak jabatan – jabatan kerajaan, organisasi swasta mahupun orang perseorangan. Akhir kata, jutaan terima kasih kepada semua pihak yang memberi sokongan dan sumbangan dalam menjayakan penyelesaian ini. Semoga kajian ini akan memberi manfaat kepada pihak yang memerlukan.

ABSTRAK

PENGARUH GUNA TANAH TERHADAP KEPEKATAN JUMLAH PEPEJAL TERAMPALI (TSS) DAN KANDUNGAN PERMINTAAN OKSIGEN BIOKIMIA (BOD) DI SUNGAI LIKAS, SABAH.

Pembangunan guna tanah yang giat berlaku di kawasan tadahan Sungai Likas dilihat sebagai satu aspek yang mempengaruhi penurunan kualiti air. Objektif kajian ini ialah mengkaji trend tahunan (1999 - 2009) kepekatan Jumlah Pepejal Terampai (TSS) dan kandungan Permintaan Oksigen Biokimia (BOD) di Sungai Likas. Selain itu, kajian juga bertujuan untuk mengkaji potensi pengaruh guna tanah di kawasan tadahan Sg. Likas terhadap kualiti air dari segi TSS dan BOD. Data - data sekunder bagi parameter TSS dan BOD diperolehi daripada set data kajian lepas dari tahun 1999 hingga 2009, manakala peta jenis guna tanah dihasilkan dengan menggunakan perisian ArcGis 9.2. Hasil analisis statistik daripada *microsoft excel*, menunjukkan trend tahunan bagi kepekatan TSS dan kandungan BOD adalah berubah - ubah. Analisis hubungan pengaruh guna tanah ke atas TSS dan BOD diplotkan dalam graf korelasi. Keputusan menunjukkan pengaruh perubahan guna tanah dalam tempoh 10 tahun ke atas kepekatan TSS dan kandungan BOD adalah tidak signifikan. Dapat dilihat bahawa perubahan guna tanah selama sepuluh tahun di kawasan tadahan Sg. Likas tidak berpotensi mempengaruhi nilai TSS dan BOD. Walau bagaimanapun, kajian ini mencadangkan terdapatnya faktor penyumbang seperti hujan dan hakisan semulajadi serta faktor pembuangan kumbahan domestik, industri dan pertanian yang tidak diproses ke dalam sungai.

ABSTRACT

Development process at Sg Likas catchment is one of the factor that affect the decrease of water quality. The objective of this study is to determine the annual trend (1999 - 2009) of total suspended solid (TSS) and biochemical oxygen demand (BOD). Besides that, the study was conducted to determine the possible land use effect at Sg. likas catchment area towards the water quality specifically for the parameters TSS and BOD. Data for TSS and BOD were taken from the historical measurement data sets recorded from 1999 - 2009, while land use map were developed using ArcGis 9.2 software. Results analysis for TSS and BOD using microsoft excel showed variability throughout the period of investigation year. Analysis of relationship between landuse affect towards TSS and BOD has been plotted in correlation graph. Results showed that land use affect in 10 years toward yearly concentration of TSS and contained of BOD were not significant. It shows that land use changes in 10 years do not have potential in affect the TSS and BOD value. However, this study result recommended that there is other factor likes raining, natural erosion and untreated sewage disposal from domestic, industries and agricultural to the river.

