



Implikasi pembangunan Bandar Indera Mahkota kepada pencemaran Sg. Talam, Kuantan, Pahang

Mokhtar Jaafar¹, Mohd. Syukri Zainuddin², Sharifah Mastura Syed Abdullah³

¹Pusat Pengajian Sosial, Pembangunan & Persekitaran, ²Program Pengurusan Persekitaran, Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan, Universiti Kebangsaan Malaysia, ³Institut Perubahan Iklim, Universiti Kebangsaan Malaysia

Correspondence: Mokhtar Jaafar (email: mokhtar@eoc.ukm.my)

Abstrak

Tahap pencemaran air sungai yang merentasi kawasan bandar sering dikaitkan dengan tahap kualiti air yang merosot. Sehubungan itu kajian dilakukan bagi menentukan tahap pencemaran air Sg. Talam yang merentasi Bandar Indera Mahkota memandangkan bandar ini masih melalui proses pembangunan. Enam parameter kualiti air dikaji iaitu DO, BOD, COD, TSS, NH₃-N dan pH. Hasil kajian menunjukkan proses pembandaran Bandar Indera Mahkota hanya menghasilkan tahap pencemaran sederhana tercemar terhadap Sg. Talam. Parameter DO dan NH₃-N adalah sumber pencemar utama sungai tersebut. Manakala pola guna tanah perumahan, perindustrian dan komersil telah menyumbang kepada kemasukan bahan kumbahan dan sisa ke dalam aliran Sg. Talam. Pembangunan pola guna tanah mesra alam harus diteruskan dan usaha pemantauan berterusan perlu dipastikan bagi memastikan tahap pencemaran air Sg. Talam dapat dikurangkan.

Katakunci: indeks parameter kualiti air, kualiti air, pemantauan alam sekitar, pola guna tanah, sisa dan kumbahan, tahap pencemaran

Pollution implications of Bandar Indera Mahkota development – The case of Talam River, Kuantan, Pahang

Abstract

Pollution levels of river water that crosses town areas are always associated with degraded water quality. This study was conducted to determine the pollution levels of the Talam River which crosses the Bandar Indera Mahkota, a town still undergoing physical development. Six water quality parameters were adopted, namely, DO, BOD, COD, TSS, NH₃-N and pH. The findings showed that the urbanization process of Bandar Indera Mahkota had generated moderate pollution of the Talam River water. DO and NH₃-N parameters were the main sources of this pollution. Meanwhile housing, industries and commercial land uses contributed significant effluent and waste inputs into the river. All this point to the imperative of environmental friendly land uses and on-going monitoring to ensure minimum pollution levels of the Talam River water.

Keywords: environmental monitoring, land use pattern, pollution levels, water quality index, water quality parameters, wastes and effluents

Pengenalan

Proses pembandaran masih giat berlaku di Malaysia, sama ada proses pembesaran bandar sedia ada mahupun pembukaan bandar-bandar baru. Tren semasa menunjukkan proses pembandaran di negara ini menjurus kepada pembukaan bandar-bandar baru yang menawarkan fungsi bandar yang lebih khusus. Sebagai contoh, Putrajaya dibangunkan sebagai bandar pentadbiran baru kerajaan persekutuan kesan daripada ketepuan pembangunan sedia ada yang berlaku di ibu negara iaitu Kuala Lumpur. Pembangunan bandar baru yang lebih terfokus fungsinya dan pola guna tanah yang lebih tersusun menjadi agenda penting dalam melahirkan ekosistem bandar sihat dan meningkatkan kesejahteraan penghuni bandar baru.

Tidak terkecuali dalam arus pembangunan bandar baru adalah Bandar Indera Mahkota di Daerah Kuantan, Pahang. Bandar Indera Mahkota telah dibuka pada tahun 1983 sebagai bandar alternatif kepada Bandar Kuantan yang telah mengalami pembangunan pesat. Kepesatan pembangunan Bandar Kuantan menyebabkan ruang kosong untuk pembangunan lain terutama pembangunan perumahan, infrastruktur dan kemudahan awam menjadi terhad. Sehubungan itu, Bandar Indera Mahkota telah dibangunkan sebagai bandar ke-2 bagi Daerah Kuantan yang berfungsi sebagai bandar pentadbiran baru. Bagi menyokong fungsi bandar baru ini, ruang persekitaran Bandar Indera Mahkota turut disokong dengan pembangunan perumahan, ruang perniagaan, pembangunan sektor perindustrian, dan pembangunan kemudahan awam.

Berdasarkan pola guna tanah semasa Bandar Indera Mahkota, secara umumnya boleh dikatakan hampir 85 peratus daripada kawasan Bandar Indera Mahkota telah berjaya dibangunkan dengan pelbagai jenis pembangunan. Pembangunan Bandar Indera Mahkota adalah berasaskan kepada pembangunan empat sektor terfokus. Sektor 1 menjurus kepada pembangunan perumahan dan bangunan pentadbiran, Sektor 2 adalah kawasan pembangunan komersil yang melibatkan aktiviti perniagaan, Sektor 3 pula terfokus untuk pembangunan sektor perindustrian, dan Sektor 4 dibangunkan sebagai kawasan awam yang melibatkan kawasan rekreasi.

Pembangunan terancang ini telah menghasilkan pola guna tanah yang lebih tersusun bersesuaian dengan hasrat menjadikan Bandar Indera Mahkota sebagai bandar baru yang lebih sejahtera bagi kehidupan penghuninya. Namun begitu, pertimbangan perlu juga diberi perhatian mengenai implikasi proses pembangunan yang telah wujud dan proses pembangunan ruang yang masih berterusan terhadap alam sekitar. Perkara ini merujuk kepada impak pembangunan Bandar Indera Mahkota terhadap sungai utama yang mengalir merentasi kawasan bandar ini iaitu Sg. Talam.

