

KEPEKATAN BEBAN BAHAN PENCEMAR DI ALUR ILMU KAMPUS UKM BANGI: KAEDAH MIN KEPEKATAN PERISTIWA (EMC)

(Loading Concentrations of Pollutant in Alur Ilmu at UKM Bangi Campus: Event Mean Concentration (EMC) Approach)

Haslinur Md Din¹, Mohd Ekhwan Toriman¹, Mazlin Mokhtar², Rahmah Elfithri², Nor Azlina Ab.Aziz¹,
Nur Munirah Abdullah¹, Mohd Khairul Amri Kamarudin¹

¹Pusat Pengajian Sosial, Pembangunan dan Persekitaran,

²Institut Alam Sekitar dan Pembangunan,

Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi, Selangor, Malaysia

*Corresponding author: ekhwan@ukm.my

Abstrak

Beban pencemar air dan luahan sungai adalah antara data asas dalam menentukan kedinamikan sesebuah sungai. Input kualiti air dan luahan lazimnya boleh diperolehi melalui pengambilan sampel air dilapangan ataupun dicerap secara automatik menggunakan simpanan kawalan data. Artikel ini membincangkan beban pencemar kualiti air dan hubungannya dengan luahan (m^3/s) menggunakan kaedah Min Kepekatan Peristiwa (EMC) di Alur Ilmu UKM yang berpunca dari hutan Diptorakap Simpan Bangi ($2^\circ 55' 14.72''\text{N}$ $101^\circ 46' 57.37''\text{E}$). Panjang Alur Ilmu adalah 1.79 km yang merentasi kampus induk Universiti Kebangsaan Malaysia sebelum mengalir masuk ke Sungai Langat. Parameter oksigen terlarut (DO) dan jumlah pepejal terlarut (TDS) diukur melalui stesen automatik kualiti air model YK 615 yang dipasang pada hilir alur tersebut ($2^\circ 55' 40.33''\text{N}$ $100^\circ 46' 47.15''\text{E}$). Analisis makmal dilakukan bagi beban pencemar kimia seperti ammonia nitrogen ($\text{NH}_3\text{-N}$), jumlah pepejal terampai (TSS), permintaan oksigen biokimia (BOD) dan permintaan oksigen kimia (COD) mengikut garis panduan *American Public Health Association* (APHA, 2005). Kadar luahan masa normal Alur Ilmu dicatat ialah $0.33(\text{m}^3/\text{s})$ dan luahan masa hujan maksimum ialah $13.04 (\text{m}^3/\text{s})$. Jumlah anggaran beban pencemar mengikut kaedah EMC seperti DO ($18.51 \pm 3.01 \text{ mg/L}$), TDS ($794.92 \pm 186.72 \text{ mg/L}$), BOD ($11.57 \pm 0.28 \text{ mg/L}$), COD ($201.29 \pm 1.55 \text{ mg/L}$), TSS ($470.03 \pm 27.63 \text{ mg/L}$) dan ammonia nitrogen ($2.52 \pm 0.0 \text{ mg/L}$). Ujian korelasi menunjukkan hubungan langsung antara jumlah hujan dan luahan (Q) serta beberapa beban pencemar dengan $R^2=1$ pada aras kesignifikan 0.05. Hasil kajian juga mengklasifikasikan beberapa beban pencemar berada dalam kelas III dan kelas IV seperti yang telah ditetapkan oleh Indeks Kualiti Air (IKA).

Kata kunci: Alur Ilmu, Luahan Sungai, Kualiti air, Min Kepekatan Peristiwa, Korelasi

Abstract

Water pollutant loadings and river discharge are among the basic data used in determining the dynamicity of a river. The input of water quality and river discharge are usually available through the collection of water samples in the field or at the observatory, and are done automatically using the data logger sensor. This paper discusses the concentrations pollutant load water quality and its relationship with discharge (m^3/s) using Event Mean Concentration (EMC) in the Alur Ilmu, UKM source from the Diptorakarp forest at Hutan Simpan Bangi ($2^\circ 55' 14.72''\text{N}$ $101^\circ 46' 57.37''\text{E}$). Alur Ilmu is a 1.79 km long stretching across the main campus of National University of Malaysia before flowing into the Langat River. Water quality was measured using automatic gauging and continuous water quality stations which are installed at downstream of Alur Ilmu ($2^\circ 55' 40.33''\text{N}$ $100^\circ 46' 47.15''\text{E}$) and involves in measuring the parameters of total dissolved solid (TDS) and dissolved oxygen (DO). Laboratory analysis carried out for chemical parameters such as ammonia nitrogen ($\text{NH}_3\text{-N}$), total suspended solid (TSS), biochemical oxygen demand (BOD) and chemical oxygen demand (COD) in accordance with guidelines American Public Health Association (APHA, 1995). The normal discharge rate recorded at Alur Ilmu is $0.33 \text{ m}^3/\text{s}$ and the wet discharge is $13.04 \text{ m}^3/\text{s}$. The total estimated pollutant loadings according to EMC as DO ($18.51 \pm 3.01 \text{ mg/L}$), TDS ($794.92 \pm 186.72 \text{ mg/L}$), BOD ($11.57 \pm 0.28 \text{ mg/L}$), COD ($201.29 \pm 1.55 \text{ mg/L}$), TSS ($470.03 \pm 27.63 \text{ mg/L}$) and Ammonia Nitrogen ($2.52 \pm 0.0 \text{ mg/L}$). Correlation test showed a direct relationship between rainfall and flow (Q) and several pollutant loadings with $R^2=1$ at a significance level of 0.05. The study also classified some of the pollutants concentrations in class III and IV as determined by the Water Quality Index (WQI).

Keywords: Alur Ilmu, River Discharge, Water Quality, Event Mean Concentrations, Correlation

Pengenalan

Tahap kepekatan beban pencemar yang terhasil banyak dipengaruhi punca-punca tetap dan punca-punca tidak tetap. Punca tetap adalah sumber beban pencemar yang boleh ditentukan puncanya dan dikenal pasti lokasinya iaitu mengesan dari mana bahan tercemar tersebut berpunca [1]. Punca-punca tetap termasuklah loji rawatan kumbahan, industri pembuatan, industri berasaskan pertanian dan sisa kumbahan dari kafeteria. Punca tidak tetap merujuk kepada sumber-sumber yang tidak berpunca dari satu titik pelepasan tertentu seperti aktiviti pertanian dan air larian permukaan. Punca tidak tetap juga punca bahan pencemar yang tidak jelas dan tidak boleh ditentukan puncanya secara tepat. Proses pencemaran sungai punca tidak tetap dikatakan bermula dengan air hujan membawa bahan-bahan tercemar di permukaan tanah, tumbuh-tumbuhan dan mengalir ke badan-badan air [2].

