

PENCIRIAN TEMPORAL SKALA KECIL AIR SISA DOMESTIK PERBANDARAN

SMALL SCALE TEMPORAL CHARACTERISATION OF URBAN DOMESTIC WASTEWATER

Z. M. Hanafiah^a, W. H. M. W. Mohtar^{a*}, N. A. Bachi^{1a}, N. A. Abdullah^a, M. Z. Abdullah^a, T. S. A. Manan^b, A. Amir^c

^aJabatan Kejuruteraan Awam, Fakulti Kejuruteraan dan Alam Bina, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi, Selangor, Malaysia

^bInstitut Biodiversiti Tropika dan Pembangunan Lestari, Universiti Malaysia Terengganu, 21030 Kuala Nerus, Terengganu, Malaysia

^cFakulti Kejuruteraan Awam, Universiti Teknologi, 40450 Shah Alam, Malaysia

Article history

Received

5 March 2021

Received in revised form

28 June 2021

Accepted

4 July 2021

Published online

20 August 2021

*Corresponding author
hanna@ukm.edu.my

Graphical abstract



Abstract

Sewage treatment plants (STP) in Malaysia are designed to treat a load of contaminants according to the level of concentration for chemical oxygen demand (COD) and nitrogen ammonia (NH₃-N) of 250 mg/L and 30 mg/L, respectively. However, studies show that the organic load of Malaysian wastewater is low and even temporarily fluctuates resulting in the low effectiveness of treatment especially in ammonia removal and consequently cause effluents that do not undergo proper treatment to be released into the environment. Therefore, this study aims to identify concentrations of COD and NH₃-N in the influent of urban domestic wastewater along with other physico-chemical characteristics. Two locations of the STP were chosen based on the urban area with different catchment sizes for a population equivalent (PE) 60,000 for the first STP (LRK#1), and 150,000 for the second STP (LRK#2). These parameters include pH, temperature, conductivity, turbidity, total suspended solids (TSS), nitrogen nitrate (NO₃-N), total Kjeldahl nitrogen (TKN) as well as heavy metals such as Cadmium (Cd), Chromium (Cr), Copper (Cu), Nickel (Ni), Lead (Pb), and Zinc (Zn). The sampling and analysis methods used the guidelines recommended in the American Public Health Association (APHA). The results give the highest average COD concentrations for the LRK#1 and LRK#2 are 180.5 mg/L and 380.9 mg/L, respectively. The highest NH₃-N concentrations were 33.53 mg/L for LRK#1 and 31.63 mg/L for LRK#2. Overall, the wastewater physico-chemical characteristics of both treatment plants show wastewater in the medium and low concentration categories.

Keywords: Sewage Treatment Plant, Influent, Characterisation, Urban, Domestic Wastewater

Abstrak

Loji rawatan kumbahan (LRK) di Malaysia direka bentuk untuk merawat beban pencemar mengikut tahap kepekatan permintaan oksigen kimia (COD) dan nitrogen ammonia ($\text{NH}_3\text{-N}$) dengan masing-masing berada pada paras 250 mg/L dan 30 mg/L. Walau bagaimanapun, kajian menunjukkan bahawa beban organik air kumbahan Malaysia adalah lebih rendah, malah secara temporalnya bersifat turun naik mengakibatkan keberkesanan rawatan terutamanya penyingkiran ammonia adalah tidak optimum dan seterusnya menyebabkan efluen yang tidak dirawat dengan sempurna dilepaskan ke alam sekitar. Sehubungan dengan itu, kajian ini dilakukan bertujuan untuk mengenal pasti tahap kepekatan COD dan $\text{NH}_3\text{-N}$ serta ciri fiziko-kimia dalam influen air sisa domestik perbandaran. Dua lokasi kajian yang terletak di kawasan perbandaran telah dipilih dengan ciri saiz tadahan yang berbeza, iaitu LRK pertama (LRK#1) bagi populasi setara penduduk (PE) 60,000, manakala LRK kedua (LRK#2) pula bagi 150,000. Parameter kualiti air yang diukur termasuklah pH, suhu, kekonduksian, kekeruhan, jumlah pepejal terampai (TSS), nitrogen nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$), jumlah nitrogen kjeldahl (TKN), dan logam berat seperti Cadmium (Cd), Kromium (Cr), Tembaga (Cu), Nikel (Ni), Plumbum (Pb), dan Zink (Zn). Kaedah pensampelan dan analisis yang digunakan adalah berdasarkan garis panduan yang dicadangkan oleh American Public Health Association (APHA). Keputusan menunjukkan bahawa kepekatan purata COD tertinggi bagi LRK#1 dan LRK#2 masing-masing 180.5 mg/L dan 380.9 mg/L. Kepekatan $\text{NH}_3\text{-N}$ tertinggi ialah 33.53 mg/L untuk LRK#1 dan 31.63 mg/L untuk LRK#2. Secara keseluruhannya, ciri fiziko-kimia air sisa bagi kedua-dua loji rawatan menunjukkan air sisa kumbahan berada dalam kategori berkepekatan sederhana dan rendah.

Kata kunci: Loji Rawatan Kumbahan, Influen, Pencirian, Perbandaran, Air Sisa Domestik

© 2021 Penerbit UTM Press. All rights reserved

1.0 PENGENALAN

Air sisa domestik atau air kumbahan merupakan air yang telah terpakai oleh penggunaan aktiviti seharian oleh komuniti seperti dari tandas, dari sinki, cucian pakaian, dan mandian. Pelbagai kajian dan teknologi telah dibangunkan untuk merawat air sisa kumbahan untuk memenuhi piawaian kualiti yang telah ditetapkan sebelum air sisa ini dilepaskan ke badan air bagi memastikannya bukan sahaja tidak membahayakan kesihatan manusia, bahkan juga alam sekitar. Namun begitu, pencemaran air masih meningkat berkadaran seiring dengan peningkatan kepadatan bilangan penduduk dan pembangunan. Pencirian air sisa domestik dari kawasan perbandaran adalah penting bagi mengetahui kandungan dan tahap kepekatan bahan-bahan pencemar tersebut yang menjadikannya sebagai salah satu punca pencemaran air. Hal ini dikatakan demikian kerana ciri awal air sisa domestik yang masuk ke dalam loji rawatan dapat menentukan keberkesanan kaedah rawatan yang dipilih dalam sesuatu reka bentuk loji rawatan kumbahan (LRK) dan seterusnya dapat mengelakkan bahan-bahan pencemar yang tidak dirawat dengan sempurna

terlepas ke badan air. Secara umumnya, kualiti air sisa domestik perbandaran diwakili oleh parameter fiziko-kimia seperti nilai pH, permintaan oksigen kimia (COD), nitrogen ammonia ($\text{NH}_3\text{-N}$), suhu, kekonduksian, kekeruhan, jumlah pepejal terampai (TSS), dan nitrogen nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$).

Paip pembedungan yang membawa sisa kumbahan perbandaran ke LRK dijangkakan mempunyai kepekatan COD minimum, iaitu 500 mg/L berdasarkan nilai reka bentuk sesebuah loji rawatan kumbahan, iaitu Garis Panduan Industri Pembedungan Malaysia (MSIG)[1]. Namun begitu, kepekatan COD terukur yang sebenar dalam influen adalah tidak konsisten dengan kekekatannya yang turun naik, malah boleh mencapai kepekatan serendah 50 mg/L ketika aliran perlahan [2]. Kepekatan COD yang rendah berpunca daripada beberapa faktor dan antaranya disebabkan oleh penyusupan air ke dalam paip pembedungan ketika hujan sama ada melalui rekahan paip mahupun penutup lurang. Selain itu, air sisa kumbahan di dalam paip pembedungan juga boleh menyusup keluar akibat rekahan pada paip serta tambahan dengan tabiat penggunaan air yang banyak dalam kalangan komuniti menyebabkan ciri air sisa

kumbahan menjadi cair [3]. Air kumbahan yang berkepekatan rendah ini boleh mempengaruhi keberkesanan rawatan di LRK yang jelas menunjukkan bahawa kebanyakan LRK di Malaysia direka bentuk berasaskan rawatan secara biologi [4].

