

Kesan Gabungan Aktiviti Guna Tanah dan Perubahan Musim terhadap Kualiti Sumber Air: Kajian Kes di Terusan Utara, Kedah

(Impact of the Combination of Land Use Activities and Seasons Change on the Water Resources Quality: Case Study of North Canal, Kedah)

MOHD. SUHAIMI AHMAD*, MUHAMMAD RIDWAN FAHMI, MUSTAQQIM ABDUL RAHIM & NAIMAH IBRAHIM

ABSTRAK

Suatu kajian untuk menilai kesan gabungan aktiviti guna tanah dan perubahan musim terhadap kualiti sumber air telah dijalankan di Terusan Utara, Kedah. Kajian ini dijalankan di lima stesen terpilih selama 12 bulan berdasarkan Indeks Kualiti Air (WQI) dan Piawaian Interim Kualiti Air Kebangsaan (INWQS). Kajian mendapati kualiti air di Terusan Utara berada pada Kelas III dan berlaku peningkatan kualiti air dari hulu ke hilir. Hampir semua stesen berpotensi sebagai punca pencemaran berdasarkan aktiviti guna tanah terutamanya di Pelubang, Jitra serta Tunjang. Kajian menunjukkan terdapat perbezaan yang signifikan ketika perubahan musim pada DO, TSS serta BOD, namun tidak pada ammonia, pH dan COD. Secara amnya, kombinasi aktiviti guna tanah dan perubahan musim boleh mempengaruhi atau memberi kesan terhadap kualiti sumber air. Oleh itu, tindakan segera perlu dilakukan untuk mengawal punca pencemaran bagi memastikan kualiti sumber air di Terusan Utara kekal terpelihara.

Kata kunci: Guna tanah; INWQS; perubahan musim; sumber air; WQI

ABSTRACT

A study to assess the combined effects of land use activities and seasonal changes in the water resources quality has been carried out in North Channel, Kedah. The study was conducted in five selected stations for 12 months based on the Water Quality Index (WQI) and the Interim National Water Quality Standards (INWQS). The study found that the water quality in the North Channel is in Class III with improvement of water quality from upstream to downstream. Almost all stations have shown that potential as sources of contamination based on land use activities especially in Pelubang, Jitra and Tunjang. The studies showed a significant difference whereby a season change in DO, TSS and BOD but not in ammonia, pH and COD. Generally, the combination of land use activities and seasonal changes can be affected or impacted to the water resources quality. Therefore, an urgent action is needed to control the sources of pollution to ensure the quality of water resources in the North Channel is preserved.

Keywords: INWQS; land used; seasons change; water resources, WQI

PENGENALAN

Sungai merupakan sumber air utama yang membekalkan lebih 90% daripada air permukaan. Gangguan antropologi terhadap permukaan tanah dan pengubahsuaian sistem sungai boleh memberi kesan negatif terhadap kualiti sumber air berkenaan (Hoo et al. 2006; Li et al. 2014; Panyapinyopol et al. 2005; Shen et al. 2014). Apabila sistem sungai terganggu, keseimbangan dinamik sungai akan terancam dan musnah (Chattopadhyay et al. 2003). Kesan yang jelas dapat dilihat apabila air sungai kelihatan keruh, kotor, berbau dan tidak sesuai digunakan untuk banyak aktiviti (Al-shami et al. 2011). Sungguhpun begitu, keadaan ini bergantung pada jenis, jumlah serta punca pencemaran di sesuatu kawasan (Jessoe 2013; Naemah et al. 2006).

Umumnya pencemaran boleh berlaku disebabkan oleh dua faktor utama iaitu faktor semula jadi dan aktiviti manusia (Davis & Cornwell 1991; Grower 1980; Hoo et

al. 2006; Nemerow 1991; Seeboonruang 2012). Faktor semula jadi sukar untuk ditentukan dengan tepat kerana berbeza antara satu tempat dengan tempat yang lain, malah boleh berubah mengikut masa serta musim (Novotny & Chester 1981). Kesan perubahan musim serta iklim ini menarik minat banyak penyelidik antaranya Mimikou et al. (2000) yang mengkaji kesan perubahan kualiti air sungai berdasarkan dua senario perubahan iklim. Ini kerana perubahan musim dan iklim boleh menyebabkan perubahan kitaran hidrologi semula jadi di sesuatu kawasan antaranya perubahan pola hujan dan suhu (Nan et al. 2011). Begitu juga dengan Wilby et al. (2006) yang menggunakan kerangka kerja bersepadu untuk model kesan perubahan iklim ke atas kualiti dan kuantiti air di Sungai Kennet, UK. Masalah sama turut dibincangkan oleh Delpla et al. (2009), Park et al. (2010) dan Whitehead et al. (2006) yang mengkaji kesan perubahan iklim dan musim terhadap kualiti air sungai.

Faktor manusia pula berkait rapat dengan aktiviti guna tanah dan pembangunan masyarakat yang tidak mengambil kira kesan serta kemerosotan sumber air untuk tempoh jangka panjang (Riboldzi et al. 2011). Masalah ini sering dikaitkan dengan pembuangan sisa kumbahan, perbandaran, industri, pertanian, penternakan, perlombongan serta penerokaan hutan yang tidak terkawal (Azalina et al. 2012; Hossain et al. 2013). Kajian oleh Tong dan Chen (2002) menunjukkan terdapat hubungan yang signifikan antara aktiviti guna tanah dan perbandaran terhadap kualiti air sungai di Negeri Ohio, US. Begitu juga analisis yang dijalankan oleh He et al. (2008) yang menunjukkan terdapat perubahan kualiti air permukaan, kesan aktiviti perbandaran di Xi'n, China. Perubahan ini bukan melibatkan aktiviti perbandaran sahaja malah turut kaitkan dengan aktiviti pertanian seperti yang dinyatakan oleh Bahar et al. (2008), walaupun kajian sebelumnya oleh Sliva dan Williams (2001) mendapati aktiviti pertanian bukan penyumbang utama pencemaran sumber air.

Kesan gabungan kedua-dua faktor ini boleh membawa kepada perubahan sisa, beban pencemar serta corak aliran yang mungkin memberi kesan kepada sumber air. Ini dibuktikan oleh Tu (2009) yang menilai kesan gabungan perubahan iklim dan aktiviti guna tanah terhadap kualiti sumber air di kawasan tadahan air di Timur Massachusetts. Kajian yang sama turut dilakukan oleh penyelidik lain

