

STATUS KUALITI AIR SUNGAI DI BEBERAPA KAWASAN LUAR BANDAR, DI NEGERI JOHOR DAN KESANNYA KEPADA KEHIDUPAN

*(THE STATUS OF RIVER WATER QUALITY IN SOME RURAL AREAS, IN
STATE OF JOHOR AND ITS EFFECTS TO LIFE)*

**Haryati Shafii, Nurasyikin Miskam, Azlina Md. Yassin
& Sharifah Meryam Shareh Musa**

Abstrak

Air merupakan keperluan asas manusia dan hidupan lain. Sumber air berpunca daripada sungai, saluran, parit, kolam dan sebagainya. Sungai merupakan sumber air semula jadi yang sangat penting bagi sesebuah habitat manusia. Di Malaysia, penilaian kualiti air ditentukan oleh Indeks Kualiti Air (IKA) yang dikeluarkan oleh Jabatan Alam Sekitar (JAS) berdasarkan kelas I, II, III dan IV. Kini pencemaran air turut berlaku di kawasan luar bandar dan telah menjejaskan kualiti air dan hidupan. Objektif penulisan ini adalah untuk menentukan kualiti air sungai di kawasan luar bandar berdasarkan IKA. Kajian telah dijalankan di beberapa batang sungai di kawasan luar bandar di negeri Johor bermula dari bulan Februari sehingga April 2015. Pensampelan kualiti air dilakukan sebanyak tiga kali di empat lokasi kajian berbeza. Penentuan kualiti air melibatkan pengukuran parameter pH, oksigen terlarut (DO), permintaan oksigen biokimia (BOD), permintaan oksigen kimia (COD), amoniakal nitrogen (AN) dan pepejal terampai (SS). Ukuran tersebut dihitung dan dijadikan IKA keseluruhan yang digunakan untuk mengklasifikasikan sungai sama ada sebagai tidak tercemar, sedikit tercemar, sederhana tercemar, tercemar dan sangat tercemar. Hasil kajian mendapati status tiga buah sungai mengalami pencemaran tahap tercemar (Kelas IV) dan sebuah sungai diklasifikasikan pada tahap sederhana tercemar (Kelas III). Kemerosotan status IKA bagi semua sungai yang dikaji bukan sahaja memberi kesan kepada hidupan air, bahkan membataskan penggunaan air kepada manusia, umpamanya untuk aktiviti harian.

Kata Kunci: Kualiti Air, Indeks Kualiti Air (IKA), luar bandar, sungai.

Abstract

Water is a basic requirement of human and other life. Water resources stems from rivers, streams, drains, ponds and so forth. The river is the natural water resources are very important for a human habitat. Malaysian water quality assessment is determined by the water quality Index (IKA) issued by the Department of environment (DOE) based on class I, II, III and IV. Now a water pollution also occurs in rural areas has affected the water quality and marine life. The objective of this writing is to determine river water quality in rural areas based on IKA. Kajian telah dijalankan di beberapa batang sungai di kawasan luar bandar di negeri Johor bermula dari bulan Februari sehingga April 2015. Water quality sampling was done three times in four different study locations. Determination of

water quality involves measurement parameters pH, dissolved oxygen (DO), biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), ammoniacal nitrogen (AN) and suspended solids (SS). The Measurements are made IKA the total calculated and used to classify the river either as untainted, slightly polluted moderately polluted, contaminated and polluted. The study found the status of three rivers polluted level contaminated (class IV) and a river are classified at the level of medium-polluted (class III). Deterioration of the status of IKA for all rivers surveyed not only affects marine life, even limiting water use to humans, for example, to daily activities.

Keywords: *Water quality, the water quality index (IKA), rural, River*

PENGENALAN

Sungai merupakan sumber air semula jadi yang sangat penting kepada manusia dan seluruh hidupan. Pembangunan yang pesat di kawasan luar bandar turut menyumbang kepada kemerosotan kualiti air sungai. Penempatan manusia yang dibina berhampiran dengan sungai memburukkan lagi keadaan. Ini kerana sisa makanan dari kawasan perumahan telah di salur secara langsung ke sungai tanpa dirawat terlebih dahulu. Selain itu, kilang kecil (industri kecil dan sederhana), turut menyalurkan sisa dari industri yang tidak dirawat, seperti minyak, sisa pepejal dan sebagainya sebelum melalui proses rawatan yang sepatutnya.

Selain daripada itu, negeri Johor yang dominan dengan aktiviti perindustrian dan pertanian sawit, turut menyumbang sisa industri dan pertanian ke sungai seperti sisa minyak, baja, racun dan sebagainya (Haryati Shafii & Nurasyikin Miskam 2017). Akibatnya air sungai menjadi tercemar dan sangat tercemar walaupun terletak di kawasan luar bandar. Pencemaran kualiti air yang tidak terkawal boleh mengakibatkan bencana kepada manusia, seperti kesan kepada kesihatan manusia, kematian dan kepupusan hidupan air, dan kesan kepada alam sekitar secara keseluruhannya. Air sungai yang kotor bukan sahaja tidak sesuai untuk diminum, bahkan untuk aktiviti riadah dan rekreasi juga tidak digalakkan. Ini kerana air merupakan agen penyebar penyakit yang aktif. Antara penyakit bawaan air yang boleh berjangkit dan telah dikenal pasti adalah hepatitis, taun dan kegatalan kulit. Walau bagaimanapun isu pencemaran alam sekitar bukanlah perkara yang baharu di Malaysia dan perlu ditangani bersama (Siti Aznor Ahmad & Anis Shuhaiza 2012).

Masalah pencemaran air sungai seharusnya dipandang serius dan perlu ditangani dengan segera oleh pihak berkuasa kerana sungai merupakan sumber air yang paling utama di Malaysia. Sekiranya fenomena ini berterusan, tidak mustahil rangkaian sungai di seluruh negara turut tercemar. Kualiti air yang sihat adalah antara penyumbang yang penting ke arah kualiti hidup yang lebih baik (Haryati Shafii & Nurasyikin Miskam 2017). Maka, atas keperluan tersebut, objektif penulisan makalah ini adalah untuk menentukan status kualiti air sungai di kawasan luar bandar di negeri Johor berdasarkan IKA yang dikeluarkan oleh JAS. Penentuan ini sangat penting memandangkan kawasan luar bandar kini turut mengalami masalah pencemaran alam sekitar. IKA ditentukan berdasarkan himpunan beberapa parameter serta menentukan kepelbagaian penggunaan air di sungai yang terpilih berdasarkan Piawaian Interim Kualiti Air Kebangsaan (INWQS).