Sebagai contoh, rawatan air sisa secara dalam penyingkiran ammonia melalui proses nitrifikasi dan dinitrifikasi boleh terjejas disebabkan oleh ciri air sisa yang berkepekatan rendah [5, 6]. Proses dinitrifikasi memerlukan sumber organik daripada air sisa sebagai proses penukaran ion nitrit (NO_2^-) dan ion nitrat (NO_3^-) kepada gas nitrogen (N_2). Ion NO_2^- dan NO_3^- yang tidak bertukar menjadi gas nitrogen boleh mengalir keluar ke badan air seperti sungai bersama-sama dengan efluen dan seterusnya akan menyebabkan gangguan kepada kualiti air sungai dan juga ekosistem akuatik seperti eutrofikasi sumber air yang akan menyebabkan alga dan tumbuhan di dalam air tumbuh berlebihan dan seterusnya menyebabkan oksigen di dalam air berkurangan yang akhirnya menyebabkan ikan-ikan mati kesan daripada kekurangan oksigen [7]. Selain itu, nitrat dan nitrit juga mempunyai kesan yang tidak baik terhadap kesihatan manusia memandangkan kedua-duanya boleh menyebabkan kerosakan hati dan menyumbang kepada risiko penyakit kanser [8].

Kedudukan loji-loji rawatan yang berada di hulu muka sauk loji rawatan air juga akan memberikan risiko pencemaran kepada air bersih akibat daripada rawatan kumbahan yang tidak sempurna dan seterusnya akan menyebabkan penutupan loji rawatan air. Antara penyakit bawaan air yang biasa dikesan adalah seperti taun, demam kepialu, cirit-birit, dan jangkitan virus seperti Hepatitis A, Rotavirus, dan virus Coxscakie [9]. Kajian kepustakaan menunjukkan kehadiran nitrat dalam air sungai Malaysia [10] dan kepekatan ion ammonium (NH_4^{++}) yang dikesan dalam badan air berpunca daripada loji rawatan kumbahan [11]. Selain itu, dalam kajian kualiti air efluen yang dilepaskan ke sungai oleh Sabeen (2018) [12] terhadap loji rawatan kumbahan di beberapa loji di Malaysia menunjukkan bahawa kepekatan fosforus (P), NO_2^- , dan NO_3^- melebihi kualiti pelepasan air efluen yang telah ditetapkan.

Kajian kepustakaan terhadap perbandingan parameter fiziko-kimia influen air sisa domestik dari negara Korea, Afrika, Algeria, Zimbabwe, India, Romania, dan Kuwait ditunjukkan menerusi Jadual 1, 2, dan 3. Jadual 1 menunjukkan pengelasan parameter fizikal air sisa, iaitu TSS, kekeruhan, dan suhu. Sementara itu, Jadual 2 pula merupakan perbandingan parameter kimia, iaitu COD, $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, TKN, ortofosfat, konduktiviti, dan pH dan seterusnya Jadual 3 menunjukkan kandungan logam berat (Cd, Cr, Ni, Pb, Zn, dan Cu) yang terkandung dalam influen air sisa domestik bagi negara-negara tersebut yang menunjukkan negara China dan Kuwait mempunyai kepekatan elemen logam berat yang tertinggi.

Perbezaan kandungan dan kekuatan air sisa domestik bergantung pada faktor-faktor seperti lokasi, hujan, jenis pembetulan, luahan industri, diet komuniti setempat, dan saiz tadahan loji rawatan [13]. Dengan mengambil kira faktor-faktor tersebut, pencirian air sisa terhadap sisa kumbahan tempatan adalah penting bagi mengetahui tahap kekuatan air sisa domestik yang sebenar bagi tujuan reka bentuk dan perawatan yang lebih berkesan. Oleh hal yang demikian, objektif kajian untuk kajian ini bermatlamat untuk mengetahui ciri-ciri influen air sisa domestik di kawasan perbandaran tempatan selain mengetahui tahap kekuatan air sisa domestik terkini bagi loji kajian dan seterusnya membuat perbandingan dengan nilai reka bentuk bagi loji kumbahan, iaitu Garis Panduan Industri Pembetulan Malaysia (MSIG).

Jadual 1 Perbandingan parameter fizikal dalam influen air sisa domestik pelbagai negara

Rujukan	Negara	Parameter fizikal		
		TSS (mg/L)	Kekeruhan (NTU)	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)
[14]	Korea	ND	ND	18.8±6
[15]	Afrika	ND	112-580	22-30.1
[16]	Algeria	ND	ND	19.6-26
[17]	Zimbabwe	250±66	ND	ND
[18]	India	1824.42±8.46	20.86±6.82	ND
[19]	Romania	ND	ND	ND
[20]	Kuwait	75-650	ND	ND

*ND = tidak di ukur

Jadual 2 Perbandingan parameter kimia dalam influen air sisa domestik pelbagai negara

Rujukan	Negara	Parameter kimia						
		COD (mg/L)	$\text{NH}_3\text{-N}$ (mg/L)	$\text{NO}_3\text{-N}$ (mg/L)	TKN (mg/L)	Ortofosfat (mg/L)	Konduktiviti ($\mu\text{S/cm}$)	pH
[14]	Korea	67.6±8.6	33.5±5.2	ND	ND	3.5 ±0.3	ND	ND
[15]	Afrika	274 – 329	8 – 112.5	0.93-48.5	ND	0.06-3.71	2550-3190	7.04 – 8.77
[16]	Algeria	223 – 691	ND	ND	ND	ND	3980-4550	6.68 – 7.86
[17]	Zimbabwe	527 ±15	25.6±11.2	ND	21.0±3.0	ND	ND	7.0 ± 0
[18]	India	1420.5±8.16	ND	ND	84.99±8.85	124.42±5.52	2840±0.21	8.39 ± 0.19
[19]	Romania	150 – 1160	ND	0-5.0	ND	3.5 ±0.3	ND	ND
[20]	Kuwait	480 – 1250	44 – 100	ND	ND	14-64	ND	ND

*ND = tidak di ukur

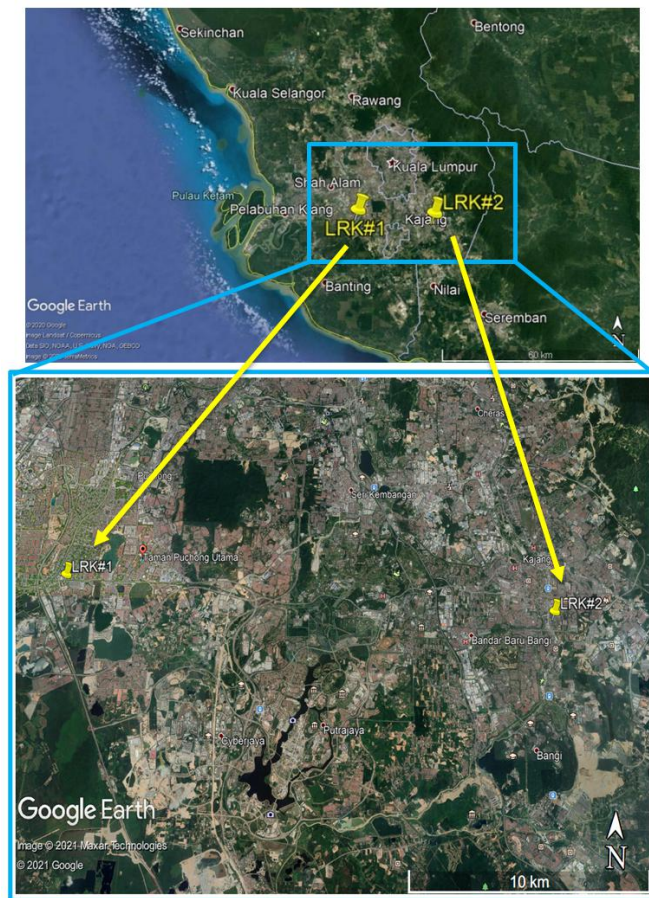
Jadual 3 Perbandingan kandungan logam berat dalam influen air sisa domestik pelbagai negara