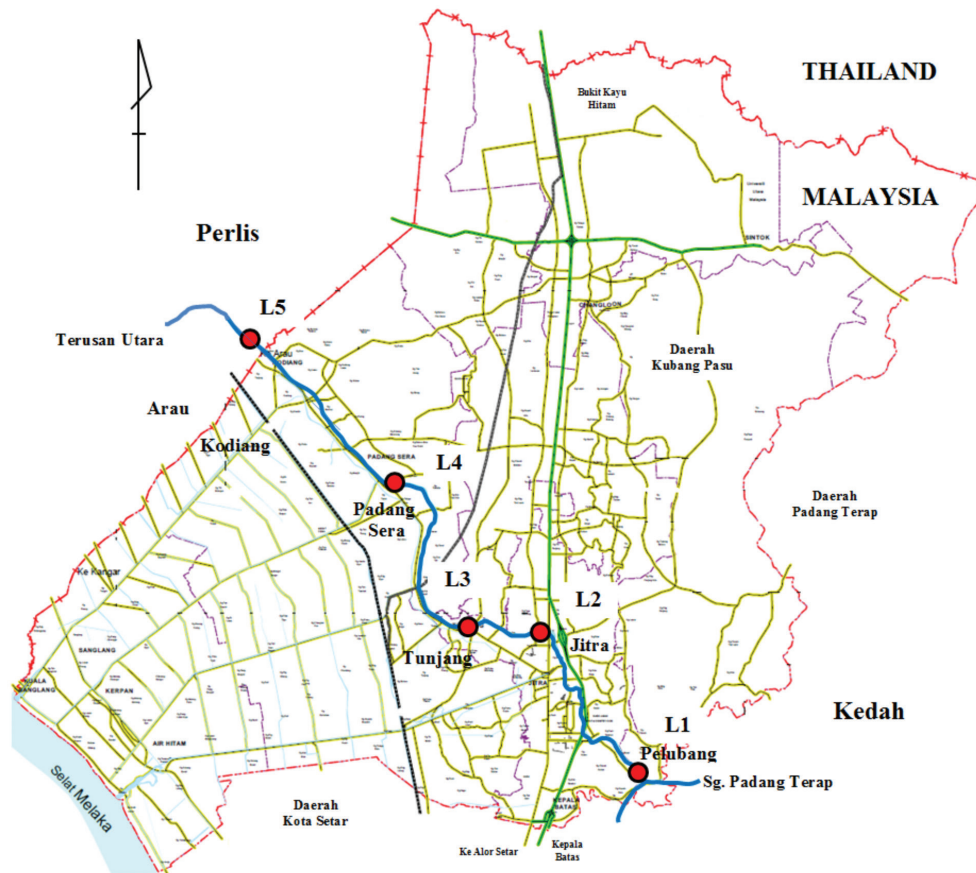
dengan mengaitkan kesan gabungan ini terhadap kualiti sumber air contohnya aliran air semasa musim kering dan basah (Gasim et al. 2006), permukaan tanah (Rhodes et al. 2001), pelepasan loji rawatan air sisa (Ferguson et al. 1996), pembajaan pertanian (Mattikalli & Richards 1996) serta landskap dan persekitaran (Lee et al. 2009). Menyedari hakikat ini, tindakan pemeliharaan serta pemuliharaan segera perlu dilakukan bagi mengelak pencemaran berterusan sehingga mengganggu sumber air sedia ada (Pingale et al. 2014).

Untuk itu, satu kajian telah dijalankan di Terusan Utara, Kedah bagi menilai kualiti sumber air serta mengenal pasti punca yang menyebabkan pencemaran di terusan berkenaan khususnya yang berkaitan dengan aktiviti guna tanah dan perubahan musim. Hasil kajian ini penting bagi menentukan kepekatan paramater kualiti air serta lokasi yang berpotensi menyebabkan pencemaran untuk tujuan kawalan pada masa hadapan.

BAHAN DAN KAEDAH

KAWASAN KAJIAN

Terusan Utara merupakan saluran atau terusan yang dibina untuk tujuan pengairan pertanian. Pengurusan terusan ini berada di bawah bidang kuasa Lembaga Pertanian



RAJAH 1. Kedudukan Terusan Utara dan stesen kajian

dan Perairan Muda (MADA) (2015). Lokasinya terletak di Daerah Kubang Pasu, bermula dari Utara Negeri Kedah dan berakhir ke laut di Selatan Negeri Perlis (Rajah 1). Panjang terusan ini ialah 56.0 km dengan lebar 20.0 m dan kedalaman purata 6.0 m. Sumber utama air diperoleh melalui Sungai Padang Terap yang berpunca dari Empangan Pedu dan Empangan Ahning, Daerah Padang Terap, Kedah (LSANK 2015). Selain untuk tujuan pertanian, terusan ini turut menjadi sumber air mentah bagi beberapa buah loji pembersihan air seperti Loji Air Pelubang, Loji Air Bukit Pinang, Loji Air Kuala Sungai Baru, Loji Air Kuala Perlis serta Loji Pembersihan Air Fasa IV Arau, Perlis. Kedudukan serta justifikasi stesen kajian ditunjukkan dalam Jadual 1.

PENSAMPELAN DAN ANALISIS KUALITI AIR

Pensampelan dan analisis dijalankan setiap bulan bermula dari Jun 2014 hingga Mei 2015. Sebanyak 6 parameter kualiti air telah diuji iaitu pH, oksigen terlarut (DO), jumlah pepejal terampai (TSS), nitrogen-ammonia ($N-NH_3$), permintaan oksigen biokimia (BOD) dan permintaan oksigen kimia (COD). Proses pensampelan dan pengujian dijalankan mengikut *Standard Method for Examination of Water and Wastewater* (APHA 2005) serta Buku Panduan HACH (HACH 2005) secara *in-situ* dan ujian makmal. Waktu pensampelan ialah antara pukul 8.00-10.00 pagi. Setiap stesen akan diambil 2.0 L sampel air di pertengahan terusan pada kedalaman 1.0 m dari permukaan air.

Pengujian lapangan bagi pH menggunakan meter pH mudah alih jenis HANNA HI 98127, manakala ujian makmal jenis HANNA HI 223 yang setara dengan Kaedah APHA 4500-H+(B). Alat ini akan menguji ketepatan bacaan menggunakan larutan atau *buffer* pH4 dan pH7. Pengujian DO di makmal menggunakan meter DO jenis YSI 5000 atau setara dengan Kaedah APHA 4500(O). Proses pelarasan meter DO dibuat secara automatik dan bacaan akan direkodkan setelah nilai yang ditunjukkan pada skrin alat stabil. Ujian kekeruhan dijalankan menggunakan

alat turbidimeter jenis HACH 2100AN atau setara dengan Kaedah APHA 2130(B). Penentuan TSS pula dijalankan mengikut Kaedah APHA 2540(D) melalui proses penurasan dan pengeringan pada suhu 103-105°C. Analisis ammonia dibuat mengikut Kaedah HACH 8038 (*Nessler Method*) yang setara dengan Kaedah APHA 4500- NH_3 (B) dan (C). Ujian ini menggunakan alat HACH DR2800 Spektrofotometer dengan nombor program 380 (*N. Ammonia, Ness*). Ujian BOD dijalankan mengikut Kaedah APHA 5210(B) manakala COD dilaksanakan mengikut Kaedah APHA 5220(C). Analisis ini menggunakan alat HACH DRB 200 *Reactor* serta DR2800 Spektrofotometer dengan nombor program 427 (*Organic Carbon LR*). Analisis ulangan semua sampel dibuat sebanyak tiga kali dan nilai bacaan yang diperoleh dengan perbezaan kurang atau melebihi 20% tidak akan diambil kira bagi analisis statistik (Liabastre et al. 1992). Maklumat lain yang digunakan ialah data hujan dengan merujuk ke Jabatan Pengairan dan Saliran Negeri (JPS), Kedah serta Lembaga Pertanian dan Perairan Muda (MADA). Data hujan diperlukan untuk menentukan sama ada sesuatu musim itu adalah musim hujan atau musim tidak hujan (Daldjoeni 1983; Kartasapoetra 2008). Menurut Oldeman (1977), musim hujan merujuk kepada bulan yang menerima taburan hujan lebih daripada 100 mm, manakala musim tidak hujan pula taburannya kurang daripada 100 mm dalam masa sebulan.