PUNCA-PUNCA PENCEMARAN AIR SUNGAI DI KAWASAN LUAR BANDAR

Secara umumnya pencemaran sungai adalah berpunca daripada aktiviti manusia yang tidak terkawal. Pembangunan perumahan dan kumbahan domestik, pembangunan gunatanah dan penyediaan infrastruktur, penanaman sawit dan getah serta perindustrian merupakan antara punca-punca pencemaran air sungai. Sungai Linggi di Negeri Sembilan misalnya, tercemar dengan kehadiran pepejal terampai (SS) dan pepejal terlarut (DS) dalam julat yang tinggi ekoran daripada pembukaan tanah dan penyediaan infrastruktur yang berhampiran (Mohd Suhaily Che Ngah & Mohd Bustaman Abd Aziz 2001). Manakala sungai-sungai di kawasan luar bandar bagi daerah yang terpilih iaitu Segamat, Parit Raja, Mersing dan Johor Bharu menunjukkan punca-punca pencemaran sungai adalah daripada aktiviti pertanian, perumahan dan aktiviti pembinaan. Jadual 1 menunjukkan antara

punca pencemaran air di kawasan luar bandar di Johor iaitu di kampung Paya Pulau Segamat, Parit Raja, Batu Pahat Johor, Kampung Sri Bahagia, Mersing dan Kampung Pok, Johor Baharu adalah seperti berikut:

Jadual 1. Punca-punca pencemaran air sungai di beberapa kawasan luar bandar Negeri Johor

Nama Kampung	Nama sungai	Bahan pencemar	Punca Pencemaran
Paya Pulau Segamat	Sungai Kenawar	Bahan pembinaan, sisa kumbahan	Aktiviti pembinaan
Parit Raja, Batu Pahat Johor	Sungai Sembrong	Asid, ammonia, baja, sisa kumbahan	Aktiviti pertanian
Kampung Sri Bahagia, Mersing	Sungai Mersing	Sisa kumbahan	Kawasan perumahan
Kampung Pok, Johor Baharu	Sungai Perpal	Sisa kumbahan,	Kawasan perumahan

Sumber: Nurasyikin Miskam 2015

Berdasarkan Jadual 1 jelas menunjukkan bahan pencemar yang terdapat di sungai-sungai di kawasan luar bandar adalah terdiri daripada sisa kumbahan, asid, ammonia, baja dan bahan pembinaan. Walaupun kawasan luar bandar dilihat agak terbatas pembangunannya, namun dengan transformasi yang turut melanda kawasan luar bandar, menjadikan kawasan ini turut menerima kesan positif dan negatif daripada pembangunan (Haryati Shafii & Nurasyikin Miskam 2017).

Tidak dapat dinafikan bahawa kepentingan air yang bersih adalah sangat penting untuk pelbagai aktiviti manusia terutama domestik, rekreasi dan sebagai habitat semula jadi hidupan air. Dalam arus pembangunan luar bandar yang kian rancak, keperluan terhadap air sungai yang bersih merupakan sesuatu yang harus diberi perhatian, memandangkan Dasar Alam Sekitar Negara (DSN), turut menggariskan keperluan pembangunan yang lestari iaitu seiring dengan kualiti alam sekitar dan masyarakatnya (Dasar Alam Sekitar Negara 2010).

Akta kualiti Alam Sekeliling yang diluluskan pada tahun 1974 merupakan peraturan, perintah dan piawaian berkaitan dengan pencemaran air daratan. Akta ini digunakan untuk menangani masalah pencemaran air di Malaysia. Akta ini agak menyeluruh di mana mengikut definisi akta ini, pencemaran merangkumi “apa-apa perubahan sama ada secara langsung atau tidak kepada sifat-sifat fizikal, bahan, kimia, atau biologi pada mana-mana bahagian alam sekeliling melalui tindakan melepaskan, mengeluarkan, meletakkan benda-benda berbahaya, pencemar atau bahan buangan yang menjejaskan kegunaan, menyebabkan bahaya atau kemungkinan bahaya kepada kesihatan, keselamatan atau kebajikan hidupan bumi yang terdiri daripada manusia, haiwan, tumbuh-tumbuhan sama ada udara, darat mahupun air atau mana-mana pelanggaran syarat, had atau sekatan yang dikenakan ke atas lesen yang dikeluarkan”(Siti Aznor Ahmad & Anis Shuhaiza 2012). Justeru, dengan penguatkuasaan akta ini diharapkan masalah pencemaran air yang kian meningkat terutama di kawasan bandar dan luar bandar dapat ditangani dengan bijak.

KAEDAH PENYELIDIKAN DAN STESEN PERSAMPELAN

Kajian ini telah dijalankan pada sekitar Februari hingga April 2015. Kaedah penyelidikan berasaskan experimental iaitu melibatkan pengambilan sampel di lapangan (sungai) kemudian dibawa ke makmal untuk ditentukan status kualiti air berdasarkan beberapa parameter penting yang telah ditentukan. Parameter yang dikaji adalah mengikut Jabatan Alam Sekitar Malaysia (JAS) yang telah menggunakan enam parameter utama untuk menilai tahap kualiti air sungai di Malaysia. Parameter tersebut ialah oksigen terlarut (DO), keperluan oksigen biokimia (BOD), keperluan oksigen kimia (COD), pepejal terampai (TSS), ammoniakal nitrogen ($\text{NH}_3\text{-N}$), suhu dan kadar keasidan dan kealkalian (pH).

Stesen Pensampelan

Proses pengumpulan data bagi menentukan tahap kualiti air di kawasan luar bandar dilakukan dengan mengambil sampel air daripada aliran empat buah sungai di empat buah kawasan kajian di negeri Johor seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 2. Setiap sungai mewakili setiap kawasan kajian. Pengambilan air sungai dilakukan di sepanjang sungai yang melalui kawasan kajian dengan pembahagian kepada tiga stesen iaitu hulu sungai, pertengahan sungai dan hilir sungai. Sebanyak tiga stesen pensampelan ditetapkan di setiap sungai iaitu di Stesen 1 mewakili bahagian hulu sungai, Stesen 2 mewakili bahagian pertengahan sungai dan Stesen 3 mewakili bahagian hilir sungai di semua kawasan kajian.

Jadual 2. Lokasi empat kawasan kajian dalam daerah berbeza

Daerah	Lokasi kajian	Koordinat
Segamat	Kampung Paya Pulau	U2°29'47.24" T102°49'2.82"
Batu Pahat	Pekan Parit Raja	U1°51'45" T103°6'25"
Mersing	Kampung Sri Bahagia	U2°26'0" T103°50'0"
Johor Bahru	Kampung Pok	T1°21'47" U103°35'13"

Pensampelan kualiti air sungai merangkumi prosedur pengambilan sampel air di tapak dan proses uji kaji di makmal. Bagi kajian ini, pensampelan air dilakukan di sungai yang mengalir melalui kawasan kajian untuk mengetahui status kualiti air sungai sama ada tercemar atau sebaliknya. Pengambilan air sungai dilakukan di sepanjang sungai yang melalui kawasan kajian dengan pembahagian kepada tiga stesen iaitu hulu sungai, pertengahan sungai dan hilir sungai.

Menurut American Public Health Association (1995), terdapat tiga kaedah pensampelan iaitu pensampelan cekau (*grab samples*), sampel komposit (*composite samples*) dan sampel bersepadu (*integrated samples*). Dalam kajian ini, sampel cekau dan sampel komposit digunakan yang mana kaedah sampel cekau diambil menggunakan tangan bagi air sungai yang mudah untuk diambil berdasarkan faktor kesesuaian lokasi, kedalaman dan dalam tempoh masa yang singkat. Kaedah sampel komposit pula dilakukan bagi sungai yang besar, dengan kedalaman dan kelebaran yang sukar dicapai dengan tangan. Maka, peralatan mengambil air *well boiler* digunakan.