Rujukan	Negara	Logam berat (mg/L)					
		Cd	Cr	Ni	Pb	Zn	Cu
[21]	Korea	2.5±2.1	135±140	154±51	38 ±19	71±32	1643±230
[18]	India	0.64–0.06	0.21–0.02	0.78±0.08	0.46±0.04	ND	3.24±0.44
[22]	China	170–38.4	317.2±317.2	523.9±635	67.7±71.3	28.4±27	1754±2057
[20]	Kuwait	21	80	700	111	337	2002

2.0 METADOLOGI

2.1 Kawasan Kajian

Kajian permonitoran ciri-ciri fiziko-kimia air sisa domestik ini telah memilih dua lokasi perbandaran seperti yang ditunjukkan menerusi Rajah 1. Loji rawatan kumbahan pertama (LRK#1) merupakan loji yang merawat sisa kumbahan bagi penduduk setara (PE) seramai 60,000 dan terletak di kawasan sekitar Lembah Klang. Parameter kimia yang dimonitor ialah COD dan $\text{NH}_3\text{-N}$ dalam tempoh 24 jam secara bulanan antara tahun 2019 hingga 2020.



Rajah 1 Lokasi pensampelan di Loji Rawatan Kumbahan 1 (LRK#1) dan 2 (LRK#2) (Sumber: Google Earth)

Seterusnya, loji rawatan kumbahan kedua (LRK#2) pula telah dipilih sebagai perbandingan dengan

kawasan kajian pertama. Selain permonitoran parameter kimia COD dan $\text{NH}_3\text{-N}$, sampel air sisa domestik di LRK#2 juga dianalisis dengan beberapa parameter kimia yang lain seperti nitrogen nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$), jumlah pepejal terampai (TSS), pH, ortofosfat (PO_4^{3-}), kekonduksian, kekeruhan, jumlah nitrogen kjeldahl (TKN), dan elemen logam berat, iaitu Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, & Zn. Loji rawatan LRK#2 ini mempunyai saiz PE yang lebih besar, iaitu melebihi dua kali ganda saiz LRK#1, iaitu 150,000 dan juga masih terletak di kawasan sekitar Lembah Klang dengan jarak antara dua lokasi LRK ini adalah sejauh 35 km. Kekekapan pensampelan bagi LRK#2 dilakukan secara mingguan selama tiga bulan, iaitu dari bulan Julai 2020 hingga September 2020.

2.2 Pensampelan

Kajian ini telah mengambil air sisa influen dengan menggunakan mesin pensampelan automatik model ISCO 6700 (Teledyne ISCO, USA) dengan tetapan setiap satu jam selama tempoh 24 jam. Sebanyak 500 mL sampel diambil secara automatik ke dalam botol polietilena yang terlebih dahulu dibersihkan dengan menggunakan sabun, dibilas dengan menggunakan air suling, dan dikeringkan dengan menggunakan oven. Selepas lengkap 24 jam, sampel air sisa dikeluarkan dari alat pensampelan dan segera dibawa ke makmal untuk tujuan analisis. Semua sampel dianalisis pada hari yang sama bagi COD, $\text{NO}_3\text{-N}$, dan $\text{NH}_3\text{-N}$, manakala uji kaji yang seterusnya akan dilengkapkan dalam tempoh maksimum 48 jam dan disimpan di bawah suhu 4°C .

2.3 Analisis

Kaedah analisis yang dilakukan berpandukan garis panduan American Public Health Association (APHA)[23]. Kaedah refluks tertutup daripada pembekal HACH (method 8000) digunakan untuk menentukan COD, manakala kepekatan $\text{NH}_3\text{-N}$ pula diukur dengan menggunakan kaedah elektrod pemilihan ion (ISE) dengan menyediakan sebanyak 12.5 mL air sampel dan ditambah dengan 250 μL pelaras-pH kekuatan ion berkali (ISA) (Thermo-fisher, UK). Seterusnya, kepekatan nitrat nitrogen ($\text{NO}_3\text{-N}$) menggunakan kaedah daripada pembekal HACH (method 4500), pH menggunakan meter pH (Eutech pH-450), kekeruhan menggunakan meter kekeruhan (Eutech TN-100), kekonduksian menggunakan meter konduktiviti (Eutech Con-450), dan TSS menggunakan

kaedah APHA Method 2450 melalui penurasan air sampel dan pengeringan pada suhu 103°C hingga 105°C. Sementara itu, kandungan logam berat pula ditentukan dengan menggunakan kaedah Spektrometer Jisim-Gandingan Plasma Teraruh (ICP-MS). Semua analisis air sampel telah diulang sebanyak dua kali sebagai kaedah replikasi. Jadual 4 menunjukkan ringkasan parameter dan kaedah analisis yang digunakan.

Jadual 4 Parameter dan kaedah analisis pencirian air sisa domestik perbandaran

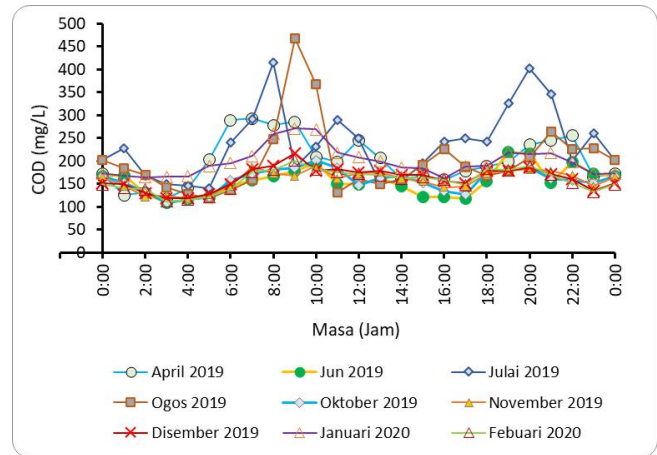
Parameter	Kaedah Analisis
permintaan oksigen kimia, COD	Spektrofotometer (HACH - Method 8000)
Nitrogen-ammonia, NH ₃ -N	Meter ISE (pH450, Eutech)
Nitrogen-nitrat, NO ₃ -N	APHA, 2012- Method 4500
pH	Meter pH (pH450, Eutech)
Kekeruhan	Meter kekeruhan (TN-100, Eutech)
Kekonduksian	Meter konduktiviti (Con 450, Eutech)
Jumlah pepejal terampai, TSS	APHA, 2012- Method 2540
Jumlah nitrogen kjeldahl, TKN	APHA, 2012- Method 4500-Norg B
Ortofوسفat, PO ₄ ³⁻	Spektrofotometer (HACH- Method 8190)
Analisa logam (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb & Zn)	Spektrometer Jisim-Gandingan Plasma Teraruh (ICP-MS)