KANDUNGAN

| | Halaman |
|-------------------------------------------------------|---------|
| TAJUK | i |
| PENGAKUAN | ii |
| PENGESAHAN | iii |
| PENGHARGAAN | iv |
| ABSTRAK | v |
| <i>ABSTRACT</i> | vi |
| SENARAI KANDUNGAN | vii |
| SENARAI JADUAL | x |
| SENARAI RAJAH | xi |
| SENARAI LAMPIRAN | xiii |
| SENARAI SINGKATAN | xiv |
| SENARAI SIMBOL | xv |
| SENARAI UNIT | xvi |
| | |
| BAB 1: PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Pengenalan | 1 |
| 1.2 Kepentingan Kajian | 2 |
| 1.3 Objektif Kajian | 2 |
| 1.4 Skop Kajian | 3 |
| | |
| BAB 2: ULASAN LITERATUR | 4 |
| 2.1 Program Pengelasan Sungai | 4 |
| 2.2 Pengelasan Sungai di Malaysia | 4 |
| 2.3 Kualiti Air | 7 |
| 2.4 Analisis Kualiti Air | 7 |
| 2.5 Parameter | 8 |
| 2.5.1 Ciri-ciri Fizikal (Pepejal Terampai) | 8 |
| 2.5.2 Ciri-ciri Kimia (Permintaan Oksigen Biokimia) | 8 |
| 2.6 Pencemaran Air | 9 |
| 2.6.1 Pencemaran oleh Faktor Semulajadi | 10 |
| 2.6.2 Pencemaran oleh Aktiviti Manusia (Antropogenik) | 10 |
| 2.6.2.1 Perindustrian | 11 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.6.2.2 Pertanian | 11 |
| 2.6.2.3 Perlombongan | 12 |
| 2.6.2.4 Aktiviti Domestik | 12 |
| 2.6.2.5 Kesan Aktiviti Guna Tanah | 12 |
| 2.6.2.6 Aktiviti Penempatan | 13 |
| 2.7 Langkah Kawalan dan Pengurusannya | 13 |
| 2.7.1 Memperketatkan Undang-Undang | 13 |
| 2.7.2 Program Pengawasan dari Masa ke Semasa | 14 |
| 2.7.3 Program Penguatkuasaan | 14 |
| 2.7.4 Program Kesedaran dan Pendidikan | 15 |
| 2.7.5 Rawatan Biologi Efluen | 16 |
| 2.7.6 Menyediakan Tapak Pelupusan Sampah | 16 |
| 2.7.7 Program Membersihkan Sungai yang Tercemar | 16 |
| 2.7.8 Penilaian Alam Sekitar | 17 |
| 2.8 Status Kualiti Air Sungai di Sabah | 18 |
| 2.9 Latar Belakang Sungai Likas | 18 |
| 2.10 Fenomena Perubahan Guna Tanah | 18 |
| 2.11 Konsep Guna Tanah | 19 |
| 2.11.1 Tanah | 19 |
| 2.11.2 Guna Tanah | 21 |
| 2.12 Definisi dan Konsep GIS | 24 |
| 2.13 Aplikasi GIS | 25 |
| BAB 3: METODOLOGI | 27 |
| 3.1 Lokasi Kajian | 28 |
| 3.2 Kualiti Air | 28 |
| 3.2.1 Jumlah Pepejal Terampai (TSS) | 29 |
| 3.2.2 Teknik Penentuan Permintaan Oksigen Biokimia (BOD) | 30 |
| 3.3 Analisis Guna Tanah Kawasan Tadahan Sungai Likas | 30 |
| 3.3.1 Rekabentuk Pangkalan Data | 31 |
| 3.3.2 Kemasukan Data Ruang | 32 |
| 3.3.2.1 Pendaftaran Peta Asas | 32 |
| 3.3.2.2 Transformasi Koordinat Peta <i>Spatial</i> (Ruang) | 33 |
| 3.3.2.3 Pendigitan dan Pemprosesan Data | 34 |
| 3.3.3 Kemasukan Data Atribut | 35 |
| 3.3.3.1 Struktur Asas Jadual Atribut | 36 |
| 3.3.3.2 Penambahan Item Baru ke dalam Jadual Data Atribut | 36 |
| 3.3.4 Penukaran Format ke dalam Bentuk Raster | 36 |
| 3.3.5 Struktur Pangkalan Data (<i>Geodatabase</i>) | 37 |
| 3.4 Peta Perubahan Guna Tanah di Kawasan Tadahan Sungai Likas | 37 |
| 3.5 Analisis Data | 39 |
| BAB 4: KEPUTUSAN | 40 |
| 4.1 Kepekatan Pepejal Terampai (SS) | 40 |
| 4.2 Permintaan Oksigen Biokomia (BOD) | 41 |
| 4.3 Perubahan Guna Tanah Kawasan Tadahan Sungai Likas Tahun 2000 hingga 2009 | 41 |
| 4.4 Analisis Hubungan Perubahan Guna Tanah dengan Kualiti Air | 47 |
| 4.4.1 Perubahan Guna Tanah dengan Jumlah Pepejal Terampai (TSS) | 47 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.4.2 Perubahan Guna Tanah dengan Kandungan Permintaan Oksigen Biokimia (BOD) | 49 |
| BAB 5: PERBINCANGAN | 52 |
| 5.1 Trend Nilai Purata Kepekatan Jumlah Pepejal Terampai (TSS) di Sungai Likas | 52 |
| 5.2 Trend Nilai Purata Kandungan Permintaan Oksigen Biokimia (BOD) di Sungai Likas | 53 |
| 5.3 Perubahan Guna Tanah Kawasan Tadahan Sungai Likas pada Tahun 2000 hingga 2009 | 54 |
| 5.4 Perhubungan antara Perubahan Guna Tanah Kawasan Tadahan Sungai Likas dengan Parameter Kualiti Air | 56 |
| 5.4.1 Faktor Penyumbang | 57 |
| BAB 6: KESIMPULAN DAN CADANGAN | 61 |
| 6.1 Kesimpulan | 61 |
| 6.2 Cadangan | 61 |
| RUJUKAN | 62 |
| LAMPIRAN | 68 |

SENARAI JADUAL

| | Halaman |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Jadual 2.1 Pengelasan air sungai | 6 |
| Jadual 2.2 Pengelasan kualiti air berdasarkan nilai BOD | 9 |
| Jadual 2.3 Status perlaksanaan Program Penilaian JAS W.P Labuan 2001 | 17 |
| Jadual 3.1 Tarikh Pensampelan bagi kepekatan TSS | 29 |
| Jadual 3.2 Tarikh Pensampelan bagi kandungan BOD | 30 |
| Jadual 3.3 Teknik dan proses yang digunakan dalam proses pendigitan | 35 |
| Jadual 3.4 Peta tema dalam bentuk vektor yang ditukar ke dalam bentuk raster | 37 |
| Jadual 3.5 Kategori dan Jenis Guna Tanah | 38 |
| Jadual 4.1 Trend Perubahan Guna Tanah Tahunan Kawasan Tadahan Sg. Likas | 47 |
| Jadual 5.1 Perkaitan antara peratusan guna tanah dengan TSS, BOD dan cuaca persampelan, tahun 2000 hingga 2009 | 58 |