Sampel air yang diambil di bawah paras permukaan sungai adalah sebanyak satu liter (1000 ml) bagi setiap stesen. Pengambilan sampel air dalam kajian ini tidak mengambil kira faktor luahan hujan kerana pengambilan sampel air dilakukan pada musim kering iaitu dari bulan Februari 2015 sehingga April 2015. Penerimaan hujan bagi satu-satu kawasan takungan air seperti sungai adalah sangat penting kerana ianya akan mempengaruhi kepekatan bahan pencemar yang terdapat dalam kandungan air tersebut.

Sampel air yang diambil seterusnya dibotolkan dan dilabelkan supaya mudah untuk dikenal pasti. Botol sampel air yang digunakan itu terlebih dahulu dibilas dengan air suling sebanyak tiga kali sebelum dibawa ke tapak kawasan kajian. Salah satu cara untuk mengelakkan berlakunya proses tindak balas biokimia, sampel air yang diambil perlu disimpan serta merta ke dalam bekas polistrena yang telah diisi dengan ketulan ais untuk memastikan suhu kurang atau bersamaan 4°C dan dibawa ke makmal untuk dianalisis selanjutnya.

Sampel air sungai yang diambil kemudiannya dianalisis di makmal berkaitan kualiti air iaitu di Makmal Kejuruteraan Persekitaran dan Makmal Kejuruteraan Air Sisa di Fakulti Kejuruteraan Awam dan Alam Sekitar Universiti Tun Hussein Onn Malaysia. Sebelum analisis makmal dilakukan, sampel air harus dibiarkan terlebih dahulu supaya suhunya mencapai suhu bilik. Suhu boleh mempengaruhi kejutuan nilai parameter yang diuji kerana lazimnya sensitif terhadap perubahan

suhu. Dalam konteks melihat status kualiti air di empat kawasan kajian tersebut, penilaian terhadap beberapa parameter utama kualiti air dibuat dan dianalisis untuk menentukan tahap pencemaran air sungai di kawasan kajian.

Parameter Kajian

Sebenarnya terdapat pelbagai parameter yang digunakan untuk menilai kualiti air sungai. Ini termasuklah parameter fizikal (pH dan oksigen terlarut), nutrien (ammonia dan fosfat) dan logam (kadmium dan ferum) (Nunes, Ferreira Da Silva & De Almeida 2003; Tsegaye et al. 2006; Meeroff et al. 2008). Namun begitu, Jabatan Alam Sekitar Malaysia (JAS) telah menggunakan enam parameter utama sahaja untuk menilai tahap kualiti air sungai iaitu oksigen terlarut (DO), keperluan oksigen biokimia (BOD), keperluan oksigen kimia (COD), pepejal terampai (TSS), ammoniakal nitrogen ($\text{NH}_3\text{-N}$), suhu dan kadar keasidan dan kealkalian (pH).

Parameter pH dan DO diukur secara *in situ* manakala, penentuan nilai parameter BOD, COD, AN dan SS ditentukan berdasarkan kaedah piawai melalui ujian analisis air yang dilakukan di makmal (American Public Health Association 1995) dan ianya berbeza-beza antara satu parameter dengan parameter yang lain. Analisis dilakukan berdasarkan nilai daripada tiga bacaan yang dipuratakan untuk memastikan ketepatan nilai bacaan setiap parameter.

Nilai yang diperoleh kemudiannya dikelaskan dengan merujuk kepada Piawai Interim Kualiti Air Kebangsaan (INWQS) (Jabatan Alam Sekitar Malaysia 2003) seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 3. INWQS terdiri daripada enam kelas iaitu Kelas I, IIA, IIB, III, IV dan V yang merujuk kepada pengelasan sungai-sungai di Malaysia. Kualiti air sungai dianggap sesuai digunakan untuk penggunaan khusus selagi ianya berada dalam julat yang dinyatakan bagi setiap kelas yang ditetapkan.

Jadual 3. Piawaian Interim Kualiti Air Kebangsaan

Parameter	Unit	Kelas					
		I	IIA	IIB	III	IV	V
pH	-	6.5-8.5	6-9	6-9	5-9	5-9	-
DO	mg/L	7	5-7	5-7	3-5	<3	<1
BOD	mg/L	1	3	3	6	12	>12
COD	mg/L	10	25	25	50	100	>100
SS	mg/L	25	50	50	150	300	300
AN	mg/L N	0.1	0.3	0.3	0.9	2.7	>2.7

Nota:

Kelas Penggunaan

- Kelas I - Pemeliharaan untuk persekitaran semula jadi.
Bekalan air I – secara praktiknya tidak memerlukan rawatan.
Perikanan I – untuk spesies akuatik yang sangat sensitif.
- Kelas IIA
Bekalan air II – memerlukan rawatan konvensional.
Perikanan II – untuk spesies yang sensitif.
- Kelas IIB Sesuai untuk aktiviti rekreasi yang melibatkan sentuhan badan.
- Kelas III
Bekalan air III – untuk kegunaan bekalan air, memerlukan rawatan yang insentif minuman binatang ternakan.
- Kelas IV Pengairan tanaman.
- Kelas V Selain daripada yang dinyatakan di atas dan tidak sesuai digunakan.

Sumber: Jabatan Alam Sekitar Malaysia 2003

Dalam usaha untuk memudahkan jumlah data yang dikumpul kepada parameter yang disenaraikan dalam INWQS, sistem pengindeksan IKA digunakan. Keenam-enam parameter

tersebut telah diberikan pemberat atau nilai yang tertentu yang kemudiannya nilai-nilai tersebut akan dihipunkan dan diwakili oleh hanya satu nombor sahaja iaitu nilai Indeks Kualiti Air (IKA) (Sánchez et al. 2006; Bordalo, Teixeira & Wiebe 2006). Tujuan IKA adalah untuk meringkaskan nilai atau data kualiti air sungai ke dalam bahasa yang mudah untuk difahami oleh pelbagai pihak (Fulazzaky, Teng & Mohd Masirin 2010). Pengiraan untuk mendapatkan nilai IKA bukan semata-mata daripada setiap parameter tersebut tetapi diperoleh daripada beberapa sub-indeks yang telah ditetapkan iaitu SIDO, SIBOD, SICOD, SIAN, SISS dan SIPH. Jadual 4 menunjukkan kaedah pengiraan nilai yang melibatkan enam persamaan sub-indeks tersebut.