Kebanyakan bahan pencemar dijana oleh aktiviti manusia serta bergantung juga kepada kemusnahan guna tanah. Kandungan sumber tidak tetap ini menghasilkan bahan mendapan, nutrient, kandungan organik, bahan bukan organik dan toksik yang berasal dari aktiviti-aktiviti guna tanah yang dibawa ke badan-badan air. Pencemaran sungai giat berlaku apabila bahan pencemar memasuki sungai melebihi tahap semula jadi. Penggunaan tanah secara bersekutu untuk aktiviti kenderaan seperti kawasan parkir kereta yang tidak telap air juga telah menyumbang kepada pencemaran air [3]. Menurut Brezonik & Stadelmann [4] mengatakan pencemaran tidak tetap (NPS) merupakan penyumbang penting kepada kemerosotan kualiti air di kawasan bandar

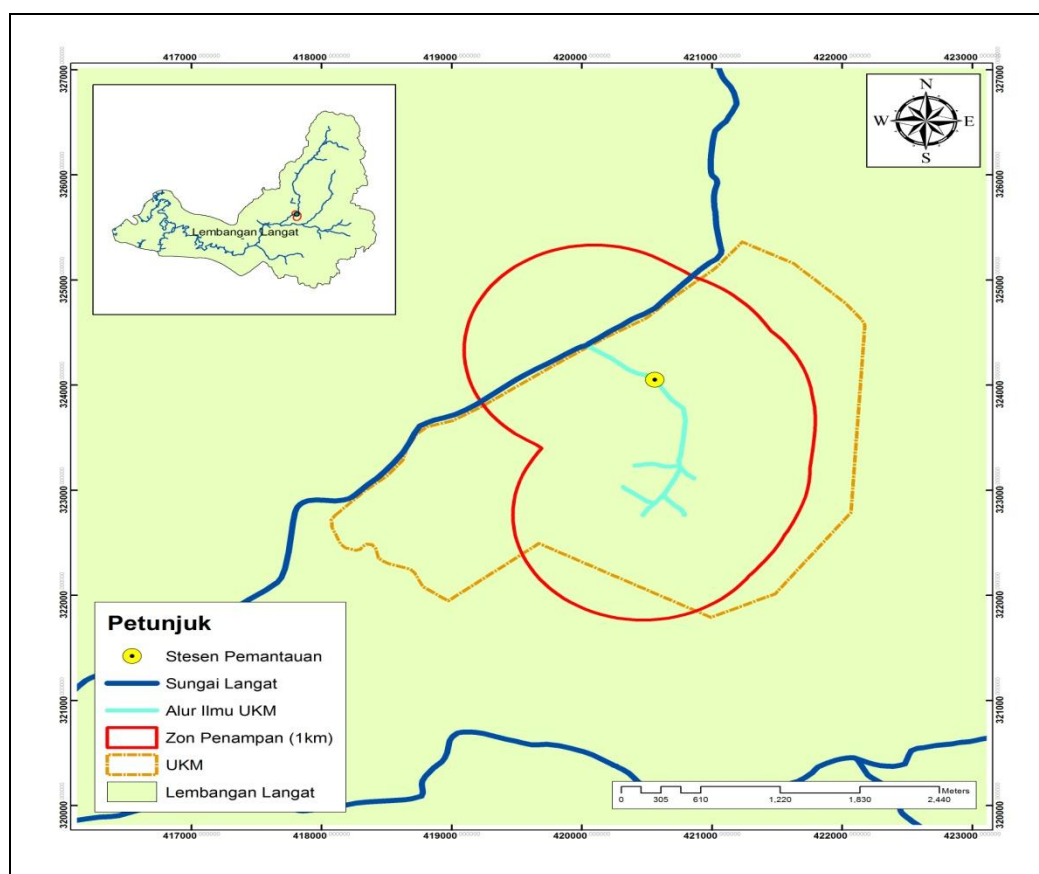
Di samping itu, sesebuah sungai boleh membentuk ciri luahan dan corak aliran sungai yang tersendiri mengikut keadaan sama ada kawasan sungai semula jadi dan kawasan sungai yang telah diubah atau dikonkrit bagi memenuhi keperluan pembangunan. Luahan adalah berkadar terhadap luas keratan rentas dan purata halaju sungai tersebut. Dengan itu, bentuk dan saiz rentas mempengaruhi luahan [5]. Ciri luahan dan aliran air merupakan komponen yang diambil kira dalam memastikan kemampuan sungai menampung jumlah air mengikut ruang dan masa. Kejadian air larian merupakan penyumbang utama kepada pencemaran sesebuah sungai [6,7]. Oleh sebab itu, ciri luahan sungai adalah penting bagi melihat pergerakan dan isi padu air sungai serta dapat dikaitkan dengan tahap kualiti air sungai melalui pengukuran siri masa parameter kualiti air yang terpilih.

Isi padu luahan dan ciri aliran air pula ditentukan oleh intensiti hujan (basuhan pertama) yang diterima dalam sesuatu tempoh tertentu [8]. Hubungan langsung kekerapan dan intensiti hujan dengan air larian serta isi padu luahan sungai mempengaruhi beban pencemar yang menjejaskan tahap kualiti air sungai. Hubungan antara beban pencemar kualiti air dan isi padu luahan dilihat menggunakan Min Kepekatan Peristiwa (EMC) iaitu menganggar muatan kepekatan beban bahan pencemar tersebut dalam setiap meter padu air sungai yang disebabkan oleh air larian [3,4,9]. Tempoh persampelan dan analisis kualiti air larian adalah penting dalam menganggar beban bahan pencemar sama ada dalam ekosistem semula jadi ataupun yang telah terganggu [10].

Oleh sebab itu, pendekatan EMC digunakan dalam penyelidikan ini bagi mengetahui nilai keupayaan kepekatan bahan pencemar di Alur Ilmu yang dijana oleh punca pencemaran tidak tetap. Pengetahuan terhadap jumlah beban pencemar dalam sungai amat penting bagi menjaga kelestarian sistem sungai dan tidak mengganggu ekosistem akuatik serta bekalan air untuk masa hadapan. Kelestarian sungai dan prospek sumber air masa depan akan terjamin jika tidak terdapat gangguan terhadapnya.

Kawasan Kajian dan Metodologi

Kajian telah dijalankan di Alur Ilmu, kampus Bangi, Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM). Air yang mengalir di Alur Ilmu dibekalkan dari Hutan Simpan Kekal dan Hutan Pendidikan Alam UKM dan mengalir ke kawasan pembinaan fakulti-fakulti dan terus mengalir ke Sungai Langat, Selangor, Malaysia. Alur ini telah diubahsuai dengan simen konkrit berasaskan saliran semulajadi sejak pembinaan kompleks bangunan kampus UKM Bangi pada awal tahun 1970-an (rujuk Rajah 1).



Rajah 1. Lokasi Stesen Pemantauan Siri Masa Kualiti Air Alur Ilmu.

Alur Ilmu dibina bertujuan untuk pengawalan aliran air hujan, air bawah tanah dan apa-apa bendalir dari kampus UKM Bangi (lingkungan pertama) terus ke Sungai Langat [11]. Walau bagaimanapun, jumlah hujan yang diterima dan proses hakisan dari kawasan hulu serta kesan pembinaan bangunan baru telah melumpuhkan perangkat sedimen sedia ada lalu mengubah nilai kualiti air dan corak luahan sedia ada. Di samping itu, apabila hujan, air larian permukaan berlaku dan membawa bahan-bahan mengalir ke saluran yang tersedia dan terus ke dalam Alur Ilmu. Sisa kumbahan dan air basuhan dari kafeteria juga didapati tersalur ke alur ini tanpa rawatan sebelum di lepaskan ke Sungai Langat.

Terdapat beberapa kaedah boleh digunapakai bagi pengumpulan dan penganalisan data, di dalam kajian ini kaedah pemantauan data semasa (*on time*) telah digunakan bagi memastikan data yang tepat dapat dilihat. Antara kaedah yang digunakan adalah:

Analisis di lapangan (*in-situ*)

Pengukuran data fizikal DO, TDS dan pH dicerap setiap 15 minit dalam tempoh 24 jam menggunakan alat siri masa YEO-KAL (*Model 615 Water Quality Analyzer*) yang dipasang di hilir Alur Ilmu. Semua data tersebut dipindahkan ke unit komputer penyelidik melalui rangkaian *bluetooth*. Semua data disimpan oleh penyelidik untuk tujuan penganalisan data.