ANALISIS DATA

Analisis data deskriptif dan pemerihalan dibuat menggunakan perisian *IBM SPSS Statistical v. 20.0* serta *Microsoft Excel 2010*. Ujian korelasi *Pearson* dan ANOVA juga digunakan untuk membuat generalisasi keputusan kajian yang diperoleh daripada sampel kajian kepada populasi atau nisbah kajian. Penentuan kualiti air ditentukan berdasarkan Indeks Kualiti Air (WQI) dan Piawaian Interim Kualiti Air Kebangsaan (INWQS). WQI dikira berdasarkan enam parameter iaitu pH, DO, TSS, $N-NH_3$, BOD dan COD (JAS 2007a), berpandukan (1);

JADUAL 1. Stesen pensampelan dan perihalan

Stesen	Lokasi	Koordinat	Keterangan ringkas
L1	Pelubang	N 6° 13' 13.8" E 100° 27' 40"	Terletak di hulu dan merupakan permulaan bagi Terusan Utara. Sumber air terusan ini diperoleh dari Sungai Padang Terap
L2	Jitra	N 6° 17' 1.4" E 100° 25' 12.1"	Berisiko tercemar kerana mengalir merentasi Pekan Jitra khususnya kawasan penempatan, komersial dan industri
L3	Tunjang	N 6° 18' 10.8" E 100° 21' 56.3"	Terletak di pinggir Pekan Jitra dan potensi pencemaran banyak dipengaruhi corak penempatan penduduk serta kegiatan ekonomi yang dijalankan seperti pertanian dan penternakan
L4	Padang Sera	N 6° 22' 13.6" E 100° 19' 40.1"	Kepadatan penduduk serta kegiatan pertanian yang dijalankan khususnya sawah padi, getah, kelapa sawit serta kebun sayur
L5	Pauh/Kodiang	N 6° 24' 24.8" E 100° 17' 53"	Berada di muka sauk Loji Pembersihan Air Fasa IV, Arau. Sumber air terdedah kepada pencemaran kerana terletak berdekatan kediaman penduduk dan kawasan pertanian

$$WQI = 0.22 (SIDO) + 0.19 (SIBOD) + 0.16 (SICOD) + 0.15 (SIAN) + 0.16 (SISS) + 0.12 (SIpH) \quad (1)$$

dengan *SI* ialah sub-indeks bagi parameter yang terdapat dalam (1).

Nilai untuk sub-indeks SIDO, SIBOD, SICOD, SIAN, SITSS dan SIpH ditunjukkan dalam Jadual 2.

HASIL DAN PERBINCANGAN

Keputusan analisis parameter kualiti air ditunjukkan dalam Jadual 3. Secara umumnya, purata pH air di Terusan Utara sedikit berasid iaitu 6.55 dengan julat DO antara 5.18-9.78 mg/L. TSS merekodkan bacaan antara 15.00 dan 412.00 mg/L, manakala min bagi ammonia ialah 1.78 mg/L. Julat BOD berada antara 6.39-12.63 mg/L diikuti COD antara 30.12-50.42 mg/L.

Data turunan hujan ditunjukkan pada Rajah 2. Pada tahun 2014, bulan Jun-Disember dianggap sebagai bulan hujan kecuali Julai, manakala bulan Januari-Mei 2015 dianggap sebagai bulan tidak hujan. Secara keseluruhan, purata jumlah hujan tahunan yang telah direkodkan bagi Daerah Kubang Pasu dan Padang Terap ialah 2051.6 mm setahun.

INDEKS KUALITI AIR (WQI)

Analisis WQI menunjukkan sumber air di Terusan Utara berada dalam Kelas III dan keadaan ini kekal sepanjang tahun seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3. Kelas III bermaksud kualiti air berada pada peringkat sederhana iaitu mencapai tahap minimum bagi hidupan akuatik, sesuai untuk perairan pertanian dan memerlukan rawatan yang intensif untuk bekalan air terawat (JAS 2000). Jadual 4 menunjukkan WQI mengikut stesen di Terusan Utara. Julat skor berada antara 60.63-77.44 merangkumi musim hujan dan musim tidak hujan. Walaupun kebanyakan stesen berada pada Kelas III, namun skor indeks mencatatkan peningkatan kualiti air dari hulu ke hilir. Biasanya air di hulu dikaitkan dengan kualiti air yang lebih baik atau lebih tinggi berbanding hilir (Suhaimi et al. 2006), namun kajian ini mempamerkan keputusan berbeza iaitu kualiti air di hilir lebih baik berbanding hulu. Situasi ini didorong oleh fungsi terusan itu sendiri yang berperanan mengagihkan bekalan air untuk kawasan pertanian. Apabila air terusan dialirkan keluar secara tidak langsung beban pencemar yang ada turut sama mengalir keluar. Selain itu, faktor semula jadi dan persekitaran seperti guna tanah, musim serta aliran terusan juga membantu menjadikan kualiti sumber air berubah atau bertambah baik apabila berada di hilir.

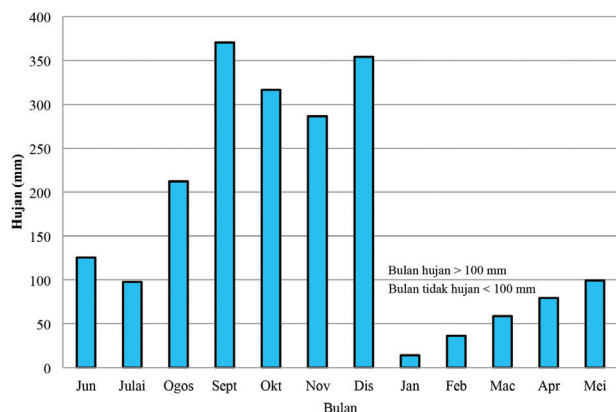
JADUAL 2. Persamaan bagi pengiraan sub-indeks yang digunakan dalam pengiraan WQI

Parameter	Nilai	Parameter Sub- Indeks (SI)
AN	Jika $X \leq 0.3$	$SIAN = 100.4 - 4.32X$
	Jika $0.3 < X < 4$	$SIAN = 94^{*e^{-0.573X}} - 5(X-2)$
	Jika $X \geq 4$	$SIAN = 0$
BOD	Jika $X \leq 5$	$SIBOD = 100.4 - 4.32X$
	Jika $X > 5$	$SIBOD = 108^{*e^{-0.055X}} - 0.1X$
COD	Jika $X \leq 20$	$SICOD = 99.1 - 1.33X$
	Jika $X > 20$	$SICOD = 103^{*e^{-0.0157X}} - 0.04X$
DO	$X = DO \times 12.6577$	
	Jika $X \leq 8$	$SIDO = 0$
pH	Jika $8 < X$	$SIDO = -0.395 + 0.030X^2 - 0.000198X^3$
	Jika $X < 5.5$	$SIpH = 17.2 - 17.2X - 5.02X^2$
	Jika $5.5 \leq X < 7$	$SIpH = -242 + 95.5X - 6.67X^2$
	Jika $7 \leq X < 8.75$	$SIpH = -1.81 - 82.4X - 6.05X^2$
	Jika $X \geq 8.75$	$SIpH = 536 - 77X + 2.76X^2$
SS	Jika $X \leq 100$	$SISS = 97.5^{*e^{-0.00676X}} + 0.05X$
	Jika $100 < X < 1000$	$SISS = 71^{*e^{-0.0016X}} - 0.015X$
	Jika $X \geq 100$	$SISS = 0$

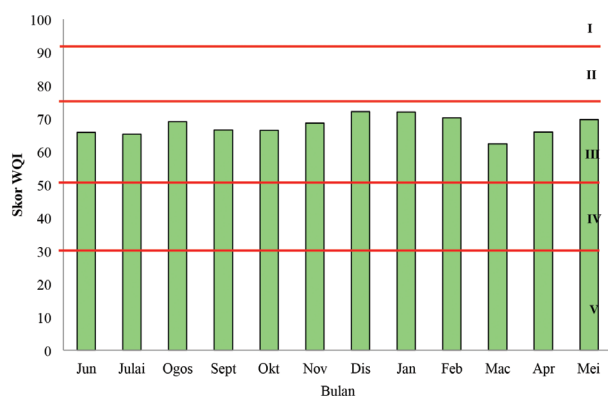
Kepekatan X dalam unit mg/L (kecuali pH dan DO)

JADUAL 3. Keputusan analisis kualiti air di Terusan Utara

Parameter	Julat	Min	Sisihan piawai
pH	6.41 - 6.70	6.55	0.078
DO (mg/L)	5.18 - 9.78	7.68	1.244
TSS (mg/L)	15.00 - 412.00	108.85	77.622
BOD (mg/L)	6.39 - 12.63	9.61	1.792
COD (mg/L)	30.12 - 50.42	38.66	4.950
Ammonia (mg/L)	1.21 - 2.47	1.78	0.384



RAJAH 2. Purata turunan hujan dari Jun 2014 - Mei 2015 (MADA 2015b)



RAJAH 3. Indeks kualiti air di Terusan Utara dari Jun 2014 - Mei 2015

Berdasarkan Jadual 4, skor purata WQI di Stesen L1 ialah 63.72 berbanding 66.15, 71.03, 73.5 dan 75.64 masing-masing pada Stesen L2, L3, L4 serta L5. Walaupun kedudukan L1 terletak di hulu Terusan Utara, hakikatnya stesen berkenaan telah berada di bahagian hilir Sungai Padang Terap. Memandangkan sumber air utama diperolehi dari sungai tersebut, secara tidak langsung air yang masuk ke dalam terusan berkenaan turut membawa bersama beban pencemar yang sedia ada. Situasi ini telah menjadikan Stesen L1 yang terletak di Pelubang sebagai stesen yang paling tinggi menerima beban pencemar berbanding

stesen-stesen lain. Keadaan ini turut dipengaruhi oleh aktiviti guna tanah di sekitar stesen tersebut khususnya penempatan, pertanian, kuari tanah serta perlombongan pasir (RTD 2002).