Jadual 4. Formula sub-indeks bagi pembangunan Indeks Kualiti Air

Parameter	Nilai	Persamaan sub-indeks
DO (% ketepuan)	$x \leq 8$	SIDO = 0
	$x \geq 92$	SIDO = 100
	$8 < x < 92$	$SIDO = 0.395 + 0.03x^2 - 0.0002x^3$
BOD (mg/L)	$x \leq 5$	SIBOD = $100.4 - 4.23x$
	$x > 5$	$SIBOD = 108^{-0.055x} - 0.1x$
COD (mg/L)	$x \leq 20$	SIBOD = $100.5 - 105x$
	$x > 20$	$SIBOD = 103e^{-0.573x} - 0.04x$
Ammonia nitrogen (mg/L N)	$x \leq 0.3$	SIAN = $100.5 - 105x$
	$0.3 < x < 4$	$SIAN = 94e^{-0.573x} - 5 \mid x-2 \mid$
	$x \geq 4$	SIAN = 0
TSS (mg/L)	$x \leq 100$	$SITSS = 97.5e^{-0.00676x} + 0.05x$
	$100 < x < 1000$	$SITSS = 71e^{-0.0016x} - 0.015x$
	$x \geq 1000$	SITSS = 0
pH	$x < 5.5$	$SIpH = 17.2 - 17.2x + 5.02x^2$
	$5.5 \leq x < 7$	$SIpH = -242 + 95.5x - 6.67x^2$
	$7 \leq x < 8.75$	$SIpH = 181 + 82.4x - 6.05x^2$
	$x \geq 8.75$	$SIpH = 536 - 77x + 2.76x^2$

Nota:

x – diperoleh dari ujian di makmal

SIDO – *Sub-Index* DO

SIBOD – *Sub-Index* BOD

SICOD – *Sub-Index* COD

SIAN – *Sub-Index* Ammonia nitrogen

SISS – *Sub-Index* TSS

SIpH – *Sub-Index* pH

Sumber: Jabatan Alam Sekitar 2003

Apabila setiap sub-indeks tersebut telah dikira, penentuan bagi mendapatkan IKA adalah berdasarkan kepada formula pengiraan seperti di bawah: -

$$IKA = 0.22 SIDO + 0.19 \times SIBOD + 0.16 \times SICOD + 0.15 \times SIAN + 0.16 \times SISS + 0.12 \times SIpH$$

Sumber: Jabatan Alam Sekitar 2003

Setelah nilai IKA diperoleh, penetapan kelas bagi setiap parameter dan air sungai yang digariskan oleh pihak JAS untuk menentukan status pencemaran adalah seperti ditunjukkan dalam Jadual 5. Nilai IKA terbahagi kepada enam kelas (I, II, III, IV dan V) yang mana Kelas I diklasifikasikan sebagai ‘tidak tercemar’ dan Kelas V merupakan ‘paling teruk’.

Jadual 5. Pengelasan Indeks Kualiti Air oleh Jabatan Alam Sekitar

Parameter	Kelas				
	I	II	III	IV	V
pH	>7	6-7	5-6	<5	>5
DO (mg/L)	>7	5-7	3-5	1-3	<1
BOD (mg/L)	<1	1-3	3-6	6-12	>12
COD (mg/L)	<10	10-25	25-50	50-100	>100
SS (mg/L)	<25	25-50	50-150	150-300	>300
Ammoniakal nitrogen (mg/L)	<0.1	0.1-0.3	0.3-0.9	0.9-2.7	>2.7
Indeks Kualiti Air	>92.7	76.5-92.7	51.9-76.5	31.0-51.9	<31.0
Status pencemaran	Tidak tercemar	Sedikit tercemar	Sederhana tercemar	Tercemar	Sangat tercemar

Sumber: Jabatan Alam Sekitar 2003

KUALITI AIR SUNGAI DAN KESANNYA KEPADA HIDUPAN

Hasil analisis ke atas setiap parameter kualiti air sungai di kawasan luar bandar adalah seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 6.

Keputusan Analisis Parameter pH

Pengukuran parameter pH merupakan sukatan bagi menentukan sifat keasidan dan kealkalian sesuatu sampel air berdasarkan kepada kepekatan ion hidrogen (Metcalf & Eddy et al. 2003; Sawyer, Mc Carty & Parkin 1994). Nilai pH biasanya diukur pada skala 0 hingga 14 yang mana nilai 7.0 adalah neutral. Nilai yang kurang daripada 7.0 adalah bersifat asid manakala yang melebihi 7.0 bersifat alkali. Organisma dalam air seperti ikan boleh hidup dengan baik pada paras pH antara 6.0 hingga 8.5 dan ianya sangat sensitif terhadap perubahan pH kerana perubahan ini mempengaruhi proses pembiakan hidupan air (Furon 1967; Saludin, Awang & Khairul Amri 2006). Nilai pH juga merupakan parameter kualiti air yang diukur di tapak kajian. Nilai purata pH yang sesuai menurut Piawaian Interim Kualiti Air Kebangsaan (INWQS) berada dalam Kelas III dengan bacaan pH pada 5 – 9.

Sepanjang kajian dijalankan, nilai purata pH terendah yang diperoleh adalah di sungai Pekan Parit Raja, Batu Pahat iaitu 3.51 iaitu berada dalam Kelas V berdasarkan INWQS yang mana membuktikan air di kawasan tersebut adalah berasid. Ini disebabkan kawasan persekitaran stesen tersebut berhampiran dengan ladang kelapa sawit. Keadaan ini disebabkan oleh penggunaan baja yang mempunyai kandungan ammonia yang tinggi di ladang kelapa sawit yang menyebabkan penurunan dalam nilai pH. (Tan & Ng 1980; Mokhtar, Ismail & Agnes et al. 2001; Suhaimi, Norhayati, & Mohammed et al. 2004).

Sementara itu, di Kampung Paya Pulau, Segamat dan Kampung Sri Bahagia, Mersing mencatatkan nilai purata pH di atas nilai 7.0 dengan bacaan purata masing-masing 7.29 dan 7.06. Hal ini menunjukkan sungai tersebut masih sesuai untuk hidupan akuatik termasuk sungai di Kampung Pok, Johor Bahru dengan bacaan purata pH 6.70. Berdasarkan hasil kajian, terdapat tiga buah sungai berada dalam Kelas III mengikut pengelasan INWQS. Manakala sungai di Parit Raja, Batu Pahat berada dalam Kelas V.

Analisis Parameter Oksigen Terlarut (DO)

Parameter oksigen terlarut (DO) merupakan ukuran kualiti air yang paling penting dan merupakan kandungan oksigen yang terlarut di dalam aliran air sungai. Ianya merupakan unsur terpenting terhadap kehidupan akuatik menjalankan proses pernafasan (Ali et al. 1999) dan untuk pengawalan kualiti air (Carlo 2000). Oleh itu, kandungan DO haruslah tinggi agar sistem ekologi air tidak

terganggu. Apabila kandungan DO dalam air adalah tinggi maka tahap pencemaran adalah rendah dan begitu juga yang sebaliknya. Kadar kandungan DO adalah berbeza-beza di sepanjang sungai yang mana di bahagian hulu sungai yang mempunyai aliran arus deras serta kurangnya aktiviti manusia secara umumnya mempunyai kandungan DO yang tinggi.

Manakala aliran arus air yang agak tenang di bahagian tengah dan hilir sungai serta terdedah kepada sisa kumbahan berpunca daripada aktiviti perbandaran, pertanian dan perikanan menyumbang kepada pengurangan kandungan DO (Suratman, Asmadi & Lo 2005). Sisa kumbahan ini kebiasaannya mengandungi bahan organik yang tinggi yang memerlukan aktiviti mikroorganisma untuk menguraikannya. Penguraian tersebut menggunakan DO yang terdapat di dalam air dan menyebabkan kandungan DO menjadi rendah (Mokhtar, Ismail & Ng 2001). Fenomena ini membuktikan kawasan sungai yang mempunyai nilai DO yang rendah dengan nilai BOD yang tinggi dikategorikan sebagai mengalami pencemaran (Terbutt 1983). Piawaian Interim Kualiti Air Kebangsaan (INWQS) menetapkan tahap kandungan DO yang sesuai dalam sungai adalah antara 3-5 mg/L yang terletak dalam Kelas III.