Analisis Makmal (*ex-situ*)

Analisis makmal melibatkan parameter jumlah pepejal terampai (TSS), permintaan oksigen biokimia (BOD), permintaan oksigen kimia (COD) dan ammonia nitrogen ($\text{NH}_3\text{-N}$). Bagi paramter BOD, sampel air sungai telah

dieram dalam inkubator selama lima hari pada suhu 20°C. Perbezaan bacaan DO_{awal} dan DO_{akhir} dicatat bagi mendapatkan BOD. Keadah refluks terbuka telah digunakan untuk mengukur parameter COD. Proses pemanasan dilakukan selama 2 jam di dalam kelalang refluks bagi memanaskan campuran 50 ml sampel air sungai, 1g merkuri sulfat, 5ml reagen asid sulfurik, 25 ml larutan kalium dikromat dan asid sulfurik sebanyak 70ml. Selepas pemanasan selesai, sebanyak 100 ml air suling ditambah dan apabila larutan sampel mencapai suhu bilik, larutan sampel dititis dengan 2 hingga 3 titik penunjukkan ferroin. Kemudian larutan dititrat dengan larutan FAS hingga larutan sampel yang berwarna kuning berubah kepada jingga, kemudian isi padu titratan dicatatkan serta nilai COD diperolehi melalui pengiraan formula APHA [12]. Parameter TSS juga, diukur menggunakan kaedah gravitimetri APHA [12]. Kertas turas yang diturunkan dengan sampel air dan dikeringkan dalam oven pada suhu 103 °C selama 24 jam. Ammonia Nitrogen pula menggunakan alat *Pocket Colorimeter Analysis System*. Sampel air sebanyak 10 ml dibancuh dengan campuran *ammonia salicylate powder* selama 3 minit, kemudian dicampur pula dengan *ammonia cyanurate powder* selama 20 minit dan bacaan diperolehi.

Penyukatan luahan sungai (Q)

Jika luas keratan rentas (A) dan halaju purata (V) diketahui, luahan (Q) boleh dikira dari $Q=VA$. Namun begitu, pengukuran luahan sungai juga bergantung pada bentuk sungai tersebut sama ada sudah di konkrit mahupun masih semula jadi. Pengukuran luahan sungai secara tepat diperolehi dengan membahagikan keratan rentas kepada beberapa siri sub-kawasan dipanggil seksyen. Setiap seksyen dibatasi oleh permukaan air, dasar sungai dan 2 garis menegak dipanggil vertikal. Setiap vertikal adalah dimensi yang biasa bagi 2 seksyen yang bersambungan dan kedalaman air dan halaju arus ditetapkan untuk pemerhatian dibuat. Pemerhatian halaju yang mencukupi dibuat untuk memperoleh halaju purata pada setiap sempadan menegak. Maka halaju purata seksyen tersebut boleh dikira dengan rumus berikut:

$$V = (V_{0.2d} \times V_{0.8d}) / 2 \text{ atau } V_{0.6d} \quad (1)$$

Hasil daripada halaju purata dan luas bagi setiap keratan memberikan luahan keratan.

$$Q = (bd) (V_{0.2d} \times V_{0.8d}) / 2 \text{ atau } Q = (bd) (V_{0.6d}) \quad (2)$$

di mana;

b = Jarak di antara sempadan tegak (m)

d = Kedalaman air (m)

dan jumlah kesemua luahan keratan rentas memberi jumlah luahan.

$$Q = (Q_{0,1}) + (Q_{1,2}) + (Q_{2,3}) \dots + (Q_{n, n+1}) \quad (3)$$

(disuaikan dari Wan Ruslan [5]).

Dalam kajian ini, stesen pensampelan dilakukan di Alur Ilmu iaitu di tengah-tengah alur tersebut. Nilai kedalaman dan kelebaran alur adalah 1.86 meter dan 5.7 meter dan mempunyai unsur geometri yang bersifat statik kerana ia dibina dengan simen konkrit berasaskan saluran semulajadi.

Pengiraan Event Mean Concentration (EMC)

Bagi mengurangkan pencemaran sungai punca tidak tetap adalah penting untuk mengetahui beban pencemaran yang dijana daripada sesebuah kawasan tersebut. Oleh sebab itu, penggunaan kaedah EMC digunakan untuk mengira tahap pencemaran dengan konsentrasi kawasan tersebut. Kaedah EMC yang diperkenalkan oleh Huber [9] merupakan kaedah yang biasa digunakan untuk menganggar muatan pencemaran yang disebabkan oleh air larian.

$$EMC = \dot{C} = \frac{M}{V} = \frac{Q(t)C(t)dt}{Q(t)dt} \quad (4)$$

di mana:

M adalah jumlah jisim bahan pencemar dalam air larian

V adalah jumlah isi padu luahan (m^3)

C(t) adalah tempoh perubahan kepekatan bahan pencemar (mg/l)

Q(t) adalah tempoh perubahan luahan(L/s)

dt adalah tempoh luahan (s)

EMC digunakan untuk menganggar pencemaran sungai dan konsentrasinya dengan melibatkan purata setiap bulan.

Pemantauan di lapangan dan dapatan data sekunder.

Pemantauan juga dilakukan disepanjang Alur Ilmu bagi mengenal pasti faktor-faktor lain yang menyebabkan masalah pencemaran air dan penyumbang kepada beban pencemar air dalam Alur Ilmu, ia juga boleh menjadi penyumbang beban pencemar kepada Sungai Langat kerana aliran air tersebut mengalir terus ke Sungai Langat. Data hujan bulanan yang sama tempoh dengan data kualiti air pula diperolehi daripada Pusat Kaji Iklim PPSP UKM.

Hasil Dan Perbincangan

Pengelasan Kualiti Air Alur Ilmu Berdasarkan Indeks Kualiti Air (IKA)

Indeks Kualiti Air dinilai berdasarkan enam parameter iaitu oksigen terlarut (DO), ammonia nitrogen (NH_3-N), permintaan oksigen biokimia (BOD), permintaan oksigen kimia (COD), jumlah pepejal terampai (TSS) dan pH (Jadual 1).

Jadual 1. Pengelasan status kualiti air Alur Ilmu mengikut Indeks Kualiti Air (IKA)

Masa	Mac	April	Mei	Jun	Julai	2011 Ogos	Sept	Oktober	Nov	Dis	2012 Jan	Feb	Mac
DO	Def	Def	Def	Def	Def	53.60	34.02	30.53	37.70	32.46	43.78	37.64	34.20
SiDO						54.99	26.45	21.88	31.53	24.38	40.32	31.45	26.69
pH	7.14	6.34	6.36	6.39	6.49	6.22	6.71	7.11	6.78	6.74	6.71	6.61	4.27
SipH	98.90	95.4	95.5	95.89	96.85	93.95	98.49	99.02	98.89	98.67	98.55	97.82	35.28
BOD	1.34	0.71	1.55	1.09	1.30	1.63	1.83	1.07	1.54	2.26	0.74	1.37	2.66
SiBOD	94.73	97.39	93.8	95.78	94.90	93.50	92.65	95.87	93.88	90.84	97.26	94.60	89.14
COD	22.75	25.12	22	22.75	30.25	34.75	20.75	12.5	20	18.5	10.5	36	39
SiCOD	71.15	68.42	72.0	71.15	62.84	58.29	73.53	82.47	72.50	74.49	85.13	57.08	54.27
TSS	36	48	56	65.75	58.75	41.25	68.85	54.22	52.8	92.75	72.4	87.5	103.5
SiSS	78.23	72.88	69.5	65.80	68.48	75.83	64.65	70.28	70.87	56.72	63.38	58.34	58.61
NH_3-N	0.88	0.55	0.89	0.89	0.62	0.15	0.17	0.06	0.62	1.32	0.16	0.35	1.78
SiANN	51.17	61.33	50.8	50.89	58.99	84.75	82.65	94.12	58.99	40.72	83.70	68.66	32.79
IKA	61.44	61.75	59.6	59.25	59.51	75.31	69.75	73.48	68.42	61.56	75.48	61.38	50.02
Kelas IKA	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	IV