SENARAI RAJAH

| | Halaman |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Rajah 2.1 Kronologi proses aduan yang diterima | 15 |
| Rajah 3.1 Lokasi kajian iaitu kawasan tadahan Sungai Likas, Sabah | 28 |
| Rajah 3.2 Carta aliran metodologi kajian | 31 |
| Rajah 3.3 Pendaftaran peta topologi sebagai peta dasar | 33 |
| Rajah 3.4 Pendaftaran peta guna tanah | 33 |
| Rajah 3.5 Jadual atribut bagi jenis guna tanah di kawasan tadahan Sg. Likas | 36 |
| Rajah 3.6 Peta perubahan guna tanah di kawasan tadahan Sg. Likas | 38 |
| Rajah 3.7 <i>Groundtruhiting</i> yang dijalankan di kawasan tadahan Sg. Likas 2010 | 39 |
| Rajah 4.1 Purata tahunan kepekatan TSS dari tahun 1999 hingga 2009 | 40 |
| Rajah 4.2 Purata tahunan BOD dari tahun 1999 hingga 2009 | 41 |
| Rajah 4.3 Peta guna tanah kawasan tadahan Sg. Likas pada tahun 2000 | 43 |
| Rajah 4.4 Peta guna tanah kawasan tadahan Sg. Likas pada tahun 2002 | 44 |
| Rajah 4.5 Peta guna tanah kawasan tadahan Sg. Likas pada tahun 2005 | 45 |
| Rajah 4.6 Peta guna tanah kawasan tadahan Sg. Likas pada tahun 2009 | 46 |
| Rajah 4.7 Korelasi peratusan guna tanah pertanian dengan kepekatan TSS | 48 |
| Rajah 4.8 Korelasi peratusan guna tanah perhutanan dengan kepekatan TSS | 48 |
| Rajah 4.9 Korelasi peratusan guna tanah terbiar dengan kepekatan TSS | 49 |
| Rajah 4.10 Korelasi peratusan guna tanah industri dan bandar dengan kepekatan TSS | 49 |
| Rajah 4.11 Korelasi peratusan guna tanah pertanian dengan kandungan BOD | 50 |
| Rajah 4.12 Korelasi peratusan guna tanah perhutanan dengan kandungan BOD | 50 |

| | | |
|------------|------------------------------------------------------------------------|----|
| Rajah 4.13 | Korelasi peratusan guna tanah terbiar dengan kandungan BOD | 51 |
| Rajah 4.14 | Korelasi peratusan guna tanah industri dan bandar dengan kandungan BOD | 51 |

SENARAI LAMPIRAN

| | Halaman |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| LAMPIRAN A Peta Topografi Kota Kinabalu | 68 |
| LAMPIRAN B Peta Guna Tanah Kota Kinabalu | 69 |
| LAMPIRAN C <i>Groundtruthing</i> di Kawasan Tadahan Sungai Likas | 70 |
| LAMPIRAN D Bacaan TSS tahunan (2000 – 2009) | 75 |
| LAMPIRAN E Bacaan BOD tahunan (2000 – 2009) | 77 |
| LAMPIRAN F Interim Piawaian Indeks Kualiti Air Malaysia | 79 |
| LAMPIRAN G Jenis Guna Tanah di Kawasan Tadahan Sungai Likas, Tahun 2000 | 80 |
| LAMPIRAN H Jenis Guna Tanah di Kawasan Tadahan Sungai Likas, Tahun 2002 | 81 |
| LAMPIRAN I Jenis Guna Tanah di Kawasan Tadahan Sungai Likas, Tahun 2005 | 82 |
| LAMPIRAN J Jenis Guna Tanah di Kawasan Tadahan Sungai Likas, Tahun 2009 | 83 |
| LAMPIRAN K Data bagi Analisis Statistik iaitu Korelasi Perubahan Guna Tanah dengan Nilai TSS di Sungai Likas. | 84 |
| LAMPIRAN L Data bagi Analisis Statistik iaitu Korelasi Perubahan Guna Tanah dengan Nilai BOD di Sungai Likas. | 85 |

SENARAI SINGKATAN

| | |
|-------|------------------------------------|
| JUPEM | Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia |
| JAS | Jabatan Alam Sekitar |
| GIS | Sistem Maklumat Geografi |
| RMS | Sisihan Piawai |
| Cu | Kuprum |
| Cd | Kadmium |
| Zn | Zink |
| Pb | Plumbum |
| Sg. | Sungai |
| E | Timur |
| N | Utara |

SENARAI SIMBOL

% Peratus

- Hingga



SENARAI UNIT

O₂/L Oksigen Per Liter

mg/L Miligram Per liter

°C Celcius

mm milimeter



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan

Air merupakan sumber yang amat berharga dan asas untuk kehidupan. Air mempunyai pelbagai kegunaan dan peranan, di antaranya sebagai sumber minuman. Tanpa air tiada manusia maupun haiwan boleh terus hidup dan ia juga mengekalkan kesegaran. Air banyak digunakan dalam kedua-dua sektor pertanian dan perindustrian. Selain itu, ikan yang kita makan bergantung sepenuhnya dengan air untuk hidup. Suatu yang mustahil untuk menghilangkan kehadiran air di dalam ekosistem bumi oleh kerana air sentiasa dikitar dalam kitaran hidrologi (Radojevic *et al.*, 2007).

Asas untuk pembangunan ekonomi dan peningkatan dalam kualiti hidup adalah sumber air yang berkualiti baik. Pertambahan penduduk, urbanisasi dan agihan hujan yang tidak sekata telah mendedahkan sungai-sungai yang menjadi sumber utama bekalan air negara kepada tekanan yang membawa kepada masalah banjir, kemarau, kemerosotan kualiti air dan juga alam persekitaran. Bagi membolehkan sungai berfungsi sebagai sumber air, sistem aliran, janakuasa hidro, sumber makanan, eko - pelancongan dan lain-lain maka adalah penting sumber air ini dipelihara dan dipulihara agar bersih dan tidak tercemar. Pemesatan pembangunan menyebabkan keperluan kepada bekalan air bersih juga turut meningkat.