Berdasarkan hasil kajian, bagi keempat-empat sungai didapati mempunyai julat nilai purata DO yang hampir sama yang mana nilai yang tertinggi adalah di sungai di Kampung Sri Bahagia, Mersing iaitu 8.87 mg/L. Diikuti dengan sungai di Pekan Parit Raja, Batu Pahat dengan bacaan sebanyak 8.60 mg/L dan sungai di Kampung Pok, Johor Bahru adalah 8.36 mg/L. Secara keseluruhannya, keputusan kajian mendapati kepekatan DO adalah tinggi di kawasan hilir sungai jika dibandingkan dengan kawasan di hulu sungai kecuali di Kampung Pok yang menunjukkan keputusan sebaliknya.

Nilai purata DO yang terendah adalah sebanyak 6.70 mg/L di sungai Kampung Paya Pulau, Segamat. Kepekatan DO yang rendah di sungai Kampung Paya Pulau ini disebabkan wujudnya aktiviti memperbesarkan jambatan dan dipercayai telah mengalirkan sisa-sisa pembinaan di sepanjang sungai berkenaan. Secara keseluruhannya, nilai kandungan kepekatan DO yang dicatatkan di kesemua sungai berada di Kelas I iaitu di atas had piawaian INWQS.

Analisis Parameter Permintaan Oksigen Biokimia (BOD)

Permintaan oksigen biokimia (BOD) ialah kuantiti oksigen yang diperlukan oleh bakteria dan mikroorganisma untuk melakukan penguraian ke atas bahan cemar organik secara semula jadi dalam suhu piawai (Metcalf & Eddy 2003). Parameter BOD memainkan peranan yang penting dalam menentukan tahap pencemaran air (Abdul Aziz 1999). Ujian ini dijalankan berdasarkan kepada perubahan paras oksigen terlarut di dalam air sungai. Ia dianggap penting dalam pengawalan kualiti air dan pencemaran.

BOD dijadikan penunjuk kepada darjah pencemaran yang disebabkan oleh bahan buangan industri, domestik dan sisa pertanian (Rai et al. 1996; Atsushi et al. 2005; Nayan et al. 2009). Nilai BOD yang tinggi menunjukkan bahawa air yang diuji adalah tercemar (Peavy, Rowe & Tchobanoglous 1986). Nilai BOD yang tinggi bermakna terdapatnya banyak bahan tidak organik yang boleh diuraikan oleh mikroorganisma dan lebih banyak oksigen yang digunakan (Suratman & Mohd Tahir 2013). Nilai BOD yang sesuai adalah tidak melebihi 6 mg/L dalam Kelas III berdasarkan Piawaian Interim Kualiti Air Kebangsaan (INWQS).

Melalui hasil analisis yang dilakukan, menunjukkan tiada stesen yang melebihi julat kepekatan BOD yang ditetapkan mengikut INWQS. Nilai purata BOD yang tertinggi dicatatkan di sungai di Pekan Parit Raja, Batu Pahat dan di Kampung Sri Bahagia, Mersing iaitu 0.004 mg/L. Manakala nilai purata BOD terendah adalah 0.003 mg/L iaitu di sungai di Kampung Paya Pulau, Segamat dan Kampung Pok, Johor Bahru. Didapati nilai purata di semua sungai adalah hampir sama dan nilainya adalah berada di bawah nilai 1.0 mg/L maka ianya berada dalam Kelas I mengikut INWQS. Secara teori, kandungan BOD adalah berkait rapat dengan kandungan DO di dalam sesebuah sungai yang mana semakin tinggi kandungan DO di sesebuah sungai maka semakin rendah kandungan BOD

sungai tersebut (Terbutt 1983) dan perkaitan tersebut dapat dilihat hasil daripada kajian yang dilakukan. Hasil ujian BOD yang dilakukan dapat disimpulkan bahawa walaupun terdapat aktiviti pertanian, perikanan, kerja pembinaan dan pelepasan sisa kumbahan berhampiran semua sungai namun ianya masih dalam keadaan terkawal.

Analisis Parameter Permintaan Oksigen Kimia (COD)

Ujian permintaan oksigen kimia (COD) dijalankan bagi mengukur jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidakan bahan organik secara kimia dan boleh menentukan kualiti air (Sawyer et al. 1995; Metcalf & Eddy 2003; Nayan et al. 2009). Nilai COD adalah penting untuk mengetahui jumlah bahan kimia terlarut yang terdapat di dalam kandungan air sungai dan secara tidak langsung boleh mengukur jumlah komponen organik di dalam air. Nilai COD biasanya lebih tinggi daripada nilai BOD kerana semua bahan organik diuraikan, manakala dalam BOD hanya sebahagian daripada bahan organik sahaja diuraikan. Mengikut Piawaian Interim Kualiti Air Kebangsaan (INWQS) untuk Kelas III, nilai COD yang sesuai adalah tidak melebihi 50 mg/L.

Daripada dapatan hasil kajian, terdapat dua buah sungai didapati kepekatan kandungan COD melebihi piawaian yang ditetapkan. Nilai purata COD yang tertinggi dicatatkan di sungai Kampung Paya Pulau, Segamat dengan bacaan 113.9 mg/L dan berada dalam Kelas V berdasarkan Piawaian Interim Kualiti Air Kebangsaan (INWQS). Julat nilai kepekatan COD adalah tinggi di hilir (Stesen 1) dan hulu sungai (Stesen 3) disebabkan kerja-kerja pembinaan membesarkan jambatan dan melebarkan sungai sedang dijalankan.

Diikuti dengan sungai di Kampung Pok, Johor Bahru dengan nilai purata 75.2 mg/L yang berada di Kelas V mengikut INWQS. Hasil analisis yang dilakukan menunjukkan bahagian hilir sungai di Kampung Sri Bahagia, Mersing mempunyai nilai kepekatan COD yang tinggi disebabkan oleh pengaruh kandungan air masin (Terbutt 1983) yang telah bercampur dengan air sungai kerana stesen tersebut terletak berhampiran dengan laut dan banyak bot milik masyarakat tempatan yang terlibat dengan aktiviti perikanan di stesen tersebut. Manakala, nilai purata COD yang terendah dicatatkan di sungai Kampung Sri Bahagia, Mersing iaitu 21.8 mg/L dengan kedudukannya berada dalam Kelas I berdasarkan INWQS.

Analisis Parameter Ammoniakal Nitrogen (AN)

Parameter ammoniakal nitrogen (AN) digunakan sebagai penunjuk utama kepada kehadiran kumbahan manusia dan haiwan, buangan domestik, bandar dan industri serta baja pertanian (Margerat 1986; Peavy, Rowe & Tchobanoglous 1986; Ma'arof & Ang 2015). Kandungan AN yang tinggi di dalam air menunjukkan berlakunya pencemaran dengan kehadiran bahan organik yang sangat tinggi (Saludin, Awang & Khairul Amri 2006). Kandungan AN dalam sungai yang sesuai untuk bekalan air mengikut Piawaian Interim Kualiti Air Kebangsaan (INWQS) bagi Kelas III adalah tidak melebihi 0.9 mg/L. Jadual 5.11 menunjukkan keputusan hasil analisis yang dijalankan di makmal dan Rajah 5.15 pula mempamerkan perbandingan dengan piawaian secara graf nilai purata AN untuk setiap sungai kawasan kajian.