Nota: def = bacaan rosak/alatan rosak

Berdasarkan kajian ini mendapati hampir ke semua tempoh mengelaskan status kualiti air Alur Ilmu berada pada kelas III (IKA) kecuali Mac 2012 sedikit teruk menjadi kelas IV (IKA). Keadaan ini menunjukkan Alur Ilmu memerlukan rawatan intensif secara berterusan dan tidak sesuai untuk hidupan akuatik pada masa akan datang. Berdasarkan pemantauan di lapangan, faktor yang menyebabkan kualiti air terus terjejas adalah faktor hakisan yang berlaku di hilir sungai semasa hujan, sisa kumbahan daripada kafeteria, sedimen yang terkumpul di dasar sungai akibat daripada pembinaan bangunan FST yang baru dan sumber pencemaran yang tidak tetap seperti kandungan bahan organik yang tinggi.

Perilaku Luahan (Q) Dengan Beban Bahan Pencemar Kualiti Air Alur Ilmu: Kaedah Min Kepekatan Peristiwa (EMC)

Perhubungan antara beban bahan pencemar dengan kadar isi padu luahan ditentukan melalui pendekatan statistik Min Kepekatan Peristiwa (EMC) di Alur Ilmu. Melalui pendekatan ini dapat menentukan jumlah bahan pencemar dalam Alur Ilmu dalam sesebuah tempoh masa. Pencemaran sungai yang berpunca dari sumber tidak tetap yang di bawa air larian ini perlu diketahui jumlahnya dengan konsentrasi sesebuah kawasan tersebut. Oleh sebab itu, bagi mengurangkan pencemaran sungai punca tidak tetap adalah penting untuk mengetahui berapa beban pencemaran yang dijana oleh air larian kepada sesebuah kawasan tersebut (rujuk Jadual 2). Penggunaan kaedah EMC sesuai untuk mengira tahap kepekatan bahan beban pencemar dengan konsentrasi kawasan tersebut. Perhubungan antara kepekatan beban pencemar dengan jumlah isi padu luahan (Q) juga dianalisis menggunakan korelasi Pearson.

Jadual 2. Beban Bahan Pencemar Berdasarkan Min Kepekatan Peristiwa (EMC).

Peristiwa	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	TSS (mg/L)	TDS (mg/L)	DO (mg/L)
Mac-2011	1.58	39.37	0.46	35.46	-	-
Mei-2011	1.44	21.55	0.45	46.3	208.38	-
Jun-2011	1.37	32.61	0.35	76.66	407.94	-
Julai-2011	2.28	79.06	0.68	133.89	650.04	-
Ogos-2011	5.13	155.68	0.64	173.08	735.55	18.51
Sept-2011	1.33	6.73	0.2	96.24	503.53	9.69
Okt-2011	3.77	52	0.32	216.78	317.99	7.12
Nov-2011	0.83	6.21	0.38	29.2	186.72	7.42
Dis-2011	3.0	42.61	2.52	182.29	376.92	8.57
Jan-2012	1.32	-	0.28	143.61	526.8	11.96
Feb-2012	6.69	201.29	1.88	470.03	794.92	14.94
Mac-2012	0.54	13.07	0.5	27.63	194.49	3.015
SMC	2.44	59.10	0.72	135.93	445.75	10.15

Kepekatan Bahan Pencemar

Jumlah Pepejal Terlarut (TDS)

Jumlah pepejal terlarut merupakan satu parameter beban pencemar yang diukur di Alur Ilmu. Keseluruhannya nilai kepekatan TDS berada pada julat 7.74 ± 1613.16 mg/L. Jumlah purata EMC tertinggi dikira pada Februari 2012 dengan 794.92 mg/L, minimum 33.54 mg/L serta maksimum 1613.16 mg/L. Pada tempoh ini keadaan hujan yang minimum menyebabkan kepekatan beban pencemar tinggi pada setiap meter padu kawasan tersebut (basuhan pertama). Setiap satu meter padu air di Alur Ilmu dianggarkan mengandungi 794.92 mg/L jumlah pepejal terlarut. Basuhan pertama semasa hujan yang dibawa oleh air larian yang perlahan memasuki sungai telah meningkatkan kepekatan pepejal terlarut dan ia turut dipengaruhi pada oleh keadaan bahan organik dan inorganik dalam air tersebut.

Jadual 3. Paras Kedalaman Alur Ilmu, Nilai Hujan Maksimum dan Nilai Luahan Maksimum (mm) pada Mac 2011 hingga Mac 2012.

Tempoh masa	Kedalaman Air Maksimum (Meter)	Nilai Hujan Maksimum (mm)	Nilai Luahan (Q) Maksimum (m ³ /s)
2011			
Mac	0.62	32.5	5.87
April	0.30	45.2	3.67
Mei	0.72	56.0	7.02
Jun	0.46	26.0	3.95
Julai	0.78	42.1	7.25
Ogos	1.04	61.4	7.34
September	0.78	61.3	7.62
Oktober	0.85	66.1	8.24
November	0.53	37.2	5.85
Disember	0.65	54.4	7.13
2012			
Januari	0.86	40.1	4.45
Februari	0.19	15.0	2.63
Mac	1.80	832.5	13.04
Jumlah	9.581	1360.8	84.06

Apabila berlaku keadaan hujan yang minimum, halaju air berkurangan dan isi padu luahan turut berkurangan, namun begitu sebaliknya beban pencemar tidak diangkut oleh agen air dan pencampuran dengan air menjadikan beban pencemar tersebut pekat pada setiap meter padu luahan tersebut. Hasil mendapati, perhubungan antara jumlah hujan, halaju arus dan isi padu luahan adalah langsung tetapi hubungan jumlah hujan, halaju arus dan isi padu luahan dengan kepekatan beban pencemar pepejal terlarut bersifat tidak langsung pada tempoh ini. Berdasarkan kajian ini, dapat dikatakan semakin kurang intensiti hujan, halaju arus dan isi padu luahan akan menyebabkan semakin tinggi kepekatan beban pencemar bagi setiap meter padu air dalam Alur Ilmu yang di bawa oleh air larian dan sebaliknya.

Pada bulan Ogos 2011 juga menunjukkan kepekatan beban bahan pencemar jumlah pepejal terlarut yang disumbangkan oleh Alur Ilmu pada setiap satu meter padu air adalah 735.55 mg/L. Nilai minimum dan maksimum kepekatan beban tersebut masing-masing adalah 18.83 mg/L dan 1555.28 mg/L. Intensiti hujan pada bulan ini didapati agak tinggi sedikit dan mendorong peningkatan isi padu luahan, malah ia juga telah meningkatkan kepekatan beban pencemar pepejal terlarut dalam jasad air. Hal ini berlaku kerana aktiviti pembersihan Alur Ilmu dijalankan dan kadar hakisan serta sedimen tinggi semasa proses hujan berlaku. Faktor ini menyebabkan kepekatan beban pencemar tersebut dan pengangkutan halaju arus membawa beban pencemar tersebut terbatas. Hubungan langsung ini disokong dengan ujian korelasi antara EMC TDS dengan luahan (Q) pada bulan ini menunjukkan signifikan $R^2 = 0.604$ ($p > 0.5$).