Secara umumnya, telah banyak kajian membuktikan bahawa kebanyakan sungai-sungai di Malaysia mengalami masalah pencemaran yang teruk terutama sekitar tahun 1990-an termasuk juga sungai dalam bandar. Data terkumpul daripada Jabatan Alam Sekitar (JAS) daripada 1990-an sehingga tahun 2000 menunjukkan jumlah sungai di Malaysia yang berada pada tahap kualiti air yang sedikit tercemar dan tercemar sentiasa melebihi bilangan sungai yang bersih (Jabatan Pengairan dan Saliran Malaysia, 2010). Walaupun tahap kualiti air sungai-sungai di Malaysia semakin baik namun secara lebih khususnya, sungai-sungai yang merentasi kawasan bandar masih berhadapan dengan pelbagai jenis pencemaran sungai. Menurut Sulong et al. (2005), kemerosotan kualiti air sungai bandar di Malaysia adalah akibat daripada mewarisi sistem pengaliran sisa air buangan bandar yang lama seperti sistem longkang dan parit yang berakhir di sungai berhampiran. Hamirdin (2000) menyatakan Sg. Linggi yang merentasi pekan Linggi mengalami pencemaran parameter permintaan oksigen biokimia (BOD) dan ammonia yang tinggi akibat daripada aktiviti domestik, komersil dan industri serta kemasukan sisa daripada perumahan dan aktiviti pertanian di bahagian hulu Sg. Linggi. Situasi yang hampir sama turut dilaporkan oleh Muhamad Barzani et al. (2000) dalam kajian di Lembangan Sg. Semenyih di mana aktiviti perbandaran di pekan Semenyih dan Bangi serta perubahan guna tanah di bahagian hulu Sg. Semenyih menyebabkan peningkatan kepekatan *e-coli*, jumlah N (nitrat), fosfat, BOD, COD (permintaan oksigen kimia), kekeruhan dan pepejal terampai.

Mazlin et al. (2001) melaporkan Sg. Langat dan Sg. Balak yang merentasi pekan Balakong mencatatkan pencemaran BOD, pepejal terampai (SS) dan ammonikal nitrogen (NH₃-N) yang sangat teruk. Pencemaran BOD dan NH₃-N yang tinggi adalah akibat daripada kemasukan bahan kumbahan

organik daripada kawasan perindustrian Balakong yang berkait dengan industri pemprosesan getah dan makanan. Manakala jumlah pepejal terampai yang tinggi pula dikaitkan dengan pola guna tanah yang cenderung mengalirkan air larian permukaan terus ke dalam kedua-dua sistem saliran Sg. Langat dan Sg. Balak, di samping kejadian hakisan tanah di kedua-dua tebing sungai tersebut. Kajian Suhaimi et al. (2005) pula menunjukkan pola petempatan daripada perumahan kampung dan taman perumahan di pekan Chendering menyumbang kemasukan sisa domestik, serta kemasukan sisa kumbahan daripada aktiviti industri kecil dan sederhana di kawasan perindustrian Chendering menyebabkan pencemaran teruk di bahagian hilir Sg. Ibai. Kajian lain oleh Suhaimi et al. (2006) juga menunjukkan kepekatan yang tinggi bagi parameter jumlah pepejal terampai bagi aliran Sg. Besut yang merentasi Bandar Jertih. Ini dikaitkan dengan kemasukan sampah-sarap daripada pasar utama di bandar berkenaan serta kehadiran hujan yang lebat sepanjang tempoh monsun menyebabkan pemindahan kumin-kumin tanah terhakis ke dalam sistem saliran Sg. Besut.

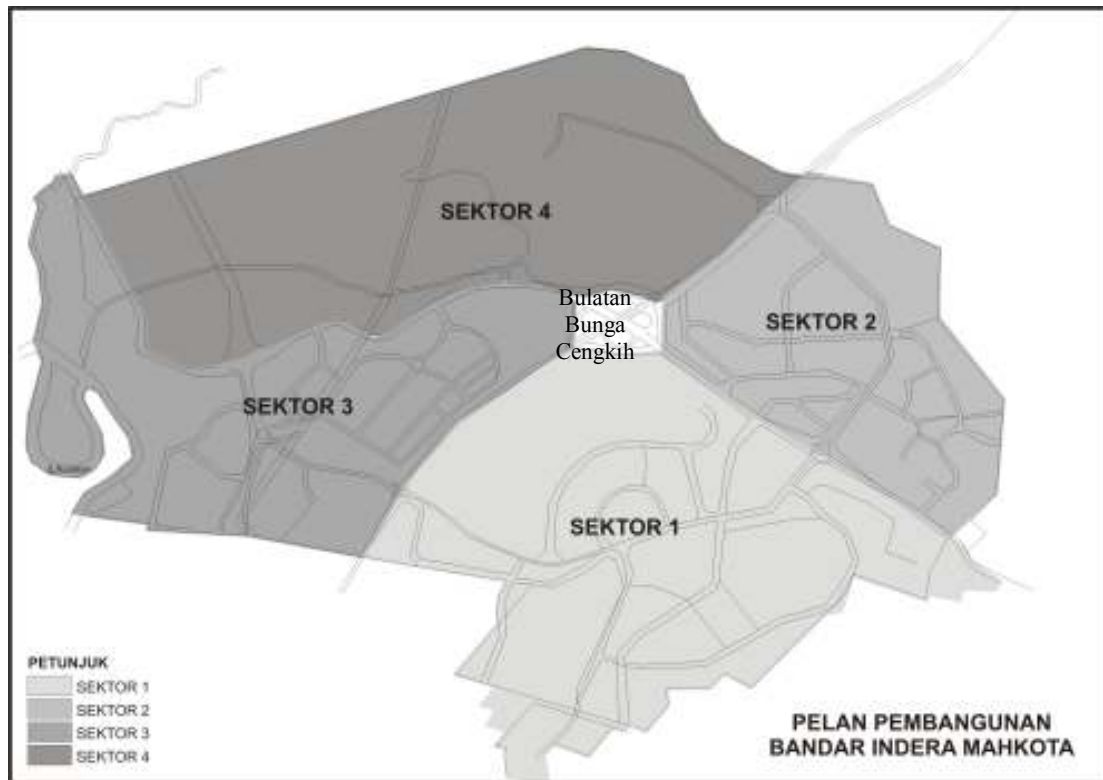
Noorazuan dan Asmala (2007) menyatakan bahawa situasi tepubina bandar berupaya meningkatkan kepekatan pepejal terampai kesan daripada pembangunan fizikal yang berlaku dalam kawasan bandar. Pada masa yang sama kepekatan BOD, COD dan $\text{NH}_3\text{-N}$ juga adalah tinggi akibat peningkatan penduduk, yang terkait sama dengan pertambahan bahan buangan domestik serta kumbahan ke dalam aliran sungai. Nasir et al. (2009) pula melaporkan Sg. Kinta mencatatkan Indeks Kualiti Air (IKA) berada pada tahap sederhana tercemar. Namun begitu, turut dilaporkan bahawa kawasan tengah Lembangan Sg. Kinta yang merentasi Bandaraya Ipoh mencatatkan tahap pencemaran parameter BOD, COD, jumlah pepejal terampai (TSS) dan $\text{NH}_3\text{-N}$ yang teruk. Dua faktor utama yang mengakibatkan kemerosotan tahap kualiti air Sg. Kinta ini adalah berkait dengan aktiviti perindustrian berasaskan pemprosesan seperti industri besi dan keluli, tekstil, barangan plastik dan getah serta pemprosesan makanan dan minuman; serta pelepasan sisa domestik daripada sektor perumahan dan perniagaan.