Stesen L2 merupakan kawasan bandar, jadi guna tanah di kawasan ini banyak dibangunkan untuk penempatan, komersial dan perusahaan. Kualiti air di kawasan ini sedikit tinggi berbanding L1. Punca utama pencemaran dikaitkan dengan aliran efluan dari loji kumbahan, sisa buangan tidak dirawat dan air larian permukaan. Walaupun persekitaran bandar terdedah kepada pencemaran yang tinggi, namun kewujudan beberapa cabang sungai serta terusan lain yang merentasi bandar ini secara tidak langsung telah mengurangkan beban pencemar terhadap Terusan Utara. Ini turut dibantu melalui projek pengurusan air larian permukaan oleh Jabatan Pengairan dan Saliran (JPS) Daerah Kubang Pasu yang melencongkan air dari Sungai Keronco yang berada pada Kelas IV ke Sungai Tanjung Pauh. Projek lencongan ini dibuat atas pelbagai faktor antaranya untuk kawalan banjir, kawalan sampah sarap, kedudukan serta lokasi. Kesannya, jumlah pencemaran yang masuk terus ke Terusan Utara telah menurun dan ini telah mengurangkan risiko yang boleh menjejaskan kualiti air di terusan berkenaan.

Stesen L3, L4 dan L5 secara umumnya turut berada dalam Kelas III, namun mencatatkan perbezaan skor melebihi 10% berbanding L1. Stesen-stesen ini memiliki ciri guna tanah yang hampir sama iaitu sebagai kawasan penempatan dan pertanian. Kebanyakan penempatan di kawasan ini dibina secara berserakan dan ada sebahagiannya didirikan selari dengan koridor terusan. Di Malaysia, belum ada akta yang menyatakan rumah tidak boleh dibina bersebelahan sungai atau memerlukan zon penampungan antara kediaman dengan sungai, cuma yang ada ialah Garis Panduan Pembangunan Sungai dan Rizab Sungai oleh JPS (Azimuddin 2009). Oleh itu, ada sebahagian rumah serta bangunan yang dibina terlalu hampir atau termasuk dalam kawasan rizab sungai dan terusan. Keadaan ini tidak baik untuk dipraktikkan kerana berisiko berlaku pencemaran akibat buangan sisa pepejal atau aliran air kumbahan.

Selain itu, kegiatan ekonomi utama yang tertumpu kepada pertanian seperti sawah padi, getah, kelapa sawit, kebun sayur-sayuran dan penternakan juga berpotensi menyebabkan pencemaran. Kebanyakan aktiviti ini berada

JADUAL 4. Indeks kualiti air mengikut stesen di Terusan Utara

Stesen	Lokasi	Skor WQI			Kelas WQI	
		Hujan	Tidak hujan	Purata skor WQI	Hujan	Tidak hujan
L1	Pelubang	60.63	66.81	63.72	III	III
L2	Jitra	64.10	68.20	66.15	III	III
L3	Tunjang	70.20	71.85	71.03	III	III
L4	Padang Sera	72.34	74.66	73.50	III	III
L5	Pauh/Kodiang	73.84	77.44	75.64	III	II
Purata		68.22	71.79	70.00	III	III

berhampiran dengan terusan, malah ada sebahagiannya yang menjadikan rizab sungai sebagai tapak semeaian atau kandang ternakan. Ini telah mendedahkan sumber air kepada pencemaran khususnya sisa pertanian, baja, racun perosak, bahan pepejal serta kumbahan ternakan. Keadaan ini semakin serius ketika musim hujan, akibat air larian permukaan yang membawa bersama bahan-bahan larut air ke dalam terusan. Kajian mendapati wujud perbezaan yang signifikan antara kualiti air semasa musim hujan dan musim tidak hujan dengan $p < 0.05$. Ini terbukti apabila kualiti air di Stesen L5 yang berada pada Kelas II semasa musim tidak hujan telah berubah kepada Kelas III semasa musim hujan. Ini menunjukkan bahawa perubahan musim serta aktiviti guna tanah boleh mempengaruhi kualiti air akibat pertambahan beban pencemar.

PIAWAIAN INTERIM KUALITI AIR KEBANGSAAN (INWQS)

Analisis INWQS digunakan bagi mengelaskan kualiti air berdasarkan enam kelas iaitu I, IIA, IIB, III, IV dan V dengan merujuk Kelas I sebagai 'terbaik' manakala Kelas V sebagai 'terburuk' (JAS 2007b) seperti dalam Jadual 5. Analisis ini dibuat secara berasingan bagi setiap parameter iaitu pH, DO, TSS, BOD, COD dan N-NH₃. Jadual 6 menunjukkan purata kepekatan bagi semua parameter kajian mengikut stesen kajian dan musim.

Nilai pH penting untuk menentukan sama ada sesuatu tindak balas kimia atau biologi telah berlaku, selain dapat mengenal pasti darjah serta tahap ketoksikan beberapa bahan cemar yang terdapat dalam air. Nilai pH yang rendah akan berkolaborasi dengan DO yang rendah dan hubungan ini berkait rapat dengan peningkatan BOD serta COD. Nilai pH terendah yang direkodkan ialah 6.41 di Stesen L1 pada Jun 2014 dan tertinggi 6.70 di Stesen L5 pada April 2015. Penguraian bahan-bahan organik yang terdapat dalam air merupakan faktor utama yang menyumbang kepada pengurangan nilai pH (Suhaimi et al. 2006). Fenomena ini dapat dilihat pada Stesen L1, L2 dan L3 yang mengalami penurunan nilai pH berbanding L4 dan L5. Sungguhpun begitu, perubahan nilai pH turut dipengaruhi oleh pelbagai tindak balas lain seperti ion-ion utama, unsur terlarut bukan ion, pepejal serta gas yang bergabung dengan air untuk membentuk larutan (Othman 2006). Bacaan pH telah mencatatkan nilai yang lebih rendah pada musim hujan berbanding musim tidak hujan. Ini disebabkan hujan yang lebat pada kekerapan yang tinggi telah melarutkan atau membawa bersama bahan berunsur asid pada permukaan struktur binaan serta tanah ke dalam sumber air (Fatimah et al. 1992; Whelton et al. 2013). Walaupun terdapat perbezaan bacaan antara kedua-dua musim tersebut, namun perbezaan ini didapati tidak signifikan apabila

JADUAL 5. Piawaian Interim Kualiti Air Kebangsaan (INWQS)

Parameter	Unit	Kelas					
		I	IIA	IIB	III	IV	V
Ammonia	mg/L	0.1	0.3	0.3	0.9	2.7	> 2.7
BOD ₅	mg/L	1.0	3.0	3.0	6.0	12	> 12
COD	mg/L	10	25	25	50	100	> 100
DO	mg/L	7	5 - 7	5 - 7	3 - 5	< 3	< 1
pH		6.5 - 8.5	6.5 - 9.0	6.5 - 9.0	5 - 9	5 - 9	-
Warna	TUC	15	150	150	-	-	-
Konduktiviti	μS/cm	1000	1000	-	-	6000	-
Kemasinan	%	0.5	1.0	-	-	2.0	-
TSS	mg/L	25	50	50	150	300	300
Suhu	°C	-	Normal+2°C	-	Normal+2°C	-	-
Kekeruhan	NTU	5	50	50	-	-	-