Di samping itu, dianggarkan setiap hari jumlah beban bahan pencemar pepejal terlarut pada bulan Julai 2011 adalah 650.04 mg/L bagi setiap satu meter padu air (Jadual 2). Keadaan ini juga menunjukkan nilai yang masih tinggi. Curahan hujan yang diterima pada waktu ini berkurangan jika berbandingan bulan Ogos dan Januari 2012, namun begitu konsentrasi kepekatan beban pencemar pepejal terlarut masih tinggi. Semakin kurang intensiti hujan, semakin pekat jumlah pepejal terlarut dalam air. Keadaan ini juga berlaku disebabkan pembersihan sungai tersebut yang membawa kepada gangguan kepada sedimen dan peningkatan kelodak dalam jasad air. Oleh sebab itu, perhubungan isi padu luahan dan EMC TDS tidak menunjukkan hubungan yang signifikan iaitu $R^2 = 0.48$. Nilai minimum dan maksimum EMC adalah masing-masing 9.62 mg/L dan 1138.04 mg/L.

Namun begitu, pada bulan November 2011 dan Mac 2012 dianggarkan mengandungi bahan pencemar yang rendah berbanding bulan yang lain. Dianggarkan setiap hari beban bahan pencemar pepejal terlarut dalam Alur Ilmu adalah 186.72 mg/L dan 194.49 mg/L bagi setiap satu meter padu air. Bagi bulan November keadaan nilai beban pencemar ini dipengaruhi oleh isi padu luahan tetapi dengan keyakinan yang kurang memuaskan iaitu dengan $R^2 = 0.504$ ($p > 0.5$), tetapi pada bulan Mac keadaan kandungan kepekatan beban pencemar dalam Alur Ilmu tidak dipengaruhi oleh isi padu luahan dengan $R^2 = 0.240$ ($p < 0.5$), hal ini kerana beban pencemar pepejal terlarut pada masa tersebut kemungkinan dipengaruhi oleh keadaan bahan organik yang tinggi dalam sungai tersebut yang diangkut oleh air larian melalui proses hakisan. Intensiti hujan yang diterima paling maksimum pada bulan Mac 2012, keadaan ini mendorong pencairan bahan-bahan pencemar serta beban tersebut di bawa oleh agen pengangkutan ke hilir dan menuju Sungai Langat.

Secara keseluruhannya, bagi bulan-bulan lain iaitu Mei 2011, Jun 2011, September 2011, Oktober dan Disember dianggarkan setiap hari kepekatan bahan beban pencemar pepejal terlarut yang disumbangkan ke dalam Alur Ilmu masing-masing adalah 208.38 mg/L, 407.94 mg/L, 503.53 mg/L, 317.99 mg/L dan 376.92 mg/L. Kadar luahan turut mempengaruhi jumlah beban pencemar pepejal terlarut dalam alur ini, namun begitu terdapat juga faktor-faktor lain seperti aliran air, bahan organik, sedimen dan kelodak dalam jasad air. Malah, bahan-bahan kumbahan yang disalurkan ke alur tersebut turut mempengaruhinya. Kadang-kadang, jika berlaku hujan yang terlampau tinggi, bahan pencemar ini mengalami pencairan dan menjadi kurang konsentrasinya dalam jasad air, hal ini juga akan menyebabkan halaju arus dan kadar luahan telah membawa beban tersebut ke hilir alur tetapi jika berlaku hujan yang minimum, berlaku kepekatan dan peningkatan bahan pencemar dalam alur tersebut, kerana halaju arus berkurangan dan isi padu luahan kurang mengangkut beban tersebut ke hilir alur tersebut.

Oksigen Terlarut (DO)

Oksigen terlarut merupakan parameter yang menentukan kadar pencemaran dalam sesebuah jasad air. Keadaan oksigen terlarut sering kali dikaitkan dengan keadaan suhu air. Namun begitu, keadaan hujan, halaju arus dan isi padu luahan perlu dilihat juga. Berdasarkan EMC, mendapati tahap kepekatan DO paling tinggi berlaku pada bulan Februari 2011 dengan purata 11.96 mg/L bagi setiap meter padu air aluri ini. Nilai minimum dan maksimum pula masing-masing 1.38 mg/L dan 28.80 mg/L. Pada bulan Februari 2011 juga mengalami hujan yang paling minimum sepanjang penyelidikan yang dijalankan (Jadual 3). Hujan yang rendah ini telah menyebabkan isi padu luahan rendah iaitu berada pada julat 0.40 m³/s. Hubungan korelasi antara tahap kepekatan beban pencemar oksigen terlarut dengan luahan, tidak wujud hubungan langsung antara kedua-dua dengan $R^2 = 0.46$ ($p < 0.5$). Keadaan ini menunjukkan luahan yang tinggi telah menyebabkan pencairan kepada jumlah oksigen terlarut dalam jasad air pada setiap meter padu air.

Di samping itu, pada bulan Ogos 2011 juga mendapati kepekatan oksigen terlarut dalam jasad air setiap meter padu adalah tinggi hingga mencecah 18.51 mg/L setiap hari. Nilai kepekatan paling maksimum adalah 41.61 mg/L manakala nilai minimum 0.5 mg/L. Pada waktu ini hujan yang diterima adalah agak tinggi, keadaan ini mempengaruhi halaju arus dan isi padu luahan di Alur Ilmu. Isi padu luahan ini mendapati sedikit mempengaruhi kepekatan oksigen dalam jasad air melalui ujian korelasi $R^2 = 0.57$ ($p > 0.5$). Namun begitu, kepekatan oksigen terlarut dalam air lebih dipengaruhi oleh suhu dalam air tersebut. Semakin tinggi suhu, semakin rendah nilai DO dan sebaliknya semakin rendah suhu semakin tinggi nilai DO. Maka dengan itu, pada berlakunya hari hujan yang sederhana dan dalam tempoh masa yang lama telah merendahkan suhu air, secara langsung telah meningkatkan nilai kepekatan oksigen terlarut dalam air. Suhu rendah, menyebabkan kurangnya berlaku aktiviti respirasi oleh hidupan akuatik dan tumbuhan serta proses aerobik oleh mikroorganisma akan mengakibatkan kandungan oksigen terlarut akan meningkat [13].

Faktor isi padu luahan memberi kesan kepada kepekatan atau pencairan sesuatu beban pencemar yang terdapat dalam sesebuah sungai mengikut ruang. Pada bulan Januari 2012, kepekatan oksigen terlarut dalam Alur Ilmu didapati masih tinggi jika dibandingkan dengan bulan yang lain iaitu 11.98 mg/L setiap hari dalam satu meter padu. Intensiti hujan dan halaju arus pada masa ini adalah rendah dan isi padu luahan juga rendah iaitu berada pada purata 1.04 m³/s. Keadaan ini menyebabkan kandungan kepekatan oksigen terlarut adalah tinggi. Maksimum dan minimum oksigen terlarut pada bulan ini masing-masing 34.13 mg/L dan 0.91 mg/L.