3.0 DAPATAN DAN PERBINCANGAN

3.1 Kepekatan COD bagi Influen

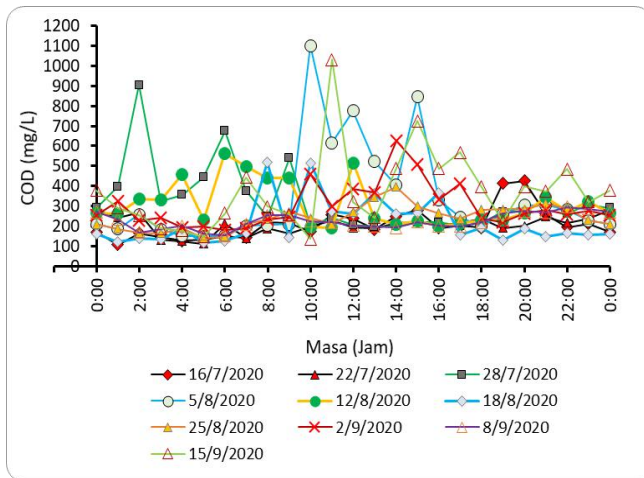
Terdapat pelbagai campuran bahan organik dan bahan pencemar yang terkandung dalam air sisa domestik. Ternyata sukar bagi menentukan kepekatan bagi setiap satu jenis daripada bahan pencemar ini. Oleh hal yang demikian, parameter kepekatan COD ternyata memadai untuk menentukan tahap awal pencemaran organik, manakala kandungan NH₃-N pula menunjukkan tahap pencemaran tidak organik dalam air sisa. Oleh itu, kajian permulaan penentuan kekuatan air sisa di influen loji rawatan kumbahan dimulakan dengan kepekatan COD dan NH₃-N di lokasi kajian pertama, LRK#1. Keputusan analisis ditunjukkan menerusi Rajah 2, iaitu bagi corak kepekatan COD pada tahun 2019 hingga 2020. Secara umumnya, terdapat perbezaan kepekatan yang agak ketara pada waktu-waktu tertentu dalam tempoh 24 jam yang jelas menunjukkan waktu puncak yang tinggi dan waktu aliran rendah. Perbandingan corak kepekatan bagi 10 hari pensampelan ini juga menunjukkan kepekatan COD adalah konsisten, iaitu berkepekatan yang turun naik dan mempunyai dua waktu puncak jelas pada waktu yang sama, iaitu pagi sekitar jam 8:00 hingga 10:00 dan waktu malam, iaitu jam 19:00 hingga 21:00. Selain itu, kepekatan yang

landai dapat dilihat pada waktu pagi (jam 0:00 hingga 6:00) dan waktu petang (jam 13:00 hingga 18:00) menunjukkan penggunaan air yang rendah pada waktu ini. Kepekatan COD yang paling tinggi ialah 468 mg/L pada jam 9:00 pagi dan yang paling rendah ialah 109 mg/L pada jam 4:00 pagi.



Rajah 2 Kepekatan COD bagi influen LRK#1 secara bulanan dari April 2019 sehingga Februari 2020

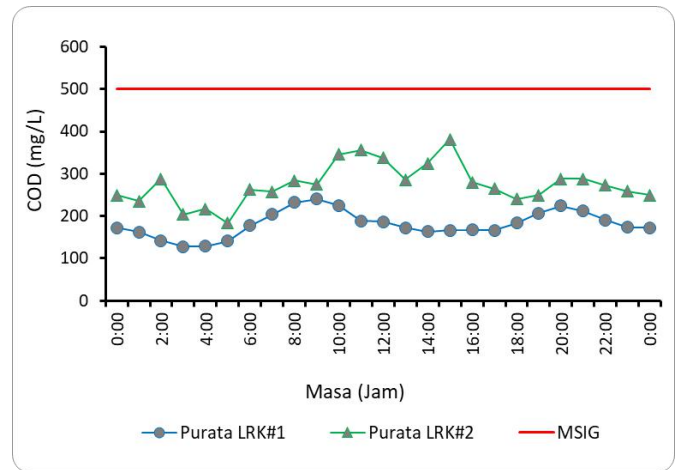
Seterusnya, kepekatan COD di LRK#2 ditunjukkan menerusi Rajah 3. Berbeza dengan corak kepekatan COD di LRK#1, LRK#2 tidak menunjukkan graf yang konsisten pada setiap kali pensampelan. Kepekatan COD menunjukkan corak yang turun naik dan tidak sama sepanjang hari jika dibandingkan dengan kepekatan COD di LRK#1 yang menunjukkan corak turun naik pada waktu yang sama. Keadaan ini menunjukkan bahawa pusat rawatan air sisa bagi saiz PE yang lebih tinggi tidak mempunyai kadar turun naik yang tinggi jika dibandingkan dengan PE yang lebih rendah, selari dengan kajian Raboni (2014) [24] yang mendapati bahawa loji rawatan bagi penduduk yang lebih rendah akan mempunyai faktor kepekatan turun naik yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan loji rawatan yang bersaiz lebih besar. Selain itu, julat kepekatan COD bagi influen di LRK#2 adalah antara 108 mg/L hingga 1100 mg/L yang jelas menunjukkan bahawa kepekatan yang rendah adalah pada jam 1:00, manakala kepekatan yang tinggi pula adalah pada jam 10:00.



Rajah 3 Kepekatan COD bagi influen LRK#2 secara mingguan dari 16/7/2020 sehingga 15/9/2020

Purata kepekatan COD bagi kedua-dua lokasi, baik LRK#1 mahupun LRK#2 telah dikira secara purata dan diplotkan dalam graf seperti yang boleh dilihat menerusi Rajah 4. Secara umumnya, kepekatan COD bagi LRK#2 adalah nyata lebih tinggi jika dibandingkan dengan LRK#1 yang jelas menunjukkan bahawa jumlah PE bagi LRK#2 melebihi dua kali ganda saiz PE bagi LRK#1 mempengaruhi kepekatan organik dalam air sisa influen bagi loji rawatan ini. Selain itu, corak kepekatan COD bagi LRK#2 menunjukkan corak turun naik yang tidak sekata jika dibandingkan dengan LRK#1 yang menunjukkan lengkung plot kenaikan dan penurunan COD yang lebih licin selain menunjukkan waktu puncak dan waktu bukan puncak penggunaan air bagi komuniti. Secara keseluruhannya, kepekatan COD bagi kedua-dua lokasi kajian ini berada dalam kategori rendah (berkepekatan rendah) seperti yang ditunjukkan menerusi Jadual 8 (nilai tipikal air sisa domestik) yang jelas menunjukkan bahawa COD kepekatan di bawah 500 mg/L berada dalam kategori rendah, manakala antara 750 hingga 1200 mg/L pula berada dalam kategori sederhana dan kategori tinggi bagi melebihi 1200 mg/L [23].

Berdasarkan nilai reka bentuk bagi loji rawatan kumbahan yang digunakan, iaitu Garis Panduan Industri Pembedungan Malaysia (MSIG)[1], purata setiap jam kepekatan COD terhadap kedua-dua lokasi ini bagi tempoh 24 jam masih berada di bawah paras reka bentuk minimum, iaitu 500 mg/L. Perbandingan kepekatan influen COD bagi kajian ini dan beberapa lokasi lain, iaitu Australia[26], Greece[27], Kuala Lumpur, Malaysia[28], dan Bangalore[29] ditunjukkan menerusi Jadual 5. Berdasarkan perbandingan ini, didapati bahawa purata nilai COD yang diperolehi di lokasi kajian ini adalah setara dengan kajian-kajian yang lain yang mempunyai julat antara 121 ± 27 (Australia) hingga 390 ± 48 (Bangalore).