Sistem pengurusan yang tidak sistematik, keengganan peniaga melabur dalam kajian kualiti air dan penguatkuasaan undang - undang yang masih lagi berada pada tahap yang lemah turut menjelaskan kualiti air sungai di mana pengawalan terhadap punca pencemaran tetap masih lagi tidak diselaraskan. Di Selangor, 23 daripada 27 sumber air minuman tercemar teruk dengan buangan sisa industri dan haiwan, logam



berat dan kumbahan. Pada tahun 1997, Sungai Langat yang membekalkan 463.5 juta liter air sehari kepada pengguna di Lembah Klang tercemar 4 kali dalam sebulan. Manakala kualiti air mentah Sungai Linggi di Negeri Sembilan juga sangat teruk sehingga pihak berkuasa terpaksa menggunakan teknologi pengozonan untuk memastikan ia boleh diminum (JAS, 1995).

Faktor-faktor lain seperti pemendapan sungai, penyahutanan, penarahan bukit dan sebagainya yang terhasil daripada kewujudan sesuatu proses pembangunan guna tanah juga menyebabkan kualiti air sungai menurun. Faktor pemendapan contohnya, terhasil daripada proses pembangunan yang dilakukan berhampiran dengan alur atau tebing sungai. Ketiadaan tumbuh-tumbuhan berhampiran dengan alur yang berfungsi sebagai penamparan hujan dan pencengkam tanah akan menyebabkan struktur tanah mudah longgar apabila menerima hentaman daripada hujan. Permonitoran sungai penting dijalankan bagi mengelakkan masalah krisis air berlaku dan memastikan perkembangan selaras dengan sumber air yang dibekalkan (Ayob *et al.*, 2007).

1.2 Kepentingan Kajian

Kajian yang dijalankan penting bagi melihat tahap kualiti air yang boleh membawa kesan negatif kepada penghuni sekitarnya. Ini adalah kerana air sungai penting dalam menyokong hidupan akuatik dan ekosistem sungai. Selain itu, kajian mengenai pengaruh guna tanah terhadap kualiti air sungai membolehkan perancangan pengurusan sungai bagi mengawal tahap pencemaran.

1.3 Objektif Kajian

Kajian ini dijalankan adalah untuk memenuhi beberapa objektif yang telah digariskan. Objektif tersebut adalah seperti berikut:

- (i) Mengkaji trend tahunan (1999 – 2009) kepekatan Jumlah Pepejal Terampai (TSS) dan kandungan Permintaan Oksigen Biokimia (BOD) di Sungai Likas, Sabah.
- (ii) Mengkaji potensi pengaruh guna tanah di kawasan tadahan Sungai Likas terhadap kualiti air dari segi TSS dan BOD.

1.4 Skop Kajian

Skop kajian ini adalah pengumpulan data purata tahunan kualiti air dari segi TSS dan BOD bermula tahun 1999 hingga 2009, yang diperolehi daripada set data kajian lepas. Selain itu, data kualiti air dikaitkan dengan trend perubahan guna tanah di kawasan tadahan Sungai Likas. Kajian adalah terhadap Sungai Likas tanpa melihat kedudukan stesen.

BAB 2

ULASAN LITERATUR

2.1 Program Pengelasan Sungai

Air sungai merupakan sumber air tawar yang mudah didapati berbanding dengan sumber air tawar yang lain. Oleh sebab itu, kualiti air sungai hendaklah sentiasa dianalisa agar air sungai berada dalam keadaan yang selamat digunakan. Untuk mengekalkan, melindungi dan memperbaiki kualiti air sungai, program pengelasan sungai memainkan peranan yang penting dalam pengurusan kualiti air (Chang, 1999). Program pengelasan sungai dapat mengharmonikan kegunaan manusia terhadap air sungai di mana pengelasan ini dapat mengingatkan mereka tentang kualiti air serta menghargai air yang digunakan.

Secara umumnya, program pengelasan sungai melibatkan pengkategorian sungai ke dalam kelas yang berbeza, kemudian air sungai yang telah dikelaskan diurus sejajar dengan objektif yang telah ditentukan dalam kelas masing-masing dengan matlamat untuk menyelaraskan perkembangan pembangunan dengan mengekalkan aset sungai. Pengelasan kualiti air merupakan asas dalam pelaksanaan program pengawalan pencemaran air nasional, penilaian kesan aktiviti manusia terhadap kualiti air sungai, pengungkapan strategi dan polisi bagi melindungi sumber air.

2.2 Pengelasan Sungai di Malaysia

Pengelasan Sungai di Malaysia dijalankan oleh Jabatan Alam Sekitar sejak tahun 1978 akibat daripada pencemaran yang teruk serta banyak aduan awam yang diterima (Haliza, 2007). Program pengawalan kualiti air sungai ini kemudian dilaksanakan oleh Alam Sekitar Malaysia Sendirian Berhad (ASMA) sejak tahun 1995 melalui program penswastaan. Sungai dapat dikelaskan kepada enam kumpulan berdasarkan Indeks Kualiti Air Negara (IKAN). Kualiti air ialah faktor utama yang dipertimbangkan semasa



pengelasan sungai. Selain itu, sungai juga dikelaskan berdasarkan kesesuaian untuk digunakan. Air di dalam sungai yang tidak sesuai digunakan, harus menjalani proses rawatan terlebih dahulu sekiranya sumber pencemaran telah diidentifikasi.