Beberapa contoh kajian yang dilaporkan di atas menunjukkan berlaku pencemaran aliran sungai yang merentasi kawasan bandar. Pencemaran sungai dalam bandar boleh dikaitkan dengan dua sumber sama ada daripada punca yang dikenal pasti (*point source*) mahupun punca yang tidak dikenal pasti (*non-point source*). Kewujudan kawasan perindustrian, perumahan dan perniagaan didapati sangat menyumbang kepada pencemaran sungai yang merentasi sesebuah bandar. Punca pencemaran kebanyakannya berkait dengan kemasukan bahan organik daripada sisa kumbahan industri, sisa pepejal daripada sektor domestik dan perniagaan makanan, serta sedimen terampai daripada ruang bandar yang mengalami proses hakisan tanah. Dalam konteks pembangunan Bandar Indera Mahkota, adalah diandaikan turut menyumbang kepada pencemaran Sg. Talam yang merentasi bandar ini. Sehubungan itu, artikel ini bertujuan untuk melaporkan tahap pencemaran yang berlaku di Sg. Talam dan kaitannya dengan pola guna tanah semasa dan proses pembandaran yang masih berlaku di sekitar bandar tersebut. Laporan artikel ini bersandar pada penemuan kajian daripada satu kes kejadian hujan sahaja. Sehubungan itu, perbincangan hasil penemuan kajian adalah terbatas pada pola guna tanah dan aktiviti pembangunan semasa persampelan air sungai dilakukan sahaja.

Kawasan kajian

Bagi mengkaji tahap pencemaran Sg. Talam, dua kawasan kajian ditetapkan. Kawasan kajian pertama adalah keseluruhan Bandar Indera Mahkota sendiri. Penetapan Bandar Indera Mahkota bertujuan untuk menjelaskan pola guna tanah dan proses pembandaran semasa yang berlaku. Manakala kawasan kajian kedua adalah Sg. Talam iaitu untuk menentukan tahap pencemaran sungai tersebut. Bandar Indera Mahkota terletak pada kedudukan $U3^{\circ} 51' 07.40''$, $T103^{\circ} 15' 50.95''$ dan $U3^{\circ} 48' 29.90''$, $T103^{\circ} 18' 52.50''$. Keluasan bandar ini adalah 14.59 km^2 dan sebahagian besar bandar ini terdiri daripada kawasan rekreasi berkeluasan 4.84 km^2 , dan mewakili 33.2 peratus daripada keluasan keseluruhan Bandar Indera Mahkota. Kawasan rekreasi Bandar Indera Mahkota dikenali sebagai kawasan pembangunan Sektor 4 dan kedudukannya adalah di bahagian barat daya dan utara daripada kedudukan Bulatan Bunga Cengkih

(BBC) (rujuk Rajah 1). Kawasan golf 27 lubang mendominasi sektor ini, dan turut bergabung dalam sektor ini adalah perumahan mewah.



Rajah 1. Kedudukan sektor di Bandar Indera Mahkota

Pola guna tanah perumahan adalah jenis guna tanah kedua terbesar di Bandar Indera Mahkota. Guna tanah perumahan tertumpu di Sektor 1 dan bergabung bersama pembangunan bangunan pentadbiran dengan keluasan kawasan adalah 4.54 km² (31.1%). Zon pembangunan Sektor 1 terletak di bahagian selatan daripada kedudukan BBC. Jenis perumahan di sektor ini tertumpu pada perumahan kos sederhana dan kos murah. Lain-lain jenis pembangunan dalam sektor ini adalah sekolah, pusat kemudahan awam dan bangunan pejabat. Bahagian timur Bandar Indera Mahkota daripada kedudukan BBC merupakan kawasan pembangunan Sektor 3 yang menumpu kepada pembangunan komersil dan perniagaan. Sektor ini mewakili 17.8 peratus (2.60 km²) daripada keseluruhan kawasan Bandar Indera Mahkota. Jenis pembangunan di sektor ini antaranya adalah bangunan kedai, bangunan pejabat, hotel, pusat perubatan, kompleks sukan dan Universiti Islam Antarabangsa Malaysia (UIAM). Sektor 4 terletak di bahagian barat daripada kedudukan BBC dan fokus pembangunan di sektor ini adalah sebagai pusat pembangunan industri. Berkeluasan 2.61 km², sektor ini merupakan kawasan pembangunan industri terancang dan jenis industri yang dibenarkan beroperasi adalah industri ringan yang bersifat mesra alam. Lain-lain jenis pembangunan di sektor ini adalah perumahan, pusat komuniti dan bangunan perdagangan yang menyokong aktiviti industri di sektor ini.

Sg. Talam pula adalah salah satu daripada cawangan Sg. Kuantan dan alirannya berpunca daripada kolam takungan bandar yang terletak di Sektor 2. Panjang sungai ini lebih kurang 5.3 km, merentasi kawasan semak samun di bahagian berhampiran kolam takungan bandar, bangunan pentadbiran dan bangunan kedai di bahagian tengah alirannya, kawasan perumahan dari bahagian tengah ke bahagian menghampiri hiliran sungai, serta litupan hutan sekunder di bahagian hilir ke muara sungai. Topografi

lembangan Sg. Talam adalah suatu dataran bertanah rendah dengan ketinggian kurang daripada 60 meter daripada kedudukan purata aras laut.

Metod kajian

Persampelan air sungai dilakukan pada Oktober 2013. Lima titik persampelan ditetapkan sebagaimana ditunjukkan dalam Rajah 2. Titik persampelan 1 terletak di bahagian aliran keluar daripada kolam takungan bandar. Pemilihan titik sampel ini bersesuaian dengan status kolam takungan bandar sebagai punca utama aliran Sg. Talam. Titik persampelan 2 terletak berhampiran dengan Kuantan Medical Centre (KMC). Titik persampelan 3 terletak berhampiran dengan kawasan bangunan kedai, sekolah dan perumahan, diikuti dengan titik persampelan 4 yang terletak di bahagian hampir hiliran Sg. Talam dan berhampiran dengan kawasan perumahan sepenuhnya. Manakala titik persampelan 5 merupakan titik aliran keluar Sg. Talam sebelum bertemu dengan aliran Sg. Kuantan.

Semasa di lapangan, dua parameter diukur secara insitu menggunakan alat YSI 556 multi parameter iaitu parameter pH dan oksigen terlarut (DO). Kedua-dua parameter ini sensitif pada perubahan persekitaran maka pengukuran secara insitu adalah lebih sesuai dilaksanakan. Bagi menganalisis parameter lain iaitu BOD, COD, TSS, NH₃-N, *e-coli* dan kekeruhan, analisis dilakukan di Makmal Hidrologi, Pusat Pengajian Sosial, Pembangunan dan Persekitaran, Universiti Kebangsaan Malaysia. Bagi tujuan ini, sejumlah 500 ml sampel air sungai diambil di setiap titik persampelan menggunakan kaedah cekup dan sampel air dibawa pulang secara terus ke makmal tersebut untuk analisis seterusnya.