Daripada analisis yang dijalankan menunjukkan daripada segi nilai purata AN, semua sungai di kawasan kajian menunjukkan kepekatan parameter yang melebihi piawaian yang ditetapkan. Sungai di Pekan Parit Raja mencatatkan nilai purata kepekatan AN yang tertinggi dengan bacaan 6.4 mg/L dan berada dalam Kelas V mengikut pengelasan INWQS. Keputusan kajian menunjukkan terdapatnya kepekatan ammonia di hulu sungai (Stesen 1) dan semakin meningkat di pertengahan sungai (Stesen 2). Namun nilai kepekatan terus menyusut di hilir sungai (Stesen 3).

Fenomena ini mungkin disebabkan Stesen 1 dan Stesen 2 terdedah dengan sisa kumbahan domestik dari penempatan penduduk yang berhampiran, hasil pencemaran daripada aktiviti perindustrian dan pembuangan sampah. Manakala Stesen 3 hanya terdapat sedikit aktiviti penanaman kelapa sawit di kawasan tersebut maka kadar penggunaan baja adalah dalam skala yang

kecil. Selain itu juga, kedudukan Stesen 3 yang agak jauh dengan kediaman penduduk dan kawasan perindustrian.

Nilai purata kepekatan AN yang terendah adalah di sungai Kampung Pok, Johor Bahru iaitu 1.1 mg/L serta berada pada Kelas III berdasarkan INWQS. Ini kerana hanya terdapat sedikit sahaja aktiviti yang melibatkan penanaman kelapa sawit di kawasan sungai tersebut. Secara keseluruhannya, kesemua sungai di kawasan kajian menunjukkan kepekatan AN melebihi piawaian yang ditetapkan oleh INWQS iaitu 0.9 mg/L.

Analisis Parameter Pepejal Terampai (SS)

Pepejal terampai (SS) terbahagi kepada dua jenis zarah organik dan zarah bukan organik yang bersaiz 10 mm hingga 0.001 mm (Ma'arof & Ang 2015). Zarah organik terdiri daripada alga, protozoa, bakteria dan sebagainya manakala zarah bukan organik pula seperti tanah liat, kelodak dan lain-lain pepejal terampai. Pepejal terampai organik ini boleh menghasilkan bau yang busuk, beracun dan berbahaya (Rahmat, Yusof & Mohamed 2004; Ang, Abdullah & Mohamed 2004).

Menurut Chapman & Kimstach (1996), SS biasanya berpunca dari sisa kumbahan perumahan dan industri, hakisan tanah dan aktiviti pengorekan dan pengambilan pasir sungai. Kandungan SS yang tinggi di dalam persekitaran akuatik boleh menghalang penelusan cahaya matahari daripada memasuki ke dalam sungai seterusnya menyebabkan proses fotosintesis terganggu (Peavy, Rowe & Tchobanoglous 1986; Clasen 1997; Nayan et al. 2009; Ali et al. 2000). Nilai SS yang ditetapkan oleh Piawaian Interim Kualiti Air Kebangsaan (INWQS) bagi Kelas III adalah 150 mg/L.

Berdasarkan analisis yang dilakukan, nilai purata kepekatan SS yang tertinggi direkodkan di sungai di Kampung Paya Pulau Segamat iaitu 68.9 mg/L dan berada dalam Kelas IIB mengikut INWQS. Keadaan ini mungkin berpunca daripada aktiviti memperbesarkan jambatan dan kerja-kerja melebarkan sungai di kawasan hulu (Stesen 1) dan hilir sungai (Stesen 2) yang menyebabkan sisa pembinaan telah mengalir masuk ke dalam sungai. Fenomena kepekatan SS ini salah satu punca yang boleh menyebabkan kandungan DO menjadi rendah (Fisher, Carlso & Barber 1982) dan telah dibuktikan dalam kajian ini.

Bagi nilai kepekatan SS terendah dicatatkan di sungai Kampung Sri Bahagia, Mersing dengan bacaan purata adalah 16.8 mg/L serta dikategorikan dalam Kelas I oleh INWQS. Secara keseluruhannya, didapati semua sungai tidak melebihi piawaian yang ditetapkan oleh INWQS. Peavy, Rowe & Tchobanoglous (1986), menjelaskan bahawa semakin banyak aktiviti guna tanah di sesebuah kawasan, semakin bertambah kandungan SS di dalam sungai berkenaan.

Status Pencemaran Air Berdasarkan Indeks Kualiti Air

Berdasarkan analisis yang dijalankan dan keputusan yang diperoleh untuk setiap parameter iaitu pH, oksigen terlarut (DO), permintaan oksigen biokimia (BOD), permintaan oksigen kimia (COD), amoniakal nitrogen (AN) dan pepejal terampai (SS), maka Indeks Kualiti Air (IKA) untuk setiap sungai dikira. Nilai purata (Jadual 6) bagi setiap parameter digunakan untuk mengira IKA kerana ianya meringkaskan kesemua data yang diperoleh daripada tiga kali aktiviti pensampelan yang dilakukan di samping lebih menggambarkan keadaan keseluruhan kualiti air sungai bagi setiap kawasan kajian. Setelah nilai purata bagi setiap parameter tersebut diperoleh, pengiraan diteruskan untuk mendapatkan beberapa sub-indeks yang ditetapkan iaitu SIpH, SIDO, SIBOD, SICOD, SIAN dan SISS. Setelah mendapatkan nilai sub-indeks bagi kesemua parameter, pengiraan bagi mendapatkan nilai IKA dilakukan.

Jadual 6. Nilai min dan sub-indeks bagi setiap parameter di semua sungai kawasan kajian

Lokasi kajian	pH		DO (mg/L)		BOD (mg/L)		COD (mg/L)		AN (mg/L)		SS (mg/L)	
	Min	SIpH	Min	SIDO	Min	SIBOD	Min	SICOD	Min	SIAN	Min	SISS
Kampung Paya Pulau, Segamat Pekan	7.29	98.18	6.70	0	0.003	100.39	113.9	12.68	6.0	0	68.9	64.9
Parit Raja, Batu Pahat	3.51	18.67	8.60	2.49	0.004	100.38	19.1	73.69	6.4	0	40.2	76.5
Kampung Sri Bahagia, Mersing	7.06	99.18	8.87	2.62	0.004	100.38	21.8	72.27	1.9	32.13	16.8	88.01
Kampung Pok, Johor Bahru	6.70	98.43	8.36	2.37	0.003	100.39	75.2	28.62	1.1	54.55	18.5	87.06

Nota: Min=nilai purata

: SIDO – Sub-Index DO; SIBOD – Sub-Index BOD; SICOD – Sub-Index COD; SIAN – Sub-Index AN; SISS – Sub-Index, SS; SIpH – Sub-Index pH.