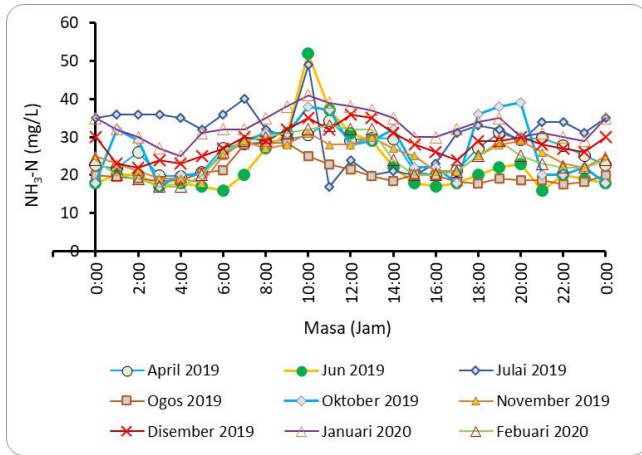
Rajah 4 Purata kepekatan COD di LRK#1 dan LRK#2. Garis lurus merah menunjukkan nilai COD rekabentuk mengikut Garis Panduan Industri Pembedungan Malaysia (MSIG)

Jadual 5 Perbandingan kepekatan COD dalam influen loji rawatan kumbahan

Lokasi kajian	COD (mg/L)
Kajian ini LRK#1	180.9 ± 37.7
Kajian ini LRK#2	275.0 ± 120.5
Australia	121 ± 27
Greece	330 ± 79
Kuala Lumpur, Malaysia	126 ± 125.9
Bangalore	390 ± 48

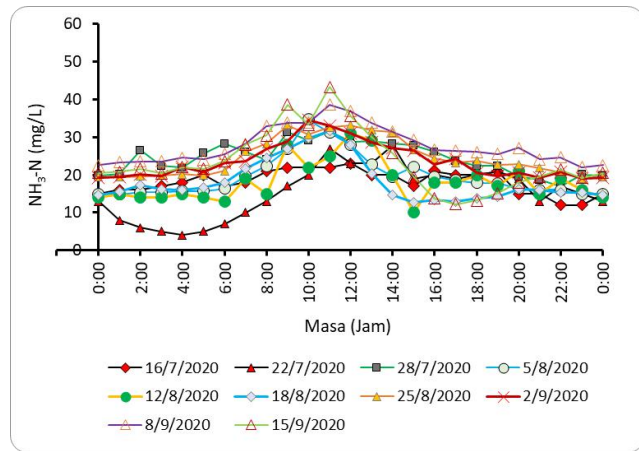
3.2 Kepekatan $\text{NH}_3\text{-N}$ dalam influen

Kandungan ammonia dalam air sisa tidak akan disingkirkan secara sepenuhnya daripada air sisa secara semula jadi. Oleh hal yang demikian, kekekatannya sememangnya penting untuk diketahui dalam air sisa bagi menentukan kesesuaian rawatan yang diperlukan. Dalam konteks kajian ini, berdasarkan ciri kepekatan ammonia nitrogen ($\text{NH}_3\text{-N}$) di lokasi kajian pertama, LRK#1 menunjukkan corak kepekatan yang konsisten dan hampir sama bagi setiap kali pensampelan seperti yang ditunjukkan menerusi Rajah 5. Kepekatan $\text{NH}_3\text{-N}$ yang didapati adalah antara 16 hingga 52 mg/L dan berdasarkan plot yang diperolehi, satu waktu puncak dapat dilihat dengan jelas, iaitu pada waktu pagi sekitar jam 10:00. Seterusnya, kepekatan $\text{NH}_3\text{-N}$ didapati rendah dari jam 0:00 hingga jam 5:00 dan dari jam 14:00 hingga jam 18:00 yang jelas menunjukkan kadar penggunaan air yang rendah oleh komuniti pada waktu-waktu tersebut.



Rajah 5 Kepekatan NH₃-N di influen LRK#1 secara bulanan dari Januari 2019 sehingga Februari 2020

Kepekatan NH₃-N bagi LRK#2 ditunjukkan menerusi Rajah 6. Sebagaimana corak NH₃-N dalam LRK#1, LRK#2 ini juga menunjukkan corak yang sama dan lebih konsisten setiap kali pensampelan dan menunjukkan kepekatan yang rendah pada waktu yang sama, iaitu dari jam 0:00 hingga jam 5:00 dan dari jam 14:00 hingga jam 18:00. Selain itu, LRK#2 juga mempunyai satu waktu puncak yang sama yang lebih jelas seperti ditunjukkan pada plot dalam Rajah 6, iaitu waktu pagi sekitar jam 11:00 dan nilai kepekatan NH₃-N antara 4 mg/L hingga 43.4 mg/L. Walaupun LRK#2 merupakan loji rawatan yang lebih besar, namun didapati bahawa nilai julat kepekatan ammonia dalam air influen adalah setara dengan lokasi pertama walaupun mempunyai saiz rawatan yang lebih kecil.

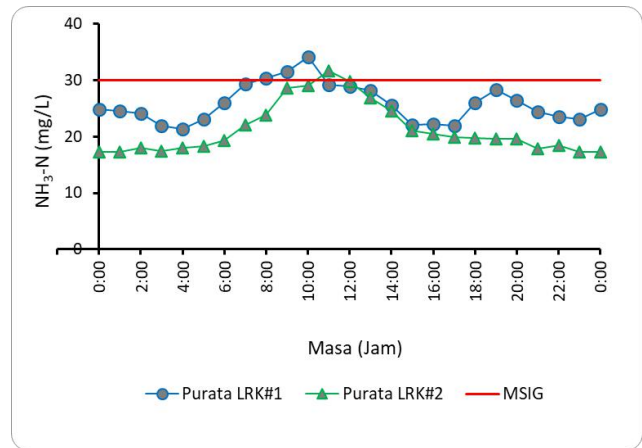


Rajah 6 Kepekatan NH₃-N di influen LRK#2 secara mingguan dari bulan Julai 2020 sehingga September 2020

Seterusnya, purata kepekatan NH₃-N bagi kedua-dua LRK telah dikira dan diplotkan dalam satu graf yang sama seperti yang ditunjukkan menerusi Rajah 7. Secara keseluruhannya, perbandingan kepekatan NH₃-N terhadap dua lokasi LRK ini menunjukkan

perbezaan saiz PE tidak mempengaruhi kepekatan ammonia nitrogen dalam influen air sisa. Hal ini dibuktikan dengan nilai purata kepekatan NH₃-N di LRK#1 adalah lebih tinggi sedikit jika dibandingkan dengan LRK#2. Julat kepekatan LRK#1 adalah antara 21.4 hingga 33.53 mg/L, manakala LRK#2 pula menunjukkan julat antara 17.26 hingga 31.63 mg/L. Selain itu, waktu puncak bagi kedua-dua lokasi ini juga turut menunjukkan satu waktu yang sama, iaitu antara waktu pagi dari jam 10:00 hingga ke jam 11:00 yang menunjukkan corak penggunaan air yang hampir sama bagi komuniti ini. Namun begitu, LR#1 menunjukkan waktu puncak yang kedua dengan peningkatan yang lebih nyata pada jam 19:00 dengan kepekatan sebanyak 28.4 mg/L.