Analisis makmal bagi menentukan kepekatan setiap parameter adalah menggunakan alatan tertentu. Kepekatan parameter BOD ditentukan menggunakan alat *YSI 5100 DO METER*, *Photometer Windaus* digunakan untuk menentukan kepekatan parameter COD, *ELE paqualab photometer* digunakan untuk menentukan kepekatan parameter NH₃-N, kaedah penyulingan bagi menentukan kepekatan parameter SS, kepekatan parameter *e-coli* ditentukan menggunakan alat *Quanti-tray Sealer Incubator UV-Light*, manakala kepekatan kekeruhan ditentukan menggunakan alat *meter turbidity* (NTU). Proses menganalisis setiap parameter tersebut adalah berdasarkan piawai *American Public Health Association* (APHA) (APHA, 1995).

Bagi menilai tahap pencemaran Sg. Talam, penentuan IKA digunakan. Penentuan IKA hanya melibatkan parameter DO, BOD, COD, NH₃-N, pH dan TSS. Sehubungan itu, nilai purata yang diperolehi semasa menganalisis kepekatan setiap parameter pencemaran akan dirujuk kepada Piawai Interim Kualiti Air Kebangsaan (INWQS) bagi menentukan kelas pencemaran setiap parameter seperti ditunjukkan dalam Jadual 1.

Jadual 1. Piawai interim kualiti air kebangsaan

Parameter	Had Kelas				
	I	II	III	IV	V
Oksigen terlarut (DO) (mg/l)	< 7	5 – 7	3 – 5	1 – 3	< 1
Permintaan oksigen biokimia (BOD) (mg/l)	< 1	1 – 3	3 – 6	6 – 12	> 12
Permintaan oksigen kimia (COD) (mg/l)	< 10	10 – 25	25 – 50	50 – 100	> 100
Ammonikal nitrogen (NH ₃ -N) (mg/l)	< 0.1	0.1 – 0.3	0.3 – 0.9	0.9 – 2.7	> 2.7
pH	> 7	6 – 7	5 – 6	< 5	< 5
Jumlah pepejal terampai (TSS) (mg/l)	< 25	25 - 50	50 - 150	150 - 300	> 300

Sumber: Jabatan Alam Sekitar (1999); Abdullah & Zaki (2013)

Setelah itu, persamaan (1) digunakan bagi mengira IKA Sg. Talam. Nilai-nilai pengiraan sub-indeks sebagaimana dalam persamaan ditunjukkan dalam Jadual 2.

$$IKA = (0.22 * SIDO) + (0.19 * SIBOD) + (0.16 * SICOD) + (0.15 * SIAN) + (0.16 * SITSS) + (0.12 * SIpH) \quad (1)$$

Berdasarkan nilai IKA yang diperolehi daripada persamaan (1), tahap pencemaran Sg. Talam akan ditentukan berdasarkan tiga kategori iaitu (i) bersih, (ii) sederhana tercemar, dan (iii) tercemar, sebagaimana ditunjukkan dalam Jadual 3.

Jadual 3. Indeks Kualiti Air

Julat nilai IKA (%)	Status kualiti air
0 – 59	Tercemar
60 – 80	Sederhana tercemar
81 - 100	Bersih

Sumber: Jabatan Alam Sekitar (1999)

Jadual 2. Persamaan bagi mengira sub-indeks

Sub-indeks DO (% ketepuan)	SIDO = 0
$x \leq 8$	SIDO = 100
$x \geq 92$	$SIDO = -0.395 + 0.03x^2 - 0.0002x^3$
$8 < x < 92$	
Sub-indeks BOD (mg/l ⁻¹)	SIBOD = $100.4 - 4.23x$
$x \leq 5$	$SIBOD = 108e^{-0.055x} - 0.1x$
$x > 5$	
Sub-indeks COD (mg/l ⁻¹)	SICOD = $-1.33x + 99.1$
$x \leq 20$	$SICOD = 103e^{-0.0157x} - 0.04x$
$x > 20$	
Sub-indeks ammonia, AN (mg L ⁻¹ -N)	SIAN = $100.5 - 105x$
$x \leq 0.3$	$SIAN = 94e^{-0.573x} - 5 x-2 $
$0.3 < x < 4$	SIAN = 0
$x > 4$	
Sub-indeks TSS (mg L ⁻¹)	SITSS = $97.5e^{-0.00676x} + 0.05x$
$x \leq 100$	$SITSS = 71e^{-0.0016x} - 0.015x$
$100 < x < 1000$	SITSS = 0
$x > 1000$	
Sub-indeks pH	SIPh = $17.2 - 17.2x + 5.02x^2$
$x < 5.5$	$SIPh = -242 + 95.5x - 6.67x^2$
$5.5 \leq x < 7$	$SIPh = -181 + 82.4x - 6.05x^2$
$7 \leq x < 8.75$	$SIPh = 536 - 77x + 2.76x^2$
$x > 8.75$	

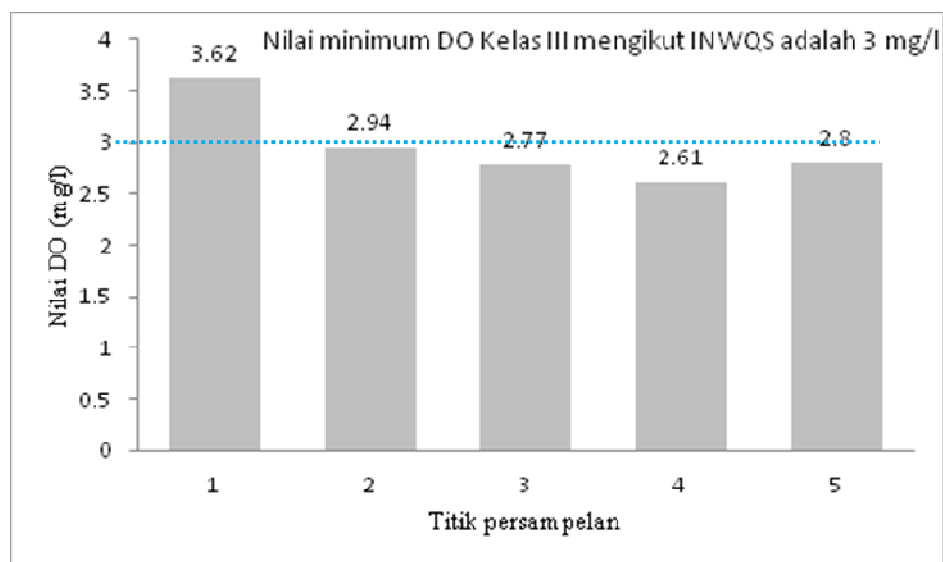
Sumber: Suhaimi et al. (2006)