Selain itu, pada bulan Mac 2012 didapati nilai kepekatan oksigen terlarut dalam air adalah paling sedikit bagi setiap meter padu air iaitu 3.01 mg/L. Keadaan ini menjadikan keadaan air di Alur Ilmu lebih bersih berbanding bulan-bulan yang lain. Keadaan hujan yang maksimum menyebabkan isi padu luahan tinggi, proses pencairan oksigen terlarut giat berlaku pada tempoh tersebut. Keadaan ini turut berlaku pada bulan September, Oktober, November dan Disember 2011 yang masing-masing mengandungi beban pencemar oksigen terlarut 9.69 mg/L, 7.12 mg/L, 7.42 mg/L dan 8.57 mg/L sehari.

Permintaan Oksigen Biokimia (BOD)

Pengukuran permintaan oksigen biokimia merupakan salah satu dari parameter yang penting dalam menentukan kekuatan pencemaran air sungai. Pengukuran BOD bertujuan mengukur kekuatan sisa industri dan domestik melalui oksigen yang diperlukan untuk proses pengoksidaan. Berdasarkan kaedah EMC mendapati kepekatan nilai BOD tinggi pada bulan Ogos 2011 dan Februari 2012. Tahap kepekatan BOD bagi kedua-dua bulan tersebut adalah 8.59 mg/L dan 11.57mg/L bagi setiap meter padu air Alur Ilmu dalam tempoh satu hari. Sisa kumbahan daripada saluran-saluran yang tidak diurus didapati telah menyumbang kepada peningkatan dan kepekatan nilai BOD dalam jasad air Alur Ilmu. Ditambah pula dengan keadaan hujan yang kurang dan halaju arus perlahan untuk mengangkut sisa tersebut ke hilir alur. Justeru itu, setiap meter padu air tersebut terdedah kepada 6.69 mg/L dengan keadaan isi padu luahan yang rendah. Keterdedahan kepada kepekatan beban pencemar oksigen biokimia ini telah menyebabkan gangguan kepada ekosistem akuatik dalam sungai.

Di samping itu, pada tempoh hujan yang tinggi (basuhan pertama) juga boleh memekatkan beban pencemar dalam air, hal ini berlaku pada bulan Oktober dan Disember (2011) yang menunjukkan nilai beban pencemar BOD berada pada julat 3.77 mg/L dan 3.0 mg/L setiap hari. Faktor yang menyumbang kepada ketinggian kepekatan ini adalah aktiviti pembersihan alur telah dilakukan serta sisa kumbahan cafeteria yang disalurkan telah membawa kepada pengumpulan bahan cemar sepanjang tempoh kering. Maka dengan itu, apabila berlaku hujan, campuran bahan cemar dengan air hujan tersebut telah menjadikan beban pencemar tinggi dalam jasad air.

Namun begitu, bulan Mac 2012 dan November 2011 menerima hujan maksimum tetapi nilai bahan beban pencemar BOD adalah rendah. Pada Mac, nilai beban pencemar hanya 0.54 mg/L bagi setiap hari manakala pada November pula adalah 0.83 mg/L. Walaupun hujan tinggi pada tempoh ini dan halaju arus juga tinggi, namun nilai beban bahan pencemar rendah. Hal ini kerana, tempoh hujan yang lama dan lebat telah mencairkan beban bahan tersebut dalam jasad air. Keadaan ini secara langsung mengurangkan pencemaran kualiti air yang boleh mengganggu kehidupan ekosistem akuatik. Secara keseluruhannya, nilai beban pencemar BOD adalah pengukur kepada bahan pencemar yang berpunca dari sisa kumbahan dan apa-apa sumbangan sisa yang dialirkan ke Alur Ilmu. Semakin tinggi kepekatan beban pencemar BOD dalam jasad air semakin tinggi tahap pencemaran air dari segi kandungan organik dalam air tersebut.

Permintaan Oksigen Kimia (COD)

Permintaan oksigen kimia merupakan jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidakan bahan kimia organik dan bukan organik yang terdapat dalam jasad air. Nilai COD meningkat apabila kepekatan bahan organik dalam jasad air meningkat [14]. Oleh sebab itu, penekanan kepada beban pencemar ini sangat penting untuk dilihat jumlah yang disumbang kepada Alur Ilmu dalam tempoh masa tertentu. Berdasarkan kajian ini, mendapati sepanjang penyelidikan analisis data menunjukkan nilai beban pencemar ini amat dipengaruhi oleh intensiti hujan, halaju arus dan isi padu luahan. Semakin tinggi intensiti hujan yang diterima, semakin tinggi halaju arus dan semakin tinggi isi padu luahan menyebabkan semakin rendah beban pencemar COD dalam air sebaliknya, semakin kurang intensiti hujan, semakin perlahan halaju arus dan semakin kurang isi padu luahan maka semakin tinggi kepekatan beban pencemar ini.

Bulan-bulan yang mengalami hujan yang tinggi seperti Oktober dan November (2011) serta Januari dan Mac (2012) menunjukkan nilai beban pencemar adalah rendah yang masing-masing berada pada julat 6.73 mg/L, 52.0 mg/L, 1.55 mg/L, 2.66 mg/L dan 13.07 mg/L bagi setiap meter padu air. Namun begitu, pada Ogos dan Disember 2011 (rujuk Jadual 2), walaupun hujan tinggi tetapi nilai beban pencemar juga tinggi, keadaan ini berlaku disebabkan oleh faktor seperti beban pencemar lain iaitu aktiviti pembersihan alur dilakukan ketika tempoh kering. Bulan-bulan yang kurang menerima curahan hujan didapati nilai beban pencemar permintaan oksigen kimia tinggi

iaitu bulan Mac 2011 sebanyak 39.35 mg/L, Mei 2011 sebanyak 21.55 mg/L, Jun 2011 sebanyak 32.61 mg/L dan Februari 2012 sebanyak 201.29 mg/L bagi satu meter padu air.

Keseluruhannya, kepekatan nilai BOD yang tinggi dalam Alur Ilmu berlaku pada tempoh kering dan tanpa hujan kerana wujud kandungan humus dan sedimen yang tinggi, namun begitu ia juga tinggi ketika menerima hujan terutamanya ketika kejadian hujan selepas aktiviti pembersihan alur dilakukan kerana pada masa itu kandungan bahan organik meningkat dan kelihatan wujud pada permukaan air. Nilai COD yang tinggi berlaku disebabkan kehadiran bahan organik yang tinggi dalam jasad air [15].

Ammonia Nitrogen (NH_3-N)

Ammonia Nitrogen juga merupakan beban pencemar yang diukur di Alur Ilmu. Keseluruhan nilai kepekatan berada pada julat 0.20 ± 2.52 mg/L. Jumlah kepekatan tertinggi berlaku pada Disember 2011 dengan 8.93 mg/L. Pada tempoh ini, keadaan hujan yang agak tinggi. Air hujan bercampur dengan sisa kumbahan restoran, baja pokok, tinja tumbuhan dan haiwan dilepaskan ke dalam alur tanpa disedari oleh pihak bertanggungjawab. Di Sungai Langat pula mengalami pencemaran ammonia nitrogen yang berpunca daripada saliran terus domestik, industri dan aktiviti guna tanah [16].