JADUAL 6. Purata kepekatan parameter mengikut stesen dan musim di Terusan Utara

Stesen	PARAMETER											
	pH		DO (mg/L)		TSS (mg/L)		BOD (mg/L)		COD (mg/L)		N-NH ₃ (mg/L)	
	H	TH	H	TH	H	TH	H	TH	H	TH	H	TH
L1	6.44	6.49	5.83	6.66	222	70.3	11.5	10.7	44.9	42.0	2.35	2.25
L2	6.48	6.53	6.24	7.48	179	56.0	10.5	10.4	41.3	40.3	2.05	1.92
L3	6.53	6.56	8.31	7.55	149	59.5	9.51	10.3	38.9	38.8	1.85	1.75
L4	6.59	6.61	8.92	8.14	133	55.5	8.51	9.15	36.4	35.5	1.56	1.57
L5	6.61	6.64	9.47	8.23	115	50.2	7.64	7.93	34.5	33.9	1.24	1.25

H : Musim hujan

TH : Musim tidak hujan

$p=0.589>0.05$. Ini menunjukkan perubahan musim tidak memberi kesan atau perbezaan yang ketara terhadap nilai pH. Berpandukan INWQS, nilai pH yang kurang daripada 6.0 atau melebihi 9.0 dianggap telah berlaku pencemaran, jadi julat pH yang berada antara 6.41-6.70 meletakkan semua stesen kajian berada dalam subkelas II.

Oksigen terlarut (DO) merupakan keperluan utama bagi hidupan akuatik dan menjadi petunjuk penting terhadap kawalan kualiti air (Ali et al. 1999). Kepekatan DO memperlihatkan peningkatan dari hulu ke hilir. Umumnya DO berkadar terus dengan pH dan ini dibuktikan apabila analisis korelasi *Pearson* antara kedua-dua parameter ini menunjukkan nilai $r=0.683$ dan $p<0.01$. Kepekatan DO yang rendah di L1 disebabkan kehadiran bahan-bahan organik dalam air berpunca daripada aktiviti guna tanah di kawasan berkenaan khususnya penempatan, perlombongan pasir, kuari tanah, pertanian, penternakan serta pembalakan yang dijalankan sepanjang Sungai Padang Terap sebelum masuk ke Terusan Utara (Ali et al. 2014). Bahan organik ini akan diurai oleh mikroorganisma dan proses tersebut memerlukan oksigen, lantas menjadikan kandungan DO rendah. Ini boleh dilihat ketika nilai DO menurun, bacaan pada BOD dan COD akan menjadi tinggi. Pensampelan semasa musim hujan dan tidak hujan juga menunjukkan wujud perbezaan bacaan pada DO. Hujan yang turun telah meningkatkan kadar aliran terusan terutamanya antara bulan Ogos-Disember 2014. Jumlah hujan yang tinggi akan mendorong peningkatan air larian permukaan dan menambah jumlah DO di dalam air (Sholkovitz 1985; Terbutt 1983). Walaupun air larian permukaan dikaitkan dengan peningkatan beban pencemaran, namun hujan juga berupaya melarutkan oksigen yang terdapat di udara (Suhaimi et al. 2006). Selain itu, aliran yang terusan yang deras semasa musim hujan juga telah meningkatkan olakan air lalu meransang proses pertukaran oksigen di antara permukaan air dan udara dengan lebih cepat (Corbitt 1999; Othman 2006). Analisis ANOVA antara musim hujan dan tidak hujan menunjukkan terdapat perbezaan yang signifikan apabila nilai $p<0.01$. Purata DO antara 5.83-9.47 mg/L telah menjadikan kualiti air berada dalam Kelas I dan II berdasarkan INWQS.

Pepejal terampai (TSS) biasanya terdiri daripada lumpur, pasir, bahan organik dan bahan bukan organik. TSS yang tinggi dalam persekitaran akuatik akan mengakibatkan kadar penembusan cahaya matahari menjadi terhad lalu menjejaskan proses fotosintesis serta mengurangkan kepekatan DO dalam air (Ali et al. 2000; Clasen 1997). TSS boleh dikelaskan mengikut saiz (Faridah et al. 2004), ciri kimia dan taburan sesuatu kumpulan pepejal (Arms 1990; Peavy et al. 1986). Bahan-bahan ini dikaitkan dengan aktiviti pembangunan tanah, penerokaan hutan, pertanian, perlombongan serta hakisan (Azalina et al. 2012; Mattikalli & Richards 1996; Othman 2006). Stesen L1 telah menerima kesan langsung dari Sungai Padang Terap akibat aktiviti perlombongan pasir, kuari tanah, pertanian serta pembalakan yang dijalankan sepanjang sungai berkenaan. Situasi sama juga berlaku di L2 dan L3 kerana dikaitkan dengan aktiviti pemandaran dan pembangunan

tanah. Stesen L4 dan L5 turut mengalami peningkatan TSS melalui aktiviti pertanian sepanjang koridor terusan, namun jumlahnya sedikit kurang berbanding lain-lain stesen. Sungguhpun begitu, ada ketikanya peningkatan TSS berlaku dengan ketara di stesen berkenaan disebabkan aktiviti semeian padi (Othman et al. 2006). Semua stesen telah mempamerkan peningkatan TSS yang ketara semasa musim hujan berbanding musim tidak hujan dengan pertambahan melebihi 50%. Peningkatan ini didorong oleh air larian permukaan yang membawa bersama sisa pepejal, debu, habuk, bahan hakisan serta sisa kumbahan ke dalam sumber air. Analisis ANOVA menunjukkan terdapat perbezaan yang signifikan dengan $p<0.05$ antara kedua-dua musim tersebut. Julat TSS yang berada antara 15-412 mg/L telah meletakkan Terusan Utara pada Kelas I hingga V berdasarkan INWQS, namun berbeza mengikut musim dan lokasi.