Hasil kajian dan perbincangan

Pelaporan kepekatan setiap parameter kualiti air dalam artikel ini adalah bersandar kepada rujukan Kelas III sebagai tahap kualiti air yang dapat diterima untuk kegunaan manusia. Ini kerana Kelas III bagi semua parameter menunjukkan tahap kualiti air yang masih mampu bertoleransi dengan hidupan akuatik dan airnya masih boleh digunakan sebagai sumber bekalan air. Namun begitu sumber air tersebut perlulah terlebih dahulu melalui proses rawatan secara intensif sebelum boleh digunakan (Suhaimi et al., 2005; Abdullah & Zaki, 2013).

Parameter oksigen terlarut (DO) adalah salah satu daripada komponen penting dalam air bagi membolehkan hidupan akuatik menjalani proses pernafasan dan penguraian bahan organik. Menurut Chapman dan Kimstach (1996), kandungan oksigen dalam air boleh berubah mengikut perubahan suhu, kemasinan dan tekanan atmosfera. Sekiranya kandungan DO dalam air adalah tinggi maka tahap pencemaran air secara relatifnya akan menjadi rendah. Faktor suhu amat memainkan peranan penting dalam menentukan kandungan DO dalam air di mana kandungan DO berkadar secara songsang dengan suhu. Ini bermakna kandungan DO akan berkurang apabila suhu meningkat, dan selanjutnya kebolehlarutan oksigen dalam air sungai akan berkurang dalam keadaan suhu air yang panas.

Julat nilai DO daripada lima titik persampelan adalah antara 2.61-3.62 mg/l (Rajah 3) dan nilai purata adalah 2.95 mg/l. Ini menunjukkan bahawa tahap pencemaran Sg. Talam bagi parameter DO adalah serius. Nilai minimum Kelas III bagi parameter DO adalah 3 mg/l sedangkan semua titik persampelan, kecuali titik persampelan 1, mencatatkan nilai DO kurang daripada nilai tersebut. Ini meletakkan tahap pencemaran DO bagi titik-titik persampelan 2, 3, 4 dan 5 berada pada Kelas IV. Tahap pencemaran DO yang sederhana (Kelas III) pada titik persampelan 1 mungkin berkait dengan kedudukan titik persampelan tersebut yang merupakan punca air keluar daripada kolam takungan bandar. Manakala pencemaran DO yang serius di kedudukan titik persampelan yang lain dapat dikaitkan dengan kemungkinan kemasukan sisa kumbahan daripada kawasan komersil di Sektor 2 serta sisa domestik dan sampah-sarap daripada kawasan perumahan di Sektor 3.

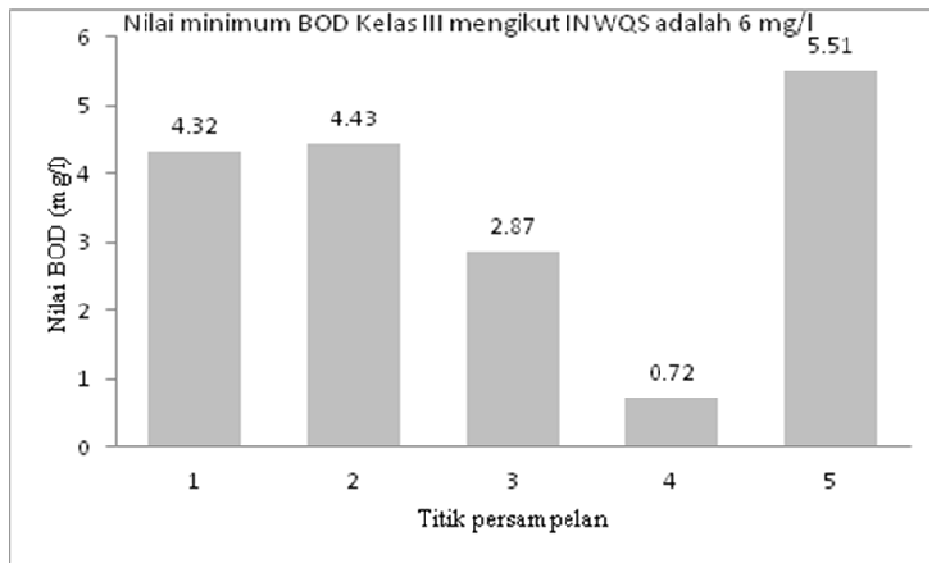


Rajah 3. Kepekatan DO di setiap titik persampelan Sg. Talam

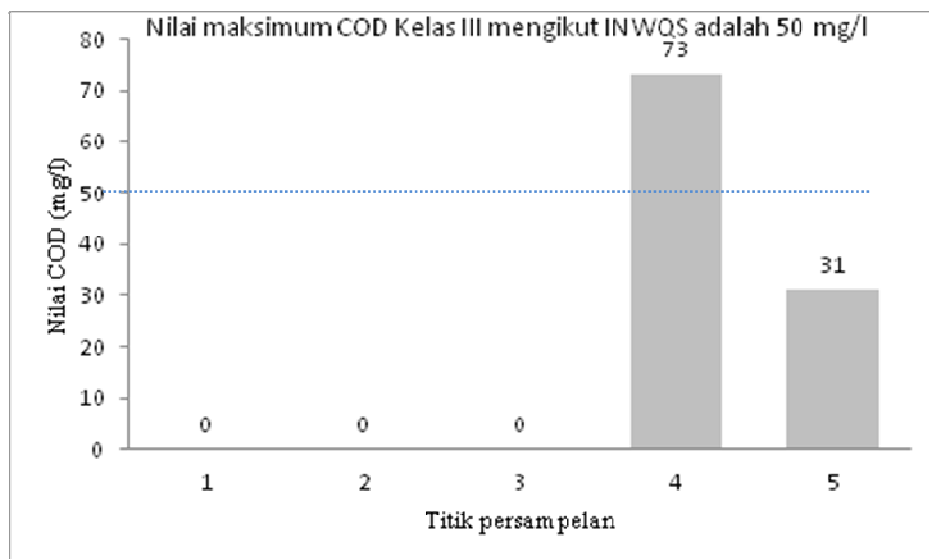
Parameter BOD adalah suatu parameter kualiti air yang berkait dengan jumlah oksigen yang diperlukan untuk membolehkan mikro-organisma aerobatik wujud dalam air dan bertindak menguraikan bahan organik. Nilai BOD akan meningkat sekiranya mikro-organisma dalam air menggunakan banyak oksigen untuk menguraikan bahan organik dalam air (Chapman & Kimstach, 1996). Bersesuaian dengan Piawai Interim Kualiti Air Kebangsaan bagi Kelas III maka nilai BOD maksimum adalah 6 mg/l. Ini bermakna aliran Sg. Talam bagi semua titik persampelan yang dikaji berada pada tahap memuaskan dengan julat nilai adalah antara 0.72-5.51 mg/l (Rajah 4), dan nilai purata adalah 3.57 mg/l.