Jadual 7. Perbandingan nilai Indeks Kualiti Air dan pengelasannya bagi semua sungai di kawasan kajian

Kawasan kajian	IKA	Kelas	Status
Kampung Paya Pulau, Segamat	43.27	IV	Tercemar
Pekan Parit Raja, Batu Pahat	51.89	IV	Tercemar
Kampung Sri Bahagia, Mersing	62.02	III	Sederhana tercemar
Kampung Pok, Johor Bahru	58.25	IV	Tercemar

Jadual 7 menunjukkan nilai IKA untuk kesemua sungai berserta pengelasannya. Julat nilai IKA bagi sungai di semua kawasan kajian adalah di antara 43.27 – 62.02. Sungai di Kampung Sri Bahagia, Mersing secara relatifnya mempunyai nilai IKA yang lebih baik jika dibandingkan dengan sungai di kawasan kajian yang lain dengan nilai IKA adalah 62.02 dan berada dalam Kelas III yang berstatus sederhana tercemar. Ini kerana di setiap stesen bagi sungai tersebut jauh daripada aktiviti guna tanah, pambandan dan perindustrian yang boleh menyumbang kepada pencemaran. Namun, berdasarkan kepada Piawaian Interim Kualiti Air Kebangsaan (Jabatan Alam Sekitar Malaysia 2003), air sungai tersebut turut memerlukan rawatan intensif sebelum dibekalkan untuk kegunaan penduduk. Selain itu juga, ianya sesuai untuk aktiviti perikanan spesies ternakan yang mempunyai nilai ekonomi.

Tiga sungai yang lain pula berada dalam Kelas IV yang berstatus tercemar dengan nilai IKA masing-masing adalah 43.27 di Kampung Paya Pulau, Segamat, 51.89 di Pekan Parit Raja, Batu Pahat dan 58.25 di Kampung Pok, Johor Bahru. Bagi status sungai Kelas IV ini jika merujuk kepada Piawaian Interim Kualiti Air Kebangsaan, air sungai yang terdapat di kawasan kajian hanya sesuai digunakan untuk aktiviti pertanian. Faktor utama yang menyumbang kepada kemerosotan nilai IKA di sungai di Kampung Paya Pulau, Segamat adalah disebabkan sisa pembinaan yang mana terdapatnya kerja-kerja memperbesarkan jambatan dan melebarkan sungai. Sisa ini menyebabkan nilai COD, AN dan SS adalah sangat tinggi. Begitu juga dengan sungai di Pekan Parit Raja, Batu Pahat yang mana nilai kepekatan SS dan AN yang tinggi menyumbang kepada peningkatan pencemaran berikutan sisa daripada baja pertanian, aktiviti perindustrian dan pembuangan sampah. Hasil kajian ini membuktikan perlunya pemantauan dilakukan secara berterusan terhadap kesemua sungai ini supaya penurunan kualiti air tidak terus berlaku. Jika ianya berlarutan, masalah

pencemaran ini mampu memberi kesan yang negatif kepada kesihatan dan kesejahteraan manusia serta sistem ekologi terganggu. Masalah ini harus dipandang serius kerana menurut Md. Jahi et al. (2005), sungai merupakan sumber air yang paling utama untuk kehidupan seharian.

KESIMPULAN

Secara keseluruhannya, berdasarkan hasil kajian yang dilakukan, keempat-empat air sungai berada dalam status; Tercemar (Kelas IV) - Sungai Kenawar, Sungai Sembrong dan Sungai Perpal manakala sederhana tercemar (Kelas III) - hanya Sungai Mersing. Punca pencemaran yang berlaku di sepanjang sungai adalah disebabkan terdapatnya kepelbagaian aktiviti manusia seperti perikanan, perindustrian, pertanian, pembinaan dan pembuangan sampah. Dalam hal ini, perancangan dalam pembangunan perlu melihat kepada setiap aspek alam sekitar secara teliti supaya pembangunan yang pada mulanya untuk meningkatkan taraf hidup tidak menjejaskan kualiti hidup manusia di dalam habitatnya. Alam sekitar perlu dijaga memandangkan ia sebahagian daripada ekosistem kehidupan manusia yang membawa makna kemusnahan alam sekitar membawa erti kehancuran hidup manusia itu sendiri. Pihak yang bertanggungjawab seharusnya peka dengan masalah yang dialami supaya tindakan yang sepatutnya boleh dilaksanakan.

RUJUKAN

- Abdul Aziz, H.1999. *Kejuruteraan Air Sisa: Kualiti Air dan Air Sisa*. Kuala Lumpur: Utusan Publications and Distributors
- Ali, M.B., Tripathi, R.D., Rai, U.N., Pal, A. & Singh, S.P. 1999. Physico-chemical Characteristics and Pollution Level of Lake Nainital: Role of Macrophytes and Phytoplankton in Biomonitoring and Phytoremediation of Toxic Metals Ions. *Chemosphere, Pergamon* 39(12): 2171-2182.
- Ali, M. Salam, Azeem, A. A., Shafique, M. & Khan, B.A. 2000. Studies on the Effect of Seasonal Variations on Physical and Chemical Characteristics of Mixed Water from River Ravi and Chenab Site. *Pakistan Journal Resources Science* 2: 11-17.
- American Public Health Association. 1995. *Standards Method for the Examination of Water and Wastewater*. 19th ed. Washington DC: American Public Health Association.
- Ang, F.M.L., Abdullah, M.H. & Maketab Mohamed, M. 2004. Urban River Pollution in Sabah: A Case Study of Sembulan River. *Proceeding of 2nd Bangi World Conferences on Environmental Management*. Bangi, Selangor. Centre for Graduate Studies Universiti kebangsaan Malaysia, Bangi.
- Atsushi, S. Ayumi, I. Jiro, A. and Teruyuki, U. 2000. Influence of Water and Sediment Quality on Benthic Biota in an Acidified River. *Water Research* 39: 2517-2526.
- Bordalo, A.A., Teixeira, R., & Wiebe, W.J. 2000. A Water Quality Index Applied to an International Shared River Basin: The Case of the Douro River. *Environmental Management* 38: 910-920.
- Carlo, N. 2000. Kesan Pengudaraan ke atas Kualiti Air Reservoir Tropika di Malaysia. Tesis Ph.D, Universiti Teknologi Malaysia.
- Chapman, D. & Kimstach, V. 1992. *The Selection of Water Quality Variable In: Water Quality Assessments*. London: Chapman and Hall Ltd.
- Clasen, J. 1997. Efficiency Control of Particles Removal by Rapid Sand Filters in Treatment Plants Fed with Reservoir Water: A Survey of Different Methods. Paper presented at *IWWQ-IWSA Joint Specialist Conferences on Reservoir Management and Water Supply-an Integrated System*. Prague, Czech Republic.
- Dasar Alam Sekitar Malaysia (DSN). 2010. Malaysia.
- Fisher, T.R., Carlson, P.R. & Barber, R.T. 1982. Sediment Nutrient Regeneration in Three North Carolina Estuaries. *Estuarine, Coastal dan Shelf Sciece* 14: 101-116.
- Fulazzaky, M.A., Teng, W.S. & Mohd Masirin, M.M. 2010. Assessment of Water Quality Status for the Selangor River in Malaysia. *Water, Air and Soil Pollution* 205: 63-77.
- Furon, R. 1967. *The Problem of Water: A World Study*. London: Faber & Faber Ltd.
- Haryati Shafii & Nurasyikin Miskam. 2017. *Transformasi Pekan Parit Raja untuk kesejahteraan hidup masyarakat*. Batu Pahat: Universiti Tun Hussein Onn Malaysia.