Secara keseluruhannya, kepekatan NH₃-N bagi kedua-dua lokasi kajian ini berada dalam kategori rendah dan sederhana seperti nilai yang ditunjukkan menerusi Jadual 8, iaitu NH₃-N berkepekatan di bawah 20 mg/L dan berada dalam kategori rendah antara 20 hingga 45 mg/L ada sederhana dan tinggi bagi melebihi 75 mg/L [25]. Seterusnya, perbandingan dengan nilai reka bentuk loji sebanyak 30 mg/L menunjukkan kepekatan NH₃-N melebihi nilai minimum reka bentuk loji ketika waktu puncak dan ketika aliran perlahan kepekatan NH₃-N berada di bawah nilai reka bentuk. Perbandingan nilai purata kepekatan NH₃-N loji kajian ini juga dibandingkan dengan beberapa lokasi kajian yang lain, iaitu Australia[26], Greece[27], dan Johor, Malaysia[30] dan Kuala Lumpur, Malaysia[28]. Didapati bahawa kepekatan NH₃-N di kajian ini adalah setara dengan nilai kepekatan NH₃-N di lokasi-lokasi yang lain dengan julat antara 12.8±3.6 (Kuala Lumpur, Malaysia) hingga 48.2±12 (Greece).



Rajah 7 Purata kepekatan NH₃-N bagi LRK#1 dan LRK#2

Jadual 6 Perbandingan kepekatan COD dalam influen loji rawatan kumbahan

Lokasi kajian	NH ₃ -N (mg/L)
Kajian ini LRK#1	25.8 ± 5.3
Kajian ini LRK#2	21.3 ± 4.7
Australia	39.4 ± 9.7
Greece	48.2 ± 12
Johor, Malaysia	39.99 ± 2.54
Kuala Lumpur malaysia	12.8 ± 3.6

3.3 Ciri-Ciri Fiziko-Kimia dalam Air Sisa Perbandaran

Seterusnya, selain penentuan ciri COD dan NH₃-N, parameter fiziko-kimia yang lain juga turut diuji terhadap air sisa domestik di LRK#2. Sehubungan dengan itu, sebanyak tiga kali pensampelan dan analisis telah dilakukan untuk mendapatkan nilai purata bagi setiap parameter tersebut. Keputusan analisis adalah seperti yang ditunjukkan menerusi Jadual 7. Nilai pH yang diperoleh bagi influen adalah antara 6.90 hingga 7.15 dengan nilai puratanya 7.00±0.10 yang jelas menunjukkan nilai ini seiring dengan nilai pH yang biasa dikesan bagi air sisa domestik, iaitu antara 6.8 hingga 8.3 [19]. Seterusnya, suhu air sisa pula dibaca secara in situ di lapangan dan bacaannya adalah antara 28.1 hingga 29.7°C dengan purata suhu 29.00 ± 0.67°C.

Bacaan pepejal terampai penting bagi mengukur kepekatan bahan terampai dalam air sisa memandangkannya akan menentukan reka bentuk tangki mendapan dan seterusnya akan memberikan petunjuk terhadap keupayaan keperluan kawalan enap cemar bagi kolam rawatan LRK. Bagi mengetahui pepejal terampai dalam air sisa, jumlah pepejal terampai (TSS) telah diukur dan keputusannya menunjukkan TSS dalam influen adalah antara 175.75 hingga 218 mg/L dan nilai puratanya 197.19±7.06 mg/L. Sementara itu, nilai kepekatan jumlah nitrogen kjeldahl (TKN) pula adalah antara 27 hingga 48 mg/L dengan nilai puratanya 32.00±11.58 mg/L. Parameter fosforus juga merupakan sumber nutrien dalam proses pengoksidaan dalam rawatan kumbahan. Dalam konteks kajian ini, nilai kepekatan fosforus dibaca dalam bentuk ortofosfat (PO₄³⁻) dan keputusannya adalah antara 7 hingga 9 mg/L dengan purata 8.00 ± 0.82 mg/L.

Seterusnya, nilai kekeruhan bagi influen adalah antara 100 hingga 129 NTU dengan purata 110.47±13.16 NTU, manakala kekonduksian pula adalah antara 356 hingga 540 µS/cm dengan purata 432±78.45 µS/cm. Penilaian ciri fiziko-kimia bagi influen LRK#2 dibandingkan dengan nilai tipikal kepekatan air sisa seperti yang boleh dilihat menerusi Jadual 4 yang menunjukkan influen air sisa perbandaran berada dalam kategori rendah dan sederhana. Nilai pH dan TSS berada dalam kategori rendah, manakala ortofosfat dan konduktiviti pula berada dalam kategori sederhana.

Jadual 7 Ringkasan hasil nilai purata bagi parameter fiziko-kimia influen LRK#2

Parameter	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Purata
pH	6.90	6.97	7.15	7.00±0.10
Suhu (°C)	29.20	29.70	28.10	29±0.67
TSS (mg/L)	175.75	218.00	198.00	197.19±7.06
Nitrat (mg/L)	4.67	4.94	6.28	5.30±0.70
TKN (mg/L)	48	21	27	32.00±1.58
Ortofosfat (mg/L)	8	9	7	8.00±0.82
Kekeruhan (NTU)	129	100	103	110.47±3.16
Konduktiviti (µS/cm)	540	400	356	432±78.45

Jadual 8 Nilai tipikal air kumbahan [23]

Parameter	Tinggi	Sederhana	Rendah
COD (mg/L)	1200	750	500
NH ₃ -N (mg/L)	75	45	20
Ortofosfat (mg/L)	15	10	4
TSS (mg/L)	600	400	250
pH	8.0	7.5	7.0
Kekonduksian(µS/cm)	1200	1000	700

3.4 Kandungan Logam Berat dalam Influen

Pelbagai jenis logam berat ditemui dalam badan air dan dikenal pasti ada antaranya dalam kategori yang bertoksik dan kasinorgen kepada sumber hidupan [31, 32]. Berdasarkan dapatan kajian daripada kajian lepas, didapati bahawa logam berat yang ditemui dalam air berpunca daripada luahan air kumbahan, enapcemar kumbahan, dan aktiviti pertanian dan perindustrian [15, 33, 34]. Antara elemen logam berat yang dikenal pasti sebagai toksik kepada tanah, air, dan sumber makanan ialah arsenic (As), cadmium (Cd), kromium (Cr), tembaga (Cu), merkuri (Hg), mangan (Mn), nikel (Ni), plumbum (Pb), dan zink (Zn) [31, 35, 36]. Oleh hal yang demikian, kajian ini dapat mengesan nilai kepekatan logam berat bagi elemen Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, dan Zn seperti yang ditunjukkan menerusi Jadual 9. Berdasarkan perbandingan nilai kepekatan logam yang diperoleh, elemen Zn mencatatkan kepekatan yang tertinggi, iaitu 34.828±21.6 µg/L, manakala Cd pula mempunyai kepekatan yang paling rendah, iaitu 1.267±1.7 µg/L. Di samping itu, elemen logam yang lain juga turut dikesan dalam air sisa dengan kepekatan 3.361±1.7 µg/L bagi Ni, 4.255±2.0 µg/L bagi Cr, 7.079±5.0 µg/L bagi Pb, dan 8.676±5.0 µg/L bagi Cu. Seterusnya, dengan purata kepekatan yang diperoleh, perbandingan dengan kepekatan logam dalam kajian Chirila *et al.* (2014) [37] dan Drozdova *et al.*, 2018 [38] ditunjukkan menerusi Jadual 9. Didapati juga bahawa kandungan Zn merupakan yang tertinggi

ditemui dalam air sisa, iaitu antara 30 hingga 1000 µg/L [37] dan 114 hingga 403 µg/L [38], manakala seperti kajian ini pula, kepekatan Cd dikesan paling rendah dalam air sisa, iaitu 0.25 hingga 3 µg/L [37] dan kurang 4 µg/L [38].