Buat masa sekarang, program pengawasan kualiti air merangkumi 120 buah lembangan sungai (JAS, 2004). Daripada laporan JPA sehingga tahun 2000, sebanyak 34 lembangan sungai berada dalam keadaan bersih, manakala 74 lembangan sungai mengalami sedikit pencemaran dan 12 lembangan sungai lagi telah mengalami keadaan yang tercemar. Sungai yang telah dikelaskan dalam Program Pencegahan Sungai dan Peningkatan Kualiti Air semasa Rancangan Malaysia ke 8 (RMK 8) termasuklah Sungai Perlis, Sungai Merbok, Sungai Pinang, Sungai Sepetang, Sungai Klang, Sungai Langat, Sungai Linggi, Sungai Melaka, Sungai Segget, Sungai Skudai, Sungai Tebrau, Sungai Kuantan, Sungai Balok, Sungai Chukai, Sungai P. Chepa, Sungai Sarawak, Batang Rajang, Batang Kemen, Sungai Niah, Sungai Miri, Sungai Likas, Sungai Petagas, Sungai Sembulan, Sungai Tuaran, Sungai Seguntur dan Sungai Tawau (JAS, 2004).

Pengelasan sungai melibatkan beberapa kriteria air di mana air digunakan untuk pelbagai kegunaan. Walaupun sehingga kini tiada kriteria kualiti air sungai secara rasmi di Malaysia, tetapi cadangan kriteria tersebut telah diadakan. Malaysia mempunyai sistem klasifikasi air sungai yang diubahsuai dari pengelasan WHO yang dikenali sebagai Piawaian Kualiti Kebangsaan Malaysia. Ia mengkategorikan sungai kepada beberapa kelas iaitu kelas I, IIA, IIB, III, IV dan V yang dikaitkan dengan jenis kegunaan air yang tunjukkan dalam Jadual 2.1.

Jadual 2.1: Pengelasan air sungai

| KELAS | KEGUNAAN |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| I | Pemuliharaan alam semulajadi |
| | Bekalan air minuman I – Hampir tiada rawatan diperlukan |
| | Perikanan I – Spesis akuatik yang sangat sensitif |
| IIA | Bekalan air II – Rawatan biasa adalah perlu dan rawatan air yang diperlukan dengan kos rendah |
| | Perikanan I – Spesis akuatik yang sensitif |
| IIB | Sumber air bagi kegunaan aktiviti rekreasi yang melibatkan sentuhan badan |
| III | Bekalan air bagi bekalan air minum III – memerlukan rawatan air yang intensif |
| | Perikanan III – Spesis akuatik komersil dan tahan sesuai bagi air minuman haiwan ternakan |
| IV | Saliran dan Pengairan |
| V | Selain daripada kegunaan tersebut di atas |

Sumber: Jabatan Alam Sekitar (1990)

Penilaian kualiti secara menyeluruh bukanlah tugas yang mudah, akan tetapi ianya memerlukan kriteria untuk menerangkan dan membezakan pengguna air. Pengelasan kualiti air mengikut pelbagai definisi, mengandungi parameter-parameter air yang berbeza (Greve, 1990). Sebagai contoh, pengelasan sungai kelas pertama adalah sungai yang mempunyai kualiti air yang amat baik. Airnya dapat dijadikan bekalan minuman tanpa sebarang rawatan yang diberikan. Oleh itu, kualiti air dalam kategori ini memenuhi keperluan yang paling ketat bagi kesihatan manusia dan perlindungan hidupan akuatik (Jamaludin, 1996).

Pengelasan sungai kelas IIA pula merupakan sungai yang memerlukan rawatan konvensional. Antara rawatan yang dilakukan adalah membunuh klorin atau pengklorinan air sebelum ianya digunakan. Manakala, sungai kelas IIB pula merupakan sungai yang boleh digunakan untuk tujuan aktiviti rekreasi di mana ianya membabitkan penyentuhan badan dengan air.

Pengelasan bagi sungai kelas III merupakan sungai yang perlu menjalani perawatan lanjutan sebelum ia boleh digunakan sebagai air minuman. Sungai ini sesuai untuk spesis ikan yang biasa dan mempunyai toleransi sederhana dan bernilai ekonomi. Ianya juga didefinisikan sebagai memenuhi keperluan air minuman ternakan. Manakala bagi kelas sungai IV, ianya sesuai digunakan untuk pengairan pertanian. Bagi sungai kelas V, ianya tidak sesuai digunakan untuk semua penggunaan di atas.

2.3 Kualiti Air

Kualiti air dapat ditentukan melalui proses analisis dan pencirian terhadap air samada secara fizikal, kimia dan biologi. Air dapat dicirikan kepada kategori tertentu yang mempunyai peranan tersendiri dalam mendeskripsikan air. Ini kerana air mempunyai nilai had yang tertentu untuk penggunaan. Jabatan Alam Sekitar (JAS) telah menetapkan garis panduan tertentu dalam menilai tahap kualiti air sungai.

2.4 Analisis Kualiti Air

Analisis terhadap kualiti air merupakan suatu kaedah dalam menentukan tahap kualiti suatu sampel air. Ia bertujuan bagi menilai samada air tersebut selamat untuk digunakan atau tidak. Penilaian terhadap status kualiti air akan dapat memastikan suatu pengurusan sumber air yang terbaik di samping mengelakkan pencemaran terhadap sumber air tersebut. Dengan penentuan status kualiti air ini juga dapat dikenalpasti bahan-bahan yang terkandung dalam sampel air samada melebihi paras yang sepatutnya atau tidak. Ini bagi melihat sejauh mana penggunaan air itu boleh memberi kesan kepada kesihatan manusia. Melalui kaedah analisis kualiti air juga, bahan pencemar yang merbahaya terhadap kesihatan manusia dan juga miroorganisma yang boleh mendatangkan penyakit dapat dikenalpasti (Miller, 1995).