Di samping itu, pada Februari 2012 didapati nilai kepekatan ammonia dalam jasad air adalah tinggi. Daripada pemerhatian lapangan, semasa sampel air diambil mendapati buih-buih dalam jasad air kelihatan, hal ini kerana kesan daripada sisa kumbahan yang dilepaskan ke Alur Ilmu. Keadaan ini menyebabkan nilai kepekatan ammonia tinggi dalam air menjadi 3.13 mg/L pada setiap meter padu air. Tempoh kering telah menampakkan air tersebut berbuih dan berkelodak dan ini merupakan salah satu faktor bertambahnya kepekatan ammonia dalam jasad air dan mendorong pencemaran kepada Alur Ilmu. Ammonia nitrogen juga berpunca daripada sisa kumbahan domestik, sisa najis binatang mahupun bahan buangan daripada jenis industri tertentu [17].

Keseluruhan kajian selama setahun, mendapati nilai ammonia tidak terlalu dominan bergantung pada isi padu luahan dalam kepekatan beban ini, hal ini dapat dijelaskan dengan dapatan hasil kajian menunjukkan pada hujan maksimum iaitu Mac 2012 nilai kepekatan hanya 0.50 mg/L dan pada hujan minimum nilai kepekatan pula 0.35 mg/L. Jurang antara nilai kepekatan ini tidak terlalu besar walaupun terdapat jurang yang besar dari aspek intensiti hujan yang diterima. Hal ini kerana, beban pencemar ammonia lebih bergantung pada sisa buangan dalam saliran untuk menjadikannya pekat. Ujian korelasi menunjukkan nilai kepekatan ammonia tidak secara langsung bergantung pada isi padu luahan dengan $R^2 = 0.33$ ($p < 0.5$). Bagi julat pada tahun 2011 seperti Mac (0.46 mg/L), Mei (0.45 mg/L), Julai (0.68 mg/L), Ogos (0.64 mg/L), September (0.20 mg/L), Oktober (0.32 mg/L) dan November (0.38 mg/L). Manakala pada 2012 pula, Januari (0.28 mg/L), Februari (1.88 mg/L) dan Mac (0.50 mg/L). Hasil keputusan mendapati hampir 0.72 mg/L nilai ammonia nitrogen dalam jasad air bagi setiap meter pada air Alur Ilmu. Beban pencemar ini banyak dipengaruhi oleh sisa kumbahan dan tinja haiwan dan humus tumbuhan yang wujud dalam air. Oleh sebab itu, beban pencemar ini kurang dipengaruhi oleh intensiti hujan, halaju arus dan isi padu luahan sungai sepanjang penyelidikan dijalankan.

Jumlah Pepejal Terampai (TSS)

Di samping itu, pepejal terampai dalam jasad air biasanya berpunca dari sisa kumbahan, hakisan tanah, aktiviti pengorekan pasir dan sisa buangan secara semula jadi. Menurut Zaini et al [18], sisa buangan secara semulajadi boleh terdiri daripada kejadian alam seperti hakisan tanah yang menyebabkan wujud masalah sedimentasi, ranting pokok dan daun tumbuhan yang tidak dikendalikan dengan sempurna. Menurut Azahan et al [19], TSS merupakan petunjuk pencemaran sungai akibat dari kegiatan pembangunan tanah, perlombongan dan hakisan. TSS meningkat pada hari hujan kerana air larian sewaktu hujan mempunyai daya hakisan yang kuat dan mengakibatkan kadar hakisan tanah yang kuat dan menyumbangkan kepada peningkatan pepejal terampai di kawasan tanah rata terutamanya yang terdedah akibat proses pembangunan.

Keseluruhan nilai kepekatan pepejal terampai berada pada julat 6.61 ± 656.25 mg/L. Jumlah kepekatan tertinggi juga berlaku pada Disember 2011 dan Februari iaitu masing-masing mencatat julat 182.29 mg/L dan 470.03 mg/L setiap meter padu air. Kedua-dua tempoh ini mempunyai penerimaan hujan yang berbeza iaitu pada Disember menerima hujan yang tinggi manakala pada Februari 2012 menerima hujan yang minimum. Namun begitu, nilai

kepekatan pepejal terampai tinggi. Keadaan ini berlaku disebabkan aktiviti pembersihan alur dilakukan pada tempoh kering dan apabila berlaku hujan berlaku perlanggaran antara beban pencemar dalam air dan pengangkutan sedimen, sisa yang tertinggal seperti humus daun dan ranting pokok serta proses hakisan turut giat berlaku. Menurut Kim et al [20] pula peningkatan TSS (115 mg/L) disebabkan oleh pencemar yang dibawa oleh air larian dari kawasan parkir kenderaan semasa proses hujan semasa basuhan pertama.

Berbeza pula pada Februari 2011, walaupun menerima hujan yang minimum tetapi nilai kepekatan pepejal terampai tinggi. Hal ini berlaku kerana hujan yang sedikit tidak mampu membawa halaju arus yang tinggi untuk mengangkut sedimen dan bercampur dengan beban pencemar tersebut, malah ia mengumpul beban dalam jasad air. Isi padu luahan yang rendah telah menyebabkan beban pencemar tersebut menjadi pekat. Pada Mac 2012, pula menerima hujan yang paling maksimum telah meningkatkan isi padu luahan yang mampu mengangkut dan mencairkan beban pencemar TSS dalam Alur Ilmu. Proses kecairan ini membantu mengurangkan kuantiti beban pencemar dalam air. Nilai kepekatan pepejal terampai majoritinya tinggi sepanjang tempoh penyelidikan kecuali pada bulan November 2011 dan Mac 2012. Hampir 135.93 mg/L beban pepejal terlarut terdapat dalam setiap meter padu air. Pepejal terlarut yang tinggi ini berkait dengan penerimaan hujan yang tinggi tetapi bukan hujan yang terlampau tinggi. Hujan yang tidak terlampau tinggi ini mampu menghasilkan isi padu luahan yang tinggi tetapi kadar halaju arus yang kurang akan menyebabkan pengangkutan beban pencemar kurang berlaku. Namun begitu, hujan yang terlampau tinggi tetapi berlaku dalam masa yang singkat akan menghasilkan isi padu luahan tinggi berserta halaju arus yang tinggi menyebabkan pengangkutan beban dan pencairan beban pepejal terampai dalam Alur Ilmu seperti yang berlaku pada bulan Disember 2011 dan Mac 2012.

Secara keseluruhannya, isi padu luahan mempengaruhi keadaan kandungan beban pencemar pepejal terampai dalam air berserta faktor-faktor lain seperti kandungan sedimen, sisa kumbahan dari kafeteria, hakisan tanah dan aktiviti manusia iaitu pembersihan alur tersebut. Mengikut Sartor et al [21] terdapat beberapa proses pengangkutan beban pencemar ini iaitu pertama proses yang membebaskan pencemar dari saluran-saluran tertentu yang melepaskan beban pencemar; kedua, pengangkutan partikel melintasi permukaan tempat saluran tersebut melalui air larian permukaan dan aliran meluas; ketiga, mengangkut partikel selari dengan tubir jalan (curb) ke dalam pemetung; keempat, mengangkut partikel melalui pemetung tersebut.

Beban pencemar dipindahkan melalui dua kaedah iaitu beroperasi serentak iaitu, pertama dalam bentuk larutan dan hujan yang turun berikutnya akan membawa partikel oleh air larian dan luahan; kedua, partikel bersaiz pasir dan koloid yang dilarikan akibat hempasan butiran hujan. Selepas dilarikan ia akan kekal dalam bentuk separa cecair (kepekatan beban pencemar) dan akan diampai oleh air larian untuk mudah diangkut oleh air larian. Oleh sebab itu, jika hujan yang tinggi akan menyebabkan air larian laju dan luahan meningkat serta beban pencemar berkurangan dalam bentuk separa cecair (pekat) malah berada dalam bentuk cecair yang tinggi (cair). Melihat pada keadaan ini, air larian dan luahan membantu dalam mencairkan beban pencemar dalam sesebuah sungai serta ia dapat mengurangkan beban pencemar dalam Alur Ilmu dan dapat mengawal tahap kualiti airnya.