Parameter COD berkait dengan jumlah oksigen yang diperlukan bagi membenarkan proses pengoksidaan bahan organik dan bahan bukan organik di dalam air serta daripada sisa kumbahan dan industri berasaskan pertanian (Chapman & Kimstach, 1996). Nilai COD akan meningkat sekiranya terdapat banyak bahan organik dan bukan organik di dalam air. Berdasarkan Rajah 5, didapati aliran Sg. Talam tidak mengalami pencemaran COD yang serius kecuali di titik persampelan 4 yang mencatatkan

nilai COD sebanyak 73 mg/l. Ini meletakkan tahap pencemaran air pada titik persampelan tersebut pada Kelas IV. Tiga titik persampelan lain iaitu titik persampelan 1, 2 dan 3 langsung tidak mengalami masalah pencemaran COD. INWQS mengkelaskan nilai maksimum COD pada Kelas III adalah 50 mg/l. Berdasarkan dua bacaan COD yang diperolehi daripada titik persampelan 4 dan 5, nilai purata adalah 52 mg/l. Ini meletakkan tahap pencemaran COD bagi aliran Sg. Talam dalam Kelas IV, tidak sesuai digunakan dan memerlukan rawatan air yang sangat insentif sebelum sesuai digunakan. Nilai COD yang tinggi di titik persampelan 4 berkemungkinan dapat dikaitkan dengan sisa kumbahan daripada pembuangan sisa makanan kedai-kedai makan yang memasuki saluran longkang di Sektor 1.

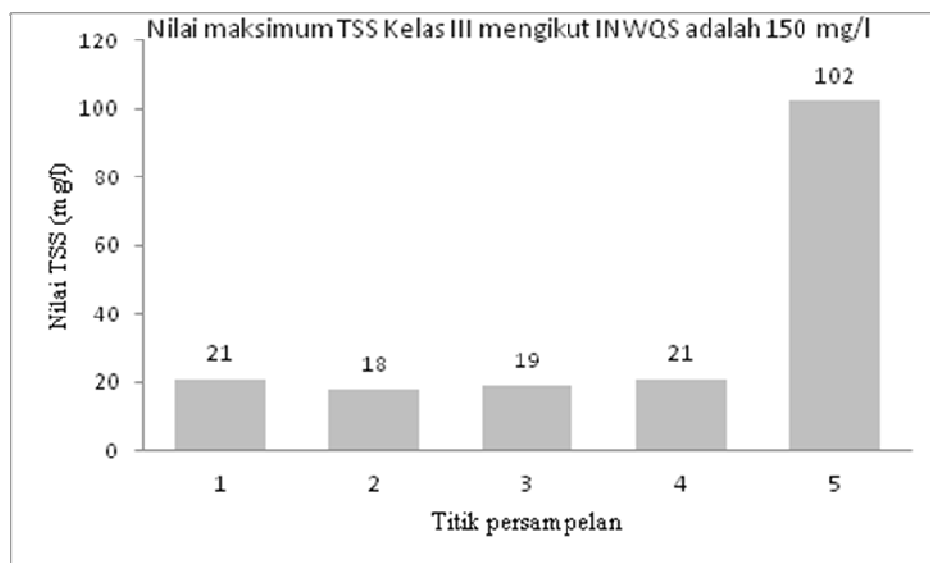


Rajah 4. Kepekatan BOD di setiap titik persampelan Sg. Talam



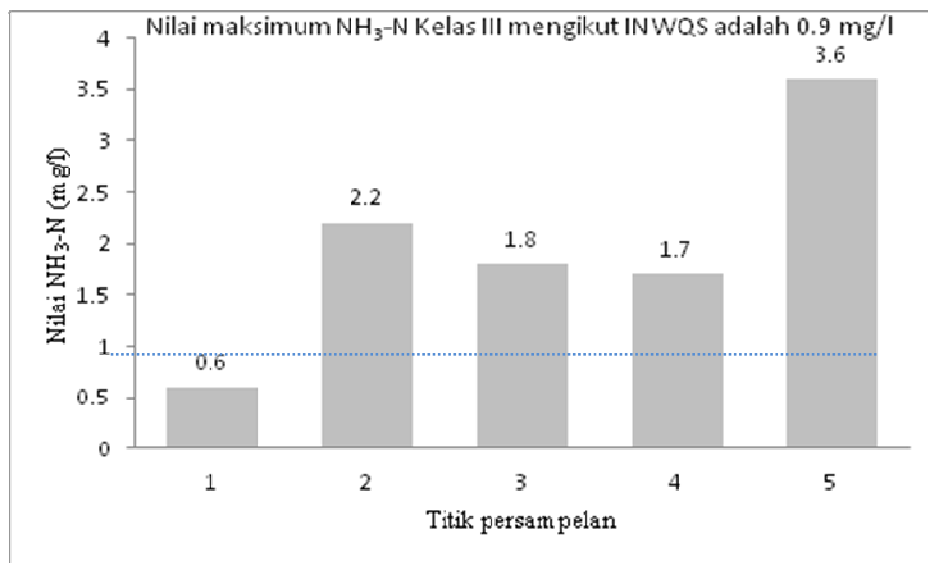
Rajah 5. Kepekatan COD di setiap titik persampelan Sg. Talam

Menurut Chapman dan Kimstach (1996), bahan pepejal terampai terdiri daripada kumin-kumin tanah, partikel halus bahan organik dan bukan organik, bahan organik terlarut, plankton dan organisma mikroskopik. Kepekatan bahan pepejal terampai dalam aliran sungai juga menjadi petunjuk pada kadar kekeruhan aliran sungai. Kajian mendapati empat daripada sampel air Sg. Talam, bermula di titik persampelan 1 hingga titik persampelan 4, mencatatkan nilai TSS yang rendah iaitu kurang daripada 25 mg/l (Rajah 6). Julat nilai TSS bagi empat sampel air di titik persampelan tersebut adalah daripada 18-21 mg/l. Ini meletakkan tahap pencemaran TSS bagi titik persampelan tersebut dalam Kelas I. Walau bagaimanapun, tahap TSS yang dicatatkan di titik persampelan 5 adalah tinggi iaitu 102 mg/l. Ini meletakkan tahap pencemaran TSS di titik persampelan tersebut dalam Kelas III. Nilai purata TSS bagi lima titik persampelan tersebut pula adalah 36.2 mg/l. Ini meletakkan tahap pencemaran TSS bagi Sg. Talam adalah dalam Kelas II. Salah satu sebab yang dapat dikaitkan dengan tahap TSS yang lebih tinggi di titik persampelan 5 adalah projek melebarkan, melurus dan membina benting tanah di bahagian hiliran sungai tersebut.