Kehadiran bahan-bahan seperti bahan kimia, sisa buangan domestik dan sebagainya boleh mengubah status kualiti air tersebut. Selain itu, aktiviti manusia yang melibatkan penggunaan sungai juga banyak memberi kesan samada kesan yang positif mahupun sebaliknya. Aktiviti pertanian dan pembalakan berhampiran kawasan sungai misalnya bukan hanya mendatangkan kebaikan malah ia juga boleh memberi kesan yang buruk terhadap keadaan kualiti air sungai itu sendiri. Ini seterusnya akan membahayakan pengguna-pengguna yang lain selain daripada mencemarkan sungai tersebut. Dengan itu, penilaian terhadap status kualiti air adalah penting dalam mengelakkan perkara ini daripada berlanjutan (Lim *et al.*, 2006).

RUJUKAN

- Abdul Rashid Abdul Rahman. 2009. *Kempen Generasi Hijau*. Utusan Sabah. 24 Julai: 3.
- Abdul Samad Hadi, Shaharudin Idrus, Ahmad Fariz Mohamed dan Abdul Hadi Harman Shah. 2006. *Perubahan Persekutaran dan Kemudahterancaman Lembangan Langat*. Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi. Selangor.
- Abdullah Mohamad Said. 1999. *Pengurusan Sumber dan Alam Sekitar*. Biro Penyediaan Teks. Institusi Teknologi Mara. Shah Alam. Selangor.
- American Public Health Association (APHA). 1989. *Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater* (17th edition). United States of America.
- American Public Health Association (APHA). 1992. *Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater* (18th edition). United States of America.
- Anthony, G. Y. and Li, X. 1998. Sustainable Land Development Model for Rapid Growth areas using GIS. *Journal of Geography Information Sciences* **12** (2): 169 – 189.
- Aronoff, S. 1998. *Geographic Information Systems: A Management Perspective*. WDL Publications, Ottawa Canada.
- Atsushi, S., Ayumi, Jiro, I. and Teruyuki, U. 2005. Influence of Water and Sediment Quality on Benthic Biota in an Acidified River. *Journal of Water Research* **39**: 2517 – 2526.
- Ayob Katimon, Zulkifli Yusop dan Kawi Bidin. 2007. *Hidrologi Asas*. Pearson Prentise Hall.
- Billotta, G. S. and Brazier, R. E. 2008. Understanding the Influence of Suspended Solids on Water Quality A Aquatic Biota. *Journal of Water Research* **42**: 2849 – 2861.
- Borner, H. 1996. *Water Quality Monitoring: A Practical Guide to the Design and Implementation of Fresh Water and Quality Studies and Monitoring Programmes*. London: E and FN Spon.
- Briassoulis, H. 2005. *Analysis of Land Use Change: Theoretical and Modelling Approaches, The Web Book of Regional Research Institute*. West Virginia University.
- Brooks, S. M., Richards, K. S. dan Spencer, T. 1993. Tropical Rain Forest Logging: Modelling Slope Processes and Soil Erosion in Sabah, East Malaysia. *Journal of Tropical Geography* **14** (1): 15 – 27.
- Chang, L. L. 1999. *River Classification of Sungai Padas Using Water Quality Index*. Tesis Sarjana Muda Sains. Universiti Putra Malaysia.
- Collin, J. A. A. 2008. *Aplikasi GIS dalam Peanggaran Kadar Hakisan Tanah berdasarkan Model Universal Soil Loss Equation (USLE): Kajian Kes Lembangan Sungai Likas dan Sungai Inanam*. Tesis Sarjana Muda. Universiti Malaysia Sabah.

- Edzrol Tamin. 2005. *Penilaian Beberapa Parameter Kualiti Air di Tasik SST (UMS) dan Sungai Likas, Sabah*. Tesis Sarjana Muda Sains. Universiti Malaysia Sabah.
- ESRI. 2001. *ArcGIS Spatial Analysis: Advanced GIS Spatial Analysis Using Raster and Vector Data*. Redlands. ESRI Press Publishing.
- ESRI. 2004. ArcGIS 9: Spatial Analyst in ArcGIS. Redlands: ESRI Press Publishing.
- Faridah, Mohd Harun Abdullah and Maketab Mohamed. 2004. *Urban River Pollution in Sabah – A Case Study of Sembulan River*. Universiti Kebangsaan Malaysia., hlm. 299 – 310.
- Foth, H. J. W. 1978. *Fundamentals of Soil Science* (6th edition). John Wiley and Sons.
- George, X., Mike, C. and Junshan, S. 2007. An Analysis of Urban Development and its Environmental Impact on the Tampa Bay Watershed. *Journal of Environmental Management* **85**: 965 – 976.
- Greve, W. 1990. *Water Quality Including the Ecosystem in Estuarine Water Quality Management*. Berlin: Springer.
- Haliza Abdul Rahman. 2007. *Suatu Tinjauan Terhadap Isu Pencemaran Sungai di Malaysia*. Tesis Sarjana Muda Sains. Universiti Sains Malaysia.
- Harrison, R. M. 1992. *Understanding Our Environment: An Introduction To Environmental Chemistry and Pollution*. Royal Society of Chemistry: Cambridge.
- Hoo, L. S., Abdullah Samat dan Mohd Rozali Othman. 2006. Indeks Kualiti Air Negara (IKAN) Sistem Sungai Labu. *Journal of Analytical Sciences* **10**: 7 – 14.
- How, P. H. 2008. GIS Satu Pendekatan Praktikal. Universiti Malaysia Sabah. Sabah.
- Jabatan Alam sekitar (JAS). 1990. *Development of a Quality Index System for Water Quality Management dalam Projek Pembentukan Kriteria dan Standard Kualiti Air (FASA II)*. Syed Muhammad Hooi dan Binnie Sdn. Bhd. Laporan Perunding.
- Jabatan Alam Sekitar (JAS). 1995. *Laporan Kualiti Alam Sekitar di Malaysia 1995*. Kuala Lumpur: Jabatan Kementerian Sains Teknologi dan Alam Sekitar Malaysia.
- Jabatan Alam Sekitar (JAS). 1997. *Laporan Kualiti Alam Sekitar di Malaysia*. Jabatan Kementerian Sains dan Teknologi dan Alam Sekitar Malaysia.
- Jabatan Alam Sekitar (JAS). 2001. *Laporan Kualiti Alam Sekeliling 1991*. Wilayah Persekutuan Labuan. Sabah.
- Jabatan Alam Sekitar (JAS). 2002. *Laporan Kualiti Alam Sekeliling 1992*. Wilayah Persekutuan Labuan. Sabah.
- Jabatan Alam Sekitar (JAS). 2004. *Laporan Kualiti Alam Sekeliling 1994*. Wilayah Persekutuan Labuan. Sabah.