Nilai kepekatan logam yang diperoleh juga turut dibandingkan dengan nilai kepekatan tipikal logam dalam air sisa kumbahan seperti yang boleh dilihat menerusi Jadual 10 yang jelas menunjukkan bahawa logam Cd sahaja dalam kategori sederhana, manakala logam-logam lain pula adalah dalam kategori rendah. Nilai kepekatan logam yang rendah menunjukkan sampel berpunca daripada kumbahan domestik sahaja dan bukan campuran daripada air sisa industri. Kehadiran logam daripada kumbahan domestik berpunca dari kawasan persekitaran dan gaya hidup penduduk kawasan kajian ini. Seperti yang dilaporkan oleh Agoro (2020)[15]; Ab Razak (2016)[39]; & Aonghusa & Gray (2002)[40], logam dibawa ke loji kumbahan melalui pelbagai sumber seperti makanan, air paip, sabun mandi, detergen, kosmetik, peluh, dan habuk.

Jadual 9 Perbandingan kepekatan logam berat dalam air sisa influen

Logam berat	Kajian ini, purata (µg/L)	[37] (µg/L)	[38] (min.-maks.) (µg/L)
Cd	1.267±1.7	0.25 – 3.00	<– 4.0
Cr	4.255±2.0	3.5 – 50.00	1.909 – 4.645
Cu	8.676±5.0	1 – 20	13.0 – 65.0
Ni	3.361±1.7	5 – 50	<– 16.0
Pb	7.079±5.0	2.5 – 50	1 – 38.0
Zn	34.828±21.6	30 – 1000	114 – 403

< kepekatan dibawah had pengesanan (< 1 µg/L)

Jadual 10 Nilai tipikal logam berat dalam air kumbahan (µg/L) [23]

Parameter	Tinggi	Sederhana	Rendah
Cd	4	2	1
Cr	40	25	10
Cu	100	70	30
Ni	40	25	10
Pb	80	60	25
Zn	300	200	100

4.0 KESIMPULAN

Sebagai kesimpulannya, kualiti air sisa domestik di kawasan perbandaran di lokasi kajian bersifat turun naik secara temporal bagi parameter COD dan NH₃-N, namun sedikit tidak konsisten terhadap corak COD di LRK#2. Kepekatan influen bagi kedua-dua lokasi juga adalah dalam kategori rendah dan berkepekatan sederhana pada waktu puncak dengan julat kepekatan COD antara 108 hingga 1100 mg/L, manakala kepekatan NH₃-N pula adalah antara 4 hingga 52 mg/L. Parameter fiziko-kimia juga menunjukkan tahap kekonduksian, kekeruhan, jumlah pepejal terampai (TSS), nitrogen nitrat (NO₃-N), dan

elemen logam berat (Cadmium, Kromium, Tembaga, Nikel, Plumbum dan Zink) adalah dalam kumpulan yang rendah dan sederhana. Walaupun ciri-ciri fiziko-kimia dalam air sisa kumbahan berciri rendah dan sederhana, namun kehadiran bahan-bahan pencemar ini ke dalam sungai dan badan air akan memberikan risiko kepada hidupan air, alam sekitar, dan komuniti. Oleh itu, bahan-bahan pencemar ini perlu dirawat sebelum dilepaskan ke badan air berdasarkan piawaian kualiti efluen yang telah ditetapkan.

PENGHARGAAN

Terima kasih kepada Jabatan Perkhidmatan Pembetulan, Kementerian Alam Sekitar dan Air, Indah Water Konsortium Sdn. Bhd., Universiti Kebangsaan Malaysia dan Kementerian Pengajian Tinggi kerana membiayai penyelidikan ini di bawah geran penyelidikan fundamental FRGS/1/2018/TK01/UKM/02/4.

Rujukan

- [1] MSIG (Malaysian Sewerage Industry Guidelines). 2009. IV(3): 29-34.
- [2] Hanafiah, Z. M., Wan Mohtar, W. H. M., Hasan, H. A., Jensen, H. S., Abdullah, M. Z. & Husain, H. 2019. Diversification of Temporal Sewage Loading Concentration in Tropical Climates. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 264: 012026. DOI: 10.1088/1755-1315/264/1/012026.
- [3] Watanabe, R., Harada, H., Yasui, H., Le, T. V. & Fujii, S. 2019. Exfiltration and Infiltration Effect on Sewage Flow and Quality: A Case Study of Hue, Vietnam. *Environmental Technology*. 42(11): 1747-1757. DOI: 10.1080/09593330.2019.1680739.
- [4] Zhang, H., Liu, C., Lee, C. T. & Zhang, Z. 2019. A Novel Bio-film Wastewater Treatment System Using Encapsulated Microbes. *Chemical Engineering Transactions*. 72: 181-186. DOI: 10.3303/CET1972031
- [5] Phanwilai, S., Noopan, P., Li, C. & Choo, K. 2020. Effect of COD:N Ratio on Biological Nitrogen Removal using Full-scale Step-feed in Municipal Wastewater Treatment Plants. *Sustainable Environment Research*. 30: 24. DOI: 10.1186/s42834-020-00064-6.
- [6] Wang, J., Rong, H., Cao, Y. & Zhang, C. 2020. Factors Affecting Simultaneous Nitrification and Denitrification (SND) in a Moving Bed Sequencing Batch Reactor (Mbsbr) System as Revealed by Microbial Community Structures. *Bioprocess and Biosystems Engineering*. 43: 1833-1846. DOI: 10.1007/s00449-020-02374-w
- [7] Yun, Y., Li, Z., Chen, Y., Saino, M., Cheng, S. & Zheng, L. 2018. Elimination of Nitrate in Secondary Effluent of Wastewater Treatment Plants by Fe₀ and Pd-Cu/diatomite. *Journal of Water Reuse & Desalination*. 8(1): 29-37. DOI: 10.2166/wrd.2016.122.
- [8] Ward, M. H., Jones, R. R., Brender, J. D., Kok, T. M., Weyer, P. J., Nolan, B. T., Villanueva, C. M. & Breda, S. G. 2018. Drinking Water Nitrate and Human Health: An Updated Review. *Environmental Research and Public Health*. 15: 1557. DOI: 10.3390/ijerph15071557.
- [9] Griffiths, J. K. 2017. *Waterborne Diseases International Encyclopedia of Public Health*. Second Edition. 338-401.
- [10] Liang, Y. Q., Annammala, K. V., Martin, P. Yong, E. L., Mazlamani, L. S. & Najib, M. Z. M. 2020. Assessment of Physical-chemical Water Quality Characteristics and Heavy