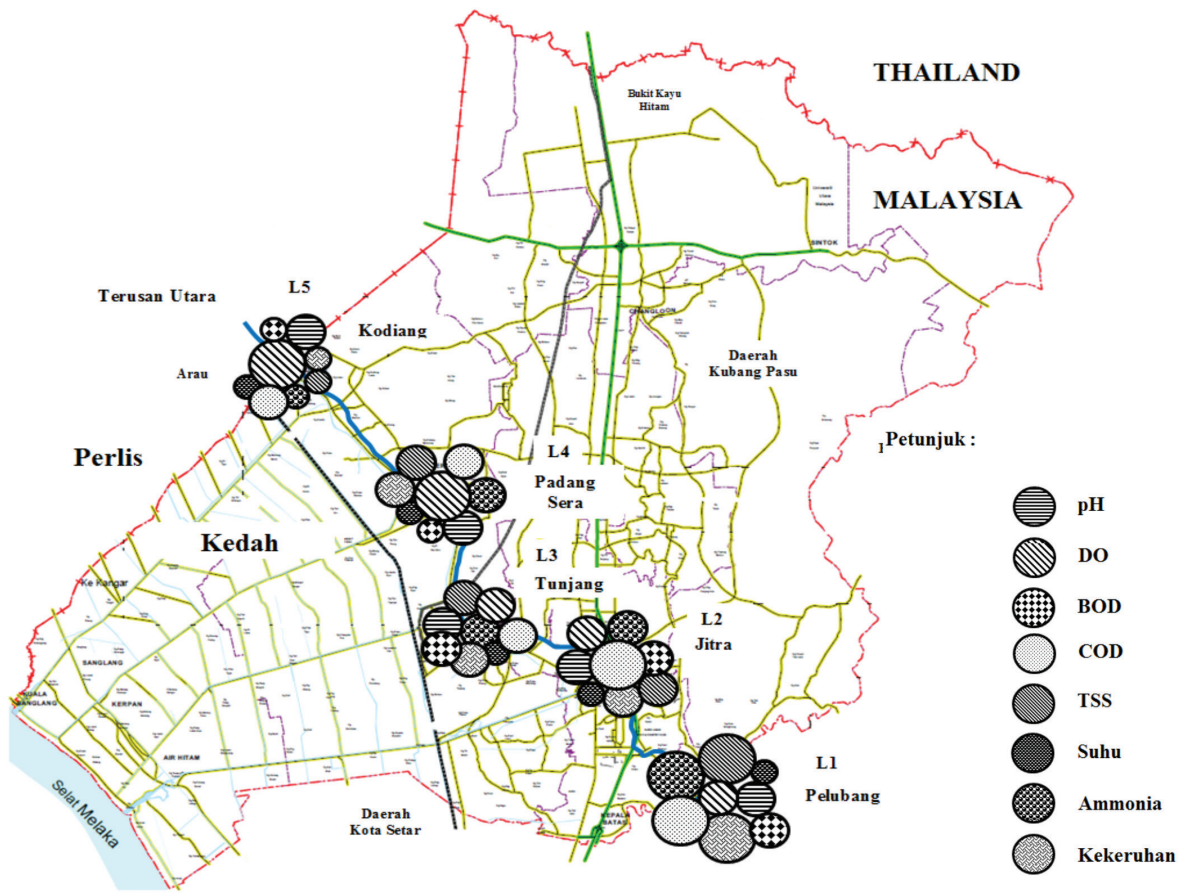
Permintaan Oksigen Biokimia (BOD) adalah petunjuk penting bagi menentukan tahap pencemaran organik dalam air. BOD bersifat songsang dengan DO iaitu semakin tinggi BOD maka DO dalam air semakin rendah (Metcalf & Eddy 2003; Peavy et al. 1986). Hubungan ini boleh dilihat melalui analisis korelasi *Pearson* antara BOD dan DO yang menunjukkan nilai $r=-0.541$ dengan $p<0.05$. Stesen L1 telah merekodkan bacaan BOD tertinggi, diikuti Stesen L2, L3, L4 dan L5 dengan julat purata antara 7.78-10.49 mg/L. Jumlah BOD yang tinggi pada stesen-stesen ini dikaitkan dengan sisa buangan domestik (Wu & Chen 2013) dan aktiviti pertanian terutamanya penggunaan baja seperti urea, foliar serta NPK (Atsushi et al. 2005; Rai et al. 1995). Perbezaan BOD juga berlaku akibat perubahan musim. Semasa musim tidak hujan Stesen L1 mencatatkan bacaan BOD pada 10.65 mg/L, kemudian meningkat menjadi 11.48 mg/L ketika musim hujan. Stesen L2 juga berlaku peningkatan namun jumlahnya sangat sedikit menjadikan perbezaan yang berlaku tidak terlalu ketara. Berbeza dengan Stesen L3, L4 dan L5 yang merekodkan bacaan BOD lebih tinggi pada musim tidak hujan berbanding musim hujan. Walaupun hujan berupaya melarut dan mengangkut bahan pencemar, namun pertambahan isi padu air, kecairan serta peningkatan jumlah DO secara tidak langsung telah mengurangkan bacaan BOD dalam air. Sebaliknya semasa musim kering, apabila isi padu air berkurang dan aliran terusan yang perlahan telah menyebabkan bacaan BOD meningkat. Analisis ANOVA menunjukkan terdapat perbezaan yang signifikan antara kedua-dua musim berkenaan apabila nilai $p<0.05$. Ini menunjukkan perubahan musim boleh mempengaruhi jumlah bacaan BOD, namun begitu kesannya berbeza mengikut kawasan. Julat purata BOD yang berada antara 6.39-12.63 mg/L telah menjadikan Terusan Utara berada dalam Kelas III hingga V berdasarkan INWQS.

Analisis Permintaan Oksigen Kimia (COD) bertujuan mengukur jumlah oksigen yang diperlukan bagi mengoksida unsur kimia organik sampel kepada CO_2 dan air (Sawyer et al. 1994). COD berkadar terus dengan BOD kerana kedua-duanya berkaitan dengan penguraian unsur organik dalam air. Biasanya nilai COD lebih besar daripada

BOD kerana bahan organik yang boleh diuraikan oleh agen pengoksidaan adalah lebih tinggi berbanding BOD yang hanya bergantung pada proses penguraian bahan organik secara semula jadi (Hamidi 1999). Stesen L1 mencatatkan jumlah COD yang paling tinggi iaitu 44.91 mg/L semasa musim hujan dan 42.04 mg/L semasa tidak hujan. Stesen-stesen lain turut menjadi penyumbang utama kepada peningkatan COD sepanjang kajian dijalankan dengan perbezaan purata yang sangat kecil iaitu kurang daripada 3%. Peningkatan COD berlaku kesan daripada gabungan pelbagai sumber pencemaran seperti aktiviti perbandaran, penempatan, pertanian dan penternakan yang menghasilkan sisa kumbahan tidak terawat sehingga menjejaskan kualiti sumber air. Sungguhpun begitu, analisis statistik antara musim menunjukkan tiada perbezaan yang signifikan berlaku apabila nilai $p=0.158 > 0.05$. Ini menunjukkan perubahan musim tidak memberi pengaruh yang kuat terhadap COD. Julat COD antara 30.12-50.42 mg/L telah menjadikan sumber air di Terusan Utara berada dalam Kelas III dan IV berdasarkan INWQS.

Ammonia ialah bahan bukan organik yang terhasil daripada tindak balas nitrogen yang terdapat pada sisa kumbahan, racun rumpai, racun serangga, baja dan sisa ternakan yang tidak dirawat dengan sempurna (Mokhtar & Karim 2008). Kehadiran ammonia pada jumlah yang tinggi perlu diberi perhatian kerana boleh memberi

kesan toksik terhadap hidupan akuatik terutamanya pada pH yang tinggi (Othman et al. 2006). Punca utama sisa kumbahan domestik datang daripada sisa sanitari seperti tangki septik, loji kumbahan, air mandian dan cucian khususnya kediaman penduduk serta rumah-rumah kedai. Walaupun terdapat loji kumbahan yang dioperasi oleh Indah Water Konsortium (IWK), namun bukan semua kawasan dapat menikmati kemudahan tersebut terutamanya bangunan-bangunan lama (RTD 2002). Tangki septik dan loji yang tidak disenggara dengan baik akan menyebabkan limpahan atau aliran keluar kumbahan yang tidak dirawat dengan sempurna. Selain sisa kumbahan, sisa pertanian dan penternakan juga merupakan penyumbang utama ammonia di kawasan kajian khususnya melalui limpahan pengairan, siraman dan pembersihan kandang ternakan. Memandangkan kebanyakan aktiviti ini terletak di koridor terusan, maka air cucian serta sisa buangan akan mengalir terus ke dalam terusan tanpa rawatan. Kehadiran ammonia dalam jumlah yang tinggi bukan sahaja boleh meningkatkan permintaan oksigen malah turut mengurangkan keberkesanan disinfeksi semasa proses rawatan air (Han et al. 2013). Peningkatan kepekatan ammonia juga boleh berlaku disebabkan perubahan regim hidrologi terutamanya hujan (Hoo et al. 2006). Paras ammonia tertinggi telah direkodkan pada bulan Ogos di L1 iaitu 2.47 mg/L,



RAJAH 4. Kedudukan serta konsentrasi parameter kajian

manakala yang terendah pada bulan September di L5 dengan 1.21 mg/L. Stesen L1 masih merupakan penyumbang utama ammonia berbanding lain-lain stesen. Walaupun musim hujan dikaitkan dengan pertambahan beban pencemar, namun jumlahnya telah diimbangi dengan peningkatan isi padu air yang secara tidak langsung membantu kecairan. Analisis ANOVA mendapati tiada perbezaan yang signifikan antara kedua-dua musim berkenaan apabila nilai $p=0.24 > 0.05$. Walaupun kepekatan ammonia kurang dipengaruhi oleh perubahan musim, namun punca pencemaran kimia berkenaan masih perlu diberi perhatian sama ada daripada sumber pencemaran tetap atau sumber tidak tetap. Julat ammonia yang berada antara 1.21-2.47 mg/L telah meletakkan kualiti air berada dalam Kelas IV berpandukan INWQS. Secara ringkasnya, kedudukan semua parameter kajian ini ditunjukkan pada Rajah 4.