- Jabatan Pertanian Malaysia. 2001. *Manual Kerja Pengembangan Tanaman Ladang*. Jabatan pertanian, Malaysia.
- Jabatan Pertanian (SABAH). 2000. Peta Guna Tanah Kota Kinabalu. No Siri: LU-5-116-01 KK NW-2000.
- Jabatan Ukur dan Pemetaan (JUPEM). 1996. Peta Topografi Kota Kinabalu. No Siri: T 738 Lembar 7429.
- Jackson, G. B. 1993. *Applied Water and Spentwater Chemistry: Laboratory Manual*. Van Nostrand Reinhold. New York.
- Jamaludin. 1996. *Impak Pembangunan Terhadap Alam Sekitar*. Tesis Sarjana Muda. Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Jaafarzadeh, N., Morovati, K. and Kabi, H. 1998. Effect of Wastewater of Agriculture and Industrial on Water Quality of Dez River. *Proceedings of the 5th International Conferences of River Engineering (ICRE'98)*, Ahvaz, Iran : 343 – 348.
- Jinzhu, M., Zhenyu, D., Guoxiao, W., Hua, Z. and Tianming, H. 2008. Sources of Water Pollution and Evolution of Water Quality in the Wuwei Basin of Shiyang River, Northwest China. *Journal of Environmental Management* **90** (2): 1168 – 1177.
- Jun, Y. H., Min, S. Z., Ping, Z. J. and Hua, W. W. 2007. Water Quality Characteristics Along the Course of the Huangpu River (China). *Journal of Environmental Science* **19**: 1193 – 1198.
- Kamaruddin Ngah. 1993. *Peraturan dan Kawalan Guna Tanah Bandar*. Dewan Bahasa dan Pustaka. Kuala Lumpur.
- Katiman Rostam. 1988. *Pengantar Geografi Bandar*. Dewan Bahasa dan Pustaka. Kuala Lumpur.
- Land Ordinance. 1996. *Jabatan Percetakan Kerajaan Negeri Sabah*. Kota Kinabalu Sabah.
- Lamb, J. C. 1985. *Water Quality and its Control*. John Wiley and Sons.
- Lee, S. W. 2009. *Kualiti Air di Hulu dan Hilir Sungai Likas*. Tesis Sarjana Muda Sains. Universiti Malaysia Sabah.
- Lee, J. H. and Wu, K. W. 2000. *Environment Pollution Conservation and Planning*. Chugh Publication. India.
- Li, Z., Li, X., Wang, Y., MA, A. and Wang, J., 2004. Land – Use Change Analysis in Yulin Prefecture, Northwestern China Using Remote Sensing and GIS. *Journal of Remote Sensing* **25**: 5691 – 5703.
- Lim, S. H., Abdullah Samat dan Mohd. Rozali Othman. 2006. Indeks Kualiti Negara (IKAN) Sistem Sungai Labu. *Malaysia Journal of Analytical Science* **10**: 7 – 14.

- MACRES. 2009. Malaysian Centre for Remote Sensing: Quickbird.
- Martha, M. B., Gerard, G., Costas, K., Veerle, V., Kristof, V. O. and Mark, R. 2005. Soil Erosion as a Driver of Land Use Change. *Journal of Agricultural Ecosystem Environment* **105**: 467 – 481.
- Mather, J. 1986. *A Critereon For Nonexistence of Invariant Circles*. Isst. Hautes Etodes Science Publication.
- Mazlin, Ismail dan Agnes, P. 2001. Kualiti Air di Sekitar Kawasan Perindustrian Balakong, Lembangan Langat. *Malaysian Journal of Analytical Sciences* **7**: 129-138.
- Miller, G. T. 1995. *Environmental Science*. Ed. ke-5. Wardsworth Publishing Company. Belmont, California.
- Mitchell, M. and Stapp, W. 1993. *Field Manual for Water Quality Monitoring*. Thompson - Shore Printers. United States of America.
- Mitchell, A. 1999. *The ESRI Guide to GIS Analysis. Volume 1: Geographic Patterns and Relationships*. Environmental Systems Research Institute. California.
- Mohamad Shukri Ahmad. 2002. *Status Semasa Kualiti Air, Sungai Likas*. Tesis Sarjana Muda Sains. Universiti Malaysia Sabah.
- Mucher, C. A., Steinnocher, K. T. and Kressler, E. P. 2000. Land Cover Characterization and Change Detection for Environmental Monitoring of Pan-Euro. *Journal of Remote Sensing* **21** (6): 1159 – 1181.
- Mulligan, C. N., Davarpanah, N., Fukue, M. and Inoue, T. 2009. Filtration of Contaminated Suspended Solida for the Treatment of Surface Water. *Journal of Chemosphere* **74**: 779 – 786.
- Murshedza, Rakmi dan Ghazally. 1984. *Garis Dasar Kualiti Air Kabuk Sugut*, Selangor. Tesis Sarjana Muda. Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Norhayati, Suhaimi, Siti Rosnani, Suhairul Nizam, Norashiqin dan Law, A. T. 2005. Penentuan Indeks Kualiti Air dan Nutrient Terlarut di Sungai Nerus, Terengganu. *Malaysian Journal of Analytical Sciences* **8**: 193-197.
- Novotny, V. 1995. *Non-Point Pollution and Urban Stormwater Management*. Technomic Publishing Company. Pennsylvania.
- O' Shea, L. 2002. *An Economic Approach to Reducing Water Pollution: Point and Diffuse Sources Water Resources*. Penwell Publishing.
- Osborne, L. L. and Wiley, M. J. 1988. Empirical Relationship Between Land Use / Cover and Stream Water Quality in Agricultural Watershed. *Journal of Environmental Management* **26**: 9 – 27.
- Petts, G. and Calow, P. 1996. *River Restoration*. Blackwell Science Limited. Oxford.