Kesimpulan

Secara keseluruhan, pendekatan EMC dalam menganggar beban bahan pencemar yang disebabkan oleh air larian adalah satu cara yang terbaik untuk melihat konsentrasi beban pencemar dalam setiap meter padu (m^3) luahan sungai. Keadaan air larian yang disebabkan oleh penerimaan intensiti hujan telah mempengaruhi nilai beban bahan pencemar dalam alur tersebut. Mengikut Indeks Kualiti Air (IKA), Alur Ilmu diklasifikasikan berada pada kelas III sepanjang penyelidikan dijalankan kecuali pada Mac 2012, ia semakin merosot ke kelas IV. Melalui hasil EMC dapat dikatakan, semakin banyak intensiti hujan, semakin tinggi halaju arus (V) dan isi padu luahan (Q) manakala semakin kurang kepekatan beberapa beban pencemar (M) yang terdapat dalam Alur Ilmu pada satu tempoh tertentu. Sebaliknya, semakin kurang intensiti hujan, semakin rendah halaju arus (V) dan isi padu luahan (Q) maka semakin tinggi kepekatan beberapa beban pencemar dalam sungai tersebut. Keadaan ini menunjukkan corak isi padu luahan mempengaruhi kadar pencemaran Alur Ilmu. Walau bagaimanapun, kandungan beban pencemar dalam alur ini juga dipengaruhi oleh aktiviti manusia yang kurang prihatin kepada kepentingan sumber air dalam kehidupan sejagat. Justeru itu, satu kaedah pengurusan, pendekatan dan pengawalan menyeluruh haruslah difikirkan bagi mengatasi masalah ini. Pengurusan Alur Ilmu tidak boleh dipandang remeh kerana ia memberi kesan terus terhadap UKM sebagai Universiti Penyelidikan yang terkemuka di Malaysia dan dunia umumnya.

Penghargaan

Penulis ingin merakamkan penghargaan kepada Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) dan Institut Alam Sekitar dan Pembangunan (LESTARI) yang membiayai kajian ini di bawah Skim Geran Penyelidikan Arus Perdana (UKM-AP-PLW-05-2010).

Rujukan

1. Nazahiyah. R., Yusop. Z & Abustan I. (2007). Stormwater quality and pollution loading from an urban residential catchment in Johor, Malaysia. *Water Sciences & Technology* 56 (7):1-9.
2. Laporan Tahunan Jabatan Alam Sekitar 2009. Atas talian (www.met.gov.my)
3. Lee- Hyung Kim. (2003). Determination of Event Mean Concentration and First Flush Criteria In Urban Runoff. *Environmental Engineering Research*, 8 (4):163-176.
4. Brezonik P. L & Stadelmann T.H. (2001). Analysis and predictive models of stormwater runoff volumes, loads, and pollutant concentrations from watersheds in the Twin Cities metropolitan area, Minnesota, USA. *Water Resources* 36:1743-1757.
5. Wan Ruslan Ismail. (1994). *Pengantar Hidrologi*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
6. Adam, B. J. & Papa, F. (2000). *Urban stormwater management planning with analytical probalistic models*. New York: John Wiley and Son.
7. Yusop, Z., Tan, L.W., Ujang, Z., Mohamed, M. & Nasir, K.A. (2005). Runoff quality and pollution loadings from a tropical urban catchment. *Water Sciences & Technology*, 52(9), 125–132.
8. Nor Rohaizah Jamil., Mohd Ekhwan Toriman., Mushrifah Idris & Ng Lee How. (2012). Analisis Ciri-ciri Luahan Sungai Chini dan Sungai Paya Merapoh Tasik Chini, Pahang bagi Waktu Normal, Waktu Basah dan Selepas banjir. *Jurnal e-Bangi*, 7 (1):1-16.
9. Huber W C. (1993). Contaminant transport in surface water. In: Handbook of Hydrology (Maidment D R. editor). New York: McGraw Hill.
10. Yusop, Z., Abdul Rahim, N & Douglas. (2006). Dissolved and undissolved nutrient loading from secondary forest catchment of Malaysia. *For. Ecol. Manage*, 224: 26-44.
11. Mazlin Mokhtar., Chee Fong Hoe., Chong Wai Leng., Ooi Yih Yong & Tan Bee Heong. (2005). Kajian kualiti air ‘Alur Ilmu’ di kampus UKM Bangi: Ke arah pendekatan pengurusan sumber air bersepadu. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 12 (3):388-395.
12. American Public Health Association (APHA). (2005). Standard methods for the examination of water and waste water (19th ed.). Washington DC, USA.
13. Maliki Hapani. (2006). Pencemaran kualiti air Lembangan Sg. Merbok: Kesan pencemaran dan Langkah pengurusan. Tesis Dr. Fal. Universiti Kebangsaan Malaysia.
14. Sartor, J.D., Boyd, G.B. & Agardy, F.J. (1974). Water pollution aspects of street surface contaminants. *JWater Pollution Control* 46: 458-467.
15. Mazlin Mokhtar, Hassan Basri & Chia, J.P. (1999). Pemonitoran Kualiti Air Kolam Pengoksidaan Kumbahan UKM, Bangi Yang Mengalirkan Efluen Ke Sungai Langat. *Prosiding Symposium Penyelidikan Lembangan Langat*, hlm. 155-170.
16. Mohd Ekhwan & Kadaruddin. (1999). Pemeliharaan Hidrologi Sungai Melalui Pembangunan Sisi-Hadapan Sungai Bandar. *Prosiding Seminar Kebangsaan Alam, Manusia dan Pembangunan di Malaysia: Dasar, Strategi dan Kelestariannya*. Anjuran Persatuan Kebangsaan Geografi Malaysia & Jabatan Geografi, UKM, hlm 85-92.
17. Mohd Noor. (2003). Status Pengurusan Kualiti Air Sungai Langat. Kajian Kes dari Pangsun Hingga Ke West Country. Tesis Sarjana Universiti Kebangsaan Malaysia.
18. Zaini Sakawi, Asmah Ahmad & Mohd Hairimi Mohd Ali. (2009). Keterancaman kesihatan ekosistem Bukit Fraser: Impak penajaan sisa buangan. *Prosiding Seminar Bio-Kejuruteraan, Penilaian Ekosistem dan Spesies* 2009. Shahzan Inn, Bukit Fraser, Pahang. 13-15 April 2009.
19. Azahan Awang., M.J. Jamaluddin., Md. Suhaily. (2001). Status dan Pengurusan Kualiti Air Sungai Linggi. Dlm *Environmental Management* 2001.M.J. Jamaluddin & M.N. Mohd Jailani (pnyt). Proceeding National Seminar on Environmental Management: Current Development & Future Planning. Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi, 14-15 Ogos, 2011.

20. Kim, L.H., Jeong SM., Ko SO. (2007). Determination of first flush criteria using dynamics EMCs on highways storm water runoff. *Water Sciences Technology*. 55:71-77.
21. Sartor, J.D., Boyd, G.B. & Agardy, F.J. (1974). Water pollution aspects of street surface contaminants. *JWater Pollution Control* 46: 458-467.