KESIMPULAN

Secara umumnya gabungan aktiviti guna tanah dan perubahan musim boleh memberi kesan yang ketara terhadap kualiti sumber air di Terusan Utara. Kajian menunjukkan kualiti air di Terusan Utara berada dalam Kelas III namun mempamerkan peningkatan kualiti dari hulu ke hilir bergantung pada guna tanah di sesuatu kawasan. Hampir semua stesen kajian berpotensi sebagai punca pencemaran terutamanya Pelubang, Jitra dan Tunjang. Kehadiran sumber pencemaran ini sama ada melalui aktiviti perbandaran, penempatan, pertanian, penternakan, kuari, industri dan penerokaan hutan sepanjang koridor sungai atau terusan. Walaupun perubahan musim khususnya hujan bukan merupakan sumber pencemaran, namun faktor ini boleh mempengaruhi corak serta jumlah pencemaran di sesuatu kawasan melalui hakisan tanah, kakisan struktur, melarutkan kimia serta air larian permukaan. Kesannya terdapat perbezaan yang signifikan pada parameter seperti DO, TSS dan BOD, namun tidak pada pH, COD dan ammonia. Oleh itu, kawalan terhadap aktiviti guna tanah perlu diberi perhatian yang serius bagi mengurangkan kesan pencemaran akibat perubahan musim sehingga mempengaruhi kualiti sumber air di Terusan Utara.

RUJUKAN

- Ali, M., Talib, M., Mohd, M., Muhsen, S., Bahiyah, N., Wahid, A. & Suratman, S. 2014. Distribution of surfactants along the estuarine area of Selangor River, Malaysia. *Marine Pollution Bulletin* 80(1-2): 344-350.
- Ali, M., Salam, A., Azeem, 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.
- Ali, M.B., Tripathi, U.N., 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* 39(12): 2171-2182.
- Al-shami, S.A., Salmah, C., Hassan, A., Abdul, S., Azizah, S. & Nor, M. 2011. Ecotoxicology and environmental safety influence of agricultural, industrial, and anthropogenic stresses on the distribution and diversity of macroinvertebrates in Juru River Basin. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 74(5): 1195-1202.
- APHA. 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21st ed. American Public Health Association, Washington. DC, USA.
- Arms, K. 1990. *Environmental Science*. Philadelphia: Saunders College Publishing.
- Atsushi, S., Ayumi, I., Jiro, A. & Teruyuki, U. 2005. Influence of water and sediment quality on Benthic biota in an acidified river. *Water Research* 39: 2517-2526.
- Azalina, N., Hafiz, M. & Ahmad, R. 2012. Salak River water quality identification and classification according to physico-chemical characteristics. *Procedia Engineering* 50: 69-77.
- Azimuddin Arshad. 2009. Development of river restoration plan for upstream tributary of Sungai Pulai Based on water quality and land used activity. Tesis Sarjana. Universiti Teknologi Malaysia (tidak diterbitkan).
- Bahar, M., Ohmori, H. & Yamamuro, M. 2008. Relationship between river water quality and land use in a small river basin running through the urbanizing area of Central Japan. *Limnology* 9: 19-26.
- Chattopadhyay, J., Sarkar, R.R. & Pal, S. 2003. Dynamic of nutrient-phytoplankton interaction in the presence of viral infection. *Biosystem* 68: 5-7.
- Clasen, J. 1997. Efficiency control of particles removal by rapid sand filters in treatment plants fed with reservoir water: A survey of different methods. *IAWQ-IWSA Joint Specialist Conferences on Reservoir Management and Water Supply-an Integrated System*, 19th-23rd May, Prague, Czech Republic. 1: 213-220.
- Corbitt, R.A. 1999. *Standard Handbook of Environmental Engineering*. 2nd ed. New York: McGraw Hill.
- Daldjoeni, N. 1983. *Pokok-pokok Klimatologi*. Bandung: Penerbit Alumni.
- Davis, J.M. & Cornwell, D.A. 1991. *Introduction to Environmental Engineering*. Boston, Massachusetts: P.W.S.
- Delpla, I., Jung, A.V., Clement, M. & Thomas, O. 2009. Impacts of climate change on surface water quality in relation to drinking water production. *Environment International* 35: 1225-1233.
- Faridah, A.M.L., Mohd Harun Abdullah & Maketab Mohamed. 2004. Urban river pollution in Sabah - A case study of Sembulan River. *Proceeding of 2nd Bangi World Conferences on Environmental Management*. Bangi, Selangor. 13th-14th September. Centre for Graduate Studies, Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi. pp. 299-310.
- Fatimah Mohamad Noor, Hadibah Ismail, Mohamad Noor Hj. Salleh & Abd. Aziz Ibrahim. 1992. *Hidrologi Kejuruteraan*. Terjemahan Daripada Wilson, E.M (1969) Engineering Hydrology. Johor Bahru: Unit Penerbitan Akademik, UTM.
- Ferguson, C.M., Coote, B.G., Ashbolt, N.J. & Stevenson, I.M. 1996. Relationships between indicators, pathogens and water quality in an estuarine system. *Water Resources* 30(9): 2045-2054.
- Gasim, M.B., Toriman, M.E., Rahim, S.A., Islam, M.S., Chek, T.C. & Juahir, H. 2006. Hydrology, water quality and land-use assessment of Tasik Chini's Feeder Rivers, Pahang, Malaysia, GEOGRAFIA Online™. *Malaysian Journal of Society and Space* 2: 72-86.