- Radojevic, M., Mohd Harun Abdullah dan Ahmad Zaharin Aris. 2007. *Analisis Air*. Scholar Press.
- Rafidah Mohd Sobari. 2000. *Status Semasa Kualiti Air Sungai, Likas Sabah*. Tesis Sarjana Muda Sains. Universiti Malaysia Sabah.
- Rump, H. H. and Krist, H. 1988. *Laboratory Manual for the Examination of Water, Wastewater and Soil* (2nd edition). Weinheim: VCH.
- Ruslan Rainis. 1994. *Perkembangan Teknik dalam Geografi: Sistem Maklumat Geografi dan Penderiaan Jauh*. Dalam Abibullah Hj. Samsuddin (1994). *Isu-isu Alam Sekitar dalam Geografi*. Dewan Bahasa dan Pustaka. Kuala Lumpur.
- Salleh Buang. 1993. *Undang-undang Tanah di Malaysia*. Dewan Bahasa dan Pustaka. Kuala Lumpur.
- Shaheen. 1992. *Technology of Environmental Pollution* (2nd edition). Penwell Publishing. Oklahoma.
- Smith, M. J., Goodchild, M. F. and Longley, P. A. 2007. *Geospatial Analysis: A Comprehensive Guide to Principles, Techniques and Software Tools*. Matador Publishing. United Kingdom.
- Siyue, L., Sheng, G., Wenzhi, L., Hongyin, H. and Quanfa, Z. 2008. Water Quality in Relation to Land Use and Land Cover in the upper Han River, Basin, China. *Journal of Hazardous Material* **165**: 317 – 324.
- Suhaimi, Norhayati and Mohammed. 2004. The Water Quality Index of the Setiu River, Terengganu. *ACGC Chemical Research Communications* **17**: 38-44.
- Suhaimi, Asmadi dan Lo, T. T. 2005. Penilaian Indeks Kualiti Air di Lembangan Sungai Ibai, Terengganu. *Sains Malaysiana* **34**: 55-59.
- Suhaimi, Norhayati, Lee, C. Y. dan Siti Rohayu. 2006. Kesan Monsun terhadap Kualiti Air di Lembangan Sungai Besut, Terengganu. *Malaysian Journal of Analytical Sciences* **10**: 143-148.
- Tchobanoglou, G. and Schroeder, E. 1987. *Water Quality: Characteristic, Modeling and Modification*. Addison – Wesley Publishing Company. Canada.
- Tebutt, T. H. Y. 1988. *Prinsip Pengawalan Kualiti Air*. Penterjemahan Ruslan (Edisi ke-3). Shah Alam: Biro Teks ITM.
- Tripathy, G. K., 1999. Water Quality Monitoring Through GIS. *Proceedings of the International Conference on Geoinformatics Beyond 2000*, March 1999, Dehradun, India.
- Tword, A. C., Law, F. M dan Crowley, F. M. 1994. *Bekalan Air*. Terj. Kuala Lumpur: Gumeet, S., Kamaruzaman. Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Wan Azmi Ramli. 1993. *Dasar Sosial di Malaysia*. Golden Book Centre Sda. Bhd. Kuala Lumpur.

- Windom, H. L., Byrd, T., Smith, R. G. and Huan, F. 1991. In a Dequacy of NASQUAN Data for Assessing Metal Trends in the Nations River. *Journal of Environmental Sciences Technology* **25**: 1137 – 1142.
- Wulder, M. A. and Franklin, S. E. (eds). 2007. *Understanding Forest Disturbance and Spatial Data: Remote Sensing and GIS Approaches*. Boca Raton: CRC Press.
- Zainal Abidin Haji Hashim. 1993. *Alam Sekitar dan Pengurusannya di Malaysia*. Komuniti MAB dan UNESCO MAB., hlm. 405 – 407.
- Zarull, M. A., Hartig, J. H. and Krantzberg, G. 2001. Contaminated Sediment Remediation in the Laurentian Great Lakes: An Overview. *Journal of Water Quality Research* **36** (3): 351 – 365.
- Zulkifli Yusof, Siti Nazahiyah Rahmat, Kamarul Azlan Mohd Nasir and Maketab Mohamed. 2004. *Runoff Quality and Pollution Loadings from Residential and Comercial Catchments in Skudai, Johor*. Universiti Teknologi Malaysia.
- Zulkifli Yusof and Anhar Suki. 1994. Effects of Selective Logging Methods on Suspended Solid Concentrations and Turbidity Level in Streamwater. *Journal of Tropical Forest Science* **2**: 201 – 214.