- Metals Content of Lower Johor River, Malaysia. *J. Environ. Treat. Tech.* 8(3): 961-966.
- [11] Ariffin, M. & Sulaiman, S. N. M. 2015. Regulating Sewage Pollution of Malaysian Rivers and its Challenges. *Procedia Environmental Sciences*. 30: 168-173. DOI: 10.1016/j.proenv.2015.10.030.
- [12] Sabeen, A. H., Ngadi, N., Noor, Z. Z., Raheem, A. B., Agouillal, F., Mohammed, A. A. & Absulkarim, B. I. 2018. Characteristics of the Effluent Wastewater in Sewage Treatment Plants of Malaysian Urbans Areas. *Chemical Engineering Transactions* 63: 691-696. DOI: 10.3303/CET1863116.
- [13] Martin, C. & Vanrolleghem, P. A. 2014. Analysing, Completing, and Generating Influent Data for Wwtp Modelling: A Critical Review. *Environmental Modelling & Software*. 60: 188-201. DOI: 10.1016/j.envsoft.2014.05.008.
- [14] Lee, S. H., Kang, H. J. & Park, H. D. 2019. Influence of Influent Wastewater Communities on Temporal Variation of Activated Sludge Communities. *Water Research*. 73C: 132-144. DOI: 10.1016/j.watres.2015.01.014.
- [15] Agoro, M. A., Adeniji, A. O., Adefisoye, M. A. & Okoh, O. O. 2020. Heavy Metals In Wastewater and Sewage Sludge from Selected Municipal Treatment Plants in Eastern Cape Province, South Africa. *Water*. 12: 2746. DOI: 10.3390/w12102746.
- [16] Messrouk, H., Hadj Mohammed, M., Toujil, Y. & Amrane, A. 2014. Physico-chemical Characterization of Industrial Effluents From The Town of Ouargla (South East Algeria). *Energy Procedia*. 50: 255-262. DOI: 10.1016/j.egypro.2014.06.031.
- [17] Muserere, S. T., Hoko, Z. & Nhapi, I. 2014. Characterisation of Raw Sewage and Performance Assessment of Primary Settling Tanks at Firlse Sewage Treatment Works, Harare, Zimbabwe. *Physics and Chemistry of the Earth*. 67-69: 226-235. DOI: 10.1016/j.pce.2013.10.004.
- [18] Kumar, V. & Chopra, A. K. 2012. Monitoring of Physico-chemical and Microbiological Characteristics of Municipal Wastewater at Treatment Plant, Haridwar City (Uttarakhand) India. *Journal of Environmental Science and Technology*. 5(2): 109-118. DOI: 10.3923/jest.2012.109.118.
- [19] Popa, P., Timoffi, M., Voiculescu, M., Dragan, S., Trif, C. & Georgescu, L. P. 2012. Study of Physico-Chemical Characteristics of Wastewater in an Urban Agglomeration in Romania. *The Scientific World Journal*. 2012: 549028. DOI: 10.1100/2012/549028.
- [20] Al-Enezi, G., Hamoda, M. F. & Fawzi, N. 2004. Heavy Metals Content of Municipal Wastewater and Sludges in Kuwait. *Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*. 39(2): 397-407. DOI: 10.1081/ESE-120027531.
- [21] Spanos, T., Ene, A., Styliani Patronidou, C. & Xatzixristou, C. 2016. Temporal Variability of Sewage Sludge Heavy Metal Content from Greek Wastewater Treatment Plants. *Ecol. Chem. Eng. S.* 23(2): 271-283. DOI: 10.1515/eces-2016-0019.
- [22] Wang, C., Hu, X., Chen, M. L. & Wu, Y. H. 2005. Total Concentrations and Fractions of Cd, Cr, Pb, Cu, Ni and Zn in Sewage Sludge from Municipal and Industrial Wastewater Treatment. *Journal of Hazardous Materials*. 119(1-3): 245-249. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2004.11.023.
- [23] American Public Health Agency (APHA). 2012. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Edisi 22. New York.
- [24] Raboni, M., Torretta, V., Viotti, P. & Urbini, G. 2014. Pilot Experimentation with Complete Mixing Anoxic Reactors to Improve Sewage Denitrification in Treatment Plants in Small Communities. *Sustainability*. 6: 112-122. DOI: 10.3390/su6010112.
- [25] Henze, M. & Comeau, Y. 2008. *Biological Wastewater Treatment: Principles, Modelling and Design*. London, UK: IWA publishing. Chapter 3: 33-52.
- [26] Cruz, H., Luckman, P., Seviour, T., Verstraete, W., Laycock, B. & Pikaar, I. 2018. Rapid Removal of Ammonium From Domestic Wastewater Using Polymer Hydrogels. *Scientific Report*. 8: 2912. DOI: 10.1038/s41598-018-21204-4
- [27] Sofirakou, E., Kladitis, G., Diamantis, N. & Grigoropoulou, H. 1999. Ammonia and Phosphorus Removal in Municipal Wastewater Treatment Plant with Extended Aeration. *Global Nest: The Int. J.* 1: 47-53.
- [28] Zhang, H., Liu, C., Lee, C. T. & Zhang, Z. 2019. A Novel Bio-film Wastewater Treatment System using Encapsulated Microbes. *Chemical Engineering Transactions*. 72. DOI: 10.3303/CET1972031.
- [29] Ravi Kumar, P., Pinto, L. B. & Somashekar, R. K. 2010. Assessment of the Efficiency of Sewage Treatment Plants: A Comparative Study between Nagasandra and Mailasandra Sewage Treatment Plants. *Kathmandu University Journal of Science, Engineering and Technology*. 6(ii): 115-125.
- [30] Hamdan, R., Ibrahim, I. I. & Talib, A. N. A. 2015. Removal Ammonia Nitrogen from Domestic Wastewater using Vertical Aerated Limestone Filter. *Applied Mechanics and Materials*. 752-753: 232-237. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.752-753.232.
- [31] Ali, H., Khan, E. & Ilahi, I. 2019. Environmental Chemistry and Ecotoxicology of Hazardous Heavy Metals: Environmental Persistence, Toxicity, and Bioaccumulation. *J. Chem.* 14. DOI: 10.1155/2019/6730305
- [32] Simeonov, L. I., Kochubovski, M. V. & Simeonova, B. G. 2011. *Environmental Heavy Metal Pollution and Effects on Child Mental Development: Risk Assessment and Prevention Strategies*. Eds. Springer: Berlin/Heidelberg, Germany. 344.
- [33] Al-Musharafi, S. K., Mahmoud, I. Y. & Al-Bahry, S. N. 2013. Heavy Metal Pollution from Treated Sewage Effluent. *APCBEE Procedia*. 5: 344-348. DOI: 10.1016/j.apcbee.2013.05.059.
- [34] Hua, A. K. 2015. Kualiti Sumber Air di Malaysia: Satu Analisis. *Malaysian Journal of Society and Space*. 11(6): 98-108
- [35] Barakat, M. A. 2011. New Trends in Removing Heavy Metals from Industrial Wastewater. *Arab. J. Chem.* 4: 361-377. DOI: 10.1016/j.arabjc.2010.07.019.
- [36] Khan, T., Muhammad, S., Khan, B. & Khan, H. 2011. Investigating the Levels of Selected Heavy Metals in Surface Water of Shah Alam River (A Tributary of River Kabul, Khyber Pakhtunkhwa). *J. Himal. Earth Sci.* 44: 71-79.
- [37] Chirila, G., Draghici, C. & Puhacel, A. 2014. Total and Dissolved Metals Occurrence in Municipal Wastewater Treatment Plant Effluents Environmental. *Engineering and Management Journal*. 13(9): 2211-2218. DOI: 10.30638/eemj.2014.246.
- [38] Drozdova, J., Raclavska, H., Raclavsky, K. & Skrobankova, H. 2018. Heavy Metals in Domestic Wastewater with Respect to Urban Population in Ostrava, Czech Republic. *Water and Environment Journal*. 0: 1-9. DOI: 10.1111/wej.12371.
- [39] Abd Razak, A. R., Sunar, N. M., Alias, N. A., Gani, P. & Subramaniam, M. 2016. Physicochemicals and Heavy Metal Removal from Domestic Wastewater via Phycoremediation. *MATEC Web of Conferences*. 47: 05003. DOI: 10.1051/mateconf/20164705003.
- [40] Aonghusa, C. N. & Gray, N. F. 2002. Laundry Detergents as A Source of Heavy Metals in Irish Domestic Wastewater. *J. Environ. Sci. Health*. A37(1): 1-6. DOI: 10.1081/ESE-100108477.