Rajah 6. Kepekatan TSS di setiap titik persampelan Sg. Talam

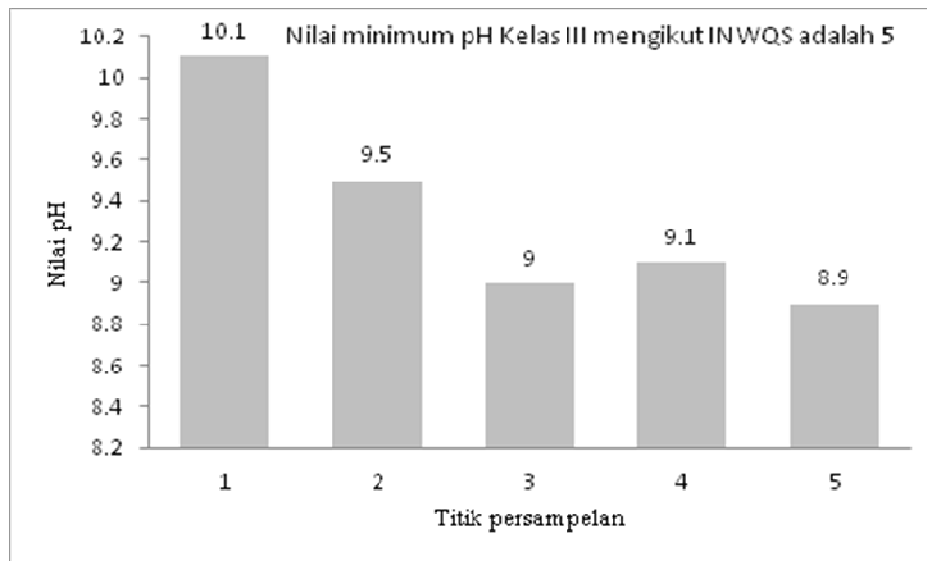
Ammonia nitrogen ($\text{NH}_3\text{-N}$) adalah salah satu daripada bahan nutrien yang mudah terhasil dalam air. Kepekatan yang tinggi bahan ini dalam air boleh mengancam hidupan akuatik (Chapman & Kimstach, 1996) terutama daripada aspek peningkatan kadar denyutan dan aktiviti respirasi hidupan akuatik (USEPA, 1987). Sebahagian besar punca $\text{NH}_3\text{-N}$ di dalam aliran sungai adalah daripada najis manusia dan ternakan, baja pertanian serta sisa buangan domestik dan industri. Berdasarkan Rajah 7, nilai purata $\text{NH}_3\text{-N}$ bagi lima titik persampelan adalah 1.98 mg/l, dan julat nilai adalah antara 0.6-3.6 mg/l. Empat titik persampelan mencatatkan nilai $\text{NH}_3\text{-N}$ melebihi tahap maksimum Kelas III iaitu 0.9 mg/l, masing-masing Kelas IV bagi titik persampelan 2, 3 dan 4 serta Kelas V bagi titik persampelan 5. Secara keseluruhannya, parameter $\text{NH}_3\text{-N}$ bagi Sg. Talam adalah serius di mana tahap pencemaran parameter ini berada dalam Kelas IV. Kedudukan titik persampelan 2-4 adalah di kawasan perumahan, industri, pentadbiran dan rekreasi, dan ini secara tidak langsung mungkin telah menyumbang kepada kemasukan bahan sisa ke dalam aliran Sg. Talam. Bagi kepekatan yang tinggi di titik persampelan 5, situasi ini dapat dikaitkan dengan kemasukan sisa daripada industri dan perumahan Kg. Tiram yang terletak berhampiran.



Rajah 7. Kepekatan NH₃-N di setiap titik persampelan Sg. Talam

Parameter pH adalah salah satu parameter yang sangat penting dalam proses menilai kualiti air. Ini kerana parameter ini berupaya mempengaruhi banyak proses biologi dan kimia lain di dalam badan air, dan seterusnya berupaya pula mempengaruhi proses bekalan dan rawatan air ke pelbagai sektor. Menurut Chapman dan Kimstach (1996), perubahan nilai pH dalam badan air menjadi petunjuk pada kehadiran bahan kumbahan dan sangat penting dalam proses pemantauan kualiti air. Dalam situasi air yang tidak tercemar, nilai pH dikawal oleh keseimbangan ion karbon dioksida, karbonat dan bikarbonat serta juga sebatian semula jadi seperti asid humik dan fulvik (Chapman & Kimstach, 1996). Nilai pH yang dicatatkan di lima titik persampelan Sg. Talam berjulat antara 8.9-10.1. Ini menunjukkan tahap pencemaran Sg. Talam dalam konteks parameter pH adalah sangat terkawal dan berada di atas nilai minimum Kelas III iaitu 5. Semua nilai pH yang diperolehi menunjukkan tahap kealkalian aliran Sg. Talam yang sangat baik iaitu Kelas I (Rajah 8).

Berdasarkan kesemua data yang telah dilaporkan maka nilai Indeks Kualiti Air (IKA) yang diperolehi bagi setiap titik persampelan adalah sebagaimana ditunjukkan dalam Jadual 4. Nilai-nilai IKA yang diperolehi bagi setiap titik persampelan adalah antara julat 55-63 peratus. Nilai IKA bagi titik persampelan 1 hingga 4 adalah sekitar 60 peratus sahaja. Ini meletakkan tahap pencemaran air di setiap titik persampelan tersebut sebagai sederhana tercemar. Walau bagaimanapun, nilai IKA yang rendah (55%) di titik persampelan 5, iaitu titik persampelan yang paling hampir dengan muara Sg. Talam, meletakkan tahap pencemaran air di titik persampelan tersebut sebagai tercemar. Secara purata, nilai IKA aliran Sg. Talam adalah 60 peratus iaitu nilai paling minimum bagi tahap pencemaran sederhana tercemar.