- Jabatan Alam Sekitar Malaysia .2003. *Water Quality Management in Malaysia*. Kuala Lumpur: Jabatan Alam Sekitar.
- Ma'arof, N. & Ang, K.H. 2015. Kualiti Air Sungai UTM: Satu Penilaian Awal Berpandukan Enam Parameter Indeks Kualiti Air. *Malaysian Journal of Society and Space* 11(1): 107-117.
- Margaret, S.P. 1986. *River Engineering*. Australia: Prentice-Hall Ltd.
- Meeroff, D.E., Bloetscher, F., Bocca, T. & Morin, F. 2008. Evaluation of Water Quality Impacts of On-Site Treatment and Disposal Systems On Urban Coastal Waters. *Water, Air, and Soil Pollution* 192: 11–24.
- Mohd Suhaily Yusri Che Ngah & Mohd Bustaman Abdul Aziz. 2001. Pengurusan sumber dan bekalan air di daerah Seremban, Negeri Sembilan. Dlm. *Proceeding National Seminar on Environmental Management Issues and Challenges in Malaysia* UKM. Bangi. 25-26 Julai.
- Mokhtar, M., Ismail, B. & Agnes, P. 2001. Kualiti air di sekitar Kawasan Perindustrian Balakong, Lembangan Langat. *Malaysian Journal of Analytical Sciences* 7: 129-138.
- Mokhtar, M. Ismail, B. & Ng, C.H. 2001. Pengelasan Kualiti Air 1998: Dari Pantai ke Kuala Linggi. *Malays. J. Anal. Sci.* 6(1): 178-187.
- Md. Jahi, J., Awang, A., Arifin, K. & Razman, M.R. 2005. Pengurusan Persekitaran 2005. *Prosiding Seminar Kebangsaan Pengurusan Persekitaran*. Bangi: Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Metcalf & Eddy, Tchobanoglous, G., Burton, F.L.1., & Stensel, H. D. 2003. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. 4th. ed. Boston: McGraw-Hill.
- Nayan, N., Hashim, M., Ibrahim, M.H. & Che Ngah, M.S.Y. 2009. Perubahan Gunatanah dan Tahap Kualiti Air Sungai di Bandaraya Ipoh, Perak. *Malaysian Journal of Environmental Management* 10(2): 115-134.
- Nunes, M. L., Ferreira Da Silva, E., & De Almeida, S. F. P. 2003. Assessment of Water Quality in the Caima and Mau river Basins (Portugal) Using Geochemical and Biological Indices. *Water, Air, and Soil Pollution* 150: 227-250.
- Nursyikin Miskam. 2015. Pembentukan indeks dan penunjuk kualiti hidup bagi masyarakat luar bandar dengan tumupan kajian di Negeri Johor. Tesis PhD.
- Peavy, H. S., Rowe, D.R. & Tchobanoglous, G. 1986. *Environmental Engineering*. McGraw-Hill, Inc: New York.
- Rahmat, S.N., Zulkifli Yusof, Z. & Mohamed, M. 2004. Storm Event Pollution Loadings from Urban Catchments. *Proceeding of 2nd Bangi World Conferences on Environmental Management*. Bangi, Selangor. Centre for Graduate Studies Universiti kebangsaan Malaysia, Bangi.
- Rai, U.N., Sinha, S., Tripathi, R.D. & Chandra, P. 1995. Wastewater Treatability Potential of Some Cyanobacterial: Removal of Heavy Metals. *Ecological Engineering* 5: 5-12.
- Saludin, M.N., Awang, A. & Kamarudin, K. A. 2006. Impak Pembangunan ke Atas Kualiti Air Sungai Batang Penar di Seremban. Laporan Teknikal. Bangi: Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Sánchez, E., Colmenarejo, M.F., Vicente, J., Rubio, A., García, M. G., Travieso, L., Borja, R. 2006. Use of the Water Quality Index and Dissolved Oxygen Deficit as Simple Indicators of Watersheds Pollution. *Ecological Indicators* 7: 315-328.
- Sawyer, C.N., McCarty, P. & Parkin, G. 1994. *Chemistry for Environmental Engineering*. New York: McGraw-Hill.
- Siti Aznor Ahmad & Anis Shuhaiza. 2012. Pencemaran: Keperluan faktor kawalan. Dlm. *Pembangunan Wilayah dan Alam Sekitar: Cabaran dalam merealisasikan Rancangan Malaysia ke Sembilan*. Sintok: Universiti Utara Malaysia.
- Suhaimi, S., Norhayati, M.T. & Mohammed, D. 2004. The Water Quality Index of the Setiu River, Terengganu. *ACGC Chemical Research Communications* 17: 38-44.
- Suratman, S., Ali, A. & Lo. T.T. 2005. Penilaian Indeks Kualiti Air di Lembangan Sungai Ibai, Terengganu. *Sains Malaysiana* 34(2): 55-59.
- Suratman, S. & Mohd. Tahir, N. 2013. Kesan Antropogenik Terhadap Kualiti Air di Lembangan Sungai Marang, Perairan Selatan Laut China Selatan. *Sains Malaysiana* 42(6): 743-751.
- Tan, W.T & Ng, B. S. 1980. A chemical survey of the Batang Belungkung river and the Gomab river. *Pertanika* 3: 40-46.
- Terbutt, T.H.Y. 1983. *Principles of Water Quality Control*. England: Pergamon Press.
- Tsegaye, T., Sheppard, D., Islam, K. R., Tadesse, W., Atalay, A., & Marzen, L. 2006. Development of Chemical Index as a Measure of In-Stream Water Quality in Response to Land-Use and Land Cover Changes. *Water, Air, and Soil Pollution* 174: 161-179.

Haryati Shafii. (PhD)
Associate Professor,
Department of Construction Management,
Faculty of Technology Management and Business,
Universiti Tun Hussein Onn Malaysia,
86400, Parit Raja, Batu Pahat, Johor, Malaysia
Email: haryati@uthm.edu.my

Nurasyikin Miskam (PhD)
Department of Construction Management,
Faculty of Technology Management and Business,
Universiti Tun Hussein Onn Malaysia,
86400, Parit Raja, Batu Pahat, Johor, Malaysia

Azlina Md. Yassin, (PhD)
Associate Professor,
Department of Real Estate Management,
Faculty of Technology Management and Business,
Universiti Tun Hussein Onn Malaysia,
86400, Parit Raja, Batu Pahat, Johor, Malaysia
Email: azlina@uthm.edu.my

Sharifah Meryam Shareh Musa
Senior Lecturer,
Department of Construction Management,
Faculty of Technology Management and Business,
Universiti Tun Hussein Onn Malaysia,
86400, Parit Raja, Batu Pahat, Johor, Malaysia
Email: meryam@uthm.edu.my

Received : 13 November 2017

Accepted : 21 February 2018