- Grower, A.M. 1980. *Water Quality in Catchment Ecosystems*. Institution of Environmental Sciences Series. London: John Wiley.
- HACH Company. 2005. *Water Analysis Guide*, USA.
- Hamidi Abdul Aziz. 1999. *Kejuruteraan Air Sisa: Kualiti Air dan Air Sisa*. Cheras, Kuala Lumpur: Utusan Publications and Distributions Sdn. Bhd.
- Han, M., Zhao, Z., Gao, W. & Cui, F. 2013. Bioresource technology study on the factors affecting simultaneous removal of ammonia and manganese by pilot-scale biological aerated filter (BAF) for drinking water pre-treatment. *Bioresource Technology* 145: 17-24.
- He, H., Zhou, J., Wu, Y., Zhang, W. & Xie, X. 2008. Modelling the response of surface water quality to the urbanization in Xi'an, China. *Journal of Environmental Management* 86(4): 731-749.
- Hoo, L.S., Samat, A. & Othman, M.R. 2006. Indeks kualiti air negara (IKAN) sistem sungai labu. *Malaysia Journal of Analytical Sciences* 10(1): 7-14.
- Hossain, M.A., Sujaul, I.M. & Nasly, M.A. 2013. Water quality index: An indicator of surface water pollution in eastern part of Peninsular Malaysia. *Research Journal of Recent Sciences* 2(10): 10-17.
- JAS. 2007a. *Malaysia Environmental Quality Report 2007*. Putrajaya: Department of Environment, Malaysia.
- JAS. 2007b. *Malaysia Environmental Quality Report 2006*. In *Chapter 3: River Water Quality*. Sasyaz Holdings Sdn Bhd. p. 24.
- JAS. 2000. *Water Quality Criteria and Standard for Malaysia*. Kuala Lumpur, Department of Environmental Malaysia.
- Jessee, K. 2013. Improved source, improved quality: Demand for drinking water quality in rural India. *Journal of Environmental Economics and Management* 66(3): 460-475.
- Kartasapoetra, A.G. 2008. *Klimatologi, Pengaruh Iklim terhadap Tanah dan Tanaman Edisi Revisi*. Jakarta: Penerbit Bina Aksara Jakarta.
- Lee, S., Hwang, S., Lee, S., Hwang, H. & Sung, H. 2009. Landscape ecological approach to the relationships of land use patterns in watersheds to water quality characteristics. *Landscape and Urban Planning* 92: 80-89.
- Li, A., Zhao, X., Mao, R., Liu, H. & Qu, J. 2014. Characterization of dissolved organic matter from surface waters with low to high dissolved organic carbon and the related disinfection byproduct formation potential. *Journal of Hazardous Materials* 271: 228-235.
- Liabastre, A.A., Carlberg, K.A. & Miller, M.S. 1992. Quality assurance for environmental assessment activities. Dlm. *Methods of Environmental Data Analysis*, Hewitt, C.N. (pnyt.), London: Elsevier Applied Science Publishers Ltd. hlm. 259-299.
- LSANK. 2015. *Informasi Empangan*. <http://www.lsan.kedah.gov.my/index.php/informasi/empangan>. Diakses pada 15 Mei 2015.
- MADA. 2015. *Sistem Retikulasi*. <http://www.mada.gov.my/sistem-retikulasi>. Diakses pada 12 Mei 2015.
- Mattikalli, N.M. & Richards, K.S. 1996. Estimation of surface water quality changes in response to land use change: Application of the export coefficient model using remote sensing and geographical information system. *Journal of Environmental Management* 48: 263-282.
- Metcalf & Eddy Inc. 2003. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. 4th ed. New York: McGraw Hill Publishing Co. Ltd.
- Mimikou, M.A., Baltas, E., Varanou, E. & Pantazis, K. 2000. Regional impacts of climate change on water resources quantity and quality indicators. *Journal of Hydrology* 234: 95-109.
- Mokhtar, M. & Karim, O.A. 2008. Penentuan kualiti air tasik kejuruteraan ukm kampus Bangi: Ke arah sistem pengurusan sumber air bersepadu. *The Malaysian Journal of Analytical Sciences* 12(1): 123-131.
- Naemah, F., Saadi, M., Norulaini, N., Abdul, N. & Omar, F.M. 2006. *Identification of Pollution Sources within the Sungai Pinang River Basin*. Universiti Sains Malaysia. pp. 478-485.
- Nan, Y., Bao-Hui, M. & Chun-Kun, L. 2011. Impact analysis of climate change on water resources. *Procedia Engineering* 24: 643-648.
- Nemerow, N.L. 1991. *Stream, Lakes, Estuary, and Ocean Pollution*. 2nd ed. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Novotny, V. & Chester, G. 1981. *Handbook of Non-Point Pollution Sources and Management*. New York: Van Nostrand Reinhold Company Regional Offices.
- Oldeman, L.R. 1977. Climate of Indonesia. *Proceeding of the Sixth Asia-Pacific Weed Science Society Conference*. Volume II, Jakarta, Indonesia.
- Othman, M.R. 2006. Air larian sebagai penunjuk pencemaran. *The Malaysian Journal of Analytical Sciences* 10(2): 191-196.
- Othman, M.R., Samat, A. & Sulaiman, M.S. 2006. Kesan aktiviti penanaman padi terhadap kualiti air. *The Malaysian Journal of Analytical Sciences* 10(2): 233-242.
- Panyapinyopol, B., Marhaba, T.F., Kanokkantapong, V. & Pavasant, P. 2005. Characterization of precursors to trihalomethanes formation in Bangkok source water. *Journal of Hazardous Materials* 120(1-3): 229-236.
- Park, J.H., Duan, L., Kim, B., Mitchell, M.J. & Shibata, H. 2010. Potential effects of climate change and variability on watershed biogeochemical processes and water quality in Northeast Asia. *Environment International* 36: 212-225.
- Peavy, H.S., Rowe, D.R. & Tchobanoglous, G. 1986. *Environmental Engineering*. New York: McGraw-Hill, Inc.
- Pingale, S.M., Jat, M.K. & Khare, D. 2014. Resources, conservation and recycling integrated urban water management modelling under climate change scenarios. *Resources, Conservation & Recycling* 83: 176-189.
- 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.
- Rhodes, A.L., Newton, R.M. & Pufall, A. 2001. Influences of land use on water quality of a Diverse New England Watershed. *Environmental Science and Technology* 35: 3640-3645.
- Ribolzi, O., Cuny, J., Sengsoulichanh, P., Mousquès, C., Souleuth, B., Pierret, A., Huon, S. & Sengtaheuanghoung, O. 2011. Land use and water quality along a Mekong Tributary in Northern Lao P.D.R. *Environmental Management* 47(2): 291-302.
- RTD. 2002. *Draf Rancangan Tempatan Daerah Kubang Pasu, Kedah Darul Aman 2002-2015*. Pejabat Projek Alor Setar, Jabatan Perancang Bandar dan Desa Semenanjung Malaysia.
- Sawyer, C.N., McCarty, P.L. & Parkin, G.F. 1994. *Chemistry for Environmental Engineering*. 4th ed. New York: McGraw-Hill, Inc.
- Seeboonruang, U. 2012. A statistical assessment of the impact of land uses on surface water quality indexes. *Journal of Environmental Management* 101: 134-142.
- Shen, Z., Hou, X., Li, W. & Aini, G. 2014. Landscape and urban planning relating landscape characteristics to non-point

- source pollution in a typical urbanized watershed in the municipality of Beijing. *Landscape and Urban Planning* 123: 96-107.
- Sholkovitz, E.R. 1985. Redox related geochemical in lakes: Alkali metals, alkaline earth element and ^{137}Cs . Dlm. *Chemical Processes in Lakes*, Stum, W. (penyt). New York: John Wiley.
- Sliva, L. & Williams, D.D. 2001. Buffer zone versus whole catchment approaches to studying land use impact on river water quality. *Water Research* 35(14): 3462-3472.
- Suhaimi Suratman, Norhayati Mohd Tahir, Lee Chun Yeow & Siti Rohayu A. Rashid. 2006. Kesan monsun terhadap kualiti air di Lembangan Sungai Besut, Terengganu. *The Malaysian Journal of Analytical Sciences* 10(1): 143-148.
- Terbutt, T.H.Y. 1983. *Principles of Water Quality Control*. England: Pergamon Press.
- Tong, S.T.Y. & Chen, W. 2002. Modelling the relationship between land use and surface water quality. *Journal of Environmental Management* 66(4): 377-393.
- Tu, J. 2009. Combined impact of climate and land use changes on stream flow and water quality in eastern Massachusetts, USA. *Journal of Hydrology* 379: 268-283.
- Whelton, A.J., Ph, D., Asce, M., Salehi, M., Tabor, M., Asce, S.M. & Estaba, J. 2013. Impact of infrastructure coating materials on storm-water quality. *Review and Experimental Study* (May): 746-756.
- Whitehead, P.G., Wilby, R.L., Butterfield, D. & Wade, A.J. 2006. Impacts of climate change on in-stream nitrogen in a lowland chalk stream: An appraisal of adaptation strategies. *Science of the Total Environment* 365: 260-273.
- Wilby, R.L., Whitehead, P.G., Wade, A.J., Butterfield, D., Davis, R.J. & Watts, G. 2006. Integrated modelling of climate change impacts on water resources and quality in a lowland catchment: River Kennet, UK. *Journal of Hydrology* 330: 204-220.
- Wu, Y. & Chen, J. 2013. Investigating the effects of point source and nonpoint source pollution on the water quality of the East River (Dongjiang) in South China. *Ecological Indicators* 32: 294-304.

School of Environmental Engineering
Universiti Malaysia Perlis (UniMAP)
Kompleks Pusat Pengajian Jejawi 3
02600 Arau, Perlis Indera Kayangan
Malaysia

*Pengarang untuk surat-menyurat; email: miekpd@gmail.com

Diserahkan: 18 Februari 2016

Diterima: 22 Julai 2016