Rajah 8. Kepekatan pH di setiap titik persampelan Sg. Talam

Jadual 4. Indeks Kualiti Air (IKA) Sg. Talam

Titik persampelan	IKA	Tahap pencemaran
1	60	Sederhana tercemar
2	60	Sederhana tercemar
3	62	Sederhana tercemar
4	63	Sederhana tercemar
5	55	Tercemar

Mengambil-kira semua dapatan yang diperolehi maka adalah jelas bahawa aliran Sg. Talam masih berpotensi untuk mengalami tahap pencemaran yang teruk terutama di bahagian hilir sungai tersebut. Bagi parameter DO, walaupun hanya satu titik persampelan sahaja yang melepasi tahap maksimum Kelas III, namun didapati nilai DO di empat titik persampelan lain menunjukkan nilai yang sangat hampir kepada nilai maksimum tersebut. Nilai NH₃-N yang diperolehi di empat titik persampelan pula melepasi tahap maksimum Kelas III. Kedua-dua parameter ini menjadi parameter kualiti air yang paling mempengaruhi tahap pencemaran keseluruhan kualiti air Sg. Talam. Ini bermakna, usaha pemantauan kualiti air Sg. Talam harus memberi penekanan yang lebih serius terhadap sumber pencemar daripada pola guna tanah semasa di Bandar Indera Mahkota. Sistem pembentungan dan pembuangan sisa daripada sektor perumahan dan perindustrian di sekitar Bandar Indera Mahkota harus dimesra-alamkan bagi mengurangkan kemasukan bahan pencemar daripada kedua-dua sektor tersebut ke dalam aliran Sg. Talam. Pertimbangan juga harus diberikan pada kerja-kerja penambahbaikan sungai di bahagian hiliran kerana didapati tahap pencemaran TSS di bahagian tersebut cenderung menghasilkan sedimen terampai yang banyak. Namun secara keseluruhannya, tahap pencemaran aliran Sg. Talam masih berada pada tahap sederhana.

Kesimpulan

Artikel ini telah melaporkan tahap pencemaran bagi enam parameter kualiti air di Sg. Talam. Tahap pencemaran kualiti air sungai ini, dalam konteks IKA adalah sederhana tercemar. Parameter IKA yang paling mengimpak tahap pencemaran Sg. Talam adalah DO dan NH₃-N. Namun begitu, pola guna tanah

semasa dan aktiviti berterusan pembangunan Bandar Indera Mahkota tidak keterlaluan mengimpak secara negatif tahap pencemaran Sg. Talam. Usaha pengurusan sungai lestari bagi Sg. Talam perlu digerakkan bagi memastikan kemasukan kedua-dua sumber pencemar DO dan NH₃-N dapat diminimumkan. Hasil kajian yang dilakukan menunjukkan bahawa pembangunan bandar baru tidak semestinya mencemarkan aliran sungai bandar sekiranya aspek pengurusan mesra alam dipraktikkan dalam agenda pembangunan bandar baru. Sehubungan itu, usaha mewujudkan bandar-bandar baru di negara ini harus mempertimbangkan pola pembangunan yang terancang dan bersifat mesra-alam bagi menjamin kelestarian dan ekosistem lembangan sungai sihat.

Penghargaan

Artikel ini dapat dihasilkan melalui penyelidikan ke atas kajian *Urban runoff and sediment delivery: A case of Sg. Talam basin associated with Bandar Indera Mahkota development* yang dibiayai oleh geran penyelidikan berkod DPP-2013-185.

Rujukan

- Abdullah AM, Zaki Zainudin (2013) Sustainable river water quality management in Malaysia. *IJUM Engineering Journal* 14(1), 29-42.
- American Public Health Association (APHA) (1995) *Standard method for the examination of water and wastewater*. (19th Eds.). APHA, New York.
- Chapman D, Kimstach V (1996) Selection of water quality variables. In Chapman D (ed) (2nd Eds.) *Water quality assessments: A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring*. Taylor & Francis, New York.
- Hamirdin Ithnin (2000) Pengaruh aktiviti manusia terhadap kualiti air permukaan di Lembangan Langat-Semenyih dan Linggi. In: Mohd Yusof Hussain, Nor Azizan Idris, Lukman Z. Mohamad (eds) *Isu-isu pembangunan di awal abad ke-21*, pp.92-105. Fakulti Sains Pembangunan, UKM, Bangi.
- Jabatan Alam Sekitar (1999) *Malaysia environmental quality report 1999*. Kementerian Sains, Teknologi dan Alam Sekitar, Kuala Lumpur.
- Jabatan Pengairan dan Saliran Malaysia (2010) *Satu perjalanan mencintai sungai*. Jabatan Pengairan dan Saliran Malaysia, Kuala Lumpur.
- Mazlin Mokhtar, Ismail Bahari, Agnes Poon (2001) Kualiti air di sekitar Kawasan Perindustrian Balakong, Lembangan Langat. *Malaysian Journal of Analytical Sciences* 7(1), 129-138.
- Muhamad Barzani Gasim, Mohammad Ismail Yaziz, Maznah Mahali, Wan Nor Azmin Sulaiman (2000) Water quality assessment of the Semenyih River, Selangor, Malaysia: A preliminary study. In Jamaluddin Md Jahi, Abdul Rahim Md Nor, Abdul Hadi Harman Shah, Ahmad Fariz Mohamed (eds) *Integrated drainage basin management and modelling*, pp.207-220. Environmental Management Programme, Bangi.
- Nasir Nayan, Mohmadisa Hashim, Mohd Hairiy Ibrahim, Mohamad Suhaily Yusri Che Ngah (2009) Perubahan gunatanah dan tahap kualiti air sungai di Bandaraya Ipoh, Perak. *Malaysian Journal of Environmental Management* 10(2), 115-134.
- Noorazuan Md Hashim, Asmala Ahmad (2007) Tepubina bandar: Isu dan kaitannya dengan kesihatan ekosistem lembangan saluran. *GEOGRAFIA Malaysian Journal of Society and Space* 3, 20-34.
- Suhaimi Suratman, Asmadi Ali, Lo Ting Ting (2005) Penilaian indeks kualiti air di Lembangan Sungai Ibai, Terengganu. *Sains Malaysiana* 34(2), 55-59.
- Suhaimi Suratman, Norhayati Mohd Tahir, Lee Chun Yeow, Siti Rohayu A. Rashid (2006) Kesan monsun terhadap kualiti air di Lembangan Sungai Besut, Terengganu. *Malaysia Journal of Analytical Science* 10(1), 143-148.

Sulong Mohamad, Mohd Ekhwan Toriman, Kadaruddin Aiyub, Mokhtar Jaafar (2005) *Sungai dan pembangunan tebingan sungai bandar Malaysia*. Penerbit Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi.
USEPA (United States Environmental Protection Agency) (1987) *Quality criteria for water-EPA Publication 440/5-86-001*. U.S. Government Print. Office, Washington.